Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001780

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 02-05-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/61/24 від 08.07.2024

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лагодзінський Іван Миколайович
2. Ivan Lahodzinskyi

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7986-9440

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: 20-06-2024

Спеціальність за освітою: Прикладна механіка

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 26.002.162; ID 5580

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, 81.09, 27.35

Тема дисертації:

1. Адитивне дугове наплавлення просторових виробів присадними дротами зі сталей та сплавів
2. Additive arc surfacing of spatial products with filler wires of steels and alloys

Реферат:

1. Лагодзінський І.М. Адитивне дугове наплавлення просторових виробів присадними дротами зі сталей та сплавів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 – Прикладна механіка. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2024. Дисертаційна робота складається з шести розділів, у яких викладені та обґрунтовані основні результати дисертаційної роботи. У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, наведені мета та задачі дослідження, методи та методики їх проведення, сформульовані наукова новизна та практична цінність результатів досліджень. У першому розділі проведений літературний аналіз сучасного стану адитивних WAAM технологій виготовлення просторових виробів. Проаналізовані існуючі технології

генеративного виготовлення деталей та конструкцій, наявні засоби впливу на геометричні характеристики адитивно наплавлених виробів. У другому розділі наведені методики виконання експериментальних досліджень по визначенню геометричних характеристик адитивно наплавлених шарів, структури та фізико-механічних властивостей наплавленого металу, хімічний склад та властивості матеріалів, що використані для проведення досліджень. Запропоновані технологічні рекомендації та обране обладнання для виготовлення прутків з малопластичних матеріалів. У третьому розділі експериментально досліджений процес пошарового наплавлення низьковуглецевої сталі із застосуванням GMAW-CMT/Pulse методів у комбінації із захисними газовими сумішами та PAW-CW адитивного наплавлення в середовищі аргону. На основі проведеного аналізу отриманих експериментальних даних встановлені закономірності впливу зміни складу газового середовища та методу подачі зварювального струму на формування та геометричні характеристики стінок виробів. Проведені експериментальні дослідження та встановлений вплив GMAW-CMT/Pulse методів наплавлення на геометричні характеристики виробів з алюмінієвих сплавів, аустенітних нержавіючих сталей та кремнієвих бронз. На основі проведених експериментальних досліджень доведена можливість отримання просторових виробів плазмово-дуговим способом наплавлення зі застосуванням в якості присадного матеріалу прутків жароміцного нікелевого сплаву, які виготовлені за запропонованою автором методикою. Четвертий розділ присвячений дослідженню впливу умов GMAW-CMT/Pulse методів наплавлення та зміни захисного газового середовища на формування структури і механічні властивості металу отриманих зразків із низьковуглецевої сталі, а також методу подачі зварювального струму (GMAW-CMT/Pulse) при використанні кремнієвих бронз. У п’ятому розділі побудовані розрахункові скінченно-елементні моделі, здійснене комп’ютерне моделювання та проведений аналіз результатів скінченно-елементного моделювання компонент напружено-деформованого стану просторових виробів при адитивному дуговому наплавленні кремнієвої бронзи та жароміцного сплаву на основі нікелю у вигляді компактного присадного матеріалу. Встановлено, що причиною виникнення дефектів – тріщин при використанні кремнієвої бронзи та GMAW/GMAW-Pulse методів наплавлення є формування напружень розтягу, що перевищують границю міцності металу в області високих температур при багаторазових циклах нагріву та охолодження металу в процесі адитивного наплавлення. Досліджені термодеформаційні процеси при пошаровому плазмово-дуговому наплавленні жароміцного нікелевого припою SBM-4 у комбінації з двома варіантами основ для наплавлення. З метою підтвердження адекватності результатів попередніх розрахунків та можливості її подальшого застосування здійснена верифікація розробленої скінченно-елементної моделі та результатів комп’ютерного моделювання шляхом порівняння їх збіжності з отриманими експериментальними даними. У шостому розділі сформульовані технологічні рекомендації щодо процесу пошарового адитивного виготовлення просторових виробів з використанням тепла електричної дуги як джерела нагріву та компактного (дроти та прутки суцільного перетину) присадного матеріалу. Запропонована методика визначення технологічних втрат металу в процесі фінішної механічної обробки виготовлених різними способами дугового адитивного наплавлення просторових виробів. Спроектована та створена компьютерізована установка для адитивного дугового наплавлення виробів з числовим програмним керуванням на основі G-кодів. Наведені приклади виготовлених за сформульованими автором технічними рекомендаціями адитивно наплавлених виробів складної просторової форми. Ключові слова: адитивні технології, пошарове наплавлення, адитивний синтез, FDM технологія, 3D-друк, зварні з'єднання, зона термічного впливу, низьковуглецева сталь, алюмінієвий сплав, бронза, математичне моделювання, скінченно-елементне моделювання, напружено-деформований стан, металографічний аналіз, механічні характеристики, структури, розміри зерен

2. Lahodzinskyi I.M. Additive arc surfacing of spatial products with filler wires of steels and alloys. Thesis for the scientific degree of the doctor of philosophy, the field of stydy 13 – Mechanical engineering, program subject area 131 – Applied Mechanics. – National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, 2024. The thesis consists of six chapters in which the main results are presented and substantiated. In the introduction, the relevance of topic is justified, the objectives and tasks of the research are outlined, the methods and methodologies of their implementation are provided, and the scientific novelty and practical significance of

the research results are formulated. Chapter One provides a literature review of the current state of the art in Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) technologies for the production of spatial products. Chapter two outlines the methods for conducting experimental research to determine the geometric characteristics of additively deposited layers, the structure and physico-mechanical properties of the deposited metal, the chemical composition, and the properties of the materials used for research Technological recommendations and selected equipment for the production of products from low plasticity materials are proposed. In Chapter Three, the process of layer-by-layer deposition of low-carbon steels by GMAW-CMT/Pulse method in combination with argon-based shielding gas mixtures, as well as deposition of PAW-CW additives is experimentally investigated. Based on the analysis of the experimental data, regularities in the influence of changes in the composition of the shielding gas environment and the welding current mode on the formation and geometric characteristics of the product walls are established. Experimental studies are conducted to determine the influence of GMAW-CMT/Pulse deposition methods on the geometric characteristics of products made of aluminum alloys, austenitic stainless steels, and silicon bronzes. On the basis of the conducted experimental research, the possibility of obtaining spatial products by plasma arc deposition using rods of heat-resistant nickel alloy as filler material, manufactured according to the author's proposed methodology, is demonstrated. The Chapter Four is devoted to the investigation of the influence of GMAW-CMT/Pulse deposition methods and changes in the shielding gas environment on the formation of structure and mechanical properties of specimens made of low-carbon steel, as well as the welding current mode (GMAW-CMT/Pulse) when using silicon bronzes. In Chapter Five, finite element models are constructed, computer simulations are performed, and an analysis of the results of finite element modeling of stress-strain components in three-dimensional products during additive arc deposition of silicon bronze and heat-resistant nickel-based alloy as compact filler material is conducted. It is found that the cause of cracks in silicon bronze and GMAW pulsed deposition processes is the formation of tensile stresses exceeding the metal's strength limit in the high temperature range during multiple heating and cooling cycles in the additive deposition process. The thermal deformation processes are investigated during the layer-by-layer plasma arc deposition of the heat-resistant nickel-based filler SBM-4 in combination with two variants of deposition base materials. In order to confirm the adequacy of the results of previous calculations and the possibility of their further application, the verification of the developed finite element model and the results of computer simulation is carried out by comparing their convergence with experimental data. In Chapter Six, technological recommendations are formulated for the layer-by-layer additive manufacturing process of spatial products using electric arc heat as a heat source and compact (solid cross-section wires and rods) filler material. A methodology is proposed for determining metal losses during finishing mechanical processing of products manufactured by various additive arc deposition methods. A computerized setup for additive arc deposition of products with numerical program control based on G-codes is designed and constructed. Examples of products manufactured according to the formulated technical recommendations for additive deposition of complex spatial shapes are given. Keywords: additive technologies, layer-by-layer deposition, additive manufacturing, FDM technology, 3D printing, welded joints, heat affected zone, low-carbon steel, aluminum alloy, bronze, mathematical modeling, finite element modeling, stress-strain state, metallographic analysis, mechanical properties, structures, grain sizes.

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:

- Kvasnytskyi, V., Korzhyk, V., Kvasnytskyi, V., Matviienko, M., Buturlia, Y., Lahodzinskyi, I., (2023). Designing brazing filler metal for heat-resistant nickel alloys of new generation marine gas turbines. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (EEJET), 12 (125), 32–46. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.288340
- Квасницький, В.В., Лагодзінський, І.М. (2023). Вплив методів GMAW і PAW адитивного дугового наплавлення та складу захисного газу на геометричні характеристики поверхонь і структуру металу виробів. Автоматичне зварювання,, №11, 23-31. https://doi.org/10.37434/as2023.11.02
- Перепічай А.О., Лагодзінський І.М. (2024). Дослідження впливу CMT та Pulse процесів адитивного наплавлення кремнієвої бронзи CuSi3Mn1 на геометричні розміри, структуру та напружено-деформований стан отриманих заготовок. Автоматичне зварювання, 2, 3-11. https://doi.org/10.37434/as2024.02.01
- Прохоренко, О.В., & Лагодзінський, І.М. (2024). Числове моделювання напружено-деформованого стану при адитивному MIG наплавленні кремнієвою бронзою CuSi3Mn1. Технічні науки та технології, 1 (35), 32–47. https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1(35)-32-47
- Creation of Volumetric Products Using Additive Arc Cladding with Compact and Powder Filler Materials / V. Kvasnytskyi, V. Korzhyk, I. Lahodzinskyi, Y. Illiashenko, S. Peleshenko and O. Voitenko // Materials of 2020 IEEE 10th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP), November 09-13, 2020, Sumy, Ukraine. https://doi.org/10.1109/NAP51477.2020.9309696
- Особливості використання CMT- та PULSE-технологій при дуговому адитивному виготовленні просторових виробів / Лагодзінський І.М., Квасницький В.В., Гринюк А.А // Зварювання та споріднені технології: перспективи розвитку: тези доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції, 19–20 жовтня, Краматорськ, Україна, 2021, С. 50-53. https://discovery.kpi.ua/Record/000639719
- Адитивний синтез біметалевих систем CrNi-Cu із застосуванням CMT та Pulse процесів / Лагодзінський І.М., Квасницький В.В. // Зварювання та споріднені процеси і технології: Матеріали п'ятнадцятої міжнародної міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників, 27-29 Червня, 2022, Київ, Україна, С. 53-55. http://zv.kpi.ua/images/stories/Konferenc/konf_zv_2022.pdf
- 3-D printing of spatial products made of steel and non-ferrous alloys using electric arc heat / Ivan Lahodzinskyi, Volodymyr Korzhyk, Viktor Kvasnytskyi, Andrij Perepichay, Andrij Grynyuk, Yevhenii Illiashenko, Sviatoslav Peleshenko // International Institute of Welding. The 75th IIW Annual Assembly and International Conference, 17-18 July, 2022, Tokyo, Japan. https://www.iiw2022.com/files/agendas/C-I.pdf
- Вплив способів дугового наплавлення на формування шарів та структуру наплавленого металу при адитивному синтезі виробів зі сталей та сплавів / В. Коржик, В. Квасницький, А. Гринюк, А. Перепічай, Є. Іляшенко, І. Лагодзінський, С. Пелешенко, В. Буріка // Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій. Праці Міжнародної науково-технічної конференції, ФОП Паляниця В. А., 10-11 Листопада, 2022, Тернопіль, Україна, С. 207-210. https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/39158/2/MNTK_2022_Korzhyk_V-Influence_of_arc_cladding_207-209.pdf
- Адитивний синтез виробів з кремнієвої бронзи типу CuSi3 MIG-CMT та PULSE процесами дугового наплавлення / Квасницький В.В., Перепічай А.О., Прохоренко О.В., Лагодзінський І.М., Буріка В.В. // Зварювання та технічна діагностика для відновлення економіки України: Тези допов. наук. конф. під ред. О.Т. Зельніченка. Міжнародна організація – Зварювання, 17 Листопада, 2022, Київ, Україна, С. 36-37. http://pwi-scientists.com/ukr/welding2022programm
- Вплив методів GMAW і PAW адитивного дугового наплавлення та складу захисного газу на геометричні характеристики поверхонь і структуру металу виробів / Квасницький В.В., Лагодзінський І.М. // Сучасні напрями розвитку адитивних технологій: Тези доповідей науково-технічної конференції під ред. О.Т. Зельніченка, Міжнародна Асоціація «Зварювання», 27 Листопада, 2023, Київ, Україна, с. 13.

http://zv.kpi.ua/polyweld

- Вплив складу захисного газу на геометричні характеристики поверхонь отриманих адитивним CMT та Pulse GMAW наплавленням виробів / Лагодзінський І.М., Szymura Michał, Квасницький В.В. // PolyWeld–2023: збірник матеріалів міжнародної конференції «Інноваційні технології та інжиніринг у зварюванні», 23-24 Листопада, 2023, Київ, Україна, С. 68-71. http://pwi-scientists.com/pdf/105_Paton_Conf_2023.pdf

Наукова (науково-технічна) продукція: технології

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; економія матеріалів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Квасницький Віктор Вячеславович

2. Viktor Kvasnytskyi

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7756-5179

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. Махненко Олег Володимирович

2. Oleg Makhnenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8583-0163

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. Дмитрик Віталій Володимирович
2. Vitalii Dmytryk

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1085-3811

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, буд. 2, 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. Мініцький Анатолій Вячеславович
2. Anatolii V. Minitskyi

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

Ідентифікатор ORCID 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. Копилов Вячеслав Іванович

2. Vyacheslav Kopylov

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1789-3226

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	Лагодзінський Іван Миколайович
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна