

УДК: 621.791.36

Максимова С. В., докт. техн. наук, професор

Воронов В. В., канд. техн. наук

Ковальчук П. В., доктор філософії

Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ,

maksymova.svitlana15@ukr.net

ПРИПОЇ ДЛЯ ВАКУУМНОГО ПАЯННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

Алюміній та його сплави завдяки своїм перевагам, а саме невеликій питомій вазі у поєднанні з високою міцністю, високою стійкістю до корозії, а також хорошою тепло- та електропровідністю широко використовуються у багатьох галузях сучасної промисловості.

Відомо, що однією з головних труднощів при з'єднанні алюмінієвих сплавів, як за допомогою зварювання, так і з використанням паяння, є наявність на поверхні щільної і дуже стійкої оксидної плівки Al_2O_3 , яка є основною перешкодою для змочування основного матеріалу [1-3].

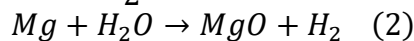
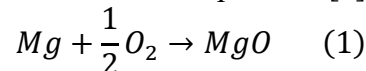
Більшість промислових припоїв для паяння алюмінію побудована на базі системи Al-(6...12)Si і при паянні в вакуумі вимагає введення у склад додаткових елементів-активаторів (Mg, Bi і т. ін.) [3]. До того ж відносно висока температура плавлення таких припоїв (близько 560...610 °C) [1, 2] накладає додаткові обмеження на використання для паяння легованих і термічно-зміцнюваних алюмінієвих сплавів через близькість температури паяння до температури солідусу.

В якості альтернативних систем для розробки припоїв можна розглянути евтектичні системи Al-Ge і Al-Cu, в яких мінімальна температура складає відповідно 420 °C та 546 °C [4].

Мета даної роботи полягала в дослідженні температурного інтервалу плавлення сплавів системи Al-Cu-Si-Mg і міцності паяних з'єднань, що отримані шляхом вакуумного високотемпературного паяння алюмінієвого сплаву.

В якості основного матеріалу для проведення експериментальних досліджень використовували пластинчаті зразки сплаву 3003 (Al-1...1,5 Mn), який широко застосовується при виробництві різноманітних теплообмінних пристроїв, зокрема, при виготовленні кондиціонерів, холодильників та інших систем.

В якості базової системи припою обрано евтектичний сплав Al-Cu, додатково легований магнієм та кремнієм. В даному випадку легування магнієм застосовано, з одного боку, для зниження парціального тиску залишкового кисню та парів води, бо як відомо випаровуючись магній взаємодіє з ними згідно реакцій [3]:



З іншого боку, магній безпосередньо реагує з Al_2O_3 з утворенням оксидів MgO та $MgAl_2O_4$, що призводить до руйнування оксидної плівки, полегшуючи подальше змочування розплавленим припоєм поверхонь, які паяються [3, 5].

Експериментальні припої виплавляли дуговим способом на холодній підкладці в атмосфері аргону. Для кожного з експериментальних сплавів визначали температури солідусу і ліквідусу за допомогою високотемпературного диференційного термічного аналізу з застосуванням установки ВДТА-8М. За результатами отриманих термічних кривих визначено перспективний сплав Al-Cu-Si-3Mg, температура ліквідусу якого не перевищує 525 °C (рис. 1).

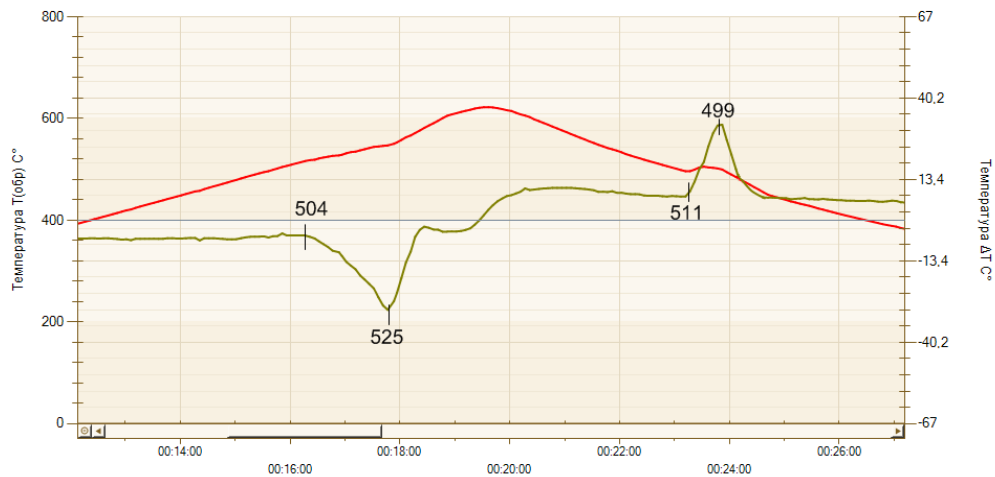


Рис. 1 – Термічна крива сплаву Al-Cu-Si-3Mg, що отримана шляхом високотемпературного диференційного термічного аналізу

При паянні зразків алюмінієвого сплаву 3003 з використанням даного експериментального припою отримано якісні паяні з'єднання без видимих дефектів. При цьому міцність на зсув паяних з'єднань знаходиться на рівні 0,6...0,8 від міцності основного матеріалу. Руйнування зразків відбувається по припою (рис. 2, а).

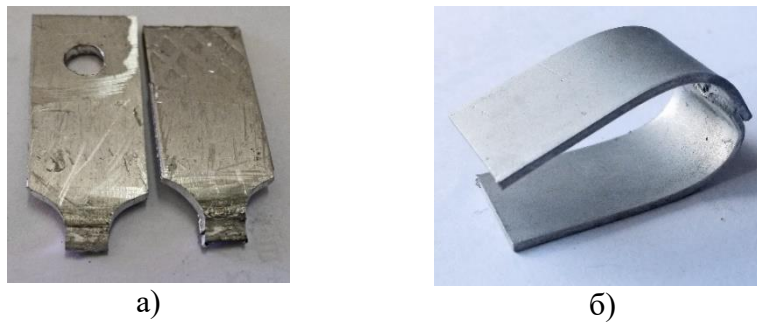


Рис. 2 – Напускні зразки зі сплаву 3003, що отримані з використанням припою системи Al-Cu-Si-Mg, після механічних випробувань: на зсув (а) і на триточковий згин (б)

При випробуванні паяних з'єднань на триточковий згин кут становить 180 градусів (див. рис. 2, б).

В ході виконання досліджень визначено оптимальний припій системи Al-Cu-Si-Mg, що характеризується зниженою температурою ліквідусу та забезпечує міцність на зсув паяним з'єднанням на рівні 0,6...0,8 міцності основного матеріалу (сплаву 3003) при вакуумному високотемпературному паянні.

Список посилань

1. Ferraris, S. Surface Activation and Characterization of Aluminum Alloys for Brazing Optimization [Текст]/ S. Ferraris, S. Perero, G. Ubertalli // Coatings. – 2019. – Vol. 9. – No 7. – С. 459 – 465. DOI:10.3390/coatings9070459
2. Orman, L., Swidersky, H.-W. Brazing of Aluminium Alloys with Higher Magnesium Content using Non-Corrosive Fluxes. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.aluminium-brazing.com/wp-content/uploads/2014/07/Brazing-of-Aluminium-Alloys-with-Higher-Mg-Content.pdf>
3. Vacuum Brazing of Aluminum Alloys and Brazing Materials. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://brofurnaces.com/wiki/vacuum-brazing-al-materials.html>
4. Massalski, T. B., Binary Alloy Phase Diagrams 2nd Edition / T. B. Massalski – Ohio, Materials Park: ASM International, 1990.
5. Anderson, W. A. Metallurgical Studies of the Vacuum Brazing of Aluminum [Текст]/ W. A. Anderson // Welding Journal. – 1977. – №10. – С. 314-318.