

УДК 621.791.42

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ З'ЄДНАННЯ МЕТОДОМ ЗВАРЮВАННЯ ТИСКОМ МАТЕРІАЛУ З ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Гараненко Т.Р., Кліско А.В., Гордієнко В.О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Анотація. Титан і його сплави зварюванням тиском з'єднуються досить міцно. При проведенні зварювання тиском пред'являються підвищені вимоги до чистоти поверхонь, що з'єднуються, рівномірності розподілу тиску і температури. У даній роботі проведено дослідження регулювання температури зварювання тиском, навколишнього середовища, вплив мікроструктури контактних поверхонь на освіту з'єднання.

Ключові слова: титан, зварювання тиском, чистота поверхні.

Зварювання тиском - зварювання із застосуванням тиску, що здійснюється за рахунок пластичної деформації зварювальних частин при температурі нижче температури плавлення. З'єднання матеріалу здійснюється за рахунок взаємної дифузії атомів в тонких поверхневих шарах контактуючих частин при відносно тривалому впливі підвищеної температури і незначній пластичній деформації [1, 2].

Методика розрахунку параметрів дифузійного зварювання титану ґрунтується на утворенні фізичного контакту в результаті згладжування мікронерівностей. Критерієм опору матеріалу пластичної деформації при зварюванні тиском може служити швидкість повзучості [3]. Для підвищення швидкості повзучості необхідно підвищувати тиск, або температуру, або зменшувати структуру матеріалу до нанозерен.

Метою роботи є отримання з'єднання тиском деталей з титанових листів та визначення параметрів дифузійного зварювання для отримання компонентів авіаційних лопаток.

Для зварювання тиском була спроектована та виготовлена установка (рис. 1.), яка складається з верхньої 1 та нижньої 2 плит, притискачів 3,4 з жаростійкого матеріалу на нікелевій основі ЖС6К-ВИ та болтів з хромонікелевої сталі Х18Н9Т. Використання матеріалів з різним коефіцієнтом розширення забезпечує високу якість з'єднання, постійний тиск і ефективну герметизацію з'єднання.

Пакет для зварювання тиском (рис. 2.) складається з трьох титанових заготовок ОТ4-0 товщиною 0,5мм, ВТ6 товщиною 1мм та 1,1мм, шириною 8мм, довжиною 75мм, площа зони з'єднання 80мм². На поверхні притискачів 3,4 наноситься антидифузійне покриття. Пакет із трьох заготовок фіксується між плитами притискачів 3,4 (рис. 3.). Сила тиску титанового пакету регулюється затяжкою болтів.

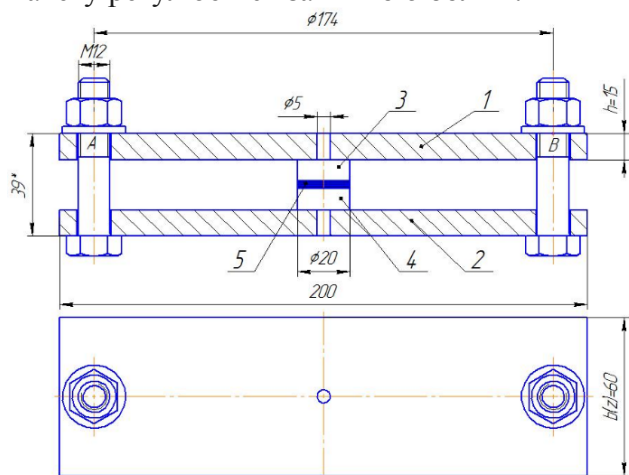


Рис.1 - Установка для зварювання тиском: 1. – плита верхня; 2. – плита нижня; 3,4 – притискачі; 5 – пакет.

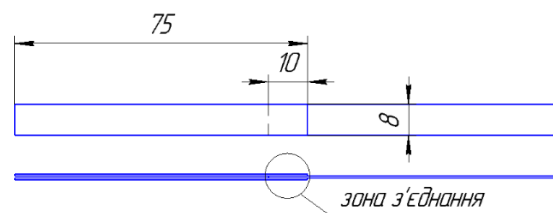


Рис. 2 - Пакет для зварювання тиском

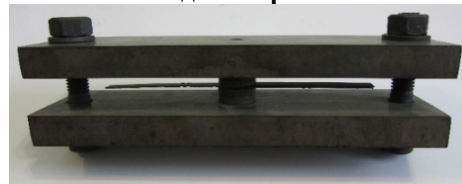


Рис. 3 - Фото установки для зварювання тиском

Титан відноситься до тугоплавких металів, з високою температурою плавлення, хімічно активний в рідинному та в твердому стані при підвищених температурах з атмосферними газами. В результаті поглинання газів титаном при високих температурах, зварювання під тиском проводиться в вакуумі або в інертному середовищі.

В ході експерименту досліджувались наступні параметри: температура, тиск, навколишнє середовище. Температуру міняли в діапазоні 550°C – 850°C для сплаву ОТ4-0, 900 – 920°C для сплаву ВТ6. Час витримки під тиском для всіх зразків був однаковий – 40 хв. Установку витягували з печі і охолоджували на повітрі. Для сплаву ОТ4-0 при температурі $750^{\circ}, 850^{\circ}$ змінювали середовище зварювання під тиском: з аргонем та без аргону.

В результаті експерименту було отримано 18 зразків (14 – зі сплаву ОТ4-0, 4 – зі сплаву ВТ6). Були проведені механічні випробування отриманих зразків та дослідження макро- та мікроструктури.

Як видно з результатів випробувань на розрив (рис. 4.), які були проведені на машині «INSTRON-8862», місце руйнування зразка – по основному матеріалу. Для зразків зі сплаву ОТ4-0 зі збільшенням товщини місця з'єднання фіксується підвищення руйнівного навантаження, для зразків зі сплаву ВТ6 такої залежності не спостерігається.

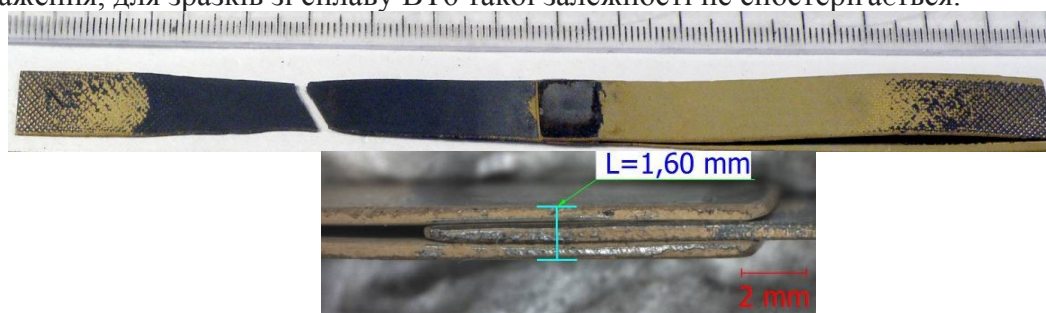


Рис. 4 - Зразок зі сплаву ОТ4-0 при $T = 850^{\circ}\text{C}$

Макроструктура оцінювалась на шліфах, виготовлених в дольовому напрямку зразків за місцем з'єднання пластин. Візуальний огляд шліфів показав, що фон макроструктури зразків матовий, без прояву макрозерна. Слід зазначити, що в макроструктурі зразків зі сплаву ВТ6 та ОТ4-0 (відсутність інертного середовища) в місці з'єднання пластин є лінійні зазори (рис. 5), в інших зразках зі сплаву ОТ4-0 в середній частині місця з'єднання зазори між пластинами практично не проглядаються (рис. 6).



Рис. 5 - Макроструктура зразка зі сплаву ВТ-6 при $T = 920^{\circ}\text{C}$

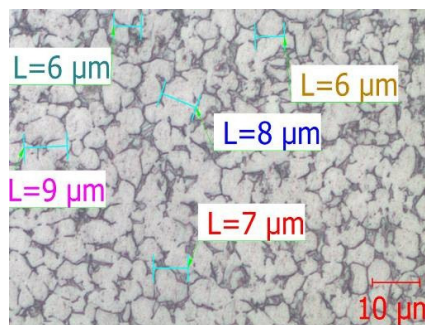


Рис. 6 - Макроструктура зразка зі сплаву ОТ4-0 при $T = 840^{\circ}\text{C}$

Мікроструктура металу пластин в зоні їх з'єднання і у віддаленій від з'єднання частини ідентична і характерна для нормально термообробленого стану сплавів ВТ6 і ОТ4-0, перегріву немає (рис. 7-8). Мікроструктура зразків зі сплаву ВТ6 є $\alpha+\beta$ -фази глобулярної форми, зразків зі сплаву ОТ4-0 - α -фазу з невеликою кількістю ($<5\%$) β -фази, що характерно для псевдо- α -сплавів.

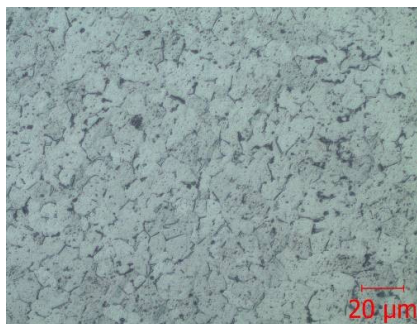


а) зб. 500

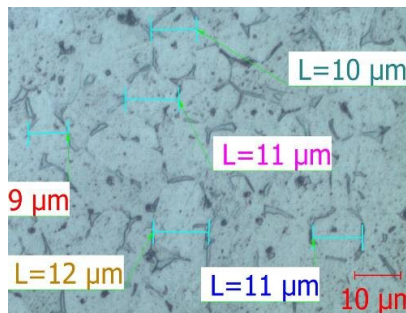


б) зб. 1000

Рис. 7 - Мікроструктура зразка зі сплаву ВТ6 при $T = 920^{\circ}C$



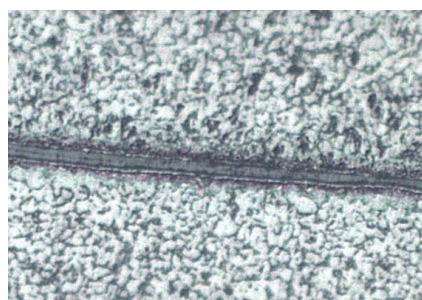
а) зб. 500



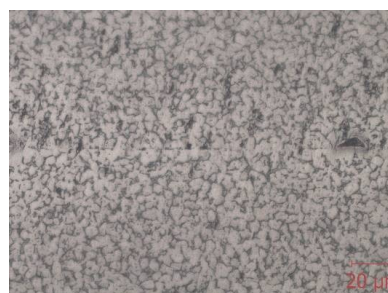
б) зб. 1000

Рис. 8 - Мікроструктура зразка зі сплаву ОТ4-0 при $T = 840^{\circ}C$

У всіх зразках як зі сплаву ВТ6, так і сплаву ОТ4-0 в місці з'єднання пластин виявлені переривчасті несучільності - зазори, заповнені окалиною, по контуру яких спостерігається окислений (альфірований) шар, також виявлений на решті поверхні пласти (рис. 9-10.). На зразках зі сплаву ВТ6 альфірований шар супроводжується розтріскуванням.



а) зб. 500

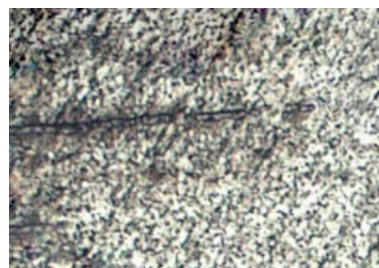


б) зб. 1000

Рис. 9 - Мікроструктура зразка зі сплаву ВТ6 при $T = 920^{\circ}C$



а) зб. 500



б) зб. 1000

Рис. 10. Мікроструктура зразка зі сплаву ОТ4-0 при $T = 840^{\circ}C$

Висновки. Процес розвитку фізичного контакту залежить від ряду факторів: стан контактуючих поверхонь, властивостей матеріалу, температури та тиску. Дифузійне з'єднання для більш ретельного обміну атомів вимагає ефективної герметизації, контролю

температури, тиску і часу витримки. В макроструктурі зразків зі сплаву ВТ6 в місці з'єднання пластин є лінійні зазори по контуру яких спостерігається окислення, в інших зразках зі сплаву ОТ4-0 в середній частині зони з'єднання зазори між пластинами не виявлені. Мікроструктура металу пластин в зоні їх з'єднання і у віддаленій від з'єднання частини ідентична і характерна для нормально термообробленого стану сплавів ВТ6 і ОТ4-0, ознак перегріву немає.

Список літератури:

1. *ГОСТ 2601-84*. Сварка металлов. Термины и определения основных понятий. – Введ. 01.07.85. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 54 с.
2. *Бачин В.А. Теория, технология и оборудования диффузионной сварки* / В.А. Бачин. – М.: Машиностроение, 1991. – 352 с.
3. *Шоршоров М.Х. Расчеты режимов сварки давлением* / М.Х. Шоршоров, Э.С. Каракозов. – Л.: ЛДНТП, 1969. – 31 с.