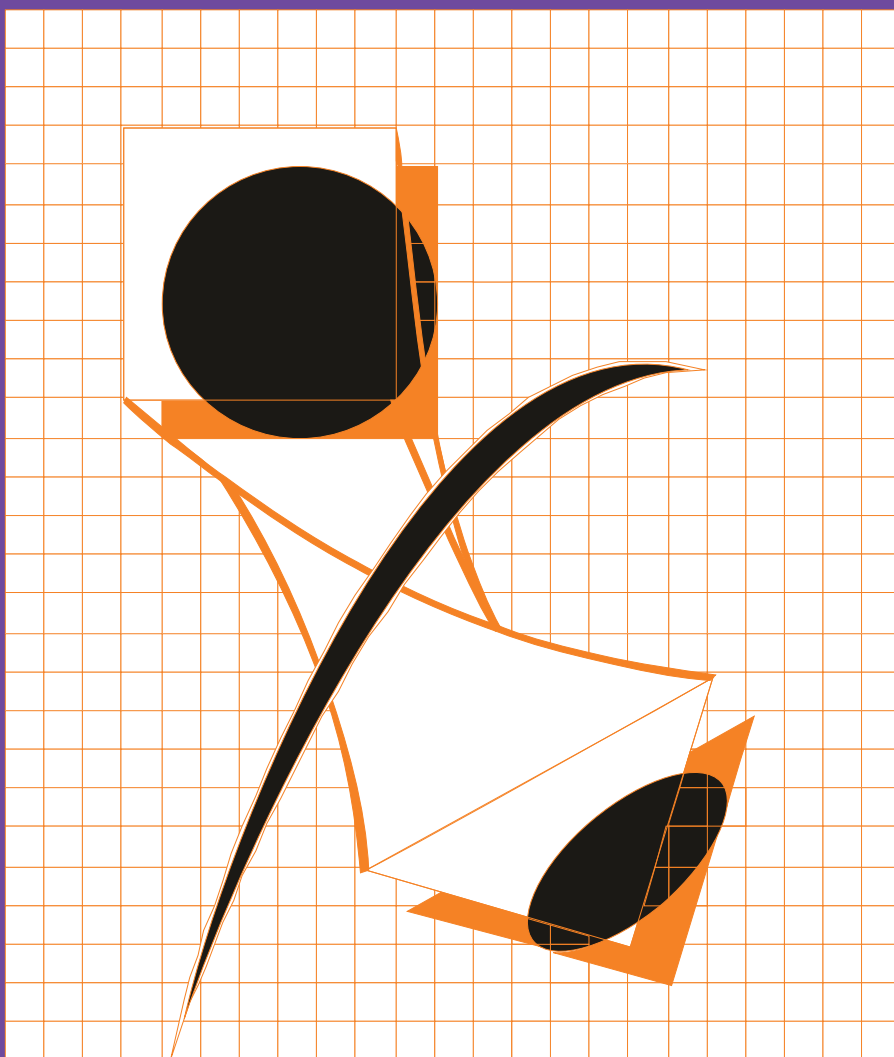


ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT



Наука

Экология

Технология

Оборудование

Печатные платы

Образование

Science

Environments

Processes

Equipment

PC boards

Training

Научно-производственное предприятие "СЭМ.М"

НПП "СЭМ.М" – предприятие, специализирующееся в области гальванотехники, образовано в 1994 г. выпускниками и сотрудниками старейшей в России кафедры Технологии электрохимических производств РХТУ им. Д.И.Менделеева

Мы предлагаем блескообразующие добавки и специальные композиции собственных разработок для гальванических процессов:

- химическое обезжиривание
- электрохимическое обезжиривание
- травление сталей
- цинкование щелочное
- цинкование слабокислое
- пассивация цинковых покрытий - радужная, бесцветная, с голубым оттенком
- пассивация цинковых покрытий на основе соединений хрома (III)
- кадмирование бесцианистое
- никелирование блестящее и матовое
- никелирование из сульфатных электролитов
- никелирование химическое блестящее
- хромирование
- свинцевание
- оловянирование и нанесение сплавов олова
- меднение из кислых и щелочно-тарtratных электролитов
- меднение печатных плат
- патинирование меди и ее сплавов
- травление и химическое оксидирование алюминия
- холодное чернение сталей
- фосфатирование
- адгезионное оксидно-титановое покрытие под ЛКП



ЦКН

зарегистрированный товарный знак
Научно-производственного предприятия "СЭМ.М"

Мы осуществляем разработку, внедрение и сервисное сопровождение электрохимических технологий, отвечающих современным техническим и экологическим требованиям.

**НПП "СЭМ.М" – это стабильное качество,
разумная ценовая политика,
квалифицированные консультации.**

Тел/факс +7-495-978-94-42 +7-901-517-94-42
E-mail: npp-semm@yandex.ru <http://bestgalvanik.ru>

Редакционная коллегия

Гл. редактор д.х.н. Кругликов С.С.
Российский химико-технологический
Университет им.Д.И.Менделеева, Москва
Зам. гл. редактора д.х.н. Винокуров Е.Г.,
Москва

д.х.н. Байрачный Б.И., Харьков, Украина;
д.т.н. Ваграмян Т. А., Москва, Россия;
д.т.н. Виноградов С.С., Москва, Россия;
д.х.н., Гольдин М. М., США
к.х.н. Григорян Н.С., Москва, Россия;
д.х.н. Данилов Ф.И., Днепропетровск,
Украина;
д.х.н. Давыдов А.Д., Москва, Россия;
к.х.н. Жарский И.М., Минск, Белоруссия;
д.х.н. Кайдриков Р.А., Казань, Россия;
д.т.н. Колесников В.А., Москва, Россия;
д.х.н. Кузнецов В.В., Москва, Россия;
к.т.н. Мамаев В.И., Киров, Россия;
д.х.н. Парфенюк В. И. Иваново, Россия;
д.т.н. Скопинцев В.Д., Москва, Россия;
к.т.н. Смирнов К.Н., Москва, Россия;
к.т.н. Шишкина С.В., Киров, Россия

Зав. редакцией Орехова Е.С.
Компьютерная верстка Царева Е. В.

125047, Москва, Миусская пл., д.9
Тел. редакции: 8(499)978-59-90,
факс:8(495)609-29-64
E-mail: gtech@muctr.ru

Основатель журнала

Кудрявцев Владимир Николаевич,
д.х.н., профессор
Российский химико-технологический
Университет им. Д.И. Менделеева

Спонсоры

Компания "Умикор Гальванотехник",
Швабиш-Гмюнд, Германия
Перевод рефератов - проф. Кругликов С.С.

Editorial Board

Editor-in-Chief prof. S. Kruglikov
Mendeleev University of Chemical
Technology of Russia, Moscow
Vinokurov E.G., Moscow, Russia

Bajrachnyj B.J., Charkov, Ukraina;
Danilov F.I., Dnepropetrovsk, Ukraina;
Davydov A.D., Moscow, Russia;
Goldin M. M., USA
Grigoryan N.S., Moscow, Russia;
Kajdrikov R.A., Kazan, Tatarstan, Russia;
Kolesnikov V.A., Moscow, Russia;
Kuznetsov V.A., Moscow, Russia;
Mamaev V.I., Kirov, Russia;
Parfenuk V.I., Ivanovo, Russia;
Schischkina S.V., Kirov, Russia;
Skopintsev V.D., Moscow, Russia;
Smirnov K.N., Moscow, Russia;
Vagramyan T.A., Moscow, Russia;
Vinogradov S.S., Moscow, Russia;
Zharskii I.M., Minsk, Belorussia

125047, Moscow, Miusskaya Sq.9
Tel.: 7(499)978-59-90,
Fax:7(495)609-29-64
E-mail: gtech@muctr.ru

Founders

Kudryavtsev V.N.
Mendeleev University of Chemical Technology
of Russia, Moscow

Sponsors

"Umicore Galvanotechnik" GmbH,
Schwaebisch Gmuend, Germany

Russian-english abstracts translator
prof.Kruglikov S.S.

Российское общество гальванотехников www.galvanicrus.ru

Журнал www.galvanotehnika.info

ГАЛЬВАНОТЕХНИКА и ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

Издаётся с 1992 г.

№ 1

2019 год

том 27

Содержание

<i>Электроосажде- ние металлов и сплавов</i>	Электроосаждение цинк-никелевых покрытий из растворов оксалата аммония Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н., Балмасов А.В.	4
	Электроосаждение сплава олово-висмут с блескообразующей добавкой СА2-PWB Холмова А.А., Попов А.Н., Колесников В.А., Саитова Н.Г.	9
<i>Производствен- ный опыт</i>	Математическая зависимость плотности тока коррозии основы от пористости хромовых покрытий Руденок В.А., Кузнецова О.В.	17
	Опыт промышленной эксплуатации сульфатно-аммонийного электролита кадмирования с добавками ЦКН-04 и ЦКН-04С Кравченко Д.В., Кузьмина Г.И., Лукьяненко И.М., Еренкевич Е.И.	20
<i>Экология и ресурсосбережение</i>	Поверхностная обработка металлов и пластмасс как область применения наилучших доступных технологий Гусева Т. В., Санжаровский А. Ю., Гревцов О. В.	25
	Анализ распределения и критерии ресурсоемкости элект- ролитов по суммарной концентрации компонентов Бурухина Т. Ф., Винокуров Е. Г., Напеденина Е. Ю.	43
<i>Печатные платы</i>	Проектирование ванн автоматической линии металлизации печатных плат Смирнов Н.С., Смирнова О.Н., Боброва Ю.С.	49
<i>Ответы на вопросы читателей</i>	О замене кадмиевого покрытия	59
	О цинковании деталей сплавом ЦАМ	59
<i>Персоналии</i>	Кругликову Сергею Сергеевичу — 90	32
<i>Информация</i>	Курсы повышения квалификации	62-63
	Выставки, конференции, семинары	61

**ELECTROPLATING & SURFACE
TREATMENT***Published since 1992***№ 1****2019****v. 27****Contents**

<i>Electroplating of metals and alloys</i>	Electrodeposition of Zn-Ni Coatings from Ammonium Oxalate Bath <i>Shekhanov R.F., Gridchin S.N., Balmasov A.V.</i>	4
	Electrodeposition of tin-bismuth alloy with the brightener CA2-PWB <i>Kholmova A. A., Popov A. N., Kolesnikov V. A., Saitova N. G.</i>	9
<i>Production experience</i>	Mathematical dependence of the corrosion current density of the base on the porosity of chromium coatings <i>Rudenok V. A., Kuznetsova O. V.</i>	17
	On the Long-term Operation of New Cadmium Plating Bath in the Plating Shop <i>Kravchenko D.V., Kuzmina G.I., Lukjanenko I.M., Erenkevich E.N.</i>	20
<i>Environment and Resources Saving</i>	Surface treatment of metals and plastics as the implementation field of best available techniques <i>Guseva T., Sanzharovskiy A., Grevtsov O.</i>	25
	Analysis of the distribution and the criteria of the recourse consumption of electrolytes at a total concentration of concentration of compounds <i>Burukhina T.F., Vinokurov E. G., Napedenina E.Yu.</i>	43
<i>PC boards</i>	Designing of Automatic Lines for Plating PCB's <i>Smirnov N.S., Smirnova O.N., Bobrova Yu.S.</i>	49
<i>Answers for reader questions</i>	On the Replacement of Cd for See-tropical Area	59
	On Zink Plating of Zn-Al Castings	59
<i>Personal</i>	90th Anniversary of Prof. Sergei S.Kruglikov	32
<i>Information</i>	On the training courses for plating engineers	62-63
	Congressess, Conferences, Meetings	61

УДК 621.359.3

Электроосаждение цинк-никелевых покрытий из растворов оксалата аммония

© **Р.Ф. Шеханов, С.Н. Гридчин, А.В. Балмасов**

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Иваново, пр. Шереметевский, 7. E-mail: ruslanfelix@yandex.ru

Ключевые слова: сплав цинк-никель; электроосаждение; коррозионная стойкость; защитные покрытия; шероховатость поверхности.

Показана возможность получения качественных электролитических цинк-никелевых сплавов из оксалатно-аммонийных электролитов различного состава. Установлено, что из изученных растворов, возможно получение доброкачественных осадков сплава в интервале плотностей тока от 1 до 3 А/дм². Введение в электролит оксалата аммония, способного образовывать с ионами Zn²⁺ и Ni²⁺ устойчивые комплексы, обеспечивает увеличение рабочего интервала рН. Электроосаждение протекает с большой катодной поляризацией, способствующей получению качественных мелкокристаллических покрытий цинк-никелевого сплава. Поляризационные исследования показали, что с увеличением содержания никеля в покрытии его потенциал смещается в область более положительных значений. Это приводит к уменьшению ЭДС коррозионного элемента и снижению плотности коррозионного тока. Увеличение температуры электролита также способствует снижению плотности тока коррозии получаемых покрытий.

Electrodeposition of Zn-Ni Coatings from Ammonium Oxalate Bath

© **R.F. Shekhanov, S.N. Gridchin, A.V. Balmasov**

Key words: Zn-Ni alloy, electrodeposition, corrosion resistance, protective coatings, surface roughness.

Zn-Ni coatings were deposited at c.d. 1-3 A/dm². The coatings have no pores, low roughness (0,10-0,19 μm). Oxalate complexes of Zn and Ni are stable over wide range of pH. Codeposition of Ni shifts the corrosion potential in the positive direction and reduces the EMF of corrosion couple. Corrosion rate may be reduced by the chromate or chromite treatment of plated parts.

Введение

Электроосаждение сплавов и исследование их свойств имеет большое как практическое, так и теоретическое значение ввиду уникальности получаемых физико-химических свойств покрытий [1].

Электроосаждение цинковых покрытий является самым распространенным процессом в гальванотехнике. В последнее время для улучшения эксплуатационных свойств цинковых покрытий все чаще осуществляют осаждение сплавов цинка с металлами группы железа и некоторыми другими, например, хромом, молибденом, оловом. Электролитические сплавы цинка с одним или несколькими металлами имеют более высокую коррозионную стойкость по сравнению с нелегированными покрытиями. Коррозионная стойкость цинк-никелевых покрытий даже при высокой температуре показывает лучшие результаты по сравнению с другими цинксодержащими покрытиями в автомобильной промышленности. Благодаря этому сплавы цинк-никель используются в качестве анодного слоя для антикоррозионной защиты стали [2]. В частности, широко известны [3] хлористо-аммонийные электролиты для получения гальванических покрытий сплавами цинк-никель. В то же время, трудность очистки сточных вод гальванического производства при использовании высококонцентрированных хлористо-аммонийных электролитов стимулирует создание новых экологически безопасных электролитов. Одним из путей решения этой задачи является использование оксалатных электролитов, характеризующихся возможностью разложения оксалатных комплексов в сточных водах. Эффективность применения оксалата аммония для стабилизации электролита была ранее продемонстрирована, в частности, при получении электролитических покрытий сплавами металлов подгруппы железа [4-7].

Методика эксперимента

Растворы электролитов готовили из реактивов марки "ч.д.а." на дис-тиллированной воде путем растворения каждого компонента электролита в отдельном объеме с последующей фильтрацией и сливом растворов в общую ёмкость. Корректировку кислотности раствора осуществляли добавлением 25% водного раствора аммиака или 50% раствора серной кислоты. Электроосаждение проводили в ячейке из органического стекла объемом 120 мл с использованием анодов из цинка и никеля. В качестве катодов использовали образцы из стали 17Г1С-У. Подготовка образцов включала обезжиривание в растворе, содержащем 20 г/л $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 20 г/л $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 3 г/л синтанола ДС-10, при температуре 60-65°C (15 мин.)

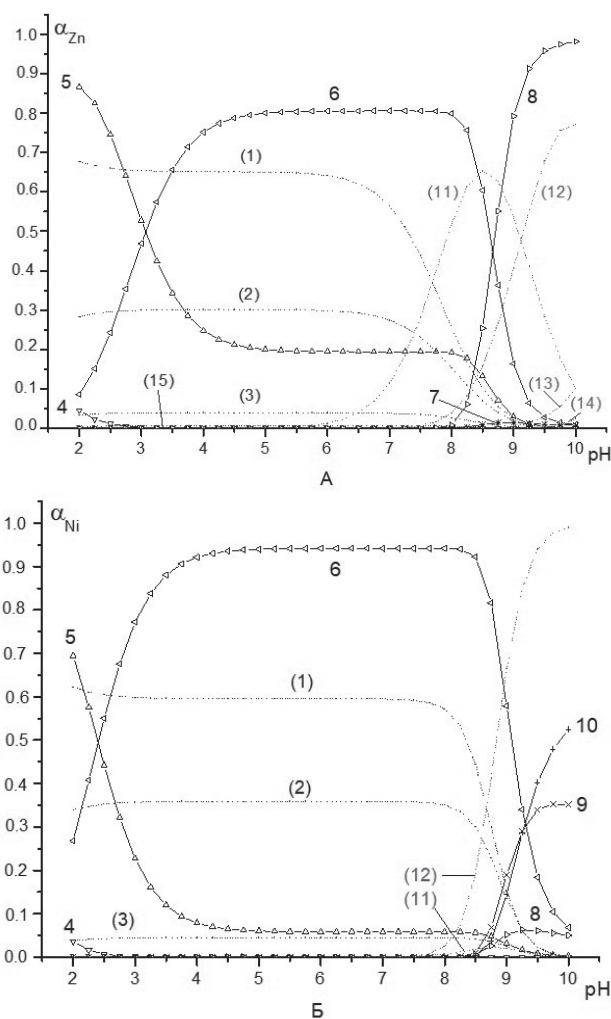


Рис. 1. Диаграммы распределения цинка (А) и никеля (Б) в системе $M^{2+}-\text{SO}_4^{2-}-\text{C}_2\text{O}_4^{2-}-\text{NH}_3$ ($M=\text{Zn}, \text{Ni}$): 1. - M^{2+} ; 2. - MSO_4 ; 3. - $\text{M}(\text{SO}_4)_2$; 4. - MC_2O_4 ; 5. - $\text{M}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$; 6. - $\text{M}(\text{C}_2\text{O}_4)_3$; 7. - $\text{M}(\text{NH}_3)_3^{2+}$; 8. - $\text{M}(\text{NH}_3)_4^{2+}$; 9. - $\text{M}(\text{NH}_3)_5^{2+}$; 10. - $\text{M}(\text{NH}_3)_6^{2+}$; 11. - MOH^+ ; 12. - $\text{M}(\text{OH})_2$; 13. - $\text{M}(\text{OH})_3$; 14. - $\text{M}(\text{OH})_4$; 15. - $\text{M}(\text{SO}_4)_3$; пунктирными линиями показано распределение металлов в отсутствие оксалата аммония

Fig. 1. Diagrams for a fractional distribution of zinc (A) and nickel (B) in the system of $M^{2+}-\text{SO}_4^{2-}-\text{C}_2\text{O}_4^{2-}-\text{NH}_3$ ($M=\text{Zn}, \text{Ni}$): 1. - M^{2+} ; 2. - MSO_4 ; 3. - $\text{M}(\text{SO}_4)_2$; 4. - MC_2O_4 ; 5. - $\text{M}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$; 6. - $\text{M}(\text{C}_2\text{O}_4)_3$; 7. - $\text{M}(\text{NH}_3)_3^{2+}$; 8. - $\text{M}(\text{NH}_3)_4^{2+}$; 9. - $\text{M}(\text{NH}_3)_5^{2+}$; 10. - $\text{M}(\text{NH}_3)_6^{2+}$; 11. - MOH^+ ; 12. - $\text{M}(\text{OH})_2$; 13. - $\text{M}(\text{OH})_3$; 14. - $\text{M}(\text{OH})_4$; 15. - $\text{M}(\text{SO}_4)_3$; dotted lines show metal distribution in the absence of ammonium oxalate

и травление в 10% растворе HCl с промежуточными промывками. Качество покрытий определяли по внешнему виду и сцеплению с основным металлом соответственно согласно ГОСТ 9.301-86 и ГОСТ 9.302-88. Процесс осаждения проводили при температуре 20-60 °C и катодных плотностях тока 1.0-3.0 А/дм². Толщина покрытий составляла 6 мкм. Исследование кинетики электрохимического осаждения Zn-Ni-сплавов проводили путем

снятия катодных поляризационных кривых из оксалатных электролитов. Потенциодинамические кривые снимали с использованием потенциостата Р-30J (ООО «Элинс», Россия) со скоростью развертки потенциала 5 мВ/с. Электродом сравнения служил насыщенный хлоридсеребряный электрод ЭВЛ-1М1, вспомогательным - платиновый. Полученные значения потенциала пересчитывали относительно стандартного водородного электрода (СВЭ). Для измерения рН использовали иономер И-160МП. Выход по току рассчитывали по методике [8]. Отрицательный показатель убыли массы коррозионного процесса рассчитывали в соответствии с рекомендациями [9]. Для определения шероховатости поверхности использовали профилометр (модель 170622).

Результаты и их обсуждение

Важным этапом при создании новых составов растворов для электро-осаждения сплавов является определение предпочтительной области общих концентраций компонентов электролита [10]. С целью определения условий электроосаждения сплавов были проведены расчеты ионных равновесий в оксалатно-аммонийных электролитах.

На рис.1 приведены диаграммы долевого распределения цинка(II) и никеля(II) в растворах 0.1M $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ($NiSO_4 \cdot 7H_2O$) и 1M $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$ при 25°C. Результаты расчёта ионных равновесий (выполненного по алгоритму Бринкли [11] с использованием программы RRSU [12]) показывают, что поведение системы $Zn^{2+} - Ni^{2+} - SO_4^{2-} - C_2O_4^{2-} - NH_3$ определяется, главным образом, процессами комплексообразования ионов $C_2O_4^{2-}$ с ионами Zn^{2+} и Ni^{2+} , и при этом растворимые бис- и трис-комплексы оказываются доминирующими частицами в широкой области рН. Образование устойчивых оксалатных и аммиачных комплексов с ионами Zn^{2+} и Ni^{2+} препятствует образованию соответствующих гидроксидов, характеризующихся низкой растворимостью ($PP=7.1 \cdot 10^{-18}$ и $2.0 \cdot 10^{-15}$ [13] для $Zn(OH)_2$ и $Ni(OH)_2$, соответственно). Это имеет важное значение, поскольку вследствие высокой катодной поляризации и высокого перенапряжения водорода при электроосаждении цинка и никеля наряду с разрядом ионов металла разряд молекул воды с образованием водорода происходит с невысоким выходом по току, тем не менее, в прикатодном слое заметно растет концентрация гидроксильных ионов, что может приводить к выпадению соответствующих гидроксидов металлов.

Исследование процесса электроосаждения сплава цинк-никель из оксалатно-аммонийных электролитов (табл. 1) показало, что возможно получение доброкачественных осадков сплава в интервале плотностей тока от 1 до 3 А/дм². Покрытия,

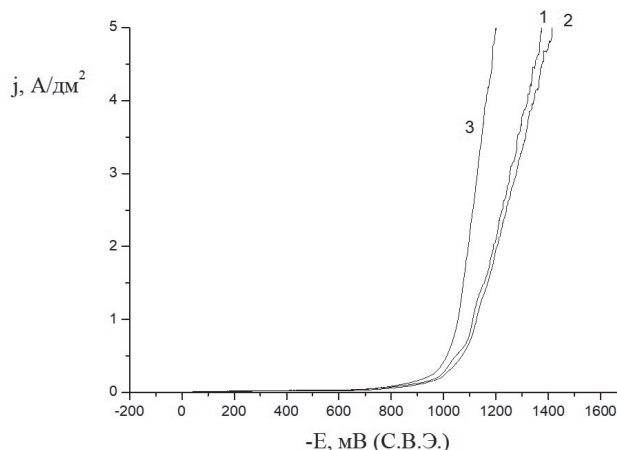


Рис. 2. Катодные поляризационные кривые осаждения сплавов цинк-никель из электролитов 1-3 при 50°C.
Fig.2. Cathodic polarization curves for the deposition of zinc-nickel alloys from the electrolytes № 1-3

осаждаемые из указанных электролитов, получают равномерные, имеющие хорошее сцепление с основой. Электроосаждение протекает с большой катодной поляризацией (рис.2), способствующей получению качественных мелкокристаллических покрытий цинк-никелевого сплава. Покрытие с самым низким значением шероховатости поверхности получено из электролита №3, в составе которого преобладает сульфат никеля.

Наименьший ток коррозии характерен для покрытий Zn-Ni, полученных при температуре 5°C из электролитов №2 и №3 с последующей пассивацией-хроматированием в растворе, содержащем соединения шестивалентного хрома (табл.1). Практически такое же значение плотности тока коррозии наблюдается и после пассивации покрытия, полученного из электролита №2, в растворе «Тривалент». В случае непассивированных покрытий наименьший ток коррозии был получен из электролита № 3 при 50°C.

Закключение

Поляризационные исследования показали, что с увеличением содержания никеля в покрытии его потенциал анодного растворения сплава смещается в область более положительных значений. Это приводит к уменьшению ЭДС коррозионного элемента и снижению плотности коррозионного тока. При увеличении концентрации сульфата никеля в оксалатно-аммонийном электролите наблюдается снижение шероховатости цинк-никелевых покрытий. Скорость коррозии покрытий замедляется пассивацией образцов в растворах, содержащих соединения трёх- и шестивалентного хрома. Увеличение температуры электролита также способствует снижению плотности тока коррозии получаемых покрытий.

**Таблица 1. Состав электролитов для осаждения сплавов Zn-Ni и свойства полученных покрытий.
Table 1. The electrolyte compositions for Zn-Ni alloys and some properties of the coat-ings obtained**

Электролит Bath	№ 1	№ 2	№ 3
Состав электролита Bath composition			
Компонент Component	Концентрация, г/л Concentration, g/l		
$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	100	100	100
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	12	18	24
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	24	18	12
Плотность тока коррозии*, мА/см ² Corrosion current density, mA/cm ²			
без пассивации without passivation	0,223 / 0,400	0,215 / 0,200	0,206 / 0,120
с последующей пассивацией в растворе «Тривалент» with passivation in "Trivalent" solution	0,030 / 0,010	0,011 / 0,004	0,020 / 0,008
с последующей пассивацией в растворе Cr(VI) with passivation in the solution containing Cr(VI)	0,047 / 0,011	0,009 / 0,003	0,009 / 0,003
Содержание Ni в покрытии, % Ni content coatings			
для покрытий, полученных при 1.5 А/ дм ² coatings deposited at c.d. 1,5 A/dm ²	4,7 ± 0,2	11,2 ± 0,3	15,4 ± 0,2
Шероховатость, Ra, мкм Roughness Ra, μm			
для покрытий, полученных при 1.5 А/ дм ² и 50°С coatings deposited at c.d. 1,5 A/dm ² and 50°С	0,19	0,18	0,10

*Примечание: в числителе приведены значения для покрытий, полученных при t=20°С; в знаменателе – при t=50°С.

*Upper values correspond to 20 °C. Lower values correspond to 50 °C.

Работа выполнена в НИИ Термодинамики и кинетики химических процессов Ивановского государственного химико-технологического университета в рамках Государственного задания (базовая часть), проект 4.7104.2017/8.9.

Литература

- Винокуров Е.Г., Бондарь В.В. Динамика развития тематической области «Электроосаждение сплавов» // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2009. Т. 45, № 3. С. 334-336
- Филатов Л., Вадман Э. Потребности автомобильной промышленности США в новых видах покрытий // Гальванотехника и обработка поверхности. 1999. Т. 7, № 2. С. 16
- Окулов В.В. Цинкование. Техника и технология. / Под ред. проф. В.Н. Кудрявцева. - М.: Глобус, 2008. - 252 с.

- Шеханов Р.Ф. Влияние оксалата аммония на электроосаждение сплавов никель-железо // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2015. Т. 58, № 2. С. 42-46
- Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н., Балмасов А.В. Электроосаждение сплавов олово-никель из оксалатно-сульфатного и фторид-хлоридного электролитов // Электронная обработка материалов. 2016. Т. 52, № 2. С. 27-31.
- Шеханов Р.Ф., Кузьмин С.М., Балмасов А.В., Гридчин С.Н. Влияние ПАВ на электроосаждение сплава Sn-Ni из оксалатных растворов // Электрохимия. 2017. Т. 53, № 11. С. 1442-1449.
- Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н., Балмасов А.В. Электроосаждение сплавов цинк-кобальт из оксалатных электролитов // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2017. Т. 53, №3. С. 316-320.

8. Бахчисарайцян Н.Г., Борисоглебский Ю.В., Буркат Г.К. Практикум по прикладной электрохимии. - Л.: Химия, 1990. - 304 с.
9. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов, А.В. Коррозия и защита от коррозии - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 416 с.
10. Винокуров Е.Г., Бурухина Т.Ф., Каранаева М.Н., Бондарь В.В. Прогнозирование предпочтительной области общих концентраций ионов металлов в растворах для электроосаждения сплавов // Теоретические основы химической технологии. 2008. Т. 42, № 6. С. 671-675.
11. Бугаевский А.А., Дунай Б.А. Расчет равновесного состава и связанных с ним величин на цифровых вычислительных машинах. // Журнал аналитической химии. 1971. Т. 26, № 2. С. 205-209.
12. Васильев В.П., Бородин В.А., Козловский Е.В. Применение ЭВМ в химико-аналитических расчетах. - М.: Высш. школа, 1993. - 112 с.
13. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. - М.: Альянс, 2013. - 448 с.

References

1. Vinokurov E. G., Bondar V. V. Dynamics of the development of the subject field "alloy electroplating" // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. 2009. V. 45, № 3. P. 369-371.
2. Filatov L., Vadman E., The needs of the U.S. auto industry to develop new coatings // Galvanotekhnika i obrabotka poverkhnosti, 1999. V. 7. № 2. P. 16.
3. Okulov V.V., Zinc plating. Technics and technology (in Russian), Moscow: Globus, 2008, 252 p.]
4. Shekhanov R. F. The influence of ammonium oxalate on the electrodeposition of Nickel-Iron alloys. // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. 2015. V. 58, № 2. P. 42-46.
5. Shekhanov R. F., Gridchin S. N., Balmasov A.V. Electrodeposition of alloys Tin-Nickel from oxalate-sulfate and fluoride-chloride electrolytes // Electronnaya obrabotka materialov. 2016. V. 52, № 2. P. 27-31.
6. Shekhanov R. F., Kuzmin S. M., Balmasov A. V., Gridchin S. N. Effect of surfactants on electrodeposition of the Sn-Ni alloy from oxalate solutions // Russian Journal of Electrochemistry. 2017. V. 53, № 11. P. 1274-1280.
7. Shekhanov R. S., Gridchin S., Balmasov A. V. Electroplating of zinc-cobalt alloys from oxalate electrolytes // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. 2017. V. 53. № 3. P. 483-487.
8. Bakchesarian N. G., Borisoglebskiy Yu., Burkat G. K. Praktikum po prikladnoy elektrokhemii. - L.: Himiya, 1990. - 304 p.

9. Semenova I. V., Florianovich G. M., Khoroshilov A.V. Corrosion and corrosion protection - M.: FIZMATLIT, 2010. - 416 p.
10. Vinokurov E. G., Burukhina T. F., Karavaeva M. N., Bondar V. V. Predicting the preferable range of the total concentrations of metal ions in solutions for alloy electrodeposition // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2008. V. 42, № 6. P. 868-872.
11. Bugaevskii A. A., Dunay B. A. Calculation of the equilibrium composition and the associated values on digital machines. // Journal of Analytical Chemistry of the USSR. // 1971. V. 26, №2. P. 205-209.
12. Vasiliev V. P., Borodin V. A., Kozlovsky E. V. the use of computers in chemical and analytical calculations. - M.: Vishaya shkola, 1993. - 112 p.
13. Lurie, Y. Y. Handbook of analytical chemistry. - Moscow: Alliance, 2013. - 448 p.

Сведения об авторах:

Шеханов Руслан Феликсович, к.т.н., заведующий кафедрой технологии электрохимических производств, E-mail: ruslanfelix@yandex.ru

Гридчин Сергей Николаевич, к.х.н., старший научный сотрудник кафедры аналитической химии, E-mail: sergei_gridchin@mail.ru.

Балмасов Анатолий Викторович, д.т.н., профессор кафедры технологии электрохимических производств, E-mail: balmasov@isuct.ru

Information about authors

Shekhanov Ruslan Felixovich, Ph.D., head of department technologies of electrochemical productions; e-mail: ruslanfelix@yandex.ru

Gridchin Sergei Nikolaevich, Ph.D., senior researcher of department of analytical chemistry, E-mail: sergei_gridchin@mail.ru.

Balmasov Anatolii Viktorovich, D.Sc., professor of department technologies of electrochemical productions, E-mail: balmasov@isuct.ru

Для цитирования

Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н., Балмасов А.В. Электроосаждение цинк-никелевых покрытий из растворов оксалата аммония // Гальванотехника и обработка поверхности. 2019. Т. 27, № 1. С. 4-8.

For citation

Shekhanov R.F., Gridchin S.N., Balmasov A.V. Electrodeposition of Zn-Ni Coatings from Ammonium Oxalate Bath // Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti. 2019. V. 27, № 1. P. 4-8.

УДК 621.357

Электроосаждение сплава олово-висмут с блескообразующей добавкой CA2-PWB

© **А.А. Холмова, А.Н. Попов, В.А. Колесников, Н.Г. Сaitова**

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., 9; e-mail: annasanna.96@mail.ru

Ключевые слова: блескообразующая добавка, триэтаноламин, сплав, олово-висмут, плотность тока, микроэлектроника, рамановская спектроскопия, электроосаждение.

В данной статье была изучена блескообразующая добавка CA2-PWB для осаждения блестящих и паяемых покрытий сплавом олово-висмут. Были проведены исследования химически чистого триэтаноламина, нового химически чистого триэтаноламина и чистого триэтаноламина с помощью системы рамановской спектроскопии i-RamanPlus.

Electrodeposition of tin-bismuth alloy with the brightener CA2-PWB

© **A. A. Kholmova, A. N. Popov, V. A. Kolesnikov, N. G. Saitova**

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow,
125047, Miusskaya Sq., 9; e-mail: annasanna.96@mail.ru

Key words: brightener, Triethanolamine, alloy, Tin-Bismuth, current density, microelectronics, Raman Spectroscopy, electrodeposition.

In this article, the brightener CA2-PWB was studied for the deposition of bright coatings of a Tin-Bismuth alloy. Studies were conducted to find the optimum concentration of the brightener CA2-PWB and the allowable current density range. A mathematical method for experiment planning was used to obtain the regression equation for the Sn-Bi alloy Current Efficiency as a function of the metal salt content and the electrolyte operating mode. The program "RITAB9Q" was applied. Studies of triethanolamine of different class of purity and methods of storage, were carried out using i-Raman Plus Raman spectroscopy system. Polarization curves for a series of electrolyte solutions with different concentrations of formaldehyde and the brightener were also obtained.

Введение

В настоящее время в производстве компонентов микроэлектронных приборов проблема паяемости покрытий является одной из наиболее актуальных, так как со временем способность деталей к пайке уменьшается или вовсе утрачивается.

Олово обладает высокой коррозионной стойкостью, а также хорошей способностью к пайке, поэтому электролиты для осаждения олова и его сплавов играют важную роль в микроэлектронике [1-5, 13].

Блестящие покрытия сплавом олово-висмут проявляет хорошую адгезию к меди и ее сплавам, легкую паяемость и высокую способность к пайке в течение длительного времени [6-8].

Включение в электролит солей висмута препятствует переходу белой модификации олова в серую и существенно уменьшает образование нитевидных кристаллов («вискеров») на поверхности покрытия, что является неприемлемым при производстве некоторых компонентов в микроэлектронике [10-11, 14-16].

Применение на практике электролитов для осаждения сплава олово-висмут требует дорогостоящих систем очистки стоков для предотвращения попадания опасных компонентов в окружающую среду. Целью данной статьи является изучение электролита для осаждения блестящего покрытия сплавом олово-висмут с новой блестящей добавкой SA2-PWB [9, 12, 13].

В нашу задачу входил подбор компонентов для синтеза добавки, поскольку некоторые продукты малотоннажной химии требуют соответствия продуктам, производившимся в СССР, и далеко не все из них подходят для синтеза добавки. Для сопоставления компонентов, которые мы использовали для синтеза ранее и, которые уже не производятся, с компонентами производимыми в России в настоящее время, мы применили спектральный метод Рамановской спектроскопии.

Методика эксперимента

Для идентификации и сопоставления триэтанолламина, доступного на российском рынке с ранее применяемым триэтанолламином, который подходил для синтеза добавки SA2-PWB, являющимся одним из компонентов для синтеза блестящей добавки, а также осуществления контроля чистоты вещества был применен метод комбинационного рассеивания (рамановская спектроскопия).

В работе использовался портативный рамановский спектрометр системы i-RamanEX фирмы B&WТес. Inc, США, оснащенный источником лазерного излучения БИК-спектра (ближний ИК спектр) класса 3b, выполненного по запатенто-

ванной технологии CleanLase, с возбуждающим излучением на длине волны лазера 1064 нм. Рамановский спектрометр i-RamanEX обеспечивает спектральное разрешение до 9,5 см⁻¹ в спектральном диапазоне от 250 до 2500 см⁻¹. К спектрометру присоединялся волоконно-оптический зонд. Зонд закрепляется в держателе кювет BCR100A для исследования жидких образцов. Для работы с жидкими образцами использовались кюветы из стекла КУ-1 (с внешними размерами 12,5*12,5 мм и длиной оптического пути 10 мм).

Основой для вычислительных платформ регистрируемых спектров являлась программа BWSpec4. Для быстрой идентификации и проверки используемого соединения применялось программное обеспечение BWID 2.01 в комплекте с базовыми библиотеками.

Были проведены исследования российского, производимого в настоящее время химически чистого триэтанолламина, поставляемого в полиэтиленовой таре, химически чистого триэтанолламина советского производства (1996 г.), поставляемого в стекле и триэтанолламина марки «ч» российского производства (настоящее время производства), поставляемого в полиэтилене.

Для разработки электролита и исследования его свойств использовали схему с осаждением покрытий в гальваностатических условиях с контролем количества электричества по медному кулонометру. Источником тока являлся выпрямитель MASTECHNY1803D, Китай.

Содержание висмута в сплаве определялось фотоколориметрическим методом при помощи фотометра КФК-3-01 (ЗОМЗ, РФ). Калибровочная кривая была получена на основании измерений оптических плотностей серии растворов с определенным содержанием висмута.

Определение выхода сплава по току проводились на установке с последовательным подключением электролизера и медного кулонометра.

В данной работе был использован математический метод планирования эксперимента для получения зависимостей выхода по току сплава Sn-Bi от концентрации солей в растворе и катодной плотности тока.

Была использована ортогональная матрица планирования 2^k, так как зависимости ВТ от условий электролиза достаточно хорошо описываются линейными уравнениями. Независимыми переменными были концентрации олова, висмута и катодная плотность тока (таблица 6). Функцией оптимизации является ВТ сплава олово-висмут. Интервалы варьирования независимых переменных выбирались на основании предварительных опытов таким образом, чтобы в рамках всей матрицы осаждались блестящие осадки сплава.

Таблица 1. Состав раствора №1
Table 1. Composition of the solution №1

Компонент Component	Концентрация, г/л Concentration, g/l
SnSO ₄	40
Bi ₂ (NO ₃) ₃ ·5H ₂ O	1
H ₂ SO ₄	100
Формалин, мл/л (Formalin), ml/l	0
Синтанол АЛМ-10 (Sintanol ALM-10)	25
СА2-PWB, мл/л	0

Таблица 2. Состав раствора №2
Table 2. Composition of the solution №2

Компонент Component	Концентрация, г/л Concentration, g/l
SnSO ₄	40
Bi ₂ (NO ₃) ₃ ·5H ₂ O	1
H ₂ SO ₄	100
Формалин, мл/л (Formalin), ml/l	0
Синтанол АЛМ-10 (Sintanol ALM-10)	25
СА2-PWB, мл/л	13

Были сняты поляризационные кривые для серии растворов электролита без формалина и с различными его концентрациями (табл. 1-4) для изучения влияния содержания блескообразующей добавки СА2-PWB и формалина на изменение потенциала.

Поляризационные кривые снимали в потенциодинамическом режиме с помощью потенциостата Р-8S (ЭЛЛИНС, Россия). В качестве вспомогательного электрода использовался оловянный электрод, электродом сравнения служил насыщенный хлор - серебряный электрод. Рабочим электродом служили образцы из меди площадью 0,01 дм². Перед началом измерений катод покрывали слоем сплава олово-висмут толщиной 10 мкм. При построении графиков значения потенциала выражали относительно нормального водородного электрода. Скорость развертки составляла 2 мВ/с.

Результаты экспериментов и их обсуждение

Результаты рамановской спектроскопии. Для выбора исходных компонентов для синтеза блескообразующей добавки СА2-PWB мы исследовали

Таблица 3. Состав раствора №3
Table 3. Composition of the solution №3

Компонент Component	Концентрация, г/л Concentration, g/l
SnSO ₄	40
Bi ₂ (NO ₃) ₃ ·5H ₂ O	1
H ₂ SO ₄	100
Формалин, мл/л (Formalin), ml/l	20

Таблица 4. Состав раствора №4
Table 4. Composition of the solution №4

Компонент Component	Концентрация, г/л Concentration, g/l
SnSO ₄	40
Bi ₂ (NO ₃) ₃ ·5H ₂ O	1
H ₂ SO ₄	100
Формалин, мл/л (Formalin), ml/l	15
Синтанол АЛМ-10 (Sintanol ALM-10)	25
СА2-PWB, мл/л	13

довали триэтанолламин российского производства марок «ч» и «х.ч.», а также, для сравнения, сопоставили эти данные с остатками триэтанолламина 1996 г., который подходил для синтеза добавки и который хранился в стеклянной таре из темного стекла.

Как показали рамановские спектры, представленные на рис. 1, спектр триэтанолламина (х.ч.) в стекле (1996 г.) практически совпадает со спектром российского триэтанолламина (х.ч., 2017 г.). Это говорит о том, что российский триэтанолламин пригоден для синтеза добавки. Поскольку он поставляется в полиэтиленовой таре, а синтез добавки не допустим в полиэтилене, остается проверить ход синтеза, но идентичность спектров говорит о том, что свойства самого триэтанолламина не изменились. На рис. 2 приведены спектры российского триэтанолламина (х.ч.) и российского триэтанолламина марки ч. Спектры не совпадают. Попытки синтезировать добавку СА2-PWB с триэтанолламином марки «ч» не увенчались успехом, а триэтанолламин, российский марки «х.ч.» показал хорошие результаты. Свойства добавки СА2-PWB синтезированной на основе этого триэтанолламина идентичны свойствам старого триэтанолламина.

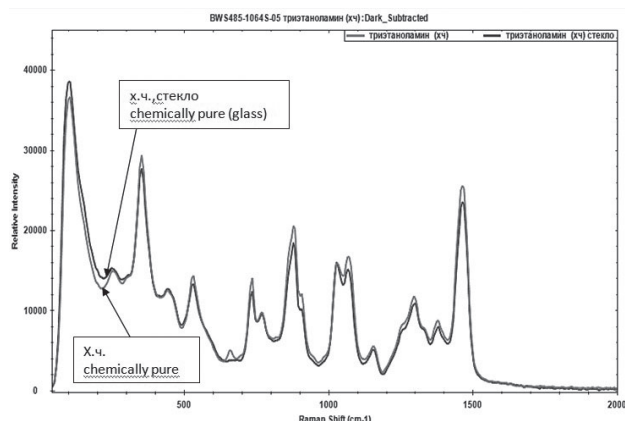


Рис. 1. Триэтаноламин «х.ч.» (время интегрирования 50с, мощность лазера 248 мВт), Триэтаноламин «х.ч.», стекло(время интегрирования 50с, мощность лазера 248 мВт)

Fig. 1. Triethanolamine chemically pure (integration time 50s, laser power 248 mW), Triethanolamine chemically pure, glass (integration time 50s, laser power 248 mW)

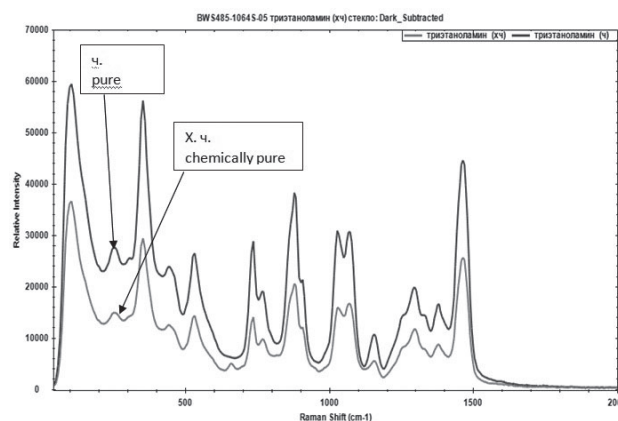


Рис. 2. Триэтаноламин «х.ч.» (время интегрирования 50с, мощность лазера 248 мВт), Триэтаноламин «ч» (время интегрирования 50с, мощность лазера 248 мВт)

Fig. 2. Triethanolamine chemically pure (integration time 50s, laser power 248 mW), Triethanolamine pure (integration time 50s, laser power 248 mW)

на 1996 г, который поставлялся в стекле. Т. о., мы выяснили, что триэтаноламин может храниться в полиэтилене. При синтезе добавки CA2-PWB, требуется стеклянная тара, поскольку синтез в таре из полиэтилена приводит к изменениям хода синтеза и добавка не работает. В стекле синтез проходит нормально.

Изучение электролита для электроосаждения блестящих покрытий сплавом олово-висмут. В данной работе был использован электролит, состав которого представлен ниже (табл. 5). На основе литературных данных была выбрана минеральная часть изучаемого сернокислого электролита для осаждения сплава Sn-Bi.

Для выбора оптимальной концентрации блескообразующей добавки CA2-PWB электроосаждение проводили при катодной плотности тока $i_k = 4, 6$ и 10 А/дм² в течение 5 минут. Были использованы оловянные аноды и медный катод с площадью рабочей поверхности $S=10$ см².

Для получения равномерного блестящего покрытия по всей площади изучаемого образца концентрация CA2-PWB в растворе электролите изменялась в диапазоне от 6 до 13 мл/л с интервалом в 1 мл/л. Раствор электролита в процессе электролиза не перемешивался.

Результаты исследований CA2-PWB при различных плотностях тока приведены на рис. 3, где 0 баллов – идеальное блестящее покрытие, а 12 баллов – матовое темное.

Оптимальная концентрация органической блескообразующей добавки CA2-PWB при различных плотностях тока составляет 13 мл/л. При перемешивании качество покрытия заметно улучшается.

Таблица 5. Состав исследуемого электролита
Table 5. The composition of the investigated electrolyte

Компонент Component	Концентрация, г/л Concentration, g/l
SnSO ₄	40
Bi ₂ (NO ₃) ₃ ·5H ₂ O	1
H ₂ SO ₄	100
Синтанол АЛМ-10 (Sintanol ALM-10)	25
CA2-PWB, мл/л (CA2-PWB. ml/l)	6-13
Формалин, мл/л (Formaldehyde, ml/l)	15

Также нами было изучено влияние катодной плотности тока на качество осаждаемых покрытий из электролита с блескообразующей добавкой CA2-PWB с концентраций 13 мл/л (рис. 4). Результаты исследования приведены на рис. 5, где 0-3 балла – блестящее покрытие, 3 - 6 полу-блестящее, 6 - 9 серое – матовое, а 9 - 12 баллов – матовое темное.

При использовании добавки CA2-PWB получают качественные блестящие покрытия в широком диапазоне плотностей тока – от 3 до 11 А/дм². При дальнейшем увеличении катодной плотности тока качество покрытия начинает постепенно ухудшаться. 6 А/дм² – это оптимальное значение катодной плотности для изучаемого электролита.

Исследование содержания висмута в осадке сплава. В результате проведенных исследований

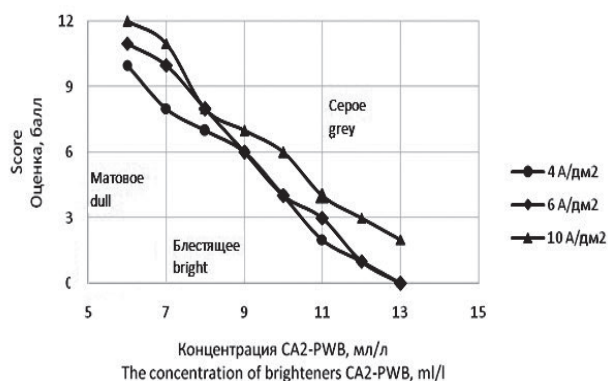


Рис. 3. Зависимость качества покрытия Sn-Bi от количества блескообразующей добавки CA2-PWB в серноуксильном электролите без перемешивания. Опыты проводились при $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $i_k=4, 6, 10\text{ A/dm}^2$; $\tau=5\text{ мин}$.

Fig.3. Dependence of the quality of Sn-Bi coating on the amount of brightener CA2-PWB without mixing in the sulfuric acid electrolyte. The experiments were carried out at $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $i_k=4, 6, 10\text{ A/dm}^2$; $\tau=5\text{ min}$

были получены данные по содержанию висмута в сплаве Sn-Bi. Содержание висмута в сплаве олово-висмут из оптимального электролита при различных плотностях тока представлено на рис.5:

Была изучена зависимость содержания висмута в осадке сплава Sn-Bi от концентрации висмута в пробе раствора и плотности тока в оптимальном электролите.

Полученное покрытие также было проверено на паяемость с бескислотными флюсами. Сплав проявил хорошую способность смачиваться расплавленным припоем и образовывать с ним качественное паяное соединение, что соответствует ОСТ 223 МРП.

Результаты математического метода планирования эксперимента. Для исследуемого электролита с блескообразующей добавкой CA2-PWB содержание соли висмута изменялось в диапазоне от 0,5 до 1,5 г/л, соли олова от 20 до 60 г/л. Катодная плотность тока варьировалась от 4 до 10 A/dm^2 .

Ранее нами было установлено, что блестящие качественные осадки осаждаются в рамках всей матрицы. В табл. 6 приведены экспериментальные данные в рамках матрицы планирования эксперимента.

Расчеты коэффициентов для безразмерного и натурального уравнения регрессии были проведены при помощи программы «RITAB9Q».

Коэффициенты безразмерного уравнения регрессии были получены из экспериментальных данных зависимости ВТ сплава от концентрации солей олова и висмута в изучаемом электролите и катодной плотности тока. Значимыми оказались три коэффициента.

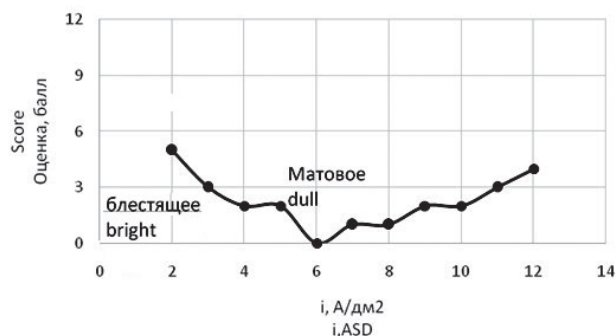


Рис. 4. Зависимость качества покрытия Sn-Bi от катодной плотности тока. Опыты проводились при $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\text{CCA2-PWB}=13\text{ мл/л}$; $\tau=5\text{ мин}$.

Fig. 4. Dependence of Sn-Bi coating quality on cathode current density. The experiments were carried out at $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\text{CCA2-PWB}=13\text{ ml/l}$; $\tau=5\text{ min}$

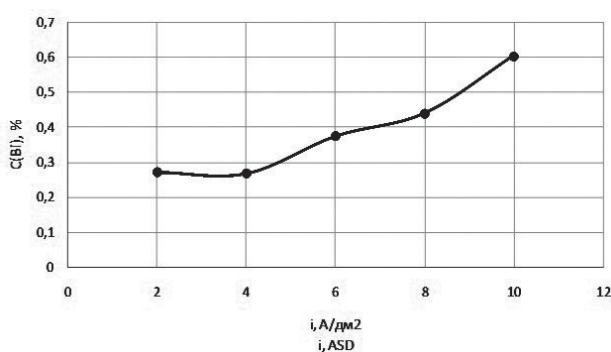


Рис. 5. Зависимость содержания висмута в осадке сплава Sn-Bi от плотности тока в оптимальном электролите

Fig.5. The dependence of the bismuth content of the Sn-Bi alloy on the current density in the optimal electrolyte

Для выхода сплава по току было получено следующее безразмерное уравнение:

$$Y_1 = 57.45 \cdot x_0 - 7.81 \cdot x_1 + 20.6975 \cdot x_2$$

Для выхода сплава по току мы получили натуральное уравнение:

$$\text{ВТ, \%} = 39.485 - 3.905 \cdot C_{\text{Bi}} + 1.034875 \cdot C_{\text{Sn}}$$

Из полученного выражения можно сделать вывод, что выход сплава по току, в исследованных интервалах варьирования независимых переменных, не зависит от катодной плотности тока, во время как при увеличении концентрации соли висмута он уменьшается, а с увеличением концентрации соли олова растет.

В результате проведенных исследований был разработан оптимальный электролит для осаждения покрытий сплавом олово-висмут с блескообразующей добавкой CA2-PWB, состав которого представлен в табл. 7.

Оптимальные условия электролиза: катодная плотность тока $i_k = 6\text{ A/dm}^2$, соотношение площади катода к площади анода $S_A:S_K = 2:1$, тем-

Таблица 6. Матрица планирования 2^k
Table 6. Planning Matrix 2^k

Уровень эксперимента	i_k	C_{Sn}^{2+}	C_{Bi}^{2+}	ВТ, %
1	+1	+1	+1	67,11
2	-1	+1	+1	87,96
3	+1	-1	+1	34,86
4	-1	-1	+1	49,14
5	+1	+1	-1	72,54
6	-1	+1	-1	84,98
7	+1	-1	-1	24,05
8	-1	-1	-1	38,96
«0» (1)	0	0	0	73,39
«0» (2)	0	0	0	71,58
«0» (3)	0	0	0	69,59

пература 20-25 °С; оловянные аноды; чехлы для анодов из полипропиленовой ткани.

Поляризационные измерения. В данной работе были получены поляризационные кривые серии растворов электролитов с различным содержанием блескообразующей добавки и формалина, составы которых приведены в таблицах 1, 2, 3 и 4.

Результаты эксперимента представлены на рис. 6, из графиков видно, что добавка СА2-PWB увеличивает катодную поляризацию, сильно ингибируя катодный процесс (кривая раствора 2). Синтанол незначительно ингибирует процесс осаждения сплава (кривая раствора 1). Введение формальдегида до 15 и 20 мл/л последовательно ослабляет ингибирующий эффект блескообразующей добавки, что согласуется с ранее полученными данными.

Выводы

В данной работе нами был разработан оптимальный электролит для осаждения блестящих и паяемых покрытий сплавом олово-висмут с добавкой СА2-PWB, а также подобран интервал допустимых плотностей тока от 4 до 10 А/дм². В качестве компонента, при синтезе добавки СА2-PWB мы использовали химически чистый триэтанолламин, который в настоящее время производится в России.

Исследуемая блескообразующая добавка СА2-PWB показала хорошие результаты, которых не удавалось достичь в предыдущих исследованиях. Покрытия проявляли блеск, даже без перемешивания электролита, и хорошую паяе-

Таблица 7. Состав разработанного электролита
Table 7. The composition of the developed electrolyte

Компонент Component	Концентрация, г/л Concentration, g/l
SnSO ₄	40
Bi ₂ (NO ₃) ₃ ·5H ₂ O	1
H ₂ SO ₄	100
Формалин, мл/л (Formaldehyde, ml/l)	15
Синтанол АЛМ-10 (Sintanol ALM-10)	25
СА2-PWB, мл/л (CA-PWB, ml/l)	13

мость в широких интервалах плотностей тока от 2 до 11 А/дм².

Была получена зависимость содержания висмута в сплаве от катодной плотности тока. В оптимальном электролите в диапазоне катодной плотности тока от 4 до 10 А/дм² содержание висмута в покрытии варьируется от 0,27 до 0,6%, что соответствует оптимальной концентрации висмута в сплаве. Следовательно, полученное покрытие сплавом олово-висмут соответствует требованиям, предъявляемым радиоэлектронной промышленностью.

Используя математический метод планирования эксперимента, было получено уравнение регрессии, которое связывает выход по току, содержание солей обоих металлов в электролите и катодную плотность тока. Из полученного на-

ми уравнения регрессии можно сделать вывод,

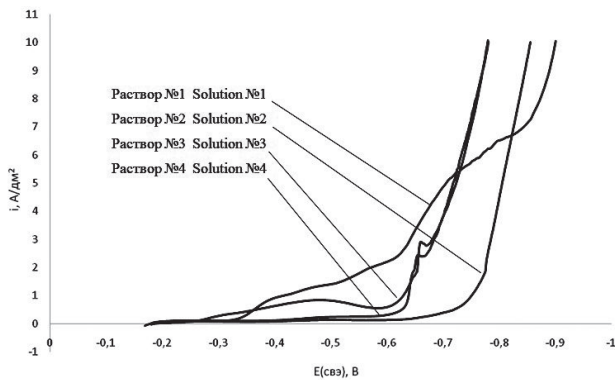


Рис. 6. Результаты поляризационных измерений для серии растворов электролитов с различным содержанием блескообразующей добавки СА2-PWB и формалина 37%.

Fig.6. The results of polarization measurements for a series of electrolyte solutions with different content of brightener CA2-PWB and formaldehyde 37%

что выход сплава по току не зависит от катодной плотности тока, в то время как при увеличении концентрации соли висмута он уменьшается, а с увеличением концентрации соли олова растет.

Добавка СА2-PWB увеличивает катодную поляризацию, сильно ингибируя катодный процесс. Синтанол незначительно ингибирует процесс осаждения сплава. Введение формальдегида до 15 и 20 мл/л последовательно ослабляет ингибирующий эффект блескообразующей добавки, что согласуется с ранее полученными данными.

Литература

1. Блескообразующие добавки и специальные композиции [Электронный ресурс] // НПП «СЭМ.М» - <http://echemistry.ru>, 2017 – 2018 URL: http://echemistry.ru/assets/files/katalog_npp_semm_2017.pdf (Дата обращения: 07.06.2018 в 18.50)
2. Патент 2032775 РФ. Блескообразующая добавка в кислые электролиты для осаждения сплава олово – свинец / В. Н. Кудрявцев, К. М. Тютин, А. Н. Попов, В. А. Зонин, С. А. Максименко. Опубл. 10.04.1995
3. Ямпольский А. М., Ильин В. А. Краткий справочник гальванотехника. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение. 1981. – 269 с.
4. Винокуров Е.Г., Бондарь В.В. Динамика развития тематической области «Электроосаждение сплавов» // Физикохимия поверхности и защита материалов, 2009, Т. 45, № 3. С. 334–336.
5. Гребенчиков Р.В., Колесников В.А., Угрюмова Е.С. Исследование электроосаждения блестящих покрытий сплавом олово-висмут для процессов производства печатных плат по суб-

трактивной технологии // Гальванотехника и обработка поверхности. 2017. Т. 25, №1. С. 55–59

6. Юдин А.С., Попов А.Н., Колесников В.А. Исследование электроосаждения сплава олово-висмут с блескообразующей добавкой SA-317 // Гальванотехника и обработка поверхности. 2018. Т. 26, № 4. С. 45–50.

7. Медведев Г.И., Макрушин Н.А., Дубенков А.Н. Электроосаждение сплава олово-висмут из сульфатного электролита с органическими добавками // Защита металлов. 2003. Т. 39, № 4, С. 381–384.

8. Рехамния Р., Попов А.Н., Тютин К.М. Электролит для электроосаждения блестящих покрытий сплавом Sn-Bi // Защита металлов, 1986. Т. 22, № 6, С. 986–988.

9. Аверин Е.В., Смирнов К.Н., Григорян Н.С., Харламов В.И. Совершенствование процесса электроосаждения олова из кислых электролитов // Успехи в химии и химической технологии. 2007. Т. 21, № 9 (77). С. 61–63.

10. Аверин Е.В., Смирнов К.Н., Григорян Н.С., Харламов В.И. Нанесение покрытий оловом и его сплавами из сернокислых электролитов // Успехи в химии и химической технологии. 2010. Т. 24, № 9(114). С. 36–39.

11. Экилик В.В., Бережная А.Г., Экилик Г.Н., Довбня Ю.В. Коррозионно-электрохимическое поведение эвтектического сплава висмут-олово в сульфатном растворе // Коррозия: материалы, защита. 2010. №3, С. 21–28.

12. Кругликов С.С. О некоторых особенностях использования потенциостатического режима при электроосаждении металлов и сплавов // Гальванотехника и обработка поверхности. 2016. Т. 24, № 1. С. 40–47.

13. Попов А.Н., Асеева А.В. Разработка электролитов для производства компонентов в микроэлектронике // Химическая технология. 2013. № 6. С. 324–330.

14. Rajamani, A.R., Jothi, S., Datta, M., Rangarajan, M. Electrodeposition of tin-bismuth alloys: Additives, morphologies and compositions// Journal of the Electrochemical Society, 2018. V. 165 № 2. P. D50–D57

15. Goh, Y. , Haseeb, A.S.M.A., Composition estimation of Sn-Bi alloy electrodeposition using polarization curve// Journal of Materials Science: Materials in Electronics. 2017. V. 165, № 15. P. 11186–11191

16. Tsai, Y.-D., Hu, C.-C. Composition and microstructure control of tin-bismuth alloys in the pulse plating process// Journal of the Electrochemical Society. 2011. V. 158, № 8. P. D482–D489.

References

1. Brightener sand special compositions [Electronic resource] // NPP "SEM.M" - <http://echemistry.ru>, 2017 – 2018 URL: http://echemistry.ru/assets/files/katalog_npp_semm_2017.pdf (Revised: 07.06.2018 at 18:50)

2. Yampolsky A. M., Ilyin V. A. Short reference book galvanotechnics. - 3rd ed., - L.: Mechanical Engineering, Leningrad. 1981. - 269 p.

3. Tikhonov A. A., Yakovlev A. V. Electrolytic deposition of a tin-bismuth alloy. Dep. NIITEKHIM, 1989, Dep. No. 378 hp88.

4. Vinokurov E. G., Bondar V. V. Dynamics of the development of the subject field "alloy electroplating" // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. 2009. V. 45, № 3. P. 369-371.

5. Grebenchikov R.V., Popov A. N., Kolesnikov V.A., Uryumova E.S. Study of electrodeposition of Bright Tin - Bismuth coatings for production of Printed Wire Borders under Subtractive technology // Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti. 2017. V. 25, № 1. P. 55-59.

6. Yudin A.S., Popov A.N., Kolesnikov V.A. Investigation of the Electrodeposition of Tin-bismuth Alloy from the Bath with Brightener SA-317 // Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti. 2018. V. 26, № 4. P. 45-50.

7. Medvedev G.I., Makrushin N.A., Dubenkov A.N. Electrodeposition of Tin-bismuth Alloy from Sulfate Bath Containing Organic Additives // Protection of Metals. 2003. T. 39, № 4. P. 381-384.

8. Rehamniya R., Popov A.N., Tyutin K.M. Electrolyte for electrodeposition of shiny coatings with Sn-Bi alloy // Protection of metals. 1986. V. 22, № 6. P. 986-988.

9. Averin E.V., Smirnov K.N., Grigoryan N.S., Kharlamov V.I. Improving the process of electrodeposition of tin from acidic electrolytes // Uspehi khimii i khimicheskoy tekhnologii. 2007. V. 21, № 9 (77). P. 61-63.

10. Averin E.V., Smirnov K.N., Grigoryan N.S., Kharlamov V.I. Coating with tin and its alloys from sulphate electrolytes // Uspehi khimii i khimicheskoy tekhnologii. 2010. V. 24, № 9 (114). P. 36-39.

11. Ekilik V.V., Berezhnaya A.G., Ekilik G.N., Dovbnya Yu.V. The corrosion-electrochemical behavior of the bismuth-tin eutectic alloy in the sulphate solution // Corrosion: materials, protection. 2010. № 3. P. 21-28.

12. Kruglikov S.S. Certain Features of the Electrodeposition of Metals and Alloys under Potentiostatic Conditions // Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti. 2016. V. 24, № 1. P. 40-47.

13. Popov A. N., Aseeva A. V., Elaboration of electrolytes for microelectronics // Khimicheskaya tekhnologiya. 2013. № 6. P. 324-330

14. Rajamani, A.R., Jothi, S., Datta, M., Rangarajan, M. Electrodeposition of tin-bismuth alloys: Additives, morphologies and compositions // Journal of the Electrochemical Society, 2018. V. 165, № 2. P. D50-D57

15. Goh, Y., Haseeb, A.S.M.A., Composition estimation of Sn-Bi alloy electrodeposition using polarization curve // Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2017. V. 165, № 15. P. 11186-11191

16. Tsai, Y.-D., Hu, C.-C. Composition and microstructure control of tin-bismuth alloys in the pulse plating process // Journal of the Electrochemical Society. 011. V. 158, № 8. P. D482-D489

Сведения об авторах

Холмова Анна Александровна - магистрант, кафедра Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов

Попов Андрей Николаевич - доктор химических наук, профессор, e-mail: popov@rusobr.ru; тел.: 89039681049; факс: 74954952157, доб. 5102

Колесников Владимир Александрович - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Саитова Наталья Геннадьевна - ведущий инженер e-mail: nsaitova@list.ru; тел.: 89859637275.

Information about authors

Kholmova Anna Alexandrovna - Undergraduate, Dept. of Inorganic&Electrochem. Technol.; e-mail: annasanna.96@mail.ru; tel.89153945761

Popov Andrey Nikolaevich - Dr. Sci., Prof., e-mail: popov@rusobr.ru; tel: 89039681049; fax: 84954952157

Kolesnikov Vladimir Aleksandrovich - Dr. Tech., Prof., Head of Dept.

Saitova Natalya Gennadievna - Chief engineer, e-mail: nsaitova@list.ru; tel.:89859637275.

Для цитирования

Холмова А. А., Попов А. Н., Колесников В. А., Саитова Н. Г. Электроосаждение сплава олововисмут с блескообразующей добавкой СА2-РWB // Гальванотехника и обработка поверхности. 2019. Т. 27, № 1. С. 9-16.

For citation

Kholmova A. A., Popov A. N., Kolesnikov V. A., Saitova N. G. Electrodeposition of tin-bismuth alloy with the brightener CA2-PWB // Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti. 2019. V. 27, № 1. P. 9-16.

УДК 621.357.7:51

Математическая зависимость плотности тока коррозии основы от пористости хромовых покрытий

© **В.А. Руденко, О.В. Кузнецова**

Ижевская Государственная сельскохозяйственная академия,
426069, Россия, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11

Ключевые слова: пористость, ток коррозии, график и математическая зависимость.

Предложена формула для пересчета величины плотности тока коррозии основы в порах хромового покрытия на величину суммарной площади пор в покрытии в процентах относительно видимой поверхности детали.

Mathematical dependence of the corrosion current density of the base on the porosity of chromium coatings

V. A. Rudenok, O. V. Kuznetsova

Izhevsk Academy of Agriculture, Izhevsk, Studencheskaya Str., 11

Keywords: porosity, corrosion current, graph and mathematical dependence.

The formula to convert the value of the current density of corrosion fundamentals in the pores of the chrome coating on the total area of pores in the coating in percent relative to the visible surface of the part.

Введение

Хромовые покрытия нашли широкое применение в технологии машиностроения для придания повышенной износостойкости трущимся поверхностям узлов и деталей. При эксплуатации во влажных условиях, в присутствии агрессивных компонентов такие покрытия обладают низкой защитной способностью, что существенно снижает срок их эксплуатации.

Поэтому на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации таких элементов необходима количественная информация о пористости покрытий. В настоящее время оборудование для такого контроля как в России, так и за рубежом, отсутствует. В данной работе описана методика расчета индекса пористости по результатам измерения плотности тока коррозии деталей.

Таблица 1. Зависимость плотности тока коррозии от площади пор для молочного хрома
Table 1. Effect of pores surface area on the corrosion current density for milky chrome coating

Параметр Variables	Толщина покрытия, мкм Coating thickness, μm								
	1	3	5	8	10	12	15	18	20
Ток, мкА/см ² Current, $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	45	43	27	22	22	24	38	28	31
Пористость, % Porosity, %	0,51	1,25	0,25	0,1	0,59	0,1	0,04	0,01	0,01

Таблица 2. Зависимость плотности тока коррозии от площади пор для блестящего хрома
Table 2. Effect of pores surface area on the corrosion current density for bright chrome

Параметр Variables	Толщина покрытия, мкм Coating thickness, μm					
	3	5	12	15	18	20
Ток, мкА/см ² Current, $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	103	133	111	133	139	130
Пористость, % Porosity, %	1,46	4,2	9	8,9	5,77	8,86

Впервые предложена математическая зависимость величины пористости хромового покрытия от измеренной плотности тока коррозии стали под покрытием.

Методика исследований

Методика исследований описана в опубликованных нами ранее материалах [1]. Пористость измеряли методом наложения фильтровальной бумаги. Ток коррозии основы в порах покрытия измеряли в растворе КОРРОДКОТ потенциостатически в стандартной трехэлектродной ячейке, используя в качестве электрода сравнения деталь с исследуемым покрытием [2]. Полученные в ходе измерений результаты представлены в виде линейной зависимости в логарифмических координатах. Определена математическая закономерность хода полученной кривой и представлена в виде формулы для практического расчета пористости по величине плотности тока коррозии.

Результаты экспериментов

Измеряли плотность тока коррозии в порах покрытия на пластинах по методике, описанной в патенте [2]. Результаты представлены в таблицах 1 и 2:

Из таблицы 1 видно, что пористость молочного хрома имеет тенденцию к снижению по мере роста толщины покрытия. При толщинах более 15 мкм эта тенденция нарушается, возможно, как результат резкого снижения пористости при этих толщинах.

В соответствии с данными таблицы 2 пористость блестящего хрома с ростом толщины закономерно увеличивается.

Таблица 3. Зависимость тока коррозии в порах хрома от его пористости (по данным табл. 2 и 3)
Table 3. Effect of porosity on corrosion current (taken from data in Tables 2, 3)

№	lg (i)	lg (por)
1	1,3424	-0,462
2	1,3802	-1
3	1,4314	-0,602
4	1,6335	0,0969
5	1,6532	-0,292
6	2,0128	0,1644
7	2,0453	0,9542
8	2,1139	0,9474
9	2,1239	0,8162
10	2,143	0,7612

Графическая зависимость между пористостью хрома и плотностью тока коррозии опубликована нами ранее [1] в виде столбчатой диаграммы. Однако эта диаграмма только качественно описывает соотношение между этими величинами, и не позволяет рассчитать величину пористости при работе с конкретными деталями. Для построения практически значимой зависимости она представлена в данной работе в логарифмических координатах (рис.1) на основе данных из таблицы 3. На основании этой таблицы построили график:

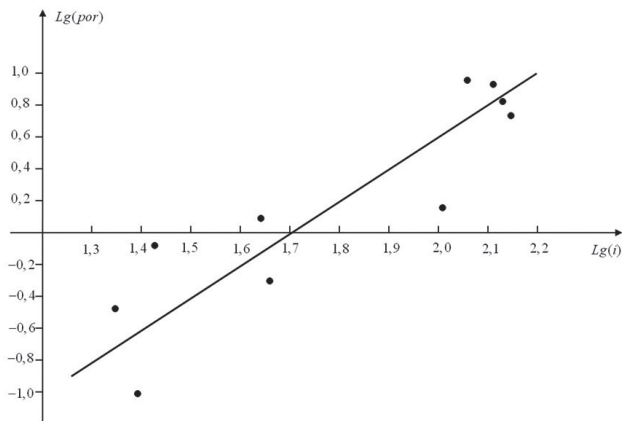


Рис. Зависимость плотности тока коррозии от пористости хрома.

Fig. Effect of chrome porosity on the corrosion current density

Видно, что кривая носит линейный характер. Это позволило установить математическую зависимость между пористостью и плотностью тока коррозии:

$$\lg(\text{por}) = 2\lg(i) - 3,43$$

Из этого уравнения вывели расчетную формулу для практического использования при экспериментальном определении пористости конкретной детали:

$$\text{por} = 4 \cdot 10^{-4} \cdot i^2$$

Здесь индекс por - пористость, выраженная в процентах от площади поверхности детали, i - плотность тока коррозии ($\text{мкА}/\text{см}^2$).

Использование этой зависимости позволяет рассчитать пористость любой детали по току коррозии, измеренному либо для всей поверхности, либо локально на отдельном ее участке (табл. 4)

Представленная зависимость получена для хромовых покрытий. Очевидно, распространить ее на другие виды гальванических покрытий будет возможно только после подбора состава раствора для измерения тока коррозии, оптимального для конкретной пары основа-покрытие.

Таблица 4. Рассчитанные значения пористости в сравнении с измеренными ранее/
Table 4. Calculated values of porosity compared with measured earlier

Ток, $\text{мкА}/\text{см}^2$ Current, $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	27	43	133
Пористость измеренная, % Measured porosity, %	0,25	1,25	8,9
Пористость рассчитанная, % Calculated porosity, %	0,29	0,74	7,07

Выводы

Впервые разработана методика количественного определения пористости гальванического покрытия по величине плотности тока коррозии. Методика может быть полезна при разработке и проектировании изделий, содержащих конструктивные элементы с гальваническим покрытием.

Литература

1. Салтыкова Н.И., Руденок В.А., Иванов К.А. Количественное измерение пористости гальванических покрытий // Гальванотехника и обработка поверхности. 2017. Т. 25, № 4. С. 22-25.
2. Пат. № 1356726 МПК G01N27/416 Способ измерения скорости коррозии основы в порах катодного гальванического покрытия /Руденок В.А., Бахчисарайцыян Н.Г., Кругликов С.С.. № 19863895907; заявл. 15.05.1986; опублик. 30.03.1990, бюл.№12.

References

1. Saltikova N.I., Rudenok VA, Ivanov K.A. Quantitative measurement of porosity of electroplated coatings // Galvanotekhnika i obrabotka poverkhnosti. 2017. V. 25, № 4. P. 22-25.
2. USSR Pat. № 1356726 IPC G01N27 / 416 Method for measuring the rate of corrosion of a substrate in the pores of a cathodic electroplating coating // Rudenok VA, Bakhchisaraytsyan N.G., Kruglikov S.S. №. 19863895907; Claimed. 05.15.1986; Publ. 03.30.1990, bul. № 12.

Сведения об авторах

Руденок Владимир Афанасьевич – к.х.н., заведующий кафедрой; тел.: 8-912-8554226
Кузнецова Ольга Васильевна – заведующая кафедрой математики; тел. 8 950 1751000

Information about authors

Rudenok Vladimir A. – Acc. Prof., Cand. of Sci., Head of Dept. of Chemistry
Kuznetsova Ol'ga V. - Head of Dept. of Mathematics; tel.: 89501751000.

Для цитирования

Руденок В.А., Кузнецова О.В. Математическая зависимость плотности тока коррозии основы от пористости хромовых покрытий // Гальванотехника и обработка поверхности. 2019. Т. 27, № 1. С. 17-19.

For citation

Rudenok V. A., Kuznetsova O. V. Mathematical dependence of the corrosion current density of the base on the porosity of chromium coatings // Galvanotekhnika i obrabotka poverkhnosti. 2019. V. 27, № 1. P. 17-19.

УДК 621.357.7

Опыт промышленной эксплуатации сульфатно-аммонийного электролита кадмирования с добавками ЦКН-04 и ЦКН-04С

**© Д.В. Кравченко, Г.И. Кузьмина, И.М. Лукьяненко,
Е.И. Еренкевич**

АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение», 141080, Московская область, г. Королёв, ул. Ильича, 7; E-mail: ogmet@ktrv.ru

Ключевые слова: покрытие, электроосаждение, кадмий, сульфатно-аммонийный электролит, добавки, промышленная эксплуатация.

В работе отражен опыт промышленной эксплуатации сульфатно-аммонийного электролита кадмирования с добавками ЦКН-04 и ЦКН-04с на АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение» в цехе защитных покрытий.

On the Long-term Operation of New Cadmium Plating Bath in the Plating Shop

**D.V. Kravchenko, G.I. Kuzmina, I.M. Lukjanenko,
E.N. Erenkevich**

«Tactic missile weapons» Corporation; 141080, Moscow Region, Korolev, ul. Il'icha, 7

Key words: protective coatings, cadmium plating baths, industrial application, throwing power, covering power, hydrogenation, mechanical properties additives.

An experience of long-time operation of cadmium ammonium sulfate bath with ZsKN-04 and TsKN-04S additives in a plating shop is described. A number of advantages of this bath has been revealed, e.g. throwing and covering power as high as for cyanide baths; high stability of the bath; possibility of the use automatic plating lines with hard cycle; no undesirable changes in the quality of steel parts; low hydrogen absorption by the base metal (steel).

Введение

Кадмиевое покрытие широко применяется в авиастроении для защиты стальных изделий от коррозии в атмосфере и морской воде электрохимически [1, 2]. Покрытие обладает прочным сцеплением с основным металлом, хорошими антифрикционными свойствами, низкой износостойкостью; пластичнее цинкового; выдерживает запрессовку, вытяжку, развальцовку, свинчивание [1, 3].

Для нанесения кадмия в настоящее время применяются электролиты, приведенные в [4], либо иные специальные составы, регламентируемые соответствующей отраслевой документацией. Предлагаемые электролиты кадмирования можно разделить на три группы: цианидные, применение которых в настоящее время сильно ограничено; сернокислые - применимы для нанесения кадмиевого покрытия на детали простой конфигурации; и комплексные малотоксичные бесцианистые электролиты. Для улучшения структуры и внешнего вида покрытия в состав электролитов кадмирования вводят различные органические поверхностно-активные вещества [5, 6].

Наибольшее распространение на производстве среди комплексных бесцианистых электролитов нашел стандартный сульфатно-аммонийный электролит кадмирования с диспергатором НФ [0] (карта 31, состав 1) благодаря высокой рассеивающей способности по металлу (РСм), кроющей способности (КС) и незначительному наводороживанию стальной подложки.

Несмотря на достаточно высокую КС, электролит обладает довольно узким диапазоном катодной плотности тока (до 1-1,5 А/дм²) и нестабильным качеством покрытия (зависит от партии диспергатора НФ) [7, 8].

В целях повышения эффективности процесса электроосаждения кадмия из сульфатно-аммонийного электролита фирмой ПК НПП «СЭМ.М» совместно с РХТУ им. Д.И.Менделеева (кафедра ТНВ и ЭП) была разработана композиция добавок ЦКН-04 и ЦКН-04с.

Результаты и их обсуждение

Изучение влияния технологии кадмирования из сульфатно-аммонийного электролита с добавками ЦКН на механические свойства образцов из конструкционной стали средней прочности (типа 30ХГСА) проводилось на площадке ФГУП ВИАМ [9].

В результате испытаний электролит вошел в состав НТД ВИАМ (ТР 1.2.2504-2015).

Наименование компонента Component	Концентрация, г/л Concentration, g/l
Кадмий сернокислый CdSO ₄ ·8/3H ₂ O	40-60
Аммоний сернокислый (NH ₄) ₂ SO ₄	180-250
ЦКН-04	7-15 мл/л
ЦКН-04с	5-10 мл/л
pH	3-5

Промышленная эксплуатация электролита с добавками ЦКН в цехе защитных покрытий АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение» показала:

1. Электролит имеет высокие значения РСм и КС [9], что позволяет получать равномерное светлое мелкокристаллическое кадмиевое покрытие на ответственных деталях со сложным профилем поверхности без применения дополнительных приспособлений и технологических приемов, необходимых для «прокрытия» деталей в участках, с низкой локальной плотностью тока (глухие, сквозные отверстия), исключая «подгар» на выступающих частях профиля и других участках, где локальная плотность тока повышена.

Процесс электроосаждения кадмия характеризуется широким интервалом рабочих плотностей тока, в котором получают светлые кадмиевые покрытия - 0,05-5 А/дм² (при тестировании электролита в ячейке Хулла). Выход по току кадмия в этом электролите имеет высокие значения и снижается с ростом катодной плотности тока [9].

2. Во время нанесения кадмиевого покрытия не требуется изменять положение детали в ванне относительно подвесочного приспособления, благодаря чему электролит можно применять как в ваннах механизированных, так и автооператорных гальванических линий.

3. Электролит сохраняет свои технологические свойства в условиях длительного электролиза при соблюдении периодичности корректировки по основным компонентам и pH.

Избыток или недостаток добавок в ванне определяется по данным теста электролита в угловой ячейке Хулла или ориентируясь на количество прошедшего через ванну количества электричества. Норма для корректировки электролита по добавке ЦКН-04 составляет 2 мл на 10 А·ч при обработке деталей на подвесках и 3-5 мл на 10 А·ч при обработке деталей насыпью в ба-

рабанах. ЦКН-04с расходуется только с выносом электролита из ванны.

4. Электролит устойчив к случайным загрязнениям ионами тяжелых металлов: меди (до 40 мг/л), железа (до 150 мг/л), никеля (до 150 мг/л), хрома 6+ (до 20 мг/л) и свинца (до 10 мг/л), что часто встречается в условиях производства из-за растворения упавших на дно ванны деталей или другим образом.

Удаление ионов железа рекомендуется производить в следующей последовательности:

- извлечь аноды из ванны (если операция производится в основной ванне);
- довести pH электролита до 5,0-5,5;
- нагреть электролит до 50-60 °С;
- добавить 1-2 мл/л перекиси водорода (ГОСТ 177-88);
- через 2-3 часа профильтровать;
- охладить электролит и откорректировать pH раствора;
- откорректировать электролит по основным компонентам и добавкам.

Ионы меди, никеля и свинца удаляются проработкой электролита при плотности тока 0,2-0,3 А/дм².

Ионы шестивалентного хрома удаляются добавлением в электролит гидросульфита натрия (ГОСТ 246-76). Количество гидросульфита определяется по тесту в ячейке Хулла до получения светлого кадмиевого покрытия на тестовой пластине в интервале рабочих плотностей тока.

Проработка электролита активированным углем с последующей фильтрацией в рабочую ванну позволяет исключить влияние вредных примесей органических соединений.

Для удаления механических примесей рекомендуется проводить периодическую фильтрацию электролита по мере его загрязнения. Периодичность определяется опытным путем и зависит от загруженности ванны и качества очистки деталей перед кадмированием.

5. Электроосаждение кадмия из сульфатно-аммонийного электролита с добавками ЦКН не приводит к увеличению содержания водорода и/или изменению механических свойств в образцах из конструкционных сталей средней прочности (типа 30ХГСА) [10, 11].

В тоже время следует отметить некоторые аспекты, касающиеся технологичности процесса:

1. Наличие в гальваническом производстве предприятия аммонийсодержащих сточных вод требует организации на участке очистных сооружений отдельного вида стоков для нейтрализации и обеспечения схемы обработки, в соот-

ветствии с которой аммонийсодержащие стоки сначала обрабатываются в реакторе окисления до заданных значений Red/Ох-потенциала и затем проходят нейтрализацию совместно с кислотно-щелочными стоками.

2. Нельзя применять воздушное перемешивание из-за пенообразующего действия добавки ЦКН-04с. Рекомендуется перемешивание электролита движением катодной штанги - 20-30 качаний в минуту.

3. Имеет место кристаллизация аммонийных солей на стенках, бортах ванны и на бортовосах вытяжной вентиляции.

Заключение

Рассматриваемый электролит хорошо показал себя в условиях производства и может быть рекомендован для кадмирования изделий со сложным профилем поверхности как в стационарных ваннах, так и в ваннах механизированных или автооператорных гальванических линий.

Электролит сохраняет свои технологические свойства в условиях длительного электролиза при соблюдении периодичности корректировки состава по основным компонентам и pH, а также устойчив к случайным загрязнениям ионами тяжелых металлов.

Процесс электроосаждения кадмия из сульфатно-аммонийного электролита с ЦКН не приводит к увеличению содержания водорода и/или изменению механических свойств в образцах из конструкционных сталей средней прочности (типа 30ХГСА).

Литература

1. ГОСТ 9.303-84 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору.
2. Sriraman K.R., Brahimi S., Szpunar J.A., Osborne J.H., Yue S. Characterization of corrosion resistance of electrodeposited Zn-Ni Zn and Cd coatings // *Electrochimica Acta*. 2013. V.105, С. 314-323.
3. Sriraman K.R., Strauss H.W., Brahimi S. et al. Tribological behavior of electrodeposited Zn, Zn-Ni, Cd and Cd-Ti coatings on low carbon steel substrates // *Tribology International*. 2012. V. 56. P. 107-120.
4. ГОСТ 9.305-84 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий.

5. Dolati A., Afshar A., Ghasemi H. A. Kinetic study on the electrodeposition of cadmium with the presence of organic agents in sulfate solutions // *Materials Chemistry and Physics*. 2005. V. 94, №1. P. 23-28.

6. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами. -М.: Химия, 1979. 352 с.

7. Смирнов К.Н., Кравченко Д.В., Архипов Е.А. Кроющая способность электролитов кадмирования // *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2013, Т. 21, №4. С. 30-32.

8. Смирнов К.Н., Кравченко Д.В., Архипов Е.А. Добавки для сульфатно-аммонийного электролита кадмирования. Практика применения // *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2016. Т. 24, №2. С. 35-38.

9. Никифоров А.А., Смирнов К.Н., Кравченко Д.В. и др. Применимость сульфатно-аммонийного электролита кадмирования с добавкой ЦКН-04 для авиационной промышленности // *Труды ВИАМ*. 2016. № 12(48). С. 93-102.

10. Смирнов К.Н., Архипов Е.А., Кравченко Д.В. Наводороживание в бесцианистых электролитах кадмирования // *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2017. Т. 25, №4. С. 10-15.

References

1. GOST 9.303-84 Protection against corrosion and ageing. Unified system. Metal and nonmetal inorganic coatings. Selection conditions.

2. Sriraman K.R., Brahimi S., Szpunar J.A., Osborne J.H., Yue, S. Characterization of corrosion resistance of electrodeposited Zn-Ni Zn and Cd coatings // *Electrochimica Acta*. 2013. V.105, P. 314-323.

3. Sriraman K.R., Strauss H.W., Brahimi S. et al. Tribological behavior of electrodeposited Zn, Zn-Ni, Cd and Cd-Ti coatings on low carbon steel substrates // *Tribology International*. 2012. V. 56. P. 107-120.

4. GOST 9.305-84 Protection against corrosion and ageing. Unified system. Metal and nonmetal inorganic coatings. Operations for coatings application.

5. Dolati A., Afshar A., Ghasemi H. A. Kinetic study on the electrodeposition of cadmium with the presence of organic agents in sulfate solutions // *Materials Chemistry and Physics*. 2005. V. 94, №1. P. 23-28.

6. Kudryavtsev N.T. Electrodeposition of metal coatings. М.: Chimia, 1979. 352 p.

7. Smirnov K.N., Kravchenko D.V., Arkhipov E.A. Additives for Ammonium Sulfate Cadmium Plating Solution. Practical Experience //

Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti. 2013. V. 21, №4. P. 30-32.

8. Smirnov K.N., Kravchenko D.V., Arkhipov E.A. Additives for Ammonium Sulfate Cadmium Plating Solution. Practical Experience // *Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*. 2016. V. 24, №2. P. 35-38.

9. Nikiforov A.A., Smirnov K.N., Kravchenko D.V. et al. The use of ammonium sulfate cadmium plating bath with TsKN-04 additive in aviation industry // *Trudi VIAM*. 2016. № 12(48). P. 93-102.

10. Smirnov K.N., Arkhipov E.A., Kravchenko D.V. Hydrogen Absorption in the Course of Cadmium Plating in Non-cyanide Baths // *Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*. 2017. V. 25, №4. P. 10-15.

Сведения об авторах

Кравченко Дмитрий Владимирович - ведущий инженер-технолог по гальванике. E-mail: ogmet@ktrv.ru; Тел.: +7(495) 510-48-03, 510-48-48.

Кузьмина Галина Ивановна - ведущий инженер-технолог по гальванике

Лукьяненко Игорь Михайлович - заместитель начальника цеха защитных покрытий

Еренкевич Елена Ивановна - мастер гальванического участка.

Information about authors

Kravchenko Dmitry V. – leading plating engineer; E-mail: ogmet@ktrv.ru; tel.: +7(495) 510-48-03, 510-48-48.

Kuzmina Galina I. – leading plating engineer

Lukjanenko Igor M. – deputy chief of plating shop

Erenkevich Elena I. – foreman in the plating shop

Для цитирования

Кравченко Д.В., Кузьмина Г.И., Лукьяненко И.М., Еренкевич Е.И. Опыт промышленной эксплуатации сульфатно-аммонийного электролита кадмирования с добавками ЦКН-04 И ЦКН-04С // *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2019. Т. 27, № 1. С. 20-23.

For citation

Kravchenko D.V., Kuzmina G.I., Lukjanenko I.M., Erenkevich E.N. On the Long-term Operation of New Cadmium Plating Bath in the Plating Shop // *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*. 2019. V. 27, № 1. P. 20-23.

Предприятие «РАДАН» (ООО)

190103, г. Санкт-Петербург, ул. 8-я Красноармейская, 20а, лит.А (а/я 179)

т. +7 (812) 251-4917, т/ф +7 (812) 251-1348

т. +7 (911) 916-0706 +7 (911) 233-7916

E-mail: info@radan.su & radan2000@mail.ru Url: www.radan.su

Предприятие «РАДАН» является инжиниринговой компанией и более 26 лет специализируется на выполнении комплекса работ по техническому перевооружению, новому строительству производственных мощностей предприятий от проектирования до ввода в эксплуатацию:

- *Гальвано-химических производств на отечественном или импортном оборудовании*
- *Очистных сооружений промышленных сточных вод от гальвано химических производств, в том числе с полным или частичным возвратом воды на повторное использование*
- *линий подготовки изделий под порошковые покрытия*

Разработка проектов

Проекты любой сложности, в том числе с прохождением государственной экспертизы, от сбора и обработки исходных данных и составлением Задания на проектирование или Технологических заданий. Взаимодействия с отраслевыми (головными) проектными институтами и различными структурами по данной специализации.

Экспертные заключения

Экспертиза технологических решений в разработанных или реализованных проектах, технических предложениях по гальвано-химическим производствам и очистным сооружениям. Эффективность и гарантии получения конечных результатов реализации принимаемых решений.

Реализация проектов. Поставка, шеф-монтаж или монтаж комплектов или единичного оборудования:

- ✓ Автоматизированные, ручные гальванические линии и очистные сооружения в полной комплектации
- ✓ Оборудование для гальванических линий и очистных сооружений (фильтры, деминерализаторы, сепараторы, холодильные установки, выпарные установки, абсорберы, емкостное оборудование, пресс-фильтры, отстойники и т.д.)

Ввод оборудования в эксплуатацию (пуско-наладочные работы)

Проведение работ высококвалифицированным персоналом, имеющих большой практический опыт в области современных требований к реализации проектных решений и к эксплуатации гальвано-химического оборудования.

Разработка эксплуатационной документации

Разработка Технологических регламентов, Руководств по эксплуатации, Технических паспортов на комплексы оборудования гальванического производства и очистных сооружений, отвечающих требованиям безопасной эксплуатации таких производств.

Комплексный подход по организации гальвано-химических производств и очистных сооружений позволяет максимально снизить капитальные и эксплуатационные затраты и обеспечить экологическую и промышленную безопасность предприятиям любых отраслей промышленности.

УДК 504.06:621.793

Поверхностная обработка металлов и пластмасс как область применения наилучших доступных технологий

© Т. В. Гусева, А. Ю. Санжаровский, О. В. Гревцов

Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»,
141006 Московская область, г. Мытищи, Олимпийский просп., д. 42;
Тел. +7(495)240 0000, e-mail: a.sanzharovskiy@eipc.center

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, поверхностная обработка металлов и пластмасс, технологическое нормирование, ресурсоэффективность, охрана окружающей среды.

Проанализирована концепция наилучших доступных технологий. Описаны особенности применения концепции при обработке поверхностей металлов и пластмасс. Подчёркнуто, что обеспечение ресурсоэффективности играет ключевую роль в предотвращении негативного воздействия на окружающую среду при обработке поверхностей (рисунок). Предложен алгоритм оценки соблюдения требований наилучших доступных технологий на предприятиях, выполняющих работы по поверхностной обработке металлов и пластиков.

Surface treatment of metals and plastics as the implementation field of best available techniques

T. Guseva, A. Sanzharovskiy, O. Grevtsov

Research Institute "Environmental Industrial Policy Centre",
42 Olimpijsky prosp., Mytischy, the Moscow region, 141006; Phone: +7(495)240 0000,
e-mail: a.sanzharovskiy@eipc.center

Keywords: Best Available Techniques, surface treatment of metals and plastics, technological requirements, resource efficiency, environmental conservation.

The concept of Best Available Techniques is analysed. Specific features of the practical application of this concept in surface treatment of metals and plastics is described. It is underlined that resource efficiency play the crucial role in preventing negative environmental impacts of surface treatment processes (picture). An algorithm of the assessment of Best Available Techniques implementation at installations applying surface treatment processes is suggested.

Введение

Наилучшие доступные технологии (НДТ) – современный инструмент технологического регулирования в сфере ресурсоэффективности и охраны окружающей среды. Несмотря на то, что переход к НДТ в России был задуман ещё в начале XXI в., а число публикаций, посвящённых принципам НДТ и особенностям их применения, неуклонно растёт, недостаточная осведомлённость исследователей и практиков, недопонимание и в ряде случаев даже намеренное искажение сути подходов, положенных в основу концепции, всё ещё наблюдаются во многих отраслях экономики. Предлагаемая вниманию читателей публикация посвящена анализу возможностей и ограничений распространения НДТ в области поверхностной обработки металлов и пластмасс.

Наилучшие доступные технологии и методы

В словосочетании «наилучшие доступные технологии» условно всё. В большинстве государств, где концепция получила не только распространение, но и законодательное закрепление, используется понятие techniques (методы, приёмы, подходы). Но и термин «технологии», принятый в технократических обществах, можно видеть в публикациях американских [1], канадских [2] и китайских [3] коллег. В России в течение нескольких лет не только писали о наилучших доступных технических методах, но и готовили справочники на основе международного и отечественного опыта, например, для производства стекла, керамики, генерации энергии и др. областей применения НДТ [4]. Понятие «доступные» включает как экономические, так и технические и даже региональные аспекты: речь идёт о решениях, которые разработаны, готовы для применения, апробированы в промышленном масштабе, выведены на рынок; более того, внедрение таких решений не должно требовать чрезмерных затрат – как для отрасли, так и для конкретного предприятия. Может быть, поэтому российские авторы нередко продолжают давать уточнение к аббревиатуре BAT (Best Available Techniques) – BATNEC, то есть НДТ, не требующие чрезмерных финансовых затрат. Наконец, «наилучшие» – это решения, позволяющие достичь надёжного уровня защиты окружающей среды (ОС) в целом, то есть минимизировать эмиссии (выбросы, сбросы загрязняющих веществ, об-

разование отходов) и обеспечить эффективное использование ресурсов (энергии, сырья, воды и др.).

В Европейском союзе (ЕС) концепция НДТ получила законодательное закрепление в 1996 г. как инструмент технологического нормирования в сфере охраны ОС; именно тогда разъяснение понятия и требование практического применения НДТ появилось в Директиве о комплексном предотвращении и контроле загрязнения; настоящее время действует Директива о промышленных эмиссиях, а число предприятий, обязанных демонстрировать использование НДТ и получать комплексные экологические разрешения (КЭР) превышает уже 52 тысячи [4].

В России НДТ определена как «... технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности её применения» [5]. Российские критерии определения НДТ – минимизация негативного воздействия на ОС, отказ от использования в технологических процессах особо опасных веществ, обеспечение высокой ресурсоэффективности – гармонизированы с международными [6], но процесс определения НДТ осуществляется на национальном уровне и отличается рядом особенностей [4].

Обработка поверхностей металлов и пластмасс отнесена к областям применения НДТ как в ЕС, так и в России, а отечественный информационно-технический справочник по НДТ (ИТС 36-2017 [7]) подготовлен в 2017 г. с учётом российского и европейского опыта [8].

Российские и европейские подходы к технологическому нормированию на основе наилучших доступных технологий

В 2019 г. в России должен начаться процесс выдачи КЭР крупным предприятиям ключевых отраслей промышленности; одновременно стартует федеральный проект «Наилучшие доступные технологии», который предусматривает оказание поддержки организациям, внедряющим решения, отнесённые к НДТ. Этот проект является частью более масштабного, национального проекта «Экология» [9], разработанного в соответствии с Указом Президента «О национальных целях и стратеги-

ческих задачах развития Российской Федерации до 2024 года» [10]. Число крупных предприятий превышает 7 тысяч, они относятся к отраслям, для которых разработаны так называемые «вертикальные», отраслевые справочники и определены технологические показатели НДТ. Но обработка поверхностей применяется во многих отраслях – в машиностроении и судостроении, авиационно-космической промышленности, приборостроении, микроэлектронике, производстве медицинской техники и др. В контексте НДТ следует говорить о «... выполнении работ по поверхностной обработке металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов в технологических ваннах суммарным объемом 30 куб. метров и более» [11]. То есть, любое предприятие, производящее такую обработку поверхностей, должно рассматриваться как объект негативного воздействия на ОС, обязанный получать КЭР. Именно так обстоит дело, например, в Германии, Италии или Франции, где автомобильные заводы такие разрешения получают. При подготовке российского информационно-технического справочника по НДТ ИТС 36-2017 [7] было принято решение об отнесении его к категории межотраслевых, «горизонтальных», что совершенно справедливо: обработка покрытий, как уже отмечено, применяется во многих отраслях промышленности. Но как и другие «горизонтальные» справочники, ИТС 36-2017 не содержит обязательных для соблюдения технологических показателей, то есть характеристик ресурсоёмкости и эмиссий (выбросов и сбросов загрязняющих веществ), которые используются при определении условий КЭР. Европейский справочник, выпущенный ещё в 2006 г. [12], до принятия Директивы о промышленных эмиссиях [13] и решения об обязательном установлении уровней эмиссий, основанных на НДТ (BAT-AEL, Emission Levels, Associated with Best Available Techniques), содержит описание наилучших доступных технологий и ориентировочные численные данные о концентрациях металлов в сточных водах, которые допускается сбрасывать в коммунальные системы водоотведения или даже в природные водные объекты.

Следует подчеркнуть, что как в европейском, так и в российском справочнике опросам обеспечения ресурсоэффективности производства и, тем самым, предотвращения негативного воздействия на ОС, уделено первоочередное вни-

мание. К общераспространённым НДТ (вспомним о том, что это методы, подходы и, в том числе, системы менеджмента) отнесены системы экологического менеджмента, которые предусматривают минимизацию потерь и достижение высокой ресурсоэффективности производства [14], приёмы безопасного обращения с токсичными веществами, оптимизация энергетического хозяйства предприятий и пр. Российские исследователи также уделяют значительное внимание обеспечению ресурсоэффективности нанесения [15, 16] нанесения гальванических покрытий и предлагают классификацию ресурсосберегающих составов растворов для осаждения металлических покрытий [16, 17]. Тем самым, акцент переносится с решений «на конце трубы» (средозащитной техники, систем очистки сточных вод и отходящих газов) на оптимизацию производственных процессов, что соответствует основным принципам наилучших доступных технологий.

Пересказывать и предлагать краткое содержание российского ИТС 36-2017 на страницах издания «Гальванотехника и обработка поверхности» [7] не только нецелесообразно, но и вредно. Исследователи, разработчики новых технологических процессов, практики, работающие на промышленных предприятиях найдут на страницах этого документа по стандартизации информацию, которая представляет для них первоочередной интерес. Если сегодня ещё можно знать об НДТ понаслышке, завтра уже нельзя будет внедрить новое решение, пройти процедуру оценки воздействия на ОС, продемонстрировать соответствие ресурсоэффективности и экологической результативности предприятия установленным требованиям без глубокого понимания не только общих принципов, но и применимых НДТ обработки поверхности металлов и пластиков.

Оценка выполнения требований наилучших доступных технологий

Оценка выполнения требований НДТ становится обязательным этапом процедуры принятия экологически значимых решений на всех уровнях – от участка и цеха до предприятия и даже региона, где намечается размещение или реконструкция производства, применяющего процессы обработки поверхности. То обстоятельство, что межотраслевой ИТС 36-217 не содержит обязательных технологических показателей НДТ,

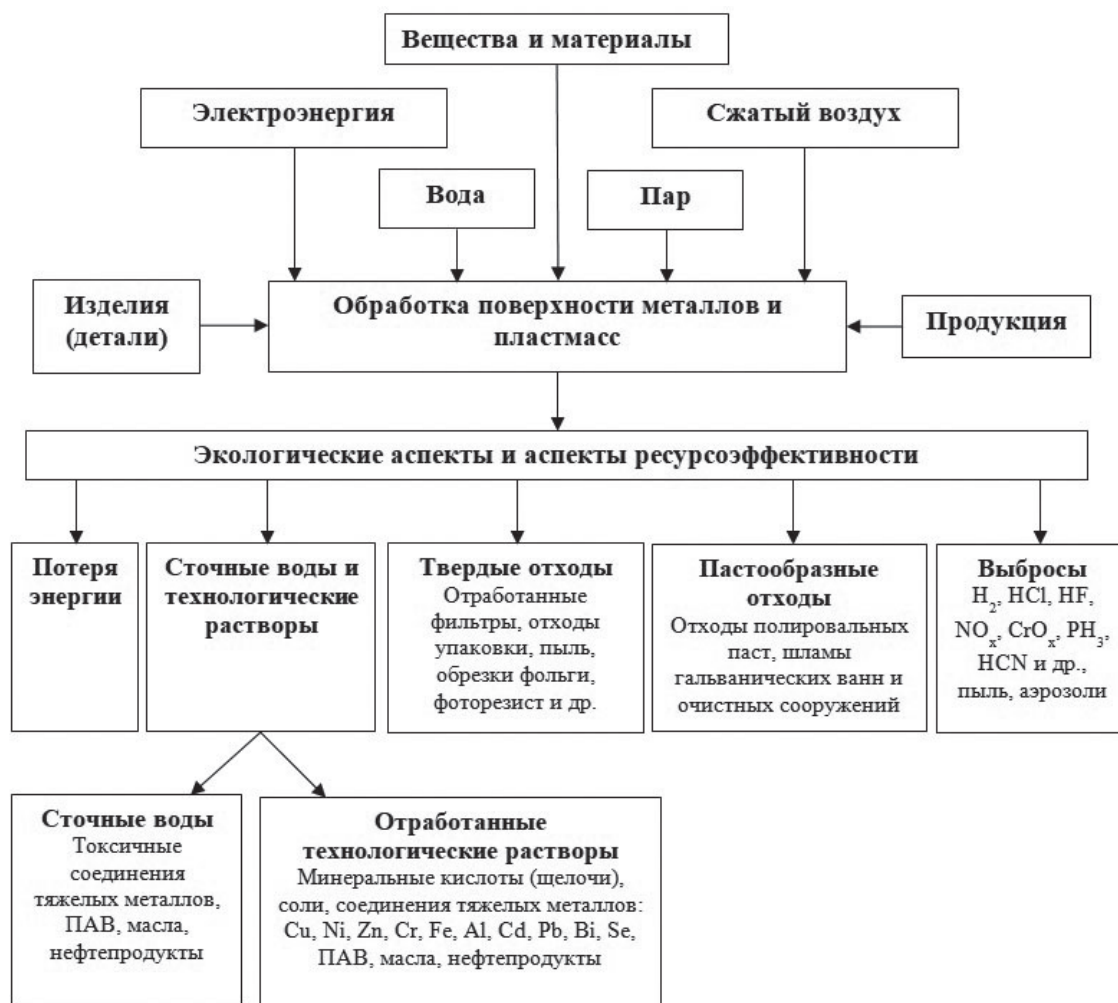


Рис. Схема основных входных и выходных потоков обработки поверхности металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов (по [7], с изменениями)

Fig. Key inputs and outputs of the surface treatment of metals and plastics by means of electrochemical and chemical processes

ситуацию не упрощает. Напротив, ответственность технологов возрастает, а постановка задач в области ресурсоэффективности и минимизации негативного воздействия на ОС (например, в рамках систем экологического и энергетического менеджмента) требует серьезного внимания. В ИТС 36-2017 приведена общая схема входных и выходных потоков обработки поверхности металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов (рисунок).

Количественные и качественные характеристики входных потоков и технологических процессов определяют выходные потоки, называемые в международной практике эмиссиями (выбросы в атмосферный воздух, сточные воды, отходы). Именно поэтому в российском ИТС 36-2017 к НДТ отнесены системы экологического и энергетичес-

кого менеджмента, обеспечение рационального использования воды (прежде всего, снижение уноса химических веществ и сокращение образования отработанных технологических растворов).

Для того, чтобы обосновать соблюдение требований НДТ, технологам и экологам предприятий предстоит пройти несколько взаимосвязанных шагов:

1. Внимательно изучить требования НДТ применительно к обработке поверхности.
2. Провести детальную оценку достигнутых показателей ресурсоэффективности и экологической результативности. При этом целесообразно либо выполнить сравнительный анализ, сопоставив достигнутые результаты с лучшими (или характерными) показателями аналогичных участков, цехов, предприятий. К таким работам,

по всей вероятности, придётся привлечь экспертов, располагающих необходимой информацией и навыками технологического обследования предприятий.

3. Собрать и детально описать объективные свидетельства выполнения требований НДТ в сопоставлении с решениями, приведёнными в ИТС 36-2017. Результатом выполнения этого шага станет обоснование, которое будут оценивать федеральные органы исполнительной власти, выдающие КЭР, а также, вероятно, эксперты в области наилучших доступных технологий [18].

4. В том случае, если руководство примет решение о необходимости улучшения показателей, в том числе, с привлечением средств государственной поддержки, предоставляемых при внедрении НДТ, придётся разработать программу, требования к которой установлены законодательно [5].

5. Оценить действующую систему производственного экологического контроля и привести её в соответствие с установленными требованиями. Этот шаг тем более важен, что позволит уточнить показатели экологической результативности [19].

В 2019-2024 гг. российские предприятия, на которых выполняются работы по поверхностной обработке металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов в технологических ваннах суммарным объемом 30 куб. метров и более» [11], должны будут подготовить заявки на КЭР, обосновав выполнение требований наилучших доступных технологий. Казалось бы, времени для принятия информированных решений ещё много, но именно время практически всегда становится лимитирующим фактором, ресурсом, которого не хватает. Поэтому для ряда отраслей промышленности специалисты уже ведут разработку национальных стандартов, разъясняющих и уточняющих требования НДТ, обеспечивающих методическую поддержку отечественных предприятий.

Заключение

Обработка поверхностей металлов и пластмасс отнесена в Российской Федерации к областям применения наилучших доступных технологий, что определяет необходимость детальной оценки показателей ресурсоэффективности и экологической результативности предприятий, выполня-

ющих работы по обработке поверхности, и разработки современных решений, которые позволили бы улучшить достигнутые показатели. Эти работы требуют развития взаимодействия исследователей и практиков, постановки исследований, направленных на создание количественного описания НДТ обработки поверхностей металлов и пластмасс, а также подготовки национальных стандартов методического характера, направленных на поддержку распространения наилучших доступных технологий в этой области.

Литература

1. Hasanbeigi A. Top 10 Best Available Technologies (BATs) for Industry. Candidates from the U.S., 2015. URL: https://ipeec.org/upload/publication_related_language/pdf/205.pdf. [Retrieved 04.02.2019].
2. Best Available Technologies in Federally-Regulated-Pipelines. Report to the Minister of Natural Resources of Canada. 2016. URL: <https://www.neb-one.gc.ca/bts/pblctn/bstvlbltchnlg/rprt/bstvlbltchnlgrprt-eng.pdf>.
3. Guideline on Best Available Technologies of Pollution Prevention and Control for Thermal Power Plant (on Trial), HJ-2301 (China). 2017. URL: <http://kjs.MEE.gov.cn/hjbhbz/bzwb/wrfzjszc/201706/W020170609556701647383.pdf> [Retrieved 04.02.2019].
4. Скобелев Д. О., Гусева Т. В., Чечеватова О. Ю., Санжаровский А. Ю., Щелчков К. А., Бегак М. В. Сравнительный анализ процедур разработки и пересмотра справочных документов по наилучшим доступным технологиям в Европейском союзе и Российской Федерации. М.: Изд-во «Перо». 2018. – 88 с.
5. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об охране окружающей среды».
6. Наилучшие доступные технологии. Предотвращение и контроль промышленного загрязнения. Этап 2: Подходы к определению наилучших доступных технологий (НДТ) в странах мира. / Управление по окружающей среде, здоровью и безопасности Дирекции по окружающей среде ОЭСР. Пер. с англ. Москва, 2018. –156 с.
7. ИТС 36-2017 «Обработка поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов».

8. Санжаровский А.Ю., Гревцов О.В., Колесников В.А. Справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 36-2017 «Обработка поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов» // Успехи в химии и химической технологии. 2018. Т. 32, № 13 (209). С. 34-36.

9. Национальный проект «Экология» (паспорт проекта утвержден президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24 сентября 2018 г. № 12).

10. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

11. Постановление Правительства РФ от 28 сентября 2015 г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

12. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics. 2006. URL: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/stm_bref_0806.pdf [Retrieved 04.02.2019].

13. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on Industrial Emissions (Integrated Pollution Prevention and Control).

14. Дайман С. Ю., Гусева Т. В.1, Заика Е. В., Соконова Т. В. Системы экологического менеджмента: практический курс. М.: Форум, 2010. – 336 с.

15. Фаина С.В., Винокуров Е.Г., Бурухина Т.Ф., Колесников В.А. Суммарная концентрация основных компонентов растворов для электроосаждения металлических покрытий как критерий классификации и выбора ресурсосберегающих составов растворов // Теоретические основы химической технологии. 2013. Т. 47, № 5. С. 573-579.

16. Винокуров Е.Г., Мешалкин В.П., Василенко Е.А., Невмятулина Х.А., Бурухина Т.Ф., Бондарь В.В. Системный анализ эффективности и конкурентоспособности технологий хромирования // Теоретические основы химической технологии. 2016. Т. 50, № 5. С. 551-560.

17. Винокуров Е.Г., Бурухина Т.Ф., Колесников В.А., Фаина С.В. Концентрационный критерий

классификации ресурсосберегающих составов растворов для электроосаждения металлических покрытий // Теоретические основы химической технологии. 2012. Т. 46, № 5. С. 569-575.

18. Гусева Т.В., Скобелев Д.О., Чечеватова О.Ю. Наилучшие доступные технологии: аспекты менеджмента и оценки соответствия // Менеджмент в России и за рубежом. 2017. № 4. С. 29-38.

19. Приказ Минприроды России от 28.02.2018 № 74 «Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля».

References

1. Hasanbeigi A. Top 10 Best Available Technologies (BATs) for Industry. Candidates from the U.S., 2015. URL: https://ipeec.org/upload/publication_related_language/pdf/205.pdf. [Retrieved 04.02.2019].

2. Best Available Technologies in Federally-Regulated-Pipelines. Report to the Minister of Natural Resources of Canada. 2016. URL: <https://www.neb-one.gc.ca/bts/pblctn/bstvlbltchnlg/rprt/bstvlbltchnlgrprt-eng.pdf>.

3. Guideline on Best Available Technologies of Pollution Prevention and Control for Thermal Power Plant (on Trial), HJ-2301 (China). 2017. URL: <http://kjs.MEE.gov.cn/hjbhzbz/bzwb/wrfzjszc/201706/W020170609556701647383.pdf> [Retrieved 04.02.2019].

4. Skobelev D.O., Guseva T.V., Chechevatova O.Yu., Sanzharovsky A.Yu., Shchelchikov K.A., Begak M.V. Comparative analysis of the drawing up and review of Reference Documents on Best Available Techniques in the European Union and in the Russian Federation (2018).

5. Federalnyj zakon ot 10.01.2002 No 7-FZ (red. ot 29.07.2018) "Ob oxrane okruzhayushhej sredy".

6. OECD (2018), Best Available Techniques for Preventing and Controlling Industrial Pollution, Activity 2: Approaches to Establishing Best Available Techniques (BAT) around the World, Environment, Health and Safety, Environment Directorate, OECD.

7. ITS 36-2017 "Obrabotka poverxnostej metallov i plastmass s ispolzovaniem elektroliticheskix ili ximicheskix processov".

8. Sanzharovskij A.Yu., Grevczov O.V., Kolesnikov V.A. Spravochnik po nailuchshim dostupny'm texnologiyam ITS 36-2017 «Obrabotka poverxnostej metallov i plastmass s ispol'zovaniem e'lektroliticheskix ili ximicheskix processov» // Uspexi v ximii i ximicheskoy texnologii. 2018. V. 32, № 13 (209). P. 34-36.
9. Nacionalnyj proekt "Ekologiya" (pasport proekta utverzhden prezidiumom Soveta pri Prezidente RF po strategicheskomu razvitiyu i nacionalnym proektam, protokol ot 24 sentyabrya 2018 g. No 12.
10. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 7 maya 2018 g. No 204 "O nacionalnyx celyax i strategicheskix zadachax razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2024 goda".
11. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 28 sentyabrya 2015 g.No 1029 "Ob utverzhdenii kriteriev otneseniya ob`ektov, okazyvayushhix negativnoe vozdejstvie na okruzhayushhuyu sredu, k ob`ektam I, II, III i IV kategorij".
12. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics. 2006. URL: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/stm_bref_0806.pdf [Retrieved 04.02.2019].
13. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on Industrial Emissions (Integrated Pollution Prevention and Control).
14. Dajman S. Yu., Guseva T. V.1, Zaika E. V., Sokornova T. V. Sistemy ekologicheskogo menedzhmenta: prakticheskij kurs. M. : Forum, 2010. – 336 p.
15. Fadina S.V., Vinokurov E.G., Burukhina T.F., Kolesnikov V.A. Total Concentration of Main Components in Solutions for Metal Electroplating as a Criterion for Classifying and Choosing Resource-Saving Compositions of Solutions // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2013. V. 47, № 5. P. 593-599.
16. Vinokurov E.G., Meshalkin V.P., Vasilenko E.A., Nevmyatullina K.A., Burukhina T.F., Bondar V.V. System Analysis of the Efficiency and Competitiveness of Chroming Technologies. // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2016. V. 50, № 5. P. 730-738.
17. Vinokurov E.G., Burukhina T.F., Kolesnikov V.A., Fadina S.V. Concentration Criterion for

Classifying Resource-Saving Compositions of Solutions for Metal Electroplating // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2012. V. 46, № 5. P. 486-491]

18. Guseva T.V., Skobelev D.O., Chechevatova O.Yu. Nailuchshie dostupnye texnologii: aspekty menedzhmenta i ocenki sootvetstviya // Menedzhment v Rossii i za rubezhom. 2017. № 4. P. 29-38.

19. Prikaz Minprirody` Rossii ot 28.02.2018 № 74 "Ob utverzhdenii trebovanij k sodержaniyu programmy proizvodstvennogo ekologicheskogo kontrolya, poryadka i srokov predstavleniya otcheta ob organizacii i o rezultatax osushhestvleniya proizvodstvennogo ekologicheskogo kontrolya".

Сведения об авторах

Гусева Татьяна Валериановна, заместитель директора, доктор технических наук

Гревцов Олег Владимирович, начальник отдела стандартизации, методологии и оценки НДТ, кандидат медицинских наук

Санжаровский Александр Юрьевич, научный сотрудник отдела стандартизации, методологии и оценки НДТ, кандидат технических наук

Information about authors

Tatiana V. Guseva, Deputy Director, Doctor of Science

Oleg V. Grevtsov, Head of Department of BAT Assessment, PhD (Medical Science)

Alexander Yu. Sanzharovskiy, Researcher, Department of BAT Assessment, PhD (Technical Science)

Для цитирования

Гусева Т. В., Санжаровский А. Ю., Гревцов О. В. Поверхностная обработка металлов и пластмасс как область применения наилучших доступных технологий // Гальванотехника и обработка поверхности. 2019. Т. 27, № 1. С. 25-31.

For citation

Guseva T., Sanzharovskiy A., Grevtsov O. Surface treatment of metals and plastics as the implementation field of best available techniques // Galvanotekhnika i obrabotka poverkhnosti. 2019. V. 27, № 1. P. 25-31.

КРУГЛИКОВУ СЕРГЕЮ СЕРГЕЕВИЧУ — 90



С.С. Кругликов после окончания МХТИ им. Д.И. Менделеева в 1953 году и защиты диссертации в 1956 г. работает на кафедре ТЭП, в настоящее время в должности профессора. С 1960 г. С.С. Кругликов читал курс теоретической электрохимии. В 1961–63 гг. был командирован в Бирманский технологический институт, где читал лекции и вёл лабораторные занятия по курсам теоретической и прикладной электрохимии, подготовил и издал на английском языке конспект лекций и лабораторный практикум.

Еще с 3-го курса он начал свою научную деятельность с изучения процесса электрохимического восстановления пара-нитрозодиэтиланилина с целью получения диэтил-пара-фенилендиамина - проявляющего вещества для обработки цветных кинофотоматериалов. Эту работу он продолжил на 4 и 5 курсах и в 1953 г. представил, как дипломную. В итоге кафедра ТЭП рекомендовала его в аспирантуру без двухлетнего производственного стажа, что в те времена допускалось лишь для комсомольских активистов и бывших фронтовиков. В аспирантуре он продолжил заниматься электросинтезом органических соединений, но уже не с помощью катодного восстановления, а анодного окисления пиридиновых оснований бета- и гамма-пиколина и хинолина с целью получения никотиновой кислоты - витамина РР и изоникотиновой кислоты - промежуточного продукта в производстве противотуберкулезных препаратов.

Накопленный опыт по электрохимическому восстановлению и окислению органических соединений послужил основой для большого цик-

ла работ, начатых в 1958 г., по изучению воздействия на кинетику разряда ионов металлов таких органических соединений, которые сами принимают участие в электрохимических реакциях на катоде, подвергаясь деструкции или катодному восстановлению. Основные итоги этих работ были опубликованы в 70 статьях и одной монографии и обобщены в докторской диссертации, которую С.С. Кругликов защитил в 1970 г.

Работы по изучению микрораспределения тока и металла на поверхности катода явились общепризнанным вкладом в современную теорию микрораспределения и послужили научной основой создания выравнивающих добавок, позволяющих получать на шероховатой поверхности, выровненные металлические покрытия, а в производстве современной электронной техники обеспечивать избирательное осаждение металла в углубления и отверстия микро- и наноразмеров, а также наносить на поверхность металла адгезионные покрытия, обеспечивающие прочное сцепление с диэлектриком, и решать ряд других проблем.

Начиная с 80-ых годов во всём мире все больше внимания стали уделять вопросам охраны окружающей среды, в частности, решению экологических проблем гальванического производства. Тогда в работах С.С. Кругликова появилось новое направление - создание научных основ электрохимических методов регенерации гальванических растворов и извлечения ценных и токсичных компонентов из промывных и сточных вод. Результатом этих исследований явилось создание ряда эффективных электрохимических процессов и оборудования, которое было успешно внедрено на многих гальванических производствах. Разработки С.С. Кругликова используют более 200 предприятий в России, США, Германии и др. стран.

С. С. Кругликов - член Общества гальванотехников США (AESF) и Великобритании (IMF), регулярно выступает с докладами на международных конференциях. Тратит много времени и сил на работу в качестве главного редактора журнала «Гальванотехника и обработка поверхности».

Поздравляем Сергея Сергеевича с юбилеем, желаем крепкого здоровья и продолжения активной творческой деятельности.

*Коллеги и друзья,
РХТУ имени Д.И. Менделеева*

90th Anniversary of Prof. Sergei S. Kruglikov

Sergei S. Kruglikov graduated from the Mendeleev Institute of Chemical Technology in 1953 and after 3 years of post-graduate study at the Dept. of Electrochemical Engineering joined this Dept. as an assistant professor (since 1961 – associated professor, since 1971 until now – professor). In 1961-1963 he taught electrochemistry in Rangoon University (Birma). He started his scientific career being still a 3rd year student trying to develop an electrochemical synthesis of p-aminodiethylaniline – a chemical used in the processing of coloured photo-materials. Later (1953-1956) he made his Ph.D. research work on the electrosynthesis of nicotinic and isonicotinic acids.

This research provided a good basis for his further studies of the mechanism of leveling and other phenomena taking part in the microdistribution of metals and alloys on the cathode surface.

In the course of the last three decades he has been paying much attention to the solution of environmental problems in plating industry, and more particularly to the development and the implementation of electrochemical processes for the regeneration of process solutions and recovery of their components from rinse water. New technologies and equipment developed by him which are always quite simple and inexpensive have been successfully implemented in over 150 plating shops in Russia and other countries.

Prof. S.S. Kruglikov has published over 250 papers, has 50 patents and has presented tens of papers at international conferences. He is a member of AESF (NASF) and regular speaker at SUR/FIN meetings

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГАЛЬВАНИКИ
НАСОСЫ ФИЛЬТРЫ НАГРЕВАТЕЛИ МЕШАЛКИ

ООО «ТД «Элма» Санкт-Петербург, пр. Просвещения 85
 тел./факс: (812) 490-75-03; моб. тел.: (911) 921-48-02
www.td-elma.ru; info@td-elma.ru

ЭЛМА
торговый дом

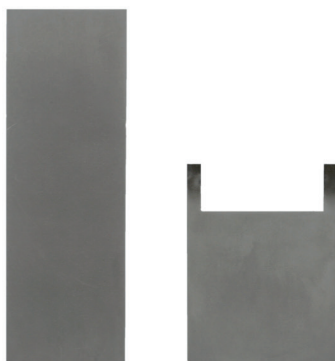
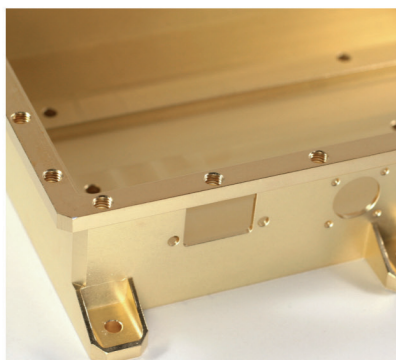


Научно-производственное предприятие «ЭКОМЕТ»

Технологии и оборудование для гальванических производств

Химические продукты от Российского производителя

- подготовка поверхности
- добавки для гальванических процессов
- цинкование
- меднение
- никелирование
- оловянирование
- хромирование и пр.
- обработка алюминия и его сплавов
- электролиты золочения и серебрения
- лаковые покрытия (катафорез)
- травление, активация и электрополирование
- временная консервация и пассивация деталей



Услуги

- внедрение технологических процессов
- нанесение серебра, золота и его сплавов
- изготовление платинированных титановых анодов
- химический анализ гальванических растворов



Гальваническое оборудование

- фильтровальные установки Мефиаг
- фильтровальные материалы
- химически стойкие насосы
- выпрямители ФлексКрафт
- пластиковые теплообменники Калорпласт
- ячейки Хулла

Почтовый адрес: 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 31, корпус 4, ИФХЭ РАН, «ЭКОМЕТ»

Тел./факс: (495) 955-45-54, 955-40-33, 954-86-61

Электронная почта: info@ecomet.ru • Интернет: www.ecomet.ru или ecomet.ru

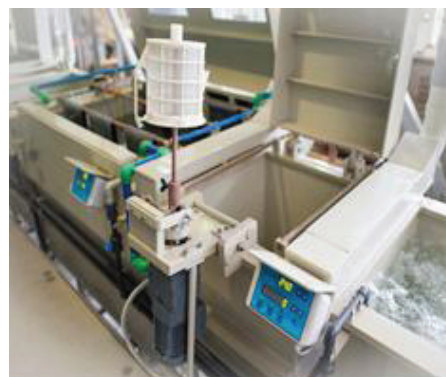
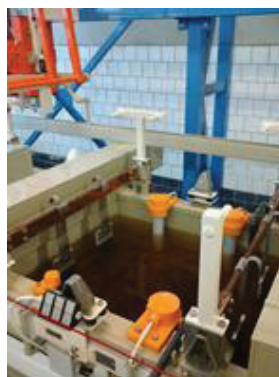


Сделано в России

PTC  RTS
ИНЖИНИРИНГ



- ✓ Разработка и производство современных гальванических линий;
- ✓ Комплексное оснащение гальванических производств;
- ✓ Поставка отдельных единиц оборудования и комплектующих устройств;
- ✓ Изготовление вентиляционных систем из пластика с очисткой воздуха;
- ✓ Модернизация гальванических линий;
- ✓ Разработка, изготовление и запуск АСУ технологическими процессами.



Сертификат ISO 9001

Декларация соответствия ЕАС

ООО «РТС Инжиниринг»
107076, Москва, ул. Атарбекова 4 • Тел.: +7(495) 964-47-48 • Факс: +7 (495) 964-47-39
e-mail: main@rts-engineering.ru • <http://www.rts-engineering.ru>

ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ХИМИКО-ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ И ПОДГОТОВКИ ПЕРЕД ОКРАШИВАНИЕМ от ООО «СОНИС»

- ОБЕЗЖИРИВАНИЕ
- ТРАВЛЕНИЕ
- ЦИНКОВАНИЕ
- ХРОМАТИРОВАНИЕ
- МЕДНЕНИЕ
- НИКЕЛИРОВАНИЕ
- ХРОМИРОВАНИЕ
- ФОСФАТИРОВАНИЕ
- ХОЛОДНОЕ ЧЕРНЕНИЕ

Мы помогаем цеховым
технологам находить
оптимальные решения!



Современные блескообразующие добавки
для цинкования

Качество выше – затраты ниже!

«Колцинк АЦФ-2»	«Колсид АР-НТ»
Бесцианистый щелочной	Аммонийно-хлоридный
<ol style="list-style-type: none">1. Высокая рассеивающая способность- процесс идеален для цинкования сложнопрофилированных изделий2. Высокоблестящие нетемнеющие покрытия без “пузырей” осаждаются в широком диапазоне параметров3. Толщину покрытий можно увеличивать до 35 мкм и выше4. Покрытия пластичные – выдерживают ударные нагрузки, развальцовки, изгибы и т.д.	<ol style="list-style-type: none">1. При разогреве электролита до 55 °С и выше качество покрытий сохраняется2. Электролит пенится мало3. Цинковать можно в барабанах и на подвесках4. Покрытия получаются без пригаров на выступающих частях и отлично поддаются хромированию5. Шелушение покрытий отсутствует до значительных толщин (25 мкм и выше)6. Работает при высоком содержании железа в ванне



Начиная с 1995 года, более 500
предприятий России и стран СНГ
перешли на цинкование
с добавками от **ООО «СОНИС»**

Ждём Ваших обращений!

Тел.: (495) 545-76-24

517-46-51

info@sonis-co.ru

www.ooo-sonis.rf



ООО «НАВИКОМ» представляет

программное обеспечение «СМАРТ-Контроль»



Программное обеспечение «СМАРТ-Контроль» позволяет осуществлять управление выпрямительными агрегатами «ПУЛЬСАР» с удаленного персонального или промышленного компьютера.

Функциональные возможности:

- Сбор, отображение и хранение (архивирование и выгрузка) данных о работе агрегата выпрямительного (АВ), в том числе следующих параметров:
 - ✓ Ток
 - ✓ Напряжение
 - ✓ Полярность
 - ✓ Время
 - ✓ Режим работы (ручной/по программе)
- Управление параметрами работы:
 - ✓ Ток
 - ✓ Напряжение
 - ✓ Полярность
 - ✓ Запуск/останов
 - ✓ Запуск программы
- Просмотр и редактирование программ (как встраиваемых в АВ, так и хранимых в ПК).
- Протоколирование выбранных пользователем параметров АВ.
- Ведение архива протоколов (хранение, визуализация, экспорт в файл, вывод на печать).
- Работа с диагностическими данными (сбор, хранение, визуализация, экспорт в файл для целей удаленной диагностики, импорт из файла).
- Возможность управления несколькими АВ одновременно.
- Несколько уровней пользователей: оператор, технолог, администратор; управление доступом к функциональным блокам программы.

RS-485/ Ethernet/ Modbus

**Способы коммуникации:**

- Подключение к АВ по выбору пользователя:
 - RS-485
 - TCP/IP
- Подключение к нескольким агрегатам (в том числе входящим в состав выпрямительного комплекса).

Программное обеспечение «СМАРТ-Контроль» имеет демонстрационную и лицензированную версии!

Доступность полного функционала программы определяется наличием в файле-лицензии серийного номера агрегата (модуля управления). Вы можете приобрести ПО и лицензии как для управления одним выпрямителем, так и несколькими выпрямителями.

Уровни доступа пользователей

Функционал	Демо-версия	Лицензированная версия		
		Оператор	Технолог	Администратор
Редактирование списка выпрямителей	+	-	-	+
Редактирование списка пользователей	-	-	-	+
Просмотр данных с выпрямителей	+	+	+	+
Просмотр данных с силовых блоков	-	-	-	+
Выгрузка накопленных данных в файл во внутреннем формате программы	+	+	+	+
Выгрузка накопленных данных в файл в форматах txt/dbf/xls	-	+	+	+
Прямое управление выпрямителями	-	+	+	+
Управление запуском программ	-	+	+	+
Редактирование программ	-	-	+	+
Изменение настроек выпрямителя	-	-	-	+

Заказать программное обеспечение «СМАРТ-Контроль» возможно, указав данную потребность при заполнении опросного листа или обратившись в ООО «Навиком» по тел./факс: (4852) 74-11-21, 74-15-67 или на e-mail: commerce@navicom.org.

Получить информацию о возможностях программного обеспечения, ознакомиться с интерфейсом программы, скачать демо-версию ПО «СМАРТ-Контроль» и «Краткие рекомендации по настройке ПО «СМАРТ-Контроль» Вы можете в соответствующем разделе сайта нашей компании <http://www.navicom.org/>.

АО «ТАГАТ» им. С.И. Лившица

Проектирование, изготовление, монтаж, пусконаладка и сервисное обслуживание гальванического и экологического оборудования любой сложности



АО «ТАГАТ» им. С.И. Лившица является ведущим в стране специализированным предприятием по проектированию и изготовлению оборудования для нанесения гальванических, химических покрытий. Кроме этого предприятие выпускает экологическое оборудование: системы водоподготовки, очистные сооружения, оборудование для очистки газа.



Гальваническое оборудование

- Линии автооператорные автоматические, механизированные, ручные
- Автооператоры (подвесные, порталные, консольные)
- Средства малой механизации (ванны колокольные, УПН, ванны, емкости и т.д.)
- Ванны для подготовки поверхности и нанесения покрытий
- Барабаны для нанесения гальванических и химических покрытий
- Лабораторные установки
- Сушильные камеры
- Корзины титановые для анодов
- Установка хромирования длинномерных штоков, поршневых колец
- Запасные части для гальванического оборудования

Экологическое оборудование

- Комплексы очистки сточных вод
- Фильтровальные установки для фильтрации электролитов от механических загрязнений
- Автоматизированные установки приготовления СДЯВ
- Абсорберы
- Системы приточной и вытяжной вентиляции
- Установки обезвоживания
- Установка вакуум-фильтра барабанного



Уловите свое

392030, Россия, г. Тамбов, Моршанское шоссе, 21
Тел.: +7 (4752) 53 70 03, +7 (4752) 45 04 15; Факс: +7 (4752) 53 25 03
www.tagat.ru office@tagat.ru



Щелочное цинкование

Цинкамин-02(блескообразователь)
ДС-ЦО(очиститель)
БНК(усилитель блеска)

Слабокислое цинкование

ЛГ-50(А,И) ЛГ-09(А,Б)

Цианистое цинкование

ДС-3

Осаждение сплавов

Цинкамин-ZF(цинк-железо)

Цинкамин-ZN(цинк-никель)

Никелирование

НХС-1,2,3



Лучшая химия для гальванотехники



Пассивирующие концентраты (CrVI-free)

Финишная обработка покрытий

Ирида-ХромТри(А,В,АФ,ВФ,К)

Ирида-СилХром

Силатек-08(top-coat)

Коррозионностойкие пленки полностью свободные от шестивалентного хрома радужного, голубого и черного цветов



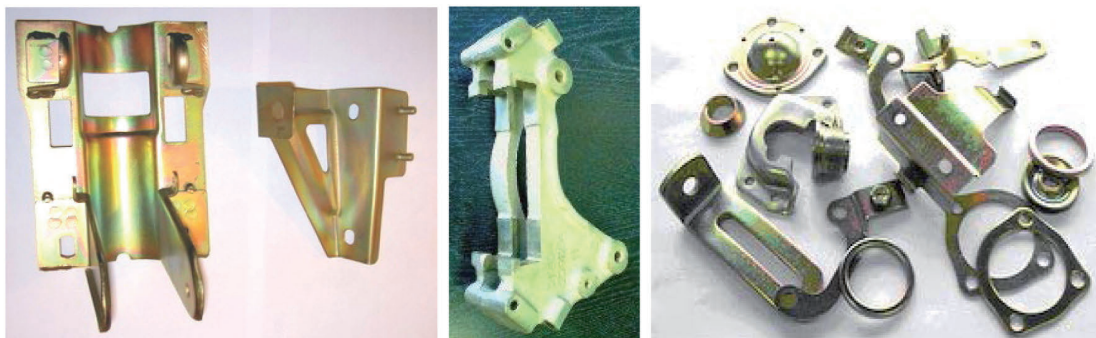
606008, г. Дзержинск, Нижегородская обл., а/я175; тел/факс: (8313) 25-23-46,+7-951-902-91-65
E-mail: igor@chimsn.ru http: www.chimsn.ru

ООО «АРБАТ»

445017, г. ТОЛЬЯТТИ, Молодежный бульвар 22-110,
тел/факс 8482-254632, факс 8482-220352

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, БЛЕСКООБРАЗУЮЩИЕ ДОБАВКИ,
ХИМИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ,
ХРОМИТИРОВАНИЕ без Cr(VI)

Подробнее на: www.galvanicrus.ru



Цинкование в щелочном и слабокислом электролитах



Хромирование без Cr(VI)

Механическое цинкование

Наша продукция:

Блескообразующие композиции **НТЦ-Р** для щелочного цинкования,

Дипо-цинк А и Б для слабокислого цинкования;

Добавки **ЦМ-1А и ЦМ-2А** для механического цинкования;

Композиции **Хромит-1А и Хромит-2А** для бесцветного и радужного пассивирования (хромирования) цинковых покрытий, не содержит Cr(VI);

Смесь БФЦ-А для хромирования алюминия;

Стеарат СФ-А для пропитки «мылом» фосфатированных заготовок перед холодным выдавливанием.

Фирма «АРБАТ» производит более 30 химических продуктов для машиностроения

Наши партнеры:

Свыше 40 предприятий применяют продукцию фирмы «АРБАТ»

CRS

INDUSTRIAL POWER EQUIPMENT

- ▣ Реверс полярности
- ▣ Импульсный режим (PED)
- ▣ Программируемое изменение режима работы
- ▣ Функциональный встроенный или выносной пульт управления

— Гарантия 2 года —

- > Точность управления и высокая стабильность выходных параметров
- > Независимая стабилизация по току или напряжению
- > Низкая пульсация выходного тока (1%)
- > Высокая эффективность (КПД 92%)
- > Минимальное время отклика (1 мс.)
- > Высокий коэффициент мощности (0,95)
- > Модульная архитектура
- > Защищенность
- > Компактность



Серия Quasar – это современные выпрямители, разработанные для использования в гальванике, в процессах электрохимического извлечения металлов или очистки воды. Применение техники широтно-импульсной модуляции и IGBT транзисторов обеспечивает более высокую эффективность и производительность, а также компактность и сниженный вес по сравнению с обычными выпрямителями. 20-летний опыт компании CRS – лидера европейского рынка промышленных выпрямителей – гарантирует надежность работы, простоту управления и удобство обслуживания оборудования. Модульная архитектура, широкая линейка выходных параметров и увеличенный гарантийный срок позволяют оптимизировать затраты и снизить себестоимость продукции.

ХАРАКТЕРИСТИКИ		Q100	Q300	Q500
Входные параметры		3 × 400 В ± 10%, 50 – 60 Гц		
Номинальные выходные параметры	Напряжение, В	5, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 50, 60, 100, 160	10, 12, 16, 20, 25, 30, 50, 60, 80, 90, 100, 130, 160, 250, 360, 400	5, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 130, 150, 160, 200, 235, 250, 360, 400, 450
	Ток, А	10, 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 450, 500	25, 30, 40, 50, 75, 80, 90, 120, 140, 150, 210, 240, 250, 280, 300, 400, 420, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1800	100, 154, 200, 264, 300, 360, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000, 11250, 12000, 13500, 15000, 15750, 18000
Диапазон регулирования		2 – 100% от номинального значения тока 5 – 100% от номинального значения напряжения		
Стабильность		99% во всем диапазоне регулирования		
Интерфейсы и протоколы		RS232, RS 485, Ethernet / Modbus-RTU, Profibus DP, Modbus/TCP, Profinet, EthernetIP		

От единичного модуля в 10 А—50 А...



...до силового агрегата в 32 000 А!



Galvex

ООО «ГАЛЬВЭКС» — эксклюзивный поставщик промышленного силового оборудования
CRS S.r.l в России www.galvex.ru, Тел. 8 (495) 108 0727, sales@galvex.ru



ТЕХНОЛОГИИ И ХИМИКАТЫ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Фирма UMICORE (Германия) - ведущий в Европе разработчик, производитель и продавец технологий и электролитов для нанесения гальванических покрытий из драгоценных и основных металлов, соединений драгоценных металлов, платинированных анодов.

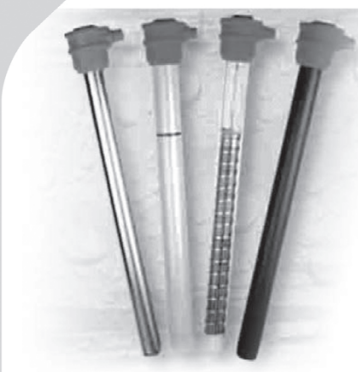


- **AURUNA®** - электролиты золочения для нанесения декоративных и функциональных покрытий. Серия AURUNA® включает следующие процессы: гальваническое, иммерсионное золочение, прямое нанесение золота на нержавеющую сталь, электролитическое золочение.
- **ARGUNA®** - разработаны и производится целый ряд электролитов серебрения для нанесения декоративных и функциональных покрытий. Покрытия из серебра обладают специальными оптическими и электрическими свойствами.
- **MIRALLOY®** - процесс нанесения сплава медь-олова и медь-олово-цинк в качестве защитного и декоративного покрытия с целью замены никелевого покрытия.
- **NIRUNA®** - процесс нанесения на печатные платы химического никеля и иммерсионного золота. Химически осажденные покрытия никеля и золота отличаются оптимальной защитой от коррозии, хорошо подвергаются паянию и бондеризации.
- **AURUNA-FORM®** - процесс гальванопластики при изготовлении ювелирных изделий
- **PLATINODE®** - специальные фигурные аноды, стойкие в коррозионных средах для электроосаждения драгоценных металлов, платинированные молибденовые ленты и проволоки для светотехнической промышленности.



ТЕПЛОЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛИ

Фирма MAZURCZAK (Германия) - одна из ведущих европейских фирм, специализирующихся на производстве теплоэлектронагревателей, в том числе для гальванического производства. Нагревательные элементы подходят для любых производственных условий и нагревают жидкости, расплавленные массы, пары и газы. Фирма MAZURCZAK предлагает широкий спектр нагревателей, датчиков, вспомогательного оборудования производимого компаний, в том числе:



- Нагреватели для ванн ROTKAPPE для нагрева всех технологических сред и для различных областей применения.
- Нагревательные стержни из PTFE GALMAFORM и GALMAFLEX предназначенные для прямого электрического нагрева в установках и резервуарах, где требуются самые маленькие размеры и отличная степень устойчивости по отношению к сильно агрессивным технологическим растворам.
- Тефлоновые нагревательные элементы GALMATERM для прямого электрического нагрева установок и резервуаров, где требуются небольшие размеры, высокая производительность и отличная степень устойчивости по отношению к агрессивным технологическим растворам.
- Патронные нагревательные элементы CALOR для прямого нагрева жидкостей, расплавленных масс, паров и газа.
- Поплавковые датчики уровня жидкости, электроконтактные зонды уровня, датчики температуры и соответствующая электроника для регулирования и контроля температуры и уровня раствора.



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ФИРМ UMICORE и MAZURCZAK В РОССИИ:

ЗАО "ХИМСНАБ"

420030, г. Казань, ул. Набережная, 4 тел.: (843) 214-52-25

E-MAIL: INFO@CHEMPRU, WWW.CHEMPRU

УДК 621.357.7

Анализ распределения и критерии ресурсоемкости электролитов по суммарной концентрации компонентов

© Т. Ф. Бурухина, Е. Г. Винокуров, Е. Ю. Напеденина

¹ Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9. e-mail: vin-62@mail.ru

Ключевые слова: электроосаждение, электролиты, классификация, ресурсоемкость, ресурсоэффективность, критерий, наилучшие доступные технологии, непараметрическая статистика

Проведена статистическая обработка данных о суммарной концентрации компонентов растворов ($\sum c_i$), предлагаемых и используемых для электроосаждения покрытий с 2011 года, которые опубликованы в научной литературе, каталогах и интернет-ресурсах современных компаний.

Определены числовые характеристики вариационного ряда: медианное значение (или второй квартиль Q2, соответствующий 50%-ной процентилю) суммарной концентрации 2,88 моль экв./л; первый квартиль (Q1; соответствует 25%-ной процентилю) 2,36 моль экв./л и третий квартиль (Q3; соответствует 75%-ной процентилю) 3,48 моль экв./л.

Медианное значение суммарной концентрации компонентов электролитов делит их на две группы: электролиты с малой ресурсоемкостью ($\sum c_i \leq 2,88$ моль экв./л); электролиты с большой ресурсоемкостью ($\sum c_i > 2,88$ моль экв./л).

Дальнейшее разделение объектов выборки по ресурсоемкости проведено с использованием квартилей. В группе электролитов малой ресурсоемкости выделены: Q1 – подгруппа электролитов в которых суммарная концентрация компонентов не более 2,36 моль экв./л; Q2 – подгруппа электролитов в которых суммарная концентрация компонентов более 2,36, но не более 2,88 моль экв./л. В группе электролитов с большой ресурсоемкостью выделены: Q3 – подгруппа электролитов в которых суммарная концентрация компонентов более 2,88, но не более 3,48 моль экв./л; Q4 – подгруппа электролитов в которых суммарная концентрация компонентов более 3,48 моль экв./л.

Классификация электролитов с использованием квартилей позволяет наиболее объективно оценить экологическую результативность технологии в части достигнутого уровня концентраций компонентов в технологических растворах.

Данный материал полезен для развития работ по снижению негативного воздействия на окружающую среду гальванических цехов или участков.

Analysis of the distribution and the criteria of the recourse consumption of electrolytes at a total concentration of concentration of compounds

T.F. Burukhina, E. G. Vinokurov, E.Yu. Napedenina

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 125047 Moscow,
Miuskaya sq., 9. e-mail: vin-62@mail.ru

Keywords: electrodeposition, electrolytes, classification, resource consumption, resource efficiency, criterion, best available technology, nonparametric statistics

Statistical processing of data on the total concentration ($\sum c_i$) of bath components proposed and used for electrodeposition of coatings since 2011 has been carried out. The median value of the total concentration of the components of the baths divides them into two groups: baths with low resource consumption ($\sum c_i \leq 2,88$ mol eq./l); baths with high resource consumption ($\sum c_i > 2,88$ mol eq./l).

In the group of baths of low chemical content using quartiles are allocated: Q1 is a subgroup of baths in which the total concentration of components is not more than 2,36 mol eq./l; Q2 - a subgroup of baths in which the total concentration of components is more than 2,36, but not more than 2,88 mol eq./l; in the group of baths with high resource consumption, Q3 is a subgroup of baths in which the total concentration of components is more than 2,88, but not more than 3,48 mol eq./l; Q4 - a subgroup of baths in which the total concentration of components is more than 3,48 mol eq./l. Classification of baths using quartiles allows the most objective assessment of the environmental performance of the technology in terms of the achieved level of concentrations of components in process solutions.

Введение

Экологическая безопасность и ресурсосбережение – важнейшие требования, предъявляемые к современным производственным процессам. Директива Совета Европы 2010/75/ЕС о промышленных эмиссиях (о комплексном контроле и предотвращении загрязнения), Директива ПЭ предъявляет требование достижения предприятиями высокого уровня защиты окружающей среды путем обеспечения экологической результативности, соответствующей наилучшим доступным технологиям [1, 2], в том числе в области обработки поверхности металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов. В Российской Федерации законодательство, устанавливающее аналогичные требования, было принято в 2014 г.; в 2019 г. предприятия начнут получать комплексные экологические разрешения, устанавливающие условия применения наилучших доступных технологий.

Российский информационно-технический справочник, систематизирующий сведения об НДТ в области обработки поверхностей металлов и пластиков, выпущен в 2017 г. (ИТС 36-2017).

В этой связи обеспечение конкурентоспособности электрохимических процессов актуализирует задачу разработки и внедрения таких технологий гальванического нанесения покрытий, которые обеспечивают высокую ресурсоэффективность производства [3–6], в том числе за счет уменьшения ресурсоемкости и негативного воздействия на окружающую среду.

Ресурсоемкость и токсичность гальванических производств обусловлена следующими факторами:

- потери металла с промывными водами, в некоторых случаях превышающие расход металла на покрытие;

- высокое потребление чистой воды для разбавления сточных вод до предельно допустимой концентрации;

- утилизация отработанных технологических растворов.

Наряду с развитием работ по регенерации растворов и возврату их в производственный процесс, утилизации ценных компонентов растворов, обезвреживанию и захоронению токсичных отходов важным направлением понижения ресурсоемкости в гальванотехнике является оптимизация содержания электроосаждаемого металла и уменьшение числа и концентрации других химических соединений в растворах, используемых для электрохимического нанесения покрытий. При этом необходимо определить один из критериев, руководствуясь которым можно было бы поддерживать решения о выборе той или иной технологии при модернизации или создании гальванических участков.

Ранее, в работах [7–9], на основе сравнительного статистического анализа таких характеристик электролитов для электроосаждения металлических покрытий как концентрация ионов электроосаждаемого металла и суммарная концентрация основных компонентов разработаны критерии классификации и выбора ресурсосберегающих составов электролитов. Предложенный метод классификации электролитов на ресурсоемкие, обычные и ресурсосберегающие базируется на статистическом анализе их составов, опубликованных с 1952 по 2013 гг, что не отвечает современному состоянию разработок в области гальванохимической обработки поверхности.

Описанный метод основан на оценке отклонения указанных характеристик от их среднего значения, рассчитанного по экспериментальным данным. Однако, такой подход требует предварительных расчетов, что затрудняет его реализацию на практике. В [7–9] показано, что распределение растворов по концентрации ионов электроосаждаемого металла и суммарной концентрации основных компонентов отличается от нормального (возможно по причине объединения данных за различные десятилетия), поэтому экспериментальные данные предварительно должны быть преобразованы к виду, соответствующему нормальному распределению.

Статистический подход к анализу современного состояния гальванических процессов с использованием методов непараметрической статистики описан в ряде работ отечественных и зарубежных ученых [7–11].

Целью данной работы является разработка количественного критерия классификации электролитов по ресурсоемкости в зависимости от суммарной концентрации их компонентов, который учитывает

положение и разброс данных о составах электролитов, предлагаемых и используемых в настоящее время при нанесении гальванических покрытий.

Методика обработки результатов

В качестве экспериментальных данных рассматривались приведенные в работе [8] сведения о составах растворов, опубликованные в научной литературе, каталогах и интернет-ресурсах современных компаний. В выборки включались только составы растворов на основе солей или кислот, не содержащие комплексные соединения. Для возможности сопоставления концентраций различных соединений, входящих в состав электролитов и дальнейшего определения единого количественного критерия использовали суммарную концентрацию компонентов (без учета специальных добавок, если их химический состав не приведен), выраженную в моль экв./л.

Величины суммарных концентраций компонентов электролитов для осаждения Cr, Zn, Ni, Sn, Cu представлены в виде возрастающего вариационного ряда [8]: 0,81 0,84 1,04 1,31 1,52 1,55 1,66 1,82 1,86 2,01 2,02 2,02 2,03 2,34 2,38 2,44 2,46 2,52 2,54 2,55 2,55 2,56 2,60 2,62 2,67 2,75 2,79 2,87 2,88 2,88 2,92 2,96 2,99 3,07 3,09 3,28 3,31 3,32 3,34 3,37 3,40 3,43 3,48 3,48 3,51 3,52 3,54 3,65 3,76 3,79 3,89 4,17 4,23 4,44 4,57 4,93 5,12.

Как показано в работах [7–9], распределение технологических растворов по концентрациям компонентов отлично от закона нормального распределения, что не позволяет применять методы параметрической статистики к исследуемому распределению без предварительных преобразований. В этой связи в настоящей работе использовались методы непараметрической статистики, а именно определение таких характеристик вариационного ряда суммарных концентраций как медиана и квартиль [12, 13]. Медиана и квартили выборки – характеристики, разделяющие вариационный ряд на четыре приблизительно равных по количеству вариант части. Обычно эти характеристики обозначаются квартилями первого, второго, третьего порядков соответственно (Q1; Q2; Q3). Значение квартиля второго порядка совпадает с медианой – числовой характеристикой выборки, делящей вариационный ряд на две равных по количеству элементов части.

Результаты и их обсуждение

Для достижения поставленной цели была проведена статистическая обработка данных о суммарной концентрации основных компонентов растворов с использованием методов непараметрической статистики. Приведенная выше выборка

может быть описана следующими статистическими характеристиками: медианное значение (или второй квартиль (Q2), соответствующий 50%-ной процентилю) суммарной концентрации равно 2,88 моль экв./л, первый квартиль (Q1; соответствует 25%-ной процентилю) равен 2,36 моль экв./л и третий квартиль (Q3; соответствует 75%-ной процентилю) равен 3,48 моль экв./л (рисунок).

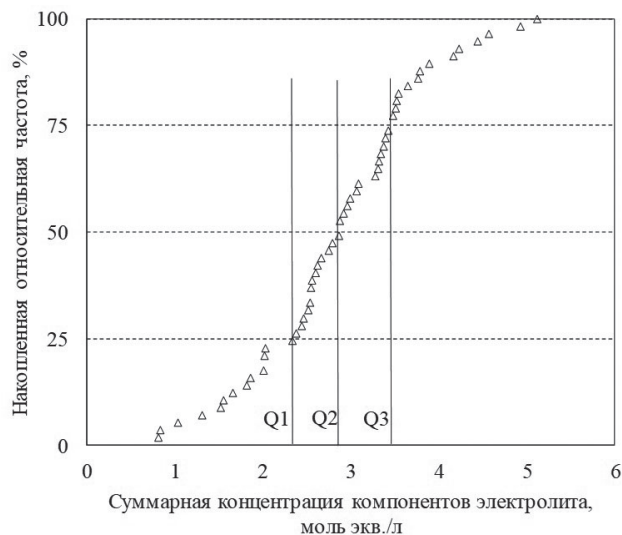


Рис. Экспериментальная функция распределения электролитов по сумме концентрации основных компонентов с указанием квартилей (Q1 – Q4)

Fig. Experimental distribution function of baths by the total concentration of the major components with indication of quartiles (Q1 – Q4)

Разработка, совершенствование и использование электролитов с малой ресурсоемкостью сегодня является одной из актуальных задач. Для научно-обоснованной классификации составов растворов по ресурсоемкости, критерием могут служить квартили рассматриваемой выборки, отражающей свойства генеральной совокупности. Используя полученные выше характеристики, выделим основные группы электролитов. Медианное

значение суммарной концентрации компонентов электролитов делит их на две большие группы:

- электролиты с малой ресурсоемкостью ($\sum c_i$ не более 2,88 моль экв./л)
- электролиты с большой ресурсоемкостью ($\sum c_i$ более 2,88 моль экв./л).

Дальнейшее разделение объектов выборки с использованием квартилей позволяет наиболее объективно оценить экологическую результативность технологии в части достигнутого уровня концентраций компонентов в технологических растворах.

В группе электролитов малой ресурсоемкости можно выделить две подгруппы, для обозначения которых мы сохранили обозначения квартилей, так как значение соответствующего квартиля формируют границы множества соответствующих объектов:

Q1 – подгруппа электролитов в которых суммарная концентрация компонентов не более 2,36 моль экв./л;

Q2 – подгруппа электролитов в которых суммарная концентрация компонентов более 2,36, но не более 2,88 моль экв./л;

В группе электролитов с большой ресурсоемкостью также выделяются две подгруппы:

Q3 – подгруппа электролитов в которых суммарная концентрация компонентов более 2,88, но не более 3,48 моль экв./л;

Q4 – подгруппа электролитов в которых суммарная концентрация компонентов более 3,48 моль экв./л.

Таким образом, описанное разбиение формирует четыре подгруппы электролитов с возрастающей ресурсоемкостью $Q1 < Q2 < Q3 < Q4$ (таблица).

В соответствии с полученными результатами, рассматриваемые растворы могут быть отнесены к одной из четырех подгрупп ресурсоемкости в зависимости от того, в какой из интервалов попадает величина суммарной концентрации основных компонентов электролита (таблица). Например, разработанный и предлагаемый к использованию

Таблица. Классификация составов электролитов по величине суммарной концентрации компонентов ($\sum c_i$)

Table. Classification of compositions of baths on the basis the value of the total concentration of components

Подгруппы ресурсоемкости Subgroups of resource consumption	Критерий классификации Classification criterion $\sum c_i$, моль-экв./л (mole eq./l)
Q1	$\sum c_i \leq 2,36$
Q2	$2,36 < \sum c_i \leq 2,88$
Q3	$2,88 < \sum c_i \leq 3,48$
Q4	$\sum c_i > 3,48$

компанией НПП СЭМ.М электролит сернокислого кадмирования [14] может быть отнесен к подгруппе наименее ресурсоемких электролитов (Q1), так как суммарная концентрация компонентов раствора составляет 1,56 – 1,65 моль экв./л (в г/л: сульфат кадмия – 45 – 55, серная кислота 40 – 60 (или сульфат натрия 70 – 80), добавки [14]). Пирофосфатный электролит меднения содержит 5,32 моль экв./л солей (в г/л: сульфат меди – 80 – 90, пирофосфат калия – 350 – 380, добавки [15]) и относится к подгруппе наиболее ресурсоемких электролитов (Q4). Из данных, представленных на сайте компании «Тайвань Метиз Альянс» [16] следует, что среди предлагаемых составов электролитов с добавками этой компании преобладают ресурсоемкие составы (около 70% входит в подгруппу Q3–Q4), однако имеются составы электролитов, входящих одновременно в подгруппы Q1 и Q2, что позволяет отнести их к группе технологических растворов с малой ресурсоемкостью. Аналогичное распределение составов растворов характерно для большинства компаний, предлагающих технологии и добавки для гальванохимической обработки поверхности.

Заключение

Предложенные критерии и классификация составов электролитов направлена на обеспечение экологической результативности, соответствующей технологическим показателям наилучших доступных технологий, а также может быть использована в научно-исследовательской деятельности, например, при разработке новых составов электролитов для электроосаждения металлов и сплавов.

Исследование проведено при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения базовой части государственного задания 10.4556.2017/6.7.

This investigation was supported Ministry of Science and Education of Russian Federation, 10.4556.2017/6.7

Литература

1. Гусева Т.В., Скобелев Д.О., Чечеватова О.Ю. Наилучшие доступные технологии: аспекты менеджмента и оценки соответствия // Менеджмент в России и за рубежом. 2017. № 4. С. 29-38
2. Гусева Т.В., Бегак М.В., Молчанова Я.П. Принципы создания и перспективы применения информационно-технических справочников НДТ // Компетентность. 2015. № 5 (126). С. 8-18.
3. Мешалкин В.П., Саркисов П.Д. Ресурсосбережение - важнейший фактор экономической эффективности работы химических предприятий // Российское предпринимательство. 2001. № 9 (21). С. 10-15.
4. Мамаев В. И., Шишкина С. В. Бессточные гальванические производства. Мифы и реальность // Гальванотехника и обработка поверхности. 2013. Т. 21, № 2. С. 44-47.
5. Перельгин Ю.П. Некоторые вопросы экологии гальванического производства // Гальванотехника и обработка поверхности. 2018. Т. 26, № 2. С. 57-61.
6. Кругликов С. С. Применение электромембранных процессов для стабилизации и регулирования состава растворов в электролизерах // Гальванотехника и обработка поверхности. 2018. Т. 26, № 2. С. 41-47.
7. Винокуров Е.Г., Бурухина Т.Ф., Колесников В.А., Фаина С.В. Концентрационный критерий классификации ресурсосберегающих составов растворов для электроосаждения металлических покрытий // Теоретические основы химической технологии. 2012. Т. 46, № 5. С. 569-575.
8. Фаина С.В., Винокуров Е.Г., Бурухина Т.Ф., Колесников В.А. Суммарная концентрация основных компонентов растворов для электроосаждения металлических покрытий как критерий классификации и выбора ресурсосберегающих составов растворов // Теоретические основы химической технологии. 2013. Т. 47, № 5. С. 573-579.
9. Фаина С.В., Винокуров Е.Г., Бурухина Т.Ф., Колесников В.А. Оценка потенциала ресурсосбережения при электроосаждении металлических покрытий по показателю устойчивости состава растворов // Теоретические основы химической технологии. 2014. Т. 48, № 6. С. 695-700.
10. Smith J.R., Larson C. Statistical approaches in surface finishing. Part 2. Non-parametric methods for data analysis // Transactions of the Institute of Metal Finishing. 2019. V. 97, № 1. P. 5-10.
11. Винокуров Е.Г., Мешалкин В.П., Василенко Е.А., Невмятулина Х.А., Бурухина Т.Ф., Бондарь В.В. Системный анализ эффективности и конкурентоспособности технологий хромирования // Теоретические основы химической технологии. 2016. Т. 50, № 5. С. 551-560.
12. Freund J., Perles B. A new Look at Quartiles of Ungrouped Data // The American Statistician. 1987. V. 41, № 3. P. 200-203.
13. Billo E.J. Excel for Chemists: A Comprehensive Guide // John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 738 p.
14. Архипов Е.А., Григорян Н.С., Шувалов Д.А., Жирухин Д.А., Смирнов К.Н., Ваграмян Т.А. Универсальная добавка для кислых электролитов кадмирования // Гальванотехника и обработка поверхности. 2018. Т. 26, № 4. С. 21-30.
15. НПП «Экомет» [электронный ресурс] // Пирофосфатный электролит меднения "ЭКО-

МЕТ-М5": сайт [2019]. URL: <http://www.ecomet.ru/technology/copper/ecomet-m5> (дата обращения 17.02.2019)

16. ГК «Тайвань Метиз Альянс» [электронный ресурс] // Химия для гальваники: сайт [2019]. URL: <http://www.metiz.com.tw/chemicals.htm> (дата обращения 17.02.2019).

References

1. Guseva T.V., Skobelev D.O., Chechevatova O.Yu. Nailuchshie dostupny'e tekhnologii: aspekty menedzhmenta i ochenki sootvetstviya // Menedzhment v Rossii i za rubezhom. 2017. № 4. P. 29-38
2. Guseva T.V., Begak M.V., Molchanova Ya.P. Principles of creation and prospects of application of information and technical handbooks of BAT // Kompetentnost'. 2015. № 5 (126). P. 8-18.
3. Meshalkin V.P., Sarkisov P.D. Resource saving - the most important factor of economic efficiency of chemical enterprises // Rossiyskoe predprinimatel'stvo. 2001. № 9 (21). P. 10-15.
4. Mamaev V. I., Shishkina S. V. Wasteless Plating Shops. Myths and Reality // Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti. 2013. V. 21, № 2. P. 44-47.
5. Perelygin Yu. P. Some Environmental Problems in Electroplating Industry // Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti. 2018. V. 26, № 2. P. 57-61.
6. Kruglikov S. S. Application of Electromembrane Processes for the Stabilization and Control of Process Solutions in Electrolytic Cells // Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti. 2018. V. 26, № 2. P. 41-47.
7. Vinokurov E.G., Burukhina T.F., Kolesnikov V.A., Fadina S.V. Concentration criterion for classifying resource-saving compositions of solutions for metal electroplating // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2012. V. 46, № 5. P. 486-491.
8. Vinokurov E.G., Burukhina T.F., Kolesnikov V.A., Fadina S.V. Concentration criterion for classifying resource-saving compositions of solutions for metal electroplating // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2012. V. 46, № 5. P. 486-491.
9. Fadina S.V., Vinokurov E.G., Burukhina T.F., Kolesnikov V.A. Estimating the potential of resource conservation in metal electroplating based on the stability index for the composition of solutions // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2014. V. 48, № 6. P. 842-847.
10. Smith J.R., Larson C. Statistical approaches in surface finishing. Part 2. Non-parametric methods for data analysis // Transactions of the Institute of Metal Finishing. 2019. V. 97, № 1. P. 5-10.

11. Vinokurov E.G., Meshalkin V.P., Vasilenko E.A., Nevmyatullina K.A., Burukhina T.F., Bondar V.V. System analysis of the efficiency and competitiveness of chroming technologies // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2016. V. 50, № 5. P. 730-738.

12. Freund J., Perles B. A new Look at Quartiles of Ungrouped Data // The American Statistician. 1987. V. 41, № 3. P. 200-203.

13. Billo E.J. Excel for Chemists: A Comprehensive Guide // John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 738 p.

14. Arkhipov E. A., Grigoryan N. S., Shuvalov D. A., Zhiruhin D. A., Smirnov K. N., Vagramyan T. A. Universal Additive for Acid Cadmium Plating Baths // Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti. 2018. V. 26, № 4. P. 21-30.

15. «Ecomet» [electronic resource] // Copper plating pyrophosphate electrolyte "Ecomet-M5": website [2019]. URL: <http://www.ecomet.ru/technology/copper/ecomet-m5> (Data 17.02.2019)

16. Company TAIWAN METIZ ALLIANCE [electronic resource] // Chemicals for electroplating equipment: website [2019]. URL: <http://www.metiz.com.tw/chemicals.htm> (Data 17.02.2019).

Сведения об авторах:

Винокуров Евгений Геннадьевич, д.х.н., профессор, e-mail: vin-62@mail.ru

Бурухина Татьяна Федоровна, к.п.н., доцент, кафедра высшей математики

Напеденина Екатерина Юрьевна, д.т.н., доцент e-mail: katernap@gmail.com

Information about authors

Vinokurov Evgeny Gennad'evich, Prof., Dr.Sc, e-mail: vin-62@mail.ru

Burukhina Tatiana Fedorovna, PhD, associate professor; e-mail: burukhina@bk.ru

Napedenina Ekaterina Yur'evna, PhD, associate professor, e-mail: katernap@gmail.com

Для цитирования

Бурухина Т. Ф., Винокуров Е. Г., Напеденина Е. Ю. Анализ распределения и критерии ресурсоемкости электролитов по суммарной концентрации компонентов // Гальванотехника и обработка поверхности. 2019. Т. 27, № 1. С. 43-48.

For citation

Burukhina T.F., Vinokurov E. G., Napedenina E.Yu. Analysis of the distribution and the criteria of the recourse consumption of electrolytes at a total concentration of concentration of compounds // Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti. 2019. V. 27, № 1. P. 43-48.

УДК 544.642.076.2:621.357.75

Проектирование ванн автоматической линии металлизации печатных плат

© Н.С. Смирнов, О.Н. Смирнова, Ю.С. Боброва

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана;
105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5; e-mail: ju.s.bobrova@bmstu.ru

Ключевые слова: прямая металлизация печатных плат, термопласты, корпус ванны, стандарт DVS 2205-5, проектирование гальванического модуля осаждения.

В статье приведены рекомендации по проектированию ванн гальванической линии, позволяющие разрабатывать конструктивные элементы технологического оборудования, используя немецкие стандарты DVS 2205 по расчету контейнеров из термопластов. Так же представлены особенности выбора материалов изготовления ванн линии металлизации печатных плат. Рассмотрены способы расположения типовых конструктивных элементов в гальванической ванне и даны рекомендации по выбору их оптимального расположения исходя из габаритов обрабатываемых заготовок. Представлены результаты расчета размеров гальванического модуля осаждения меди из сернокислого электролита меднения с применением растворимых анодов.

Designing of Automatic Lines for Plating PCB's

N.S. Smirnov, O.N. Smirnova, Yu.S. Bobrova

Bauman Moscow State Technical University; 105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya Str., 5

Key words: direct plating process, thermoplastic, tank body, DVS 2205-5 standard, designing electroplating bath

Recommendations on the designing plating lines for PCB's on the basis of German Standards. Various types of tanks design and materials are described. Optimum location of PCB's and anodes is discussed and recommendations for optimum interelectrode distances are given for various tanks size.

Введение

В настоящее время для металлизации печатных плат используют линии металлизации, которые могут быть как ручного обслуживания, так и автоматического с управлением от компьютера, что позволяет повысить производительность и исключить ошибки и нарушения технологического процесса. Различают линии прямой и химической металлизации печатных плат (далее – ПП). Отличие данных типов линии заключается в способе получения тонкого проводящего слоя. Из-за отсутствия разделительного слоя между стенкой металлизированного отверстия и слоем металлизации (достоинства и недостатки данных способов подробно рассмотрены в [1]) для металлизации отверстий рекомендуется применять прямую металлизацию, а, следовательно, и линию прямой металлизации ПП.

Одним из основных элементов линии металлизации ПП являются ванны, т.е. емкости содержащие рабочие растворы, в которых будут выполнены подготовительные, основные (процесс покрытия) и заключительные операции химической или электрохимической (гальванической) обработки поверхности платы. Типовая схема расположения ванн линии прямой металлизации представлена на рис. 1.

К эксплуатации всех ванн, применяемых в линии прямой металлизации, предъявляют общие требования: герметичность; поддержание теплового режима; стойкость к агрессивным средам, т.е. рабочему раствору, находящемуся в ванне; удобство и безопасность обслуживания.

Различие в конструкции и материалах изготовления ванн определяется прежде всего особенностями технологического процесса, требующими подогрева или охлаждения рабочих жидкостей, перемешивания, непрерывной фильтрации и т.п.

При проектировании любой ванны, технической или гальванической, рекомендуется использовать следующий порядок действий:

- 1) определить назначение ванны, технологические параметры техпроцесса (агрессивность сред, температурный режим работы);
- 2) согласно технологическим требованиям выбрать материал ванны (см. раздел «материалы ванн» данной статьи);
- 3) рассчитать внутренние габариты ванны. Для этой цели рекомендуется обратиться к работам С.С. Виноградов «Организация гальванического производства» стр. 104-105 и Г.В. Целуйкина, Н.Д. Соловьева «Расчет автооператорной линии» стр. 10-11;
- 4) определить конструкцию корпуса ванны, а при необходимости ее усиление (см. разде-

лы «корпус ванны» и «способы усиления каркаса ванны»);

5) выбрать элементы ванны (нагреватели, аноды, анодные штанги, эдукторы, системы вентиляции и т.п.) и их расположение (см. раздел «гальванические ванны»).

Далее подробно рассмотрены особенности выбора материала, корпуса и расположения элементов гальванической ванны меднения.

Материалы ванн

Ванны могут быть изготовлены из металлов или термопластов. В каждом конкретном случае материал ванны выбирается в зависимости от агрессивности раствора, его температуры, размеров ванны и других эксплуатационных условий.

Однако в настоящее время большинство гальванических и технологических ванн изготавливают из термопластов, поскольку они в отличие металлических не искажают электрическое поле (а, следовательно, не требуют футеровки) и не корродируют. Так же они обладают хорошей химической стойкостью, более экономичны и просты в изготовлении.

В качестве основного материала для изготовления ванн из термопластов применяют: полипропилен (PP), полиэтилен (PE), поливинилхлорид (PVC), фторопласт, а именно поливинилденфторид (PVDF) и этилен-трифторхлорэтилен (E-CTFE). При необходимости к ваннам изготавливаются вкладыши из поливинилхлорида или фторопласта. Данный метод заключается в применении двух различных материалов – внешнего несущего полипропиленового корпуса и внутренних химически устойчивых стенок из частично фторированных полимеров. Использование вкладыша помогает увеличить химическую стойкость ванны при незначительном увеличении ее стоимости.

Химическая стойкость у каждого материала разная и определяется для каждого конкретного случая по специальным таблицам (например, по таблице [2]). Физические свойства термопластов так же различны, их легко можно найти на сайтах поставщиков данных материалов [3, 4].

Отдельно стоит упомянуть о стоимости данных материалов. Если принять стоимость одного листа полипропилена за 1, то тогда стоимость полиэтилена будет составлять 1,07, поливинилхлорида – 4,87 и поливинилденфторида – 8,53 (цены взяты из каталога [5] для экструдированных листов размерами 4000×2000×40 мм). Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что экономически целесообразно изготовить полипропиленовую ванну с вкладышем из PVDF, чем ванну полностью из PVDF, более того разница в сроках службы составит не более 5 лет.

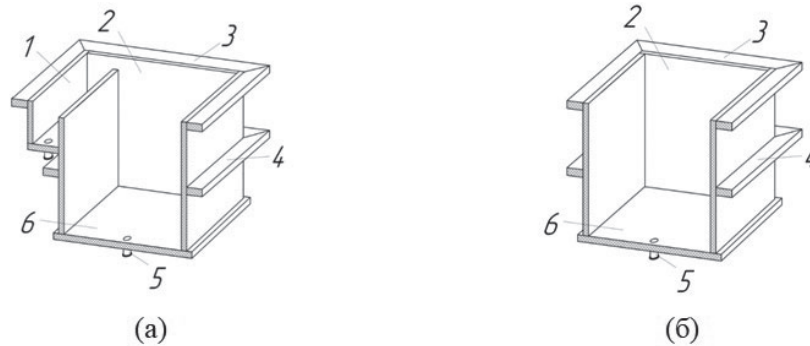


Рис. 2. Корпус ванны: (а) – корпус ванны с карманом; (б) – корпус ванны без кармана. 1. – карман; 2. – стенка; 3. – отбортовка; 4. – оребрение; 5. – сливной патрубок; 6. – дно

Fig.2. Tank body: (a) – tank body with a pocket; (б) – tank body without a pocket
1. – pocket; 2. – wall; 3. – edge reinforcement; 4. – wall reinforcement; 5. – drain nipple; 6. – bottom

В качестве примера рассмотрим выбор материала для промывочной и гальванических ванн.

Дано: В промывочной ванне осуществляется промывка горячей проточной водой ($t_{\text{эксп}}=45\dots 50^{\circ}\text{C}$). В гальванической ванне происходит металлизация ПП в сернокислом электролите меднения (состав №4 ГОСТ 23770-79 приложение 5) при температуре $t_{\text{эксп}}=18\dots 25^{\circ}\text{C}$.

Решение. По таблице [2, с. 39] определяем, что все термопласты устойчивы к проточной воде при данной температуре. Исходя из этого выбираем наиболее экономически выгодный вариант, т.е. полипропилен.

Для того чтобы определить химическую стойкость термопласта к электролиту необходимо выяснить концентрации наиболее агрессивных компонентов рабочей жидкости. Известно, что все термопласты выдерживают влияние сернокислой меди ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) и хлористого натрия (NaCl) при данной температуре (см. таблицы [2, с. 120] и [2, с. 161] соответственно). Однако серная кислота (H_2SO_4) взятая при различной концентрации по-разному влияет на материал ванны при одинаковой температуре. Согласно [6] во время приготовления сульфатного раствора в воде, взятой в количестве 0,6 от необходимого объема электролита, растворяют серную кислоту (50–60 г/л 98% H_2SO_4), а затем добавляются остальные компоненты и доливаются вода до заданного объема. Так, для получения 5 литров электролита в 3-х литрах воды растворяется 245 г H_2SO_4 (98%), что соответствует 8% концентрации серной кислоты в электролите. По таблице [2, с. 39] видно, что все термопласты при данной температуре имеют химическую стойкость к данному раствору, а, значит, и к электролиту. Поэтому опять стоит выбрать наиболее экономически выгодный вариант – полипропилен.

Корпус ванны

Ванны из термопластиков имеют некоторые общие характерные элементы конструкции корпуса (рис. 2). В зависимости от назначения ванны применяются различные типы корпусов. Корпуса ванн без кармана используются для следующих технологических операций: электролитическое нанесение покрытий, травление, декапирование, пассивирование и т.п. Корпуса ванн с карманами применяются в основном для ванн холодной и горячей промывки, химического и электрохимического обезжиривания и травления алюминия [7]. Карман необходим для слива верхнего сильно загрязненного слоя жидкости и имеет отдельный сливной патрубок.

Для минимизации пластичных деформаций ванн, а также для увеличения их общих прочностных характеристик, корпус ванны усиливается отбортовкой и оребрением, изготовленными из того же материала, что и ванна или более жесткого материала, например, из стали или армированного стекловолокном пластика. Для опорожнения ванны на дне или нижней части стенки ванны располагается сливное отверстие с патрубком.

Несмотря на все преимущества, термопласты – текучий материал, испытывающий значительные деформации при нагрузке [8]. При этом к гальваническому оборудованию предъявляются особые требования по надежности и безопасности: полностью исключается возможность протечек, минимально допустимый срок службы ванн обычно составляет не менее 10 лет [9]. В настоящее время не существует каких-либо отечественных стандартов, регламентирующих проектирование контейнеров из термопластов. При этом стандарты DVS, разработанные Немецким Союзом Сварщиков, содержат необходимые правила и рекомендации для проектирования и строительства подобных конструкций. При проектировании корпуса ванн удобно использовать следующий поря-

док работы, основанный на применении стандартов DVS:

1) согласно технологическим требованиям выбрать материал ванны и определить её внутренние габаритные размеры;

2) определить тип усиления ванны. Для этого можно использовать таблицу с рекомендациями, приведенную ниже;

3) используя стандарт DVS 2205-1, рассчитать допустимое напряжение [10]. Для этого необходимо, используя приведенные в стандарте таблицы, определить коэффициент сварки f_s , учитывающий вид сварки и материал. Найти понижающие коэффициенты A_4 и A_2 , зависящие от материала, температуры и химического состава жидкости. Определить коэффициент безопасности. По графикам из приложения к стандарту DVS 2205-1 определить сопротивление пластической деформации $K(A_1, A_3)$ для соответствующего материала, рассчитываемого срока службы и рабочей температуры;

4) зная допустимое напряжение, рассчитать требуемую толщину стенок ванны, используя формулы стандарта DVS 2205-5 для выбранного типа усиления, выполнить проверку максимального прогиба стенки [11]. Прогиб должен быть не больше половины толщины стенки. Все необходимые для расчета характеристики наглядно проиллюстрированы в стандарте. Если для усиления ванны используется оребрение, то расстояние между ребрами выбирается таким образом, чтобы свободные поверхности стенок были равно нагружены. Иначе говоря, расчетная толщина стенок между ребрами должна быть одинаковой;

5) выбрать толщину дна ванны. Следует помнить, что толщина дна должна быть больше толщины стенки. Если дно ванны имеет плоскую опору по всей площади, то толщина дна расчета не требует. Если дно ванны свободно подвешено, тогда его толщина рассчитывается отдельно по формулам стандарта DVS 2205-5 из раздела с вертикальным оребрением;

6) рассчитать усиления по стандарту DVS 2205-5. Прогиб профиля должен быть не более 1% расстояния от дна ванны до самого нижнего усиливающего ребра. Зная допустимый прогиб, определить момент сопротивления кручению W и момент инерции сечения J . Используя полученные величины W и J , подобрать тип сечения усиления. Рекомендованные типы сечений будут представлены ниже.

Способы усиления каркаса ванны

Представленные упрочняющие конструкции используются для прямоугольных ванн, изготовленных из термопласта. Тип усиления выбирается в зависимости от габаритных харак-

теристик ванны. На основании анализа сайтов производителей и стандарта по расчету контейнеров из термопласта DVS 2205-1 были разработаны рекомендации по выбору типа усиления каркаса ванн, представленные в табл.1.

Если ванна имеет малые габаритные размеры, и других давлений, кроме гидростатического не возникает, то она может быть выполнена без усилительных конструкций. В таком случае следует учитывать, что наибольшее смещение будет возникать на верхней свободной кромке стенки.

Для уменьшения деформации свободной кромки ванны используется отбортовка ванны. Поскольку поверхность стенок остается не усиленной, такой способ применим только для малогабаритных ванн.

Для ванн, имеющих большое соотношение высоты стенок к их длине, используется горизонтальная укрепляющая арматура на поверхности стенок.

Ванны, имеющие малую высоту стенок, но очень большую длину, усиливаются вертикальной арматурой. Дно ванн при этом опирается на укрепляющую раму.

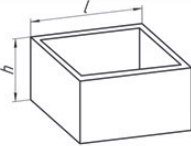
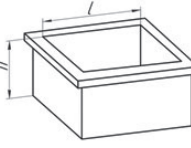
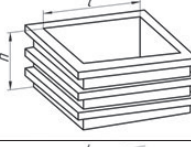
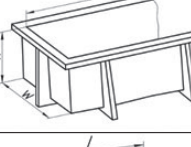
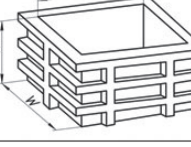
Для крупногабаритных ванн используется сочетание горизонтальных и вертикальных укрепляющих рам.

Угловые соединения - это наиболее ответственная часть конструкции. Углы ванны являются концентраторами напряжений. На этих участках момент, возникающий под действием статического давления жидкости, имеет наибольшее значение. Требуется обеспечить высокую прочность сварного соединения, полную герметичность. В приложении стандарта DVS 2205-5 приводятся рекомендации по выбору сварного соединения для контейнеров из термопластиков, предназначенных для хранения жидкостей. Приведенные рекомендации будут полезны и при проектировании гальванических и технологических ванн.

Для участка «дно-стенка» рекомендуется использовать сварное соединение таврового типа (см. рис. 3а). Данный тип аналогичен соединению ГОСТ 16310-80-Т2, однако в DVS приводится более подробная информация по выполнению некоторых конструктивных элементов. Двустороннее соединение обеспечивает высокую герметичность шва. Предварительная подготовка кромок деталей не требуется. Перед сваркой необходимо обеспечить полный контакт стыкуемых поверхностей без зазора. Сварка может выполняться экструзионным методом или нагретым газом с присадочным прутком.

Угол между стенками может быть выполнен в виде закругления (рис. 3б) или с помощью гибки (рис. 3в). В этом случае обеспечивается максимальная герметичность и прочность соедине-

Таблица 1. Типы усиления ванн
Table 1.Types of tank reinforcement

Тип Type	Схема Image	Соотношение сторон Aspectratio	Объем Volume
Без усиления Without reinforcement		$\frac{l}{h} < 2$	Менее 10 литров Under 10 litres
С отбортовкой Edge reinforcement		$\frac{h}{l} < 2$	Менее 50 литров Under 50 litres
С горизонтальными ребрами жесткости Horizontal wall reinforcement		$\frac{h}{l} > 2$	От 20 литров Over 20 litres
С вертикальными ребрами жесткости Vertical wall reinforcement		$\frac{h}{w} < 2,$ $\frac{l}{w} > 4$	От 50 литров Over 50 litres
С комбинированными ребрами жесткости Lattice wall reinforcement		$\frac{h}{w} > 2,$ $\frac{l}{w} > 2$	Более 1500 литров Over 1500 litres

ния, однако для соединения стенок между собой необходим стыковой сварной шов. Также рекомендуется использовать тавровое двустороннее соединение (рис. 3г), аналогичное соединению дно-стенка, или двустороннее угловое соединение

со скосом двух кромок схожее с ГОСТ 16310-80-У7 (рис. 3д).

Отбортовка ванн в самом простом случае может быть выполнена как на рис. 4. Для крупногабаритных ванн используются более прочные усиливающие рамы треугольного профиля (рис. 4а), которые

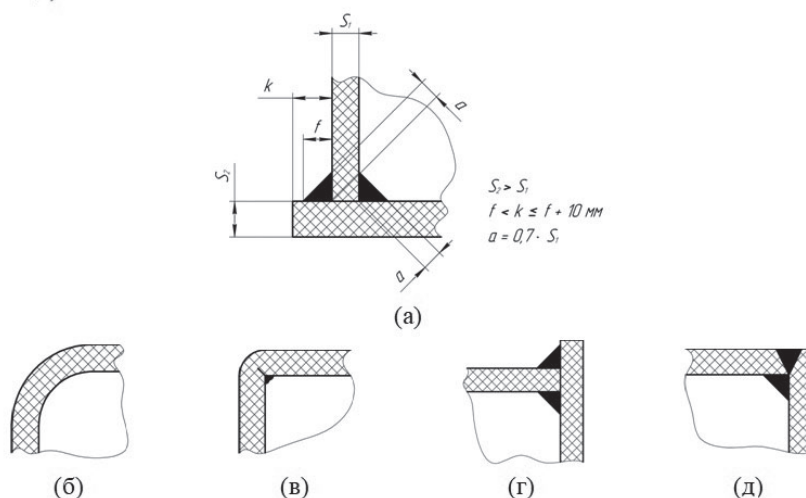


Рис. 3. Схема сварного соединения «дно-стенка»: а. – тавровое; схемы угловых соединений «стенка-стенка»: б. – соединение скруглением; в. – соединение гибкой; г. – тавровое сварное соединение; д. – угловое сварное соединение

Fig. 3. «Bottom-wall» welded joint design: а. – tee joint; Walls joining design: (б). – rounded joint; в. – bended joint; г. – tee welded joint; д. – corner welded joint

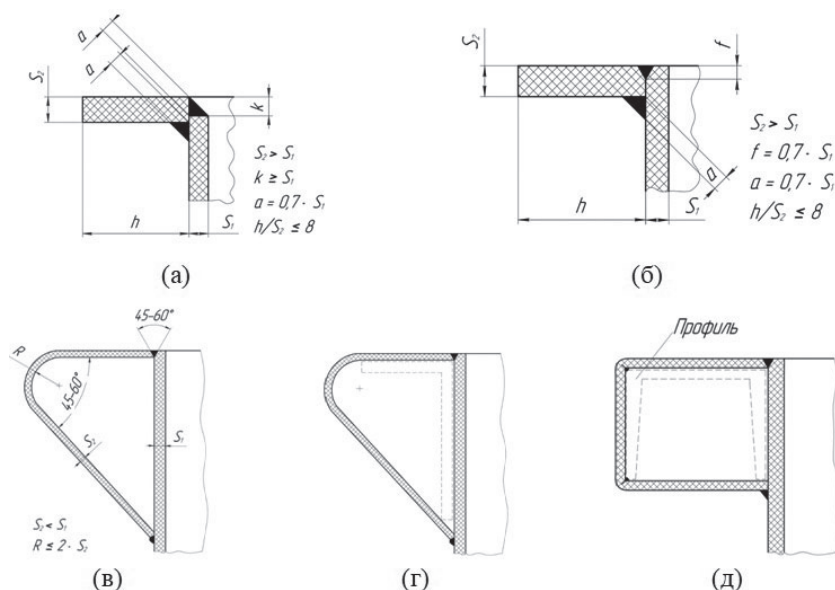


Рис. 4. Отбортовка ванны простого профиля: а. – соединение без скоса кромок; б. – соединение со скосом кромок. Отбортовка со сложным профилем: в. – треугольный профиль; г. – треугольный профиль с усилением; д. – прямоугольный профиль

Fig.4. Edge reinforcement with simple profile: а. – unlevelled joint; б. – beveled joint. Edge reinforcement with complex profile: в. – triangle cross-section; г. – triangle reinforced cross-section; д. – rectangular cross-section

могут быть усилены изнутри стальным профилем (рис. 4б). Также отбортовка может изготавливаться в виде прямоугольного профиля (рис. 4в).

Усиливающие ребра ванны по аналогии с отбортовкой могут иметь как простое прямоугольное сечение (рис. 5а), так и более сложный профиль для сильно нагруженных ванн (рис. 5б,в). Ребра также могут быть усилены металлическим профилем для большей жесткости. Представленные варианты усиления стенок ванны применяются как для горизонтального, так и вертикального оребрения, или их комбинации.

Гальванические ванны

Проектирование гальванических ванн обладает рядом особенностей, связанных с назначением установки. Как известно [12–15], помимо электрохимических факторов, таких как плотность тока, электропроводность раствора, выход металла по току, состав электролита на качество осаждаемой поверхности влияют геометрические факторы, т.е. размеры и форма электродов, а также их расположение относительно друг друга и самой ванны.

Рассмотрим различные случаи расположения электродов относительно ванны. Следует помнить, что нельзя располагать заготовку слишком низко или высоко (рис. 6а,б), поскольку тогда на верхнем (нижнем) крае платы будет высокая локальная плотность тока, и в этом месте будет происходить утолщение или подгар покрытия.

Аналогичная ситуация происходит при сдвиге заготовки к одной из торцевых стенок ванны (рис. 6в) [1, 13].

Получается, что наиболее приемлемым вариантом расположения заготовки относительно анодов является такое расположение, при котором верхний край заготовки расположен под уровнем электролита, а нижний край опущен чуть ниже нижнего края анода на 25...50 мм (рис. 6г).

Поскольку ванна в сечении представляет собой прямоугольник с плоскими электродами (рис. 7а), то сопротивление ванны может быть посчитано по формуле [14]:

$$R = (\lambda \cdot l) / S$$

где λ – удельное сопротивление электролита; l – межэлектродное расстояние (расстояние между катодом и анодом); $S = a \cdot h$ – площадь поверхности электрода (a – ширина, h – высота).

Если проанализировать данную формулу можно сделать вывод, что сопротивление уменьшается с уменьшением межэлектродного расстояния и увеличивается с уменьшением поверхности электродов, т.е. для того, чтобы получить минимальное сопротивление необходимо, чтобы $l \leq h$.

Однако межэлектродное расстояние не может быть уменьшено до 0. Для определения минимального значения расстояния между электродами следует обратиться к одному из важнейших параметров электролита – его рассеивающей способности. Рассеивающая способность – это

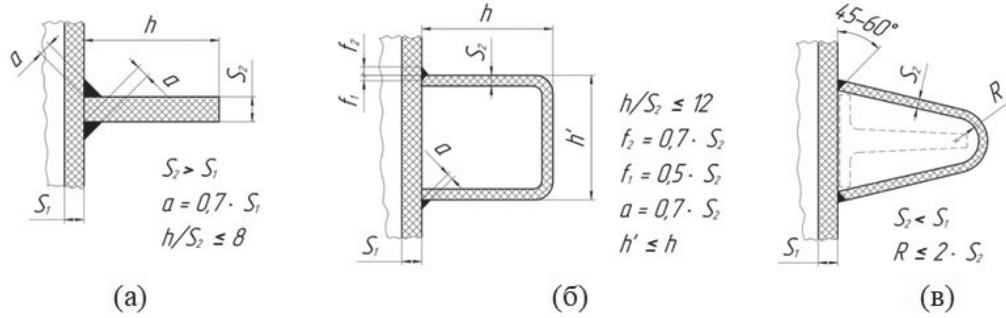


Рис. 5. Сечение усиливающего оребрения ванн: а. – рама прямоугольного сечения; б. – оребрение прямоугольного профиля; в. – оребрение треугольного профиля

Fig. 5. Cross-section of wall reinforcement: a. – simple profile; б. – rectangular cross-section; в. – triangle cross-section

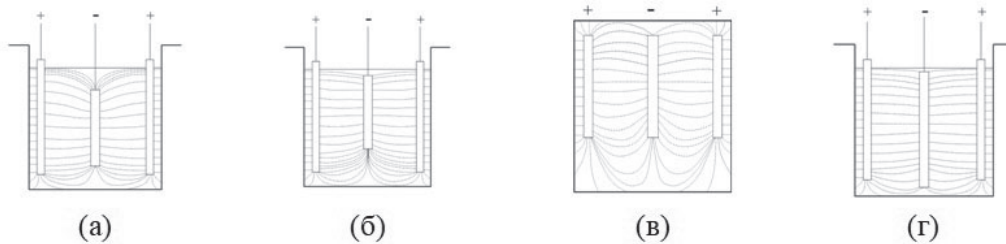


Рис. 6. Схемы силового поля при разном расположении электродов: (а) – глубокое погружение электродов в ванну (вид сбоку); (б) – электроды у поверхности электролита (вид сбоку); (в) – сдвиг электродов к торцевой стенке (вид сверху); (г) – рекомендуемое расположение электродов

Fig.6. Schemes of the electric field with different electrode positions: (a) – electrodes are deep immersed (side view); (б) – electrodes are at the surface; (в) – electrodes are at the sidewall; (г) – recommended position

способность электролита улучшать первичное распределение тока, обусловленного только соотношением геометрических параметров, по поверхности детали. Одним из наиболее простых способов определения рассеивающей способности является определение по привесу электроосажденного металла на катодах, различно удаленных от анода. Для этого способа используют ячейку Филда (см. рис. 7б) или ячейку Херинга и Блюма (рис. 7в). Подробно данные ячейки и способы определения рассеивающей способности с них описаны в [15]. Далее будет рассмотрен способ определения рассеивающей способности с помощью ячейки Филда.

Рассеивающая способность электролита, согласно опытам Филда, количественно определяется по уравнению [16]:

$$T = \left(\frac{l_a}{l_b} - \frac{M_b}{M_a} \right) \cdot 100\%$$

где T – рассеивающая способность электролита, %; l_d – расстояние от анода до дальнего катода K_d ; l_b – расстояние от анода до ближнего катода K_b ; M_b – количество металла, полученного за определенный промежуток времени на ближнем катоде K_b ; M_d – количество металла, полученного за

определенный промежуток времени на дальнем катоде K_d .

Чтобы лучше понять, как зависит рассеивающая способность от межэлектродного расстояния, рассмотрим случай, когда толщина слоя металла на ближнем катоде K_b равна толщине слоя металла на катоде K_d , т.е. $M_b/M_d = 1$:

1) при $l_d/l_b = 1$, $T = ((l_d/l_b) - 1) \cdot 100\% = (1-1) \cdot 100\% = 0\%$, т.е. распределение толщин слоев металла следует первичному распределению тока;

2) при $l_d/l_b = 2$, $T = ((l_d/l_b) - 1) \cdot 100\% = (2-1) \cdot 100\% = 100\%$, т.е. электролит обладает идеальной рассеивающей способностью.

Если принять $l_d = h$, то получим, что идеальная рассеивающая способность будет соответствовать $l_b = h/2$.

Проанализировав указанные выше формулы можно сделать вывод о том, что для уменьшения сопротивления электролита в ванне и для увеличения рассеивающей способности электролита рекомендуется принимать межэлектродное расстояние равным половине высоты анода, т.е. пространство между анодами в сечении гальванической ванны будет образовывать квадрат (рис. 8).

В книгах по организации гальванического производства [7, 17] приведены предложения по расположению компонентов гальванической ван-

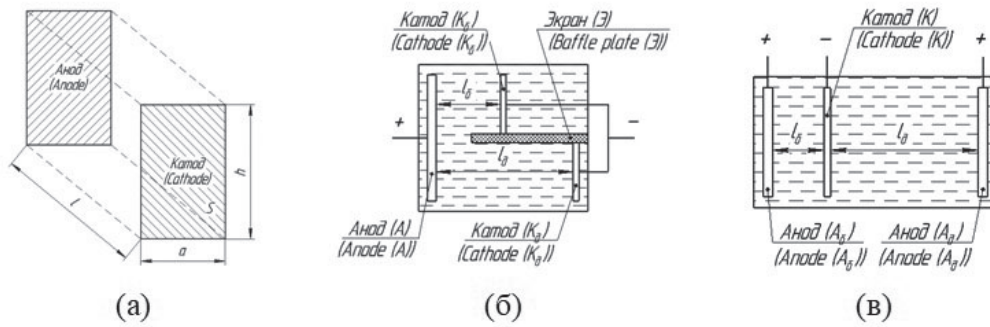


Рис. 7. Схемы определения сопротивления ванны и рассеивающей способности электролита: а – сечение прямоугольной ванны с плоскими электродами; б. – ячейка Филда (вид сверху); в. – ячейка Херинга и Блюма (вид сверху)
Fig. 7. Schemes of bath resistance and throwing power determination: а. – cross-section of rectangular electrolysis cell; б. – Field cell (top view); в. – Haring-Blum cell (top view)

ны. Однако все рекомендации относятся к области машиностроительных технологий, а не печатных плат. Поскольку размеры заготовок ПП небольшие (максимальный размер изготавливаемых ПП 475×350×3.5 мм), их производство требует относительно малых размеров ванн с особыми геометрическими параметрами.

Расположение заготовки выбирается так, чтобы оставался зазор между зеркалом электролита и верхним краем заготовки ($e = 25...50$ мм) на случай понижения уровня за счет испарения и для устранения осаждения на ПП загрязнений, попадающих на поверхность электролита. Так же необходим зазор между дном ванны и нижним краем заготовки ($k = 100...250$ мм) для предотвращения взмучивания шлама со дна ванны и снижения температуры около дна ванны при отсутствии перемешивания, оптимального размещения дополнительных элементов (например, системы перемешивания), которые не должны перекрывать поле между катодом и анодом. Уровень электролита ($m = 75...100$ мм) следует располагать ниже борта ванны для избегания попадания брызг за пределы ванны во время выгрузки ПП и перемешивания электролита. Помещенные в корзину или мешок аноды следует помещать выше

зеркала электролита ($p = 50...70$ мм) для удобства загрузки анодов.

Для оптимальной циркуляции электролита и удобства замены электродов необходим зазор между краями катода и стенками ванны ($i = 100...150$ мм). Поскольку для уменьшения пассивации анодов АМФ (ГОСТ 767-91) для сернокислого электролита меднения площадь поверхности анода должна быть равной площади катода, то анод следует размещать на таком же расстоянии от торцевой стенки, а в случае использования нескольких анодов между ними может быть зазор ($n = 0..b/2$ мм) [18]. При завешивании одновременно двух заготовок расстояние между ними ($h = 15...30$ мм) следует выбирать так чтобы обеспечить наиболее равномерное распределение тока по их поверхности и не экранировать друг друга.

Расстояние от стенки, вдоль которой располагаются аноды, до анодов ($q = 50...75$ мм) следует выбирать из соображений удобства загрузки и циркуляции электролита.

Из приведенных размерных цепей можно сделать вывод, что для металлизации платы 475×350×3.5 мм потребуется модуль гальванического осаждения объемом 260.455 литров (для минимальных и максимальных размеров цепей соответственно) с объемом электролита 231.443 литра.

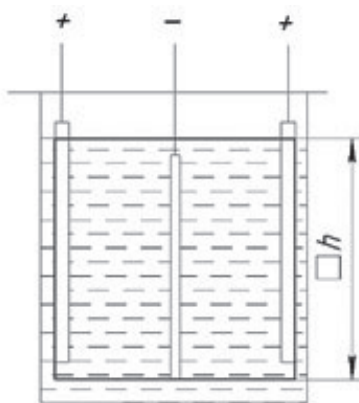


Рис. 8. Сечение гальванической ванны
Fig. 8. Cross-section of electroplating bath

Заключение

В настоящее время отсутствуют какие-либо отечественные стандарты по проектированию ванн из термопластов для химико-гальванических линий. Проведенный анализ существующей продукции и стандартов DVS позволил разработать рекомендации по выбору материалов, типа усиления каркаса ванны, способов исполнения соединений и усиливающих элементов. Конструкция ванны и тип используемых упрочняющих рам выбирается исходя из назначения, предполагаемого объема и соотношения сторон ванны. Для определения допустимой толщины стенок, геометрических ха-

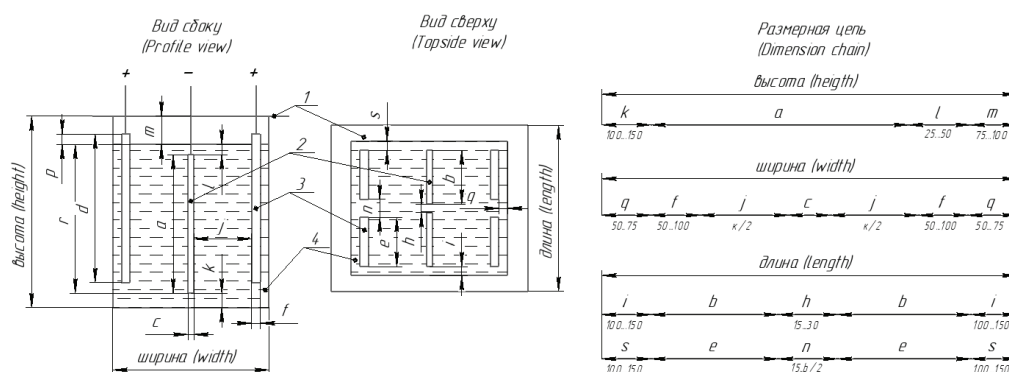


Рис. 9. Обозначения присоединительных размеров компонентов гальванического модуля осаждения:

1. – гальваническая ванна, 2. – катод, 3. – анод, 4. – электролит

Fig. 9. Designations of mounting dimensions of the plating bath components:

1. – plating bath, 2. – cathode, 3. – anode, 4. – electrolyte

рактических усилительных конструкций, таких как количество рёбер и их взаиморасположение, способа исполнения соединений и конструктивных деталей, а также их параметров используются немецкие стандарты DVS 2205-1 и DVS 2205-5 по расчету контейнеров из термопластов.

Наиболее подробно в работе рассмотрены особенности выбора геометрических параметров гальванических ванн для производства печатных плат.

Представленные в статье рекомендации по выбору материала и конструкции ванн могут быть полезны при проектировании ванн автоматической линии металлизации печатных плат.

Литература

1. Терешкин В.А., Григорьева Л.Н., Фантгоф Ж. Металлизация отверстий печатных плат // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. 2006. №1. С. 64-67.
2. Таблица химической стойкости пластмасс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://emkostiplastikov.ru/tablica-himicheskoy-stoykosti.pdf> (дата обращения: 28.02.18).
3. Термопластичные полимерные материалы – пластики (пластмассы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vkpolymer.ru/materials> (дата обращения: 28.02.18).
4. Листовые термопласты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sibmashpolymer.ru/activities/listtermoplast/> (дата обращения: 28.02.18).
5. Полимерные листы AGRU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pt-plast.ru/agru/sheet> (дата обращения: 28.02.18).
6. Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. – М.: Техносфера. – 2006. – 220 с.
7. Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчет про-

изводства, нормирование / Под ред. проф. Кудрявцева В.Н. – М.: «Глобус». – 2005. – 240 с.

8. Bruce Hartmann, Gilbert F. Lee, Wayne Wong. Tensile yield in polypropylene // Polymer Engineering and Science. 1987. V. 27, № 11, P. 823-828.
9. ГОСТ 12.3.008-75 Производство покрытий металлических не органических. Общие требования безопасности.
10. DVS 2205-1. Design calculations for containers and apparatus made from thermoplastics; Characteristic Values. – Germany, Dusseldorf: Technical Committee. – 1987. – 35 с.
11. DVS 2205-5. Calculations of thermoplastic tanks and apparatus – Rectangular tank. – Germany, Dusseldorf: Technical Committee. – 1987. – 7с.
12. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами. – М.: Химия. – 1976. – 352 с.
13. Ивахненко А.Г., Сторублев М.Л. Обеспечение качества гальванических покрытий // Известия Курского государственного технического университета. 2009. №2. С. 67-71.
14. Лайнер В.И., Кудрявцев Н.Т. Основы гальваностегии/[под редакцией Титова П.С.]– Ч. 1. – М.: Главная редакция литературы по цветной металлургии. – 1936. – 368 с.
15. Каданер Л.И. Равномерность гальванических покрытий. Харьков: Издательство харьковского ордена трудового красного знамени государственного университета им. А.М. Горького. – 1961. – 434 с.
16. Бахвалов Г.Т., Турковская А.В. Руководство к лабораторным работам по коррозии металлов и гальваностегии. – М.: Металлургия. – 1965. – 240 с.
17. Новиков А.Е., Даринцева А.Б. Гибкие автоматизированные гальванические линии: хрестоматия. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ. – 2006. – 221 с.

18. Шкундина С. Влияние анодного материала на качество гальванических медных покрытий // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. 2011. №3. С 45-46.

References

1. Tereshkin V.A., Grigoriev L.N., Fanthof J. Metalization of PCB vias. *Proizvodstvo elektroniki: tekhnologii, oborudovanie, materialy*, 2006. №1. P. 64-67.
2. Tablica ustanovlennoj stojkosti plastmass [Table of the established resistance of plastics]. (In Russian). Available at: <https://emkostiplastikov.ru/tablica-himicheskoy-stoykosti.pdf> (accessed: 28.02.18).
3. Termoplastichnye polimernye materialy – plastiki plastmassy [Thermoplastic polymeric materials - plastics (plastics)]. (In Russian). Available at: <http://www.vkpolymer.ru/materials> (accessed: 28.02.18).
4. Listovye termoplasty [Sheet thermoplastics]. (In Russian). Available at: <https://www.sibmashpolymer.ru/activities/listtermoplast> (accessed: 28.02.18).
5. Polimernye listy AGRU [Polymer sheets AGRU]. (In Russian). Available at: <https://pt-plast.ru/agru/sheet> (accessed: 28.02.18).
6. Hamburg Yu.D. Galvanicheskie pokrytiya. Spravochnik po primeneniyu [Electroplating. Handbook of application]. Moscow, Tekhnosfera Publ., 2006, 220 p. (In Russian).
7. Vinogradov S.S. Organizaciya galvanicheskogo proizvodstva. Oborudovanie, raschet proizvodstva, normirovanie. /Pod redakciej prof. Kudryavceva V.N. [Organization of electroplating. Equipment, production calculation, rationing / Edited by prof. Kudryavtsev V.N.]. Moscow, Globus Publ., 2005, 240 p. (In Russian).
8. Bruce Hartmann, Gilbert F. Lee, Wayne Wong. Tensile yield in polypropylene // *Polymer Engineering and Science*. 1987. V. 27, №. 11. P. 823-828.
9. GOST 12.3.008-75 Proizvodstvo pokrytij metallicheskih ne organicheskikh. Obshchie trebovaniya bezopasnosti [State Standard 12.3.008-75. Production of not organic metallic coatings. General safe tyre quirements].
10. DVS 2205-1. Design calculations for containers and apparatus made from thermoplastics; Characteristic Values. Germany, Dusseldorf: Technical Committee Publ., 1987, 35 p.
11. DVS 2205-5. Calculations of thermoplastic tanks and apparatus – Rectangular tank. Germany, Dusseldorf: Technical Committee Publ., 1987, 7p. (In German)

12. Kudryavtsev N.T. Elektroliticheskie pokrytiya metallami [Electrolytic coatings with metals]. Moscow, Himiya Publ., 1976, 352 p. (In Russian).
13. Ivakhnenko A.G., Storublev M.L. Quality Assurance of Electroplating Coatings. *Izvestiya Kurskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta*, 2009, № 2. P.67-71. (In Russian).
14. Liner V.I., Kudryavtsev N.T. Osnovy galvanostegii / Pod redaktsiyey Titova P.S. [Fundamentals of electroplating / edited by Titov P.S.]. Moscow, Glavnaya redaktsiya literatury po tsvetnoy metallurgii Publ., 1936, 368 p..
15. Kadaner L.I. Ravnomernost galvanicheskikh pokrytij [The uniformity of electroplating]. Kharkov, Izdatelstvo kharkovskogo ordena trudovogo krasnogo znamenii gosudarstvennogo universiteta im. A.M. Gorkogo Publ., 1961, 434 p.
16. Bakhvalov G.T., Turkovskaya A.V. Rukovodstvo k laboratornym rabotam po korrozii metallov i galvanostegii [Guide to laboratory work on the corrosion of metals and electroplating]. Moscow, Metallurgizdat Publ., 1965, 240 p.
17. Novikov A.Ye., Darintseva A.B. Gibkiye avtomatizirovannye galvanicheskiye linii: khrestomatiya [Flexible automated galvanic lines: chrestomathy]. Yekaterinburg, GOU VPO UGTU – UPI Publ., 2006, 221 p.
18. Shkundina S. Influence of anode material on the quality of electroplating copper coatings. *Proizvodstvo elektroniki: tekhnologii, oborudovanie, materialy*, 2011, no. 3, P.45-46.

Сведения об авторах

Смирнов Никита Сергеевич – магистрант
Смирнова Ольга Николаевна – магистрант.
Боброва Юлия Сергеевна - ассистент,
тел.: 8-926-180-98-13; e-mail: ju.s.bobrova@bmstu.ru

Information about authors

Smirnov Nikita S. – post graduate student.
Smirnova Olga N. - post graduate student
Bobrova Julia S. – Assistant; e-mail:
ju.s.bobrova@bmstu.ru

Для цитирования

Смирнов Н.С., Смирнова О.Н., Боброва Ю.С. Проектирование ванн автоматической линии металлизации печатных плат // *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2019. Т. 27, № 1. С. 49-58.

For citation

Smirnov N.S., Smirnova O.N., Bobrova Yu.S. Designing of Automatic Lines for Plating PCB's // *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*. 2019. V. 27, № 1. P. 49-58.

О замене кадмиевого покрытия
On the Replacement of Cd for
See-tropical Area

ВОПРОС: На какое покрытие возможно заменить покрытие Кд18хр, эксплуатируемое в морских тропических условиях? Подходит ли для этих целей цинк-ламелльное покрытие (ГОСТ Р ИСО 10683-2013) или покрытие сплавом цинк-никель? Детали с покрытием Кд18хр устанавливаются как внутри, так и снаружи здания.

ОТВЕТ: Механизм защитного действия цинк-ламелльных покрытий (подобно механизму действия лакокрасочных покрытий) в значительной мере является барьерным и по этой причине такие покрытия не могут быть альтернативой кадмиевым покрытиям.

Цинк-никелевые покрытия по защитному действию наиболее близки к кадмиевым покрытиям. В настоящее время цинк-никелевые покрытия достаточно широко применяются взамен кадмиевых покрытий большинством автомобильных фирм США, Европы, Японии и Южной Кореи.

Защитная способность цинк-никелевых покрытий в значительной мере зависит от количества никеля в сплаве и состава коррозионной среды. В свою очередь, состав покрытия очень сильно зависит от состава раствора и температуры электролита, которые при использовании нерастворимых никелевых анодов в процессе электролиза постоянно меняются. Основными препятствиями широкого внедрения цинк-никелевых покрытий являются технологические трудности удержания постоянства состава сплава, необходимость постоянного оперативного автоматического контроля и корректировки, как состава электролита, так и режимов электролиза.

Информации в открытой литературе о реальной замене кадмиевых покрытий на цинк-никелевые покрытия для эксплуатации в условиях морского тропического климата не имеется. Для принятия решения о замене кадмиевых покрытий требуется проведение соответствующих коррозионных испытаний.

К.т.н. В.И. Мамаев

О цинковании деталей сплавом ЦАМ
On Zink Plating of Zn-Al Castings

ВОПРОС: Имеем изделие типа болт с головкой под ключ 22 и резьбой М16. Материал ЦАМ4-1 (литье под давлением). Возможно ли покрыть его Ц6хр (радужно желтый цвет)? Какими ваннами или процессами должен владеть партнер по гальваническому покрытию? И насколько, скажем так, капризен этот процесс или стабилен (если возможно).

ОТВЕТ: Нанесение цинковых покрытий на детали из сплава ЦАМ с любым видом пассивации, конечно, возможно, и сам процесс покрытия, как правило, не вызывает каких-либо технологических и технических проблем кроме одной!

Очень часто после некоторого непродолжительного периода хранения или эксплуатации на поверхности цинкового покрытия появляются вздутия в виде пузырей и даже шелушение покрытия.

Такой вид брака обычно связан с качеством литья и, в первую очередь, с пористостью литых деталей. На поверхности литых деталей имеется относительно тонкая беспористая литейная корочка, а внутреннее тело детали, как правило, является более пористым вследствие термической усадки при охлаждении деталей.

Причиной появления пузырей является попадание в поры коррозионно-агрессивных растворов, используемых как при химической подготовке деталей к покрытию, так и при нанесении самого покрытия. В процессе хранения или эксплуатации деталей в порах детали происходит коррозия цинковой основы сплава с выделением водорода. Давление водорода может быть столь велико, что происходит либо вздутие покрытия с образованием пузыря, либо прорыв его.

К литейному производству предъявляются претензии по слишком тонкой литейной корочке и высокой пористости, которые связаны с нарушением технологического процесса литья.

К гальваникам предъявляются претензии по удалению литейной корочки при механической обработке (шлифование, полирование). В вашем случае если не производится механическая очистка резьбы, то оголение пористой основы возможно только в местах удаления литников.

Для того, чтобы снизить вероятность образования пузырей нужно строго соблюдать тех-

нологию литья, обеспечивающую образование достаточно толстой литевой корочки и низкой пористости внутренней части детали. При последующей обработке нужно очень бережно относиться к поверхности литых деталей.

Следует отметить, что обычно, чем крупнее деталь, тем выше вероятность образования пор и даже раковин. Это связано с большей усадкой крупных деталей.

Покрытие в барабанах снижает вероятность вздутий, так как при вращении барабана поры частично загалтовываются.

При изучении этой проблемы, мы пришли к выводу, что причинами образования пузырей является не только пористость отливок, но и чрезмерно высокая концентрация силиката натрия в обезжиривающем растворе. Для обезжиривания алюминиевых и цинковых сплавов концентрацию силиката натрия нежелательно делать выше 10-15 г/л.

Дело в том, что плёнка силиката натрия плохо смывается и этим препятствует сцеплению покрытия с основой.

При использовании силиката натрия нужно очень тщательно отмывать детали после обезжиривания, так как в кислых растворах активации на поверхности образуется нерастворимая трудноудаляемая кремниевая кислота. Особенно опасно вводить силикат натрия в кислые обезжиривающе-травящие растворы.

На некоторых заводах с целью очистки поверхности и закрытия пор литые детали подвергают пескоструйной обработке. Такая процедура значительно снижает вероятность образования пузырей, но и здесь есть опасность того, что некоторые частички песка могут застревать в поверхностном слое и способствовать пористости покрытия.

При ответе на второй вопрос можно сказать, что для покрытия деталей из сплава ЦАМ необходимо иметь на гальваническом участке не только ванны цинкования и пассивации, но и весь комплекс ванн для проведения подготовительных и промывных операций.

К.т.н. В.И. Мамаев

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Приглашаем Вас принять участие в работе **X Международной научной конференции** «Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии». Конференция будет проходить в г. Плес, Ивановской обл. с **9 по 13 сентября 2019 года**. На предстоящей конференции планируется заслушать пленарные и устные доклады, посвященные обзору современного состояния исследований и достижений в таких важных областях как: электрохимические методы создания новых материалов, электрохимия органических соединений, электрохимическая полимеризация и электрохимические процессы в растворах, аналитическая электрохимия, электрокатализ и электромембранные технологии, химические источники тока и другие.

Сайт конференции <http://elchem.isc-ras.ru/>.

Календарь выставок, конференций и семинаров 2019 года Exhibitions, Conferences, Seminars

1. **15-17 апреля 2019 - 22-я Международная выставка** электронных компонентов, модулей и комплектующих ExpoElectronica. Москва, МВЦ «Крокус Экспо», павильон 3, залы 12 и 13; <http://expoelectronica.ru>

2. **17-я Международная выставка** химического анализа, лабораторных технологий, биотехнологий и диагностики «Аналитика Экспо 2019», **23–26 апреля 2019 года**, Москва, МВЦ «Крокус Экспо»

3. **9 -13 сентября 2019 года - X Международная научная конференция** «Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии». г. Плес Ивановской обл. Сайт конференции <http://elchem.isc-ras.ru>

4. **22-я Международная выставка** химической промышленности и науки «Химия – 2019», **16-19 сентября 2019 года**, Москва, ЦВК «Экспоцентр».

5. **17-19 сентября 2019 года - 13-я международная выставка** "Термообработка - 2019", Москва, ЦВК "Экспоцентр", павильон 7, залы 1 - 2; www.htexporus.ru

6. **17-я Международная выставка** материалов и оборудования для обработки поверхности, нанесения покрытий и гальванических производств - **22-24 октября 2019 г.** Москва, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

ООО "БМТ" 
г. Владимир

Технологические решения:

- Очистка сточных вод от тяжелых металлов до требуемых нормативов ПДК для слива в канализацию
- Глубокая очистка сточных вод до нормативных показателей ГОСТ 9.314-90, кат.1,2,3 «Вода для гальванического производства и схемы промывок. Общие требования» для создания экологически чистого производства с замкнутым циклом по воде
- Обезвреживание гальванических шламов
- Регенерация отработанных травильных растворов кислот и электролитов
- Переработка СОЖ, очистка моющих и обезжиривающих растворов

Внедрено более 80 локальных и комплексных сооружений очистки сточных вод гальванических производств



Свидетельства НП СРО ОПВО и ОСВО на допуск к строительно-монтажным и проектным работам

Россия, 600033, Владимир, ул. Элеваторная 6
Тел.: (4922) 52-23-43, Тел./Факс: (4922) 52-23-52
E-mail: vladimir@vladbmt.ru
www.zaobmt.com

МОСКОВСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Главному инженеру предприятия

Приглашаем Вас принять участие в работе курсов повышения квалификации

ГАЛЬВАНОТЕХНИКА И ГАЛЬВАНО - ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ

Курсы проводятся высококвалифицированными специалистами по двум направлениям.

Основное содержание программ:

Курсы повышения квалификации специалистов в области гальванотехники и гальвано-химической обработки поверхности металлов.

Общие закономерности и особенности процессов электрохимического и химического нанесения металлических и конверсионных покрытий. Зависимость свойств и качества покрытий от состава электролитов, условий электролиза, рассеивающей и кроющей способности электролитов.

Современные технологии и оборудование отечественных и зарубежных производителей.

Процессы электрохимического нанесения цинка, кадмия, никеля, хрома, меди, олова, драг-металлов и их сплавов, многослойные и композиционные покрытия, а также нанесения оксидных, хроматных и фосфатных покрытий на металлы и сплавы.

Принципы управления и контроля процессами нанесения покрытий. Основные причины выхода из строя растворов и электролитов. Совершенствование и модификация процессов в условиях действующего производства.

Экология гальванического производства. Организация водопотребления. Системы локальной очистки сточных вод и воздуха. Регенерация технологических растворов.

Мастер-класс: обучение работе на ячейке Хулла.

Для повышения качества обучения, результативности и эффективности курсов желательно, чтобы слушатели хорошо знали свои техпроцессы и подготовили вопросы по проблемам производства.

Курсы повышения квалификации специалистов в области аналитического контроля.

Объекты химико-аналитического контроля. Аналитическое обеспечение современного гальванического производства и новых технологий.

Химический анализ технологических растворов, методы определения основных и неосновных компонентов, примесей и микропримесей: титриметрия, фотометрия, гравиметрия, тест-методы. Корректировка составов электролитов на основе аналитических данных, устранение типичных неполадок в работе электролитов.

Специфика химико-аналитического контроля сточных вод и воды, поступающей в цех; особенности анализа микро-количества веществ.

Современные инструментальные методы анализа: атомная абсорбция и эмиссия, инверсионная вольтамперометрия, ионная хроматография. Анализ приоритетных органических загрязняющих веществ.

Выбор метода анализа для решения конкретных задач. Качество результатов химического анализа, аттестация методик. Аккредитация и сертификация аналитических лабораторий. Основные положения ГОСТ Р ИСО 5725-(1-6)2002.

Слушателям выдаются государственные свидетельства о повышении квалификации

СРОКИ ПРОВЕДЕНИЯ И УСЛОВИЯ УЧАСТИЯ В 2019 ГОДУ

Курсы: «Гальванотехника и гальвано – химическая обработка поверхности металлов»

Группа (шифр)	Дата проведения	Стоимость, руб.
Группа № 56 (КГ - 56)	04 февраля – 08 февраля	28100 – 00
Группа № 57 (КГ - 57)	01 апреля – 05 апреля	28100 – 00
Группа № 58 (КГ - 58)	13 мая – 22 мая	33600 – 00
Группа № 59 (КГ - 59)	14 октября – 23 октября*	33600 – 00
Группа № 60 (КГ - 60)	25 ноября – 29 ноября	28100 – 00

*Посещение Международной выставки технологий, оборудования и материалов для обработки поверхности и нанесения покрытий «ExpoCoating Moscow 2019»

Курсы: «Аналитический контроль в гальваническом производстве»

Группа (шифр)	Дата проведения	Стоимость, руб.
Группа № 23 (АКГ - 23)	22 апреля – 26 апреля**	27900 – 00
Группа № 24 (АКГ - 24)	28 октября – 01 ноября***	27900 – 00

** Посещение 17-ой международной выставки химического анализа, лабораторных технологий, биотехнологий и диагностики «Аналитика Экспо 2019»

*** Посещение 11-ой Международной выставки аналитического и лабораторного оборудования, лабораторной мебели и посуды, химических реактивов («ХИМ-ЛАБ-АНАЛИТ») в рамках 22-ой международной выставка химической промышленности и науки («ХИМИЯ-2019»)

Стоимость обучения НДС не облагается. Оплата перечислением.

Регистрация слушателей в день начала курсов **с 10-00 до 13-00 часов** в МХО имени Д.И. Менделеева по адресу: 107045, г. Москва, Колокольников пер., д.17. **Проезд:** м. «Сухаревская» и далее пешком по ул. Сретенка в сторону центра до Колокольникова переулка.

Участникам курсов бронируются места:

- в гостинице «Вега» (Измайловский гостиничный комплекс). Проезд: м. «Партизанская». Поселение в гостиницу в комнате 609 корпуса «Вега» (6 этаж). Стоимость одного места проживания составит 2000 – 4000 руб. в сутки.

Платежные реквизиты МОО МХО им. Д. И. Менделеева:

**ИНН 7710056339, р/сч. 4070381030000000060 Банк ВТБ (ПАО), г. Москва
Кор/сч. 30101810700000000187, БИК 044525187, КПП 770201001**

В графе «назначение платежа» следует указать соответствующий **шифр.**

Прибывшие на курсы должны предоставить копию платежного поручения с отметкой банка об оплате. Об участии в курсах следует заявить по телефону не позднее, чем за 3 дня до начала занятий, указав потребность в гостинице и дату приезда. В заявке просим указать: реквизиты предприятия, кто подписывает договор (ФИО полностью) и на основании какого документа.

Телефон для подачи заявок и справок:

тел/факс: (495) 625-86-00, (495)742-04-22,

(977) 543-49-01 – МХО им. Д.И. Менделеева

e-mail: mosmho@yandex.ru http: www.mmho.ru

тел/факс: (499) 978-59-90 – РХТУ им. Д.И. Менделеева.

e-mail: gtech@muctr.ru http: www.muctr.ru

Информация для авторов

Журнал «Гальванотехника и обработка поверхности» публикует статьи и обзоры, содержащие результаты оригинальных научных и технологических исследований, относящихся к проблемам электрохимии и электрохимической технологии формирования покрытий, их свойств и характеристик, областей применения, коррозии и защиты от коррозии, а также к проблемам смежных областей науки и техники.

Для публикации в журнале принимаются оригинальные материалы (статьи), не публиковавшиеся ранее в других периодических изданиях. Все представляемые для публикации материалы рецензируются.

При направлении материалов для публикации (обзоры, статьи, краткие сообщения, письма в редакцию, информация и т.д.) авторы должны руководствоваться следующими правилами.

1. Размер статей не должен превышать 20 страниц машинописного текста, включая библиографию и подписи к рисункам.
2. Количество рисунков не должно превышать 6, в кратких сообщениях - 2. Таблицы, схемы и иллюстрации должны быть информативны. Данные таблиц и рисунков не должны дублироваться.
3. Статьи, представляющие собой обзор работ, могут иметь объем до 30 страниц.
4. Материал статьи должен характеризоваться оригинальностью и новизной результатов исследований и обобщений, логикой изложения, четкостью формулировок, математической грамотностью, обоснованностью используемых методик.
5. Список литературы и правильность выбора цитируемых источников должны составляться с учетом их доступности для отечественных и зарубежных читателей. Для объективного отражения современного состояния и актуальности решаемой в статье проблемы с последующим определением цели работы, в списке литературы должно быть не менее 15-20 цитируемых источников за последние 10-15 лет (более ранние ссылки и ссылки на материалы конференций не должны превышать 10%). Ссылки на статьи авторов или статьи, опубликованные в журнале «Гальванотехника и обработка поверхности» (самоцитирование), не должны превышать 30%. **Ссылки на диссертации и авторефераты, учебные и методические пособия не допускаются.**

6. Материалы для публикации представляются в редакцию журнала (адрес редакции: Россия, 125047 г. Москва, Миусская площадь, д. 9, Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева, кафедра технологии электрохимических процессов) **по электронной почте gtech@muctr.ru а также на CD** или на бумажном носителе в двух экземплярах (в качестве вторых экземпляров могут быть использованы ксерокопии). Материал, оформленный не по правилам, не рассматривается.

7. Оформление рукописи статьи

Текст набирают в Microsoft Word, шрифт - Times New Roman, кегль - 14 пт, цвет - черный, межстрочный интервал - 1.5-2, поля - 20 мм со всех сторон, переносы в тексте не используют. Все страницы рукописи имеют сплошную нумерацию.

На титульном листе приводятся: код УДК; название статьи; фамилия и инициалы автора(ов); организация, в которой выполнена работа, с полным почтовым адресом; электронная почта и телефон ответственного автора; расширенная аннотация (не менее 200 слов со ссылками на рисунки и таблицы статьи), отражающая основное содержание статьи (аннотация не должна полностью дублировать выводы статьи); ключевые слова статьи (см. пример ниже). В заголовок статьи и аннотацию не следует вводить формулы и сокращения.

Пример

УДК 621.357.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО СЕРЕБРЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕПЛАСТИКА

© И.О. Спешилов¹, П.Ю. Лазарев^{1,2}, Т.А. Ваграмян¹

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9
Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН 127368, Москва, Ленинский проспект, 31

Тел. 8(499)9785990, e-mail: speshilov@mail.ru

Определено влияние способов подготовки поверхности диэлектрического материала на основе углепластика (таблица 1, рис. 2, 3), состава раствора серебрения (рис. 4, 5) и режима его работы (рис. 1, 6) на качество формируемого покрытия. Исследована зависимость блеска формируемого покрытия от шероховатости исходного

материала (рис. 7). Определён оптимальный состав раствора травления для получения блестящих покрытий (таблица 2).

Далее указывается предыдущая информация (Название, И.О. Фамилии авторов, и т.д., расширенная аннотация, ключевые слова) на английском языке.

Затем следует текст статьи, в котором должны быть выделены следующие разделы.

Введение.

Методическая часть.

Экспериментальные результаты и их обсуждение.

Заключение или выводы.

Благодарности (если необходимо указать, что статья подготовлена в рамках гранта, поблагодарить коллег, которые не являются авторами статьи, но при их содействии подготовлен материал или проведены исследования)

Список литературы выполняется в 2 вариантах:

1 вариант включает русские и иностранные (английские, немецкие, испанские, итальянские, португальские, французские и т.п.) источники в оригинальном написании,

2 вариант (References) – все русскоязычные источники не имеющие переводных версий, должны быть указаны на английском языке (фамилии и название журналов записываются латиницей (транслитерация), а название статьи дается в переводе на английский язык.

Пример.

Azarko O.E., Kuznetsov V.V., Shakhmaier S.R., Vinokurov E.G., Kudryavtsev V.N. Electrodeposition of thick solid chromium coatings from electrolytes based on trivalent chromium // *Galvanotekhnika i Obrabotka Poverkhnosti*. 1997. V. 5, N. 4. P. 25-32.

Все иностранные источники записываются аналогично списку 1.

Сведения об авторах (на русском и английском языках)

фамилия, имя, отчество автора полностью (если авторов больше чем один, указываются все авторы);

звание, ученая степень, должность

полное название места работы каждого автора в **именительном падеже**. Важно чётко, не допуская иной трактовки, указать место работы каждого автора.

контактная информация (телефон рабочий, e-mail) для каждого автора

Рисунки, таблицы, а также подписи под рисунками, заголовки и примечания к таблицам на русском и английском языках должны размещаться в тексте статьи.

Подготовка электронного текста

1. Текст набирают в Microsoft Word, шрифт - Times New Roman, кегль - 14 пт, цвет - черный, межстрочный интервал - 1.5-2, поля - 20 мм со всех сторон, переносы в тексте не используют. Все страницы рукописи имеют сплошную нумерацию.

2. Библиографическое описание цитируемых работ в списке литературы следует оформлять в соответствии с приведенными ниже примерами.

СТАТЬИ ИЗ ЖУРНАЛОВ И СБОРНИКОВ

Кругликов С.С., Некрасова Н.Е., Касаткин В.Э., Корнилова С.И. Применение импульсного тока для получения механически прочных гальванических покрытий с развитой поверхностью // *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2016. Т. 24. № 4. С. 30-38.

Винокуров Е.Г., Бурухина Т.Ф., Колесников В.А., Фаина С.В. Концентрационный критерий классификации ресурсосберегающих составов растворов для электроосаждения металлических покрытий // *Теоретические основы химической технологии*. 2012. Т. 46, № 5. С. 569-575

Pavlov S.Yu., Kulov N.N. and Kerimov R.M. Improvement of chemical engineering processes using systems analysis // *Theor. Found. Chem. Eng.* 2014. V. 48, N. 2. p. 117-123.

Кузнецов, А. Ю. Консорциум – механизм организации подписки на электронные ресурсы // *Российский фонд фундаментальных исследований: десять лет служения российской науке*. М.: Науч. мир, 2003. С.340-342.

МОНОГРАФИИ:

Тарасова В. И. Политическая история Латинской Америки : учеб. для вузов. – 2е изд. – М. : Проспект, 2006. – С. 305–412.

Философия культуры и философия науки: проблемы и гипотезы : межвуз. сб. науч. тр. / Саратов. гос. ун-т; [под ред. С. Ф. Мартыновича]. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. - 1999. - 199 с.

Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь. 5е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРАМ, 2006. - 494 с.

ПАТЕНТЫ:

Патент №2592601, МПК С23С 18/50. Способ химического нанесения покрытий из сплава никель-медь-фосфор / Скопинцев В.Д., Винокуров Е.Г., Жигунов Ф.Н., Невмятулина Х.А. №2015128839/02, заявл.16.07.2015, опубл. 27.07.2016. Бюл. №21.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ

Скопинцев В.Д., Фирсова Т.Д. Базальтовые волокна и ткани с металлическими покрытиями // Покрытия и обработка поверхности: Тез. докл. 12-й международной научно-практической конференции. – М., 2015. – С. 97-98.

ИНТЕРНЕТ-ДОКУМЕНТЫ:

Официальные периодические издания : электронный путеводитель / Рос. нац. б-ка, Центр правовой информации. [СПб.], 2005–2007. URL: <http://www.nlr.ru/lawcenter/izd/index.html> (дата обращения: 18.01.2007).

Логинова Л. Г. Сущность результата дополнительного образования детей // Образование: исследовано в мире: междунар. науч. пед. интернет-журн. 21.10.03. URL: <http://www.oim.ru/reader.asp?номер=366> (дата обращения: 17.04.07).

Рынок тренингов Новосибирска: своя игра [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://nsk.adme.ru/news/2006/07/03/2121.html> (дата обращения: 17.10.08).

3. Требования к файлам, предоставляемым в электронном виде:

Рисунки к статьям, а также рекламные материалы должны быть выполнены с использованием следующих программ:

Corel Draw версия до 12 включительно (В Corel Draw все шрифты должны быть переведены в кривые или предоставляются файлы шрифтов)

Adobe Photoshop 6.0 (изображение должно быть «плоским» - без слоев и дополнительных каналов, но если требуется вносить изменения, то все слои необходимо оставить)

Adobe InDesign CS3 (должны присутствовать файлы всех шрифтов, а также все связанные файлы)

Допускается представление рисунков, выполненных с использованием **Exel, Origen**.

Цифры и надписи на оси абсцисс и ординат должны быть выполнены в одном кегле и гарнитуре.

(Рекомендуемый кегль - 18, гарнитура - JournalSansC).

На рисунках не должно быть посторонних линий кроме осей и кривых.

Рисунки должны быть выполнены в чёрно-белом варианте.

Поддерживаемые носители: CD, e-mail.

4. Оформление формул в тексте.

Во избежание недоразумений и ошибок редакция рекомендует авторам не использовать в формулах русских букв. Все формулы должны быть набраны в редакторе формул

Статьи, оформленные с нарушением вышеприведенных Правил, не будут приняты для публикации в журнале.

Submission of papers Zur Achtung den Autoren

Two copies should be submitted, in doublespaced typing on pages of uniform size with wide margins. Some flexibility of presentation will be allowed but authors are urged to arrange the subject matter clearly under such headings as: Introduction, Experimental details, Results, Discussion, etc. An abstract at ~300 words should accompany papers.

References should be numbered consecutively (in square brackets) throughout the text and collected together in a reference list at the end of the paper. Journal titles should be abbreviated according to the Chemical Abstracts Service Source Index, 1970 edition, and supplements. The abbreviated title should be followed by volume number, year (in parentheses) and page number.

Two sets of figures should be submitted. One set of line drawings should be in a form suitable for reproduction, drawn in black ink on drawing paper (letter height, 35 mm). Photographs should be submitted as clear blackandwhite prints on glossy paper. Each illustration must be clearly numbered. Legends to the illustrations must be submitted in a separate list. All tables and illustrations should be numbered consecutively and separately throughout the paper.

We take articles for publication in any languages they will be translated into Russian by professional translators and edited. Translation cost of 1 page text of article is 9 US dollars. According to our rules 1 page consist of 1800 signs including commas and lacunas.

Журнал «Гальванотехника и обработка поверхности» К сведению подписчиков!

Подписка на журнал производится через местные почтовые отделения.

Журнал включен в Объединенный каталог «Пресса России» 2019/1; каталог стран СНГ 2019/1;
Каталог Украины 2019/1; адресный каталог «Библиотечный каталог» 2019/1.

Агентство АРЗИ. Индекс 87867.

В редакции также можно приобрести:

Журнал "Гальванотехника и обработка поверхности" и книги	Цена, руб
2018 год (4 номера)	900
2017 год (4 номера)	900
2016 год (4 номера)	900
2015 год (4 номера)	800
2014 год (4 номера)	800
2013 год (4 номера)	760
Фосфатирование. (Изд. 2-е, дополн. и перераб.) Григорян Н.С., и др.	300
Цинкование. Техника и технология. Окулов В.В. (Электронная версия)	100
Электролитическое хромирование. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н.	300
Организация гальванического производства. Оборудование, расчет производства, нормирование. Виноградов С.С. Электронная версия.	100
Экологически безопасное гальваническое производство. (Изд. 2-е, дополн. и перераб.) Виноградов С.С. Электронная версия.	100
Промывные операции в гальваническом производстве. Виноградов С.С. Электронная версия.	100
Никелирование. Мамаев В.И., Кудрявцев В.Н.	300
Оксидирование алюминия и его сплавов. Скопинцев В.Д.	300

Все цены включают стоимость пересылки; НДС не облагается.

ООО "Гальванотех" находится с 01.01.08 УСНО, № 107412 А от 31.03.2015

Адрес редакции: 125047 г. Москва, Миусская пл., д. 9, РХТУ им. Д.И. Менделеева

Кафедра ТЭП. Главный редактор **Кругликов С.С.**

Тел: (499) 978-59-90; **Факс:** (4 95) 609-29-64; **E-mail:** gtech@muctr.ru

Интернет-сайт журнала: www.galvanotehnika.info

За вышеуказанные журналы и книги деньги перечислять на р/с журнала. Ниже приведен образец заполнения платежного поручения:

Банк плательщика

Сбербанк России ПАО, г. Москва Банк получателя	БИК Сч.№	044525225 3010181040000000225
ИНН 7708253114; КПП 770801001 ООО «Гальванотех» Получатель	Р/с	40702810738000034332
Назначение платежа: и Полный почтовый адрес предприятия (для рассылки)		

Интернет-сайт Российского общества гальванотехников: www.galvanicrus.ru

Адреса организаций и фирм, поместивших рекламу

ООО "АРБАТ" (стр. 40)
445012, г. Тольятти, Молодежный бульвар
22-110, тел/факс (8482) 25-46-32, факс (8482) 22-
03-52, E-mail: arbat00@mail.ru

ООО "БМТ" (стр. 61)
600033 г.Владимир, ул. Элеваторная 6;
E-mail: vladimir@vladbmt.ru, www.vladbmt.ru;
(4922) 522343, 522348, факс (4922)522314

Гальванические технологии (стр. с3)
г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 178-Е;
тел. (831)275-82-60, 275-82-62, 415-75-16; info@
galvanotech.ru

ООО "ГРАНИТ-М" (стр. с3)
393462 г.Уварово, Тамбовской обл.,
ул.Б.Садовая, 29, тел/факс (47558) 467-17; 468-98;
г.Тамбов тел/факс (4752) 72-97-52

НАВИКОМ (стр. 37)
150007, г. Ярославль, ул. Университетская
д.21;тел (4852)741-121, 741-567;E-mail: commerce@
navicom.yar.ru;www.navicom.yar.ru

"Предприятие "РАДАН" ООО (стр. 24)
190103 Санкт-Петербург, ул. 8-я Красно-
армейская, 20 (а/я 179);E-mail: radan2000@mail.ru;
www.radan@fromru.com;тел/факс: +7(812)251-13-
48, тел +7(812)251-49-17

РТС Инжиниринг (стр. 35)
Москва, ул. Атарбекова, д.4; тел.: (495)
964-47-48, факс: (495) 964-47-39; e-mail: main@rts-
engineering.ru; http://www.rts-engineering.ru

ООО "Гальвэкс" (стр. 41)
Тел. 8(495)1080727, www.galvex.ru; E-mail:
sales@galvex.ru

Компания "СОНИС" (стр. 36)
108841, г. Троицк, ул. Полковника Курочки-
на, д. 19, пом. 12

тел:(495)545-76-24, 517-46-51; факс: 8(499)272-24-
08; E-mail:bmb@sonis-co.ru; www.sonis-co.ru

ООО ПК "НПП СЭМ.М" (стр. с2)
1125047, Москва, Миусская пл., д. 9; тел/
факс: 8(495)978-94-42, +7(901)517-94-42: npp-semm@
yandex.ru; www.bestgalvanik.ru

**АО "ТАГАТ" ТАМБОВ ГАЛЬВАНОТЕХНИКА
им. С.И. Лившица (стр. 38)**
392030, Тамбов, Моршанское шоссе,
21.; Тел./факс:8(4752)53-25-03 (приемная); Тел.:
8(4752)53-70-03, 53-18-89; Факс:8 (4752)45-04-15;
E-mail: market@tagat.ru; office@tagat.ru ; http://
tagat.pф; http://www.tagat.ru

ООО "ХИМСИНТЕЗ" (стр. 39)
606008, г. Дзержинск Нижегородс-
кой обл., а/я 175; тел/факс: (8313) 25-23-46,
+7(951)902-91-65;e-mail: chimsn@kis.ru

НПП "ЭКОМЕТ" (стр. 34)
119071, Москва, Ленинский пр., д.31, стр.5,
ИФХ и Э РАН,тел: (495) 955-40-33; тел/факс (495)
955-45-54; E-mail: info@ecomet.ru; www.ecomet.ru

КОРИАН – 3 (стр. 43)
125047, Москва, Миусская пл.,д.9, РХТУ
им.Д.И.Менделеева, кафедра ТЭП, тел.: (8499)
978 – 59 – 90, факс: 8(495)609-29-64; E-mail: lns42@
bk.ru; gtech@muctr.ru

АО "ХИМСНАБ" (стр. 42)
420030, г.Казань, ул. Набережная, 4.
тел: (843)214-52-25; E-mail: info@chemp.ru, www.
chemp.ru

ТД "Элма" (стр. 33)
Тел.: +7(812)490-75-03, +7(812)921-48-02;
e-mail: info@td-elma.ru; www. info@td-elma.ru

Информация для авторов журнала "Гальванотехника и обработка поверхности" размещена на сайте
www.galvanotekhnika.info

Заказ № 437. Тираж 700 экз.

Отпечатано в типографии ООО «АльфаСтайлС»
107023, г. Москва, ул. Электrozаводская, дом 21, этаж 3,
помещение СХІХ, комната 157,160



ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Добавки для гальваники
LIKONDA, КЕММИКС
- Выпрямительные агрегаты
FlexKraft с пультами ДУ
- Фильтровальные установки
Mefiag
- Электронагреватели
SCANDYMET
- Проектирование и изготовление
оснастки для гальваники
- Изоляция подвесочных
приспособлений



Тел.: (831) 275-82-60, 275-82-61, 275-82-62

www.galvanotech.ru

СОВРЕМЕННОЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ



ООО «ГРАНИТ-М»

Россия, 393462, Тамбовская обл., г. Уварово, ул. Большая Садовая, 29,
Тел./ факс в г. Уварово: 8(47558) 4-67-17, 4-68-98, 4-67-15

Тамбовское представительство: 392036 г. Тамбов, ул. Лаврова, д.5 кв.1
Тел./факс в г. Тамбов: 8(4752) 72-97-52

E-mail: ooogranitm68@granit-m.ru • granit@tamb.ru • bark@granit-m.ru

www.granit-m.ru

ExpoCoating Moscow

17-я Международная выставка
материалов и оборудования
для обработки поверхности,
нанесения покрытий
и гальванических производств

22–24
октября
2019

Москва,
Крокус Экспо



Организатор — компания MVK
Офис в Санкт-Петербурге

MVK Международная
Выставочная
Компания

+7 (812) 380 6010/00
coating@mvk.ru

Подробнее о выставке:
expocoating-moscow.ru

12+