Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U101298

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 15-11-2023

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/6/24 від 15.01.2024

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лопата Олександр Віталійович
2. Oleksandr Lopata

Кваліфікація: 131

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-5266-6486

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 131

Назва наукової спеціальності: Прикладна механіка

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна механіка

Дата захисту: 27-12-2023

Спеціальність за освітою: Матеріалознавство

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): ДФ 26.002.53; ID 3167

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: 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 технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

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

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 81.35.27.05

Тема дисертації:

1. Забезпечення механічних властивостей поверхонь деталей із газотермічними покриттями електроконтактною обробкою

2. Ensuring the mechanical properties of the surfaces of parts with gas-thermal coatings by electrical contact treatment

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі забезпечення механічних властивостей поверхонь деталей машин із газотермічними покриттями імпульсною електроконтактною обробкою, встановленні її впливу на механічні властивості поверхонь деталей із покриттям та їх розрахунково-експериментальному визначенню. Зміст роботи складається з чотирьох розділів, у яких викладено та обґрунтовано основні результати дисертації. У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі дослідження, описано методи дослідження, надана інформація про наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. У першому розділі за результатами

проведеного аналізу літературних джерел із дослідження проблем забезпечення механічних властивостей поверхонь деталей із газотермічними покриттями визначені шляхи їх вирішення. Обґрунтовано доцільність використання імпульсної електроконтактної обробки для підвищення механічних властивостей поверхонь деталей із газотермічними покриттями. У другому розділі викладено загальну методологію проведення науково-експериментальних досліджень, що пропонує використання комплексу методів і методик: металографічного, кількісного стереологічного, рентгеноструктурного та мікрорентгеноспектрального аналізів, скануючої електронної мікроскопії; оцінки мікротвердості, щільності/пористості покриттів, визначення механічних властивостей поверхонь деталей й експериментальних зразків із покриттями (модуля пружності, адгезійної та когезійної міцності), математичного моделювання й чисельних розрахунків. У третьому розділі наведено результати комплексних розрахунково-експериментальних досліджень механічних властивостей (міцності зчеплення, напружено-деформованого стану, залишкових напружень, щільності, твердості) поверхонь деталей машин із газотермічними покриттями після їх імпульсної електроконтактної обробки. На основі проведеного огляду й аналізу досліджень в області теорії і практики отримання порошкових покриттів: - розроблена розрахункова модель та запропоновано інтерполяційне рівняння, що дало змогу встановити залежність щільності напилених покриттів від тиску імпульсної електроконтактної обробки. Одержані результати теоретичних досліджень підтверджені експериментально шляхом кількісного стереологічного аналізу і показали підвищення щільності до 94…98 %. Визначено, що підвищення щільності (зниження пористості) напилених покриттів забезпечується позитивною роллю механічного фактора процесу електроконтактної обробки, який сприяє «залікуванню» пор; - отримано рівняння, що встановлює зв'язок площі контакту з адгезійною міцністю покриттів та її залежність від тиску формуючого інструменту на напилений порошковий шар. Визначено її підвищення в 2…2,5 рази. Високі значення адгезійної міцності газотермічних покриттів після імпульсної електроконтактної обробки пов'язані з її особливостями (імпульсним характером) та контактними явищами на межі розділу покриття-поверхня деталі. Збільшення адгезійної міцності напилених покриттів після імпульсної електроконтактної обробки до 200 МПа є результатом утворення значного дифузійного прошарку до 25 мкм між покриттям і поверхнею деталі та підвищенням коефіцієнту дифузії в два рази (з DM·105 см2/с до D·1011 см2/с). При режимах I = 10 кА, tімп = 0,04 с, P = 30 МПа дифузійна зона становить 10-12 мкм. Зі зростанням величин тиску та сили струму дифузійна зона зростає та досягає значення ~ 25 мкм. Дифузія атомів основного металу покриття має місце практично на всю товщину покриття. Утворення значного дифузійного прошарку за короткий час (близько секунд) не можна пояснити класичною теорією дифузії, а пояснюється теорією аномального масопереносу при імпульсних впливах на тверде тіло. Коефіцієнти дифузії окремих елементів покриття при імпульсній електроконтактній обробці перевищують на шість і більше порядків значення коефіцієнтів дифузії при напиленні. Для вивчення дифузії основних елементів на межі покриття – поверхня деталі були використані концентраційні криві, зняті методом рентгеноспектрального аналізу. Четвертий розділ присвячений дослідженню й встановленню впливу режимів імпульсної електроконтактної обробки на механічні властивості системи «поверхня деталь-покриття», вибору її оптимальних параметрів для підвищення функціональних властивостей деталей. Ключові слова: механічні властивості, міцність, твердість, газотермічні покриття, імпульсна електроконтактна обробка, міцність зчеплення, щільність, пористість, модуль пружності, адгезійна і когезійна міцність, напружено-деформований стан, зносостійкість, порошкові матеріали.

2. The dissertation is devoted to solving the current scientific and technical problem of ensuring the mechanical properties of the surfaces of machine parts with gas-thermal coatings by electrocontact processing, establishing its effect on the mechanical properties of the surfaces of coated parts and their calculation and experimental determination. The content of the work is presented in four chapters, in which the main results of the dissertation are presented and substantiated. The introduction substantiates the relevance of the dissertation topic, formulates the purpose and tasks of the research, describes the research methods, provides information about scientific novelty and the practical significance of the obtained results. In the first chapter, based on the results of the analysis of literary sources on the study of the problems of ensuring the mechanical properties of the surfaces of

parts with gas-thermal coatings, the ways of their solution are determined. The expediency of using pulsed electrical contact processing to improve the mechanical properties of the surfaces of parts with gas-thermal coatings is substantiated. The second chapter outlines the general methodology for conducting scientific and experimental research, which suggests the use of a complex of methods and techniques: metallographic, quantitative stereological, X-ray structural and micro-X-ray spectral analysis, scanning electron microscopy; evaluation of microhardness, density/porosity of coatings, determination of mechanical properties of the surfaces of parts and experimental samples with coatings (modulus of elasticity, adhesive and cohesive strength), mathematical modeling and numerical calculations. The third chapter presents the results of comprehensive computational and experimental studies of the mechanical properties (bond strength, stress-strain state, residual stresses, density, hardness) of the surfaces of machine parts with gas-thermal coatings after their impulse electrical contact treatment. Based on the review and analysis of research in the field of theory and powder coating practices: - a calculation model was developed and an interpolation method was proposed equation that made it possible to establish the dependence of the density of sprayed coatings on the pressure of pulsed electrocontact processing. The obtained results of theoretical studies were confirmed experimentally by quantitative stereological analysis and showed an increase in density to 94...98%. It was determined that the increase in density (reduction in porosity) of sprayed coatings is provided by the positive role of the mechanical factor of the electrocontact processing process, which contributes to the "healing" of pores; - the equation establishing the relationship of the contact area with adhesive strength of coatings and its dependence on the pressure of the forming tool on the sprayed powder layer. Its increase in 2...2.5 times was determined. High values of the adhesive strength of gas-thermal coatings after pulsed electric contact treatment are associated with its features (pulse nature) and contact phenomena at the interface between the coating and the surface of the part. An increase in the adhesion strength of sprayed coatings after pulsed electrocontact treatment to 200 MPa is the result of the formation of a significant diffusion layer up to 25 μm between the coating and the surface of the part and a two-fold increase in the diffusion coefficient (from DM·105 cm2/s to D·1011 cm2/s). At modes I = 10 kA, time = 0.04 s, P = 30 MPa, the diffusion zone is 10-12 μm. With increasing pressure and current strength, the diffusion zone grows and reaches a value of ~ 25 μm. Diffusion of the atoms of the base metal of the coating takes place over almost the entire thickness of the coating. The formation of a significant diffusion layer and a short time (about seconds) cannot be explained by the classical theory of diffusion, but is explained by the theory of anomalous mass transfer during impulse effects on a solid body. Diffusion coefficients of individual coating elements with impulse electrical contact treatment exceed the values of diffusion coefficients by 6 or more orders of magnitude during sputtering. To study the diffusion of the main elements of the boundary of the coating - the surface of the part, concentration curves taken by X-ray spectral analysis were used. The fourth chapter is dedicated to the study and establishment of the influence of electrocontact treatment modes on the mechanical properties of the "detail-coating" system, the selection of its optimal parameters for improving the functional properties of gas-thermal coatings. Keywords: mechanical properties, strength, hardness, gas thermal coatings, pulsed electrical contact treatment, adhesion strength, density, porosity, modulus of elasticity, adhesive and cohesive strength, stress-strain state, wear resistance, powder materials.

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: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- I. Smirnov, A. Lopata, T. Smirnova Improvement of functional properties of gas-thermal coatings by electrocontact treatment Problems of Tribology. 2020. Vol. 25. No.1/95. 41-48I. ISSN: 2079-1372. https://doi.org/10.31891/2079-1372-2020-95-1-41-48
- Л. А. Лопата, В.М. Кулижський, О.В. Лопата, І.В. Смирнов Розрахунково-експериментальне визначення щільності та міцності зчеплення порошкових покриттів, нанесених електроконтактним методом. Повідомлення 1. Ущільнення покриттів. Проблеми міцності. 2023. 4 (484). 94-106. ISSN 0556-171X DOI:10.1007/s11223 https://strength.org.ua/journal/106 https://link.springer.com/article/10.1007/s11223-023-00566-9 https://doi.org/10.1007/s11223-023-00566-9
- O. Lopata, I. Smirnov, A. Zinkovskii Dependence of the elastic modulus of powder coatings on their porosity in electrical contact hardening, Problems of Tribology, 2021. Vol. 26. №4/102. 28-33. ISSN: 2079-1372. https://doi.org/10.31891/2079-1372-2021-102-4
- О. Лопата Залишкові напруження при електроконтактній обробці поверхонь деталей машин із газотермічними покриттями. Проблеми тертя на зношування /Problems of Friction and Wear. 2023. No. 2(99). 90-96. ISSN: 0370-2197. https://doi.org/10.18372/0370-2197.2(99).17630
- О. В. Лопата Вплив параметрів процесу газотермічного напилення покриттів на їх зносостійкість і міцність зчеплення. Проблеми тертя на зношування, 2023. №1(98), 108-116. ISSN: 0370-2197. DOI: https://doi.org/10.18372/0370-2197.1(98).17363
- A. Lopata, Smirnov, M. Holovashchuk Investigation of the properties of coatings obtained by electric arc spraying Problems of Tribology, 2023, Vol. 28, No. 1/107-73-80. ISSN: 2079-1372. https://doi.org/10.31891/2079-1372-2023-107-1-73-80
- A. Lopata, M. Holovashchuk, E. Solovuch, S. Katerinich Properties of coatings obtained arc spraing for renovation of parts of machines and vehicle mechanisms Problems of Tribology. 2022. Vol. 7. №2/104. 80-86, ISSN: 2079-1372. https://doi.org/10.31891/2079-1372-2022-104-2-80-86
- Lopata O., Smirnov I., Vihilianska N., Kulyshskyi V. Use of steel gas thermal coatings to increase wear resistance of parts. Scientific Journal of TNTU (Tern.). 2022. Vol. 105. No.1. 108–117. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2022.01
- Ageev M., Lopata L., Smirnova T., A. Lopata Of combined electric arc coatings Problems of Tribology. 2019, Vol. 24. No. 3/93. 51-56. ISSN: 2079-1372. https://doi.org/10.31891/2079-1372-2019-93-3-51-56
- М. А. Долгов, А.П. Зіньковський, О.В. Лопата, О.П. Грищенко Спосіб електроконтактного приварювання порошку на металеву деталь машини, що має форму тіла обертання. Пат. України №148934, чинний від 29.09. 2021. Бюл. №39. https://ukrpatent.org/atachs/buleten-39-2021-01.zip
- Б.А. Ляшенко, С.А. Клименко, М.О. Кузін, О.В. Лопата, Є.К. Солових, Спосіб розмірної обробки деталі з газотермічним надтвердим покриттям. Пат. України №148934, чинний від 27.07.2015. Бюл. №14. https://uapatents.com/4-100567-sposib-rozmirno-obrobki-detali-z-gazotermichnim -nadtverdim-pokrittyam.html
- Лопата О.В., Калініченко В.І. Вибір товщини покриттів, створених газотермічним напиленням із послідуючою електроконтактною обробкою за напружено-деформованим станом. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матер. XIII-ї міжнар. наук.-практ. конф. (25-26 травня 2023 р., м. Чернігів). Чернігів. 2023. Т. 2. С. 107- 108. ISBN 978-617-7932-47-4. https://conference-chernihiv-polytechnik.com/wp-content/uploads/2023/06/Tezy-2023-Part-2.pdf
- О.В. Лопата, И.В. Смирнов Дослідження міцності зчеплення газотермічних покриттів після їх електроконтактної обробки. Сучасні питання виробництва та ремонту в промисловості і на транспорті: матер. XXIII-го міжнар. наук.-техн. семінару (15–16 березня 2023, м. Київ). Київ, АТМ України. 2023. С. 65-68. https://atmu.net.ua/downloads/archive/sb1-23.pdf
- О.В. Лопата, І.В. Смирнов Значимість методів обработки деталей машин з газотермічними покриттями в забезпеченні їх функціональних властивостей, Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і

систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems: матер. V-ї міжнар. наук.-практ. конф. (19-21 квітня 2023, ЦНТУ, м. Кропивницький). Кропивницький, ЦНТУ. 2023. С. 145–147. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u349/programa_konf._pnmo-2023_1.pdf

- Смирнов І.В., Лопата О.В., Зіньковський А.П., Кобзарь В.Л. Адгезійна міцність та залишкові напруження в покриттях, отриманих електроконтактним методом, Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матер. XXII-ї міжнар. наук.-практ. конф. м. Чернігів. 2022. Т. 2. С. 52-55, ISBN 978-617-7932-16-0. https://conference-chernihiv-polytechnik.com/wp-content/uploads/2023/03/Tezy-2022-Part-5-52.pdf
- A. Lopata, I. Smirnov, A. Zinkovskii Improvement of properties coatings by electrocontact treatment. Інженерія поверхні та реновація виробів: матер. XX1-ї міжнар. наук.-техн. конф. (07–11 червня 2021 р., м. Свалява), Київ. 2021, С. 81 – 84. https://atmu.net.ua/downloads/archive/sb2-21s.pdf
- Смирнов І.В., Лопата О.В., В.Ф. Мазанко Вплив електропластичного ефекту на дифузійні процеси при електроконтактному припіканні, Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матер. тез доповідей XIX-ї міжнар. наук.-практ. конф. (26–27 травня 2021 р., м. Чернігів). Чернігів. 2021. Т. 2. С. 19-21. https://conference-chernihiv-polytechnik.com/materiali-konferentsiyi/kzyatps2021/Tezy-2021-Part-2.pdf
- Т.И. Ивченко, И.В. Смирнов, А.В. Лопата Исследование триботехнических свойств газотермических покрытий после электроконтактной обработки. Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: матер. XII-ї міжнар. наук.-практ. конф. (06–08 вересня 2021 р., ХГМА, м. Херсон). Херсон, ХГМА. 2021. С. 217-220. https://ksma.ks.ua/wp-content/uploads2021.pdf
- Л.А. Лопата, А.В. Лопата, И.В. Смирнов Некоторые теоретические аспекты адгезионной прочности покрытий Підвищення надійності машин і обладнання / Increase of Machine and Equipment Reliability): матер. міжнар. наук.-практ. конф. (15-17 квітня 2020, ЦНТУ, м. Кропивницький). Кропивницький, ЦНТУ. 2020. С. 36-40. http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/10175/1/13.pdf
- И.В. Смирнов, А.В. Лопата Влияние технологических параметров электроконтактной обработки на формирование напыленного порошкового слоя. Modern questions production and repair in industry and in transport: Materials of the 20th International Scientific and Technical Seminar (March 23–29 2020, Tbilisi, Georgia). Kyev. 2020, С. 177-180 https://atmu.net.ua/downloads/archive/sb1-20-1.pdf
- I.V. Smirnov, and O.V. Lopata. Upgrading of quality of gas-thermo coverage. Modern questions of production and repair in industry and in transport: Materials 16 of the 19th International Scientific and Technical Seminar (February 18–23 2019, Kosice, Slovak Republic). Кошице-Киев, АТМ Украины. 2019. С. 247-249. https://atmu.net.ua/downloads/archive/sb1-19c.pdf
- И. В. Смирнов, А. В. Черный, А. В. Лопата, А. П. Грищенко. Повышение функциональных свойств газотермических покрытий электроконтактной обработкой. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матер. IX-ї міжнар. наук.-практ. конф. (14-16 травня 2019 р., м. Чернігів). Чернігів. 2019. С. 73-75. ISBN 978-617-7571-54-3. https://conference-chernihiv-polytechnik.com/materiali-konferentsiyi/kzyatps-2019/ Tezy-2019-Part-2.pdf
- Б.А. Ляшенко, А.В. Лопата, М.С. Агеев. Роль теорий адгезии в формировании упрочняющих покрытий. Инженерия поверхности и реновация изделий: матер. XVIII-й междун. науч.-техн. конф. (4-8 июня 2018, Свалява). Киев. 2018. С. 6-10. https://atmu.net.ua/downloads/archive/sb2-18s.pdf
- Е.К. Соловых, С.Е. Катеринич, А.В. Лопата Ресурсо-энергосберегающая технология восстановления и упрочнения шестерен электроконтактным навариванием износостойких композиционных порошковых материалов. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: матер. XI-ї міжнар. наук.-практ. конф. (1-3 листопада 2017, ЦНТУ, Кропивницький). Кропивницький, ЦНТУ. 2017. С. 105-107. https://core.ac.uk/download/pdf/158807354.pdf

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; матеріали

Соціально-економічна спрямованість: економія матеріалів; зменшення зносу обладнання

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: №0121U111822

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Смирнов Ігор Володимирович
2. Igor Smirnov

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.03.06

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-1818-7403

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: 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. Фальченко Юрій В’ячеславович
2. Yurii V. Falchenko

Кваліфікація: д. т. н., с.н.с., 05.03.06

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-3028-2964

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України

Код за ЄДРПОУ: 05416923

Місцезнаходження: вул. Казимира Малевича, буд. 11, Київ, 03150, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мікосянчик Оксана Олександрівна

2. Oksana O. Mikosianchyk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.02.04

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-2438-1333

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний авіаційний університет

Код за ЄДРПОУ: 01132330

Місцезнаходження: проспект Любомира Гузара, буд. 1, Київ, 03058, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мініцький Анатолій Вячеславович

2. Anatolii V. Minitskyi

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.16.06

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-5767-4071

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: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Антонюк Віктор Степанович

2. Viktor Antonyuk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.03.01

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-0690-2411

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: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Саленко Олександр Федорович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Саленко Олександр Федорович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Лопата Олександр Віталійович
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна