Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U003462

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 05-12-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № 2196-уч від 18.12.2024, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ху Веньцзе --
2. Wenjie Hu

Кваліфікація: 132

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 132

Назва наукової спеціальності: Матеріалознавство

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Матеріалознавство

Дата захисту: 09-12-2024

Спеціальність за освітою: 132 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): PhD 7123

Повне найменування юридичної особи: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02066769

Місцезнаходження: вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, 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 аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02066769

Місцезнаходження: вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Англійська

Коди тематичних рубрик: 53.49.21, 55.22, 55.23.09

Тема дисертації:

1. Холодне напилення захисних і відновних покриттів на деталі авіаційної техніки з титанових сплавів
2. Cold spraying of protective and restorative coatings on parts of aviation engineering made of titanium alloys

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена удосконаленню технології холодного газодинамічного напилювання захисних і відновлювальних покриттів на титанові сплави шляхом встановлення оптимальної геометрії сопел для напилювання, закономірностей впливу параметрів газу на вході в сопло та характеристик порошку на швидкість частинок в момент зіткнення з підкладкою. Об’єктом дослідження є процес прискорення частинок порошку надзвуковим потоком в каналі сопла для холодного газодинамічного напилювання та високошвидкісного зіткнення частинки з титановою підкладкою. Предметом дослідження є закономірності впливу геометрії сопла, параметрів процесу холодного газодинамічного напилювання та характеристик порошку на швидкість частинок в потоці. Актуальність та необхідність в проведенні досліджень обумовлена існуючою проблемою подовження ресурсу деталей авіаційної техніки, виготовлених з титанових сплавів. Одним з можливих напрямків підтримання працездатності таких деталей, забезпечення високих

експлуатаційних показників та підвищення довговічності, є розвиток та удосконалення існуючих способів нанесення покриттів. У дисертаційній роботі представлено нові науково-обґрунтовані результати теоретичних розрахунків і чисельного моделювання, які узагальнюють і забезпечують вирішення найбільш важливої складової нанесення покриттів – забезпечення можливості зчеплення частинок порошку з поверхнею з достатньою адгезійною міцністю та подальшого зростання покриття. В першому розділі розглянуто використання титанових сплавів в авіаційній та аерокосмічній галузях, експлуатаційних дефектів, причин їх виникнення та можливих шляхів попередження та усунення. Наведено методи нанесення покриттів та місце серед них холодного газодинамічного напилювання, його переваги та перспективи щодо можливостей використання для отримання покриттів на поверхнях з титанових сплавів. В другому розділі наведено основні рівняння газодинаміки, які використовуються для опису потоку в звужувально-розширних соплах для холодного газодинамічного напилювання та розрахунку їх геометричних характеристик. Виконано аналіз моделей, які використовуються для знаходження температурно-швидкісних характеристик частинок порошку в газовому потоці в каналі сопла. Третій розділ дисертаційної роботи присвячено чисельному моделюванню процесу високошвидкісного зіткнення частинок порошку з підкладкою в процесі холодного газодинамічного напилювання. Вперше запропоновано використання критерію Y (відношення глибини кратеру в поверхні, утворений в результаті зіткнення з нею частинки порошку, до висоти деформованої частинки), який може бути застосований для визначення критичної швидкості частинки в момент зіткнення, необхідної для її зчеплення з поверхнею та прогнозування можливості утворення між ними адгезійних зв'язків. В четвертому розділі наведено рекомендації для практичного використання отриманих результатів дисертаційної роботи, зокрема геометрії каналів надзвукових сопел для холодного напилювання прямих та поворотних для напилювання покриттів на внутрішні поверхні деталей з титанових сплавів, розробленого пристрою для подачі порошку в розширну частину сопла при холодному напилюванні високого тиску, вибору параметрів напилювання (тиску та температури газу на вході в сопло, розміру частинок порошку), що забезпечують досягнення частинками значень швидкості, необхідної для їх зчеплення з поверхнею та формування покриття. Наведено рекомендації для подальших досліджень процесу холодного газодинамічного напилювання. Наукова новизна отриманих результатів полягає в такому: 1) уперше за результатами чисельного моделювання отримано залежності швидкості частинки порошку на виході з спрофільованого одноканального сопла для напилювання від параметрів газу на вході в сопло (температура та тиск), характеристик порошку (матеріал і розмір частинок), та геометричних характеристик сопла (діаметр критичного перерізу, його довжина, кут повороту потоку в критичному перерізі, довжина розширної частини сопла, точки підводу порошку). 2) уперше встановлено особливості прискорення та траєкторії руху частинок порошку в спрофільованому поворотному соплі від температури та тиску основного газового потоку, тиску транспортуючого потоку, матеріалу порошку та розміру його частинок. 3) Уперше застосовано критерій Y, який є відношенням глибини кратеру в поверхні, утворений в результаті зіткнення з нею частинки порошку, до висоти деформованої частинки, для оцінювання можливості утворення між ними зв'язків при напилюванні гомо- та гетерогенних матеріалів. 4) Отримав подальший розвиток науково-обґрунтований комплексний підхід, який базується на використанні теоретичних розрахунків і результатів чисельного моделювання та дає можливість прогнозувати швидкість частинок різних порошкових матеріалів на виході з сопла, що дозволило отримати та узагальнити шляхи забезпечення утворення зв'язків між частинками порошку та підкладкою.

2. The dissertation is devoted to the improvement of the technology of cold gas-dynamic spraying of protective and restorative coatings on titanium alloys by establishing the optimal geometry of the spraying nozzles, the laws of influence of gas parameters at the nozzle entrance and powder characteristics on the speed of particles at the moment of impact with the substrate. The object of research is the process of acceleration of powder particles by a supersonic flow in the nozzle channel for cold gas-dynamic spraying and high-speed collision of the particle with the titanium substrate. The subject of the study is the influence of the nozzle geometry, parameters of the cold gas-dynamic spraying process, and powder characteristics on the speed of particles in the flow. The relevance and necessity of conducting research are determined by the existing problem of extending the life of aviation

equipment parts made of titanium alloys. The dissertation presents new scientifically based results of theoretical calculations and numerical modeling, which summarize and provide a solution to the most important component of coating application – ensuring the possibility of adhesion of powder particles to the surface with sufficient adhesive strength and further growth of the coating. The first chapter examines the use of titanium alloys in the aviation and aerospace industries, operational defects, their causes, and possible ways of prevention and elimination. Methods of applying coatings, the place among them of cold gas dynamic spraying, and its advantages and prospects regarding the possibilities of use for obtaining coatings on titanium alloy surfaces are given. In the second chapter, the main equations of gas dynamics are given, which are used to describe the flow in narrowing-expanding nozzles for cold gas dynamic spraying and the calculation of their geometric characteristics. An analysis of the models used to find the temperature-velocity characteristics of powder particles in the gas flow in the nozzle channel was performed. The third section of the dissertation is devoted to the numerical modeling of the process of high-speed collision of powder particles with the substrate in the process of cold gas-dynamic spraying. For the first time, the use of the criterion Y (the ratio of the depth of the crater in the surface, formed as a result of the collision of a powder particle with it, to the height of the deformed particle) is proposed, which can be used to determine the critical speed of the particle at the moment of collision, necessary for its adhesion to the surface and to predict the possibility of formation adhesive bonds between them. The fourth chapter provides recommendations for the practical use of the obtained results of the dissertation work, in particular, the geometry of the channels of supersonic nozzles for cold spraying of direct and rotary for spraying coatings on the inner surfaces of parts made of titanium alloys, the developed device for feeding powder into the extended part of the nozzle during cold high-pressure spraying, selection of spraying parameters, which ensure that the particles achieve the speed values necessary for their adhesion to the surface and the formation of the coating. The scientific novelty of the obtained results is as follows: 1) for the first time, based on the results of numerical modeling, the dependence of the speed of a powder particle at the exit from a profiled single-channel nozzle for spraying on the gas parameters at the nozzle entrance (temperature and pressure), powder characteristics (material and particle size), and geometric characteristics of the nozzle (diameter of the critical section, its length, the angle of rotation of the flow in the critical section, the length of the expanding part of the nozzle, the powder supply point). 2) for the first time, the features of the acceleration and trajectory of the movement of powder particles in the profiled rotating nozzle were determined depending on the temperature and pressure of the main gas flow, the pressure of the transporting flow, the material of the powder and the size of its particles. 3) For the first time, the criterion Y, which is the ratio of the depth of the crater in the surface, formed as a result of the collision of a powder particle with it, to the height of the deformed particle, was applied to assess the possibility of forming connections between them during spraying of homo- and heterogeneous materials. 4) A scientifically based comprehensive approach was further developed, which is based on the use of theoretical calculations and the results of numerical modeling and makes it possible to predict the speed of particles of various powder materials at the exit from the nozzle, which made it possible to obtain and generalize the ways of ensuring the formation of bonds between powder particles and lining.

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:

- 1. Wenjie Hu, & O. Shorinov. Optimization of Cold Spraying 90° Rectangular Nozzle Technological Parameter via Response Surface Method. Journal of Engineering sciences, 2024, 11(2): F1-F8.

- 2. W. J. Hu, K. Tan, S. Markovych, & T. T. Cao, and X. L. Liu. Ordered Zirconium Alloys with Intermetallic Hardening Research on Adhesive Mechanism of Al + Ti Mixed Powders Deposited on Ti6Al4V Substrate by CS Using Abaqus/Explicit. Metallofiz. Noveishie Tekhnol, 2022, 44(5):613-621
- 3. Hu, W. J., Tan, K., Markovych, S., & Cao, T. Research on structure and technological parameters of multichannel cold spraying nozzle. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2021, 5(1(113)):6-14
- 4. Kun, T., Wenjie, H., Markovych, S., & Wang, Y. Optimization of cold spray nozzles based on the response surface methodology. Journal of Engineering Sciences, 2024, 11(1): F1-F11
- 5. Kun, T., W. J. H., Markovych, S., & Wang, Y. Dimet Laval nozzle expansion section analysis and optimization. Journal of Engineering Sciences, 2021, 8(2): F6-F10
- 6. Wenjie Hu, & O. Shorinov. Optimization of particle acceleration parameters of special cold spray nozzles via neural network and genetic algorithm. Aerospace technic and technology. 2024,4:64-70.
- 7. Kun T., Wenjie Hu, Oleksandr Shorinov, & Yurong W. Muti-paramete coupled optimization of AL6061 coating porosity based on the RSM. Aerospace technic and technology, 2024, 3:59-67.
- 8. Tan, K., Markovych, S., Hu, W. J., Shorinov, O., & Wang, YR. Review of application and research based on cold spray coating materials. Aerospace Technic and Technology, 2021 (1): 47-59

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: 0122U001341, 0124U000553

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шорінов Олександр Володимирович

2. Oleksandr V. Shorinov

Кваліфікація: к.т.н., доцент, 05.03.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02066769

Місцезнаходження: вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, 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. Санін Анатолій Федорович

2. Anatoliy Sanin

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5614-3882

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Код за ЄДРПОУ: 02066747

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 72, Дніпро, Дніпровський р-н., 49045, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Коноплянченко Євген Владиславович

2. Ievgen V. Konoplianchenko

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.02.08, 05.03.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4814-1796

Додаткова інформація:
;https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57194868590;https://www.webofscience.com/wos/author/record/561850

Повне найменування юридичної особи: Сумський національний аграрний університет

Код за ЄДРПОУ: 04718013

Місцезнаходження: вул. Герасима Кондратьєва, буд. 160, Суми, Сумський р-н., 40021, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бреус Андрій Олександрович

2. Andrii O. Breus

Кваліфікація: к.т.н., доцент, 05.03.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7310-1465

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02066769

Місцезнаходження: вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Широкий Юрій Вячеславович
2. Yurii V. Shyrokyi

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.03.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4713-0334

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02066769

Місцезнаходження: вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Баранов Олег Олегович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Баранов Олег Олегович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Дмитренко Євгенія Валеріївна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна