

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ БИНАРНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗНОЙ МАТРИЦЫ

А.В. Филонович, И.В. Ворначева, Е.А. Филатов, И.А. Макарова

Научный руководитель: профессор, д.т.н. В.Н. Гадалов

Юго-Западный государственный университет,

Россия, г. Курск, ул. 50 лет октября, д.94, 305040

E-mail: vornairina2008@yandex.ru

*Представлены исследования повышения износостойкости электролитических бинарных сплавов на основе железной матрицы.*

Широкое применение различных методов нанесения покрытий на металлические поверхности, наблюдаемое в последнее время, революционизирует различные отрасли машиностроения и другие области техники.

Для легирования электролитического железа применяются различные добавки. Многочисленные исследования [1] указывают на то, что при легировании Mo, W и P [2-4] электролитического железа получаются сплавы с высокими физико-механическими свойствами. Детальное решение вопроса повышения износостойкости будет способствовать получению электролитических покрытий высокого качества для упрочнения и восстановления деталей машин.

Исследование физико-механических свойств и процесса получения электроосажденных сплавов проводилось по методике поэтапного определения оптимальных параметров. Современное состояние теории трения и износа позволяет при испытаниях прогнозировать износостойкость покрытий, исходя из их физико-механических свойств.

Для определения условий электролиза, обеспечивающих получение износостойких железо-молибденовых и железо-вольфрамовых покрытий, применялась методика планирования экспериментов. Обработка результатов экспериментов производилась путем группировки данных по значениям каждого фактора.

На основе результатов исследования процесса получения сплавов установлено следующее. Износ электролитических железо-молибденовых покрытий находится в сложной функциональной зависимости между условиями и режимами электролиза (1):

$$I = f(\beta, D_k, C_{л.к.}, C_l, pH, t), \quad (1)$$

где  $\beta$  – показатель асимметрии;  $D_k$  – плотность тока, А/дм<sup>2</sup>;  $C_{л.к.}$  – концентрация легирующей соли, кг/м<sup>3</sup>;  $C_l$  – концентрация лимонной кислоты, кг/м<sup>3</sup>;  $pH$  – кислотность электролита;  $t$  – температура электролита, °С.

В результате обработки которых была получена формула для определения величины износа легированных покрытий (2):

$$\varepsilon = \frac{C_l \cdot t \cdot pH}{C_l \cdot t \cdot pH \cdot (4,9 \cdot 10^{-3} \cdot t^2) + pH \cdot (1,29C_l + pH^2) + 3,9t \cdot C_l} \times \\ \times \frac{12,76\beta \cdot D_k \cdot C_0}{10^{-8} \cdot (327 + \beta^3) \cdot (1,35 \cdot 10^5 + D_k^3) \cdot (1,41 + C_{Mo}^3)}. \quad (2)$$

Основное влияние на износ покрытий оказывает содержание молибдена в покрытии. Увеличение содержания молибдена до (1,0...1,5) % позволило уменьшить износ образцов почти в три раза. При содержании Mo выше оптимальных значений износ покрытий увеличивается.

Наиболее износостойкие железо-молибденовые покрытия получены при следующих условиях электроосаждения: показатель асимметрии – 6, катодная плотность тока – 40 А/дм<sup>2</sup>, температура электролита – 40 °С, кислотность электролита pH – (0,8...1,0), концентрация лимонной кислоты – 4,5 кг/м<sup>3</sup>; концентрация молибдата аммония – (0,6...1,0) кг/м<sup>3</sup>; концентрация хлорида железа (350...400) кг/м<sup>3</sup> [3].

Оптимальные условия для железо-вольфрамовых покрытий следующие: хлорид железа – 300 кг/м<sup>3</sup>; натрий вольфрамово-кислый – 4 кг/м<sup>3</sup>; лимонная кислота – 8 кг/м<sup>3</sup>, температура электролита – 40 °С, кислотность электролита pH – 1,0, плотность тока 30 А/дм<sup>2</sup> [4].

Результаты сравнительных испытаний на износ показали, что износостойкость железо-молибденовых покрытий к стали 45 составила 176 % при трении в паре с чугуном и 194 % – с бронзой.

Износостойкость железо-вольфрамовых покрытий на 72% выше износостойкости закаленной стали 45 при трении с чугуном и на 85% – при трении с бронзой.

При трении без смазки железо-молибденовые и железо-вольфрамовые покрытия превосходят износостойкость железных покрытий в (1,87...1,95) раза.

Металлографические исследования показали, что электролитические железо-молибденовые и железо-вольфрамовые покрытия имеют ярко выраженную слоистую структуру. Толщина слоя достигает нескольких десятков и даже сотен микрометров.

Причиной образования слоистой структуры покрытий, по-видимому, является периодическое защелачивание прикатодного пространства и, соответственно, периодическая кристаллизация гидроксида железа.

Термообработка сплавов до температуры 673 К приводит к практическому исчезновению слоистости, но на микротвердость покрытий заметного влияния не оказывает.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гадалов, В.Н. Химико-термическая, электрофизическая обработка металлов, сплавов и гальванических покрытий [Текст] / В.Н. Гадалов, В.Р. Петренко, В.В. Пешков, С.Ф. Сафонов // М.: АРГАМАК-МЕДИА. 2013. 320 с. – (Научное сообщество).
2. Способ электролитического осаждения сплава железо-фосфор / В.И. Серебровский, Л.Н. Серебровская, Н.В. Коняев [и др.] // Патент на изобретение № 2164560, 2001. 6 с.
3. Способ электролитического осаждения сплава железо-молибден / В.И. Серебровский и др. // Патент на изобретение № 2174163, 2001. 6 с.
4. Способ электролитического осаждения сплава железо-вольфрам / В.И. Серебровский и др. // Патент на изобретение № 2192509. 2002. 6 с.