

ВІДГУК

офіційного опонента д. т. н, с. н. с., Фальченка Ю. В.
на дисертацію Ющенко Світлани Михайлівни
«РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПРЕЦИЗІЙНОГО З'ЄДНАННЯ
АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ»,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – «Зварювання та споріднені процеси і технології»

Дисертаційна робота має загальний обсяг 169 сторінок, включаючи 50 рисунків, 15 таблиць, і складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 158 найменувань на 17 сторінках, та додатків на 14 сторінках.

Дисертаційна робота Ющенко С.М. присвячена дослідженню умов отримання прецизійних з'єднань з алюмінієвих сплавів і розробці на цій основі технології їх зварювання в твердій фазі.

Актуальність теми дисертації.

Розвиток авіаційної, ракетно-космічної, суднобудівної, автомобільної галузей промисловості, хімічної, електронної та електротехнічної техніки вимагає застосування конструкційних матеріалів, які, окрім високої міцності, володіють низькою питомою вагою, високою корозійною стійкістю, тепло- та електропровідністю. Особливо важливим питанням є забезпечення робочих характеристик та підвищення надійності роботи конструкцій під дією навантаження та температури. Унікальне поєднання вищевказаних фізико-механічних властивостей викликало широке розповсюдження алюмінію та сплавів на його основі при виробництві тонкостінних та корпусних конструкцій складної конфігурації. Однак внаслідок високої пластичності алюмінію та його сплавів основною складністю при виготовленні даних конструкцій методами зварювання тиском є необхідність збереження проектної форми та розмірів за рахунок зниження залишкової деформації виробу. Крім того, існуюча проблематика видалення з контактних поверхонь металу щільної оксидної плівки не дозволяє забезпечити якісний фізичний контакт для утворення з'єднання.

Актуальність теми роботи полягає у необхідності розробки технологій отримання прецизійних нероз'ємних з'єднань з алюмінію та його сплавів, які дозволять комплексно вирішити вищевказані недоліки та забезпечити збереження проектних характеристик виробів. Актуальність теми дисертації також підтверджується її зв'язком з науково-дослідними роботами Чернігівського національного технологічного університету, а саме № 0112U003008, яка виконувалась за участю автора.

Аналіз змісту дисертації

Метою роботи є розробка технологій з'єднання алюмінію та його сплавів способами зварювання тиском з низьким рівнем залишкової деформації виробів.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі досліджень, висвітлено наукову новизну, показано практичне значення отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок автора, публікації та апробацію наукових розробок на підприємстві.

В першому розділі проаналізовано переваги та недоліки існуючих способів одержання нероз'ємних з'єднань з алюмінію і його сплавів. Показано, що існуючі способи зварювання плавленням не забезпечують необхідної міцності та прецизійності зварних з'єднань з алюмінію, на відміну від способів зварювання тиском. Визначено, що необхідною умовою отримання прецизійного зварного з'єднання є видалення тугоплавкої оксидної плівки з поверхні алюмінію. За результатами проведеного літературного аналізу рекомендовано застосування таких способів зварювання як дифузійне зварювання в вакуумі через евтектичні прошарки та електроконтактне зварювання через тонкі металеві прошарки. При цьому вказано, що визначальний вплив на прецизійність з'єднань здійснює термодформаційний цикл процесу зварювання. Обґрунтовано доцільність досліджень впливу температури та навантаження на пружно-пластичні властивості алюмінію. Проаналізовано сучасний стан досліджень деформування алюмінію та прецизійності зварних з'єднань при дифузійному зварюванні у вакуумі та електроконтактному зварюванні.

У другому розділі представлена інформація про матеріали та зразки, що застосовуються для досліджень, наведені дані про зварювальне обладнання та устаткування, запропоновано методіку досліджень та представлено методіку обробки результатів експерименту. Наведено відомості про обладнання для вимірювання деформації матеріалів та механічних випробувань зварних з'єднань.

У третьому розділі представлено результати дослідження термодформаційної кінетики алюмінію та його сплавів. Вивчено характер термодформаційної поведінки алюмінію та його сплавів під дією температури і навантаження в процесі зварювання. Одержано рівняння повзучості та функціональні залежності величини деформації сплавів алюмінію АД00 та АМг5 від величини навантаження та часу його дії. Встановлено залежність швидкості повзучості для сплавів АД00 та АМг5 від величини навантаження та температурні залежності для коефіцієнта Пуассона. Отримані в розділі залежності дозволять здійснювати прогнозування величини деформації виробів засобами комп'ютерного моделювання залежно від геометричних характеристик виробу, величини температури, зусиль при зварюванні та тривалості їх дії.

У четвертому розділі досліджено використання проміжних прошарків системи алюміній-кремній при дифузійному зварюванні у вакуумі алюмінію і його сплавів з метою активації поверхонь, що з'єднуються, та інтенсифікації утворення фізичного контакту. Як проміжний прошарок запропоновано використати суміш складу $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{--HCl--Mg}$, що забезпечує додаткові умови видалення оксидної плівки з поверхні алюмінію. Встановлено, що використання даної суміші дозволяє отримувати у зоні з'єднання при зварюванні алюмінію АД00 або сплаву АМг5 евтектичний прошарок системи Al-Si з подрібненою структурою. Показано, що модифікація евтектики натрієм, яка сприяє подрібненню її структуру, та утворенню зміцнюючої фази Mg_2Si забезпечує підвищення механічних властивостей зварного з'єднання. Встановлено, що за рахунок збільшення електропровідності силікату натрію при підвищенні температури створюються умови для інтенсифікації процесу видалення оксидної плівки шляхом пропускання постійного електричного струму густиною $0,2 \text{ A/mm}^2$.

У п'ятому розділі наведено результати досліджень особливостей формування зварних з'єднань алюмінію і його сплавів при електроконтактному зварюванні через проміжні алюмінієві прошарки. Досліджено фактори, що впливають на тепловиділення в зоні контакту деталей. Встановлено, що ефективним засобом для зосередження тепловиділення при електроконтактному стиковому зварюванні є застосування декількох проміжних шарів з алюмінієвої фольги, що підвищує контактний опір між деталями, що зварюються, і температуру в зоні контакту. Досліджено вплив кількості шарів проміжного прошарку на тепловиділення в контакті між деталями та на якість утворення зварного

з'єднання при електроконтактному стиковому зварюванні опором сплаву алюмінію АД31 через проміжний прошарок з алюмінієвої фольги АД0.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Наведені в дисертаційній роботі наукові положення, висновки і рекомендації є достатньо обґрунтованими і мають теоретичне і експериментальне підтвердження, що базується на застосуванні загальновідомих та сучасних методів досліджень.

Зокрема, моделювання процесу нагріву та деформування алюмінієвих сплавів виконувалося з використанням скінчено-елементного пакету ANSYS 11.0; якість зварних з'єднань оцінювалася за результатами оптичної мікроскопії на мікроскопах МИМ-8 та Neophot-32 та растрової електронної мікроскопії на скануючому електронному мікроскопі JSM-840 "JEOL"; мікротвердість зварних з'єднань вимірювалася мікротвердоміром М-400 "LECO"; вивчення складу евтектичного прошарку здійснювалося з використанням теоретичних основ неорганічної хімії; дослідження термодформаційної кінетики для моделювання деформування матеріалу проводилося з використанням математичного апарату та теорії повзучості металів; результати експериментальних досліджень підтверджуються експлуатаційними випробуваннями; обробка результатів експериментів здійснювалася з використанням математичного пакета Mathcad 15.

Наукова новизна одержаних результатів. До основних наукових доробок слід віднести:

Вперше одержано рівняння повзучості для моделювання деформаційної поведінки виробів зі сплавів алюмінію АД00 та АМг5 під дією термодформаційного навантаження. Отримані дані дають змогу прогнозувати величину деформації з використанням скінченно-елементного моделювання в залежності від геометричних розмірів виробу, величини температури, величини та часу дії зусиль при зварюванні;

Автором вперше встановлено спосіб інтенсифікації дифузійного зварювання у вакуумі на основі застосування електрохімічної активації з використанням проміжного прошарку $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{-HCl-Mg}$ для змочування поверхонь, що з'єднуються, і створення фізичного контакту за рахунок видалення оксидної плівки алюмінію.

Вперше встановлено вплив кількості тонких проміжних прошарків з алюмінієвої фольги між деталями, що зварюються, на підвищення контактного опору і локалізацію виділення теплової енергії при

електроконтактному стиковому зварюванні опором алюмінію та його сплавів, що дає змогу досягти прецизійності зварних виробів.

Достовірність одержаних результатів.

Достовірність отриманих в дисертації результатів підтверджується їх позитивною оцінкою у процесі апробації на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях. Одержані в роботі положення, наукові висновки і рекомендації достовірні, що підтверджується їх реалізацією в конкретних розробках, а саме актами впровадження зварних вузлів на ПАТ «Чернігівський завод радіоприладів», та актом дослідно-технологічної перевірки з'єднань на «Харківському державному авіаційному виробничому підприємстві».

Достовірність дисертаційної роботи забезпечується поєднанням критичного аналізу та осмислення здобувачем положень, які містяться в зарубіжних та вітчизняних наукових працях, використанням достатньої кількості фактичних даних і науковим обґрунтуванням власних запропонованих положень.

Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:

– розроблено технологію дифузійного зварювання алюмінію та його сплавів в вакуумі з використанням рідкого евтектичного прошарку системи алюміній-кремній, що дозволяє отримати зварні з'єднання з міцністю 90 % від міцності основного металу та залишковою деформацією виробів на рівні 2-3 %;

– розроблено технологію електроконтактного стикового зварювання опором алюмінію та його сплавів з використанням тонкого проміжного прошарку з алюмінієвої фольги, що дозволяє підвищити міцність зварного з'єднання до 95% від міцності основного металу та зменшити рівень залишкової деформації виробів 1-2 %;

– розроблена технологія дифузійного зварювання апробована при виготовленні прецизійних корпусних вузлів спеціального призначення на підприємстві ПАТ “Чернігівський завод радіоприладів” та під час дослідно-виробничої перевірки даної технології на підприємстві ДП “Харківське державне авіаційне виробниче підприємство”;

– окремі наукові положення і практичні рекомендації впроваджені в навчальний процес Чернігівського національного технологічного університету.

Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій.

Основні наукові положення та висновки дисертації відображені в 17 наукових працях, з них: 5 статей у фахових наукових виданнях, з них 4 статті у виданнях, які входять до наукометричних баз даних; 10 у збірниках наукових праць і матеріалів конференцій (матеріали 1 конференції входять до науко метричної бази даних SCOPUS); 2 патенти України.

Обсяг, структура та кількість опублікованих робіт відповідають вимогам МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Загальні висновки по дисертації відповідають її змісту, чітко і стисло відображають найважливіші наукові та практичні результати. Висновки сформульовано конкретно та логічно, відповідно до тексту дисертації.

Оцінка змісту дисертаційної роботи та її завершеності, зауваження та дискусійні положення.

Аналіз змісту та структури дисертаційної роботи, викладених в ній теоретичних положень, представлених наукових і прикладних розробок дає підставу оцінити її позитивно. За змістом робота цілком відповідає поставленій меті та задачам дослідження. Робота викладена у чіткій логічній послідовності, грамотною технічною мовою, виконана на достатньо високому науково-методичному рівні та оформлена у відповідності з вимогами.

Зміст автореферату відображає основні результати та підсумкові висновки і відповідає змісту дисертації.

Разом з тим, у дисертаційній роботі варто звернути увагу на наступні зауваження та дискусійні положення:

1. В розділі 1 стор. 29 при аналізі способів одержання нероз'ємних з'єднань з алюмінію та його сплавів автором стверджується: «...з'єднання з алюмінію, отримані способами зварювання плавленням, характеризуються низькою міцністю і високим рівнем деформації у результаті застосування високих температур зварювання», хоча данні способи зварювання використовуються в промисловості в 90% випадків.

2. Розділ 2, стор. 51. Досить детально розглянуто питання легування та впливу легуючих елементів, таких як: Mn, Mg, Fe, Ti, Be на

характеристики сплавів на основі алюмінію, але в подальшому ці данні в роботі не використовуються.

3. В розділі 2 при розгляді устаткування для зварювання не відображена інформація якими приладами, та з якою точністю проводили вимірювання температури при проведенні досліджень.

4. При розгляді мікроструктури отриманих з'єднань для оцінювання розміру структурних елементів доцільно наводити або масштабну планку, або коефіцієнт збільшення. На рис.4.15, 4.17 ця інформація відсутня.

5. Розділ 4. Виходячи з тексту не зрозуміло яким чином проводили контроль товщини при нанесенні шару речовини $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{-HCl-Mg}$

6. По тексту роботи зустрічаються різні назви речовини Na_2SiO_3 , а саме:

стор.53, абзац 6 - розчин силікату натрію Na_2SiO_3 ,

стор.115, висновок 4 - сіль Na_2SiO_3

7. В дисертаційній роботі не розглянуто вплив слабких розчинів кислоти, що входить до складу евтектичної суміші на корозійну стійкість отриманих з'єднань.

Однак відзначені недоліки та зауваження не зменшують загального високого рівня роботи та цінності отриманих результатів.

Загальна оцінка дисертаційної роботи

Вважаю, що дисертаційна робота Ющенко Світлани Михайлівни є структурованою, цілісною, завершеною науково-дослідною роботою, а отримані в ній нові науково обґрунтовані результати вирішують задачу розробки технологій з'єднання алюмінію і його сплавів способами зварювання тиском для одержання зварних з'єднань з низьким рівнем залишкової деформації виробів.

В цілому, оформлення дисертації і автореферату, з урахуванням вище наведених зауважень, відповідає діючим нормативним документам. Зміст автореферату є ідентичним до змісту дисертації і достатньо повно відображає основні положення дослідження.

Таким чином, дисертаційна робота «Розробка технології прецизійного з'єднання алюмінієвих сплавів», відповідає вимогам п.п 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів» Постанови Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року зі змінами та доповненнями від 19 серпня 2015 року № 656, а її автор, Ющенко

Світлана Михайлівна, заслугоує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – «Зварювання та споріднені процеси і технології».

Офіційний опонент,

завідувач відділу

«Фізико-металургійних процесів

зварювання легких металів та сплавів»

Інституту електрозварювання

ім. Є.О. Патона НАН України,

доктор технічних наук,

старший науковий співробітник

Ю.В. Фальченко

Підпис завідувача відділу «Фізико-металургійних процесів зварювання легких металів та сплавів» Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, д. т. н, с. н. с. Фальченко Ю.В., засвідчую:

Вчений секретар

Інституту електрозварювання

ім. Є.О. Патона НАН України

кандидат технічних наук



І.М. Клочков