

**Колибашкін С.О.¹, Верболоз І.М.¹, Шелягін В.Д.², Бернацький А.В.²,
Сіора О.В.²**

(¹КПІ ім. Ігоря Сікорського; ²ІЕЗ ім. Є.О. Патона, м. Київ)

ЛАЗЕРНЕ ЗВАРЮВАННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ЖАРОМІЦ- НИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ Nb-Ti-Al

avb77@ukr.net

Використання багатокомпонентних сплавів дає змогу завдяки підвищеній ентропії змішування використовувати нові підходи до формування фазового складу сплавів. В результаті з'являється можливість збільшувати жароміцність, жаростійкість, термічну стабільність та зносостійкість сплавів.

Важливою вимогою для сплавів, що розробляються, є їх зварюваність. Вивчення особливостей впливу параметрів створення та кристалізації рідкої ванни при зварюванні лазерним променем на формування структури, фазового складу та механічних властивостей зварного шва сплавів на основі системи Nb-Ti-Al в залежності від легування їх Zr, Si, Mo, Cr необхідно для розробки методики зварювання цих сплавів із збереженням механічних властивостей сплаву. Склад сплавів має забезпечити створення жароміцних та жаростійких сплавів з низькою щільністю, з однієї сторони, та збереження механічних властивостей матеріалу у зварному шві, з іншого боку.

Відсутність надійних технологій з'єднання високоентропійних багатокомпонентних (із різним вмістом легувальних компонентів Al, Ti, Zr, Si, Mo) жароміцних сплавів на основі ніобію, стримує впровадження цих сплавів у промисловому секторі економіки. Зварювання їх ускладнено у зв'язку з утворенням під час остигання металу шва інтерметалідів, а також можливим утворенням гідридів, нітридів та оксидів, що окрихчують метал шва та околшовної зони. Дані щодо одержання нероз'ємних зварних з'єднань з високоентропійних жароміцних сплавів на основі ніобію, на даний момент мають обмежений характер. У зв'язку з цим актуальним є завдання створення наукових основ, обладнання і технологічних прийомів лазерного зварювання високоентропійних багатокомпонентних жароміцних сплавів на основі ніобію.

Авторами проведені дослідження зі зварювання високоентропійних жароміцних сплавів на основі ніобію лазерним випромінюванням. Зварювання виконували з використанням волоконного лазера моделі YLR-400-AC (фірми IPG, Німеччина) потужністю до 400 Вт. Використання такого концентрованого джерела нагрівання як лазерне випромінювання, дозволило мінімізувати розміри шва та околшовної зони, зменшити термічний вплив на матеріал основи, одержати задані структурні складові з необхідними властивостями, підвищити термічну стійкість структури шва та її відновлення після плавлення. Експериментальні дослідження проводили з використанням сплаву на основі системи Nb-Ti-Al з характеристиками: $\rho \leq 7 \text{ г/см}^3$; $\sigma_{0,2} \geq 500 \text{ МПа}$ при $1000 \text{ }^\circ\text{C}$. В результаті оптимізації значень параметрів технологічних режимів були одержані стикові зварні з'єднання з характеристиками міцності, близькими до основного матеріалу.

Одержані в ході виконання досліджень наукові результати будуть використані при розробці технологічних прийомів, які ляжуть в основу розробки промислових технологій лазерного зварювання зварних з'єднань із багатокомпонентних жароміцних сплавів на основі ніобію для виробів аерокосмічної техніки, хімічної промисловості та інших галузей промисловості. Під час виконання цих робіт вперше буде досліджено та проаналізовано поведінку зварювальної ванни та теплові процеси, що виникають при лазерному зварюванні багатокомпонентних сплавів, закономірності утворення фаз, стійкість структури та її відновлення. Вперше буде визначено особливості формування зварних з'єднань в залежності від різних факторів (умов нагрівання та охолодження, умов газового захисту, просторового положення тощо) при зварюванні лазерним випромінюванням багатокомпонентних жароміцних сплавів на основі ніобію.