

УДК 621.35

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

РЕСУРСОЗАОЩАДЖУВАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ**Постановка проблеми**

Зношування деталей машин та устаткування є причиною порушення нормальних умов функціонування вузлів та механізмів внаслідок збільшення зазорів у спряжених та рухомих деталях, змінення їх взаємного розташування тощо. Значний обсяг деталей, що надходять для капітального ремонту, мають пошкодження лише поверхневого шару без істотних руйнувань об'єкта в цілому, тому потребують застосування певної технології поверхневої обробки. Обираючи спосіб, в який буде проведено відновлення зношеної поверхні, слід враховувати вимоги щодо ефективності та екологічної безпеки технологічного процесу. Рациональна технологія ремонту деталей повинна відповідати наступним критеріям: якість відремонтованих деталей, продуктивність ремонтної технології та її економічність, при цьому саме остання складова є переважаючою при прийнятті рішення.

Таким чином, підвищення надійності роботи обладнання, подовження ресурсу його експлуатації та реновація машин й устаткування за рахунок застосування прогресивних ресурсозберігаючих технологій ремонту є актуальною задачею.

Підвищення якості ремонтних робіт та зниження витрат на їх здійснення досягається за рахунок використання технологій зміцнення та відновлення зношених поверхонь. Більшість деталей, відновлених та зміцнених сучасними способами, за своїми експлуатаційними характеристиками, працездатністю та довговічністю роботи не поступаються новим виробам, при цьому витрати значно скорочуються.

Найбільш перспективним способом зміцнення та відновлення зношених поверхонь деталей зі сталі та чавуну є нанесення на їх поверхню захисних покриттів металами (хромом, міддю, нікелем). Особливе місце при цьому посідає електролітичне залізнення, яке має такі переваги, як висока продуктивність, достатня дешевизна та простота організації технологічного процесу [1].

Нівелювати притаманні залізненню негативні фактори (низька адгезія з основою, значна воднева крихкість, недостатня твердість) можна за рахунок легування співосаджуваними компонентами. Додаткове введення молібдену і вольфраму дозволяє підвищити механічний та хімічний опір сформованих покриттів та отримати нові функціональні матеріали для зміцнення та відновлення деталей.

Відомі способи формування зносостійких гальванічних покриттів двокомпонентними сплавами заліза з молібденом та вольфрамом асиметричним змінним струмом з хлоридних електролітів на основі заліза (II) з додаванням цитратної кислоти, молібдату амонію (вольфрамату натрію) та хлоридної кислоти [2]. Сформовані покриття Fe-Mo та Fe-W, за свідченнями авторів, мають вищі показники мікротвердості, міцності зчеплення з основою та зносостійкості порівняно з чистим електролітичним залізом. Проте вищенаведений спосіб формування зносостійких покриттів має недоліки, пов'язані з низькою стабільністю електролітів, що пояснюється окисненням заліза (II) як киснем повітря, так і в анодному процесі, а також невисокий вміст тугоплавких металів в одержаних сплавах (до 2,5 мас%).

Нами досягнуті певні успіхи у розробці технології бінарних покриттів на основі заліза для зміцнення зношених деталей [3], але вельми перспективним, на наш погляд, є формування багатоконпонентних покриттів заліза шляхом легування молібденом і вольфрамом для зміцнення та відновлення поверхні деталей зі сталі та чавуну, які б мали більший вміст сплавотвірних компонентів, а, отже, і вищі фізико-механічні властивості, та відповідали вимогам екологічності і ресурсозаощадження.

Матеріали та методи досліджень

Покриття залізо-молібден-вольфрам товщиною від 1 до 20 мкм осаджували на попередньо підготовлені зразки зі сталі 3 та сірого чавуну СЧ 18 з комплексного цитратного електроліту на основі сульфату заліза (III) при температурі 20...25 °С, кислотність розчину підтримували в інтервалі 2,8...3,5. Електроосадження проводили з використанням потенціостата ПІ-50-1.1 та програматора ПР-8 уніполярним імпульсним струмом амплітудою від 3,5 до 6 А/дм² при тривалості імпульсу 5·10⁻³...1·10⁻² та паузи 1·10⁻²...2·10⁻².

Продуктивність процесу за струмом визначали гравіметрично, виходячи з приросту маси зразка за час електролізу з урахуванням електрохімічного еквіваленту сплаву.

Хімічний склад покриттів досліджували методом рентгенівської фото-електронної мікроскопії на енергодисперсійному спектрометрі INCA Energy 350, морфологію поверхні вивчали за допомогою сканівного електронного мікроскопу (СЕМ) Zeiss EVO 40XVP. Оцінку шорсткості поверхні гальванічних

осадів здійснювали контактним методом сканівним зондовим мікроскопом ACMNT-206 (зонд CSC-37 кантілівер В).

Дослідження фізико-механічних властивостей електролітичних покриттів багатокомпонентними сплавами заліза проводили з використанням мікротвердоміра ПМТ-3 з навантаженням 50 і 100 г та металографічного мікроскопу НЕОРНОТ-21 (збільшення $\times 100 \dots 500$). Корозійну тривкість покриттів оцінювали у модельних агресивних середовищах за глибинним показником корозії.

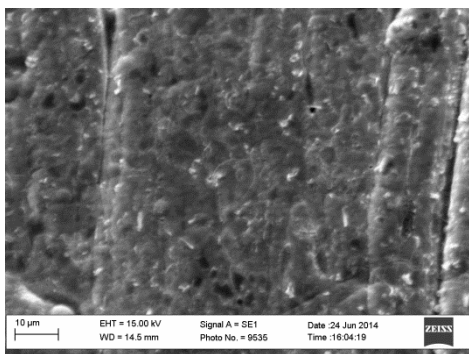
Результати та їх обговорення

Для формування багатокомпонентних покриттів заліза з молібденом і вольфрамом обрані комплексні цитратні електроліти на основі заліза (III). Це пояснюється тим, що у робочому діапазоні рН, враховуючи схильність заліза (III) та цитратів до гідролізу, константи нестійкості комплексів та потенціали відновлення Fe(III), Mo(VI) та W(VI), створюються оптимальні умови для співосадження зазначених компонентів у покриття.

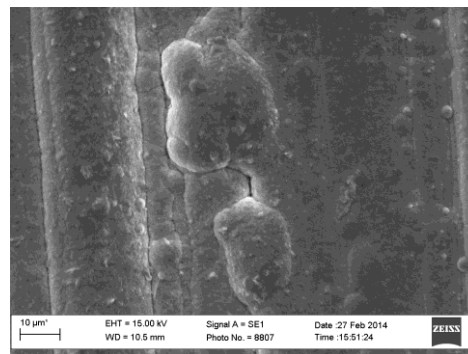
Концентрації компонентів розробленого електроліту не перевищують 0,3 моль/дм³ для ліганду та 0,1 моль/дм³ для решти речовин, включаючи також іони сплавотвірних металів. Це дозволяє віднести розроблений електроліт до категорії ресурсозощаджувальних за концентрацією основних компонентів [6].

Використання імпульсного електролізу дозволяє інтенсифікувати процес електроосадження покриттів заліза з молібденом і вольфрамом і досягти виходу за струмом від 65 до 85 % при досить високій концентрації легуючих компонентів у сплаві (Mo – 15...35 мас%, W – 5,0...15,0 мас%). Середня швидкість осаження покриттів залізо-молібден-вольфрам в заданих умовах становить 20–25 мкм/год. Слід відзначити, що реакції осаження молібдену та вольфраму конкурують між собою, оскільки залежно від концентрації солей та умов осаження на молібден і вольфрам сумарно приходиться 30...40 мас%, тоді як на залізо у будь-якому випадку – 50...60 мас%. Крім того, цікавим виявився і факт впливу матеріалу основи на вміст легуючих компонентів покриття.

Запропонований інтервал густин струму, тривалості імпульсу та паузи забезпечує оптимальну якість покриття та співвідношення вмісту молібдену і вольфраму. При зменшенні/збільшенні вказаних параметрів якість покриття та ефективність осаження значно знижуються. Сформовані покриття є рівномірними по всій поверхні зразків, без тріщин, з гомогенною поверхнею, аморфною структурою, про що свідчать дані мікрорентгеноспектрального аналізу та дослідження морфології і топографії поверхні покриттів за знімками сканівного (рис. 1) та атомно-силового мікроскопів (рис. 2).



а



б

Рисунок 1 – Покриття Fe-Mo-W на підкладці зі Ст.3 (а) та СЧ 18 (б).
Збільшення $\times 1000$

При дослідженні мікрорельєфу зразка (рис. 3) встановлено, що утворена структура складається з зерен сферичної форми, а конгломерати мають розмір 0,5...1,0 мкм.

Дослідження фізико-механічних властивостей (визначення мікротвердості та стійкості при механічній обробці) електролітичних покриттів Fe-Mo-W, сформованих на зразках зі Ст. 3 та СЧ 18 проводили з використанням мікротвердоміра ПМТ-3 з навантаженням 50 г та металографічного мікроскопу НЕОРНОТ-21 (збільшення $\times 100 \dots 500$). Результати дослідження довели, що незалежно від умов формування покриттів заліза з тугоплавкими металами їх мікротвердість у 2,0...2,5 рази вища за основний метал (Ст. 3 та СЧ 18). Покриття рівномірні та мають міцне зчеплення з основою по всій площині зразків, стійкі при механічній обробці та підготовці поперекових перерізів і шліфуванні (рис. 4).

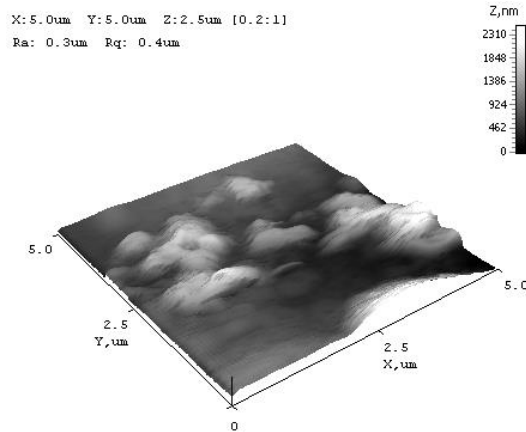


Рисунок 2 – 3-D карта поверхні покриття Fe-Мо-W на підкладці зі Ст.3

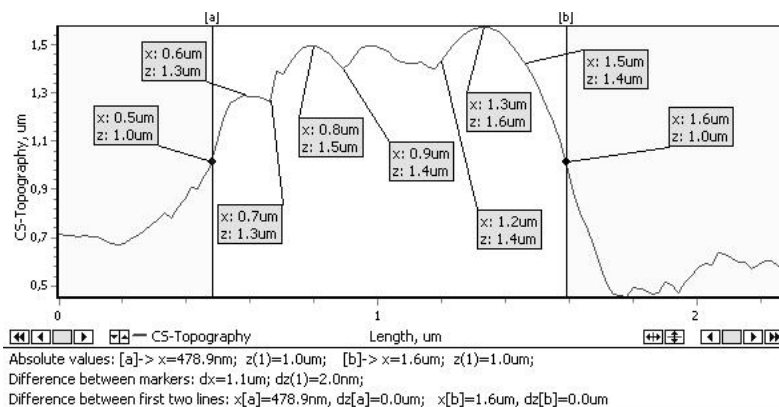


Рисунок 3 – Профіль перетину покриття Fe-Мо-W на підкладці зі Ст.3

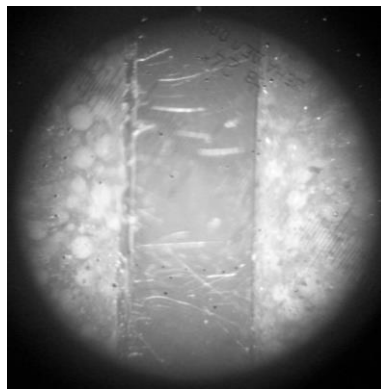


Рисунок 4 – Поперековий переріз покриття Fe-Мо-W на підкладці із Ст.3

Випробування сформованих покриттів на корозійну тривкість у середовищах різної кислотності довели, що за величиною глибинного показника корозії k_h сформовані гальванічні покриття Fe-Мо-W у всіх модельних корозійних середовищах відносяться до категорії “вельми стійкі” (значення k_h знаходиться в інтервалі 0,004...0,006 мм/рік).

Висновки

Одержані багатокомпонентні електролітичні покриття заліза з молібденом і вольфрамом мають покращені фізико-механічні властивості та корозійну стійкість, що свідчить про можливість їх використання для ефективного відновлення та зміцнення зношених поверхонь деталей з наданням відновленій поверхні підвищених функціональних властивостей. Технологічний процес формування

електролітичних покриттів Fe-Mo-W із цитратних електролітів на основі сульфату заліза (III) відповідає вимогам ресурсозбереження й екологічної безпеки та є перспективним для потреб виробництва.

Література

1. Закиров Ш. З. Упрочнение деталей машин электроосаждением железа / Ш. З. Закиров. – Душанбе: Ирфон, 1978. – 208 с.
2. Применение электролитических сплавов на основе железа для упрочнения и восстановления деталей машин / В.В. Серебровский, Е.А. Афанасьев, Д.С. Реутов, Р.В. Степашов // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». – 2012. – Вип. 6 (24). – С. 38–42.
3. Сахненко М.Д. Ресурсозаощаджувальна технологія відновлення зношених деталей / М.Д. Сахненко, М.В. Ведь, Г.В. Каракуркчі [та ін.] // Інтегровані технології та ресурсозбереження, 2013. – № 2. – С. 9–13.
4. Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии в химической и нефтехимической промышленности: тез. докл. III Международной конференции Российского химического общества им. Д.И. Менделеева: – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2011. – С. 23–26.

Bibliography (transliterated)

1. Zakirov Sh. Z. Uprochnenie detaley mashin elektroosazhdeniem zheleza. Sh. Z. Zakirov. – Dushanbe: Irfon, 1978. – 208 p.
2. Primenenie elektroliticheskikh spлавov na osnove zheleza dlya uprochneniya i vosstanovleniya detaley mashin. V.V. Serebrovskiy, E.A. Afanasev, D.S. Reutov, R.V. Stepashov. Visnik Sumskogo natsionalnogo agrarnogo universitetu. Seriya «Mehanizatsiya ta avtomatizatsiya virobnichih protsesiv». – 2012. – Vip. 6 (24). – P. 38–42.
3. Sahnenko M.D. Resursozaozhadzhivalna tehnologiya vidnovlennya znoshenih detaley. M.D. Sahnenko, M.V. Ved, G.V. Karakurkchi [ta in.]. Integrovani tehnologiyi ta resursozberezhennya, 2013. – # 2. – P. 9–13.
4. Resursosberegayushchie i energoeffektivnyie tehnologii v himicheskoy i neftehimicheskoy promyshlennosti: tez. dokl. III Mezhdunarodnoy konferentsii Rossiyskogo himicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva: – M.: RHTU im. D. I. Mendeleeva, 2011. – P. 23–26.

УДК 621.35

Сахненко Н.Д., Ведь М.В., Каракуркчі А.В., Ермоленко І.Ю.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Показана возможность применения электролитических многокомпонентных покрытий железа с молибденом и вольфрамом для упрочнения деталей. Сформированные покрытия Fe-Mo-W имеют повышенные физико-механические и коррозионные свойства, процесс осаждения высокоэффективен и характеризуется большой скоростью формирования покрытия. Технологический процесс отвечает требованиям ресурсосбережения и экологической безопасности.

Skhnenko N.D., Ved M.V., Karakurkchi A.V., Yermolenko I.Yu.

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF FORMATION IRON-BASED MULTICOMPONENT COATINGS FOR HARDENING OF PARTS

The possibility of using electrolytic multicomponent coatings of iron with molybdenum and tungsten for hardening of parts is shown. Formed coating by Fe-Mo-W have higher physical, mechanical and corrosion properties, the deposition process is highly efficient and is characterized by a high rate of the coating formation. Technological process meets the requirements of resource conservation and environmental safety.