

Олег Новомлинець, Сергій Олексієнко, Світлана Ющенко,
Олексій Байдала, Євген Половецький

ЗВАРЮВАННЯ ТИСКОМ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ЧЕРЕЗ МОДИФІКОВАНІ ПОВЕРХНЕВІ ШАРІ

Актуальність теми дослідження. У процесі виробництва та використання виробів складної конфігурації з однорідних та різнорідних матеріалів необхідним завданням є збереження їх проектної форми та забезпечення високих експлуатаційних характеристик, що потребує використання нових технологій прецизійного зварювання тиском.

Постановка проблеми. Виготовлення прецизійних деталей та вузлів зварюванням тиском ускладнене наявністю оксидних та адсорбованих плівок і необхідністю активації поверхонь, що зварюються.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Раніше нами було встановлено критерії досягнення ефекту прецизійності при зварюванні тиском.

Виділення недосліджених раніше частин загальної проблеми. Отримання прецизійних з'єднань зварюванням тиском із використанням проміжних шарів, модифікованих електроіскровим легуванням.

Мета роботи. Дослідження здатності до зварювання тиском з обмеженим рівнем деформації металевих матеріалів із попередньою модифікацією поверхневих шарів шляхом електроіскрової обробки.

Виклад основного матеріалу. Для модифікації поверхонь алюмінієвих сплавів АД00 та Д1 перед зварюванням використовуються матеріали з високим питомим електричним опором та матеріали, з якими алюміній утворює рідку фазу евтектичного складу при температурі менше температури плавлення алюмінію: титан, цинк, хром, марганець, магній, вуглець, галій, кремній та залізо, у вигляді порошку та прутків. Міцність та деформація зварних з'єднань залежить від електричного опору матеріалу модифікованого шару і, як наслідок, від сили струму обробки.

Висновки відповідно до статті. Розроблено методику підготовки поверхонь металів до зварювання шляхом механічного шабрування та модифікації електроіскровою обробкою; електроіскрове легування поверхонь, що зварюються, матеріалом із високим електричним опором локалізує теплову енергію у стику; використання порошкового прошарку з матеріалу з високим електричним опором дозволяє зменшити рівень залишкової деформації.

Ключові слова: зварювання тиском; модифікація поверхонь; електроіскрова обробка; локалізація енергії в стику; прецизійні з'єднання.

Рис.: 7. Бібл.: 11.

Актуальність теми дослідження. Розвиток сучасної науки й техніки потребує застосування нових конструкційних матеріалів, які володіють високими механічними та спеціальними властивостями, а також використання виробів складної конфігурації з однорідних та різнорідних матеріалів (метали, неметалеві матеріали, інтерметаліди, наноматеріали та ін.), що потребує використання нових технологій прецизійного зварювання тиском [1]. Найбільш поширеним способом зварювання тиском є електроконтактне зварювання, за якого деформація в стику досягає 20 % товщини деталі, а це призводить до зменшення міцності зварного з'єднання [2]. На нашу думку, застосування модифікації поверхневих шарів електроіскровою обробкою повинно дати можливість для вирішення проблеми прецизійного електроконтактного зварювання матеріалів.

Постановка проблеми. При всіх способах зварювання без розплавлення з'єднання утворюються в результаті деформаційного впливу на матеріали, що з'єднуються. Відповідно до ГОСТ 2601-74 зварювання тиском – це зварювання, що відбувається при температурах нижче точки плавлення металів, які зварюються, без застосування припою та з прикладанням тиску, достатнього для створення пластичної деформації частин, що з'єднуються [3].

Основною проблемою створення прецизійних деталей та вузлів, у тому числі і при електроконтактному зварюванні, є наявність оксидних і адсорбованих плівок та необхідність активації поверхонь, що зварюються [4]. При цьому відомо, що вирішальним для активації та утворення нероз'ємних з'єднань при всіх способах зварювання в твердій фазі, є деформаційний вплив на матеріали, що зварюються. Саме тому існуючі способи зниження зварювальних деформацій при електроконтактному зварюванні не дозволяють забезпечити прецизійне з'єднання без зменшення рівня активації поверхонь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що технічно і технологічно ефекту прецизійності при зварюванні тиском можна досягти шляхом використання додаткових засобів активації поверхонь, які дозволять перетворити приповерхневий шар матеріалів, що зварюються, у пластичний, активований стан або рідину [5]. У зв'язку з цим при електроконтактному зварюванні активація поверхонь, що зварюються, можлива за рахунок внесення у стик проміжних прошарків евтектичного складу або попередньої обробки поверхонь шляхом електроіскрового легування перед зварюванням [6; 7].

Спосіб електроіскрового легування (ЕІЛ) металів, розроблений Б. Р. Лазаренко й Н. І. Лазаренко, заснований на явищі електричної ерозії матеріалів при іскровому розряді в газовому середовищі, полярного перенесення продуктів ерозії на катод (деталь), на поверхні якого формується шар зміненої структури та складу. У результаті електричного пробію міжелектродного проміжку виникає іскровий розряд, в якому потік електронів призводить до локального розігріву електрода (анода). На поверхні катода під дією значних теплових навантажень відбуваються мікрометалургійні й супутні їм процеси (термомеханічні, гідродинамічні, дифузійні), які здійснюють перемішування матеріалу катода й анода, при взаємодії з компонентами газового середовища, що сприяє утворенню високої адгезії між основою і формованим шаром. Тому електроіскрове легування слід вважати методом створення нових композиційних матеріалів [8].

Поверхневий шар деталі зміцнюється не тільки за рахунок осадження матеріалу анода, але й у результаті взаємодії цього матеріалу з основою й утворення твердих розчинів, хімічних з'єднань, оксидів, нітридів.

ЕІЛ дає змогу одержувати міцно зчеплені з матеріалом основи покриття з високими експлуатаційними характеристиками. Глибина нанесеного шару залежить від потужності режиму нанесення [9].

Порівняно з іншими методами нанесення покриття ЕІЛ має такі переваги:

- висока міцність зчеплення нанесеного матеріалу з матеріалом основи (за рахунок механічного перемішування і взаємного дифузійного проникнення легувальних матеріалів у шар, що формується);
- деталь не нагрівається (зазвичай не більше 300 °С) у процесі легування, що не приводить до зміни її фізико-механічних властивостей і геометрії;
- енергоємність процесу в 100 разів менша, ніж плазмового напилювання;
- можливість місцевого зміцнення окремих ділянок деталі;
- споживана потужність установок становить 0,5-3,5 кВт;
- екологічно чистий, сухий і простий технологічний процес;
- малогабаритне і транспортабельне устаткування;
- фінішна обробка покриттів дискретної структури методами поверхнево-пластичного деформування без зняття стружки;
- оброблювані поверхні не потребують попередньої підготовки.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. У наявних публікаціях відсутня інформація щодо можливості отримання прецизійних з'єднань зварюванням тиском із використанням проміжних шарів, які модифіковані електроіскровим легуванням.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження здатності до прецизійного електроконтактного зварювання металевих матеріалів із модифікацією поверхневих шарів шляхом електроіскрової обробки.

Виклад основного матеріалу. Зварювання алюмінію та його сплавів через шари, модифіковані електроіскровою обробкою, проводилося на машині для контактного точкового зварювання загального використання типу МТ-1216. Для зварювання використовували сплави алюмінію АД00 та Д1 у вигляді пластин розміром 2×20×100 мм.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Металографічні дослідження зварних з'єднань проводились на шліфах за допомогою оптичного мікроскопа МІМ-8 і растрового електронного мікроскопа JSM-840, фірми «JEOL» (Японія) при збільшеннях до 5000 разів. Растровий електронний мікроскоп оснащений енергодисперсійним аналізатором LINK 860/500 фірми «LINK» (Англія).

Модифікацію поверхонь при електроконтактному зварюванні алюмінію та його сплавів проводили на установці для електроіскрової обробки, яка була розроблена та виготовлена на основі промислової установки Елітрон-22А, що призначена для електроерозійної обробки робочих поверхонь різального інструменту і штампової оснастки, сріблення контактів і нанесення інших металів.

Якість зварних з'єднань твердих сплавів оцінювали за результатами механічних випробувань на зріз.

Визначення оптимального способу обробки поверхонь перед модифікацією та зварюванням металевих матеріалів. Як відомо, попередня обробка поверхні має вирішальне значення для якості зварних з'єднань, особливо для матеріалів, які мають високу здатність до окислення [10]. Тому завданням цього дослідження є порівняння між собою ефективності очищення, а саме вплив обробки поверхонь на міцність зварного з'єднання.

Для експерименту були взяті заготовки, виготовлені зі сплаву АД00, які піддалися чотирьом різним типам обробки: 1) без обробки поверхонь; 2) механічна обробка шабруванням; 3) травлення у водному розчині ортофосфорної кислоти; 4) механічна обробка з подальшим травленням.

Механічна обробка поверхонь проводилась до появи металевого блиску. Хімічна обробка проходила таким чином: поверхні зразків протиралися спиртом і висушувались; потім їх занурювали у 70-процентний розчин ортофосфорної кислоти на 15-20 хв, після чого зразки промивались і висушувались. Для забезпечення чистоти експерименту заготовки зразків були вирізані з того ж самого листа сплаву, а режим зварювання був однаковий. Результати експерименту показані на рис. 1.

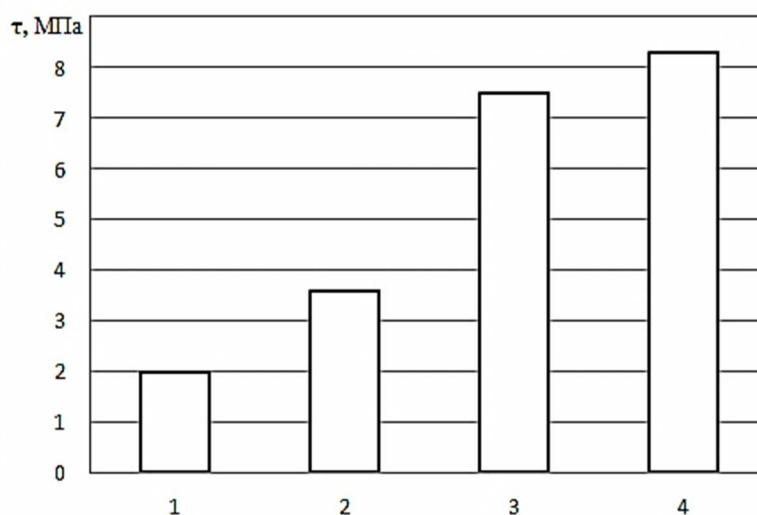


Рис. 1. Гістограма впливу виду обробки на міцність зварного з'єднання для сплаву АД00:

*1 – механічна обробка і хімічне травлення; 2 – хімічна обробка;
3 – без обробки; 4 – механічна обробка*

Аналіз результатів експерименту вказує на те, що при електроконтактному зварюванні алюмінію та його сплавів найбільш доцільною обробкою поверхонь, що зварюються, є механічна обробка з використанням шабрування.

Для модифікації поверхневих шарів алюмінію в захисному середовищі (аргон) використовували матеріали з високим питомим електричним опором (більшим за питомий електричний опір алюмінію) та матеріали, з якими алюміній утворює рідку фазу евтектичного складу при температурі менше температури плавлення алюмінію: титан, цинк, хром, марганець, магній, вуглець, галій, кремній та залізо, у вигляді порошку та прутків. При використанні легуючого елемента у вигляді порошку, як анод використовувався пруток з алюмінію АД00 та Д1.

Підготовка деталей під зварювання здійснювалась у два етапи: 1 – механічне очищення поверхневих шарів від забруднень шляхом шабрування; 2 – модифікація поверхневих шарів алюмінію вищевказаними матеріалами (рис. 2).



Рис. 2. Загальний вигляд зразка після електроіскрової обробки поверхні

Після електроіскрового легування проводилося електроконтактне точкове зварювання на режимі: сила струму – 12 кА, час імпульсу – 0,1 с, зусилля зварювання – 500-600 Н. Для зварювання використовували мідні електроди з діаметром робочої частини 6 мм.

Одним із головних параметрів режиму електроіскрової обробки є сила струму [11]. Тому нами було досліджено вплив струму обробки для кожного з матеріалів на міцність та деформацію основних матеріалів. Необхідно зазначити, що на вказаних режимах з'єднання алюмінію без прошарку та при використанні вуглецю, кремнію та галію отримати зварне з'єднання не вдалося.

Після кожного циклу зварювання проводилися вимірювання величини деформації зразків, а також випробування на зріз із відповідними розрахунками. Відповідні результати випробувань представлені на рис. 3, 4.

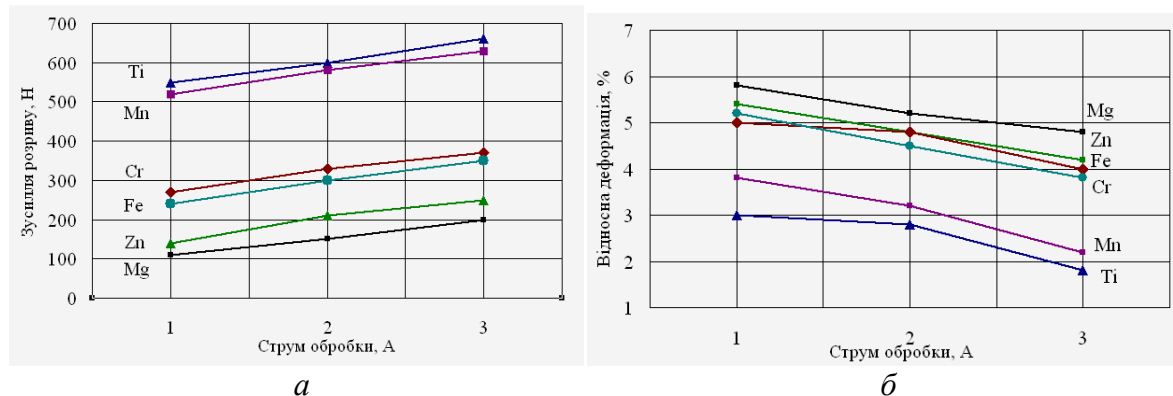


Рис. 3. Графіки залежності міцності на зріз (а) та відносної залишкової деформації (б) зварних з'єднань з АД00, отриманих через різні модифіковані шари, від сили струму електроіскрової обробки

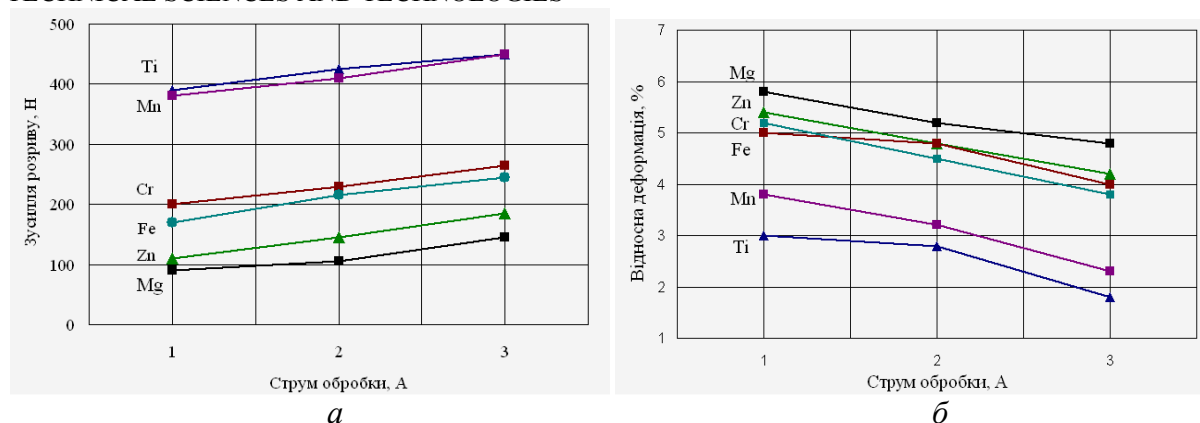


Рис. 4. Графіки залежності міцності на зріз (а) та відносної залишкової деформації (б) зварних з'єднань зі сплаву Д1, отриманих через різні модифіковані шари, від сили струму електроіскрової обробки

Аналізуючи представлені залежності, видно, що міцність з'єднань залежить від електричного опору матеріалу модифікованого шару. Максимальна міцність досягається при використанні прошарку з титану та марганцю для обох сплавів алюмінію. Залежно від струму електроіскрової обробки для всіх матеріалів прошарків зі збільшенням сили струму в діапазоні 0,5-1,5 А міцність зварного з'єднання зростає, а відносна деформація зменшується. Дана залежність пояснюється тим, що зі збільшенням сили струму обробки масоперенос збільшується, що призводить до збільшення кількості анодного матеріалу (матеріалу прошарку) на поверхні алюмінію, яке відповідає збільшенню площі фізичного контакту з більшим електричним опором, ніж у алюмінію. На рис. 5 представлені мікроструктури зварних з'єднань АД00 та Д1, отриманих через модифіковані титаном шари.

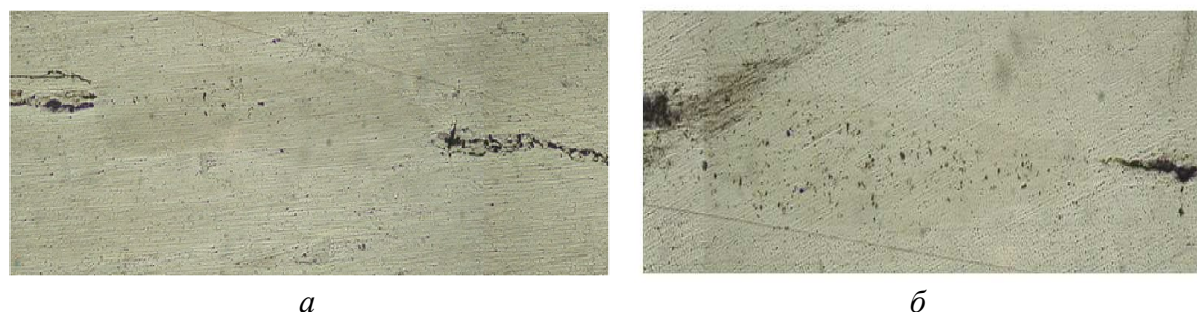


Рис. 5. Мікроструктура зварного з'єднання сплаву АД00 (а) та Д1 (б), отриманого через модифікований титаном шар (оптична мікроскопія, x20)

Як видно з представлених рисунків, у зоні взаємного розплавлення спостерігається пористість литого ядра. Водночас глибина проплавлення становить приблизно 20-25 % товщини основного металу, а діаметр ядра – 4-4,5 мм. Відповідно до встановленого діаметру ядра та розривного зусилля, міцність зварних з'єднань, отриманих електроконтактним точковим зварюванням через модифікований титаном шар, становить 85 % міцності основного матеріалу.

Таким чином, можна зробити висновок, що модифікація поверхневих шарів алюмінію матеріалом із високим питомим електричним опором дозволяє додатково локалізувати теплову енергію в стику, але при цьому виникає пористість литої зони, а діаметр ядра недостатній для отримання якісних прецизійних нероз'ємних з'єднань при електроконтактному точковому зварюванні. Однією з причин цього, ймовірно, є те, що, зважаючи на глибину модифікованого шару (80-100 мкм) при електроіскровій обробці,

при зварюванні не вдається локалізувати достатню кількість теплової енергії безпосередньо в контактi деталь-деталь.

Тому нами була проведена серія експериментів з електроконтактного зварювання алюмінію АД00 через порошкові прошарки товщиною порядку 100 мкм із матеріалів, які використовувалися для модифікації електроіскровою обробкою. Зварювання проводили на тому ж режимі, що й у попередніх експериментах. Після зварювання також проводилися механічні випробування на зріз, результати яких наведені на рис. 6.

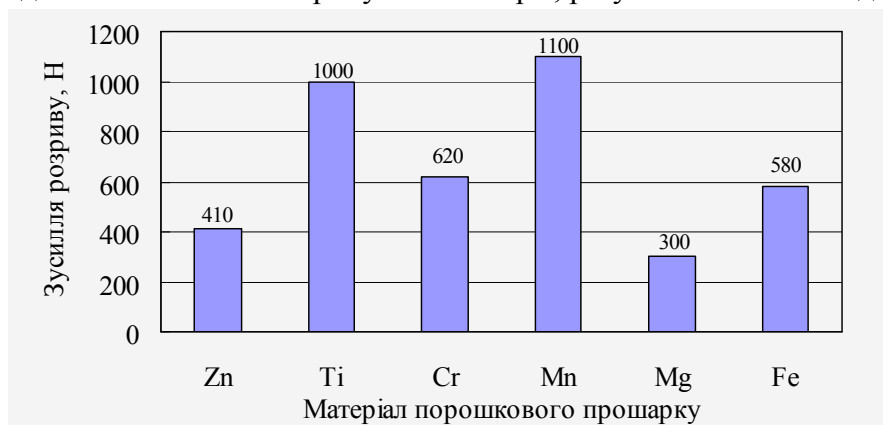


Рис. 6. Міцність зварних з'єднань з АД00, отриманих через порошкові прошарки з різних матеріалів

З аналізу представленого графіка видно, що максимальна міцність зварних з'єднань з використанням різних матеріалів для модифікації розподілилась у такому порядку: марганець, титан, хром, армко-залізо, цинк, магній, що на пряму залежить від питомого електричного опору матеріалів – чим більше опір модифікованого шару, тим більше тепловиділення і, відповідно, міцність з'єднання. Максимальна міцність досягається при використанні титану та марганцю. У всіх випадках деформація основного матеріалу залежить як від матеріалу, що використовувався для модифікації поверхневого шару алюмінію, так і від сили струму електроіскрової обробки. З підвищенням сили струму обробки, а також із підвищенням питомого електричного опору матеріалу рівень деформації зменшується.

Порівнюючи отримані результати з даними по зварюванню через шари, модифіковані електроіскровою обробкою, можна зробити висновок, що розривні зусилля на зріз зварних з'єднань, отриманих через порошкові прошарки, на 50 % більше, ніж розривні зусилля на зріз з'єднань, одержаних через модифіковані електроіскровою обробкою шари, що, на нашу думку, пов'язано з підвищенням локалізації теплової енергії в контактi деталь-деталь. Найбільша міцність зварного з'єднання спостерігається при використанні порошкового прошарку з марганцю. При цьому деформація основного матеріалу становить менше 2 %.

На рис. 7 представлено мікроструктуру зварного з'єднання АД00 через прошарок із порошку марганцю та топографія поверхні зламу.

Мікрорентгеноспектральний аналіз зварних з'єднань показав, що в зоні з'єднання спостерігається досить велике скупчення нерозплавленого марганцю (частково й у зоні литого ядра), що свідчить про те, що він не вступає в хімічну взаємодію з алюмінієм, а служить лише локалізатором теплової енергії, що обмежує використання таких з'єднань для виготовлення електротехнічних виробів у зв'язку зі зменшенням електропровідності зони контакту.

При цьому встановлено, що діаметр ядра становить величину близько 5 мм, і відповідно до розривного зусилля міцність зварного з'єднання становить 55 МПа або 90 % міцності основного матеріалу.

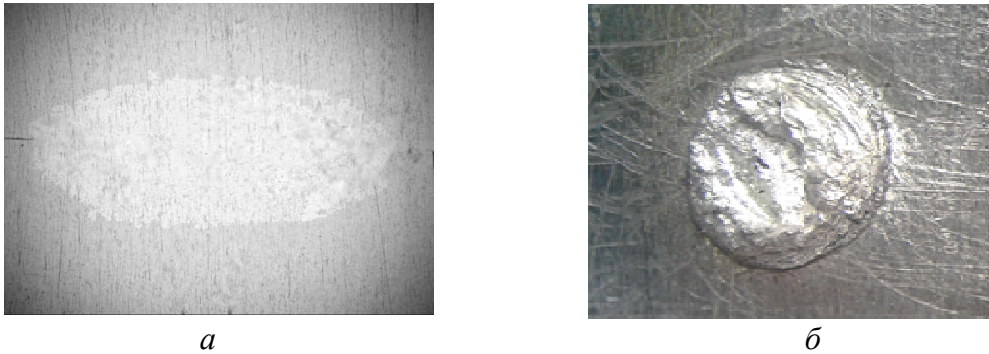


Рис. 7. Мікроструктура зварного з'єднання сплаву АД00, отриманого через прошарок із порошку марганцю (а) (оптична мікроскопія; $\times 10$) та топографія поверхні зламу зварного з'єднання сплаву АД00, отриманого через прошарок із порошку марганцю (б) (оптична мікроскопія $\times 8$)

Висновки відповідно до статті.

1. Розроблено методику підготовки поверхонь металевих матеріалів до прецизійного зварювання тиском, яка включає попередню механічну обробку та модифікацію поверхневого шару.

2. Розроблено методику нанесення проміжних шарів електроіскровою обробкою. Показано, що модифікація електроіскровою обробкою поверхонь зварювання матеріалом із високим електричним опором дозволяє локалізувати теплову енергію в стикку. Однак при цьому в литому ядрі спостерігається пористість, що не дозволяє отримати рівномірні основному матеріалу з'єднання.

3. Встановлено, що використання порошкового прошарку з матеріалу з високим електричним опором дозволяє локалізувати теплову енергію в стикку та зменшити рівень деформації основного матеріалу. Показано, що застосування при електроконтактному точковому зварюванні алюмінію АД00 прошарку з порошку марганцю, дозволяє отримати міцність зварних з'єднань на рівні 90 % міцності основного матеріалу при відносній деформації менше 2 %.

4. Отримані результати можуть бути використані при розробці технологій виготовлення різних прецизійних деталей та вузлів приладів і механізмів з однорідних та різнорідних матеріалів.

Список використаних джерел

1. Банов М. Д. Специальные способы сварки и резки : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / М. Д. Банов, В. В. Масаков, Н. П. Плюсина. – М. : Академия, 2009. – 207 с.
2. Кочергин К. А. Контактная сварка / К. А. Кочергин. – Л. : Машиностроение, 1987. – 240 с.
3. Каракозов Э. С. Сварка металлов давлением / Э. С. Каракозов. – М. : Машиностроение, 1986. – 280 с.
4. Конюшков Г. В. Диффузионная сварка в электронике / Г. В. Конюшков, Ю. В. Копылов. – М. : Энергия, 1979. – 168 с.
5. Новомлинець О. О. Наукові та технологічні основи отримання прецизійних нероз'ємних з'єднань зварюванням тиском : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.03.06 «Зварювання та споріднені процеси і технології» / Новомлинець Олег Олександрович ; Донбаська державна машинобудівна академія. – Краматорськ, 2018. – 40 с.
6. Новомлинець О. О. Електроконтактне точкове зварювання алюмінію та його сплавів через проміжні прошарки / О. О. Новомлинець, П. С. Сластион // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем». – Чернігів : ЧДТУ, 2012. – С. 60–61.
7. Новомлинець О. О. Розробка технології прецизійного електроконтактного точкового зварювання алюмінію та його сплавів / О. О. Новомлинець, Т. Р. Ганєєв // Матеріали VII науково-технічної конференції молодих вчених і спеціалістів «Зварювання та споріднені технології». – К. : ІЕЗ ім. Є. О. Патона, 2013. – С. 49.

8. *Электроискровая обработка металлов*, Труды ЦНИЛ / Б. Р. Лазаренко и др. – М. : Изд-во АН СССР, 1957. – Вып. 1.
9. *Химухин С. Н.* Разработка научных основ формирования изменённого слоя на металлах и сплавах с заданными свойствами при низковольтной электроискровой обработке : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Химухин Сергей Николаевич ; КНАГТУ. – Комсомольск-на-Амуре, 2009. – 40 с.
10. *Квасницкий В. В.* Специальные способы сварки : учебное пособие / В. В. Квасницкий. – Николаев : УДМТУ, 2003. – 437 с.
11. *Электроискровое легирование металлических поверхностей* / А. Е. Гитлевич, В. В. Михайлов, Н. Я. Парканский, В. М. Ревуцкий. – Кишинев : Штиинца, 1985. – 196 с.

References

1. Banov, M. D., Masakov, V. V. & Plusnina, N. P. (2009). *Spetsialnye sposoby svarki i rezki* [Special methods of welding and cutting]. Moscow: Academia [in Russian].
2. Kochergin, K. A. (1987). *Kontaktnaya svarka* [Resistance welding]. Leningrad: Mashinostroenie [in Russian].
3. Karakozov, E. S. (1986). *Svarka metallov davleniem* [Resistance pressure welding]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
4. Koniushkov, G. V. (1979). *Diffuzionnaya svarka v elektronike* [Diffusion welding in electronics]. Moscow: Energiya [in Russian].
5. Novomlynets, O. O. (2018). *Naukovi ta tehnolohichni osnovy otrymannia pretsyziynih nerozjemnyh zjednan zvaryuvanniam tyskom* [Scientific and Technological Fundamentals of Producing Precise, Non-detachable Joints by Pressure Welding]. (Doctor's thesis). Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk [in Ukrainian].
6. Novomlynets, O. O., & Slastion, P. S. (2012). *Elektrokontaktne tochkove zvaryuvannia aliuminiu ta joho splaviv cherez promizhni prosharki* [Electric resistance spot welding of aluminium and alloys through interlayers]. *II Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Kompleksne zabezpechennia yakosti tehnolohichnyh protsesiv ta system» – II International scientific-practical conference «Complex ensuring of quality of technological processes and systems»* (Chernihiv, Ukraine, May 23-25, 2012). Chernihiv: ChDTU [in Ukrainian].
7. Novomlynets, O. O., & Haniieev, T. R. (2013). *Rozrobka tekhnolohii pretsyziynoho elektrokontaktneho tochkovoho zvaryuvannia aliuminiu ta joho splaviv* [Development of precision electric resistance spot welding of aluminium and alloys], XVI naukovo-tehnichna konferentsiia molodyh vcheny i spetsialistiv «Zvaryuvannia ta sporidneni tehnolohii» [XVI International scientific-practical conference «Welding and related technologies»]. (Kyiv, The E. O. Paton electric welding institute, May 22-24, 2013). Kyiv [in Ukrainian].
8. Lazarenko, B. R. (Ed.) (1957). *Elektroiskrovaya obrabotka metallov. Trudy TsNIL* [Electrical-discharge machining of metals. Memoir of Central research laboratory]. Moscow: Publishing house of Academy of Sciences of the USSR [in Russian].
9. *Khimukhin, S. N.* (2009). *Razrabotka nauchnyh osnov formirovaniya izmenennogo sloya na metallah i splavah s zadannymi svojstvami pri nizkovoltnoj elektrtoiskrovoj obrabotke* [Development of scientific basics of modified layer on metals and alloys with specified properties under low-voltage electrical-discharge machining]. (Doctor's thesis). KNAAGTU, Komsomolsk-on-Amur [in Russian].
10. *Kvasnitsky V. V.* (2003). *Spetsialnye sposoby svarki* [Special welding processes]. Nikolaiev: UDMTU [in Russian].
11. *Gitlevich A. E., Mihaylov V. V., Parkanskiy N. Ya., & Revutskiy V. M.* (1985). *Elektroiskrovoe legirovanie metallicheskikh poverhnostey* [Electrical-discharge machining of metal surfaces]. Kishinev: Shtiintsa [in Russian].

UDC 621.791.4

*Oleh Novomlynets, Serhii Oleksienko, Svitlana Yushchenko,
Oleksiy Baydala, Evgen Polovetskiy*

PRECISION PRESSURE WELDING OF ALUMINIUM ALLOYS THROUGH MODIFIED SURFACE LAYERS

Urgency of the research. Saving their project shape and ensuring of high service properties is the necessary task for production and using of products with complicated configuration from homogeneous and heterogeneous materials. It requires usage of new technologies of precision pressure welding.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Target setting. Fabrication of precision parts and units by pressure welding become complicated through the presence of oxide and adsorbed films and necessity of welded surfaces activation.

Actual scientific researches and issues analysis. Earlier we had established criteria of achievement the precision effect by pressure welding.

Uninvestigated parts of general matters defining. Obtaining of precision joints by pressure welding with use of intermediate layers modified by electrical-discharge alloying.

The research objective. Investigation of ability to pressure welding with limited deformation level of metallic materials with preliminary modification of surface layers by electrical-discharge machining.

The statement of basic materials. For modification of surfaces of aluminium alloys 1070A and 2017 before welding materials with high electric resistance and materials which form liquid eutectic with aluminium (titanium, zinc, chromium, manganese, magnesium, carbon, gallium, silicon and iron) in the form of bar and powder are used. Strength and deformation of welded joints depend on electrical resistance of material of surface layer and, as a result, current machining strength.

Conclusions. Methodology of metal surfaces preparation for welding by mechanical scraping and electrical-discharge modification; electrical-discharge alloying by material with high electric resistance localizes heat energy in the butt; usage of powder interlayer from material with high electric resistance allows to reduce residual deformation level.

Keywords: pressure welding; modification of surfaces; electrical-discharge machining; energy localization in the butt; precision joints.

Fig.: 7. References: 11.

Новомлинець Олег Олександрович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14035, Україна).

Novomlynets Oleh – Doctor in Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Department of Welding and Automated Engineering Design of Building Constructions, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: oon1@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0774-434X>

ResearcherID: F-8166-2014

Scopus Author ID: 56938958300; 6507741249

Олексієнко Сергій Владиславович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14035, Україна).

Oleksiienko Serhii – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Welding and Automated Engineering Design of Building Constructions, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: sv.oleks@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5475-4439>

ResearcherID: F-8197-2014

Scopus Author ID: 57190370561

Ющенко Світлана Михайлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14035, Україна).

Yushchenko Svitlana – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Department of Welding and Automated Engineering Design of Building Constructions, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: rasssveta@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0863-9020>

ResearcherID: F-7741-2014

Scopus Author ID: 57190373626

Байдала Олексій Васильович – аспірант кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14035, Україна).

Baydala Oleksiy – postgraduate student of Department of Welding and Automated Engineering Design of Building Constructions, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: 0978167289@ukr.net

Половецький Євген Вікторович – кандидат технічних наук, науковий співробітник відділу фізико-хімічних методів дослідження матеріалів, ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України (вул. К. Малевича, 11, Київ-150, 03680, Україна).

Polovetskiy Evgen – PhD in Technical Sciences, research engineer of the Department of physical-chemical investigation methods of materials, The E. O. Paton electric welding institute of the National Academy of Science of Ukraine (11 Malevicha Str., 03680 Kyiv-150, Ukraine).

E-mail: poloveckiyy@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8113-0434>

Researcher ID: U-9135-2017