

ЛАЗЕРНА НІТРОЦЕМЕНТАЦІЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ Ti-6Al-4V

Е.І. Плешаков

*Національний університет “Львівська політехніка”,**вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013*

Науковою проблемою, якою з 1910 року започаткувались наукові дослідження Івана Феценка-Чопівського, і з якою він не поривав під час своїх різнобічних досліджень протягом десятиліть, була цементация сталей. З часом наукова тематика досліджень професора Краківської гірничо-металургійної академії Феценка-Чопівського поширилася на інші способи хіміко-термічної обробки (ХТО) (борування, бериліювання, азотування) і не тільки сталей, але й нікелевих та кобальтових сплавів. Можливо, останніми публікаціями І. Феценка-Чопівського на тему цементации сталей були публікації “Nowe prądy w zakresie cementacji żelaza węglem” (Przegląd Techniczny, 1935) та “O metalicznej cementacji powierzchniowej żelaza i stali” (Przegląd Mechaniczny, 1937). Третій том його фундаментального підручника “Metaloznawstwo. Tom III. Cementacja żelaza” (Warszawa, 1936) повністю стосувався цементации сплавів на основі заліза.

Не можна не дивуватися науковій передбачливості І. Феценка-Чопівського. У час, коли не було ще налагоджено промислового випуску титану, він пише статтю “Tytan we współczesnej metalurgii i metaloznawstwie” (Hutnik, 1937). У світі промислове виробництво й застосування (насамперед для військових потреб) титанових сплавів розпочалося у 50-х роках ХХ ст. В Україні титан почали виробляти в 1956 р. на Дніпровському титаномагнієвому заводі, а в 1971 р. – на Запорізькому титаномагнієвому комбінаті. За порівняно короткий час титанові сплави стали основними матеріалами енергетичної, хімічної, суднобудівної та аерокосмічної галузей промисловості завдяки поєднанню високих конструкційної міцності, корозійної тривкості з малою густиною. Можна не сумніватися, що, якби не війна, арешт у 1945 році органами НКВС та заслання в табори, ХТО титанових сплавів стала б об’єктом наукового дослідження професора Івана Феценка-Чопівського.

Розвиваючи наукові здобутки І. Феценка-Чопівського в галузі ХТО, українські дослідники продовжують дослідження на сучасних сплавах, зокрема титанових, застосовуючи новітні технології [1, 2]. Титанові сплави, перевершуючи більшість промислових сплавів за питомою міцністю та корозійною тривкістю, мають низькі трибологічні властивості, такі, як малий опір зношуванню, високий коефіцієнт тертя, схильність до схоплювання й налипання. До перспективних технологій поверхневого модифікування, які підвищують зносотривкість виробів із титанових сплавів, належить і лазерне легування. Зокрема, доволі повно досліджено позитивний вплив на трибологічні властивості цих сплавів лазерних азотування й цементации [3, 4], який забезпечується створенням композитної металокерамічної структури, зміцнювальними фазами якої є відповідно нітриди чи карбіди титану. Натомість малодослідженою є лазерна нітроцементация, тобто комплексне легування Нітрогеном і Карбоном, яке, як можна очікувати, формує у поверхневому шарі фазу Ti(C,N). За даними роботи [5] шари Ti(C,N) забезпечують кращі трибологічні властивості, зокрема менший коефіцієнт тертя, порівняно з шарами TiN.

Тому в цій роботі досліджували вплив лазерної нітроцементации на зносотривкість титанового сплаву мартенситного класу Ti-6Al-4V. Лазерним променем CO₂-лазера потужністю 1 кВт проплавляли на глибину 0,5 мм покриті обмазкою з графітом поверхні зразків, які переміщалися відносно нерухомого променя зі швидкістю 10 мм/с. Одночасно в зону розплаву вдувався азот з інтенсивністю 10 л/хв. Коефіцієнт перекриття стежок легування завширшки 3 мм становив 0,9.

Мікроструктурними дослідженнями, поєднаними з мікрорентгеноспектральним та рентгенівським фазовим аналізами, встановлено, що легований шар має градієнтну композитну структуру. Від поверхні в α' -мартенситній матриці розташовуються стовпчасті дендрити карбонітриду $Ti(N_xC_{1-x})$, орієнтовані перпендикулярно до поверхні. З віддаленням від поверхні густина дендритів зменшується й вони набувають різної орієнтації. Зона з дендритами плавно переходить у зону, в якій переважають частинки пластинчастої форми, найвірогідніше нітриду $TiN_{0,3}$. Мікротвердість в зоні дендритної структури зменшується з віддаленням від поверхні від 14 ГПа до 8 ГПа через зменшення частки дендритів у структурі. Мікротвердість в зоні пластинчастих частинок становить близько 6 ГПа.

Дослідження на зношування, здійснені в умовах сухого тертя ковзання за тиску зразка-колодки на контртіло-диск 5 МПа, показали, що лазерна нітроцементация $Ti-6Al-4V$ порівняно з гартуванням і старінням забезпечує значне зростання його опору зношуванню. Так, на стадії усталеного зношування середнє значення питомого масового зношення Δm_s (втрата маси зразка на одиницю площі контактної поверхні за один оберт контртіла) після гартування і старіння становить $542 \cdot 10^{-7}$ г/см²·об, тоді як після лазерної нітроцементации – $1,8 \cdot 10^{-7}$ г/см²·об.

Література

1. Федірко В.М., Погрелюк І.М. Азотування титану та його сплавів. – К.: Наукова думка, 1995. – 221 с.
2. Мельник П.І., Федорак Р.М., Кланічка В.М. Вплив фазових перетворень на процеси дифузійного насичення титану вуглецем // Фізика і хімія твердого тіла. – 2001. – Том 2. – № 2. – С. 311–319.
3. Ивасишин О.М., Марковский П.Е., Марковский Е.А. Влияние лазерного легирования углеродом на износостойкость титановых сплавов // Трение и износ. – 1990. – Том 11. – № 4. – С. 71–722.
4. Filip R., Pleshakov E. The effects of laser nitriding on improving the properties of machine elements made of titanium alloys // Advances in manufacturing science and technology. –2004. – Vol.28. – № 1. – P. 5– 22.
5. Yeong Yan Guu, Jen Fin Lin. Comparison of the characteristics of titanium nitride and titanium carbonitride coatings films // Surface and coatings technology. – 1996. – Vol. 85. – P. 146 –155.