

УДК 536.532.002.2

Білобородченко В.І., канд. техн. наук
Забранський А.Є., магістр

Національний університет «Львівська політехніка», volodymyr.i.biloborodchenko@lpnu.ua

ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЗВАРЮВАННЯ СПЛАВІВ ТАНТАЛУ ДЛЯ ВУЗЛІВ ЕЛЕКТРОННО-ВАКУУМНОЇ ТЕХНІКИ

Жароміцні сплави танталу володіють високими показниками технологічної оброблюваності (процеси тиску, та в певній мірі зварювання), однак, завдяки простому фазовому і хімічному складу, характеризуються недостатньою тривалою міцністю при високих температурах [1.2]. Проте для потужних НВЧ імпульсних генераторів, крім специфічних електрофізичних параметрів, важливим механічним експлуатаційним показником, з рештою рівних умов, є короточасна міцність у широкому діапазоні робочих температур (1300...1650⁰С), що типове для анодних вузлів таких виробів [3]. Такі температурні навантаження вимагають використання танталових сплавів лише з попередньо рекристалізованою структурою [4].

Оцінкою якості зварювання електронним променем (ЕПЗ) [5] на оптимізованому режимі (установка ЕЛУ-5, джерело живлення У-250А, вакуум - 133·10⁻⁴Па) тонколистових заготовок товщиною 1мм прийняті розтяг, межа міцності, відносне видовження та статичний вигин зварних зразків при температурах діапазону 500...1500⁰С (табл..1 та рис.1)

Таблиця 1 – Діапазон оптимальних режимі ЕПЗ танталових сплавів ТГС, ТВГС

№	Швидкість зварювання, V, м/год	Напруга прискорення, U, КВ	Струм променю, I _{пр} , МА	Струм фокусування, I _ф , МА
1	10	20	45, 55*	60
2	20	20	75	60
3	40	20	75,90*	60
4	80	20	125,150*	60

* - для сплаву ТВГС

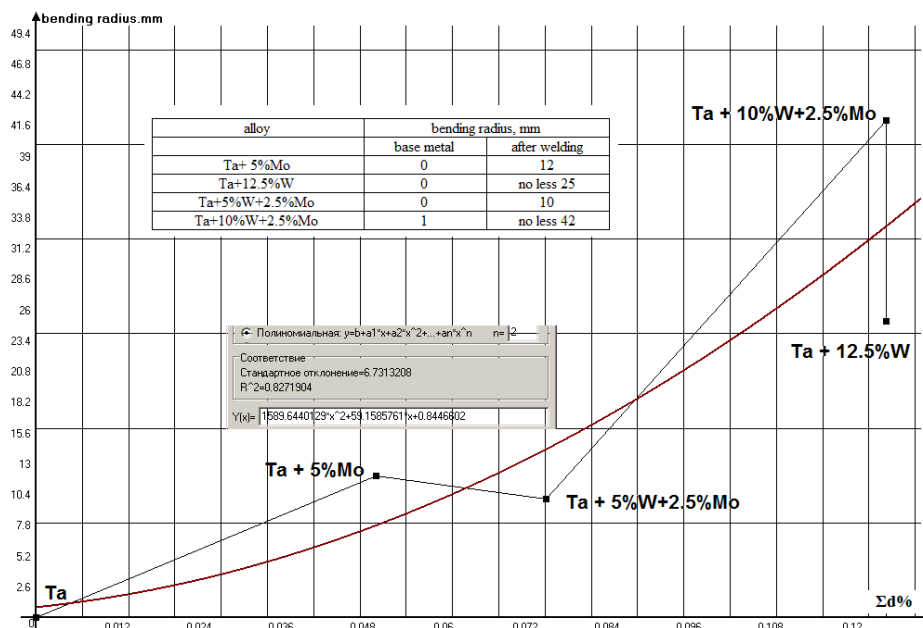


Рис. 1 – Залежність радіусу вигину зразків з танталу (R_b) та його сплавів від суми легуючих компонентів Σd%.

Сплав ТВГС

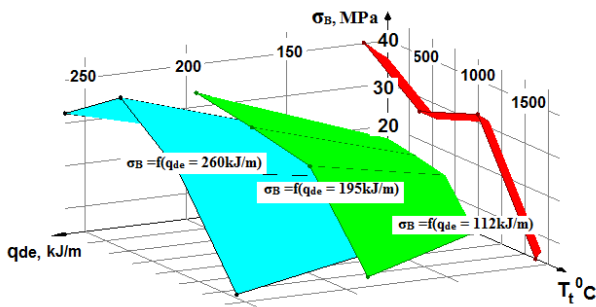


Рис.2 – Сплав ТВГС. Поверхня відгуку зміни межі міцності σ_B від погонної енергії зварювання q_{de} та температури випробувань T_t

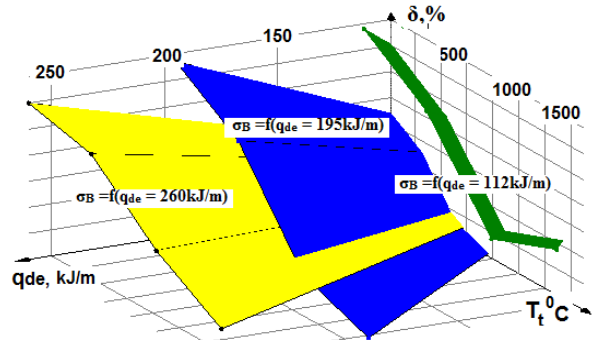


Рис. 3 – Сплав ТВГС. Поверхня відгуку відносного видовження $\delta, \%$ зварного зразку від погонної енергії зварювання q_{de} та температури випробувань T_t

Сплав ТГС

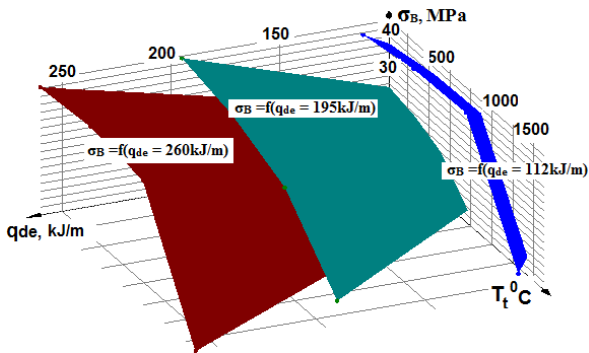


Рис. 4 – Сплав ТГС. Поверхня відгуку межі міцності σ_B від погонної енергії зварювання q_{de} та температури випробувань T_t

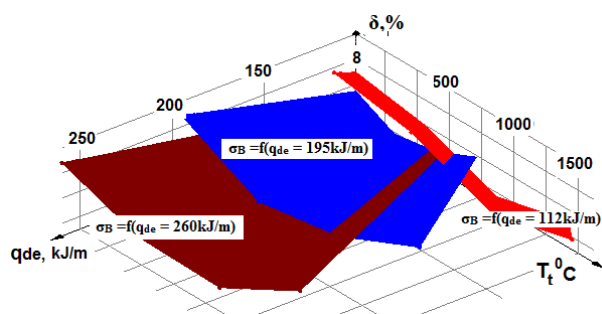


Рис. 5 – Сплав ТГС. Поверхня відгуку відносного видовження $\delta, \%$ зварного зразку від погонної енергії зварювання q_{de} та температури випробувань T_t

Виявлене, що за показниками тимчасової жароміцності суттєві переваги має сплав ТВГС, а відповідні показники для сплаву ТГС є подібними для типового сплаву ТВ-10. У порівнянні з таким класичним сплавом розглянуті матеріали мають суттєву перевагу за таким показником, як рівномірність шва та основного металу. Найбільша пластичність (за кутом згину) спостерігається у сплаву ТГС (граничний кут згину 180°), в той час як для сплаву ТВГС не гірше $80 \dots 120^\circ$.

Для всіх розглянутих сплавів є характерним суттєве рафінування металу шва від газів (кисень, водень, азот) та їх продуктів взаємодії з рідким металом.

Список посилань

1. Савицкий Е.М. Металловедение сплавов тугоплавких и редких металлов./ Савицкий Е.М., Бурханов Г.С. – М: Наука, 1971. – 354 с.
2. Гапонова О. П. Сталі та сплави з особливими властивостями : навч. посіб. / О. П. Гапонова, А. Ф. Будник. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 240 с.
3. Електронні пристрої НВЧ Навчальний посібник для ВНЗ [Саричев В.О , к.т.н., доц. Пампуха І., Кравченко О.І., Жиров Б.Г., Дмитрієв В.Є., Попов П.П. За ред. к.т.н., доц. Пампухи І.В.]. – К.: ВІКНУ, 2010. – 152 с.
4. Tantalum Alloy Welding: Does the Thermal Cycle Influence the Microstructure?/ Antonio Bernardo Sánchez Álvaro Presno Vélez, Tomás Fernández-Columbié, Isnel Rodríguez-Gonzalez.- [Journals Applied Sciences / Volume 12 / Issue 3 / 10.3390/app12031440](https://doi.org/10.3390/app12031440)
5. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. / С.М. Гуревич– К.: Наук. думка, 1990. – 512 с.