

Федосов О.В.

викладач;

Карпович О.В.

кандидат технічних наук, доцент,

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

ДОСЛІДЖЕННЯ АРГОНОДУГОВОГО ТА ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОГО ЗВАРЮВАННЯ ВИСОКОМІЦНИХ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Застосування титанових сплавів досить поширене й має великі перспективи подальшого розвитку. Ці сплави складають основу багатьох конструкцій відповідального призначення, використовуються в провідних галузях техніки – в авіації, ракетно-космічній і атомній техніці. Застосування титанових сплавів зумовлює значний прогрес у різних галузях науки і техніки.

Мета роботи полягає в дослідженні зварюваності високоміцних титанових сплавів аргонодуговим (АДЗ) і електронно-променевим (ЕПЗ) методами зварювання, а також визначенні типу дефектів і розробці рекомендацій щодо запобігання їх утворення.

Електронно-променеве зварювання проводили на технологічних кільцях розміром 1600x50x20 мм, на установці УЛ110 гарматою У530М горизонтальним променем при горизонтальному розташуванні стику. Технологічні кільця жорстко закріплювалися на пристрої, осьове і торцеве биття стику забезпечувалося не менше 0,2 мм. Прихватку кілець проводили через кожні 250-300 мм.

ЕПЗ зразків товщиною 20 мм проводилась на двох режимах зварювання: з нормальним фокусуванням променя та з перефокусуванням променя. Обрані режими зварювання забезпечують задовільне формування швів [2].

АДЗ виконували за двома варіантами: зануреною проникаючої дугою на плоских зразках 300x120x20 мм в два проходи, другий прохід виконувався в «косметичних» цілях і звичайним АДЗ в 4 проходи з подачею присадки.

В результаті аналізу зразків виявлено, що при невдало підібраному співвідношенні струму і швидкості зварювання, спостерігається нерівномірне формування проплавлення у вигляді «пробки». Цей режим має істотний недолік, що полягає в тому, що в результаті звуження зварного шва в його нижній частині (корені) можуть утворюватися непровари, приховані від візуального виявлення виступаючим проплавом, також приховані від виявлення рентген контролем через злипання країв (рис. 1 а, б).

В результаті дослідження були проведені механічні випробування зварних з'єднань на розтяг і ударну в'язкість. Аналіз результатів показав, що ударна в'язкість ЗТВ на зразках, виконаних АДЗ і ЕПЗ (без присадки), після термічного зміцнення практично однакова в середньому становить 21 Дж/см². Однак різниця полягає в тому, що на зразках, виконаних АДЗ, руйнування відбувається безпосередньо по ЗТВ, ширина якої 6 мм. Після ЕПЗ руйнування

безпосередньо по ЗТВ не спостерігається, можливо, через малі її розміри (до 1 мм). Лінія зламу при цьому зміщується в бік шва, що підтверджується однаковими показниками в'язкості шва і ЗТВ. На зразках, виконаних ЕПЗ з присадкою, показники в'язкості ЗТВ значно вище в середньому 34 Дж/см² і знаходяться на рівні в'язкості шва і основного матеріалу. Це пов'язане з малими розмірами ЗТВ і зміщенням лінії зламу в сторону шва, або в сторону основного металу.

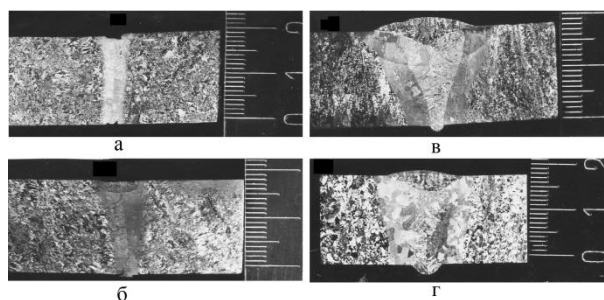


Рис. 1. Макрошліфи зварних з'єднань: а – ЕПЗ з перефокусуванням променя; б – ЕПЗ з нормальним фокусуванням променя; в, г – АДЗ з присадкою ВТ2св.

Джерело: [3]

Зварні шви, виконані ЕПЗ, незалежно від варіанту, після зварювання мають крупнозернисту структуру з ліквацийною неоднорідністю, що виявляється в нерівномірній протравленості шва. У середині зерен спостерігається рельєф α' - фази мартенситного типу з окремими виділеннями α – фази на межі зерен. Аналогічну структуру мають зварні шви після термозміцнення (рис. 2).

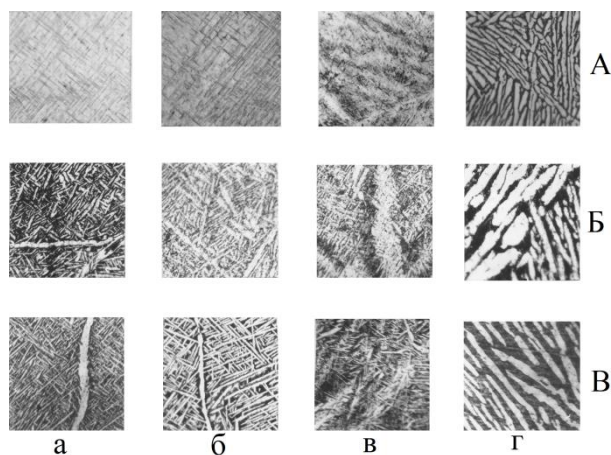


Рис. 2. Мікроструктура зварених з'єднань з титанового сплаву ВТ3-1 (х500): А – без ТО; Б – відпал та старіння; В – гартування та старіння; а – шов без присадки; б – шов з присадкою ВТ2св; в – ЗТВ; г – основний метал.

Джерело: [3]

Аналіз отриманих механічних властивостей і структури зварних з'єднань показує, що простежити будь-які залежності, пов'язані зі зміною властивостей зварних швів і їх структури, не представляється можливим.

В результаті проведених досліджень аргонодугового і електронно-променевого зварювання високоміцних титанових сплавів, щодо великогабаритних конструкцій, встановлено наступне:

- ЕПЗ і АДЗ сплавів ВТЗ-1 з легуванням зварних швів після термообробки забезпечує межу міцності зварних швів в середньому 1100 МПа. Показники ударної в'язкості при цьому відповідають в'язкості основного металу;

- багат шарове аргонодугове зварювання сплаву ВТЗ-1 з присадкою, після термозміцнення забезпечує межу міцності зварних швів на рівні 0,85 від міцності основного металу, при показнику ударної в'язкості вище показників основного металу;

- ударна в'язкість ЗТВ на зразках, виконаних без присадки, після термозміцнення майже однакова як при ЕПЗ, так і при АДЗ (в середньому 21 Дж/см²). Однак різниця полягає в тому, що на зразках після АДЗ руйнування відбувається безпосередньо по ЗТВ (ширина ЗТВ = 6 мм), а після ЕПЗ руйнування по ЗТВ не спостерігається, можливо, через її малі розміри (ЗТВ = 1 мм). Лінія зламу при цьому зміщується в бік шва, що підтверджується однаковими показниками в'язкості шва і ЗТВ. На зразках, виконаних ЕПЗ з присадкою, показники в'язкості ЗТВ значно вище (в середньому 34 Дж/см²) і знаходиться на рівні в'язкості шва і основного металу. При цьому руйнування безпосередньо по ЗТВ також не спостерігається.

Список використаних джерел:

1. Карпович Е. В. Способы получения крупногабаритных осесимметричных изделий из высокопрочных титановых сплавов [Текст] / Е. В. Карпович, В. Г. Бессалый // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки : зб. наук. пр. – Д. : Пороги, 2010. – Т. X. – С. 30-40.

2. Федосов О. В. Порівняльні механічні та металографічні дослідження зварних з'єднань з високоміцних титанових сплавів отриманих методами аргонодугового та електронно-променевого зварювання [Текст] / О. В. Федосов, О. В. Карпович // Авиационно-космическая техника и технология. – 2017. – №4 (139) – С. 50-56.