

Військово-технічні проблеми

УДК 621.726:539.26

Г.В. Каракуркчі, В.М. Щокін, І.Ю. Єрмоленко, М.В. Ведь, М.Д. Сахненко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНИМИ СПЛАВАМИ ФЕРУМУ

Обґрунтовано доцільність використання електролітичних сплавів феруму з тугоплавкими металами (Мо і W) для відновлення зношених поверхонь деталей ОВТ під час проведення ремонтних робіт. Встановлено, що запропоновані гальванічні сплави мають підвищені фізико-механічні та корозійно-електрохімічні властивості й можуть застосовуватись для інтенсифікації процесів відновлення і зміцнення зношених поверхонь.

Ключові слова: ремонт ОВТ, ремонтне виробництво, відновлення зношених поверхонь, електролітичне залізнення, гальванічні покриття сплавами заліза, тугоплавкі метали.

Вступ

Постановка проблеми. Бойова готовність військ до виконання завдань за призначенням на пряму залежить від технічного стану озброєння та військової техніки (ОВТ), відповідності зразків сучасним вимогам щодо ефективності застосування, а також термінів та необхідних засобів для їх обслуговування та ремонту. Враховуючи те, що сучасний стан більшості ОВТ, що стоїть на озброєнні Збройних Сил України (ЗСУ), є критичним [1] через значну кількість несправних зразків та зразків з незначним залишком ресурсних показників, програмними документами щодо розбудови та реформування ЗСУ передбачені завдання щодо відновлення та модернізації наявних зразків ОВТ з подовженням термінів і ресурсів їх експлуатації [2].

Крім того, в процесі експлуатації машин за різних умов (природне зношування, бойові пошкодження та ін.) їх бойові та експлуатаційні показники можуть знижуватись, в результаті чого машини можуть виходити зі строю. Відновлення бойових та експлуатаційних показників в машинах досягається шляхом їх ремонту. Таким чином, ремонт ОВТ, зокрема бронетанкового озброєння та техніки спеціальних військ, є одним із постійно діючих факторів, що забезпечують високу бойову готовність військ.

Ремонт ОВТ являє собою складний виробничий процес, який включає велику кількість різних організаційних та технічних заходів. Однією із найважливіших умов, що забезпечує швидке та якісне відновлення ушкоджених машин, є застосування раціональних технологій ремонту [3].

Ефективність технологічного процесу ремонту машин оцінюється за трьома критеріями:

- якість відремонтованих об'єктів;
- продуктивність ремонту;

- економічність процесу ремонту.

Якщо для цивільної техніки факторами визначення доцільності застосування певної технології ремонту є показники економічності, для військової техніки основними критеріями є показники якості та продуктивності ремонтного процесу [4].

Аналіз основних причин несправностей та пошкоджень об'єктів ОВТ свідчить, що найбільш розповсюдженою передумовою їх виникнення є зношування поверхонь агрегатів, вузлів та деталей при експлуатації техніки.

В результаті зношування робочих поверхонь збільшуються зазори у рухомих та спряжених деталях, змінюється їх розташування, що порушує нормальні умови роботи вузлів, механізмів та систем, що призводить до перерозподілу діючих навантажень, збільшенню контактних напружень, внаслідок чого відбувається подальша інтенсифікація процесів зношування.

Одним з найбільш ефективних технологічних шляхів відновлення зношених поверхонь та підвищення надійності роботи деталей машин і механізмів є нанесення на робочу поверхню виробів різних покриттів товщиною від декількох мікрометрів до міліметрів, що здатні забезпечити необхідні експлуатаційні характеристики деталей. Незначна витрата матеріалу покриття та підвищені характеристики поверхонь деталей забезпечують перспективність використання покриттів цільового призначення та їх впровадження у виробничу та ремонтну практику.

Для відновлення зношених поверхонь деталей машин і механізмів широко використовуються електролітичні сплави на основі заліза [4 – 6]. Перевагами залізнення є висока продуктивність і технологічна простота процесу, а також низька собівартість одержуваних покриттів. Окрім відновлення зношеної поверхні виробів, практичну цінність представ-

ляє перспектива підвищення корозійної стійкості та механічного зміцнення відновленої поверхні введенням легуючих компонентів до сплаву.

Мета статті: на основі існуючих підходів щодо відновлення зношених поверхонь деталей та вузлів озброєння і військової техніки обґрунтувати доцільність використання гальванічних покриттів сплавами заліза з тугоплавкими металами в ремонтній практиці та технологіях протикорозійного захисту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гальванічні покриття широко застосовуються у машинобудуванні, оскільки нанесення їх на вироби забезпечує отримання функціональних покриттів при незначних матеріальних витратах.

У ремонтному виробництві досить розповсюджене електролітичне залізнення (осталювання) – процес електролітичного осадження заліза із водних розчинів його закисних солей. Електролітично осаджене залізо характеризується високою хімічною чистотою, завдяки чому його зносостійкість та корозійна тривкість вище, ніж у маловуглецевої сталі або чавуну. Слід зазначити, що процес відновлення зношених поверхонь залізом є більш продуктивним та економічним, ніж хромування, що робить процес осталювання перспективним для потреб військового ремонту.

Осадження гальванічного заліза проводять з холодних та гарячих сульфатних, хлоридних, фторборатних, кремнійфторидних та органічних електролітів на основі солей феруму (II) постійним та асиметричним струмом [5 – 6]. Якість одержаних електролітичних осадів заліза залежить від складу та рН електроліту, температури, режиму осадження. Використання нестационарних режимів електролізу дозволяє інтенсифікувати процес формування електролітичних осадів заліза.

У технологіях ремонту бронетанкового озброєння залізненням відновлюють переважно деталі автомобільних та колісних бронетранспортерів (пошнєві пальці, шкворні, поворотні кулаки).

Оптимальні показники якості та продуктивності процесу формування гальванічних покриттів електролітичним залізом для потреб військового ремонту досягається при відновленні зношених поверхонь з гарячого ($t = 60 - 70$ °C) електроліту складу, г/л: $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} - 200$, $\text{NaCl} - 100$, $\text{HCl} - 0,8 - 1,0$, $\text{MnCl}_2 - 10$ у гальваностатичному режимі при густині струму від 10 до 50 А/дм². Вихід процесу за струмом – 80 – 90% [4].

Проте багаторічна експлуатація зазначених електролітів та режимів електролізу виявила ряд істотних недоліків. Всі електроліти на основі солей Fe (II) нестійкі через їх схильність до інтенсивного окиснення і гідратування, що викликає погіршення якості осадів та зниження ефективності процесу (виходу за струмом). Хлоридні електроліти є більш продуктивними, ніж сульфатні, але дуже агресивними та екологічно небезпечними через високу хімічну активність

хлорид-іонів, що висуває певні вимоги до організації технологічного процесу. До того ж сформовані покриття електролітичного заліза мають значну крихкість через наводнення та є корозійно нестійкими під час довгострокового зберігання.

Способами інтенсифікації гальванічного відновлення зношених поверхонь є:

– вдосконалення складу електролітів та розробка нових високопродуктивних розчинів зі збільшеними термінами експлуатації та вищими виходами за струмом;

– використання нестационарних режимів електролізу для отримання якісних покриттів чистими металами та їх сплавами;

– варіювання температури та рН електроліту для пошуку оптимальних умов формування якісних покриттів з підвищеними фізико-механічними властивостями.

Таким чином, недоліки, притаманні гальванічним покриттям електролітичного заліза, можна нівелювати варіюванням параметрів електролізу та введенням в сплави заліза додаткових компонентів.

Електролітичне осадження сплавів замість чистих металів дає можливість значно поліпшити якість гальванічних покриттів. При звичайних температурах та специфічних умовах, що визначаються умовами кристалізації, можна керувати складом і структурою покриттів, отримувати властивості, які неможливо одержати іншими способами.

В даний час набули широкого розповсюдження електрохімічні технології нанесення металевих покриттів бінарними та тернарними сплавами заліза з хромом, нікелем, міддю, вольфрамом, титаном та іншими металами [7]. При цьому такі гальванічні сплави характеризуються відсутністю внутрішніх напружень, низькою собівартістю, високою швидкістю осадження, широким діапазоном товщин, що наносяться, високою адгезією до основи, а також підвищеними показниками зносостійкості та корозійної тривкості у середовищах різної кислотності.

Саме цьому використанню електролітичних сплавів заліза з легуючими компонентами на заміну залізнення (осталювання) в ремонтній практиці прогнозовано дозволить не тільки ефективно відновлювати зношені поверхні деталей ОБТ, а й надавати їм певні експлуатаційні характеристики (мікротвердість, зносостійкість, корозійну тривкість), що підвищить надійність роботи відновлених вузлів та агрегатів та значно подовжить ресурс експлуатації ОБТ.

Викладення основного матеріалу

Основні положення матеріалу статті. Виходячи з основних підходів, що застосовуються при відновленні зношених деталей ОБТ, для підвищення фізико-механічних властивостей відновлених поверхонь та легування гальванічних сплавів заліза були обрані тугоплавкі метали (молібден і вольфрам), що

пояснюється їх функціональними властивостями. Введення молібдену до складу гальванічних покриттів прогнозовано дозволить збільшити їх опір до локальних видів корозії (пітингової та міжкристаліної) і захисну здатність у агресивних середовищах (наприклад, за присутності хлорид-іонів); вольфрам забезпечить підвищену мікротвердість та жаростійкість відновлених поверхонь.

Поставлена задача вимагає створення продуктивного і стабільного електроліту для нанесення сплавів Fe-Mo та Fe-Mo-W з урахуванням іонних рівноваг в розчині, співставленні стандартних потенціалів електродних реакцій за участю сплавотвірних компонентів, вибору термодинамічно сумісних лігандів з наступним опрацюванням параметрів і режимів електролізу.

Забезпечити необхідну кількість тугоплавких компонентів у складі гальванічного сплаву при високій продуктивності процесу можна досягти використанням комплексних цитратних електролітів на основі солей Fe (III) [7]. Це дає змогу зблизити потенціали виділення заліза і легуючих компонентів (Mo та W), а також попередити самодовільне окиснення Fe^{2+} до Fe^{3+} . Електроліт, розроблений для формування електролітичних покриттів сплавами Fe-Mo та Fe-Mo-W, містить сіль основного металу ($Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$) та легуючих компонентів ($Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ і $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$), цитрат-іони (Na_3Cit), а також сульфат натрію (Na_2SO_4) та боратну кислоту (H_3BO_3) для забезпечення високої електропровідності, розсіювальної здатності та якості покриттів.

Технологічний процес відновлення зношених поверхонь складається з декількох етапів (підготовка деталей, електролітичне осадження металу або сплаву, обробка після осадження). При цьому якість підготовки поверхні перед нанесенням покриття (рис. 1) забезпечує його високу адгезію і, відповідно, якісне формування електролітичного осаду.

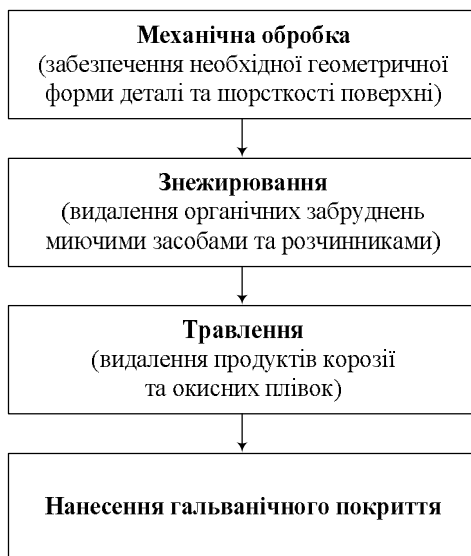


Рис. 1. Етапи підготовки деталей до формування електролітичних покриттів

Враховуючи зазначене, модельні експерименти щодо формування покриттів електролітичними сплавами Fe-Mo та Fe-Mo-W проводили на зразках зі сталі марки Ст. 3 та сірого чавуну, які підготовлені за стандартною методикою.

Осадження електролітичних сплавів феруму з молібденом і вольфрамом здійснювали з комплексних цитратних електролітів у гальваностатичному режимі за допомогою джерела постійного струму Б5-49 та уніполярним імпульсним струмом з використанням потенціостата ПІ-50-1.1 та програматора ПР-8 в електролітичній комірці ЯСЕ-2.

Склад електролітів та режими нанесення наведено у табл. 1.

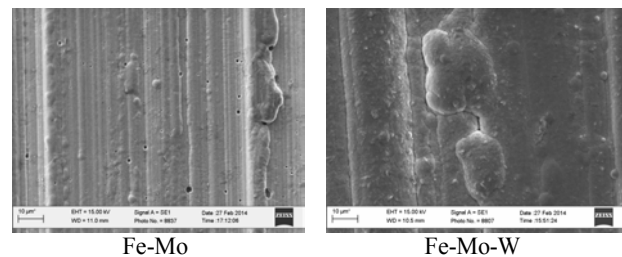
Таблиця 1

Склад електроліту та режими формування покриттів сплавами Fe-Mo та Fe-Mo-W

Покриття	Fe-Mo		Fe-Mo-W	
	Склад електроліту, моль/дм ³	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ 0,1	$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ 0,08	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ 0,1
	$Na_3C_6H_5O_7$ 0,3	Na_2SO_4 0,1	$Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$ 0,04	$Na_3C_6H_5O_7$ 0,3
	H_3BO_3 0,1		Na_2SO_4 0,1	H_3BO_3 0,1
pH електроліту	2,6 – 3,0		3,0 – 3,5	
Температура, °C	20 – 25		20 – 25	
Густина струму, $j_{кв}$, А/дм ²	2,5 – 7,5		3,5 – 8,0	
Тривалість процесу, хв	15 – 30		15 – 30	
Вихід за струмом, %	65 – 90		65 – 85	

Встановлено, що з розроблених електролітів як в гальваностатичному режимі, так і нестационарним електролізом можна наносити рівномірні світлі блискучі низькопоруваті покриття сплавами Fe з Mo і W. На вихід за струмом та вміст легуючих компонентів сплавів впливає режим електролізу, pH та температура електроліту.

Дослідження складу одержаних електролітичних сплавів, морфології та топографії поверхні, проведені методом електронної скануючої мікроскопії (рис. 2), свідчать, що з опрацьованих електролітів осаджуються покриття з вмістом до 30 – 40% Mo у бінарному сплаві та до 25 – 38% Mo й 6 – 9% W у тернарному.



Fe-Mo

Fe-Mo-W

Рис. 2. Морфологія поверхні сплавів Fe-Mo та Fe-Mo-W. Збільшення $\times 1000$

Покриття сплавами Fe-Mo та Fe-Mo-W, сформовані уніполярним імпульсним струмом амплітудою від 3,5 до 6,0 А/дм² при тривалості імпульсу $5 \cdot 10^{-3}$ – $1 \cdot 10^{-2}$ та паузи $1 \cdot 10^{-2}$ – $2 \cdot 10^{-2}$ с містять менше неметалічних включень, мають рівномірнішу поверхню та є менш поруватими, ніж сплави, одержані у гальваностатичному режимі.

Розрахована швидкість осадження гальванічних сплавів у всіх режимах складає 20 – 25 мкм/год.

Корозійну тривкість одержаних покриттів сплавами Fe-Mo та Fe-Mo-W досліджували у кислих, нейтральних та лужних середовищах методами імпедансної спектроскопії і поляризаційного опору. Виходячи з отриманих поляризаційних залежностей та визначеного струмового показника корозії для досліджуваних сплавів, було розраховано глибинний показник корозії (k_b , мм/рік). Для покриттів Fe-Mo та Fe-Mo-W у всіх модельних корозійних середовищах значення k_b знаходиться в інтервалі 0,004 – 0,006, що дозволяє віднести їх до категорії “вельми стійкі”.

Мікротвердість покриттів сплавами Fe-Mo та Fe-Mo-W визначали за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3 з навантаженням 20 г. Проведені дослідження довели, що незалежно від умов одержання сплавів мікротвердість отриманих покриттів у 2,0 – 2,5 рази вища за основний метал (сталь марки 3 та сірий чавун). Сформовані покриття мають міцне зчеплення з основою, стійке навіть при механічній обробці та підготовці поперекових зрізів і шліфуванні.

Таким чином, сукупність властивостей електролітичних сплавів заліза з тугоплавкими металами дає можливість інтенсифікувати процеси гальванічного відновлення зношених поверхонь з підвищенням їх фізико-хімічних властивостей.

Висновки

1. В результаті досліджень встановлено, що з комплексних цитратних електролітів заліза (III) можна наносити якісні покриття сплавами Fe-Mo та

Fe-Mo-W, як в гальваностатичному режимі, так і нестационарним електролізом.

2. При додержанні вимог технологічного процесу зазначені сплави мають підвищені фізико-механічні та корозійно-електрохімічні властивості і можуть бути застосовані як перспективні в ремонтній практиці для відновлення й зміцнення зношених поверхонь та технологіях протикорозійного захисту.

Список літератури

1. Бегма В.М. Військово-технічна та оборонно-промислова політика України в сучасних умовах: аналітична доповідь / В.М. Бегма, О.О. Свергунов; упоряд. В.М. Маркелов, [за заг. ред. В.М. Бегми]. – К.: НІСД, 2013. – 112 с.
2. Гуляев А.В. Адаптація системи технічного обслуговування і ремонту озброєння та військової техніки до нового вигляду Збройних Сил України / А.В. Гуляев // Системи озброєння і військова техніка, 2012. – № 4 (32). – С. 18-21.
3. Гуляев А.В. Методичні основи вибору способу відновлення деталей озброєння та військової техніки / А.В. Гуляев // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Т. Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2013. – Вип. 42. – С. 16-18.
4. Технология ремонта бронетанковой техники / под общ. ред. М.И. Марюткина. – М.: Академия бронетанковых войск, 1973. – 592 с.
5. Закиров Ш.З. Упрочнение деталей машин электроосаждением железа / Закиров Ш.З. – Душанбе: Ирфон, 1978. – 208 с.
6. Мелков М.П. Электролитическое наращивание деталей машин твердым железом / М.П. Мелков – Саратов: Приволжское книжное изд., 1964. – 204 с.
7. Зеликман А.Н. Металлургия редких металлов / А.Н. Зеликман, Б.Г. Кориунов. – М.: Металлургия, 1991. – 432 с.
8. Пат. 86680 Україна, МПК C25D 3/56. Електроліт для нанесення покриття сплавом залізо-молібдену / М.В. Ведь, Г.В. Каракуркчи, М.Д. Сахненко, С.І. Зюбанова; заявник і патентовласник Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”. – № u201307708; заявл. 17.06.13; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1.

Надійшла до редколегії 25.03.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Єрмаков, факультет військової підготовки НТУ «ХПІ», Харків.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМИ СПЛАВАМИ ФЕРРУМА

А.В. Каракуркчи, В.М. Щокин, И.Ю. Ермоленко, М.В. Ведь, Н.Д. Сахненко

Обоснована целесообразность использования электролитических сплавов железа с тугоплавкими металлами (Мо и W) для восстановления изношенных поверхностей деталей ВВТ во время проведения ремонтных работ. Установлено, что разработанные гальванические сплавы имеют повышенные физико-механические и коррозионно-электрохимические свойства и могут применяться для интенсификации процессов восстановления, упрочнения и защиты стальных и чугунных деталей.

Ключевые слова: ремонт ВВТ, ремонтное производство, восстановление изношенных поверхностей, электролитическое железнение, гальванические покрытия сплавами железа, тугоплавкие металлы.

INTENSIFICATION OF AME RESTORE WORN PARTS BY ELECTROLYTIC FERRUM ALLOYS

A.V. Karakurkchy, V.M. Schokin, I.Yu. Yermolenko, M.V. Ved, N.D. Sakhnenko

The appropriateness utilization of electrolytic iron alloys with high-melting metals (Mo and W) for worn surfaces of arms and equipment restoring during repairs was established. It was shown the enhanced physical, mechanical and corrosion-electrochemical properties of designed alloys which can be used to intensify the processes of restoring, strengthening and protection of steel and cast iron parts and machine components.

Keywords: repair AME, repair manufacture, restoration of worn surfaces, electrolytic ironing, iron alloys electroplating.