

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ И МИКРОТВЕРДОСТИ НИКЕЛЕВОГО ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ РЕВЕРСИРОВАНИИ ТОКА

Ю.В. Литовка, А.С. Егоров

*Кафедра «Системы автоматизированного проектирования»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; polychem@list.ru*

Ключевые слова и фразы: гальванические процессы; микротвердость; неравномерность; реверсивный ток.

Аннотация: Приведены результаты экспериментов по исследованию зависимости неравномерности и микротвердости никелевого гальванического покрытия от параметров реверсивного тока.

Для защиты металлов от коррозии, декоративной отделки изделий, придания поверхности изделий специальных свойств применяются покрытия, получаемые преимущественно гальваническим методом.

Одним из важных качественных показателей гальванических покрытий является равномерность покрытия. Неоднородность электрического поля приводит к неравномерности гальванического покрытия и, как следствие, к дополнительному расходу электроэнергии и металла покрытия, а при толщине покрытия на некоторых участках меньше заданной – к браку. Для устранения данных недостатков применяются следующие методы повышения равномерности:

1) геометрические (использование фигурного анода, биполярного электрода, токонепроводящего перфорированного экрана, многоанодных систем);

2) электрохимические (изменение плотности тока, применение нетрадиционных источников тока).

Геометрические способы являются сложными в технологическом плане и связаны со сложностью выбора конфигурации и перемещения анодных секций. Для многоанодных систем используются разные потенциалы на анодных секциях, поочередное включение (выключение) анодных секций, изменение расположения анодных секций. Повышение плотности тока часто способствует получению на катоде мелкозернистых покрытий. В то же время при выходе плотности тока за допустимые пределы покрытие становится рыхлым, а по краям катода образуются дендриты. Примерами нетрадиционных источников тока являются реверсивный, асимметричный переменный и импульсный токи. В настоящий момент отсутствуют серийно выпускаемые источники импульсного и асимметричного переменного токов для использования в гальванике.

Рассмотрим применение реверсивного тока для улучшения качества никелевого покрытия. Периодическое изменение полярности электродов приводит к под-

щелачиванию прикатодного пространства в катодный период и увеличению концентрации ионов никеля в результате растворения металла в анодный период, а, следовательно, образованию коллоидной гидроокиси никеля. Ее адсорбция на поверхности металла способствует получению гладких осадков в отсутствие органических добавок в электролите. Согласно исследованиям [1], применение реверсивного тока позволяет получить мелкокристаллические блестящие никелевые осадки без использования органических блескообразователей.

Однако в указанных исследованиях не учитывается такой качественный показатель, как равномерность полученного покрытия. Реверсирование тока приводит к повышению равномерности покрытия вследствие того, что за время включения обратного тока скорость растворения металла покрытия на ближайших к анодам и на более нагруженных участках поверхности детали будет больше, чем на остальных [2].

Никелевые гальванические покрытия широко используются в различных отраслях промышленности. Это объясняется их физико-механическими и химическими свойствами. При толщине никелевого покрытия 0,125 мм основной металл детали уже предохраняется от воздействия промышленных газов и растворов [3]. При менее агрессивной среде достаточен слой толщиной 0,05...0,1 мм.

В данной работе исследовалась зависимость неравномерности и микротвердости никелевого покрытия от времени включения прямого $\tau_{пр}$ и обратного $\tau_{об}$ токов. Катодная и анодная плотности тока были постоянны и равны 5 А/дм². Границы интервалов изменения $\tau_{пр}$ и $\tau_{об}$ были выбраны исходя из указанных выше исследований, показывающих, что никелевое покрытие не будет рыхлым при частоте импульсов от 10⁻² до 10⁻¹ Гц и скважности от 80 до 95 %. Для планирования эксперимента применялся метод ЛП_т-последовательностей. Этот метод позволяет получить координаты последовательности точек, равномерно распределенных внутри *n*-мерного куба с длиной ребра равной 1. Хорошим распределением обладают последовательности, составленные не менее чем из 14–15 точек [4]. Были проведены 15 экспериментов. В экспериментах использовался электролит Уоттса, температура электролита поддерживалась на уровне 52 °С. Электролит перемешивался воздухом из барботера. В качестве электродов использовались стальные пластины размером 3 × 3 см, расстояние между пластинами 4,5 см. Время нанесения покрытия 1 ч.

После нанесения покрытия поверхность пластины разбивалась сеткой с шагом 2 мм. Толщина покрытия измерялась прибором «Константа К5» в точках полученной сетки. Полученные результаты измерения сглаживались методом скользящего среднего по трем точкам.

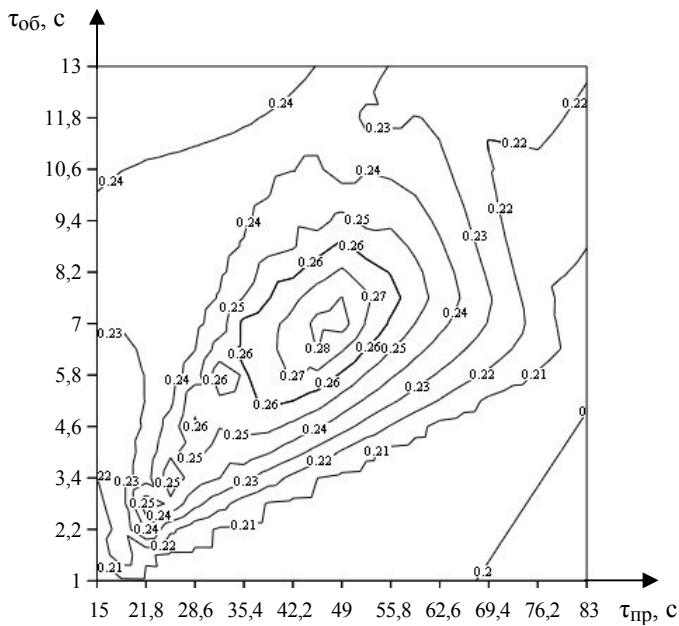
Значение критерия неравномерности *R* рассчитывалось по формуле

$$R = S_K^{-1} \int_{S_K} ((\delta(x, y, z) - \delta^{\min}) / \delta^{\min}) dS_K,$$

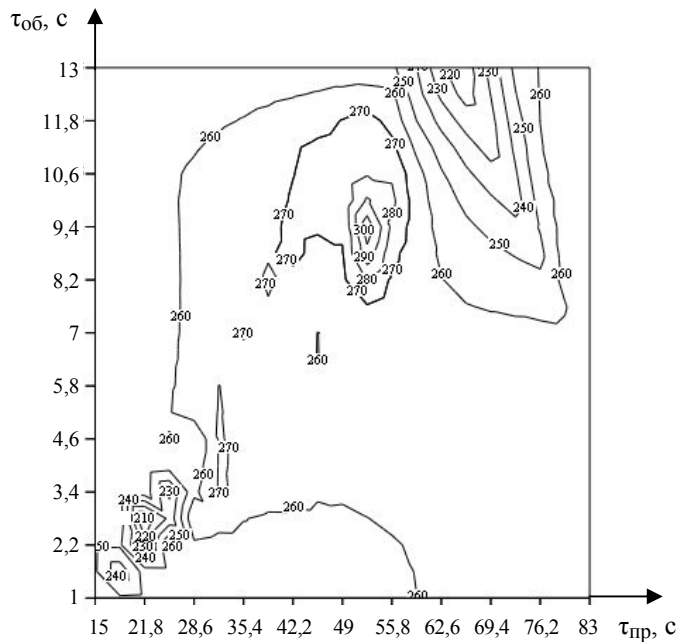
где δ^{\min} – минимальная толщина покрытия, мкм; $\delta(x, y, z)$ – толщина покрытия в точке с координатами (x, y, z) , мкм; S_K – площадь поверхности катода, мм².

Микротвердость μ покрытия определялась в семи точках прибором ПМТ-3. Среднее значение микротвердости рассчитывалось по формуле среднего арифметического. На рисунке построены линии уровня неравномерности и микротвердости покрытия от $\tau_{пр}$ и $\tau_{об}$.

Наименьшая неравномерность $R = 0,203$ получена при $\tau_{пр} = 83$ с, $\tau_{об} = 6$ с. Наибольшая микротвердость $\mu = 311,8$ кг/мм² получена при $\tau_{пр} = 52$ с, $\tau_{об} = 9$ с.



a)



a)

Зависимость неравномерности R (а) и микротвердости μ , кг/мм², (б) от параметров реверсивного тока

Выводы. Использование реверсивного тока по сравнению с прямым током улучшает оба критерия: R – на 17,7 %, μ – на 8,3 %. Параметры реверсивного тока, обеспечивающие минимум R и максимум μ не совпадают. Следовательно, целесообразно использовать компромиссные варианты, например свертки критериев, построение области Парето и т.д.

Список литературы

1. Коллиа, С. Электроосаждение блестящих никелевых покрытий с использованием реверсивного импульсного тока / С. Коллиа, Ф. Котзиа, Н. Спиреллис // Гальванотехника и обработка поверхности. – 1992. – № 5–6. – С. 23–26.
2. Бахвалов, Г.Т. Новая технология электроосаждения металлов / Г.Т. Бахвалов. – М. : Металлургия, 1966. – 151 с.
3. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник. В 2 т. Т. 1 / М.А. Шлугер [и др.]. – М. : Машиностроение, 1985. – 240 с.
4. Соболев, И.М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И.М. Соболев, Р.Б. Статников. – М. : Наука, 1981. – 112 с.

Experimental Study of Irregularity and Microhardness Values of Nickel Electroplated Coating under Reverse Current

Yu.V. Litovka, A.S. Egorov

*Department “Computer Aided Design”, TSTU;
polychem@list.ru*

Key words and phrases: electroplating processes; microhardness; nonuniformity; reverse current.

Abstract: The paper describes the results of experiments on the dependence of the nonuniformity and microhardness of nickel plating on the parameters of reverse current.

Experimentelle Untersuchung der Werte der Ungleichheit und der Mikrohärtigkeit des galvanischen Nickelüberzuges bei der Reversierung des Stromes

Zusammenfassung: Es sind die Ergebnisse der Experimente in der Untersuchung der Abhängigkeit der Ungleichheit und der Mikrohärtigkeit des galvanischen Nickelüberzuges von den Parameter des Reversierstromes angeführt.

Etude expérimentale des grandeurs de l'inégalité et de la microrigidité du revêtement galvanique de nickel lors de la réversion du courant

Résumé: Sont cités les résultats des expériences sur l'étude de la dépendance de l'inégalité et de la microrigidité du revêtement galvanique de nickel des paramètres du courant réversible.

Авторы: *Литовка Юрий Владимирович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования»; *Егоров Андрей Сергеевич* – аспирант кафедры «Системы автоматизированного проектирования», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Брусенцов Юрий Анатольевич* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Материалы и технология», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».