

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Ковальчука Петра Васильовича

за темою «**Технологія паяння Ковару в однорідному та різнорідному сполученні**»,

поданої на здобуття наукового ступеню **доктора філософії**

за спеціальністю **132 – «Матеріалознавство»**

Дисертаційна робота Ковальчука Петра Васильовича присвячена розробці технології паяння Ковару в однорідному та різнорідному сполученні з титаном (молібденом, корозійностійкою сталлю) з метою забезпечення герметичності, вакуумної щільності та роботоздатності паяним вузлам в умовах експлуатації.

Актуальність роботи

При отриманні паяних з'єднань різнорідних металів виникають проблеми, які обумовлені відмінностями фізико-механічних властивостей (температурних коефіцієнтів лінійного розширення), хімічним складом матеріалів, які поєднуються, що призводить до появи інтерметалідних фаз на міжфазній границі припій-основний метал, суттєвих внутрішніх напружень, які погіршують механічні властивості, та, з рештою, можуть викликати руйнування виробу. З метою підвищення якості та надійності різнорідних з'єднань Ковар – титан, молібден необхідно розробити і застосувати прийоми, спрямовані на вдосконалення паяльних матеріалів, технологічних підходів і оптимізації температурно-часових параметрів, що сприяють отриманню герметичних з'єднань з вакуумно щільними паяними швами.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана в відділі фізико-хімічних процесів паяння Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України за цільовою науково-технічною програмою відповідно до розпорядження Президії НАН України: «Розробка та впровадження технології паяння однорідних і різнорідних з'єднань для виготовлення окремих вузлів корпусу фотоприймального пристрою УФП-303» (№ держреєстрації 0116U006502).

Наукова новизна отриманих результатів

Положення наукової новизни дисертації полягають у наступному:

- Встановлено особливості процесу змочування та досліджено фізико-металургійні процеси, що протікають при взаємодії припою з основним металом (Коваром, титаном, молібденом, корозійностійкою сталлю) під час розтікання. Доведено, що при розтіканні припоїв системи Cu-Mn-Co збільшення площі по: Ковару в 2,8 рази; по корозійностійкій сталі – в 1,7 рази; по молібдену - в 1,8 рази досягається завдяки підвищенню температури нагріву, що обумовлено збільшенням температури ліквідусу зі зростанням концентрації кобальту з 0,5 до 4,5 %. Визначено, що при

розтіканні величина контактних кутів, які утворюються між припоєм ПСр72 і основним металом характеризується малою величиною і становить: 11° - на підкладці з Ковару; $1^\circ 50'$ - на підкладці з титану. Контактні кути, що утворюються при застосуванні припоїв системи Cu-Mn-Co знаходяться в межах $5-27^\circ$.

- Визначено, що збільшення концентрації Co з 0,5 до 4,5 % в припої системи Cu-Mn призводить до підвищення міцності на зріз з 374 МПа до 434 МПа паяних з'єднань Ковар – корозійностійка сталь (при постійній витримці 3 хв).

Збільшення часу витримки з 3 до 30 хв при високотемпературному паянні різнорідних з'єднань Ковар – корозійностійка сталь сприяє зменшенню міцності з 434 до 248 МПа.

- Доведено, що зменшення величини зазору з 100 до 20 мкм при високотемпературному вакуумному паянні з'єднань Ковар – Ковар обумовлює підвищення міцності з 297 ± 10 до 408 ± 6 МПа та змінює морфологію металу паяного шва шляхом збільшення об'ємної частки фази $(\text{FeMnCo})_x(\text{NiCu})_y$.

- Встановлено, що при високотемпературному вакуумному паянні різнорідних з'єднань Ковар-молібден з застосуванням припою системи Cu-Mn-4,5Co збільшення часу паяння з 1 до 15 хвилин сприяє збільшенню ширини (з 1 мкм до 3 мкм) реакційного шару Mo-Fe, який формується на міжфазній границі молібден-припій.

Практичне значення роботи

На основі отриманих результатів розроблено технологічний процес високотемпературного вакуумного паяння різнорідних з'єднань Ковар – молібден (корозійностійка сталь), створено припій. Розроблена і реалізована 4-х стадійна технологія нанесення бар'єрного покриття на титановий сплав, що забезпечує його цілісність при термічному режимі високотемпературного вакуумного паяння різнорідних з'єднань Ковар-титановий сплав та сприяє герметичній щільності отриманим паяних з'єднань. Розроблений технологічний процес паяння апробовано на підприємстві КП СПБ «Арсенал», що підтверджується відповідним актом впровадження.

Повнота викладу результатів роботи в наукових фахових виданнях

Основні результати досліджень викладено в дисертації і опубліковано у 6 роботах, які включають 2 статті, що входять до міжнародної наукометричної бази даних **SCOPUS**, 1 стаття в науковому журналі, що входить до переліку МОН України, 2 в збірниках наукових праць матеріалів міжнародних та всеукраїнських конференцій; отримано один патент України на винахід.

Перелік робіт, в яких опубліковано основні результати дисертації

1. Патент України 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. *Внесок здобувача: ідея досліджень, проведення експериментів з нанесення покриття і вакуумного паяння, дослідження властивостей паяних з'єднань, підготовка тексту.*
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. т. 41, №10, С. 1365-1375. (SCOPUS). *Внесок здобувача: дослідження температури солідусу і ліквідусу, визначення фізико-механічних властивостей сплавів, визначення контактних кутів змочування.*
3. 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. (SCOPUS). *Внесок здобувача: дослідження впливу кобальту на механічні властивості паяних з'єднань і їх структуру, узагальнення результатів досліджень, підготовка тексту до друку.*
4. Максимова С.В., **Ковальчук П.В.**, Воронов В.В. Вакуумне паяння різнорідних з'єднань Ковар – молібден. *Автоматичне зварювання*. 2021. №7. С. 38-42. *Внесок здобувача: дослідження впливу кобальту на розтікання по молібдену і Ковару, проведення структурних досліджень і вивчення механічних властивостей паяних з'єднань, узагальнення результатів досліджень, підготовка тексту до друку.*
5. Максимова С. В., Воронов В. В., **Ковальчук П. В.** Использование покрытий при пайке разнородных материалов. *Труды Международ. науч.-техн. конф. «Инженерия поверхности и реновация изделий»*. Свалява. 2018. С.86-88. *Внесок здобувача: проведення експериментів з дослідження впливу попередньої підготовки основного металу на цілісність бар'єрного покриття і міцність паяних з'єднань, обробка та узагальнення отриманих даних.*
6. Максимова С. В., Воронов В. В., **Ковальчук П. В.** Морфология технологических никелевых покрытий на титановом сплаве. *Сб. трудов Международ. научн. конф. «Материалы для работы в экстремальных условиях-8»* Київ. КПИ. 2018. С.163-165. *Внесок здобувача: проведення експериментів з дослідження впливу технологічних прийомів і попередньої підготовки основного металу на формування і морфологію бар'єрного покриття, підготовка тексту до друку.*

Виходячи з аналізу вищенаведених робіт, можна зробити висновок про успішне виконання встановлених вимог щодо необхідної кількості наукових публікацій перед представленням дисертаційної роботи Ковальчука П.В. до захисту, а також про достатню повноту висвітлення наукових та практичних результатів в опублікованих матеріалах.

Розглянута дисертація **Ковальчука Петра Васильовича** за темою «**Технологія паяння Ковару в однорідному та різнорідному сполученні**», представлена на здобуття

наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство», є завершеним науковим дослідженням і відповідає вимогам, викладеним у постанові КМУ від 12 січня 2022 р. № 44 «**Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії**». Робота містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які мають певне науково-практичне значення в галузі матеріалознавства, вона базується на достатній кількості наукових публікацій, не містить текстових запозичень без посилання на джерело (плагіату), і може бути прийнята до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство».

Рецензенти:

Завідувач відділу № 5 «Фізична і конструктивна міцність зварних з'єднань із сталей підвищеної міцності»
ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України,
доктор технічних наук



В. Ю. Скульський

Старший науковий співробітник відділу № 30 «Фізико-металургійні проблеми зварювання титанових сплавів і дифузійного зварювання металевих матеріалів»
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України,
кандидат технічних наук



В. Ю. Білоус

Підписи В.Ю. Скульського, В. Ю. Білоуса засвідчую:

Учений секретар ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України
кандидат технічних наук



І. М. Клочков