

УДК 621.357

DOI: 10.53015/18159958_2021_3_3

**ОПТИМАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ КАТОДОВ
В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ
ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ ВАННОЙ**

**OPTIMUM PLACEMENT OF CATHODES IN THE AUTOMATED
CONTROL SYSTEM OF THE GALVANIZED BATHROOM**

© 2021

Банников Андрей Алексеевич¹, аспирант кафедры систем
автоматизированной поддержки принятия решений

Литовка Юрий Владимирович², доктор технических наук, профессор
кафедры систем автоматизированной поддержки принятия решений

Bannikov Andrey Alekseevich, postgraduate student of the department Systems
automated decision support

Litovka Yuri Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of
the Department of Systems automated decision support

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов (Россия)
Tambov State Technical University, Tambov (Russia)

E-mail: aabannikov@yandex.ru¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6027-1580>²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5792-340X>

Аннотация: Важнейшим показателем качества гальванического покрытия является равномерность распределения толщины наносимого металла по поверхности детали. Детали большого размера целесообразно обрабатывать совместно, так как обычно в промышленных условиях используются гальванические ванны большого объема. Соответственно, нерентабельно обрабатывать по одной детали за один цикл работы гальванической ванны. В связи с тем, что форма обрабатываемых деталей может быть разной и количество деталей может варьироваться, то или иное размещение множества деталей на специальном подвесочном устройстве может приводить к различным значениям суммарной неравномерности, причём при неудачном размещении могут быть существенны потери металла покрытия и перерасход электрической энергии. Соответственно, возникает задача оптимального управления такой многокатодной системой. Рассмотрена система оптимального управления процессом нанесения гальванического покрытия с применением нескольких катодов различной формы и веса. Система управления решает задачу поиска оптимального расположения нескольких катодов различной формы и веса в гальванической ванне для получения покрытий с минимальной неравномерностью. В результате применения рассмотренной системы оптимального управления на гальваническом производстве увеличивается скорость обработки деталей, уменьшается количество брака в процессе производства, уменьшается нагрузка на оператора гальванической линии. Также стоит отметить снижение потребления электроэнергии гальванической линией при внедрении системы оптимального управления процессом нанесения гальванического покрытия с применением нескольких катодов различной формы и веса. Предложенная модификация метода Гомори повышает эффективность работы системы управления и снижает количество времени, необходимого для расчёта оптимального расположения деталей на подвесе.

Ключевые слова: гальваническое покрытие, критерий, неравномерность, метод, деталь, катод, анод.

Для цитирования: Банников А.А., Литовка Ю.В. Оптимальное размещение катодов в автоматизированной системе управления гальванической ванной // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2021. Т. 17, № 3 (65). С. 3–9. DOI: 10.53015/18159958_2021_3_3.

Abstract: The most important indicator of the quality of the galvanic coating is the uniformity of the distribution of the thickness of the applied metal over the surface of the part. It is advisable to process small parts together, because usually in industrial conditions, large-volume galvanic baths are used. Accordingly, it is unprofitable to process one part at a time in the electroplating bath. Due to the fact that the shape of the processed parts can be different and the number of parts can vary, this or that placement of many parts on a special suspension device can lead to different values of the total unevenness, and if the placement is unsuccessful, there can be significant losses of the coating metal and excessive consumption of electrical energy. Accordingly, the problem arises of optimal control of such a multi-cathode system. The system of optimal control of the electroplating process using several cathodes of different shapes and weights is considered. The control system solves the problem of finding the optimal location of several cathodes of different shapes and weights in a galvanic bath to obtain coatings with minimal unevenness. As a result of the application of the considered optimal control system in galvanic production, the processing speed of parts increases, the number of rejects in the production process decreases, and the load on the operator of the galvanic line decreases. It is also worth noting a decrease in electricity consumption by a galvanic line when introducing a system for optimal control of the process of applying a galvanic coating using several cathodes of various shapes and weights. The proposed modification of the Gomori method increases the efficiency of the control system and reduces the amount of time required to calculate the optimal arrangement of parts on the suspension.

Keywords: electroplating, criterion, unevenness, method, part, cathode, anode.

For citation: Bannikov A.A., Litovka Yu.V. Optimal placement of cathodes in the automated control system of the galvanic bath // Conduct of higher educational institutions of the Chernozem region. 2021. Vol. 17, № 3 (65). P. 3–9. DOI: 10.53015/18159958_2021_3_3.

ВВЕДЕНИЕ

Нанесение гальванических покрытий – один из наиболее распространенных способов придания покрываемой поверхности деталей специальных свойств [1–3]. Качество гальванического покрытия существенно влияет на качество готовых изделий, их долговечность и эксплуатационные характеристики. Важнейшим показателем качества покрытия является равномерность распределения толщины наносимого металла по поверхности детали.

ТЕОРИЯ ВОПРОСА

Детали небольшой площади необходимо обрабатывать совместно, так как нерентабельно обрабатывать по одной детали за один цикл работы гальванической ванны. Совместная обработка деталей приводит к экономии времени и затрачиваемых ресурсов.

В связи с тем, что форма обрабатываемых деталей может быть разная и количе-

ство деталей может варьироваться, размещение деталей на подвеске может приводить к различным значениям суммарной неравномерности, причём при неудачном размещении потери металла покрытия и перерасход электрической энергии могут быть существенны [4].

Суммарная неравномерность m деталей может быть оценена формулой, аналогичной приведенной в [5–7]:

$$R = \sum_{j=1}^m \int_{S_j} \frac{\delta_j(x, y, z) - \delta_j^{\min}}{\delta_j^{\min}} dS_j,$$

где R – критерий неравномерности; $\delta_j(x, y, z)$ – толщина покрытия в точке j -го катода с координатами (x, y, z) ; δ_j^{\min} – минимальная толщина покрытия на j -м катоде; S_j – площадь поверхности j -го катода; m – количество деталей – катодов.

Подвеска – специальная конструкция, погружаемая в гальваническую ванну и предназначенная для размещения на ней нескольких обрабатываемых деталей с

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

- А.А. Банников, Ю.В. Литовка** Оптимальное размещение катодов в автоматизированной системе управления гальванической ванной.....3
- А.М. Литвиненко, Г.В. Кудрявцев, М.У. Ибрагимов** Исследование адаптивной системы управления электроэнергетическим комплексом с ветроэлектрогенератором.....10
- С.А. Белозоров, А.В. Куксин** Математическое описание геометрии магнитной системы ротора электрической машины с V-образным размещением постоянных магнитов18

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИКА

- Ю.В. Лубенец** Модифицированный коэффициент конкордации, учитывающий в большей степени согласованность лучших альтернатив, при наличии связанных рангов39
- А.М. Корнеев, А.А. Струков, Т.В. Лаврухина, А.В. Суханов** Идентификация параметров системы принятия решений по техническому обслуживанию и ремонту летательных аппаратов.....47
- А.Н. Анненков, О.В. Белоусова, А.И. Шиянов** Разработка автоматической установки нанесения фоторезиста.....55

CONTENTS

ELECTRIC POWER INDUSTRY

- A.A. Bannikov, Yu.V. Litovka** Optimum placement of cathodes in the automated control system of the galvanized bathroom.....3
- A.M. Litvinenko, G.V. Kudryavtsev, M.U. Ibrahimov** Research of adaptive control system of electric power complex with wind power generator.....10
- S.A. Belozorov, A.V. Kuksin** Mathematical description geometry of magnetic system of the rotor an electric machine with V-shaped permanent magnets18

AUTOMATION AND INFORMATICS

- Yu.V. Lubenets** Modified concordance ratio accounting to a greater degree consistency of the best alternatives if related ranks are available39
- A.M. Korneev, A.A. Strukov, T.V. Lavrukina, A.V. Sukhanov** Identification of decision-making system parameters for aircraft maintenance and repair.. 47
- A.N. Annenkov, O.V. Belousova, A.I. Shiyanov** Development of an automatic application unit of a photorealist.....55

Chief Editor

Shpigunovich Alexander Nikolaevich – D.Sc. (Tech.), Prof.

Deputy Chief Editor

Zatsepina Violetta Iosifovna – D.Sc. (Tech.), Prof.

Executive Secretary

Shachnev Oleg Yaroslavovich – Cand.Sc. (Tech.), Associate Prof.

Members of the Editorial Council:

Saraev Pavel Viktorovich, D.Sc. (Tech.), Associate Prof. (Lipetsk State Technical University, Russia, Lipetsk)

Pogodaev Anatoly Kiryanovich, D.Sc. (Tech.), Prof. (Lipetsk State Technical University, Russia, Lipetsk)

Byaly Vitold, D.Sc. (Tech.), Prof. (Silesian Technical University, Poland, Gliwice)

Voltchev Stanimir, D.Sc. (Tech.), Prof. (University of Lisbon, Portugal, Lisbon)

Ruomei Li, D.Sc. (Tech.), Prof. (Chinese Society of Electrical Engineering, China)

Krasnyansky Mikhail Nikolaevich, D.Sc. (Tech.), Prof. (Tambov State Technical University, Russia, Tambov)

Lucas Vilmar Adolfo, D.Sc. (Tech.), Prof. (Berlin Technical University, Germany, Berlin)

Naizabekov Abdrakhman Batyrbekovich, D.Sc. (Tech.), Prof. (Rudny Industrial Institute, Kazakhstan, Rudny)

Sukhinin Boris Vladimirovich, D.Sc. (Tech.), Prof. (Tula State University, Russia, Tula)

Timoshin Sergey Ivanovich, D.Sc. (Phys.-Mat.), Prof. (Gomel State Technical University, Belarus, Gomel)

Troyanovska Malgorzata, D.Sc. (Tech.), Prof. (Agrarian University, Poland, Krakow)

Morkun Vladimir Stanislavovich, D.Sc. (Tech.), Prof. (Krivoy Rog national university, Ukraine, Krivoy Rog)

Reza Derakhshani, D.Sc. (Philos.), (University of Utrecht, Netherlands, Utrecht)

Editorial board of the issue:

Electric power industry

Klyev R.V., D.Sc. (Tech.), Prof. (North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Vladikavkaz)

Kachanov A.N., D.Sc. (Tech.), Prof. (Orel State University, Russia, Orel)

Shevyrev Yu.V., D.Sc. (Tech.), Prof. (National Research Technological University MISiS, Russia, Moscow)

Gracheva E.I., D.Sc. (Tech.), Prof. (Kazan State Power Engineering University, Russia, Kazan)

Automation and informatics

Fedorov O.V., D.Sc. (Tech.), Prof. (Nizhny Novgorod State Technical University, Russia, Nizhny Novgorod)

Kalinin V.F., D.Sc. (Tech.), Prof. (Tambov State Technical University, Russia, Tambov)