

Вплив відпалу на структуру і властивості зварних з'єднань жароміцного псевдо- α -титанового сплаву системи легування Ti–Al–Zr–Sn–Mo–Nb–Si

Ахонін С. В., Білоус В. Ю., Пашинський В. В., Селін Р. В., Северин А. Ю., Вржижевський Е. Л. Вплив відпалу на структуру і властивості зварних з'єднань жароміцного псевдо- α -титанового сплаву системи легування Ti–Al–Zr–Sn–Mo–Nb–Si. *Сучасна електromеталургія*. 2025. №2. С. 37-47. DOI: <https://doi.org/10.37434/sem2025.02.06>

Реферат

Досліджено вплив пічного відпалу після електронно-променевого та аргонодугового зварювання на властивості зварних з'єднань псевдо- α -титанового сплаву системи легування Ti–Al–Zr–Sn–Mo–Nb–Si. З метою порівняння властивостей зварних з'єднань в стані після зварювання та додаткової термообробки було використано критерій якості. Встановлено, що внаслідок впливу відпалу у металі зварних з'єднань жароміцного титанового псевдо- α -сплаву системи легування Ti–Al–Zr–Sn–Mo–Nb–Si, виконаних електронно-променевим зварюванням, формується більш дисперсна структура, яка забезпечує значення показників міцності зварних з'єднань на рівні 980 МПа, що становить 95 % від міцності основного металу, показники ударної в'язкості зварних з'єднань в стані після відпалу знаходяться на високому рівні 17,9 Дж/см². Застосування відпалу після аргонодугового зварювання також призводить до подрібнення мікроструктури зварних з'єднань. Порівняння коефіцієнтів якості для зварних з'єднань, отриманих електронно-променевим та аргонодуговим зварюванням, дозволяє зробити висновок про більш високий комплекс механічних характеристик з'єднань електронно-променевого зварювання як після зварювання, так і після відпалу. застосування відпалу дозволило підняти значення механічних характеристик з'єднань електронно-променевого зварювання без застосування локальної термічної обробки до рівня характеристик з'єднань електронно-променевого зварювання з локальною термічною обробкою. Бібліогр. 15, табл. 3, рис. 8.

Ключові слова: жароміцний титановий сплав, мікроструктура, механічні властивості, електронно-променеве і аргонодугове зварювання

References

1. (2003) Titanium and titanium alloys. Fundamentals and applications. Ed. by Leyens, M. Peters. Weinheim, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, KGaA.
2. Ertuan Zhao, Shichen Sun, Yu Zhang (2021) Recent advances in silicon containing high temperature titanium alloys. *J. of Materials Research and Technology*, 14, 3029-3042. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.08.117>
3. Firstov, S.O., Kulak, L.D., Kuzmenko, M.M., Shevchenko, O.M. (2018) The Ti-Al-Zr-Si alloys for the exploitation at high temperatures. *Materials Sci.*, 54(6), 30-35. <https://doi.org/10.1007/s11003-019-00264-5>
4. Shichen Sun, Hongze Fang, Yili Li et al. (2023) Formation mechanism and effect on the mechanical properties of TiSi phase for Ti-5Al-5Mo-5Cr-3Nb-2Zr alloyed by silicon. *J. Alloys and Compd.*, 938(25), 168510. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2022.168510>
5. Hong Feng, Shuzhi Zhang, Fan Peng et al. (2023) Enhanced mechanical properties of a near- α titanium alloy by tailoring the silicide precipitation behavior through severe plastic deformation. *Materials Sci. and Eng.*, 880(26), 145356. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2023.145356>
6. Wu, T., Beaven, P. Wagner, R. (1990) The Ti₃(Al, Si) + Ti₅(Si, Al)₃ eutectic reaction in the Ti-Al-Si System. *Scripta Metallurgica*, 24, 207-212. [https://doi.org/10.1016/0956-716X\(90\)90593-6](https://doi.org/10.1016/0956-716X(90)90593-6)

7. Hayat, M.D., Singh, H., He, Z., Cao, P. (2019) Titanium metal matrix composites: an overview. *Composites, Pt. A*, 121418-121438. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2019.04.005>
8. Akhonin, S.V., Berezos, V.O., Pikulin, O.M. et al. (2022) Producing high-temperature titanium alloys of Ti-Al-Zr-Si-Mo-Nb-Sn system by electron beam melting. *Suchasna Elektrometalurgiya*, 2, 3-9. <https://doi.org/10.37434/sem2022.02.01>
9. Akhonin, S.V., Severin, A.Yu., Pikulin, O.M. et al. (2022) Structure and mechanical properties of high-temperature titanium alloy of Ti-Al-Zr-Si-Mo-Nb-Sn system after deformation treatment. *Suchasna Elektrometalurgiya*, 4, 43-48. <https://doi.org/10.37434/sem2022.04.07>
10. Longchao Zhuo, Kaile Ji, Jinwen Lu et al. (2023) Microstructure characterization and tensile performance of a highstrength titanium alloy with in-situ precipitates of Ti₅Si₃. *J. Alloys and Compd.*, 968(15), 171867. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.171867>
11. Akhonin, S.V., Vrzhezhevsky, E.L., Belous, V.Yu., Petrichenko, I.K. (2017) Influence of preheating parameters and local heat treatment on structure and properties of dispersion-strengthened joints of silicon-containing titanium alloys made by electron beam welding. *The Paton Welding J.*, 7, 43-47. <https://doi.org/10.15407/tpwj2017.07.09>
12. Li, Y., Wang, H., Han, K. et al. (2017) Microstructure of Ti-45Al-8.5Nb-0.2W-0.03Y electron beam welding joints. *J. of Materials Proc. Technology*, 250, 401-409. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2017.07.004>
13. Akhonin, S.V., Bilous, V.Yu., Vrzhezhevskiy, E.L. et al. (2024) Structure and properties of welded joints of heat-resistant titanium alloy of the system Ti-Al-Zr-Sn-Mo-Nb-Si produced by EBW. *Suchasna Elektrometalurgiya*, 4, 29-40. <https://doi.org/10.37434/sem2024.04.05>
14. Akhonin, S.V., Bilous, V.Yu., Selin, R.V. et al. (2023) Mechanical characteristics of welded joints of high-strength titanium alloys produced by various welding methods. *Suchasna Elektrometalurgiya*, 4, 44-53. <https://doi.org/10.37434/sem2023.04.06>
15. Severyn, A.Yu., Bilous, V.Yu., Radchenko, L.M. et al. (2025) Study of the temperatures of phase transformation of heat-resistant titanium alloy of Ti-Al-Zr-Si-Mo-Nb-Sn alloying system. *Suchasna Elektrometalurgiya*, 1, 40-44. <https://doi.org/10.37434/sem2025.01.07>