

УДК 669.295

ЗВАРЮВАННЯ АЛЮМІНІДУ ТИТАНУ ЗІ СПЛАВОМ VT6 З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОШАРУВАТОЇ ФОЛЬГИ СИСТЕМИ Ag-Cu¹

Щербина С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Алюмініди титану в інтервалі температур 650-850°C перевершують застосовувані жароміцні матеріали на основі титану, заліза, нікелю за питомою жароміцністю, питомим модулем пружності, мають високу жаростійкість і низьку стійкість до загоряння. Запропоновано зварювання сплавів на основі алюмінідів титану проводити з використанням як закладних елементів наношаруватих фольг. Отримано з'єднання алюмініду титану зі сплавом титану VT6 з використанням наношаруватої фольги системи Ag-Cu.

Алюминиды титана в интервале температур 650-850°C превосходят применяемые жаропрочные материалы на основе титана, железа, никеля по удельной жаропрочности, удельным модулем упругости, имеют высокую жаростойкость и низкую устойчивость к возгоранию. Предложено сварку сплавов на основе алюминидов титана проводить с использованием в качестве закладных элементов наноструктурных фольг. Получено соединение алюминиды титана со сплавом титана VT6 с использованием наноструктурной фольги системы Ag-Cu.

Titanium aluminide at temperatures 650-850°C exceed the applied high-temperature material based on titanium, iron, nickel on the specific heat resistance, specific modulus of elasticity, have high heat resistance and low resistance to fire. Proposed welding alloys based on titanium aluminides performed using as an embedded element of nanostructured foils. Submitted compound titanium aluminide with titanium alloy VT6 with nanostructured foils of Ag-Cu

¹ Стаття підготовлена під керівництвом професора, д.т.н. Чернеги Д.Ф.

Інтерметалідні сплави здатні поєднувати в собі унікальні властивості металевих матеріалів і хімічних сполук. Це використано останнім часом у роботах з розробки нових конструкційних матеріалів, які забезпечують працездатність виробів в екстремальних умовах.

Найбільша кількість робіт направлена на створення інтерметалідних сплавів на основі алюмінідів титану. Це пов'язано з тим, що алюмініди титану в інтервалі температур 650-850°C перевершують застосовувані жароміцні матеріали на основі титану, заліза, нікелю за питомою жароміцністю, питомим модулем пружності, мають високу жаростійкість і низьку стійкість до загоряння. Ці сплави ефективно використовуються як матеріал для деталей газотурбінних двигунів, обшивки літальних апаратів, деталей силового набору виробів авіакосмічної та інших галузей техніки [1].

Основним недоліком алюмінідів титану є крихкість при кімнатних температурах і пов'язані з цим труднощі обробки матеріалу.

Перспективи використання інтерметалевих сплавів на основі алюмінідів титану обмежені відсутністю надійних способів з'єднання між собою та іншими конструкційними матеріалами.

Дифузійним зварюванням в інтервалі температур 1000...1100°C з витримкою близько 3 годин під тиском 20...40 Н/мм² отримані бездефектні з'єднання, однак міцнісні характеристики їх значно поступаються основному металу. Сполуки, отримані електронно-променевим зварюванням, схильні до розтріскування, що розвивається від лінії сплаву.

При використанні в якості прошарку фольги алюмінію в шві виникають дефекти у вигляді мікропорожнин і тріщин, які також різко знижують міцність. Фольга титану дозволяє отримувати бездефектні з'єднання високої міцності, однак при цьому у шві формується шар фази α_2 (TiAl), який не відповідає вимогам жароміцності.

Контактне стикове зварювання опором забезпечує локальне високошвидкісне введення тепла і локальну деформацію [2]. Цей спосіб зварювання видається перспективним для з'єднання тугоплавких матеріалів з низькою пластичністю, таких, як сплави на основі алюмінідів титану. З огляду на досвід попередніх розробок з контактного стикового зварюванні алюмінієвих сплавів [3], запропоновано зварювання сплавів на основі алюмінідів титану проводити з використанням як закладних елементів наносферуватих фольг.

Раніше були отримані і досліджені з'єднання алюмініду титану з використанням наносферуватої фольги системи Ti-Al (рис.1). Встановлено, що при зварюванні через фольгу ширина зони термічного впливу і обсяг грату зменшуються. Завдяки забезпеченню однорідності нагрівання виробів поліпшуються формування і властивості сполук [4].



Рис.1 Макроструктура (x25) з'єднань інтерметаллідного сплаву складу Ti-47Al-1,5Cr-2Nb (ат.%), отриманих контактним стиковим зварюванням: з використанням фольги системи Ti-Al

Для отримання сполук з застосуванням як закладних елементів фольг системи Ag-Cu використано сплав іншої поставки. Мікроструктура цього сплаву не відповідає ламілярній. Відомо, що для отримання оптимальної ламілярної структури в інтерметалідних сплавах на основі алюмінідів титану необхідно суворо витримувати режими термообробки. Металографічні дослідження показали (рис.2), що формування з'єднання сплаву на основі алюмініду титану по всій площі задовільне. Тріщини в пришовній зоні відсутні. У перехідній зоні на контактній межі спостерігається шар з підвищеною травленістю (рис.3). Утворення нових структурних складових у перехідній зоні не відбувається.

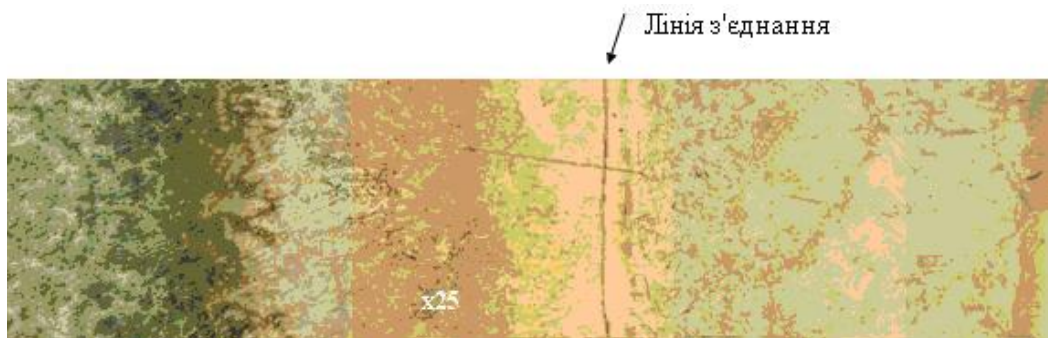


Рис.2 Макроструктура (x25) з'єднання сплаву на основі алюмініду титану, отриманого контактним стиковим зварюванням з використанням фольги системи Ag-Cu

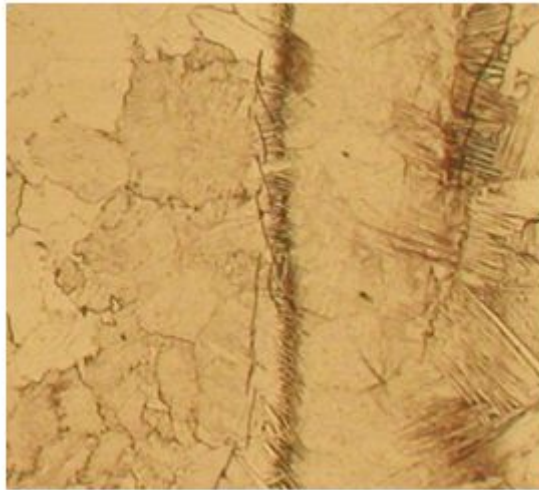


Рис.3 Мікроструктура шва з'єднання сплаву на основі алюмініду титану, отриманого контактним стиковим зварюванням з використанням фольги системи Ag-Cu

Підвищена травленість по лінії з'єднання, очевидно, обумовлена хімічною неоднорідністю - на контактній межі є залишковий шар евтектичного розплаву системи Ag-Cu, не вичавлений при осаді.

Таким чином, при використанні як закладного елементу наноструктурної фольги системи Ag-Cu формування з'єднання відбувається при більш низьких температурах ($T_{\text{евт}}$ - 779 °C). Це дає можливість знизити рівень термічних напружень в пришовній зоні. Практично повне вижимання розплаву при осаді виключає утворення небажаних структурних складових, що знижують міцнісні характеристики з'єднання.

Застосування інтерметалідних сплавів обмежено відсутністю надійних способів з'єднання їх між собою та іншими конструкційними матеріалами.

Раніше були отримані і досліджені з'єднання алюмініду титану зі сплавом титану ВТ6 з використанням наношаруватої фольги системи Ti-Al.

Аналіз мікроструктури і мікрорентгеноструктурний аналіз розподілу елементів показали (рис. 4), що між інтерметалідним сплавом і сплавом титану утворюється дифузійний шар товщиною близько 20 мкм, в якому вміст титану зменшується від 96,29 мас% в сплаві титану до 61,46 мас% в інтерметалідному сплаві. На контактній межі з інтерметалідним сплавом утворюються спільні зерна. Згідно з діаграмою стану системи Ti-Al (рис. 5) в такому інтервалі концентрацій може існувати твердий розчин змінного складу α -Ti і γ -TiAl.

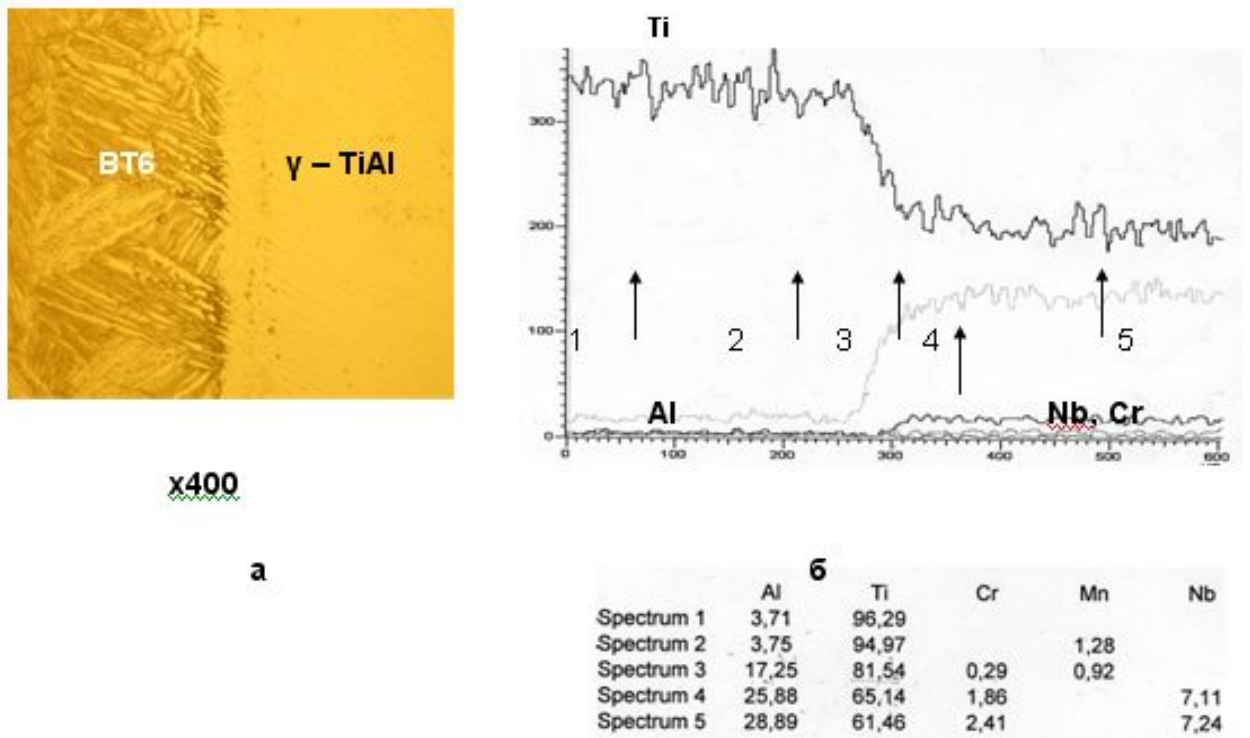


Рис.4 Перехідна зона з'єднання сплавів Ti-47Al-1, 5Cr-2Nb (ат.%) і VT6: а-мікроструктура; б-розподіл елементів

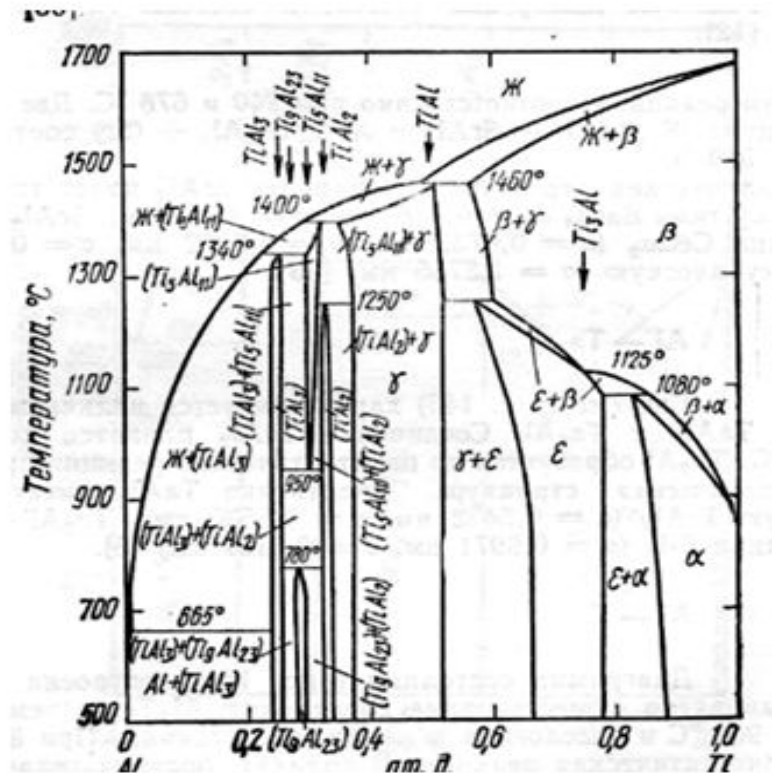


Рис.5 Діаграма стану системи Al-Ti

Дослідження перехідної зони за методом Берковича виявило поступову зміну механічних властивостей. Так твердість і модуль Юнга в межах сплаву титану становлять 1.015...1,290 і 81,3...124,9 Па відповідно.

Мікроструктура і розподіл твердості створюють передумови для високої міцності з'єднання. Однак, як встановлено при проведенні досліджень, збільшення товщини фольги призводить до появи мікротріщин на ділянці дифузійної зони (рис. 6).

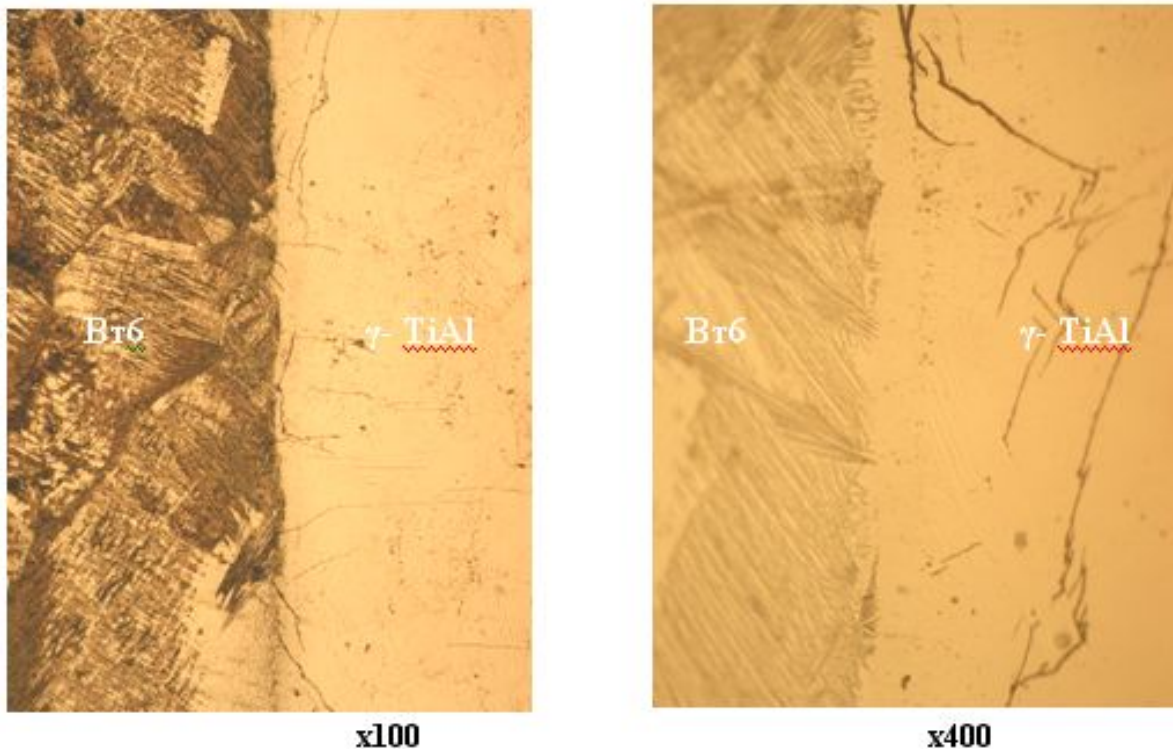


Рис.6 Мікроструктура з'єднання алюмініду титану (сплав Ti-47Al-1, 5Cr-2Nb) зі сплавом титану VT5, отриманим КСМ з використанням наношаруватої фольги системи Ti-Al

Висновки:

1. Отримано з'єднання алюмініду титану зі сплавом титану VT6 з використанням наношаруватої фольги системи Ag-Cu.
2. Металографічні дослідження показали, що мікроструктура з'єднання, отриманого з використанням фольги системи Ag-Cu подібна до отриманої з використанням фольги системи Ti-Al (рис.7). У той же час мікротріщини на ділянці дифузійної взаємодії відсутні.

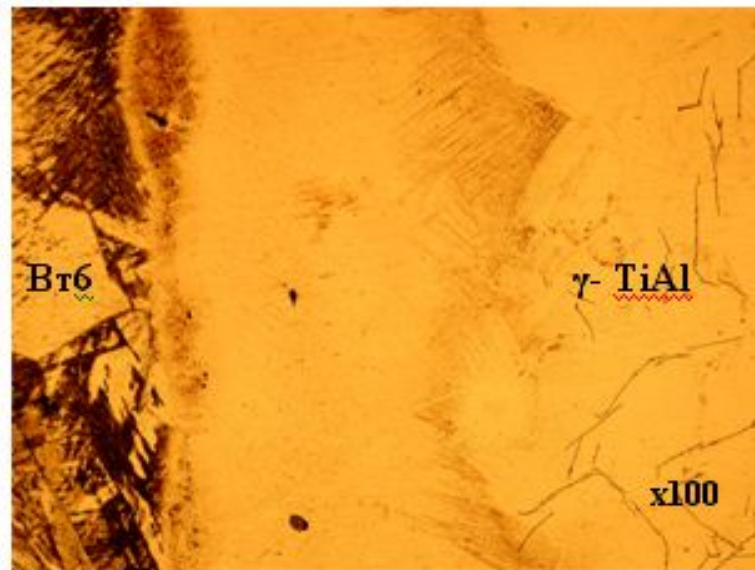


Рис.7 Мікроструктура з'єднання алюмініду титану (сплав Ti-47Al-1, 5Cr-2Nb) зі сплавом титану BT5, отриманого КСМ з використанням нанощаруватої фольги системи Ag-Cu

3. Відсутність мікротріщин пояснюється зниженням рівня післязварювальних термічних напружень, що, у свою чергу, викликано можливістю знизити температуру при зварюванні, так як в системі Ag-Cu $T_{зв}=779\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Література

1. Иванов В.И., Ясинский К.К. Эффективность применения жаропрочных сплавов на основе интерметаллидов Ti3Al и TiAl для работы при температурах 600-800°C в авиакосмической технике//Технология легких сплавов. 1996. №3. с. 7.
2. Кучук-Яценко С.И. Контактная стыковая сварка оплавлением. Киев: Наукова думка, 1992. с. 236
3. Кучук-Яценко В.С., Швец В.И., Сахацкий А. Г., Наконечный А.Г. Особенности контактной сварки алюминиевых сплавов с использованием наноструктурных алюминий-никелевых и алюминий-медных фольг // Сварочное производство.- 2007.-№9. с. 12-14
4. Кучук-Яценко В.С., Швец В.И., Сахацкий А.Г., Наконечный А.А Особенности контактной сварки алюминидов титана с использованием нанослойных алюминий-титановых фольг // Автоматическая сварка, №, 2008, с. 5-7