



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **94095** (13) **U**  
(51) МПК  
**B23K 20/14** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2014 05784</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>29.05.2014</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>27.10.2014</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.10.2014, Бюл.№ 20</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Олексієнко Сергій Владиславович (UA), Новомлинець Олег Олександрович (UA), Ющенко Світлана Михайлівна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027 (UA)</b></p>
--	--

**(54) СПОСІБ ПРЕЦИЗІЙНОГО ДИФУЗІЙНОГО З'ЄДНАННЯ АЛЮМІНІЮ ТА ЙОГО СПЛАВІВ**

**(57) Реферат:**

Спосіб прецизійного дифузійного з'єднання деталей з алюмінію та його сплавів через прошарок, причому після попереднього очищення з'єднуваних поверхонь, грубого механічного шабріння та знежирення поверхонь здійснюється нанесення на одну з них композиції зі вмістом (мас. %) 75,3 % силікату натрію, 22,5 % концентрованого хлористого водню та 2,2 % мілкодисперсного порошку магнію, складання деталей та їх фіксація в нагрівачі вакуумної камери, створення розрідження  $10^{-2} \div 10^{-3}$  Па, нагрів до температури 853 К, прикладення питомого тиску 0,1 МПа, ізотермічна витримка протягом 900 с, охолодження та вилучення виробу із камери.

**UA 94095 U**



Корисна модель належить до формування нероз'ємних з'єднань способом дифузійного зварювання у вакуумі і може бути використана при отриманні прецизійних зварних виробів із алюмінію та його сплавів у машинобудуванні та інших галузях промисловості.

5 Дифузійне зварювання здійснюється в твердій фазі при підвищених температурах із прикладанням зусилля стискання до зони зварювання [Казаков Н.Ф. Диффузионная сварка материалов / Казаков Н.Ф. - М.: Машиностроение, 1976. - 311 с.]. Загалом, утворення з'єднання при дифузійному зварюванні обумовлюється дією трьох параметрів: температури нагріву, стискаючого зусилля та часу ізотермічної витримки.

10 Необхідною умовою, що забезпечує утворення зварного з'єднання при дифузійному зварюванні у вакуумі, є створення між з'єднуваними поверхнями фізичного контакту, при якому будь-які фактори, які перешкоджають процесу дифузії, будуть зведені до мінімуму [Каракозов Э.С. Сварка металлов под давлением / Каракозов Э.С. - М.: Машиностроение, 1986. - 275 с.]. Для забезпечення цього з'єднання поверхні піддають ретельному поліруванню і хімічному очищенню від забруднення. Разом з тим, наприклад, при з'єднанні алюмінієвих сплавів на їхній

15 поверхні залишається оксидна плівка, повне видалення якої подібним способом є проблематичним. Тому при дифузійному зварюванні такі плівки необхідно зруйнувати і диспергувати.

Ефективним способом, що забезпечує як фізичний контакт, так і протікання дифузійних процесів між з'єднуваними поверхнями, є примусове деформування матеріалів у зоні з'єднання

20 [Тернавский А.Л. Диффузионная сварка с принудительным формированием (аналитический обзор) / А.Л. Тернавский // Сварочное производство. - 1988. - № 9 (647). - С. 1-4]. При пластичній деформації відбувається механічне руйнування оксидних плівок на з'єднуваних поверхнях деталей, збільшується поверхня контакту та відбувається пластичне деформування приконтатної зони матеріалу. Все це активізує дифузійні процеси в зоні з'єднання. Однак при

25 цьому рівень деформації основного металу складає значну величину, що обмежує область використання цього способу.

Значне підвищення міцності з'єднань та зниження рівня деформації досягається при введенні між з'єднуваними поверхнями тонких прошарків. [Лашко Н.Ф. Контактно-реактивная пайка / Н.Ф. Лашко, С.Ф. Лашко // Сварочное производство. - 1969. - № 11. - С. 34-37].

30 Матеріали для прошарків можуть бути виготовлені як із чистих легкоплавких елементів (у випадку алюмінієвих сплавів, наприклад, із цинку або галію), так і зі сплавів, які при взаємодії зі з'єднуваним матеріалом утворюють легкоплавку евтектику. Причому ці прошарки можуть осаджуватися у вигляді покриттів на з'єднуваних поверхнях.

Ефективність застосування прошарків на основі легкоплавких елементів або евтектичних сплавів пов'язана з формуванням у зоні з'єднання рідкої фази, що полегшує руйнування оксидної плівки, підвищує інтенсивність дифузійного потоку атомів в основний метал як зі з'єднуваних частин, так і з боку прошарку. Шляхом підбору елементів, які входять до складу прошарку, його товщини, температури нагрівання з'єднання і часу витримки при цій температурі

40 можна варіювати вміст елементів, що вводяться в зону шва. Способом впливу на дифузійні процеси в стику в присутності рідкої фази є поєднання процесу нагрівання із зовнішнім навантаженням [Terrill J.R. The R-260 alloy bonding process for joining Aluminium / J.R. Terrill // Welding Journal. - 1962. - Vol. 4, № 9. - P. 799-804]. При цьому частина рідкої фази може бути видавлена із зони з'єднання, що забезпечить досягнення оптимального обсягу рідкої фази в зоні контакту, і, як наслідок цього, надходження необхідної кількості елементів із проміжного шару в основний матеріал. Рідка фаза, яка утворюється в результаті так званого контактного

45 плавлення, завдяки своїй високій поверхневій активності добре змочує контактуючі метали й швидко розтікається по їх поверхні, що дозволяє здійснювати процес з'єднання металевих деталей без флюсів.

Для оцінки придатності металу для контактної реактивної плавлення з алюмінієм важливе значення мають його вміст в евтектиці, що утворюється, гранична розчинність при температурі паяння металу в евтектиці, а також пружність випаровування цього металу у вакуумі, яка характеризує можливість перенесення його через несучильності в оксидній плівці на алюмінії. Підплавлення алюмінію під оксидною плівкою і диспергування останньої можливі не з усіма елементами, які утворюють з даним матеріалом евтектики. Придатними є тільки ті елементи, які

55 мають достатню хімічну спорідненість з металом і утворюють евтектики, що містять велику кількість алюмінію і мають високу температуру плавлення (але нижчу за температуру плавлення алюмінію). Такими матеріалами є нікель, кремній, мідь, срібло, магній, цинк, олово [Лашко Н.Ф. Контактные металлургические процессы при пайке / Н.Ф. Лашко, СВ. Лашко. - М.: Металлургия, 1977. - 192 с]. При утворенні евтектик, збагачених алюмінієм, активування може відбуватися і без суттєвого перегріву понад евтектичну температуру.

60

Найбільш збагачені алюмінієм евтектики з нікелем та кремнієм. Зі збільшенням вмісту в евтектиці алюмінію підвищується її температура плавлення, що також активує процес контактно-реактивного плавлення.

Через надто високу температуру плавлення евтектики Al-Ni (913 K) від місць контакту алюмінієвого сплаву з рідкою евтектикою Al-Ni розвивається не тільки загальна, але і локальна ерозія по границям зерен основного металу. Тому в якості прошарку придатними є матеріали, які утворюють багату на алюміній евтектику з температурою плавлення нижче 913 K.

Найбільш придатним для використання з урахуванням усіх перерахованих вимог є кремній. Евтектика алюмінію з кремнієм містить 87,7 % (ат.) алюмінію і має температуру плавлення 850 K [Лашко Н.Ф. Контактные металлургические процессы при пайке / Н.Ф. Лашко, СВ. Лашко. - М: Металлургия, 1977. - 192 с]. Зокрема, вона володіє високою пластичністю.

В роботі [Люшинский А.В. Диффузионная сварка разнородных материалов: учебное пособие для студ. высш. учебн. заведений / А.В. Люшинский - М: Издательский центр "Академия", 2006. - 208 с] вказується, що одним з найбільш ефективних способів інтенсифікації процесу зварювання є застосування різними способами прошарків, які вносять у стик або створюють на поверхнях перед зварюванням різними способами нанесення покриттів. Такі прошарки при зварюванні можуть виконувати різноманітні функції, в тому числі і прискорення дифузійних процесів, внаслідок чого забезпечується збільшення міцності з'єднань, що має найбільш важливе значення для якості нероз'ємних з'єднань. Зазвичай технологія дифузійного зварювання через напилені прошарки потребує дві вакуумні камери: для напилювання та зварювання. При цьому напилені прошарки встигають окислитись, що зменшує ефективність їх використання.

Автори роботи [Пат. 215723 ГДР. МКИ<sup>3</sup> B23K 20/02. Способ и устройство для диффузионной сварки через промежуточные прокладки. Verfahren und Vorrichtung zum Diffusionsschweißen mit Zwischenschichten / Holland-Moritz Wolfram, Mehlhorn Herbert (ГДР). - №2512602; заявл. 10.05.83; опубл. 21.11.84, Ilmenau, Sektion Geratetechnik] запропонували спосіб дифузійного зварювання у вакуумі деталей через проміжні напилені прошарки, коли і напилювання, і зварювання ведуться в одній робочій камері. На одну з деталей напилюють проміжний прошарок випарником електричного типу, а друга в цей час закрита екраном. Після напилювання екран і випарник відводять із зони зварювання, деталі зближають, нагрівають і прикладають тиск. Застосування способу підвищує якість зварних з'єднань і зменшує час зварювання, але установка для виконання зварювання досить складна.

Найбільш близьким до корисної моделі, що пропонується, є спосіб з'єднання деталей з алюмінію та його сплавів [Никитинский А.М. Пайка алюминия и его сплавов / А.М. Никитинский - М.: Машиностроение, 1983. - 192 с], суть якого полягає у наступному. Поверхні деталей, які підлягають з'єднанню, плакуються евтектичним силуміном, легованим магнієм у кількості 1÷1,5 %. Зібраний виріб розміщують у вакуумній камері, створюють розрідження  $10^{-2} \div 10^{-3}$  Па та здійснюють нагрів до температури 873 K. Зі зменшенням вмісту кисню та збільшенням парціального тиску магнію створюються умови для безпосереднього відновлення алюмінію із його оксидів парами магнію. При цьому відбувається адсорбція парів магнію на поверхні алюмінію та утворення твердих розчинів магнію в алюмінії, температура плавлення яких нижча за температуру нагріву.

Процес з'єднання можна вести при невисоких питомих тисках, за рахунок чого можна забезпечити незначний рівень деформації деталей. Однак через те, що плакуючий прошарок з евтектичного силуміну може мати значну та нерівномірну товщину і здатний при цьому розчиняти помітний об'єм основного металу, загальна величина осадки може мати значення, при якому завдання отримання прецизійного з'єднання ускладнюється. Разом з тим, такий спосіб не дозволяє забезпечити виготовлення складних за конфігурацією виробів через ускладнення нанесення плакуючого шару в малодоступних місцях при підготовці деталей до з'єднання.

Задача корисної моделі - розширення функціональних можливостей способу дифузійного з'єднання деталей з алюмінію та його сплавів через прошарок шляхом підбору складових елементів прошарку за умови їх здатності забезпечувати вивільнення поверхонь від оксидних плівок та формувати евтектичний сплав у кількості, яка пропорційна об'єму основного матеріалу, що знаходиться в шорстких поверхнях з'єднуваних деталей, дозволяючи отримати мінімальну осадку при виготовленні прецизійних виробів.

Дана задача прецизійного дифузійного з'єднання досягається на основі застосування композиції, яка містить (мас. %) 75,3 % силікату натрію, 22,5 % концентрованого хлористого водню та 2,2 % мілкодисперсного порошку магнію, що дозволяє отримувати у процесі з'єднання

евтектичний прошарок системи Al-Si з подрібненою структурою і за рахунок клеючих властивостей суміші спрощувати складання виробів.

5 Співвідношення компонентів визначається кількістю кремнію, який міститься в композиції і бере участь в утворенні евтектичного сплаву Al-Si (88,3 % алюмінію та 11,7 % кремнію мас. %), по відношенню до маси якого магній вводиться у кількості до  $\leq 1,5$  %. Наявність у складі композиції магнію створює можливість безпосереднього відновлення оксидної плівки алюмінію парами магнію з утворенням зміцнюючої фази  $Mg_2Si$ .

10 Технологічний процес з'єднання включає попереднє очищення з'єднуваних поверхонь, грубе механічне шабріння та знежирення поверхонь, нанесення композиції на одну з них, складання деталей та їх фіксацію в нагрівачі вакуумної камери, створення розрідження  $10^{-2} \div 10^{-3}$  Па, нагрів до температури 853 К, прикладення питомого тиску 0,1 МПа, ізотермічну витримку протягом 900 с, охолодження та вилучення виробу із камери.

15 Дифузійне з'єднання через проміжний прошарок зазначеного складу здійснюється за один цикл в одній робочій камері без застосування обладнання для попереднього напилювання прошарку, що дозволяє знизити енергозатрати та підвищити якість з'єднань, забезпечує мінімальне видалення у ґрат алюмінію при утворенні евтектики і, відповідно, використання менших плюсових допусків на виготовлення деталей.

20 Дане технічне рішення дозволяє при випробуванні на зріз отримати міцність з'єднань із алюмінію марки АД00 на рівні 51 МПа, що складає 82 % від міцності основного матеріалу, зі сплавом АМг5 на рівні 217 МПа, що складає 90 % від міцності основного матеріалу, при величині осадки в об'ємі приконттактних поверхонь  $10 \div 15$  мкм.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

25 Спосіб прецизійного дифузійного з'єднання деталей з алюмінію та його сплавів через прошарок, який **відрізняється** тим, що після попереднього очищення з'єднуваних поверхонь, грубого механічного шабріння та знежирення поверхонь здійснюється нанесення на одну з них композиції зі вмістом (мас. %) 75,3 % силікату натрію, 22,5 % концентрованого хлористого водню та 2,2 % мілкодисперсного порошку магнію, складання деталей та їх фіксація в нагрівачі  
30 вакуумної камери, створення розрідження  $10^{-2} \div 10^{-3}$  Па, нагрів до температури 853 К, прикладення питомого тиску 0,1 МПа, ізотермічна витримка протягом 900 с, охолодження та вилучення виробу із камери.

---

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601