

С.А. Плешкунов

ЗАСТОСУВАННЯ НОВІТНИХ МЕТОДІВ ІОННОПЛАЗМОВОГО ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ РЕСУРСУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

Анотація. У доповіді представлені результати порівняльної оцінки технологічних методів цементації та іонно-плазмового азотування по технології "АВІНІТ N" (АТ "ФЕД") при їх використанні для зміцнення високонавантажених вузлів авіаційної техніки. Оцінка проводилася порівнянням контактної утомної міцності при проведенні прискорених, довготривалих випробувань на багато циклову та мало циклову утомну міцність при терті кочення з проковзуванням на машині тертя 2070 СМТ-1 на зразках, виготовлених з жароміцної сталі 20Х3МВФ ГОСТ 20072. Результати можуть бути корисними для інженерів, які займаються технологіями зміцнення конструкційних матеріалів.

Ключові слова: "Авініт N"; зміцнення поверхонь азотуванням; іонно-плазмове азотування; методика прискореної оцінки; міцність при утомному зношуванні; утомне зношування; цементація.

Abstract. The report presents the results of a comparative evaluation of technological methods of cementation and ion-plasma nitriding using the "AVINIT N" (JSC "FED") technology when they are used to strengthen highly loaded components of aviation equipment. The evaluation was carried out by comparing the contact fatigue strength during accelerated, long-term tests for multi-cycle and low-cycle fatigue strength in rolling friction with sliding on a friction machine 2070 CMT 1 on samples made of heat-resistant steel 20X3MΦΦ GOST 20072. The results can be useful for engineers who deal with the technologies of strengthening structural materials.

Keywords: "Avinit N"; strengthening of surfaces by nitriding; ion-plasma nitriding; method of accelerated assessment; strength at fatigue wear; tiresome wear and tear; cementation.

Постановка проблеми. Ресурс авіаційної техніки (АТ) в багатьох випадках визначається ресурсом її агрегатів, які мають у своїй конструкції пари тертя. А їх довговічність, в свою чергу, визначається величиною контактної міцності їх поверхонь, що труться. Ця міцність характеризує здатність матеріалу протистояти утомному зношуванню поверхонь тертя завдяки контактній міцності матеріалу. А вона може бути підвищена шляхом зниження механічних і термічних впливів на контактуючі поверхні внаслідок їх деформації при терті [1].

Серед таких методів широко використовуються хіміко-термічні методи цементації. Також для цього застосовують азотування, хоча і в меншій мірі. Це пов'язано з уявленнями про перевагу цементації перед азотуванням у формуванні зміцнених шарів великої протяжності.

Огляд останніх публікацій. На даний час розроблені і застосовуються нові методи азотування, які мають значні переваги над цементацією. Для оцінки експлуатаційних показників конструкційних матеріалів, зміцнених за новими методами, необхідно проведення довготривалих випробувань на втомну міцність на машинах тертя, які моделюють роботу таких спряжень. Такий стан питання обумовлює обмежену кількість досліджень по впливу азотування на величину контактної міцності матеріалів, особливо іонно-плазмовими методами азотування, які мають істотні відмінності та переваги перед традиційними пічними методами газового азотування [2-7].

В Україні проводяться інтенсивні дослідження і розробки багатокомпонентних багатофункціональних покриттів та методів їх нанесення на поверхні з прецизійною обробкою, яку потребують деталі вузлів сучасних агрегатів літакобудування, космічної техніки та інших галузей [6-8]. Такі ж дослідження проводяться і за кордоном [9-12]. Розробляються і методи прискорених випробувань таких високоміцних трибо спряжень, що також відкриває перспективи подальшого їх поширення [13].

Широко використовуємі в промисловому виробництві АТ «ФЕД» методи плазмового прецизійного азотування «Авініт N» [5-7], мають істотні відмінності і переваги перед традиційними грубними методами газового азотування, а саме:

- значне скорочення (в 2-3 рази) тривалості дифузійного насичення азотом поверхневого шару сплавів на основі заліза при загальному скороченні часу технологічного циклу обробки до 3-5 разів;

- дозволяють повністю уникнути водневої крихкості;

- забезпечують збереження розмірів (азотування «в розмір») і високу чистоту обробки поверхні, зниження крихкості азотованого шару і формування нітридних зон всіх складів без пір, внаслідок чого не потрібно доопрацювання поверхні після азотування.

Застосування ж традиційних методів газового азотування вимагає проведення дуже трудомістких, складних операцій високоточного механічного шліфування, як, наприклад, при виготовленні деталей зубчастих передач високої точності. При цьому, через формування крихкого нітридного шару необхідно, часом, зішліфувати його на глибину до 0,1 мм, що може становити значну частину всього зміцненого шару і як наслідок, істотне погіршення механічних характеристик.

Метою роботи було визначення переваг плазмового азотування за технологією "Авініт N" перед традиційними методами цементації у контактній утомній міцності. Тому були проведені дослідження впливу плазмового азотування за технологією "Авініт N" на контактну міцність від втоми жароміцної сталі 20Х3МВФ ГОСТ 20072 при терті кочення з проковзуванням поверхонь і порівняння отриманих результатів з контактною утомною міцністю такої ж сталі, зміцненої за традиційною технологією газової цементації.

Випробування проводилися на стандартній машині тертя 2070 СМТ-1 за схемою «диск-диск».

Результати прискорених випробувань на втомну міцність. Виходячи з того, що випробування на утомну міцність потребують довгого часу випробувань при великих контактних навантаженнях, було розроблено методику прискореної оцінки для порівняння контактної утомної міцності при проведенні випробувань при терті кочення з проковзуванням [13]. В якості показника оцінки утомної міцності використовували питому енергію дисипації за один цикл навантаження. Було сплановано експеримент, який передбачав реалізацію імпульсного навантаження трібосистеми (ТС) на першому етапі її роботи з одночасною реєстрацією акустико-емісійного випромінювання [14]-[17]. Метод акустичної емісії (АЕ) довів високу ефективність реєстрації моменту переходу ТС від нормального зносу до початкового утомного руйнування. За цим критерієм зразки з азотуванням мають значну (більш, ніж в 2 рази) перевагу перед цементованими [13].

У процесі проведення випробувань встановлено, що кожен цикл випробувань складається з трьох характерних етапів: перший – етап навантаження; другий – вихід на сталий режим накопичення пошкоджень в поверхневому шарі; третій – перехід до початкових руйнувань втомного характеру.

Автором проводилися трибологічні дослідження впливу плазмового азотування за технологією АТ «ФЕД» на контактну міцність від втоми сталі 20Х3МВФ ГОСТ 20072 при терті кочення з проковзуванням поверхонь і порівняння отриманих результатів з контактною втомною міцністю такої ж сталі, зміцненої за традиційною технологією газової цементації. Вони показали, що зносостійкість зразків, зміцнених азотуванням «Авініт N», істотно вище, ніж зразків, зміцнених традиційною цементацією.

В середньому по чотирьом випробуванням, пари зразків до утворення початкових осередків втомного викришування відпрацювали:

- зміцнені азотуванням «Авініт N» – 97875 циклів;

- зміцнені газовою цементацією – 53812 циклів.

Інтегральна багатоциклова стійкість до втомного зношування (руйнування) зразків, зміцнених азотуванням «Авініт N», більш ніж в 10 разів вище, ніж у зміцнених цементацією.

Це пов'язано з механізмами втомного руйнування цементованих зразків (вищерблення по межі дефекту). Результати досліджень можуть служити основою для проведення дослідних робіт з використання іонно-плазмових технологій азотування замість цементування з метою підвищення контактної міцності поверхні деталей, беручи до уваги також такі переваги цієї технології, як збереження розмірів та високої чистоти обробки поверхонь, внаслідок чого відпадає необхідність їх механічної доробки після зміцнення.

Таким чином, проведений автором комплекс експериментальних досліджень перспективної технології підвищення контактної утомної міцності методом іонно-плазмового азотування "АВІНІТ N" при моделюванні трибоспрямижень авіаційної техніки показав її значну перевагу перед традиційним зміцненням цементациєю та може бути використаним для збільшення ресурсу авіаційної техніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ибатуллин И.Д. Кинетика усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев: монография / И. Д. Ибатуллин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 387 с.
2. Пастух І.М. Вплив режимних параметрів азотування у тліючому розряді на товщину нітридної зони модифікованого шару / І.М. Пастух, Г.М. Соколова, О.С. Здибель // Вісник Хмельницького національного університету, 2014, №4 (215). – С. 130-134.
3. Могильная Е.П. Ионное азотирование изделий из конструкционной стали 38ХМФА / Е.П. Могильная, В.М. Дубасов // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні, 2013, №1. – С. 193-198.
4. Костик К.О. Порівняльний аналіз впливу газового та іонно-плазмового азотування на зміну структури і властивості легованої сталі 30ХЗВА / К.О. Костик, В.О. Костик // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Темат. вип. : Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2014. – №48 (1090). – С. 21-41.
5. Сагалович О.В., Сагалович В.В. Спосіб іонно-плазмового прецизійного азотування поверхонь сталей та сплавів Avinit N. Pat. UA №84664 від 25.10.13.
6. Сагалович О.В., Сагалович В.В. Спосіб іонно-плазмового прецизійного азотування поверхонь сталей та сплавів Avinit N. Pat. UA №107408 від 28.12.14.
7. Sagalovich V.V., Sagalovich, A.V. The method of ion-plasma precision nitriding of the surfaces of metal products, Patent 2555692, Russian Federation, C23C8/36 (H01J 37/00), C23C14/48, stated 27.12.2014; publ. 10.07.2015, Bull. No. 19, 13 p.
8. Сагалович А.В. Разработка многокомпонентных покрытий для повышения износостойкости поверхностей пар трения в прецизионных узлах / Сагалович А.В., Дудник С.Ф., Сагалович В.В., Кононыхин А.В., Попов В.В., Любченко А.П., Олейник А.К. // Физическая инженерия поверхности. – 2007. – Т. 5, № 3-4. – С. 155-164.
9. Amiri M. On the thermodynamics of friction and wear – a review / M. Amiri, M.M. Khonsari // Entropy. Vol. 12, – 2010. – P. 1021–1049.
10. Yunhui M. Research on friction-coatings with activated ultra-thick tin-base / M. Yunhui, T. Dehua, W. Xicheng, L. Qinghua // Advanced Tribology. – 2010. – P. 915–919.
11. Gromakovsky D.G. Problems of Kinetics of Surface Destruction / D.G. Gromakovsky, A.G. Kovshov, I.D. Ibatullin, A.V. Dynnikov // Proceedings of VII-th International Symposium "INTERTRIBO 2002", section B – Wear. – Slovak Republic, Stara Lesna: House of Technology, 2002. – P. 57-58.
12. Gromakovsky D.G. Modelling and Wear Calculation on Friction / D.G. Gromakovsky, A.N. Malyarov, Y.P. Samarin // Abstracts of Papers of the World Tribology Congress. – Bath, UK: Bookcraft Limited, 1997. – 462 p.
13. Стадниченко В. М. Методика прискореної оцінки проказників втомної пошкоджуваності конструкційних матеріалів / В.М. Стадниченко, Р.М. Джус, С.А. Плешкунов // Системи озброєння і військова техніка. – 2019. – № 2(58). – С. 122-131. <https://doi.org/10.30748/soivt.2019.58.15>.

14. S. F. Filonenko , V. N. Stadnichenko and O.N. Troshin, "Research of influence of thermal resistance of elements of tribosystem on wearproofness of friction units," Proceeding of the fourth world congress "Aviation in the XXI-st century", "Safety in aviation and space technology, 2010. Vol. 1, pp. 12.1–12.4.

15. О. Запорожець В.В., Стадніченко В.М. Ідентифікація нанозносних режимів тертя з використанням методу акустичної емісії. Технологічні системи, 2012. № 4. С. 42-56.

16. Трошин О.М., Стадніченко М.Г., Джус Р.М., Гурін О.А. Інформативний зміст методу акустичної емісії для безрозбірної діагностики вузлів авіаційної техніки. Наука та техніка Повітряних Сил. 2013. №2 (11). С. 80-83.

17. Стадніченко В.М., Трошин О.М., Стадніченко Н.Г., Приймак О.В., Просяник І.І. Класифікація видів нанозносу за значенням коефіцієнта дисипації зовнішньої енергії, що підводиться, до трибосистеми. Збірник наукових праць ХУПЗ. 2011. № 1 (27). С. 51-61.

Плешкунов Сергій Анатолійович – старший викладач Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, pleshkunov70@ukr.net, 0675401470.

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

Serhii Pleshkunov – Instructor of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University, pleshkunov70@ukr.net, 0675401470.

Kharkiv national university of the Air Force named after Ivan Kozhedub, Kharkiv