Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003875

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 07-10-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Цзянь Ді ..

2. Di Jiang

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3155-3807

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: 17-11-2025

Спеціальність за освітою: Mechanical Engimeering

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 11029

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

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, 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 "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 81.35.15

Тема дисертації:

1. Вплив технологічних параметрів контактного точкового зварювання тертям з перемішуванням на механічні властивості з'єднань матеріалів на основі алюмінію.

2. Influence of technological parameters of refill friction stir spot welding on the mechanical properties of aluminum-based material joints.

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена вивченню поведінки деформації матеріалу і механізму пластичної течії в процесі зварювання, а також впливу параметрів процесу на мікроструктуру і механічні властивості зварних з'єднань. Мета дисертаційної роботи – встановити закономірності впливу технологічних параметрів (швидкості обертання, швидкості зварювання, діаметра інструменту) на якість зварних з'єднань алюмінієвих сплавів при точковому зварюванні тертям з перемішуванням із заповненням для оптимізації процесу та забезпечення високих механічних властивостей. Об'єкт дослідження: процес утворення зварних з'єднань алюмінієвого сплаву 6061-Т6, отриманих методом точкового зварювання тертям з перемішуванням із заповненням Предмет дослідження: закономірності впливу технологічних параметрів (діаметра

перемішувального інструменту, швидкості обертання та швидкості зварювання) на мікроструктуру, механічні властивості та механізми формування з’єднань алюмінієвого сплаву 6061-T6. За результатами дослідження отримано наступні наукові результати: Вперше: 1. Системно досліджено з удосконаленням п'ять типів перемішуючих інструментів діаметром 6-10 мм та встановлено оптимальні технологічні параметри для бездефектного зварювання алюмінієвого сплаву 6061-T6 товщиною 3 мм. 2. Встановлено закономірності формування характерного "U"-подібного профілю поперечного перерізу зварного шва з розмірами, що дещо перевищують розміри інструменту, та виявлено три основні зони: зону впливу стрижня, зону впливу гільзи та зону термомеханічного впливу. 3. Визначено критичну роль "зони зчеплення при фрикційному заклепуванні з перемішуванням" у забезпеченні експлуатаційних характеристик зварного шва та встановлено кореляцію між розміром зерна та положенням зони. 4. Встановлено пряму залежність між діаметром інструменту та рівнем сили розтягуючого зсуву: 9,27; 13,74; 14,79; 16,83 та 18,16 кН для діаметрів 6-10 мм відповідно, що підтверджує діаметр інструменту як ключовий фактор міцності з'єднання. 5. Розроблено математичну модель на базі Deform V11.0, що описує процес точкового зварювання тертям з перемішуванням та дозволяє прогнозувати температурні поля, напруження та характер течії металу в зоні зварювання. 6. Встановлено два механізми формування з'єднань залежно від діаметра інструменту: "тертя зсуву - обертання на місці" для малих діаметрів та "двосторонній зсув - центральний осьовий потік" для великих діаметрів. Завдання дослідження: Розробити та виготовити перемішуючі інструменти різних діаметрів для точкового зварювання тертям з перемішуванням товстих алюмінієвих плит. 1. Встановити вплив технологічних параметрів на формування мікроструктури та зонального розподілу в зварних з'єднаннях. 2. Дослідити механічні властивості з'єднань та визначити оптимальні режими зварювання. 3. Розробити математичну модель процесу точкового зварювання тертям з перемішуванням для прогнозування якості з'єднань. 4. Встановити механізми формування з'єднань при різних діаметрах інструменту. Практичне значення отриманих результатів: 1. Встановлено критерії вибору діаметра інструменту залежно від вимог до міцності з'єднання: менші діаметри призводять до руйнування по межі розділу, більші – до часткового руйнування зони перемішування. 2. Створено методологію прогнозування механічних властивостей з'єднань на основі математичного моделювання процесу. 3. Результати впроваджені в навчальний процес НТУ "ХПІ" та можуть бути використані в автомобільній, залізничній та аерокосмічній промисловості. 4. Розробити та виготовити перемішуючі інструменти різних діаметрів для точкового зварювання тертям з перемішуванням товстих алюмінієвих плит. 5. Розроблено технологічні рекомендації щодо вибору оптимальних параметрів точкового зварювання тертям з перемішуванням для промислового застосування при з'єднанні товстих алюмінієвих плит.

2. The dissertation is devoted to the study of material deformation behavior and plastic flow mechanisms during welding, as well as the influence of process parameters on the microstructure and mechanical properties of welded joints. The aim of the dissertation is to establish the regularities of the influence of technological parameters (rotation speed, welding speed, tool diameter) on the quality of welded joints produced by refill friction stir spot welding of aluminum alloys, in order to optimize the process and ensure high mechanical properties. Object of research: welded joints of 3 mm thick 6061-T6 aluminum alloy produced by refill friction stir spot welding. Subject of research: the influence of stirring tool diameter (6–10 mm), rotation speed (1000–1600 rpm), and welding speed (20–50 mm/min) on the microstructure, mechanical properties, and formation mechanisms of 6061-T6 aluminum alloy joints. Scientific results obtained for the first time: 1. Five types of stirring tools with diameters of 6–10 mm were systematically studied, and optimal technological parameters for defect-free welding of 3 mm thick 6061-T6 aluminum alloy were established. 2. The formation patterns of the characteristic «U» - shaped weld cross-section, slightly larger than the tool dimensions, were identified, and three main zones were distinguished: Pin Affected Zone (PAZ), Sleeve Affected Zone (SAZ), and Thermo-Mechanically Affected Zone (TMAZ). 3. The critical role of the «Friction Stir Riveting Bonding Zone» in ensuring joint performance was determined, and correlations between grain size and zone location were established. 4. A direct relationship between tool diameter and tensile-shear force was established: 9.27, 13.74, 14.79, 16.83, and 18.16 kN for tool diameters of 6–10 mm, respectively, confirming the tool diameter as a key factor in joint strength. 5. A numerical

model based on Deform V11.0 was developed, accurately describing the RFSSW process and enabling prediction of temperature fields, stresses, and metal flow in the welding zone. 6. Two mechanisms of joint formation were identified depending on tool diameter: “shear friction–in-situ rotation” for smaller diameters and “bilateral shear–central axial flow” for larger diameters. Research objectives: To develop and manufacture mixing tools of various diameters for friction spot welding of thick aluminum plates. 1. To determine the influence of technological parameters on the formation of microstructure and zonal distribution in welded joints. 2. Investigate the mechanical properties of joints and determine the optimal welding modes. 3. Develop a mathematical model of the friction stir spot welding process to predict the quality of joints. 4. Establish the mechanisms of joint formation at different tool diameters. Practical significance of the results obtained: 1. Criteria for selecting the diameter of the tool depending on the strength requirements of the joint have been established: smaller diameters lead to destruction at the interface, larger ones – to partial destruction of the mixing zone. 2. A methodology for predicting the mechanical properties of joints based on mathematical modelling of the process has been developed. 3. The results have been implemented in the educational process at NTU ‘KhPI’ and can be used in the automotive, railway and aerospace industries. 4. Develop and manufacture mixing tools of various diameters for friction spot welding with mixing of thick aluminium plates. 5. Technological recommendations have been developed for selecting the optimal parameters of friction spot welding with mixing for industrial application in the joining of thick aluminium plates.

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. Xiaole Ge, Igor Kolupaev, Weiwei Song, Di Jiang, Jiafei Pu, Hongfeng Wang, Yuan Chu. Influence of the process parameters on the microhardness and the wear resistance of the friction stir processed h65 copper alloy, Journal of Engineering and Technological Sciences, 2022, 54(6), 1143-1159. https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2022.54.6.4 (Scopus)
- 2. Di Jiang, I. N. Kolupaev, HongFeng Wang & Xiaole Ge. Analysis of mechanical properties of 6010 aluminum alloy without Tool Tilt Angle friction stir welding[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2023,37(13), 2010-2024. https://doi.org/10.1080/01694243.2022.2109254 (Scoups)
- 3. Di Jiang, I. N. Kolupaev, HongFeng Wang, Xiaole Ge & Liu Hui. Study on the Performance of FSW Joint Welded of Aluminum Alloy by S-Type Track [J], Integrated Ferroelectrics, 2023,234(1), 115-125. https://doi.org/10.1080/10584587.2023.2191556 (Scoups)
- 4. Xiaole Ge, I.N. Kolupaev, Di Jiang, Hongfeng Wang, Shouzhen Cao, Shengrong Liu. Effect of the tool rotation direction on the joint properties of the pinless friction stir spot welding of pure copper, Ferroelectrics, 2023, 615, 396-406. https://doi.org/10.1080/00150193.2023.2198948 (Web of Science)
- 5. Xiaole Ge, I.N. Kolupaev, Di Jiang, Hongfeng Wang. Investigation on the welded joint properties of pinless friction stir spot welding of copper under different tool grooves, Ferroelectrics, 2024, 618,15-16, 2339-2354. DOI: https://doi.org/10.1080/00150193.2024.2325888 (Web of science)
- 6. Di Jiang, Kolupaev, I.N, HongFeng, W., & Xiaole, G. (2025). Process optimization of refill friction spot stir of AA6061-T6 aluminum alloy for thick plate[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2025, 39, 4, p. 555 – 573. https://doi.org/10.1080/01694243.2024.2416048 (Scoups).
- 7. Di Jiang, Igor Kolupaev. Effect of Process Parameters on the Performance of Refill Friction Stir Spot Welding of Aluminum Alloys, XVIII INTERNATIONAL CONFERENCE FOR MASTER AND POSTGRADUATE STUDENTS «Theoretical and practical research of young scientists», November 19-22, 2024.

- 8. Di Jiang, Igor Kolupaev. Numerical simulation analysis of refill friction stir spot welding based on DEFORM, XVII INTERNATIONAL CONFERENCE FOR MASTER AND POSTGRADUATE STUDENTS «Theoretical and practical research of Young Scientists», November 28-30, 2023.
- 9. Волков О.О., Субботіна В.В., Колупаєв І.М., Краєвська Ж.В., Jiang Di, Ge Xiaole. Вплив теплофізичних характеристик матеріалів на ефективність процесів з фрикційною складовою:Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXI міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2023, 17–20 травня 2023 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – 1406 с.
- 10. Subbotina V.V., Bilozerov V.V., Kolupaev I. N., Volkov O.O., Subbotin O.V., D. Jiang, Xiaole Ge Control of the magnitude and distribution of residual macro-stresses by roller rolling): Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2024, 22 – 25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ».
- 11. Волков О.О., Субботіна В.В., Колупаєв І.М., Краєвська Ж.В., Jiang Di, Ge Xiaole. Застосування тертя в якості високоенергетичного засобу зміни структурного стану матеріалів" Тез. доп. XXX Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоровпя:– Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – С. 222
- 12. Волков О.О., Субботіна В.В., Колупаєв І.М., Краєвська Ж.В., Jiang Di, Ge Xiaole. Технологічні принципи підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин та елементів конструкцій при модифікуванні їх поверхневих шарів методами ТФЗ, МДО та при зварюванні тертям з перемішуванням. VII Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти та молодих вчених «Фізика і хімія твердого тіла: стан, досягнення і перспективи» Луцьк, 2022 р

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів; 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. Субботіна Валерія Валеріївна

2. Valeriia V. Subbotina

Кваліфікація: д.т.н., проф., 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3882-0368

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Колупаєв Ігор Миколайович

2. Ihor Kolupaiev

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2125-7118

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, 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. Рибалко Іван Миколайович

2. Ivan M. Rybalko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3663-019X

Додаткова інформація: ;https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57218164931 https://scholar.google.com.ua/citations?user=9a8xhJoAAAAJ&hl=uk https://orcid.org/0000-0002-3663-019X https://www.webofscience.com/wos/author/record/1688472

Повне найменування юридичної особи: Державний біотехнологічний університет

Код за ЄДРПОУ: 44234755

Місцезнаходження: вул. Алчевських, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гапонова Оксана Петрівна

2. Oksana P. Haponova

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4866-0599

Додаткова інформація: https://scholar.google.com/citations?user=fYt-jVwAAAAJ&hl=ua;ORCID 0000-0002-4866-0599

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Харківська, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Терлецький Олександр Семенович
2. Olexandr S. Terletskiy

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0001-0617-180X

Додаткова інформація: https://scholar.google.com.ua/citations?user=NoqotAcAAAAJ&hl=ua

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

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Реброва Олена Михайлівна
2. Olena M. Rebrova

Кваліфікація: к. т. н., доцент, 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2315-7003

Додаткова інформація: ;https://orcid.org/0000-0003-2315-7003

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

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Дмитрик Віталій Володимирович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Дмитрик Віталій Володимирович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Ді Цзянь
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна