

УДК 621.357

А.В. Каракурчки, М.В. Ведь, И.Ю. Ермоленко, Л.П. Фомина

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ СПЛАВАМИ ЖЕЛЕЗА С МОЛИБДЕНОМ И ВОЛЬФРАМОМ

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

Электролитические покрытия сплавами Fe-Mo (W) и Fe-Mo-W получены из цитратного электролита на основе Fe (III) в гальваностатическом и импульсном режимах на подложках из стали 3 и серого чугуна СЧ 18. Показано, что содержание легирующих компонентов, морфология и топография поверхности покрытий зависят от режима нанесения. Установлено, что функциональные свойства многокомпонентных сплавов железа превышают показатели подложки и предопределяются составом, структурой и шероховатостью покрытий.

Введение

Свойства рабочих поверхностей деталей и элементов машин и механизмов определяют их эксплуатационную надежность и долговечность. В связи с этим не прекращается поиск эффективных путей повышения физико-механических свойств и коррозионной стойкости конструкционных металлов и сплавов.

Эксплуатационные характеристики материалов можно эффективно повышать путем нанесения тонкослойных гальванических покрытий целевого назначения [1]. Выбор компонентов для электролитического сплавообразования основывается на широком опыте использования легированных сталей и зависимости их функциональных свойств от состава. Именно поэтому введение молибдена и вольфрама в состав покрытий на основе железа прогнозируемо позволит повысить физико-механические свойства (микротвердость, износостойкость) и коррозионную стойкость получаемых сплавов [2–3].

Экспериментальная часть

Покрытия формировали на подложках из Ст 3 и СЧ 18 из цитратных электролитов состава, моль·дм⁻³: Fe₂(SO₄)₃ – 0,1–0,15; Na₂MoO₄ – 0,06–0,08 и/или Na₂WO₄ – 0,04–0,06; Na₃Cit – 0,2–0,3; Na₂SO₄ – 0,1; H₃BO₃ – 0,1. Показатель pH регулировали добавлением NaOH или H₂SO₄ и поддерживали в интервале 3,0–4,5.

Электроосаждение проводили в двух режимах: гальваностатическом при плотности тока j 3,0–6 А·дм⁻² и импульсном при варьировании амплитуды униполярного тока 3,5–6,5 А·дм⁻², длительности импульса $t_{\text{и}}$ 5–10 мс и паузы $t_{\text{п}}$ 10–20 мс, температура 20–25 °С. Анодом служили пластины из стали марки X18H10T, соотношение $S_{\text{к}} : S_{\text{а}}$ составляло 1:10.

Выход по току и толщину покрытий определяли гравиметрически с учетом электрохимического эквивалента сплава. Химический состав покрытий исследовали с использованием энергодисперсионного спектрометра INCA Energy 350. Морфо-

логию поверхности оценивали по изображениям, полученным с помощью сканирующего электронного микроскопа ZEISS EVO 40XVP. Оценку шероховатости поверхности электролитических осадков проводили на сканирующем зондовом микроскопе ACM NT-206. Фазовый состав покрытий изучали на дифрактометре ДРОН-2.0 в излучении железного анода.

Микротвердость Hц определяли с использованием микротвердомера ПМТ-3 с алмазной пирамидой при нагрузке P = 50 г и 100 г. Исследования антифрикционных свойств покрытий проводили на серийной машине трения 2070 СМТ-1 по схеме “диск – колодка” в диапазоне нагрузок 0,2–1,0 кН при скорости скольжения 1,3 м·с⁻¹.

Анализ полученных результатов

На основании анализа кинетических закономерностей установлен механизм электрохимического формирования сплавов Fe-Mo и Fe-Mo-W, по которому соосаждение железа с молибденом и вольфрамом из цитратного электролита (pH 3,0–4,0) происходит по двум маршрутам: первый – стадийное восстановление металлов из гетероядерных комплексов состава [FeHCitMO₄]⁻, (где M = Mo, W), разряд которых сопровождается химической реакцией высвобождения лиганда; второй – стадийное восстановление железа (III) преимущественно из адсорбированных комплексов состава [FeHCit]⁺, и частично – из FeOH²⁺ также сопровождается высвобождением лиганда [4].

Управление составом и морфологией бинарных и тернарных сплавов возможно за счет изменения соотношения концентраций сплавообразующих компонентов, использования различных режимов и параметров электролиза, что позволяет получать покрытия с содержанием легирующих компонентов (в пересчете на металл) Mo – до 40 масс. %, W – до 30 масс. % при скорости осаждения 25–30 мкм/час и эффективности электролиза 65–87 % (рис. 1) [5].

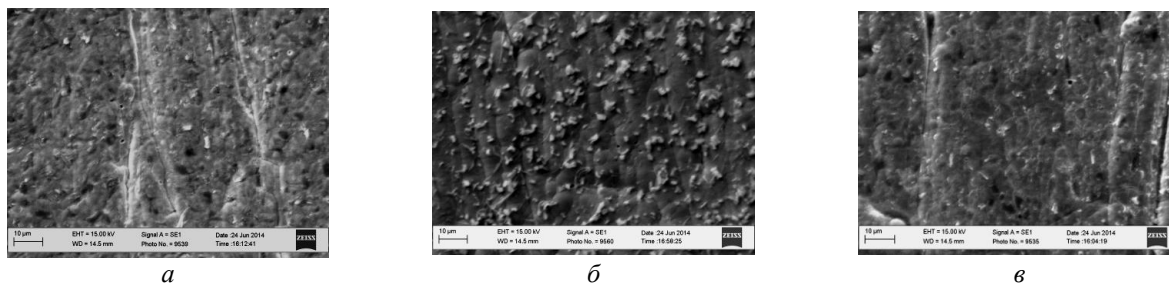


Рис. 1. Морфологія поверхні покриттів ($\times 1000$) сплавами Fe-Mo (а), Fe-W (б), Fe-Mo-W (в), отриманих в імпульсному режимі

Покриття Fe-Mo і Fe-Mo-W, отримані в різних режимах електролізу, є блискучими і рівномірними, не мають тріщин, в той же час як Fe-W місцями відшаровується від матеріалу підкладки. Різниця структури отриманих катодних осадків підтверджується результатами дослідження фазового складу: сплави Fe-Mo і Fe-Mo-W є аморфними, а Fe-W – твердий розчин вольфраму в залізі, що в сукупності з високим вмістом W (до 30 мас.%) визначає високий рівень внутрішніх напружень і слабку адгезію до підкладки.

Повишена корозійна стійкість сплавів Fe-Mo (W) і Fe-Mo-W в кислої і СГ-содержащої середі забезпечується присутністю Мо і W, що підвищує опір питтинговій корозії і схильність до пасивації. Предложені сплави перевершують за мікротвердістю основу з сталі і чугуна (рис. 2 а), а коефіцієнт тертя в 3–4 рази менше в порівнянні з показателем основного металу (рис. 2 б), що обумовлює підвищення износоустойчивости матеріалів (рис. 2 в) при використанні в парах тертя [6].

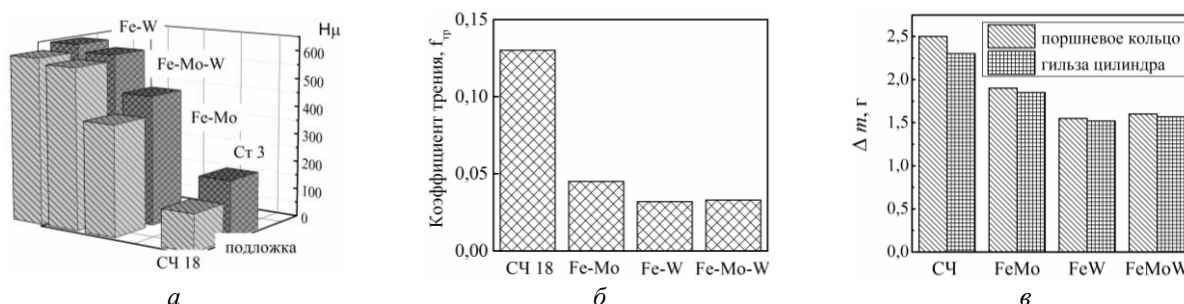


Рис. 2. Функціональні властивості покриттів сплавами Fe-Mo (W) і Fe-Mo-W: а – мікротвердість, б – коефіцієнт тертя, в – износоустойчивость

Заключення

Склад, морфологія і топографія поверхні сплавів Fe-Mo (W) і Fe-Mo-W залежить від режиму електролізу. Фізико-хімічні і механо-триботехнічні властивості покриттів збільшуються за рахунок утворення аморфної структури і залежать від вмісту тугоплавких компонентів.

Список літератури:

1. Берри Р. Тонкопленочная технология: пер. с англ. / Р. Берри, П. Холл, М. Гаррис. – М.: Энергия, 1972. – 336 с.
2. Brenner A. Electrodeposition of Alloys / A. Brenner. – New York: Academic Press Inc., 1963. – In 2 Vol. 3. Kuznetsov V.V. Electrodeposition of iron-molybdenum alloy from ammonia-citrate electrolyte / V.V. Kuznetsov, K.E. Golyanin, T.V. Pshenichkina // Russian Journal of

- Electrochemistry. – 2012. – Vol. 48. – № 11. – P. 1107 – 1112.
4. Каракуркчі Г.В. Електрохімічне відновлення заліза з електролітів на основі Fe (III) / Г.В. Каракуркчі, М.В. Ведь, І.Ю. Єрмоленко, Т.О. Ляшенко // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 51 (1093). – С. 16 – 24.
5. Каракуркчі Г.В. Ресурсозаощаджувальна технологія формування багатоконпонентних покриттів на основі заліза для зміцнення деталей / Г.В. Каракуркчі, М.Д. Сахненко, М.В. Ведь, І.Ю. Єрмоленко // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 4. – С. 25 – 28.
6. Каракуркчі Г.В. Ресурсозберігаючі технології відновлення знаних поверхонь гальванічними сплавами феруму з тугоплавкими металами / Г.В. Каракуркчі, М.В. Ведь, М.Д. Сахненко, І.Ю. Єрмоленко // Екологія та промисловість. – 2015. – № 1 – С. 66 – 70.

FUNCTIONAL COATING ALLOYS OF IRON WITH MOLYBDENUM AND TUNGSTEN

A.V. Karakurkchi, M.V.Ved, I.Yu. Yermolenko, L.P. Fomina

Electrolytic coating alloys Fe-Mo (W), and Fe-Mo-W are deposited from citrate bath based on Fe (III) in galvanostatic and pulse modes on substrates of steel and cast iron. It is shown that the content of alloying components and morphology, topography of the coatings' surface depends on the mode of electrolysis. It is found that the functional properties of the multicomponent iron alloys exceed substrate's parameters and strongly depend on the composition, structure and roughness of the coatings.

Key words: iron-molybdenum (tungsten) alloy, iron-molybdenum-tungsten alloy, refractory metals, corrosion resistance, frictional properties, wear resistance.