

## РЕЦЕНЗІЯ

07. 06 250  
2022

на роботу наук. спів. Ковальчука Петра Васильовича

«Технологія паяння ковару в однорідному та різнорідному сполученні»  
яку представлено на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань  
13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство».

Сучасною тенденцією у всьому світі під час проектування нової техніки є розширення номенклатури нових матеріалів на основі титану. При цьому в зв'язку з високою реакційною здатністю титану утворювати крихкі інтерметалідні з'єднання з багатьма металами задача створення герметичних нероз'ємних пар титан – метал, а в даному випадку пари Ковар – Титан є складною, а її рішення спрямоване на отримання якісного, міцного та герметичного з'єднання – актуальним. Такі з'єднання, які одержують шляхом паяння, необхідні для надійної роботи оптичних і напівпровідникових приладів в авіаційній і космічній галузі. Тому необхідно вітати появу такої роботи, проведеної в ІЕЗ ім. Є.О. Патона та спрямованої на розробку технології пайки в вакуумі Ковару зі сплавами на основі титану, якими є сплави ВТ1-0 та ВТ5. Також актуальним є і розгляд можливості паяння новим розробленим припоєм системи Cu-Mn-Co різнорідних пар таких як Ковар-Сталь та Ковар-Молібден. В зв'язку з цим актуальність роботи не викликає сумнівів.

Сама робота об'ємна і містить 148 сторінок, окрім списку літератури який складає 140 джерел.

Обсяг проведених робіт великий і включає розробку припою системи Cu-Mn-Co, дослідження взаємодії в вакуумі припою з підкладками з нікелю, сталі, кобальту, молібдену. Досліджено вплив основних технологічних параметрів пайки таких як температура та час витримки на формування з'єднання, утворення фаз в металі шва, хімічного складу прошарків. Запропоновані технологічні заходи для формування якісного та міцного бар'єрного покриття з нікелю на титані та титановому сплаві Вт5 що дало змогу отримати якісне паяне з'єднання.

У роботі проведено значний обсяг досліджень. Застосовано сучасні методи досліджень, електронну мікроскопію, мікрорентгеноспектральний аналіз, високотемпературний диференційний термічний аналіз. Оцінено якість та герметичність, отриманих паяних з'єднань, встановлено рівень міцності отриманих паяних з'єднань. Здобувач дослідив властивості та структуру паяних з'єднань технічного титану BT1-0 та титанового сплаву BT4 зі сплавом Ковар. Також великий розділ присвячений розробці технології паяння. Отриманий патент на спосіб нанесення нікелевого покриття на технічний титан та титановий сплав BT5. Є Акт впровадження технології паяння на КБ Арсенал, прикладені технологічні рекомендації щодо паяння різноманітних з'єднань фотоприймача.

Публікацій за темою дослідження достатньо наведено – 3,5 публікації (1 патент та 2 статті у виданні індексованому SCOPUS + 1 стаття у фаховому виданні «Автоматичне зварювання» з 4 співавторами що зараховується як 0,5 публікації). Апробація результатів дисертації проводилася, як зазначено, на 4 конференціях, а наведено публікації в матеріалах лише 2-х конференцій.

Однак до роботи є деякі зауваження.

1. В науковій новизні дисертації в П.1. вказані контактні кути стандартного срібного *припою ПСр72 на Ковар* – чи становить це новизну на сьогоднішній день і чи немає цих даних у довідковій літературі?
2. В науковій новизні дисертації в П.1. вказано контактний кут для стандартного срібного припою ПСр72 в парі Ковар – Титан, але насправді цей контактний кут дійсний до пари Ковар – Ni, тому що бар'єрне покриття на титані складається з нікелю, таким чином цей контактний кут відповідає парі ПСр72 – Ni. Загалом П.1 наукової новизни потребує коригування.
3. В науковій новизні П. 2. – вказано що виконано розробку технології нанесення бар'єрного покриття – це твердження більш доцільно внести до практичного значення роботи.
4. В науковій новизні П.3. – декларативний не розкривається причина та механізм збільшення міцності, а такий механізм та причина в роботі розкриті.

5. В науковій новизні П.4. відповідає практичному значенню – «розроблено технологічний процес вакуумного паяння...» що конкретно забезпечує підвищення міцності з'єднань в пункті не розкрито;
6. В науковій новизні «виконана дослідна перевірка...» це практичніше значення роботи.
7. В аналітичному огляді не розглянуто існуючі методи паяння різнорідних з'єднань типу Титан-Мідь та Титан-Сталь та проблеми які мають місце при їх паянні.
8. Висновки аналітичного огляду містять 2 пункти по 12 і 20 рядків відповідно, необхідно менше рядків та більшу кількість пунктів.
9. В аналітичному огляді в кінці бажано сформулювати проблеми при паянні кожної різнорідної пари та окремо сформулювати цілі та завдання дослідження.
10. Основна претензія до розділу 2 – відсутнє обґрунтування вибору припою ПСр72 для паяння пари Титан-Ковар, в аналітичному огляді була наведена таблиця 1.2 із різними припоями на основі срібла, чому саме обрано ПСр72 не розкрито.
11. В тексті гл.3 не наведені дані про площу розтікання, ці дані наведені тільки у висновку по гл.3. у висновках не повинно бути даних, не зазначених в основному тексті роботи.
12. Необхідна таблиця або графік залежності площі розтікання від основних технологічних параметрів.
13. Твердження про «активну дифузію» кобальту в шов при паянні ковару припоєм Cu-Mn-Co зроблене на підставі наявності в металі паяного шву фаз, збагачених Со, дещо суперечливе, також бажано розкрити що значить «активна дифузія».
14. П. 2 загальних висновків необхідно переформулювати – (підвищення концентрації кобальту -підвищення температури нагріву). Про дендрити твердого розчину на основі марганцю треба розповісти окремим пунктом.

15. В П.3 загальних висновків вказані контактні кути стандартного срібного припою ПСр72 на підкладці з титану та становить  $1^{\circ}50'$  необхідно вказати це на бар'єрному покритті?
16. П.5 загальних висновків час витримки при паянні Ковар – Молібден не впливає на хімічний склад реакційного шару, а в роботі впливає?
17. В П.6 загальних висновків невірно вказано % збільшення міцності з'єднань.
18. Текст дисертації містить деякі помилки, які я наскільки можна відзначив.

Таким чином висловлені зауваження не зменшують наукової цінності роботи, а здобувач - наук. спів. Ковальчук Петро Васильович вирішив важливе завдання – дослідив особливості процесу паяння пар Ковар – Ковар, Ковар – Титан, Ковар-Сталь та Ковар-Молібден, розробив присадний матеріал припій системи Cu-Mn-Co та на цій основі розробив технологічні рекомендації для вакуумного паяння. Впровадження в конструкції фотоприймального пристрою УФП-303 розробленого технологічного процесу вакуумного паяння є підтвердженням правильності наукових висновків та запропонованих технологічних рішень, викладених в представленій роботі. Висловлені зауваження не зменшують цінності роботи, загалом робота справляє сприятливе враження, в цілому відповідає вимогам ВАК і може бути рекомендована до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

С. н. с., к.т.н. відділу №30  
ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАНУ



В.Ю. Білоус

Підпис с. н. с., к.т.н. відділу №30 ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України Білоуса  
В.Ю. засвідчую:

Учений секретар  
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України,  
к.т.н.



І.М. Клочков