

УДК 621.039.534.6

Надія Рацька

*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,
м. Львів, Україна*

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ОКСИДУВАННЯ НА СТРУКТУРНО- ФАЗОВИЙ СТАН ТА ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВУ СИСТЕМИ Nb-Ti

На ніобії та його сплавах в окислювальних атмосферах та на повітрі уже при 200...300°C може утворюватись п'ятиоксид ніобію. У зв'язку з невідповідністю елементарних ґраток цього оксиду і ніобію об'єм поверхневих шарів матеріалу збільшується приблизно в 2,68 рази, він розтріскується та переходить у порошкоподібний стан. Тому легування ніобію направлене на створення поверхневого захисного шару і такого його хімічного складу, який би забезпечував захисні властивості тривалий час є актуальним. Титан підвищує його стійкість проти окиснення, змінює відповідні стадії за різних температур, впливає на структуру і властивості утвореної на поверхні оксидної плівки, однак, він понижує температуру плавлення, тобто негативно впливає на міцність і тому легування повинно бути збалансованим. За допомогою хіміко-термічної обробки, зокрема, оксидування, можна забезпечити необхідний рівень приповерхневого зміцнення матеріалу [1].

Нижче подано результати трибологічних і електрохімічних досліджень ніобієтитанового сплаву типу ВН з оксидною плівкою та проаналізовано його структурно-фазовий стан після ряду високотемпературних експозицій на повітрі.

Вивчали сплав ВН-10 із хімічним складом, мас. %: 40...45 Ti; 6,7...7,3 Al; 3,5...4,4 V; 1,8 Zr; 0,0018...0,24 C; 0,13 O; решта Nb. З холодновальцьованих листів завтовшки 1 мм вирізали квадратні зразки 10 × 10 × 1 мм і оксидували на повітрі в печі типу СНОЛ 1.6.2, 5.1/9-И у діапазоні температур 300...1100°C. Максимальне можливе відхилення ±20°C. Фазовий склад визначали на дифрактометрі ДРОН-2 із застосуванням Fe_α-променів.

Корозійно-електрохімічну поведінку ніобію і сплаву системи Nb-Ti вивчали в 20% H₂SO₄ за кімнатної температури та вільного доступу повітря. Потенціали корозії та поляризаційні залежності ніобію та сплаву на його основі записували за допомогою потенціостата ПИ-50-1 зі швидкістю розгортки 2 мВ/с. Електродом порівняння служив насичений хлоридсрібний електрод, а допоміжним – платиновий електрод.

Зносотривкість досліджували реверсивним тертям без мащення за схемою «стрижень–площина» впродовж 20 год. Контртіло - гартована сталь 45 (HRC=58, 59). Знос зразка визначали зважуванням на аналітичній вазі ВЛА-200М з точністю 10⁻⁴ г.

Після ряду ізотермічних витримок за температур 300...1000°C на поверхні сплаву формується щільна, добре зчеплена з основою окалина.

Дифракційний спектр сплаву у вихідному стані свідчить про структуру твердого розчину титану в ніобії з параметром ґратки $a=0,32538$ нм. За температури 300°C інтенсивність піків змінюється і параметр ґратки дещо зростає до $a=0,32564$ нм. Після оксидування за температури 500 і 600°C спостерігається роздвоєння рефлексів і зміщення їх максимумів, що пов'язано з розпадом твердого розчину. Аналіз рентгенограм сплаву після оксидування за температури 1100°C показав, що рентгенівські лінії відповідають оксидам $\text{Ti}_{0,4}\text{Al}_{0,3}\text{Nb}_{0,3}\text{O}_2$ ($a=0,4596(1)$ нм) і TiNb_2O_7 ($a=2,0412(2)$ нм) (табл. 1).

Таблиця 1 - Параметр ґратки, потенціал корозії та інтенсивність зношування сплаву ВН-10

Матеріал	a , нм	$E_{\text{кор.}}$, В	I , $\text{кг}/\text{м}^2$
ВН-10 у вихідному стані	0,32538(6)	0,3021	$19,8081 \cdot 10^{-3}$
ВН-10 оксидований за 300°C	0,32564(6)	0,2335	$17,9052 \cdot 10^{-3}$
ВН-10 оксидований за 500°C	0,3298(6), 0,3257(2)	0,3212	$1,7624 \cdot 10^{-3}$
ВН-10 оксидований за 600°C	0,3281(5), 0,3256(2)	0,1246	$10,0269 \cdot 10^{-3}$
ВН-10 оксидований за 1100°C	0,4596(1), 2,0412(2)	0,1513	$18,1431 \cdot 10^{-3}$

Досліджували корозійну тривкість сплаву у вихідному стані і після оксидування у $20\% \text{H}_2\text{SO}_4$ із подальшим визначенням потенціалів корозії. Загалом, оксидування сплаву призводить до зміщення величини електродних потенціалів у область негативних значень, порівняно із сплавом у вихідному стані, що пов'язано із підвищеною мікрогетерогенністю і морфологією оксидних фаз, які підвищують площу контакту із розчином. Лише після оксидування сплаву за температури 500°C спостерігається зсув потенціалу корозії в позитивнішу область, що свідчить про його вищу корозійну тривкість, ніж за інших температур оксидування (табл. 1).

Вплив поверхневого зміцнення сплаву ВН-10 оксидуванням досліджували за умови реверсивного тертя без мащення. Найвищої зносотривкості досягнуто після оксидування за температури 500°C , оскільки знос матеріалу практично на порядок нижчий, ніж у вихідному стані. Після оксидування за температури 600°C масові втрати матеріалу від зношування удвічі нижчі, ніж неоксидованого. Підвищення температури оксидування призводить до суттєвого зниження зносотривкості сплаву (табл.).

Отже, при оксидуванні ніобієтитанового сплаву в діапазоні температур $300 \dots 1100^{\circ}\text{C}$ спостерігається зміна механізму окиснення і природа жаровини. Найкращі корозійні і трибологічні властивості сплаву забезпечуються після оксидування за температури 500°C , що зумовлено формуванням на поверхні дуже тонкої компактною не пористої оксидної плівки.

1. Е.М. Савицкий, Г.С. Бурханов, *Металловедение тугоплавких металлов и сплавов* (Наука, Москва, 1967), 323 с.