

Т. Кравчишин

Аспірант

І. Погрелюк

Ст. наук. співр., д-р техн. наук

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

УДК 669.295:621.785

ВПЛИВ АЗОТУВАННЯ НА ЗНОСОТРИВКІСТЬ ДВОФАЗНИХ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ VT6 ТА VT22

Досліджено вплив азотування на рівень фізико-хімічних характеристик приповерхневих шарів двофазних (a + b)-титанових сплавів VT6 та VT22. Встановлено, що хіміко-термічне оброблення, що суміщає штатне термічне оброблення сплаву й азотування, забезпечує високу зносотривкість і працездатність пари титан-титан.

азотування, нітрид, термічне оброблення, (a+b)-титановий сплав, тертя, зносотривкість

Завдяки своїм унікальним властивостям титанові сплави широко використовують у літакобудуванні та інших галузях промисловості. Особливої уваги заслуговують високоміцні ($\alpha + \beta$)-титанові сплави VT6 і VT22, рівень зміцнення яких забезпечується зміцнювальним термічним обробленням. Проте характерною особливістю титану і його сплавів є висока схильність до контактного схоплювання при терті [1, 2]. Ця властивість створює певні труднощі при обробленні титану різанням і робить небезпечним його застосування без поверхневого зміцнення у вузлах тертя механізмів і машин [2].

Термічне оброблення не забезпечує ефективного поверхневого зміцнення [3, 4]. Для підвищення зносотривкості титанових сплавів застосовують різні види поверхневого оброблення. До сьогодні найуніверсальнішим методом інженерії поверхні залишається хімікотермічне оброблення, як процес, що легко відтворюється дає змогу обробляти деталі складної форми. Як показує аналіз літературних даних, найперспективнішим, ефективним і економічно виправданим поверхневим хімікотермічним обробленням вважають азотування [5].

Для ефективного зміцнення поверхневих шарів титанових сплавів при насиченні в молекулярному азоті атмосферного тиску потрібні високі температури й тривалі витримки [6]. Азотовані шари глибиною порядку 100 мкм

при зміцненні поверхні понад 7,5 — 8,0 ГПа формуються лише після насичення при температурі ≥ 900 °C і експозиції, не менше 25 годин [7].

Проте високотемпературне азотування призводить до формування товстих крихких поверхневих нітридних плівок, що погіршує якість поверхні азотованих деталей. Використання розрідженої динамічної атмосфери азоту дає можливість знизити температуру азотування і формувати тонкі поверхневі нітридні шари з високою якістю поверхні. Однак таке азотування для двофазних титанових сплавів не завжди забезпечує належний рівень міцнісних характеристик.

Передумовою для реалізації працездатної пари тертя TiN-TiN з титанових сплавів VT6 і VT22 є формування поверхневого зміцненого шару з такими параметрами: товщина нітридної плівки (на базі Ti_2N) — 0,5...2,0 мкм; глибина зміцненого шару Ti(N) — 50 мкм; шорсткість поверхні $Ra \leq 1,25$ мкм; поверхнева мікротвердість $H_c \geq 6$ ГПа. При цьому міцність (σ_c) сплаву VT6 не повинна бути нижчою 900...950 МПа, а сплаву VT22 — 1070...1270 МПа відповідно. Для досягнення регламентованих характеристик приповерхневого шару, зберігаючи задовільний рівень міцності, азотування реалізували в рамках штатного термічного оброблення сплавів VT6 та VT22 [8, 9].

Методика досліджень. Досліджували зразки двофазних титанових сплавів BT6 (Ti-6Al-4V) і BT22 (Ti-5Al-5Mo-5V-1,5Cu-Fe), азотованих у розрідженій динамічній атмосфері азоту (рис. 1,а) та азотованих у поєднанні зі штатним режимом термічного оброблення сплавів (рис. 1,б,в).

Зносостійкість оцінювали за зміною маси при терті на машині для зношування металів СМЦ-2 (у гідрорідині АМГ-10) за схемою спряження «диск-колодка» на базі 5 км при питомому навантаженні 1, 2, 3, 4 МПа і швидкості ковзання 0,6 м/с. Пара тертя складалась з азотованого сплаву однієї марки.

Результати та їх обговорення. В результаті проведених хіміко-термічних оброблень на поверхні сплавів формується нітридна плівка, під якою знаходиться шар твердого розчину азоту в титані Ti(N).

Так, після азотування титанових сплавів BT6 і BT22 у розрідженій динамічній атмосфері молекулярного азоту на поверхні сплавів формується тонка, добре зчеплена з матрицею матеріалу, нітридна плівка кубічного нітриду TiN, що надає матеріалу золотистого забарвлення.

Після хіміко-термічного оброблення титанових сплавів, що поєднує штатне термічне оброблення і азо-

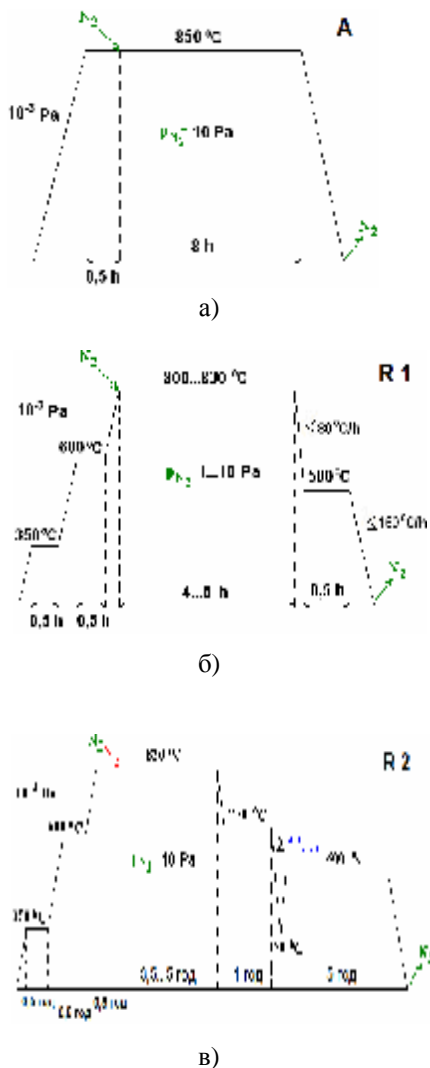


Рис. 1. Режими хіміко-термічного оброблення титанових сплавів BT6 та BT22

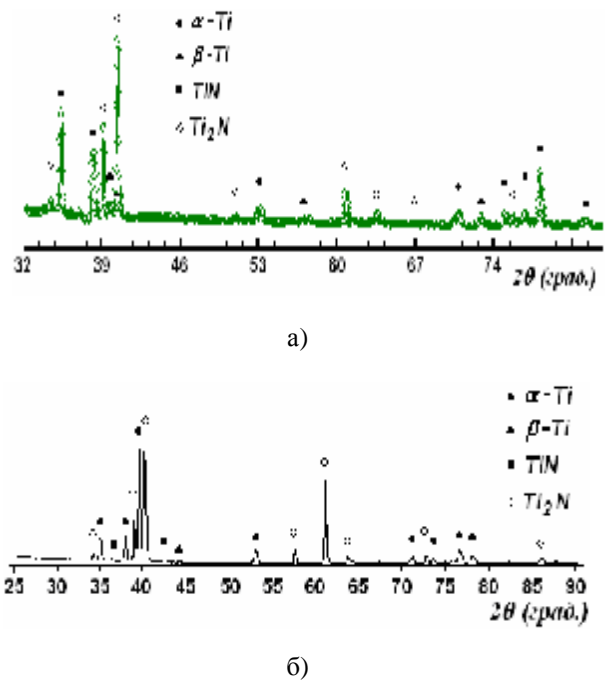


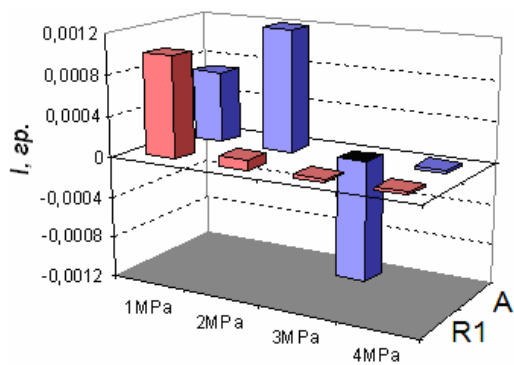
Рис. 2. Дифрактограми, зняті з поверхні зразків титанових сплавів BT6 (а) і BT22 (б) після азотування за режимами R1 та R2 відповідно

тування (R1, R2), поверхня зразків якісна, гладка, блискуча, світло-золотиста. Шорсткість знаходиться в межах технічних вимог ($R_a=0,27...0,43$ мкм для сплавів BT6 і BT22). Результати рентгенівського фазового аналізу свідчать про домінування у складі покриття нижчого нітриду титану Ti_2N (рис. 2,а,б), що позитивніше впливає на рівень триботехнічних характеристик, ніж мононітрид TiN.

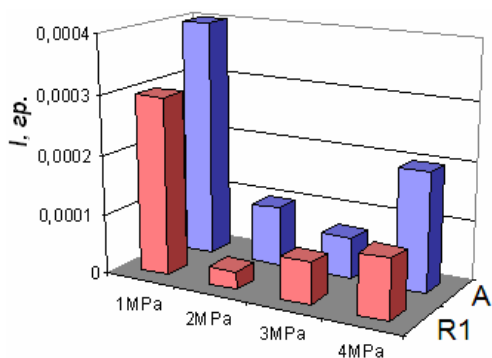
Модифікування приповерхневих шарів впливає на фізико-хімічні характеристики сплавів. Азотування сплавів BT6 і BT22 у рамках штатних термічних оброблень дає змогу забезпечити потрібний рівень фізико-хімічних характеристик приповерхневих шарів. Так, для сплаву BT6 після хіміко-термічного оброблення за режимом R1 поверхнева мікротвердість становить 7,3...9,0 ГПа. Глибина зони твердого розчину Ti(N) складає 65...75 мкм при товщині нітридної плівки 0,5...2,0 мкм, що відповідає технічним вимогам. Оброблення сплаву BT22 за режимом R2 забезпечує поверхневу мікротвердість у межах 7,2...9,5 ГПа. Глибина зони твердого розчину Ti(N) також відповідає технічним вимогам і складає 50...65 мкм при товщині поверхневої нітридної плівки 0,5...2 мкм.

Зниження температури оброблення сплавів за вказаними режимами R1, R2 порівняно з режимом азотування А (рис. 1) дає можливість забезпечити міцнісні характеристики титанових сплавів у межах вимогам технічного завдання. Так, межа міцності σ_b сплаву BT6 складає 905 — 950 МПа, а відносне видовження $\delta=10$ %. Для сплаву BT22 межа міцності $\sigma_b=1100$ МПа, а відносне видовження $\delta=19$ %. При цьому зниження межі витривалості для двох титанових сплавів на 10 — 15 % менше порівняно з режимом азотування А.

Попередні дослідження показали, що термічне оброблення титанових сплавів BT6 і BT22 не забезпечує



а)



б)

Рис. 3. Інтенсивність зношування азотованого за режимом R1 та (А) (див. рис. 1) диска (а) і колодки (б) зі сплаву ВТ6

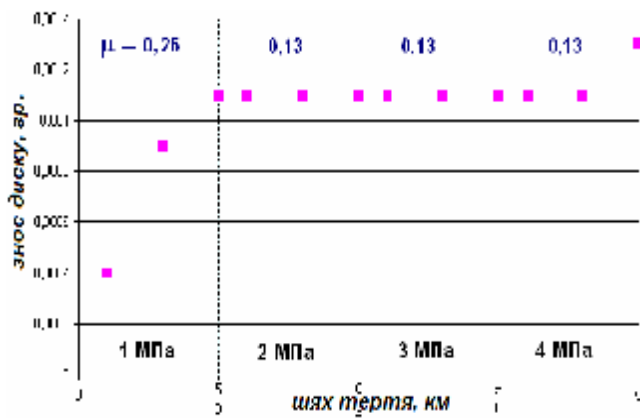


Рис. 4. Втрата маси азотованого за режимом R2 диска зі сплаву ВТ22

належного рівня антифрикційних характеристик. Формування модифікованих поверхневих шарів при хімікотермічному обробленні дає можливість підвищити триботехнічні характеристики сплавів. Випробування на спрацювання зразків сплаву ВТ6 після хімікотермічних оброблень показали, що при поєднанні азотування зі штатним термічним обробленням сплав володіє вищим рівнем

зносогтривкості порівняно з режимом азотування, базованому на відомих підходах, про що свідчить нижча інтенсивність зношування як азотованого диска (рис. 3,а), так і азотованого контргтіла (колодки) (рис. 3,б), виконаного з такого сплаву.

Випробування на зношування зразків сплаву ВТ22 також засвідчили про його високі триботехнічні характеристики після хімікотермічного оброблення за режимом, який суміщає штатне термічне оброблення й азотування (рис. 4).

Таким чином, хімікотермічне оброблення, що суміщає штатне термічне оброблення й азотування, забезпечує регламентований рівень приповерхневого зміцнення та міцнісні характеристики сплавів ВТ6 і ВТ22, а також високу зносогтривкість та їх працездатність у парі тертя титан — титан.

Література

1. Остаї О.П., Федірко В.М. та ін. Під заг. ред. Панасюка В.В. Механіка руйнування та міцність матеріалів: Довідн. посібник, Т.9. — Львів: Сполом, 2007. — 1068 с.
2. Чечулин Б.Б., Ушков С.С., Разуваєва И.Н. и др. Титановые сплавы в машиностроении. — Л.: Машиностроение, 1977. — 248 с.
3. Вульф Б.К. Термическая обработка титановых сплавов. — М.: Металлургия, 1969. — 376 с.
4. Цвиккер У. Титан и его сплавы. — М.: Металлургия, 1979. — 512 с.
5. Федірко В.М., Погрелюк І.М. Азотування титану та його сплавів. — К.: Наук. думка, 1995. — 220 с.
6. Максимович Г.Г., Федірко В.Н., Погрелюк И.Н. Кинетические закономерности взаимодействия титановых сплавов с азотом // ФХММ. — 1988. — №6. — С. 77—81.
7. Федірко В.М., Погрелюк І.М., Яськів О.І. Азотування як метод підвищення зносогтривкості титану та сплавів на його основі // Проблеми трибології, 1996. — №2. — С. 52—56.
8. Пат. 31147 Україна, МПК С21D1/78. Спосіб обробки титанового сплаву / Федірко В.М., Погрелюк І.М., Кравчишин Т.М.; заявник і власник патенту Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. — № u 2007 13717; заяв. 07.12.07; опубл. 25.03.08, Бюл. №6.
9. Пат. 9692 Україна, МПК С21D1/78. Спосіб обробки титанового сплаву / Федірко В.М., Погрелюк І.М. та ін.; заявник і власник патенту Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. — № u 2005 02148; заяв. 09.10.05; опубл. 17.10.05, Бюл. №10.

Отримана 01.10.08

T. Kravchyshyn, I. Pohreliuk

Influence of nitriding on wearproofness of diphasic titanic alloys of ВТ6 and ВТ22

Karpenko Physico-Mechanical Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv

In this work, influence of nitriding on the level of physical and chemical characteristics of surface layers of diphasic (a+b) - titanium alloys ВТ6 and ВТ22 was investigated. It is established that mode of chemico-thermal treatment which combines the regular mode of heat treatment and nitriding provide the better wear resistance and working capacity of pair titanium-titanium.