Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U001581

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 08-05-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ ІЕЗ про видачу диплома від 12.06.2025 № 78

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Царик Богдан Романович
2. Bohdan R. Tsaryk

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: 132 Матеріалознавство

Дата захисту: 28-05-2025

Спеціальність за освітою: Динаміка і міцність машин

Місце роботи здобувача: Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії науки України

Код за ЄДРПОУ: 05416923

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 8084

Повне найменування юридичної особи: Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії науки України

Код за ЄДРПОУ: 05416923

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

Повне найменування юридичної особи: Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії науки України

Код за ЄДРПОУ: 05416923

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 81.35.13

Тема дисертації:

1. Залишкові напруження та деформації зварних з'єднань і конструкцій із алюмінієвих сплавів при зварюванні тертям з перемішуванням

2. Residual stresses and deformations of welded joints and structures made of aluminum alloys at friction stir welding

Реферат:

1. Зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП) – відносно новий процес зварювання, який вже отримав досить широке застосування для виконання з'єднань конструкцій в авіакосмічній галузі, транспортному та суднобудуванні, в інших галузях промисловості. Хоча ЗТП вимагає використання складного обладнання, цей процес в порівнянні з традиційними дуговими процесами зварювання більш безпечний для навколишнього середовища, оскільки не потребує використання захисних газів, а також не ініціює негативне для здоров'я електромагнітне випромінювання та виключає розповсюдження пилу та аерозолів, а також вважається, що при ЗТП менше нагрівається металу з'єднання, оскільки зварювання відбувається в твердій фазі, та відповідно забезпечується суттєве зниження рівня залишкових напружень і деформацій. Хоча вже є

технології використання ЗТП для конструкційних сталей, в основному, цей процес зварювання поширений для з'єднання елементів з легких алюмінієвих сплавів. Для прогнозування точності, міцності і ресурсу зварних конструкцій, виконаних за допомогою ЗТП, необхідна інформація стосовно залишкових напружень і деформацій, а також механічних властивостей матеріалу в зоні зварного з'єднання. Але існуюча інформація щодо рівня залишкових напружень і деформацій при ЗТП алюмінієвих сплавів дуже суперечлива, а методи розрахункового прогнозування температурних розподілів, механічних властивостей, тимчасового і залишкового напружено-деформованого стану зварених процесом ЗТП конструкцій дуже різноманітні. Актуальність проблеми: визначення механічних властивостей та напружено-деформованого стану зварних з'єднань і конструкцій із алюмінієвих сплавів, виготовлених за технологією ЗТП, недостатньо досліджене. Метою дослідження є визначення механічних властивостей з урахуванням ефекту знеміцнення матеріалу та залишкового напружено-деформованого стану зварних з'єднань із алюмінієвих сплавів, виконаних зварюванням тертям з перемішування, та математичне моделювання методом функції усадки загальних зварювальних деформацій великогабаритних конструкцій циліндричних ємностей аеро-космічного призначення з великою кількістю з'єднань за технологією ЗТП. Об'єктом дослідження є теплові і термодеформаційні процеси в алюмінієвих сплавах при зварювані тертям з перемішуванням. У першому розділі робота містить результати проведеного аналітичного огляду сучасного стану проблеми математичного моделювання визначення температурних полів і формування зварних з'єднань при зварювані тертям з перемішуванням. Зроблений огляд існуючих математичних моделей та основних їх особливостей і параметрів для прогнозування напружено-деформованого стану, а також проаналізовано експериментальні данні вимірювання залишкових напружень і деформацій при ЗТП алюмінієвих сплавів. У другому розділі представлено технологію зварювання тертям з перемішуванням дослідних зразків з термозміцненого алюмінієвого сплаву 2219-Т81 аеро-космічного призначення, надані результати проведених випробувань зразків для визначення механічних властивостей матеріалу та результатів вимірювання залишкових напружень зварного з'єднання з алюмінієвого сплаву 2219-Т81. У третьому розділі надано опис розробленої математичної моделі визначення зварювальних напружень і деформацій в з'єднаннях, виконаних зварюванням тертям перемішуванням, на основі загального методу термопластичності і методу скінчених елементів. Впроваджено модель знеміцнення алюмінієвого сплаву 2219-Т81 при зварювальному нагріві, що суттєво впливає на точність визначення залишкових напружень і деформацій. Отримано результати математичного моделювання залишкових зварювальних напружень і пластичних деформацій з'єднань з алюмінієвого сплаву 2219-Т81, виконаних ЗТП, проведені процедури веріфікації і валідації розробленої математичної моделі за результатами експериментального вимірювання залишкових напружень. Зроблено порівняння результатів математичного моделювання залишкового напружено-деформованого стану з'єднань з алюмінієвого сплаву АМг6 при ЗТП з дуговими процесами зварювання. У четвертому розділі розроблена методологія моделювання зварних залишкових напружень і деформацій великогабаритних циліндричних ємностей за методом функції усадки. Виконано дослідження можливості отримання параметрів функції усадки (пластичгних деформацій) та розподілів залишкових напружень для кільцевих і повздовжніх стикових зварних з'єднань великогабаритної циліндричної оболонки на спрощених моделях обмеженого розміру методами термопластичності. Проведено веріфікацію і валідацію математичної моделі визначення зварювальних деформацій для великогабаритних циліндричних ємностей із алюмінієвого сплаву. Зроблено порівняння результатів математичного моделювання загальних деформацій великогабаритних циліндричних ємностей із алюмінієвого сплаву при використанні ЗТП і дугового зварювання.

2. Friction stir welding (FSW) is a relatively new welding process that has already been widely used to make structural joints in the aerospace industry, transportation and shipbuilding, and other industries. Although the process requires the use of sophisticated equipment, it is safer for the environment than traditional arc welding processes, as it does not require the use of shielding gases, does not initiate electromagnetic radiation that is harmful to health and eliminates the spread of dust and aerosols, and is believed to heat the joint metal less, as welding takes place in the solid phase, and therefore significantly reduces residual stresses and deformations.

Although there are already technologies for using FSW for structural steels, this welding process is mainly used to join lightweight aluminum alloy components. To predict the accuracy, strength, and service life of welded structures made using FSW, information on residual stresses and strains, as well as the mechanical properties of the material in the welded joint zone, is required. However, the existing information on the level of residual stresses and strains during the FSW of aluminum alloys is very controversial, and the methods for calculating the temperature distributions, mechanical properties, temporary and residual stress-strain state of structures welded by the FSW process are very diverse. The relevance of the problem: to determine the mechanical properties and stress-strain state of welded joints and structures made of aluminum alloys using the FSW technology. The purpose of the investigate is to determine the mechanical properties, taking into account the effect of material weakening and the stress-strain state of welded joints made of aluminum alloys by friction stir welding (FSW), and to mathematically model the total welding deformations of large-sized structures with a large number of joints using FSW technology using the method of shrinkage function. The object of study is thermal and thermo-deformation processes during friction stir welding in aluminum alloys. In the first section, the work contains the results of an analytical review of the state of the art of mathematical modeling of determining temperature fields and forming welded joints in friction stir welding. A review of mathematical models and identification of their main features and parameters for obtaining the stress-strain state during FSW of aluminum alloys was made, and experimental data for measuring residual stresses and strains were analyzed. The second section describes the technology of friction stir welding of prototypes made of aluminum alloy 2219-T81, determination of mechanical and thermophysical properties of the material, and obtaining the results of measuring residual stresses of the welded joint made of aluminum alloy 2219-T81. In the third section, a mathematical model for determining welding stresses and strains in joints made by friction stir welding based on the thermoplasticity method was developed. The results of mathematical modeling of the residual stress-strain state of AMg6 aluminum alloy joints at FSW with arc welding processes were compared. A model of the weakening of aluminum alloy 2219-T81 during welding heating was introduced, which significantly affects the determination of residual stresses and strains. The results of mathematical modeling of the welding stress-strain state of joints made of aluminum alloy 2219-T81, made by FSW, were obtained. Chapter fourth develops a methodology for modeling welded residual stresses and strains in large cylindrical tanks. A mathematical model for predicting residual welding stresses and strains using the method of the shrinkage function was obtained. The possibility of obtaining the parameters of the shrinkage function and residual stress distributions for welded joints of a large cylindrical shell on simplified models of limited size by thermoplasticity methods was investigated. Verification and validation of the mathematical model for determining welding deformations for large-sized cylindrical aluminum alloy tanks using the FSW were carried out. The results of mathematical modeling of the total deformations of large-sized cylindrical aluminum alloy tanks using FSW and arc welding were compared.

Державний реєстраційний номер ДіР: 1.6.2.34.5 (34/5); 1.6.34.37 (34/37);

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: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Царик Б.Р., Мужиченко О.Ф., Махненко О.В. (2022). Розробка математичної моделі визначення залишкових напружень і деформацій при зварюванні тертям з перемішуванням алюмінієвого сплаву. ж. Автоматичне зварювання. №9, с.37 - 44.

- Махненко О. В., Міленін О. С., Павловський В. І., Савицький В.В., Царик Б. Р. (2024). Залишкові напружень при зварюванні тертям з перемішуванням пластин з термозміцненого алюмінієвого сплаву 2219-T81, ж. Технічна діагностика і неруйнівний контроль. №3, с. 17-23.
- Царик Б.Р., Махненко О.В. (2024). Математичне моделювання загальних деформацій при зварюванні великогабаритних ємностей з алюмінієвого сплаву. ж. Автоматичне зварювання, № 4, с. 47-54.
- Царик Б.Р., Міленін О. С., Павловський В.І., Махненко О.В. (2024). Залишкові напруження в зварних з'єднаннях, виконаних зварюванням тертям з перемішуванням. ж. Проблеми міцності, №5, с. 133-143.
- Tsaryk B. Development of a mathematical model for prediction residual stresses and strains at FSW. Conference proceedings «Young professional international conference on welding and related technologies» (Kyiv, 26 October 2021) p.31.
- Царик Б.Р., Павловський В.І., Махненко О.В. Залишкові напруження в зварних з'єднаннях, що виконані зварюванням тертям з перемішуванням. Матеріали міжн. конф. Інноваційні технології та інжиніринг у зварюванні PolyWeld. с.18-20 (Київ 23-24 листопада 2023 р.)
- Махненко О.В., Царик Б.Р. Врахування розміцнення матеріалу при розрахунковому визначенні залишкових напружень при зварюванні алюмінієвого сплаву 2219-T81. Матеріали XIV міжн. наук.-практ. конф. «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем», (Чернігів 23-24 травня 2024 р.) 2024 року, м. Чернігів, том 2, стор.110-111.
- Махненко О.В., Царик Б.Р. Розрахункове прогнозування залишкових деформацій при зварюванні великогабаритних ємностей з алюмінієвого сплаву. Матеріали І-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Прикладна механіка». (Тернопіль 6-7 червня 2024) м. Тернопіль 2024, с. 141-144.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Махненко Олег Володимирович
2. Oleg V. Makhnenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії науки України

Код за ЄДРПОУ: 05416923

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сенченков Ігор Костянтинович
2. Ihor K. Senchenkov

Кваліфікація: д.ф.-м.н., с.н.с., 01.02.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0001-2289-5066

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417070

Місцезнаходження: вул. П. Нестерова, буд. 3, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Квасницький Віктор Вячеславович
2. Viktor V. Kvasnytskyy

Кваліфікація: д.т.н., проф., 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:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пащин Микола Олександрович
2. Mykola O. Pashchyn

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2201-5137

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії науки України

Код за ЄДРПОУ: 05416923

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мотруніч Святослав Ігорович
2. Svyatoslav I. Motrunich

Кваліфікація: к.т.н., с.д., 05.03.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8841-8609

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії науки України

Код за ЄДРПОУ: 05416923

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Книш Віталій Васильович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Книш Віталій Васильович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Пономарьова Євгенія Юріївна
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна