

В.І. Мірненко¹, д-р техн.наук, А.К. Скуратовський², канд.техн.наук, О.В. Радько¹, канд.техн.наук
1 - Національний університет оборони України, м. Київ, Україна; 2 - НТУ України "Київський політехнічний інститут", м.Київ, Україна

КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ СТАЛІ 38Х2МЮА ПІСЛЯ ІОННОАЗОТУЮЧОЇ ОБРОБКИ

Исследована коррозийная стойкость деталей из стали 38Х2МЮА после упрочнения импульсным газотермоциклическим ионным азотированием. Показано, что благодаря формированию диффузионного слоя она по сравнению с упрочнением газовым азотированием увеличивается в 2,1...3,9 раза в зависимости от режимов обработки. Делается вывод о перспективах использования импульсивного ионноазотирующей обработки для восстановления и упрочнения деталей машин и механизмов на машиностроительных предприятиях.

The corrosive firmness of 38Х2МЮА steel details after the impulsive gasthermocyclic ionic nitriding strengthening are explored. It is shown that due to forming of diffusive layer it grows by a factor of 2,1...3,9 depending on the treatment modes.. Drawn a conclusion about the prospects of the impulsive ionnitriding treatment using for renewal and work-hardening of machines and mechanisms details on machine-building enterprises.

Вступ. Характерною особливістю експлуатації сучасних машин та механізмів є одночасний вплив на них багатьох зовнішніх факторів, що сприяють розвитку корозійних процесів [1]. При цьому різко знижуються надійність та довговічність конструкційних елементів, збільшуються витрати на ремонт, обслуговування та на заходи щодо захисту деталей від корозії.

Одним із основних напрямів підвищення корозійної стійкості деталей машин є використання технологічних методів зміцнення їх робочих поверхонь серед яких широкого застосування набуло азотування, зокрема найбільш розповсюджений його варіант-газове азотування [2]. В деяких випадках газове азотування для боротьби з корозією є навіть ефективнішим, ніж гальванічні покриття. Для виготовлення деталей, які працюють в умовах, що сприяють розвитку корозійних процесів часто застосовують азотовану сталь 38Х2МЮА. Азотування проводять при 500 - 570 °С у аміаку. Після адсорбції азоту поверхнею сталі він дифундує в кристалічній решітці заліза і по межах зерен, утворюючи твердий розчин азоту в залізі і тонкодисперсні включення нітриду легуючих елементів типу FeN і Fe₂N. Нітрид, що має дуже високу твердість, додає поверхневому шару деталі твердість 10 - 12 кПа, яка перевищує твердість загартованої сталі. Перед азотуванням сталь піддають гартуванню і високому відпусканню. Після азотування вироби тільки шліфують. Антикорозійна здатність сталі 38Х2МЮА внаслідок газового азотування може підвищуватися в 1,3-1,5 разу [3]. Основними недоліками азотування є високі енергетичні витрати (нагрівання під гартування і високе відпускання) та тривалий, до 40-80 годин, процес.

Застосування газотермоциклического іонного азотування (ГТЦ ІА) у пульсуючому режимі [4], при якому поєднуються переваги використання пульсуючого струму високої напруги та газотермічних циклів насичення поверхневих шарів матеріалу азотом дозволяє підвищити зносостійкість деталей у 1,7...2,1 разу [5]. Очевидно, що зміцнення робочих поверхонь деталей повинно також сприяти підвищенню корозійної стійкості деталей. Проте в літературних джерелах [6...8] відсутня інформація щодо дослідження впливу поверхневого зміцнення сталевих деталей на їх корозійну стійкість за допомогою цього методу. Існуючий стан справ призводить до недостатньо ефективного використання потенційних можливостей машинобудівних підприємств щодо захисту деталей від корозії.

Постановка задачі. Метою даної роботи є дослідження корозійної стійкості поверхневих шарів сталі 38Х2МЮА після зміцнення імпульсним ГТЦ ІА у порівнянні з газовим азотуванням.

Методика досліджень. Поверхнєве зміцнення зразків зі сталі 38Х2МЮА за допомогою імпульсного ГТЦ ІА здійснювалося на установці ВПА-1 [9], яка має у своєму складі автоматизовану систему контролю та управління технологічним процесом. Обробка відбувалася за 16 режимами: тиск реакційного газу Р варіювався від 50 до 250 Па через кожні 50 Па; температура процесу Т становила 400, 500 та 600°C; склад реакційного газу: 95%N₂ + 5% C₃H₈; 90%N₂ + 5%С₃H₈ + 5%Аг; 80%N₂ + 5%С₃H₈ + 15%Аг; час обробки t від 1,5 до 4 годин. Одна частина зразків підлягала зміцненню без попередньої термообробки, а іншу було попередньо термооброблено за режимом – гартування Т=930...950°C у оливі, відпуск Т=600...675°C, твердість 35...37 НРС.

Для визначення корозійної стійкості проводили 10-годинні дослідження зразків у алундових тиглях на спокійному повітрі при 973К. Перед початком дослідів та через кожні 2 години витримування на поверхню зразків наносили сольову обмазку, яка складалася з Na₂SO₄ та NaCl (у співвідношенні 3:1). Оцінку корозійної стійкості проводили за питомим збільшенням маси зразків залежно від часу випробувань. Зважування проводилося на лабораторних аналітичних терезах ВЛР-200. Перед зважуванням зразки промивали бензином Б-70 (ГОСТ 1012-72) та просушували.

Результати досліджень та їх обговорення. Мікроструктури зразків зі сталі 38Х2МЮА, отримані в результаті досліджень, представлені на рис. 1 та 2.

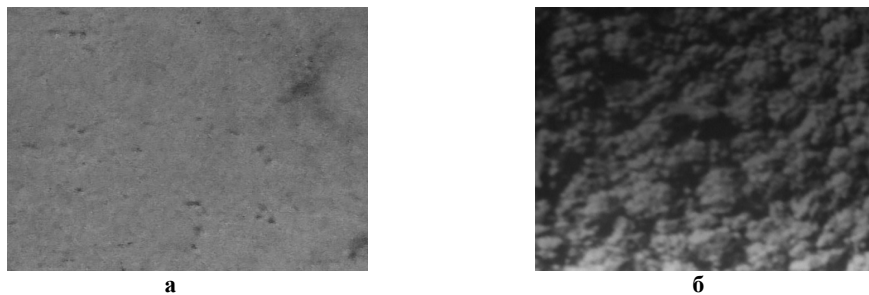


Рис. 1. Мікроструктура поверхні термообробленого (гартування при 940°C у оливі, відпускання при 650°C) та зміцненого імпульсним ГТЦ ІА (95%N₂+5%С₃H₈; Т = 600°C; Р =200 Па; t =2,5 год) зразка зі сталі 38Х2МЮА, х500: а)до випробувань корозійної стійкості; б)після випробувань корозійної стійкості.

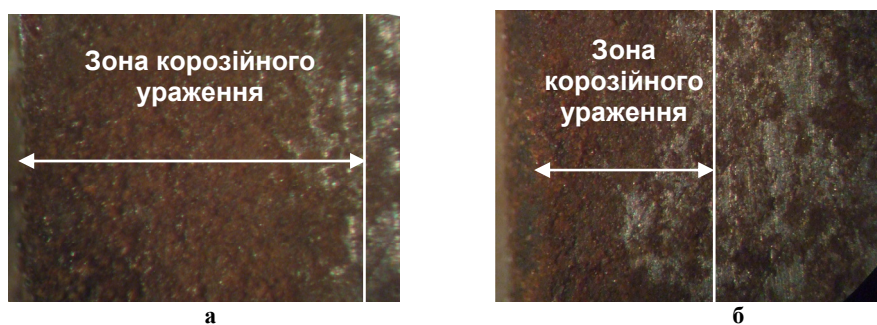


Рис. 2. Мікроструктури перпендикулярних перерізів зразків зі сталі 38Х2МЮА, х 200: а) термообробка (гартування при 940°C у оливі, відпускання при 650°C) без ГТЦ ІА; б) термообробка й наступне зміцнення ГТЦ ІА (90%N₂+5%С₃H₈+5%Аг; Т=600°C; Р= 25 Па; t = 4 год).

Як видно з рис.1 та 2, поверхня необробленого зразка має набагато більшу шорсткість, ніж після зміцнення імпульсним ГТЦ ІА, що пояснюється більш інтенсивним утворенням “наросту” з іржі у поверхневому шарі необроблених зразків, а

корозійне ураження термооброблених за традиційною технологією зразків відбувається на значно більшу глибину, ніж після наступного зміцнення імпульсним ГТЦ ІА, тому застосування іонноазотуючої обробки має позитивний вплив на антикорозійну здатність сталі 38Х2МЮА. В табл.1 наведені узагальнені результати досліджень

Таблиця 1

Результати дослідження корозійної стійкості зразків.

№ режиму обробки	Час дифузійного насичення, хв	Тиск реакційного газу, Па	Склад реакційного газу, %	Температура процесу, К	Питоме збільшення маси зразка $\Delta m/m$ після 10 годин випробувань		
					Газове азотування	ГТЦ ІА без попередньої термообробки	ГТЦ ІА з попередньою термообробкою
1	180	125	90%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 5%Ar	500	0,50	0,17	0,15
2	150	200	95%N ₂ + 5%C ₃ H ₈	600	0,44	0,22	0,20
3	210	75	80%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 15%Ar	400	0,46	0,20	0,19
4	150	175	80%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 15%Ar	600	0,49	0,16	0,14
5	210	50	90%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 5%Ar	500	0,46	0,20	0,19
6	180	100	90%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 5%Ar	400	0,44	0,20	0,20
7	240	225	95%N ₂ + 5%C ₃ H ₈	500	0,50	0,18	0,15
8	90	250	80%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 15%Ar	400	0,44	0,20	0,20
9	180	125	95%N ₂ + 5%C ₃ H ₈	600	0,47	0,16	0,12
10	150	50	80%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 15%Ar	500	0,46	0,20	0,19
11	210	175	90%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 5%Ar	400	0,44	0,22	0,21
12	150	100	95%N ₂ + 5%C ₃ H ₈	600	0,49	0,15	0,14
13	210	225	80%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 15%Ar	400	0,44	0,21	0,20
14	180	150	95%N ₂ + 5%C ₃ H ₈	500	0,51	0,18	0,17
15	240	25	90%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 5%Ar	600	0,51	0,19	0,17
16	90	150	90%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 5%Ar	400	0,46	0,20	0,19

Як видно, завдяки впливу іонноазотуючої обробки відбувається підвищення корозійної стійкості поверхневих шарів сталі 38X2MЮА порівняно з газовим азотуванням у 2,1...3,9 разу (залежно від технологічних режимів та попередньої термообробки).

Найбільшу корозійну стійкість виявлено у попередньо термооброблених та азотованих зразків, які мають у своїх поверхневих дифузійних шарах більшу кількість ϵ -фази (гексагонального карбонітриду Fe₂з(NC)). Ця фаза має кращі антикорозійні властивості, ніж γ' -фаза (гранецентрований нітрид Fe₄N). Отже, підтверджуються дані [8, 9] стосовно того, що шляхом карбонітрирування можливе досягнення як мінімум такої ж самої антикорозійної здатності, як і у випадку застосування гальванічних покриттів. Це являє собою особливий інтерес для технологів підприємств, адже добре відомо, що гальванічні покриття за інтенсивних умов експлуатації мають тенденцію до відшаровування та є небезпечними в екологічному плані. На основі триманих результатів побудовано графічні залежності зміни питомого збільшення маси дослідних сталевих зразків від часу (рис. 3). З аналізу кривих видно, що збільшення маси (відповідно і корозійне ураження) не зміцнених дослідних зразків відбувається з майже постійною інтенсивністю протягом усього часу випробувань, тоді як у іонноазотованих між 2-ю та 6-ю годинами випробувань воно майже незмінне. Тобто, у другому випадку існує свого роду зона "гальмування корозійного ураження" і

процеси деструкції у матеріалі розвиваються менш інтенсивно. Це позитивно впливає на експлуатаційні властивості та ресурсні показники елементів машин.

Висновки і перспективи подальших досліджень

В результаті проведення досліджень зразків зі сталі 38Х2МЮА. встановлено, що після імпульсного ГТЦ ІА поверхневих шарів відбувається підвищення їх корозійної стійкості порівняно з газовим азотуванням у 2,1...3,9 разу (залежно від технологічних режимів та попередньої термообробки).

Використання результатів проведених досліджень на практиці надає можливість обґрунтованого вибору технологічних режимів імпульсного ГТЦ ІА при зміцненні поверхонь деталей машин та механізмів. З огляду на позитивний вплив підвищення корозійної стійкості елементів конструкцій зі сталі 38Х2МЮА після застосування імпульсного ГТЦ ІА, вважається за доцільне подальше проведення досліджень щодо визначення одночасного впливу параметрів технологічного процесу на декілька експлуатаційних властивостей, наприклад, на корозійну стійкість та опір втомі, тощо. Крім того, аналогічні дослідження необхідно проводити для більш широкої номенклатури конструкційних матеріалів.

Список літератури

1. Улиг Г.Г., Реви Р.У. Коррозия и борьба с ней. - Л.: Химия, 1989.
2. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. М., Маш-е, 1976, 256с.)
3. Зинченко В.М., Сыропятов В.Я. Новые возможности газового азотирования, как метода антикоррозионной обработки деталей машин. // Митом, 1998, №7, С. 2-6.
4. Пат. 10014 Україна, МПК (2006) С23С 8/06. Спосіб поверхневого зміцнення сталевих деталей іонно-плазмовим азотуванням у пульсуючому тліючому розряді
5. / Ляшенко Б. А., Радько О. В. ; заявник та патентовласник Національна академія оборони України. — № 19782 ; заявл. 19.09.06 ; опубл. 15.12.06, бюл. № 12.
6. Триботехнічні властивості зміцнених газотермоциклічним іонним азотуванням сталевих деталей авіаційної техніки / Б. А. Ляшенко, А. К. Скуратовський,
7. В. І. Мірненко, О. В. Радько // Наукові вісті НТУУ КПІ. — 2007. — № 5. — С. 98—102.
8. 6. Пастух И.М. Модификация металлов с применением азотирования в тлеющем разряде: состояние и перспективы // Проблемы трибологии – 2004. – № 3. – С. 42– 55.
9. 7. Мельников О. В. Ионно-плазменное азотирование деталей АТ, из сталей и сплавов, в полой катоде / О. В. Мельников, А. О. Гаврелюк, О. А. Галабурда
10. // Совершенствование технологических процессов ремонта авиационной техники
11. / Моск. гос. техн. ун-т гражданской авиации. — М. : Транспорт, 1997. — С. 39—51.
12. Бень В. П. Несущая способность материала с покрытиями в экстремальных условиях эксплуатации : автореф. дис. канд. техн. наук / Бень Владимир Петрович. — К., 2004. — 20 с.
13. Радько О. В. Формування триботехнічних властивостей сталевих деталей авіаційної техніки імпульсним газотермоциклічним іонним азотуванням.: автореф.
14. дис. канд. техн. наук / Радько Олег Віталійович. — К., 2008. — 20 с.

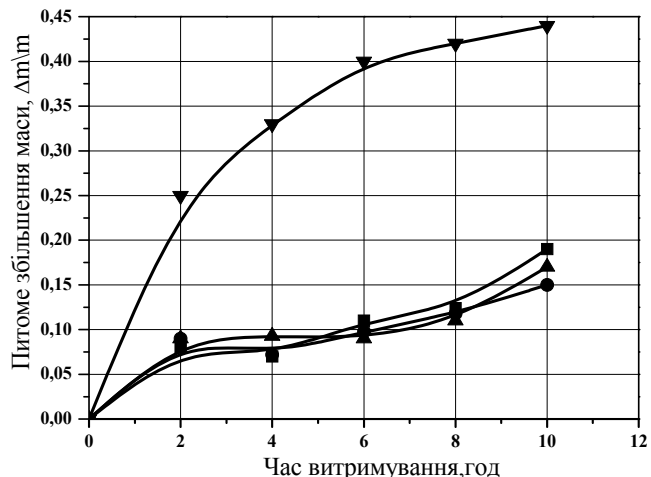


Рис.3. Залежність питомого збільшення маси зразка від часу випробувань: 1 – термообробка (ТО); 2–ТО++ГТЦ ІА (95%N₂+5%С₃Н₈; Т= 600°С; Р= 200 Па; t = 2,5 год); 3 – ТО + ГТЦ ІА (90%N₂+5%С₃Н₈+5%Ar; Т=600°С; Р=25 Па; t = 4 год); 4 – ТО + ГТЦ ІА (95%N₂+ 5%С₃Н₈; Т=500°С; Р=225 Па; t = 4 год)