

A. N. Smirnov, S. V. Kuberskyi

The reasons of deformation and fracture of the working surface of the casting wheel of continuous rotary caster

Summary

The analysis of the operating conditions of the casting wheel of continuous rotary casters is done and it is shown that the main reasons of the formation of defects on the working surface are complex operating temperature modes, which causes the appearance of the local thermal stresses and deformation during the transition from the cooling zone to the casting zone. It is shown that reducing the difference in temperature between the wheels in these areas will help to reduce the strain and increase its service life, as well as improve the quality of steel.

УДК:669.01

Зносостійкість титанових сплавів

О. М. Соловар, В. І. Вейс, Л. І. Олянич

Національний технічний університет України «КПІ», Київ

Досліджено вплив нітроцементзації на структуру та зносостійкість титанового сплаву ВТ6. Встановлено суттєве підвищення зносостійкості, зумовлене формуванням покриття з високою мікротвердістю та меншим коефіцієнтом тертя порівняно з необробленими зразками.

Серед перспективних конструкційних матеріалів, освоєних промисловістю в минулі роки, особливе місце займає титан і його сплави. Безперервне розширення області застосування цих матеріалів в різних галузях техніки пояснюється сприятливим поєднанням їх фізико-хімічних властивостей. Проте титанові сплави мають і недоліки, найбільш значні серед яких – висока вартість, низькі твердість поверхні і зносостійкість. Два останні фактори обмежують застосування титанових сплавів для роботи в умовах тертя і контактних навантаженнях.

Одним з найбільш широко застосовуваних методів підвищення цих характеристик є азотування. Сформований в результаті азотування шар складається з двох зон: дифузійної, яка представляє собою пересичений азотом і легуючими елементами б-твердий розчин титану, та зони хімічних сполук, що складається в основному з нітриду титану TiN.

Відомо [1], що найбільш високу твердість та зносостійкість зі сполук титану має карбід титану TiC. В той же час він відзначається високою схильністю до захоплення при обробці різноманітних матеріалів. Покриття ж з TiN характеризується практично повною інертністю до адгезії і високим

опором лункоутворенню. Двошарове покриття, що складається з обох цих фаз, включає переваги TiC (висока зносостійкість і зчеплення з основою) і TiN (краща здатність протистояти лункоутворенню на передній поверхні). При цьому важливо, щоб саме TiN розташовувався на зовнішній поверхні виробу [2].

З огляду на це в роботі поставлено задачу щодо можливості підвищення триботехнічних характеристик титанового сплаву VT6 за рахунок нанесення на його поверхню покриттів на основі азоту та вуглецю.

Покриття наносили в закритому реакційному просторі в умовах зниженого тиску при температурі 550 °C та 900 °C протягом 2 годин в продуктах розпаду оксалату амонію. При насиченні сплаву VT6 азотом та вуглецем при 550 °C на поверхні утворюється твердий розчин вуглецю та азоту в титані товщиною 70 – 80 мкм (рис. 1). Мікротвердість дифузійного шару змінюється за товщиною від 6 ГПа на поверхні до мікротвердості основного металу 3 ГПа (рис. 2). На поверхні сплаву виявлено тонкий шар (до 1 мкм), який рентгеноструктурно ідентифіковано як фазу Ti₂O з гексагональною ґраткою, параметри якої a = 0,29733 нм, c = 0,47850 нм.

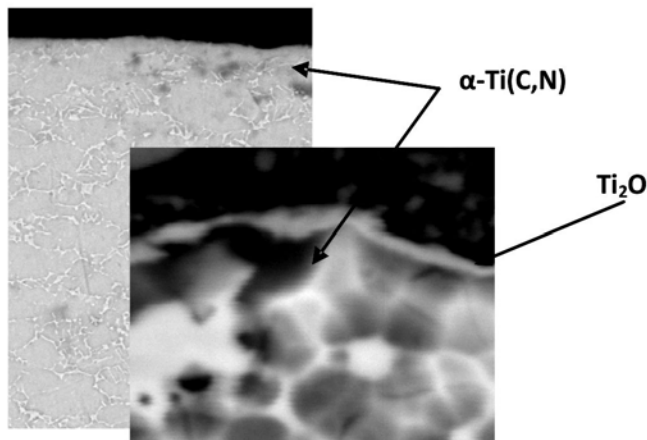
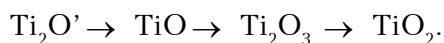


Рис. 1. Дифузійний шар після нітроцементації сплаву VT6 при T = 550 °C протягом 2 годин. а – x500, б – x3000.

Наявність цього шару може виявитися корисною при експлуатації виробів з титанового сплаву. Оксид Ti₂O на повітрі під дією зовнішніх навантажень та підвищених температур легко окислюється до окислів вищої валентності [3]



Саме оксид TiO₂ має найкращі захисні властивості та мікротвердість приблизно 7,0 ГПа.

Після нітроцементації сплаву VT6 при 900 °C на поверхні отримано двошарове покриття: внутрішній шар на основі карбиду TiC товщиною 2,5 – 3,0 мкм і мікротвердістю 24 – 25 ГПа з параметром ґратки a = 0,4321 нм

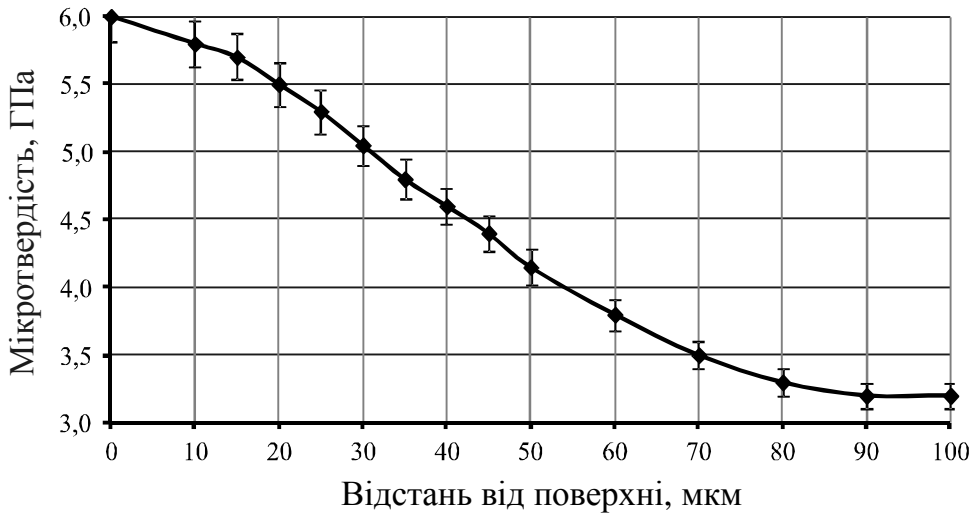


Рис. 2. Розподіл мікротвердості в дифузійному покритті на поверхні сплаву ВТ6, отриманому після нітроцементації при $T = 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 2 годин.

та зовнішній – на основі TiN , товщиною 2,0 мкм і мікротвердістю 15 – 17 ГПа з параметром ґратки $a = 0,4230\text{ нм}$ (рис. 3). Під покриттям розташований шар твердого розчину вуглецю та азоту в $\alpha\text{-Ti}$ товщиною 15 – 20 мкм, мікротвердість якого плавно зменшується від 10 ГПа до 8 ГПа та твердого розчину вуглецю та азоту в $\beta\text{-Ti}$ ($a = 0,2948\text{ нм}$, $c = 0,4669\text{ нм}$) товщиною 20 – 25 мкм, мікротвердість якого на межі з α -фазою 7,8 – 8,0 ГПа і знижується до мікротвердості матриці (рис. 4).

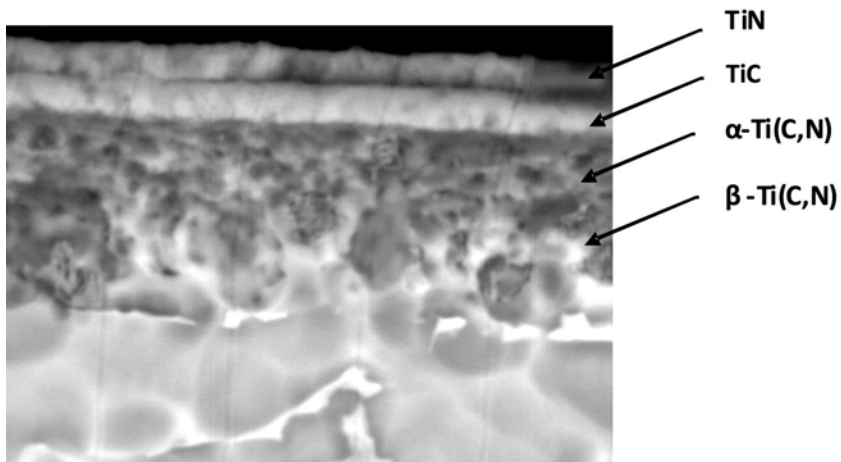


Рис. 3. Дифузійний шар, отриманий на сплаві ВТ6 після нітроцементації при $T=900\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 2 годин. $\times 3000$.

Таке одночасне насичення сплаву ВТ6 супроводжується перерозподілом легуючих елементів (рис. 5). Так алюміній концентрується в

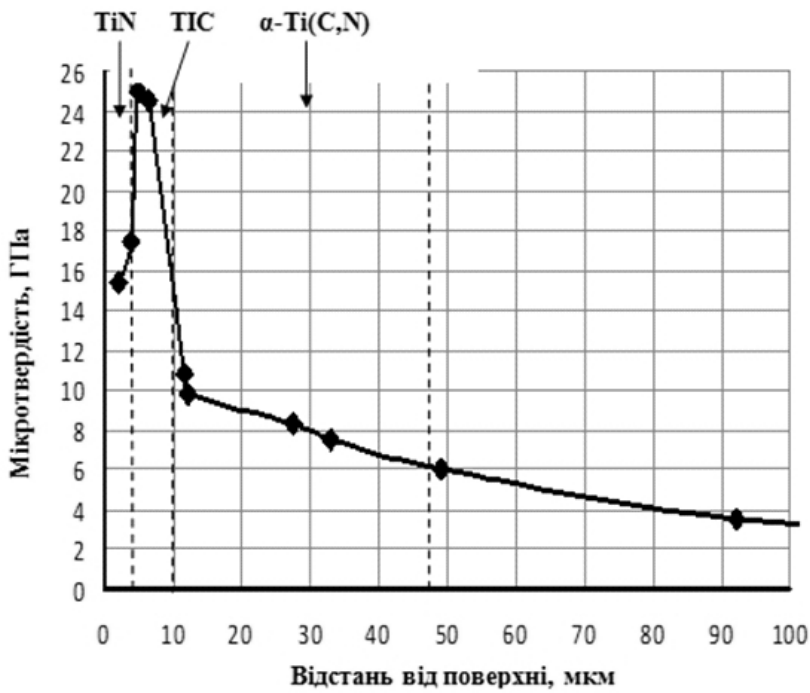


Рис. 4. Розподіл мікротвердості в дифузійному покритті на поверхні сплаву ВТ6, отриманому після нітроцементації при $T = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 2 годин.

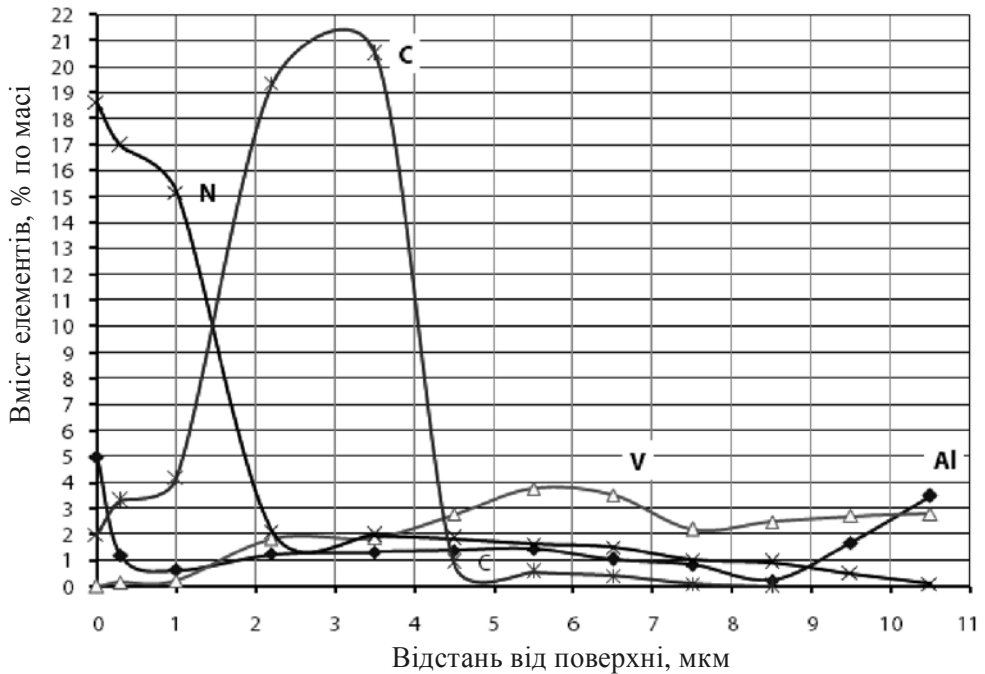


Рис. 5. Розподіл ванадію, алюмінію, азоту, вуглецю за глибиною дифузійної зони при нітроцементації титанового сплаву ВТ6 при $T = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 2 годин. —◆— Al, —△— V, —×— N, —*— C.

тонкому шарі товщиною приблизно 0,3 мкм на поверхні шару нітриду титану, що пояснюється його високою спорідненістю до азоту. Ванадій розташовується у більш глибоких шарах та внаслідок його високої спорідненості до вуглецю скупчується на межі карбід титану – твердий розчин.

Слід відзначити, що в твердому розчині як в α -Ті, так і в β -Ті, присутній в основному азот. Кількість вуглецю не перевищує кількох десятих 0,9 – 0,1 (% по масі), що пояснюється його дуже малою розчинністю в титані при кімнатній температурі та великою стабільністю карбіду титану TiC.

Відомо [4], що в більшості випадків в наслідок великої спорідненості титану до кисню, при високотемпературній нітроцементації на титанових сплавах формуються тільки оксидні фази, а нітрид та карбід титану не утворюються. Ведення процесу при зниженому тиску дозволило отримати покриття за участю нітриду та карбіду титану без присутності в них оксидних фаз.

Досліджено також вплив нітроцементації титанового сплаву на його триботехнічні характеристики. Зносостійкість визначали на установці 2070СМТ-1 в умовах тертя ковзання з реєстрацією отриманих даних в ПК. В якості матеріалу контртіла була використана гартована та відпущена сталь У8 з твердістю 62 HRC.

Випробування здійснювали при швидкостях обертання контртіла 2,5, 5,0 та 7,5 м/с, при навантаженні 1 та 2 кг. Час випробування 1 та 3 хвилини. Зношування визначали за втратою маси зразків на одиницю площі поверхні тертя. Випробування показали суттєву зміну триботехнічних характеристик зразків після нітроцементації в умовах тертя-ковзання.

Втрата маси залежно від умов випробувань в нітроцементованих зразках при 900 °С зменшується на 2 – 3 порядки, коефіцієнт тертя порівняно з вихідними зразками знижується на 15 – 17 %, а при 550 °С – зменшується в 2,0 – 8,0 разів. Коефіцієнт тертя порівняно з необробленими зразками знижується на 3 – 4 %.

Результати дослідження дозволяють рекомендувати покриття, отримані при розглянутих видах дифузійного насичення, для роботи в умовах різних видів зношування в авіаційній, суднобудівній, хімічній галузях виробництва.

Література

1. Тот Л. Карбиды и нитриды переходных металлов. – М.: Мир, 1974. – 295 с.
2. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1986. – 192 с.
3. Физико-химические свойства окислов / Под ред. Г. В. Самсонова. – М.: Металлургия, 1999. – 456 с.
4. Скребцов А. А., Овчинников А. В. Исследование влияния повышения содержания кислорода на механические свойства, механизм разрушения и структуру в промышленных сплавах титана. – Тезисы докладов IV Международной научно-

References

1. Tot, L. (1974). *Karbidy i nitridy perehodnyh metallov [Carbides and nitrides of transition metals]*. Moskva: Mir [in Russian].
2. Vereschaka, A.S., Tretyakov, I.P. (1986). *Rezhushchie instrumenty s iznosostoykimi pokrytiiami [Cutting tools with wear-resistant coatings]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
3. Samsonov, G. V. (Eds.). (1999). *Fiziko-himicheskie svoystva okislov [Physico-chemical properties of oxides]*. Moskva: Metallurgiiia [in Russian].
4. Skrebtsov, A.A., & Ovchinnikov, A.V. Issledovanie vliianiia povysheniia sodержaniia kisloroda na mehanicheskie svoystva, mehanizm razrusheniia i strukturu v promyshlennyh splavah titana. [Studies of the effect of oxygen povysheniyasoderzhaniya on the mechanical properties, fracture mechanism and structure of industrial titanium alloys]. Abstracts of Papers: *IV Mezhdunarodnaia nauchno-tehnicheskaia konferentsiia aviamotorostroitelnoy otrasli (17 – 21 maiia 2010 hoda) – 4nd International Scientific and Technical Conference.* (272 p). Zaporozhe: ОАО «Мотор Сич». [in Russian].

Одержано 14.06.16

А. Н. Соловар, В. И. Вейс, Л. И. Олянич

Износостойкость титановых сплавов

Резюме

В работе исследовано влияние нитроцементации на структуру и износостойкость титанового сплава VT6. Установлено существенное повышение износостойкости, обусловленное формированием покрытия с высокой микротвердостью и меньшим коэффициентом трения по сравнению с необработанными образцами.

O. M. Solovar, V. I. Veis, L. I. Olianych

The wear resistance of titanium alloys

Summary

In this paper the influence of carbonitriding on the stucture and wear resistance of titanium alloy VT6 is studied. A substantial increase in wear resistance due to the formation of coatings with high microhardness and a lower coefficient of friction compared to untreated samples is determined.