

УДК 621.357

К ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

НВЕ ОБОНО НЕСТОР

Научный руководитель В. В. КОНКИНА, канд. техн. наук, доц.
Тамбовский государственный технический университет
Тамбов, Россия

Введение. Гальванические покрытия применяются для защиты металлических поверхностей, повышения их износостойкости и придания функциональных и эстетических свойств. Процесс образования покрытия основан на электроосаждении, в котором масса осаждённого металла связана с электрическими параметрами процесса через закон Фарадея:

$$m = \eta \frac{M It}{nF},$$

где m – масса осаждённого металла; η – выход по току; M – молярная масса металла; I – сила тока; t – время осаждения; n – число электронов, участвующих в реакции; F – постоянная Фарадея.

Это соотношение позволяет количественно связывать переменные процесса с количеством внедрённого материала.

Качество гальванического покрытия определяется не только массой осаждённого металла, но и его распределением по поверхности и функциональными свойствами покрытия. Для всесторонней оценки качества используются показатели равномерности, шероховатости и микротвёрдости.

Равномерность покрытия. В случае сложной геометрии распределение плотности тока является неравномерным, что приводит к вариациям толщины покрытия. Равномерность отражает однородность толщины покрытия по всей поверхности изделия. Степень однородности покрытия определяют через количественный критерий равномерности по формуле [1]

$$R = \frac{1}{S_k} \int_{S_k} \frac{(\delta(x,y,z) - \delta^{\min})}{\delta^{\min}} dS_k,$$

где R – показатель равномерности распределения слоя покрытия; S_k – площадь поверхности катода; $\delta(x, y, z)$ – толщина покрытия в конкретной точке; $\delta^{\min}$ – минимальная толщина слоя.

Минимальная толщина покрытия должна превышать заданную величину либо быть равной ей: $\delta^{\min} \geq \delta^{est}$, где δ^{est} – заданная (установленная) толщина.

Шероховатость поверхности. Шероховатость характеризует микрогеометрические неровности поверхности покрытия и зависит от множества параметров технологического процесса [2]. В обобщённой форме её можно представить как многофакторную зависимость

$$R_a = f(J, T, t, C, pH, A, \omega),$$

где R_a – средняя арифметическая шероховатость; f – функция; J – плотность тока; T – температура; t – время осаждения; C – концентрация электролита; pH – кислотность раствора; A – концентрация добавок; ω – интенсивность перемешивания. Данная зависимость носит эмпирический характер и учитывает взаимодействие параметров. Контроль шероховатости требует стабильности состава ванны, воспроизводимых гидродинамических условий и стандартизированных методик измерения.

Микротвёрдость покрытия. Микротвёрдость определяется по формуле Виккерса [3]

$$HV = 1,8544 \frac{F}{d^2},$$

где HV – твердость по Виккерсу; F – приложенная нагрузка; d – средняя диагональ отпечатка.

Микротвёрдость служит индикатором механической прочности покрытия, износостойкости и связана со структурой осаждённого металла.

Заключение. Качество гальванического покрытия не следует оценивать только по количеству осаждённого металла. Необходимо рассматривать его в комплексе с точки зрения равномерности, шероховатости и микротвёрдости. Данные показатели дополняют друг друга, позволяют оценивать качество получаемой поверхности и её механические свойства, составляют техническую основу для контроля и оптимизации процесса электроосаждения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Конкина, В. В.** Постановка задачи оптимального управления реверсивным режимом нанесения гальванического покрытия в ванне со многими анодами / В. В. Конкина, Д. С. Соловьев, Ю. В. Литовка // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 248–256.
2. **Гравин, А. А.** Исследование процесса нанесения модифицированных электрохимических оксидных покрытий и их влияние на теплоотдачу / А. А. Гравин, Ю. В. Литовка // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 18, № 4. – С. 813–820.
3. **Соловьев, Д. С.** Решение многокритериальной задачи выбора гальванического покрытия с использованием метода анализа иерархий / Д. С. Соловьев, И. А. Мукина, Ю. В. Литовка // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2017. – № 1. – С. 18–27.