

Список використаних джерел:

1. Богуслаєв В. О. Основи технології машинобудування: Навч. посібник / В. О. Богуслаєв, В. І. Ципак, В. К. Яценко. – Запоріжжя: Мотор СІЧ, 2003. – 336 с.
2. Абрамов Ю. А. Справочник технолога-машиностроителя: в 3 т. / Ю. А. Абрамов, В. Н. Андреев, Б. И. Горбунов, Э. Г. Грановский, К. Г. Громаков, Ю. И. Дворов; за ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. Т. 3. – 496 с.
3. Breiman L. (1996). Bagging Predictors. «Machine Learning, 24»: pp. 123-140.
4. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001 г. – 912 с., ил.
5. Quinlan J. R. (1987). «Simplifying decision trees». International Journal of Man-Machine Studies. 27 (3): 221
6. Prinzie, A., Van den Poel, D. (2008). «Random Forests for multiclass classification: Random MultiNomial Logit». Expert Systems with Applications. 34(3): 1721–1732.
7. Quinlan J. R. C4.5: Programs for Machine Learning. Morgan Kaufmann Publishers, 1993.
8. Штовба С. Д. Інтелектуальні технології ідентифікації залежностей / С. Д. Штовба, В. В. Мазуренко. – Вінниця, ВНТУ, 2014. – 116 с.

Федосов О.В.*викладач;***Карпович О.В.***кандидат технічних наук, доцент,**Дніпропетровський національний університет**імені Олеса Гончара*

**ПІДВИЩЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗВАРНИХ
З'ЄДНАНЬ ВИСОКОМІЦНИХ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ
ДЛЯ ВИРОБІВ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ**

В авіаційній і ракетно-космічній техніці титан і його сплави використовуються як метал з підвищеною питомою міцністю для виготовлення великогабаритних виробів різного призначення. Найбільш перспективними є високолеговані термічно-зміцнювані титанові сплави, які дозволяють реалізувати оптимальне поєднання фізико-механічних і конструктивних властивостей виробів, виготовлених електронно-променевим зварюванням (ЕПЗ).

Ціль роботи полягає в дослідженні впливу теплових процесів, що протікають в зоні термічного впливу (ЗТВ), отриманні якісного зварного з'єднання, за рахунок застосування методів математичного моделювання електронно-променевого зварювання високоміцних титанових сплавів для визначення технологічних параметрів процесу зварювання.

Можливість підвищення ударної в'язкості ЗТВ була виявлена під час дослідження впливу швидкостей охолодження в діапазоні 10...600°C/с на ударну в'язкість ЗТВ. Покращення властивостей ЗТВ можливе, якщо відпал виконувати електронним променем, який під час повторного проходу забезпечить більш вузький зварний шов, ніж отриманий після основного зварювального режиму [1].

Було встановлено, що зміна швидкостей охолодження під час гартування практично не впливає на значення ударної в'язкості ЗТВ, але підвищення температури гартування до температур поліморфного перетворення збільшує ударну в'язкість і підтверджує необхідність високотемпературного відпалу ЗТВ.

Експериментальна перевірка розрахункових результатів проводилась на зразках зі сплаву ВТ23 за методикою ІМЕТ-І за умови, що ЗТВ являє собою ділянку зварного з'єднання з монотонним зменшенням температури від зварного шва до основного металу і кожний переріз ЗТВ можна розглядати, як матеріал після впливу різних температур гартування і відпалу [2-3].

За результатами отриманих значень ударної в'язкості різних станів ЗТВ (рис. 1) було встановлено, що після ЕПЗ біля лінії сплавлення шва з основним металом ударна в'язкість найнижча. В більш віддалених зонах від ЛС, які нагрівались до менших температур, середня величина ударної в'язкості відповідає значенням основного термозміцненого матеріалу.

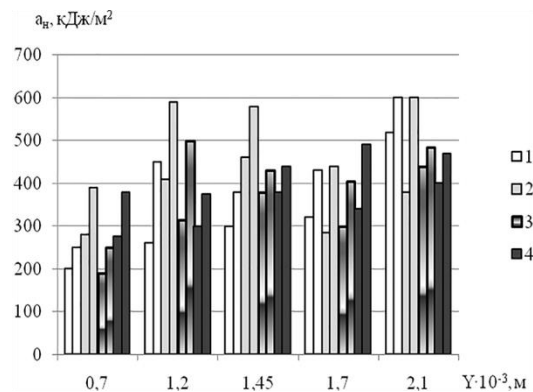


Рис. 1. Мінімальна і максимальна ударна в'язкість у перерізах ЗТВ з'єднання зі сплаву ВТ23: 1 – після ЕПЗ; 2 – після ЕПЗ і відпалу променем; 3 – після ЕПЗ і термозміцнення; 4 – після ЕПЗ, відпалу променем і термозміцнення

Джерело: розроблено авторами

Проведений аналіз експериментальних даних показав, що відпал ЕП з'єднань із сплаву ВТ23, отриманих ЕПЗ, значно підвищує ударну в'язкість в найбільш небезпечній зоні сплавлення до рівня основного металу. Після термічного зміцнення всі перерізи ЗТВ мають значення ударної в'язкості, що дорівнюють або навіть перевищують в'язкість основного металу.

Ці результати підтверджуються перевіркою впливу відпалу ЕП на ударну в'язкість ЗТВ під час ЕПЗ натурних з'єднань, отриманих без присадкових матеріалів (рис. 2): ударна в'язкість підвищується після відпалу до задовільних значень, причому в зоні переходу від ЗТВ до основного металу вона вище, ніж на ЛС. Термічне зміцнення вирівнює ударну в'язкість, зберігаючи її на рівні основного металу.

Результати проведених досліджень показали перспективність ЕПЗ для виготовлення великогабаритних товстостінних елементів конструкцій з високоміцних титанових сплавів. Зварні з'єднання вимагають обов'язкового відпалу для підвищення механічних характеристик і працездатності зварних конструкцій. Відпал для великогабаритних виробів з високоміцних титанових сплавів найдоцільніше проводити ЕП з певною конфігурацією температурних

полів, що забезпечить необхідну структуру, фазовий і хімічний склад зварного з'єднання і оптимальне поєднання фізико-механічних властивостей. Показано, що відпал ЕП з регульованим термовкладенням і термозміцнення зварних з'єднань з високоміцного титанового сплаву ВТ23 дозволяють підвищити ударну в'язкість за мінімальними величинами у 2,5 рази до діапазону значень 250-300 кДж/м². Підвищення ударної в'язкості з'єднань, що розглядаються, до рівня основного металу можливе завдяки спільному використанню присадкових матеріалів, які дозволять регулювати хімічний склад зварного шва, і термічної обробки, що складається з відпалу ЕП та термозміцнення на оптимальних режимах для основного матеріалу.

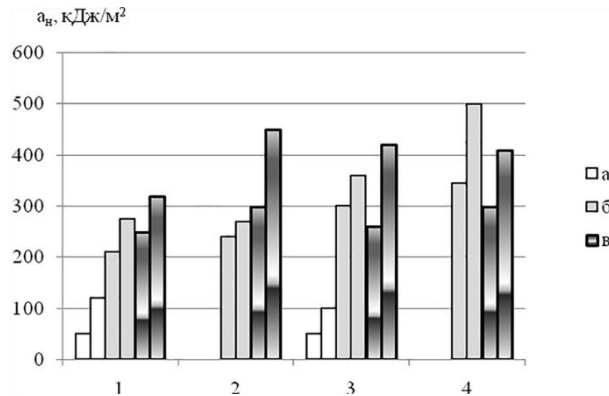


Рис. 2. Мінімальна і максимальна ударна в'язкість натурних зразків зі сплаву ВТ23 на різних ділянках зварного з'єднання: а – після ЕПЗ; б – після ЕПЗ і відпалу ЕП; в – після ЕПЗ, відпалу променем і термозміцнення; 1 – відпалювальний шов; 2 – лінія сплавлення відпалювального і основного шва; 3 – лінія сплавлення основного шва із ЗТВ; 4 – перехід від ЗТВ до основного металу

Джерело: розроблено авторами

Проведені дослідження показали актуальність подальшого вдосконалення технології отримання зварних з'єднань методом ЕПЗ високоміцних титанових сплавів, потрібно визначити залежності структури, форми та характеристик зварного з'єднання від параметрів зварювання; досліджувати вплив температурних полів на процес зварювання і якість з'єднань.

Список використаних джерел:

1. Qi H.-Y. Low cyclic fatigue behavior of electron-beam-welded Ti-6Al-4V titanium joint [Текст] / H.-Y. Qi, L.-Q. Ma, S.-L. Li, and X.-G. Yang // Rare Met., vol. 35, no. 3. – Jun. 2015. – Pp. 230-234.
2. 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.
3. Федосов А. В. Перспективные аспекты использования электронно-лучевой технологии сварки для высокопрочных титановых сплавов [Текст] / А. В. Федосов, Е. В. Карпович // Авиационно-космическая техника и технология. – 2015. – № 1 – С. 16-22.