

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U003847

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 22-07-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України від 14.07.2022 № 50.



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ковальчук Петро Васильович

2. Petro V. Kovalchuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2313-5982

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: 29-06-2022

Спеціальність за освітою: Технологія та устаткування зварювання

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

Код за ЄДРПОУ: 05416923

Місцезнаходження: вул. Казимира Малевича, 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 48

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

Код за ЄДРПОУ: 05416923

Місцезнаходження: вул. Казимира Малевича, 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, 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: 81.35.31.05

Тема дисертації:

1. Технологія паяння Ковару в однорідному та різномірному сполученні
2. Brazing Technology of Kovar in Similar and Dissimilar Joints

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена розробці технологічного процесу нанесення бар'єрного покриття на титановий сплав, створенню високотемпературного припою та технології вакуумного паяння Ковару в однорідному й різномірному сполученні. Конструкції з прецизійних матеріалів із заданими фізичними властивостями широко застосовуються в приладобудуванні, авіакосмічній техніці та інших галузях. Незважаючи на наявність відомостей щодо паяння прецизійних сплавів між собою, практично відсутні дані про їх паяння з хімічно активними та тугоплавкими металами, зокрема титаном і молибденом. Такі з'єднання необхідні під час виготовлення фотоприймачів, високочутливих оптичних елементів та інших виробів. Основними проблемами паяння Ковару в різномірному сполученні є відмінності температурних коефіцієнтів лінійного розширення та хімічного складу матеріалів, що призводять до утворення крихких інтерметалідних фаз і залишкових напружень. Для забезпечення герметичності та надійності таких з'єднань необхідне

вдосконалення складу припоїв, технологічних прийомів і температурно-часових параметрів процесу. Метою роботи є розробка технологічного процесу високотемпературного вакуумного паяння Ковару в однорідному сполученні та в різнорідних поєднаннях із титаном, молибденом і корозійностійкою сталлю, що забезпечує герметичність і працездатність паяних з'єднань. Наукова новизна роботи полягає в тому, що: Встановлено закономірності змочування та фізико-металургійних процесів взаємодії припоїв із Коваром, титаном, молибденом і корозійностійкою сталлю. Показано, що для припоїв системи Cu-Mn-Co збільшення вмісту кобальту від 0,5 до 4,5 % та відповідне підвищення температури нагріву забезпечує збільшення площі розтікання: по Ковару – у 2,8 раза, по корозійностійкій сталі – у 1,7 раза, по молибдену – у 1,8 раза. Контактні кути для припою ПСр72 становлять 11° на Коварі та 1°50' на титані, а для припоїв системи Cu-Mn-Co знаходяться в межах 5–27°. Встановлено, що підвищення концентрації Co від 0,5 до 4,5 % у припої системи Cu-Mn збільшує міцність на зріз з'єднань Ковар – корозійностійка сталь від 374 до 434 МПа при витримці 3 хв. Збільшення часу витримки до 30 хв призводить до зниження міцності до 248 МПа. Доведено, що зменшення паяльного зазору від 100 до 20 мкм при вакуумному паянні з'єднань Ковар – Ковар підвищує міцність від 297±10 до 408±6 МПа та сприяє збільшенню об'ємної частки фази (FeMnCo)_x(NiCu)_y у паяному шві. Встановлено, що при вакуумному паянні з'єднань Ковар – молибден із застосуванням припою Cu-Mn-4,5Co збільшення часу витримки від 1 до 15 хв приводить до зростання товщини реакційного шару Mo-Fe від 1 до 3 мкм. Практичне значення роботи полягає у створенні припою для високотемпературного вакуумного паяння різнорідних з'єднань Ковар – молибден (корозійностійка сталь), а також у розробленні та реалізації способу нанесення бар'єрного покриття на титановий сплав, що забезпечує його цілісність під час паяння та герметичність з'єднань Ковар – титановий сплав. Розроблений технологічний процес упроваджено на КП СПБ «Арсенал», що підтверджено актом впровадження. У першому розділі наведено аналіз літературних джерел щодо з'єднання Ковару в однорідному та різнорідному сполученні з молибденом, титаном і корозійностійкою сталлю. Показано, що безпосередній контакт цих матеріалів спричиняє утворення інтерметалідних прошарків, які погіршують властивості з'єднань. Обґрунтовано переваги високотемпературного паяння як способу отримання нероз'ємних герметичних з'єднань завдяки збереженню структури основного металу та можливості оптимізації складу припою і режимів паяння.

2. The dissertation is devoted to the development of a barrier coating technology for titanium alloys, a high-temperature brazing filler metal, and a vacuum brazing technology for Kovar in similar and dissimilar joints. Precision alloys possessing controlled physical properties are widely used in instrumentation, aerospace engineering, and other high-technology industries. Although considerable attention has been paid to brazing precision alloys to similar materials, there is very limited information on brazing these alloys to chemically active and refractory metals, particularly titanium and molybdenum. Such dissimilar joints are required for manufacturing photodetectors, high-sensitivity optical components, and other precision devices. The main challenges associated with brazing Kovar to dissimilar materials arise from differences in the coefficients of thermal expansion, chemical composition, and physical and mechanical properties of the joined materials. These differences promote the formation of brittle intermetallic phases at the interface and generate significant residual stresses, which deteriorate the mechanical performance and may eventually lead to joint failure. Therefore, improving the reliability and hermeticity of Kovar-titanium and Kovar-molybdenum joints requires the development of advanced brazing filler metals, optimized technological approaches, and appropriate temperature-time brazing parameters. The aim of this work was to develop a vacuum high-temperature brazing technology for producing similar Kovar joints and dissimilar Kovar joints with titanium, molybdenum, and stainless steel, ensuring the required hermeticity and serviceability of the brazed assemblies. The scientific novelty of the dissertation is as follows: The wetting behavior and physicomettallurgical interaction between Cu-Mn-Co brazing filler metals and Kovar, titanium, molybdenum, and stainless steel were investigated. It was established that increasing the cobalt content from 0.5 to 4.5 wt.% and the corresponding brazing temperature increased the spreading area by a factor of 2.8 on Kovar, 1.7 on stainless steel, and 1.8 on molybdenum due to the increase in the liquidus temperature. The contact angle of the PSr72 brazing filler metal was found to be 11° on Kovar and 1°50' on titanium, while the contact angles of Cu-Mn-Co filler metals ranged from 5° to 27°, indicating good wettability. A

four-stage barrier coating technology for titanium alloys was developed to prevent coating delamination during vacuum brazing of dissimilar joints. The developed process ensures coating integrity under brazing conditions and prevents direct interaction between molten filler metal and the titanium substrate. It was established that increasing the cobalt concentration in Cu–Mn filler metals to 4.5 wt.% increased the lap shear strength of Kovar–stainless steel joints by approximately 16% at a constant holding time of 3 min. Increasing the holding time from 3 to 30 min and the brazing gap from 0 to 100 μm reduced the joint strength by approximately 42% and 28%, respectively. It was demonstrated that the developed barrier coating technology combined with appropriate surface preparation increased the lap shear strength of Kovar–titanium joints by approximately 45%. A technological process for vacuum brazing of photodetector assemblies was developed. Laboratory and industrial validation confirmed that the brazed assemblies satisfied the specified technical requirements. Technological recommendations for vacuum brazing of dissimilar Kovar–titanium and similar Kovar–Kovar joints were formulated. The practical significance of the dissertation is as follows. A Cu–Mn–Co brazing filler metal was developed for high-temperature vacuum brazing of dissimilar Kovar–molybdenum and Kovar–stainless steel joints. A barrier coating technology for titanium alloys was proposed and implemented to preserve coating integrity during high-temperature vacuum brazing and to ensure the hermeticity of Kovar–titanium joints. The developed vacuum brazing technology was successfully implemented at the Arsenal Special Design Bureau, as confirmed by an implementation certificate.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0116U006502

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: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Оубл. 25-03-2019, Бюл. №6. 2. Максимова С. В., Ковальчук П. В., Воронов В. В. Вплив кобальту на структуру і технологічні властивості сплавів системи Cu–Mn. Металофізика та новітні технології. 2019. №10 (т. 41). С. 1365–1375. (Журнал входить до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS, Q3) <https://doi.org/10.15407/mfint.41.10.1365>
- Максимова С. В., Ковальчук П. В., Воронов В. В. Вплив Со на структуру і механічні властивості паяних з'єднань Ковар – нержавіюча сталь. Металофізика та новітні технології. 2021 т. 43, №4, С. 553–566. (Журнал входить до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS, Q3) <https://doi.org/10.15407/mfint.43.01.0553>.
- Максимова С.В., Ковальчук П.В., Воронов В.В. Вакуумне паяння різнорідних з'єднань Ковар – молибден. Автоматичне зварювання. 2021. №7. С. 15–20. (Журнал включено до переліку наукових фахових видань ВАК) <https://doi.org/10.37434/as2021.07.03>
- Максимова С. В., Воронов В. В., Ковальчук П. В. Использование покрытий при пайке разнородных материалов. Труды Междунар. науч.-техн. конф. «Инженерия поверхности и реновация изделий». Свалаява. 2018. С.86–88.
- Максимова С. В., Воронов В. В., Ковальчук П. В. Морфология технологических никелевых покрытий на титановом сплаве. Сб. трудов Междунар. научн. конф. «Материалы для работы в экстремальных условиях-8» Київ. КПИ. 2018. С.163–165.
- Maksymova S. V., Kovalchuk P. V., Voronov V. V. High Temperature Brazing and Diffusion Bonding. «LÖT 2019,12-th International Conference on Brazing, Poster presentation» Germany, Aachen 2019
- Maksymova S. V., Kovalchuk P. V., Voronov V. V. The structure of brazed joints of dissimilar materials titanium – Kovar using a barrier coating «IBSC 2021, 8-th International Brazing and Brazing Conference USA: American Welding Society, 2021. Session 10, presentation 3, pages 1–4.

- Патент на винахід №118895. Спосіб нанесення нікелевого покриття на титан і його сплави / Максимова С. В., Воронов В. В., Ковальчук П. В., Лозбін Д. В., №а201702533; Заявл. 20.03.2017; Опубл. 25-03-2019, Бюл. №6.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; матеріали

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

Охоронні документи на ОПІВ:

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

Патент на винахід №118895. Спосіб нанесення нікелевого покриття на титан і його сплави / Максимова С. В., Воронов В. В., Ковальчук П. В., Лозбін Д. В., №а201702533; Заявл. 20.03.2017; Опубл. 25-03-2019, Бюл. №

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0116U006502

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Максимова Світлана Василівна

2. Svitlana V. Maksymova

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація: 0000-0003-0158-5760

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

Код за ЄДРПОУ: 05416923

Місцезнаходження: вул. Казимира Малевича, 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. Присяжнюк Павло Миколайович

2. Prysiazhniuk Pavlo M.

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, Івано-Франківськ, 76019, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Перемітько Валерій Вікторович

2. Valery V. Peremytko

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Дніпровський державний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070737

Місцезнаходження: вул. Дніпробудівська, Кам'янське, 51918, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Скульський Валентин Юрійович

2. Valentin Y. Skulskyi

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4766-5355

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 05416923

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Білоус Валерій Юрійович

2. Valeriy Y. Bilous

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0082-8030

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 05416923

Місцезнаходження: вул. Казимира Малевича, 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**

Ахонін Сергій Володимирович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Ахонін Сергій Володимирович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Ковальчук Петро Васильович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна