

Вже зараз почалося значне поширення роботів в суднобудуванні. Для будівництва важливих сегментів кораблів у системі контейнерних перевезень південнокорейської суднобудівничі компанії Hyundai Heavy Industries і Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering почали використовувати роботів з метою скоротити витрати і прискорити виробництво суден. У квітні 2018 року про це повідомило агентство Bloomberg.

На своїх підприємствах компанія Hyundai Heavy створила і почала тестувати промислового робота вагою 670 кг, здатного згинати і зварювати сталеві пластини для передньої і задньої частини судів. На масовому виробництві з 2019 року планується впровадити роботизовану систему, використовувану спільно з САПР. Це дозволить на дві третини скоротити час на зварювання і зменшити число зайнятих кваліфікованих співробітників, за розрахунками компанії, що, в свою чергу, забезпечить річну економію на суму близько \$ 9,4 млн.

Роботизовану руку Caddy (вагою 16 кг) яка зварює сталеві деталі газозовів використовує компанія Daewoo Shipbuilding.

Отже, впровадження і використання роботів для зварювання надалі значно полегшить людську роботу і дозволить вирішити задачу створення комплексної автоматизації на підприємствах, переглянути функції між людиною і машиною, а також суттєво підвищить продуктивність праці.

Застосування промислових роботів та взагалі робото-техніки забезпечить якість продукції і принесе зміни в галузь виробництва. Щодо сучасної промисловості, то провідними є технології з'єднання матеріалів в різних поєднаннях. Зварювання з'єднує метали, пластмаси, живі тканини. Як потужний і вельми динамічний процес, зварювання потребує автоматизації. А всі галузі промислового виробництва в світі вимагають застосування зварювальних технологій.

#### Список використаних джерел

1. Нідзельський М.Я., Писаренко О.А., Соколовська В.М., Ясногорська С.С. «Тлумачний термінологічний довідник із ортопедичної стоматології». - Полтава-2015, - 361 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.umsa.edu.ua/kafhome/polso/lecture/pislosvlikarstomortop/tlumterdov\\_ortopedstom.pdf](http://www.umsa.edu.ua/kafhome/polso/lecture/pislosvlikarstomortop/tlumterdov_ortopedstom.pdf)
2. Сварка лазерного качества. ООО «Топ Топ», www.stomamart.ru. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://stomamart.ru/images/uploads/2012/01/Phaser\\_mx2-.pdf](https://stomamart.ru/images/uploads/2012/01/Phaser_mx2-.pdf)
3. Погляд у майбутнє: самонавчальна система зварювання. - 2004-2018 Газета ВІКНА. Публікація 24 березня 2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://vikna.if.ua/news/category/economics/2017/02/02/67191/view>
4. Редакция news@tadviser.ru . Статья « Как роботы заменяют людей», от 2019/03/19. . [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%9A%D0%B0%D0%BA\\_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B\\_%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%8F%D1%8E%D1%82\\_%D0%BB%D1%8E%D0%B4%D0%B5%D0%B9](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%9A%D0%B0%D0%BA_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B_%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%8F%D1%8E%D1%82_%D0%BB%D1%8E%D0%B4%D0%B5%D0%B9)
5. Сообщество робототехников [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://robo-hunter.com/news/prigotovtes-roboti-sudostroiteli-ujezdes11187> © robo-hunter.com
6. Вакуленко В. Г. «Цікаве про зварювання» - м. Дніпро 2016-2017 н. р. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://test.teacherjournal.in.ua/attachments/article/14452/%D1%86%D1%96%D0%BA%D0%B0%D0%B2%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%20%D0%B7%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%201.docx>

УДК 621.791.18

## ЗАСОБИ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ ПРИ ДИФУЗІЙНОМУ ЗВАРЮВАННІ АЛЮМІНІЮ

Патук Ю.С., студ. гр. ЗВ-161

Науковий керівник: **Ющенко С.М.**, к.т.н., доцент  
*Чернігівський національний технологічний університет*

Для отримання прецизійних з'єднань при зварюванні алюмінієвих сплавів необхідно забезпечувати пластичність з'єднання при мінімальній деформації. При цьому отримання нероз'ємних з'єднань значно ускладнюється наявністю тугоплавкої оксидної плівки на поверхні металу, видалення якої перед з'єднанням без використання складних технологій не забезпечує утворення якісного фізичного контакту.

Через притаманні алюмінію та його сплавам властивості отримання прецизійних з'єднань способами зварювання плавленням та паяння ускладнене необхідністю реалізації складних технологічних процесів. Особливо поставлена задача ускладнюється через неможливість використання спеціальної оснастки для обмеження рівня деформації при зварюванні складних за конфігурацією виробів. У зв'язку з цим необхідним та актуальним завданням є створення нових технологій з'єднання алюмінію та його сплавів способами зварювання тиском на основі розробки засобів інтенсифікації процесів, що обумовлюють утворення з'єднань.

Серед існуючих способів зварювання алюмінію та його сплавів досягти прецизійності дозволяють способи зварювання тиском, зокрема дифузійне зварювання у вакуумі [1-3].

Необхідною умовою, що забезпечує утворення зварного з'єднання при дифузійному зварюванні у вакуумі (ДЗВ), є створення між поверхнями, що з'єднуються, фізичного контакту, при якому будь-які фактори, що перешкоджають процесу дифузії, зводяться до мінімуму. Для забезпечення фізичного контакту при ДЗВ застосовують такі засоби інтенсифікації процесу зварювання як вібраційні коливання ультразвукової частоти, циклічне прикладання тиску, циклічна зміна температури в процесі зварювання, прикладання електростатичного поля, попереднє опромінення поверхні деталей (нейтронами,  $\alpha$ -частками,  $\beta$ -променями, електронами та ін.). Однак вони не дозволяють комплексно вирішити поставлену задачу та потребують використання спеціалізованого обладнання і значних матеріальних затрат.

Ефективним засобом інтенсифікації процесу зварювання є застосування прошарків на основі легкоплавких елементів або евтектичних сплавів, які за рахунок утворення у зоні з'єднання рідкої фази полегшують руйнування оксидної плівки та підвищують інтенсивність дифузійного потоку атомів в основний метал як зі сторони з'єднуваних частин, так і з боку прошарку [3].

Використання при ДЗВ прошарків на основі алюмінію дозволяє забезпечити високу міцність та корозійну стійкість з'єднань з температурою плавлення в інтервалі 450÷630°C. Найбільш багаті алюмінієм евтектики з нікелем та кремнієм. Зі збільшенням вмісту алюмінію в евтектиці підвищується її температура плавлення, що забезпечує активацію процесу контактної реактивної плавлення. Однак евтектика Al-Ni має високу температуру плавлення 915 К, яка вище температури плавлення деяких алюмінієвих сплавів, а також викликає значну хімічну ерозію поверхонь, що з'єднуються. А евтектика Al-Cu призводить до підвищення крихкості [4].

Найбільш сприятливою для контактної реактивної плавлення алюмінію та його сплавів є евтектика Al-Si із температурою плавлення 850 К, що містить 11,7 % кремнію і володіє високими показниками міцності та пластичності [4].

Сплав Al-Si містить в структурі евтектику  $\alpha$ -Si і нерідко первинні кристали Si, який при твердінні евтектики виділяється у вигляді грубих кристалів голчатої форми, котрі відіграють роль внутрішніх надрізів в пластичному  $\alpha$ -твердому розчині. Така структура володіє низькими механічними властивостями. Для подрібнення структури і усунення надлишкових кристалів Si силуміні модифікують Na, завдяки чому в процесі твердіння кристали кремнію покриваються плівкою силіциду натрію  $\text{Na}_2\text{Si}$ , яка утруднює їх ріст, що покращує механічні властивості сплаву [5]. Наявність рідкої евтектики Al-Si у прошарку, що пропонується нами, забезпечує отримання прецизійного з'єднання без застосування надмірних зварювальних зусиль. При додаванні до силуміну Mg до 2% спостерігається, по-перше, зміцнення його структури за рахунок утворення силіциду магнію  $\text{Mg}_2\text{Si}$  та, по-друге, покращуються умови для усунення надлишків кисню та парів води, що адсорбуються на поверхні алюмінію, і за рахунок парів магнію відбувається відновлення алюмінію з оксидної плівки  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [4].

Тому, на наш погляд, забезпечити видалення оксидної плівки зі сплаву, та утворення фізичного контакту, що виражається у змочуванні контактуючих поверхонь рідким металевим прошарком Al-Si, який, в свою чергу, виникає при виділенні вільного Si, можливо при введенні в контакт суміші складу  $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{-HCl-Mg}$ .

Для подальшої інтенсифікації видалення оксидної плівки, і, відповідно, зменшення часу дії стискаючих зусиль при високих температурах нами було запропоновано пропускання постійного електричного струму через деталі, що зварюються. Відома електрохімічна теорія, за якою видалення оксиду алюмінію відбувається за рахунок електродного процесу на границі алюмінію з оксидною плівкою, Al при цьому є анодом,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – катодом, а флюс відіграє роль електроліту. Іони алюмінію, відриваючись від поверхні металу, поступово руйнують зв'язок частинок оксидної плівки з металом. Таким чином, електрохімічний процес викликає розрихлення оксидної плівки, відрив її від металу та перехід у шлак [6].

Відомо, що величина електропереносу при густинах струму до 0,2 А/мм<sup>2</sup> є співрозмірною з дифузійною при контактному плавленні [7]. У зв'язку з цим було припущено, що прискорення видалення оксидної плівки при дифузійному з'єднанні у вакуумі і, відповідно, зменшення часу дії стискаючих зусиль при високих температурах можливе за рахунок прикладення постійного електричного струму до деталей, що з'єднуються. Експерименти проводилися на зразках із алюмінію АД00 та сплаву АМг5. Після проведення комплексу досліджень нами було запропоновано технологію прецизійного дифузійного зварювання у вакуумі алюмінію та його сплавів через прошарок системи  $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{-HCl-Mg}$  із пропусканням електричного струму за режимом: глибині розрідження  $10^{-2}\text{-}10^{-3}$  Па, температурі 853 К, питомому тиску 0,1 МПа, пропусканні електричного струму густиною до 0,2 А/мм<sup>2</sup> та часі зварювання 90 с. У результаті застосування запропонованої технології було отримано зварні з'єднання з міцністю на зріз 82-90% від міцності основного металу та залишковою деформацією виробів на рівні 3-5%.

#### Список використаних джерел

1. Квасницкий В.В. Специальные способы сварки: учебное пособие / В.В. Квасницкий. – Николаев: УДМТУ, 2003. – 437с.
2. Саликов В.А. Специальные методы сварки и пайка: учеб. пособие / В.А. Саликов, М.Н. Шушпанов, В.В. Пешков, А.Б. Коломенский. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2000. – 214 с.
3. Люшинский А.В. Диффузионная сварка разнородных материалов: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.В. Люшинский. – М.: «Академия», 2006. – 208 с.
4. Лашко Н.Ф. Контактные металлургические процессы при пайке / Н.Ф. Лашко, С.В. Лашко. – М.: Металлургия, 1977. – 192 с.
5. Лахтин Ю.М. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
6. Никитинский А.М. Пайка алюминия и его сплавов / А.М. Никитинский. – М.: Машиностроение, 1983. – 192 с.
7. Акхубеков А.А. Влияние примесей щелочных, щелочноземельных металлов и постоянного тока на кинетику контактного плавления металлов / А.А. Акхубеков, Н.В. Далакова, О.Л. Еналдиева, Т.А. Орквасов, В.А. Созаев, Т.Х. Тамаев // Электронный журнал «Фазовые переходы, упорядоченные состояния и новые материалы», 2006. [Электронный ресурс]. Доступно: <http://www.ptosnm.ru/catalog/s/7>.

УДК 628.398

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

Потапенко Ю.О., студ. гр. ЗВ-171

Науковий керівник: Болотов М.Г., к.т.н., доцент

Чернігівський національний технологічний університет

Процес зварювання з'явився ще в бронзовій добі, коли людина почала набувати досвід обробки металів для виготовлення знарядь праці, бойової зброї, прикрас та інших виробів. За допомогою зварювання і споріднених технологій створюється більше половини валового національного продукту промислово розвинутих країн. У зварювальному виробництві зайнято близько 5 млн людей, переважна більшість яких (70-80%) виконують електродугові процеси. На сьогоднішній час зварювання є досить розвиваючою гілкою промислового світу.

На початку XXI ст. ринок зварювальної техніки оцінюється в 45 млрд. доларів, з яких 70% припадає на зварювальні матеріали і близько 30% - на зварювальне устаткування.