

Редакционная коллегия

Главный редактор

д.х.н. Кудрявцев В.Н.

Российский химико-технологический
Университет им.Д.И.Менделеева, Москва

д.х.н. Агладзе Т.Р., Тбилиси, Грузия;
д.х.н. Байрачный Б.И., Харьков, Украина;
к.т.н. Буркат Г.К., Санкт-Петербург, Россия;
д.т.н. Виноградов С.Н., Пенза, Россия;
д.т.н. Виноградов С.С., Москва, Россия;
д.х.н. Варенцов В.К., Новосибирск, Россия;
д.х.н. Данилов Ф.И., Днепропетровск,
Украина;
д.х.н. Давыдов А.Д., Москва, Россия;
к.т.н. Дьяченко А.В., Москва, Россия;
к.х.н. Жарский И.М., Минск, Белоруссия;
д.х.н. Кайдриков Р.А., Казань, Россия;
д.х.н. Колесников В.А., Москва, Россия
д.х.н. Лежава Т.И., Тбилиси, Грузия;
к.т.н. Окулов В.В., Тольятти, Россия;
д.х.н., чл.-корр. РАН **Полукаров Ю.М.**,
Москва, Россия;
д.х.н. Рудой В.М., Екатеринбург, Россия;
к.т.н. Шишкина С.В., Киров, Россия

Зав. редакцией Орехова Е.С.

Компьютерная верстка Василенко О.А.

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

E-mail: gtech@muctr.ru

Учредители

Кудрявцев В.Н.

Российский химико-технологический
Университет им. Д.И. Менделеева

Спонсоры

Российский химико-технологический
Университет им. Д.И. Менделеева
Компания "Умикор Гальванотехник",
Швабиш-Гмюнд, Германия
Перевод абстрактов - проф. Кругликов С.С.

Editorial Board

Editor-in-Chief

Kudryavtsev V.N.

Mendeleev University of Chemical
Technology of Russia, Moscow

Agladze T.R., Tbilisi, Georgia;
Bajrachnyj B.J., Charkov, Ukraine;
Burkat G.K., S. Peterburg, Russia;
Danilov F.I., Dnepropetrovsk, Ukraine;
Davydov A.D., Moscow, Russia;
Dyachenko A.V., Moscow, Russia;
Kajdrikov R.A., Kazan, Tatarstan, Russia;
Kolesnikov V.A., Moscow, Russia;
Lezhava T.I., Tbilisi, Georgia;
Okulov V.V., Togliatti, Russia;
Polukarov Yu.M., Moscow, Russia;
Rudoj V.M., Ekaterinburg, Russia;
Schischkina S.V., Kirov, Russia;
Varentsov V.K., Novosibirsk, Russia;
Vinogradov S.N., Penza, 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

Mendeleev University of Chemical
Technology of Russia, Moscow
"Umicore Galvanotechnik" GmbH,
Schwaebisch Gmuend, Germany

Russian-english abstracts translator Kruglikov S.S.

Интернет-сайт Российского общества гальванотехников www.galvanicrus.ru

ГАЛЬВАНОТЕХНИКА и ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

№ 1

2011 год

том XIX

Содержание

<i>Ответы на вопросы читателей</i>	О некачественном облуживании припоями химически никелированных деталей	11
	О покрытии сплавом олово-висмут деталей из латуни	11
	О параметрах технологического процесса анодирования алюминия	11
	Об увеличении износостойкости деталей скважинных насосов	12
<i>Осаждение металлов и сплавов</i>	Успехи гальванотехники. Обзор мировой специальной литературы за 2008-2009 годы	
	<i>Елинек Т.В.</i>	14
	Зависимость структуры и физико-механических свойств медных покрытий от токовых режимов электролиза	
	<i>Хмелев А.В., Федорова Е.А., Головушкина Л.В.</i>	33
	Изучение алкилбензолных элетролитов алюминирования методом циклической вольт-амперометрии	
	<i>Чернышев В.Е., Шавкунов С.П.</i>	38
<i>Металлизация пластмасс</i>	Металлизация пластмасс. Основы и процессы, современное состояние и разработки, нацеленные на будущее	
	<i>Брандес М.</i>	46
<i>Конверсионные покрытия</i>	Особенности фосфатирования стальных деталей в низкотемпературных растворах методом погружения	
	<i>Мамаев В.И., Шишкина С.В.</i>	50
<i>Экология</i>	Извлечение хрома (III) из шламов гальванических производств	
	<i>Наумов Ю.И., Наумов В.И., Самсонова А.Д., Паничева Г.А.</i>	56
<i>Персоналии</i>	70 лет профессору Маслию А.И.	63
<i>Информация</i>	Выставки, конференции, семинары	69
	Курсы повышения квалификации	70
	Книги	72
	Авторам журнала	73
	Адреса организаций и фирм, поместивших рекламу	79

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT

№ 1

2011

V. XIX

Contents

<i>Answers for reader questions</i>	Solderability of Ni electroless coatings	11
	Sn-Bi plating on brass	11
	Al anodizing	11
	Cr-plating for wear resistance	12
<i>Electroplating of metals and alloys</i>	Advances in Metal Finishing - An Assessment of the International Literature 2008-2009 <i>Jelinek T. V.</i>	14
	Effect of Pulse Plating Mode on Structure and Physical-Mechanical Properties of Copper Coatings <i>Khmelev A. V., Fedorova E. A., Golovushkina L. V.</i>	33
	A Study of Alkyl-benzene Al Plating Baths Using Cyclic Voltamperometry <i>Chernyshev V. E., Shavkunov S. P.</i>	38
<i>Plastic metallization</i>	Plating on Plastics. Fundamentals and processes, state-of-the-art and future development <i>Brandes M.</i>	46
<i>Conversion coating</i>	Specific Features of the Phosphating of Steel Parts by Immersion Process at Low Solution Temperature <i>Mamaev V. I., Shishkina S. V.</i>	50
<i>Environmental problems</i>	Recovery of Chrome (III) from Plating Shop Sludges <i>Naumov Y. I., Naumov V. I., Samsonova A. D., Panicheva G. A.</i>	56
<i>Personality</i>	70th Anniversary of Professor A. I. Masliy	64
<i>Information</i>	Congressess, Conferences, Meetings	69
	Books	72
	Submission of papers	73

materials for a better life



«УМИКОР-ГАЛЬВАНОТЕХНИК» - ЛИДЕР В ПРОИЗВОДСТВЕ АНОДОВ PLATINODE®

В течение более трех десятилетий наши аноды, сохраняющие постоянство размеров, подтверждают свое превосходное качество.

Преимуществом наших анодов является то, что они покрываются платиной с помощью высокотемпературного электролиза (процесс НТЕ). Фирма также поставляет анодные материалы со смешанными оксидными покрытиями (ММО), известные под фирменным названием PLATINODE®

В качестве материала основы мы используем тугоплавкие металлы, такие как титан, ниобий, тантал и молибден. Функциональные электрокаталитические слои платины или оксидов других драгоценных металлов (иридия, рутения и т.д.) используются почти повсеместно в электрохимической промышленности.

«Умикор-гальванотехник» предлагает Вам:

- компетентное обслуживание клиентов и техническую поддержку;

- широкий выбор покрытых и непокрытых анодных материалов в виде: листов, рулонных материалов, сетки, труб, лент, проволоки и соответствующих токоподводов;

- ремонт и повторное нанесение покрытия на бывшие в употреблении аноды;

- платинированные аноды и повторное платинирование;

- участок механической обработки в соответствие с последними достижениями техники в этой области (штамповка, лазерная сварка и др.);

- разработка и конструирование анодов и электродных систем - CAD development and design (2D / 3D).

Обращайтесь к нам и получайте дополнительную информацию на нашем сайте:
www.umicore-galvano.com или на сайте дилера www.chemp.ru

Umicore Galvanotechnik GmbH Klarenbergstrasse 53 – 79
D-73525 Schwaebisch Gmuend
e-mail: galvano@eu.umicore.com

ГальваноТехник Лейпциг ГмбХ

вновь в России

Оборудование для всех видов
гальванических процессов



Представительство в Москве
Москва, ул. Каспийская, дом.2, корп.1, стр.3
Тел: + 7 (495) 955 94 71
Моб: + 7 (916) 990 06 49
E-mail: TsaryukVR@mtef.ru
www.galvanotechnikleipzig.de

**GALVANO
TECHNIK
LEIPZIG**





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,АF,ВF,К)

Ирида-СилХром

Силатек-08(top-coat)

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





Научно-производственное предприятие «ЭКОМЕТ»

Компания «ЭКОМЕТ» производит и поставляет эффективные блескообразующие добавки и специальные композиции для гальванических производств и химической обработки металлов, а также предлагает к внедрению современные технологии, которые используются многими предприятиями России и стран СНГ. Компания «ЭКОМЕТ» является эксклюзивным представителем в России фирмы **COVENTYA**, которая предлагает составы для гальванических процессов, используемые ведущими мировыми производителями.

Предлагаем технологии и химические компоненты к ним:

- **обезжиривание, травление, совместное обезжиривание-травление**, для всех металлов, в том числе эффективные «холодные» растворы;
- **цинкование**: щелочное, слабокислое, сплавы цинка;
- **пассивация цинка**: радужная, желтая, черная, оливковая, бесцветная (голубая), **пассивация на соединениях хрома (III)**; пассивация без соединений хрома; составы для усиления защитной способности цинковых покрытий с пассивацией;
- **никелирование**: блестящее, матовое, коррозионностойких сталей, химическое;
- **меднение (бесцианидное)**: блестящее, пирофосфатное, для защиты от цементации;
- **оловянирование**: кислое, щелочное, сплав олово-висмут;
- **хромирование**: износостойкое, декоративное, черное;
- **холодное чернение** (черное оксидирование) стали, чугуна, меди;
- **многослойные покрытия**, в том числе по алюминию;
- **обработка алюминиевых сплавов**: обезжиривание-травление (в том числе кислое), хро-матирование, бесхроматное оксидирование под окрашивание, анодирование (в том числе цветное), холодное наполнения анодного оксида, окрашивание анодных пленок, химическая и электрополировка алюминия, матирование, травление и др.;
- **ингибиторы**: для растворов травления стали, для временной консервации деталей;
- **электрофоретические лаковые покрытия** (бесцветные и цветные);
- **покрытия драгметаллами** – бесцианидные электролиты;
- **пассивирование и электрополирование** нержавеющей сталей;
- **фосфатирование** стали и алюминия, пропитка для фосфатных покрытий (вместо масла);
- **подготовка металлов к окраске**, в том числе порошковыми материалами;
- **разработка технологий покрытий и обработки металлов** по заданию заказчика.

Предлагаем следующее оборудование:

- **выпрямители** (промышленные и лабораторные), в том числе выпрямители модульного типа фирмы **KRAFTELEKTRONIK** (Швеция);
- **теплообменники** (погружные и выносные) фирмы **CALORPLAST** (Германия) для нагрева или охлаждения ванн;
- **ячейки Хулла** в полной комплектации;
- **фильтровальные установки и насосы**, картриджи к ним;
- **нагреватели** (ТЭНы) для ванн из различных материалов и терморегуляторы;
- **полипропиленовые ванны, резервуары и небольшие гальванические линии с ручным управлением** собственного изготовления.

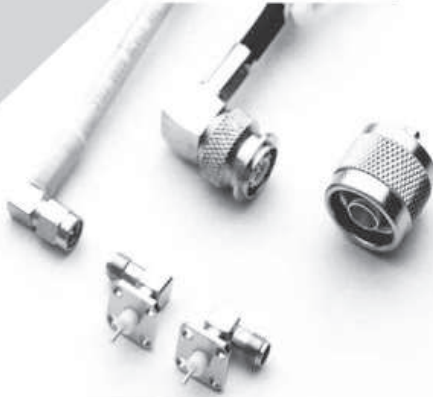
Оказываем предприятиям помощь в подборе и заказе нового оборудования для современных технологических процессов. Выполняем работы по созданию новых и модернизации существующих гальванических цехов и участков, очистных сооружений.

Адрес: 119991, Москва, Ленинский проспект, д. 31, ИФХЭ РАН, «ЭКОМЕТ»
Телефоны/факсы: (495)955-45-54, 954-86-61, 955-40-33 (офис), 545-58-56 (склад)
Мобильные телефоны: (495) 790-82-63 (группа технологов), 8-903-758-28-90 (офис)
Http:// www.ecomet.ru, E-Mail: info@ecomet.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 бондированию.
- **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



**Открытое Акционерное Общество
“ТАМБОВГАЛЬВАНОТЕХНИКА имени С.И. Лившица”**

392030, РФ, г. Тамбов, Моршанское шоссе, 21.
Тел.: 8(4752)532503 (приемная); :8(4752)537003, 531889;
Факс: 8(4752)5504415;

E-mail: market@tagat.ru; office@tagat.ru

Открытое акционерное общество «Тамбовгальванотехника» имени С.И. Лившица основано в 1941 году, с 1961 работает в области гальванопроизводства и по сегодняшний день является единственным в стране специализированным предприятием по проектированию и изготовлению автоматических и механизированных линий, а также другого оборудования для нанесения гальванических, химических и анодизационных покрытий.

За время работы специалистами завода спроектировано, изготовлено и внедрено на предприятиях страны и за рубежом более 8000 гальванических линий. Кроме того, на предприятии выпускаются очистные сооружения для гальваностоков, системы защиты атмосферы гальванических цехов (специальные защитные камеры с вентиляционной системой) и очистки вентиляционных выбросов, позволяющие комплексно решать вопросы, связанные с сохранением экологической безопасности среды, экономией дорогостоящих материалов и водных ресурсов. Также ОАО «Тамбовгальванотехника» имени С.И. Лившица изготавливает воздуховоды для приточной и вытяжной вентиляции из различного материала (полипропилен, нержавеющая сталь, оцинкованная сталь) и различного сечения, фильтры волокнистые разной производительности для санитарной очистки аспирационного воздуха отходящего от гальванических ванн и дополнительно доукомплектовать их емкостью для гидрозатора.

За период своей деятельности при проектировании гальванического оборудования получено 84 авторских свидетельства на изобретения, 3 патента на изобретения и 6 свидетельств на промышленные образцы.

Сегодня любое изделие проектируется, изготавливается и сдается заказчику под его конкретные технические условия.

ОАО «ТАГАТ» им. С.И. Лившица предлагает:

1. Линии автооператорные автоматические и механизированные.

2. Линии кареточные овальные подвесочные, конвейерного типа.

3. Системы управления. Режим работы – ручной, механизированный автоматический. Управление автооператорами, плавный разгон и торможение. Контроль температуры, уровня концентрации раствора в ваннах, управление выпрямителями, световая и звуковая сигнализации.

4. Ванны для подготовки поверхности и нанесения покрытий. В зависимости от требований процесса ванны оборудуются кожухами вентиляции, барботерами, элементами нагрева или охлаждения, токоподводящими элементами, крышками, механизмами качания штанг. В зависимости от агрессивности раствора ванны изготавливаются из сталей углеродистых или нержавеющей, титана, полипропилена, полиэтилена, футеруются поливинилхлоридным пластиком, фторопластом.

5. Установка хромирования длинномерных штоков УГ-4. Размер штока: диаметр - 80-100 мм; длина - 2500-10000 мм. Производительность до 1000 шт./год. Конструкция запатентована.

6. Комплексы для очистки сточных вод (КОС) гальванического производства базируются на следующих методах очистки: реагентный, электрокоагуляционный, ионообменный, сорбционный, электрофлотационный. Данные методы очистки применяются в зависимости от требуемой производительности комплекса, необходимостью замкнутого или частичного водооборота, исходных концентраций загрязняющих компонентов в стоках, требований региональных природоохранных организаций по ПДК загрязняющих компонентов в очищенной воде при сбросе её в канализацию, и согласно другим требованиям заказчика.

- модуль доочистки; - вакуум-фильтр барабанного типа; - фильтр-пресс.

7. Средства малой механизации:

- ванны колокольные ВК-5, 10, 20, 40М. Объем колокола – 5, 10, 20, 40 литров; - установка барабанная УПН-3 для покрытия мелких деталей насыпью. Загрузка в барабан: по массе – 40 кг; по поверхности – 6 м²; - колокол наливной КН-6, 12 объем колокола – 6, 12 дм³;

8. Автооператоры подвесные, порталные и консольные грузоподъемностью от 50 – 1000 кг;

9. Барабаны для нанесения гальванических и химических покрытий различных типоразмеров и перфорацией из полипропилена, нержавеющей стали.

10. Барабан переносной БП-2 объем - 2,3 дм³. загрузка – до 2,5 кг.

11. Корзины титановые для анодов различных типоразмеров и перфорацией.

12. Сушильные камеры с интенсивным процессом сушки, с осциллирующим барабаном для сушки мелких деталей насыпью, а также сушильные камеры и сушильные шкафы по заданию заказчика.

13. Фильтровальные установки для фильтрации серноокислых медных и никелевых, кислых (кроме хромовокислых), щелочных, аммиачных и цианистых электролитов от механических загрязнений.

14. Насосы химстойкие для перекачивания серноокислых медных и никелевых, кислых (кроме хромовокислых), щелочных, аммиачных, цианистых и нейтральных растворов.

15. Запасные части для различных узлов гальванического оборудования.

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ

ВОПРОС:

Вопрос: Добрый день, уважаемые коллеги! Помогите пожалуйста разобраться с вопросом некачественного облуживания припоями химически никелированных деталей. Не могу установить причину возникновения дефекта. Детали приходится облуживать паяльником несколько раз (до 5). Химическое никелирование производится на установках УХН-903. Квалификация химикатов для составления ванны химникеля ЧДА. Окончательная промывка после операции химникеля в дистиллированной воде. Термообработка покрытых деталей из алюминиевых сплавов и стали согласно ГОСТа. Разрыв между покрытием и облуживанием не более 48 ч. При облуживании применяется активный флюс ФАЦ. Дефект облуживания проявляется в виде необлуженных пятен. И что самое интересное - дефект наблюдается не всегда.

*С уважением,
начальник гальванического цеха ОАО АПЗ
Кулешов Сергей Анатольевич*

ОТВЕТ: Ухудшение паяемости деталей с химически нанесенным никель-фосфорным покрытием может происходить вследствие возникновения на поверхности оксидных или масляных пленок. Причиной их появления могут быть как постоянно действующие факторы (некачественная промывка покрытий в загрязненной воде, сушка воздухом, загрязненным маслами, длительное хранение, особенно в агрессивной среде), так и случайные факторы (контакт покрытий с грязными или потными руками, с загрязненной поверхностью емкости для хранения). Поскольку в Вашем случае дефект возникает периодически, более вероятны именно случайные факторы. Обычно загрязненные участки поверхности можно отличить по более темному цвету покрытия. Если не удастся выявить конкретную причину загрязнения, можно ввести непосредственно перед пайкой дополнительную обработку покрытий чистящими средствами с легким абразивным действием (например, влажной кашицей соды, Пемоксоль, CIF и пр.). Покрытие перед пайкой должно иметь равномерный серебристо-белый цвет без темных пятен или цветов побежалости и полностью смачиваться водой.

Скопинцев В. Д.

ВОПРОС: На детали из латуни после покрытия сплавом олово-висмут обнаружили многочисленные непокрытые места (исходный металл). Пробовали допокрывать, зачищали эти места, делали низкий отпуск детали, но к положительным результатам это ни привело. Анализы латуни в норме. Есть ли этому какое-нибудь объяснение? Как исправить подобный брак? Каким методом можно установить причину? Заранее, спасибо.

ОТВЕТ: На детали из латуни (медь-цинк) наносить непосредственно сплав олово-висмут не рекомендуется. Такое покрытие будет быстро чернеть и терять способность к пайке, быстро корродировать. Это связано с выходом цинка в олово. При нанесении сплава олово-висмут на латунь рекомендуется делать подслои меди или никеля 3-5 мкм.

Непокрытие латуни сплавом может быть связано с двумя причинами: загрязнение участков латуни маслом или завышенная концентрация ингибитора в электролите для осаждения сплава.

Для выяснения причины непокрытия надо провести следующие эксперименты. Образец стандартной латуни травят в концентрированной азотной кислоте до появления пузырьков, промывают в воде и на очищенную поверхность наносят сплав. Если непокрытие исчезло - причина в подготовке поверхности. Если не исчезло непокрытие - причина в ингибиторе. В этом случае необходимо добавить НПАВ или формалин до устранения непокрытия. Если в растворе нет НПАВ и формалина, уменьшить количество добавки ПАОВ или чистить электролит активированным углем и корректировать по анализу по всем компонентам.

Попов А.Н.

ВОПРОС: Не первый раз сталкиваюсь с тем, что на предприятиях машиностроения в типовых технологических процессах на анодирование алюминиевых сплавов в серной кислоте (в т. ч. твердое анодирование) параметрами технологического процесса фигурируют напряжение и время, причем, зачастую не учитывается тот факт, что сплавы разных марок анодируются неодинаково. При этом, в литературе недвусмысленно написано, что именно эти процессы анодирования подчиняются закону Фарадея. Связано ли это с оборудованием (кое-где еще применяются мотор-генераторы) и как правильно задавать параметры анодирования: "сила тока (в зависимости от площади повер-

хности и выбранной плотности тока) - время" или "напряжение - время"?

*С уважением,
Вакалова Т.Ю.*

ОТВЕТ: Анодирование алюминиевых сплавов в серной кислоте или ее смесях с другими кислотами следует проводить, поддерживая определенную плотность тока (т.е. силу тока, отнесенную к суммарной покрываемой поверхности деталей), поскольку именно эта величина характеризует скорость формирования (толщину) оксидного слоя. В зависимости от температуры и концентрации электролита, определяющих его растравливающее действие на оксид и образование пористой структуры покрытия, плотность тока должна составлять 1-2,5 А/дм² при нанесении защитно-декоративных покрытий толщиной 6-20 мкм (время обработки 20-40 мин) или 2-4 А/дм² при нанесении твердых или электроизоляционных покрытий толщиной 40-75 мкм (продолжительность 1-3 часа).

Вместе с тем напряжённость на ванне является важным параметром, позволяющим контролировать качество получаемого покрытия в процессе его нанесения. При включении тока напряжение на ванне достигает 21-25 В (формируется барьерный слой покрытия), затем в течение минуты опускается до уровня 15-18 В (происходит частичное растравливание барьерного слоя); затем начинается формирование пористой части покрытия, которое сопровождается практически постоянным значением напряжения 15-20 В при нанесении защитно-декоративных покрытий или плавным повышением напряжения до 20-25 В при нанесении функциональных покрытий. Если напряжение оказывается меньше указанных величин, покрытие будет некачественным из-за повышенной пористости, поэтому необходимо несколько увеличить рабочую плотность тока. Если наблюдаются колебания напряжения в процессе нанесения покрытия, имеет место локальный перегрев отдельных участков покрываемой поверхности или плохо осуществлен контакт деталей с подвесным приспособлением; в этом случае необходимо срочно прекратить процесс и устранить неполадки, чтобы сохранить деталь.

*Скопинцев В.Д.
03.02.2011*

ДОПОЛНЕНИЕ к ОТВЕТУ: При толстослойном анодировании решающим фактором становится такое явление, как разогрев электролита. По мере роста оксидной пленки, ее электрическое

сопротивление возрастает и «Джоулево тепло» выделяется преимущественно в порах растущей пленки, вызывая местный разогрев электролита. Соответственно, увеличивается и саморастворение пленки, сводя на нет собственно анодирование.

Для толстослойного анодирования необходимо охлаждать электролит до минусовых температур с одновременным повышением напряжения до 40-60 Вольт. (Это опасное напряжение и необходимо исключить случайное касание токопроводов персоналом). Таким образом, можно нарастить анодную пленку до десятков микрометров.

Из личной практики: мне приходилось делать толстое анодирование в сернокислотном электролите, охлажденном до -5-8°C. Охлаждали электролит с помощью «сухого льда». Источником постоянного тока служил сварочный мотор-генератор. Это было примерно 50 лет назад. Сейчас есть большой выбор современных выпрямителей с заданными характеристиками и холодильных установок.

*В.В. Окулов
06.02.2011*

ВОПРОС: Добрый день!

Наше предприятие называется ЗАО «Юж-гидросервис». Мы находимся в Краснодарском крае в г. Кропоткине. Наше основное занятие: торговля и сервисное обслуживание насосной продукции. Основа нашей деятельности – скважинные насосы типа ЭЦВ для перекачки воды. Один из основных недостатков отечественных насосов этого типа – они боятся песка. Внутренние втулки радиальных подшипников скольжения, торцовая поверхность пяты, являющаяся частью упорного подшипника скольжения, и втулки распорные (упорные), несмотря на то, что выполнены из закалённого металла, интенсивно изнашиваются. Сегодня перед нами стоит задача увеличить износостойкость этих деталей. Мы перепробовали всё. Хромировали детали, делали их из твёрдого сплава, производили напыление и т. д. Но всё это нас не устраивает. Ресурс деталей довольно мал. Они работают 1,5-2 года.

Мы вычитали, что можно многократно повысить износостойкость деталей с хромовым покрытием методом карбидизации в парах бензина. Об этом сказано в статье Архарова В. И. и Конева В. Н. (журнал «Вестник машиностроения» №11 за 1955 г.).

Хотелось бы знать, какие технологические последствия у этой работы, где можно познакомиться с этим технологическим процессом. Где

эта идея была реализована и была ли вообще воплощена в технологию? Короче говоря, мы хотели бы попробовать это внедрить у себя. Возможно ли это? Хромовое покрытие деталей мы производим. Но с процессом карбидизации не знакомы, а такое сочетание, как "бензин" и температура процесса 950 - 1050 °С нас несколько озадачивает. К письму прилагаем текст статьи Архарова В. И. Если можете, проконсультируйте.

*Заранее благодарим,
с уважением
Соколов Борис Александрович*

ОТВЕТ: Уважаемый Борис Александрович! Труды Архарова В.И. и Немнонова С.А. по электролитическому хрому были весьма востребованы в 40-е - 60-е годы в ЦНИИМе и, конечно, у меня лично.

Переходя к делу, могу сообщить лишь следующее. Из отчётов ЦНИИМа тех лет следует отрицательное отношение к карбидизации хрома применительно к эксплуатации стволов оружия.

Исследования показали, что карбиды хрома имеют повышенную хрупкость; при знакопеременных и ударных нагрузках происходит их "выкалывание" и отслаивание покрытия по карбидам на границе хром-сталь. Кроме того, чем больше нагрев хрома, тем больше "раскрытие" его трещин, а при температурах карбидизации 800-900°С происходит "третья" раскristаллизация гальванического хрома с резким увеличением зерна и укрупнением разломов по сетке трещин (труды Фрумера).

В этой связи был сделан вывод о неперспективности использования карбидизации хрома в условиях "простого" трения со смазкой или в коррозионных средах из-за высокой твёрдости карбидов хрома и их химической стойкости.

Что касается защиты от износа элементов насоса, то известен следующий факт: в США и Канаде втулки грязевых насосов, работающих при прокачке взвесей с песком и глиной, хромируют на толщину 500-800 мкм способом гальванохонингования.

В.Е. КИМ

ГРАНИТ-М
СОВРЕМЕННОЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ АВТООПЕРАТОРНЫЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЛИНИИ
ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ К НИМ
КОЛОКОЛЬНЫЕ И БАРАБАННЫЕ УСТАНОВКИ
ЗАПОРНАЯ АРМАТУРА И НАСОСЫ ДЛЯ АГРЕССИВНЫХ СРЕД
ЁМКОСТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЛЮБЫХ ТИПОРАЗМЕРОВ
СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ПО ТЗ ЗАКАЗЧИКА
ПОЛИМЕРНЫЕ ЛИСТЫ И ТРУБЫ

Наш адрес:
392462, Тамбовская обл., г. Уварово,
ул. Большая Садовая, 29
Тел./факс: (47558) 4-67-17, 4-88-98

Тамбовское представительство:
392036, г. Тамбов, ул. Лаврова, 5, к. 1
Тел./факс: (4752) 72-97-52
E-mail: granit@tamb.ru www.granit-m.ru
granit-m@mail.ru

Успехи гальванотехники*
Обзор мировой специальной литературы
за 2008-2009 годы

Елинек Т.В.

Advances in Metal Finishing - An Assessment of the International Literature 2008-2009

Jelinek T.V.

Fortschritte in der Galvanotechnik - Eine Auswertung der internationalen Fachliteratur 2008-2009

Jelinek T.W.

При цинковании в щелочных электролитах концентрация водорода в оцинкованных образцах примерно в 60 раз выше, чем при электролизе в аналогичном электролите без цинка [363]. Изменение свойств сплава вплоть до его разрушения объясняется диффузией мест дислокаций [93]. Существует взаимосвязь между свойствами покрытий и различными способами сварки [582]. „Гальваническое хонингование“ – осаждение покрытий при одновременном воздействии на катодную поверхность твёрдых тел (хонов) позволяет при высоких плотностях тока получать гладкие поверхности даже для толстых покрытий [10, 365]. Тончайшие, известные из природы, структуры получают микрогальваническими методами [642].

4.2. Хром

Гальваническое производство имеет многолетний опыт декоративного хромирования из растворов на основе трехвалентного хрома на хлорид-сульфатной основе: покрытие коррозионностойко, рассеивающая способность электролитов выше, чем электролитов на основе VI-валентного хрома, аналитический контроль проще [9]. Эти подтверждено серийным испытанием такого электролита на различных никелевых покрытиях [310]. Переход на электролиты с трехвалентным хромом рекомендуется начинать в ваннах с небольшим объемом [27].

Высокая коррозионная стойкость композиционного хромового покрытия, осажденного из традиционного электролита шестивалентного хрома с SiC- и WC-частицами объясняется харак-

тером осадка, имеющего только мелкие поры [224]. Различное коррозионное поведение декоративных микропористых хромовых покрытий и хромовых покрытий с микротрещинами объясняется различным механизмом роста осадка хрома на никеле [506]. Катодная защита никель-хромового покрытия при осаждении из электролита трехвалентного хрома значительно выше [569]. Для подавления образования аэрозолей при хромировании разработано новое нетоксичное поверхностно-активное вещество [594].

4.3. Медь и медные сплавы

Изучается электролитическое производство тонкодисперсного порошка, который улучшает характеристики трения в подшипниках скольжения, модифицирует свойства полимеров и находит применение в катализаторах [606]. Особенно интересно влияние массопереноса, биполярности электродов, расположения анодов и состава электролита на катодное осаждение и морфологию частиц [183].

Для сквозной металлизации печатных плат используется сернокислый электролит с повышенной кроющей способностью при 40°C и со специально разработанными добавками [464]. Термообработка чугуна с медным покрытием, приводит к изменению концентрации углерода и связанных с этим свойств поверхностного слоя [377].

При латунировании проволоки в кислых или пирофосфатных электролитах рекомендуется поочередная установка в электролизере растворимых и нерастворимых анодов [598].

4.4. Никель и никелевые сплавы

Твердые и износостойкие композиционные никелевые покрытия позволяют не только изменять свойства поверхности конструктив-

* Перевод обзора из немецкого журнала Galvanotechnik, 2010, 100. -№1, С. 28-50.

Продолжение. Началло в 4-м номере журнала за 2010 г., стр.11.

ных элементов, но и их регулировать в широком диапазоне. Так, частицы оксидов алюминия и титана в щелочных пирофосфатных электролитах включаются в покрытия в большем количестве, чем в сульфатных; перемешивание электролита и повышение плотности тока ведет к увеличению количества этих включений [12]. С помощью метода математической регрессии рассчитываются зависимости между твердостью покрытия и параметрами осаждения [15]. Особенно высокой жаростойкостью и устойчивостью к сжимающим нагрузкам обладают композиционные покрытия с гексагональным борнитридом [180]. Для получения высокой коррозионной стойкости и стойкости к окислению никелевых $-Al_2O_3$ -нанокomпозиционных покрытий выгодно вести осаждение при седиментации частиц под действием силы тяжести на горизонтально расположенную катодную поверхность [312, 364]. Такие свойства, как выход по току и рассеивающая способность, в значительной мере зависят от типа электролита. В новом разработанном лимоннокислом электролите выход по току достигает 95% и рассеивающая способность – 52% [8].

Добавка молочной кислоты к сульфатному электролиту никелирования повышает выход по току и покрытия имеют хороший внешний вид без блескообразующих добавок [14].

Аминокислотная кислота, добавляемая в качестве буфера, образует различные аминокomплексы [185]. В электролитах никелирования, содержащих борную кислоту и формальдегид, под воздействием пульсирующего тока осаждаются блестящие покрытия с низкими внутренними напряжениями [367]. Осаждение гальванических осадков NiP протекает при высоких скоростях с высокой равномерностью и высокой износостойкостью покрытий, характерными для химических покрытий [101, 313]. Для осаждения твердых Ni-Mo- и Ni-W-покрытий с высокой коррозионной и износостойкостью разработан лимоннокислый электролит, содержащий аммиак [227]. Для нанесения микрогальванопластических структурных покрытий на инструмент для горячей чеканки полимера применим сульфатный электролит [626].

4.5. Сплавы и другие металлы для покрытий

Осаждение сплавов является интересной возможностью придания новых функциональных свойств гальваническим покрытиям. Многие исследования, проведенные в этом направлении, имели своей целью выяснение взаимозависимостей при осаждении сплавов. Сплавы цинк-никель с высокой коррозионной стойкостью за счет образования γ -фазы в сплавах с 14% никеля, вытесняют более толстые цинковые покрытия и покрытия

других цинковых сплавов [597]. Данное обстоятельство привело к разработке большого количества различных электролитов, которые применяются в зависимости от покрываемого материала, назначения покрытий и рентабельности [548]. Это относится также к покрытиям Zn-Ni-сплавом, которые для предотвращения водородной хрупкости наносятся на высокопрочную сталь [505].

Сплавы цинк-олово обладают хорошей защитной способностью; разработаны щелочные нецианистые электролиты для осаждения сплава 80Sn / 20Zn [11]. Для сплавов с переменным содержанием цинка рекомендовано применение кислого электролита [13]. Сплав олово-цинк рекомендуется также в качестве замены кадмиевого покрытия. Изучали механизм осаждения сплава медь-олово из метансульфонового электролита с добавками поверхностно-активного вещества [368].

Кобальт-никелевые покрытия на стали находят различные применения благодаря их высокой коррозионной стойкости и другим физическим свойствам. В лимоннокислых ацетатных электролитах кобальт осаждается в первую очередь; осаждение протекает стабильно, если оба комплексобразователя одновременно находятся в растворе [54, 314].

Из электролита, содержащего сульфат кобальта и вольфрамат натрия при высоких плотностях тока осаждаются матовые кобальт-вольфрамовые покрытия, обладающие твердостью и износостойкостью сравнимыми с такими же свойствами твердых хромовых или TiN-покрытий, нанесенных из газовой фазы [223]. Альтернативой твердому хромовому покрытию являются наноструктурированные Co-P покрытия с содержанием фосфора от 2 до 11% [272, 462].

Свинцово-индиевые сплавы, обладающие повышенной износостойкостью при высоких давлениях, используются в подшипниках, к которым предъявляют особые требования. Один из электролитов для осаждения таких сплавов в магнитном поле с особенно высоким выходом по току содержит нитрат свинца, хлорид индия, хлорид аммония, трилон Б [221].

Никель-палладиевые сплавы наносятся как промежуточные покрытия на контакты как с тонким золотым слоем так и без него. При их осаждении стараются избежать применения хлоридных электролитов из-за агрессивности и аммиакатных – из-за запаха. В качестве решения этих проблем разработан электролит с уменьшенным содержанием аммиака [362, 465]. При осаждении драгоценных металлов важно максимальное сокращение их концентрации в растворе без ухудшения при этом свойств покрытий [311]. Наряду с заменой покрытий чистыми металлами их сплавами,

разрабатываются новые растворы для осаждения благородных металлов. Исследуется осаждение золота [55] на проводящий текстиль [547].

Мелкокристаллический осадок серебра получают в цианидных растворах под воздействием пульсирующего тока [184], аналогичные результаты получают в щелочных нецианистых растворах под действием постоянного тока [595]. В [632] описан метод защиты серебра от потемнения пленкой SiO_x, нанесенной PVD-способом.

Коррозионностойкий алюминий осаждается из апротонного раствора без выделения водорода и может быть использован для покрытий высокопрочной пружинной стали [100, 103]. Кобальтовые покрытия с гексагональной структурой, обладающие необходимыми магнитными свойствами, осаждают из электролитов на основе холинхлорида и мочевины [270].

С минимальным риском образования усов можно осаждают олово из нового электролита на основе метансульфоновой кислоты [552]. В работе [593] оптимизированы электролиты для покрытия ленты оловом. Механизм осаждения кадмиевого покрытия из апротонного раствора рассматривается в работе [549].

5. Химическое осаждение металлов

Основной темой публикаций по химическому никелированию являются опыты с новыми электролитами, не содержащими кадмий и свинец. На основании опроса расходы реагентов во время простоя, количество циклов корректировок и влияние рабочих параметров соответствуют ранее разработанным электролитам. Покрытие имеет более белесый оттенок вследствие того, что металл стабилизатора не включается в осадок [466]. Сравнительное исследование показало, что коррозионная стойкость таких покрытий выше, однако адгезия с медной поверхностью недостаточна, поэтому рекомендуется осаждение промежуточного гальванического медного подслоя [599]. Затраты на обслуживание установок, связанные с нестабильностью раствора химического никелирования, можно снизить добавкой в раствор незначительного количества другого металла, например меди [64]. Никелевое покрытие, содержащее от 0,5 до 2,0% меди, не отличается от покрытия без меди, однако после термообработки при 600°C, оно имеет более высокую износостойкость [512]. В статье [228] сообщается о многолетнем практическом опыте работы с раствором химического никелирования и в табличной форме представлены наиболее важные зависимости.

В качестве замены твердому хромированию направляющих в текстильных машинах подходят химические композиционные никелевые

покрытия с алмазными частицами, которые работоспособны до 400°C [186]. Сообщается о струйном способе, при котором распыляемые растворы, содержащие никель и восстановитель, реагируют на металлической или пластиковой поверхности [370].

6. Оборудование и запасные части

Интересными являются описания специальных решений, находящих применение в основном для необычных заданий: обработки больших объектов на малых производственных площадях, необходимость быстрой перестройки процессов или учет особо важных экологических проблем. Эффективно решается проблема новых требований к чистоте поверхности путем модернизации оборудования, например установки дополнительного блока ультразвуковой очистки или за счет увеличения сушильной камеры [177]. Недостаточная чистота промывных вод решается установкой электростатического фильтра с нанокерамическим фильтрующим элементом [441] или задержанием загрязнений в специальных шлангах с трикотажным плетением [213]. На травильной линии устанавливается устройство, подающее турбулентную струю жидкости непосредственно на обрабатываемую поверхность [500]. Для точного позиционирования деталей на установке существуют стандартизированные встроенные пневматические манипуляторы [208]. В зависимости от операции на установке непрерывного действия трубы можно объединять в пучки (связывать) или разъединять [234]. Такие операции, как, например удаление заусенцев, выполняются с помощью роботов [457].

Пример установки фосфатирования показал, что привлечение специализированных фирм для санации и ремонта оборудования обходится почти наполовину дешевле [560].

Работа гальванических линий управляется компьютером с учетом расположения, размеров и форм ванн, транспортировки деталей, температуры, подачи электроэнергии и других параметров [67, 521]. Компьютерная программа Timeline специально создана для обслуживания гальванических производств [461]. Для полов на гальванических предприятиях с их многочисленными химическими и механическими нагрузками разработаны специальные покрытия и способы их нанесения [563]. Пассивирование небольших оцинкованных деталей без повреждений и с экономичным расходом химикатов возможно во вращающемся барабане [622].

Относительно много публикаций посвящено установкам лакирования и связанными с ними проблемами. Во избежание или уменьшения проблем необходима совместная работа изготовителей

и заказчиков установок [98]. Крупногабаритные установки, например для сельскохозяйственных машин, в соответствии с имеющимся опытом, должны модернизироваться примерно через 20 лет [199, 253, 337, 643]. Примером распространенной сегодня модернизации является замена мокрого способа удаления брызг лака на сухой [213]. Проще осуществляется сегодня планирование и проектирование лакировальных установок, т.к. с помощью специальных компьютерных программ возможно моделирование их работы с учетом всех параметров [284, 339, 366, 561, 562, 565, 658]. В таких установках детали с помощью компьютерной программы устанавливаются роботами в положения, облегчающие лакирование [620, 652]. На современных установках по обработке поверхности используют компрессоры сжатого воздуха, не загрязненного маслом [26, 323, 324].

7. Обработка поверхности алюминия и магния

Авиационная промышленность занята поиском замены применяемой при анодировании токсичной хромовой кислоты. Переход Airbus на электролиты на основе винной и серной кислот потребовал модификации установки анодирования и дополнительной обработки сточных вод из-за комплексообразующих свойств винной кислоты [22]. Другой альтернативой хромовой кислоте является смесь серной и фосфорной кислот при тампонном анодировании [616]. В качестве замены хромированию разработан способ с применением раствора трехвалентного хрома, содержащий окислитель [617].

При анодировании в растворе серной кислоты скорость образования оксидного слоя практически удваивается при переходе от применения постоянного тока к пульсирующему [65]. Цветовые оттенки и полосы на деталях из анодированного алюминия могут быть в большинстве случаев объяснены предварительной и последующей обработкой этих изделий, а также самим процессом анодирования [23]. Охлаждение алюминия с различным временем выдержки делает возможным управлять ориентацией структуры [381]. Непрерывная фильтрация и проток раствора положительно влияют на равномерность анодирования [280].

Свойства анодных покрытий впитывать в поры цветные пигменты используются в новом способе трафаретной печати [322]. Как показывает пример никеля и фосфора, при искровом или дуговом окислении алюминия и титана компоненты водного раствора внедряются в осаждаемое покрытие и изменяют его свойства [281]. При уплотнении в горячей воде можно сэкономить до 30% энергии снижением рабочей температуры раство-

ра и введением специальных добавок, не содержащих тяжелых цветные металлы [558].

Различие в равномерности обработки алюминия в щелочных и кислых травильных растворах объясняется тем, что растворение металла в первом случае протекает химическим путем, а во втором - за счет образования локальных гальванопар [188, 279]. Результаты химического или электрохимического полирования зависят от материала основы и приведены в статье [114].

Адгезию лака, нанесенного порошковым методом, улучшают предварительным анодированием поверхности с последующей продолжительной промывкой в горячей воде [187, 189].

Для повышения коррозионной стойкости сплавы магния обрабатываются в растворе фторцирконовой или фтортитановой кислоты, затем в органическом силиконсодержащем растворе [276]. Адгезия гальванических цинковых покрытий или цинковых покрытий, нанесенных напылением, улучшается термообработкой [278]. Для повышения износостойкости на магний напыляется алюминий или алюминиевый сплав [150], или нанесится химический никель [453].

Слои оксида, образованные анодным окислением титана, обладают фотокаталитическими свойствами и под воздействием ультрафиолетовых лучей способствуют разложению атмосферных загрязнений, таких как оксиды азота, легколетучие растворители или диоксид серы [316]. В соответствии с исследованием [404] степень коррозионной стойкости зависит от параметров анодирования.

8. Различные виды обработки поверхности

8.1 Конверсионные покрытия

Повышение коррозионной стойкости цинкфосфатных покрытий происходит при измельчении структуры осадка в результате добавки в раствор оксида иттрия [16]. Термообработка покрытий на нержавеющей стали, содержащих оксид циркония или оксид иттрия, улучшает их термостойкость [60].

Во избежание эвтрофикации сточных вод фосфатами предложено наносить цирконийсодержащие покрытия, чьи свойства сравнивались со свойствами фосфатных покрытий в работе [56].

Марганец-фосфатные покрытия наносят на детали привода [371], а аналогичные толстые покрытия применяют в прессованных соединениях [230].

Разрабатывается раствор для нанесения аморфного фосфатного покрытия на магниевые сплавы [318]. Процесс плафоризации (Plaforisation) – это одновременное обезжиривание и фосфатирование в органическом растворе

[501]. Для пассивации в растворах, не содержащих хром, применяют керамическое силикатное покрытие [17]. В зеленых пассивационных плёнках, полученных из растворов трехвалентного хрома, часто аналитически обнаруживается наличие хрома (VI) 0,01 мкг толщины [57]. Черные хромитные плёнки на основе трехвалентного хрома образуются за счет комплексообразующих пигментов и комплексных солей металлов [273]. Коррозионная стойкость обеспечивается путем дополнительно нанесенного полимерного покрытия [623], а необходимая износостойкость – нанесением второго пассивирующего покрытия [514]. Вследствие самоорганизации монослоев изменяются свойства поверхности никелевого покрытия [205].

Для повышения коррозионной стойкости алюминия и алюминиевых сплавов с высоким содержанием меди и кремния разработано пассивирование в растворах трехвалентного хрома [231]. Подобные растворы используют для пассивирования поверхности как алюминия, так и стали [274], с этой же целью ведут обработки в молибдатных растворах [275]. Пассивирование в молибдатных растворах применимо для цинк-никелевых покрытий [372]. Осаждение проводящего полимера на змеевиках исследуется в качестве замены хроматирования в растворах шестивалентного хрома [386].

8.2 Нанесение покрытий в расплавах, напыление металлов, диффузионные покрытия

Возникающие напряжения в покрытиях при цинковании в расплаве можно уменьшить соблюдением определенных конструкционных правил [116, 190, 374], при этом коррозионная стойкость покрытий зависит, кроме всего прочего, от скорости охлаждения [153]. Сварные гнутые трубы изготавливают из оцинкованной ленты с последующей оцинковкой мест сварки [380]. Цинк-магниевого покрытия уже при половинной толщине часто обладают желаемой коррозионной стойкостью [609]. Изменением конструкций добиваются снижения трещинообразования в результате неравномерного нагрева [116].

Примерно 30% потребности цинкования в расплаве покрывают сегодня за счет вторичного сырья [19]. Тонкостенные строительные детали производят в процессе Thixoforming – промежуточный способ между литьем и ковкой [70].

Термическое напыление в процессе своего развития привело к различным видам обработки поверхности [126, 129, 130, 373, 468]. Так, например, износостойкость и коррозионная стойкость алюминия значительно повышаются после напыления покрытия на основе никеля, бора, хрома, кремния с частичками карбида бора или кремния [127]. Па-

раметры напыления оксида алюминия оптимизируются в соответствии с необходимыми свойствами покрытия [196].

Разработка процессов напыления покрытия оксидом алюминия с заранее заданным относительным удлинением при разрыве приводит к отложению углеродных нанотрубок [289]. Холодное газовое напыление, при котором частицы под высоким давлением распыляются по поверхности, связано с ее незначительным нагревом [59, 319, 556].

Прежде всего, для небольших производств разрабатываются термообработка в „кипящем слое“ и соответствующее обслуживание [375, 376]; даются примеры применения газового азотирования на подобных производствах [391].

Диффузионное хромирование применяют для повышения поверхностной твердости [399], коррозионной стойкости и трибологических свойств [388]. На чувствительные к повышенной температуре основы наносятся диффузионные покрытия цинком, медью, титаном или алюминием методом вихревого напыления [553]. Диффузионный слой Ni-Al-Cr на гальваническом никелевом покрытии, образующийся в результате термообработки в хром-алюминиевом порошке, обладает интересными свойствами [400, 408, 628].

Исследуются процессы электрохимической обработки твердых материалов и деталей со сложной геометрией [286]. Механическое цинкование во вращающемся барабане деталей, чувствительных к водородному охрупчиванию, при котором цинковый порошок практически расплюсчен, опять актуально [610].

9. Обеспечение требуемого качества

Несмотря на то, что мероприятия по обеспечению требуемого качества являются сегодня составной частью каждого производства и повсеместно внедряются методы контроля качества, анализа дефектов и их причин [490], по-прежнему возникают новые проблемы, которые исследуются и являются предметом публикаций. Эти проблемы охватывают способы анализов, измерительную технику, методы контроля и т.д. В предлагаемом обзоре рассматриваются публикации из области органических покрытий, которые часто имеют не только схожий с гальваническими покрытиями характер, но и совместно реализуются [298].

При контроле гальванических ванн особенно важным является значение pH [355]; для его определения должен быть выбран оптимальный метод [344]. В наноаналитике существует новый способ определения объема маленьких капель, основанный на обработке изображений [435]. Для решения специфических проблем существуют специально оборудованные процесс-хроматогра-

фы, позволяющие проводить аналитические определения на месте [434]. Требуемая точность определения хлоридов в сернокислых электролитах меднения возможна с помощью селективного хлоридного электрода [494]. Описаны способы определения железа в никелевых электролитах [496]; анализ с дифенилкарбазидом достаточно убедителен для установления отсутствия шестивалентного хрома в растворе пассивирования на основе трехвалентного хрома [510]. Контроль гальванических растворов осуществляется, как и прежде, с помощью ячейки Хулла [677, 679]. Присутствие остаточных солей на поверхности после промывки определяется по изменению электропроводности приклеенного к ней пластыря бресле [671], свинцовые загрязнения должны перед их определением экстрагироваться [350]. Для проверки адгезии покрытия сохраняется испытание на отрыв [38]. Необходимое для сцепления поверхностное натяжение измеряется с помощью испытательной жидкости [257, 493], поры – электрохимическим методом [297], электропроводность – с помощью резонатора [348]. Влияние обработки на развитие водородной хрупкости определяется исследованием колец жесткости [430].

Для измерения толщины и равномерности покрытия, определения функциональных свойств, максимальной нагрузки на поверхность, долговечности и других важных свойств покрытий применяют все новые улучшенные методы [301, 433, 523, 675, 678]. Известные и новые способы приспособливают для конкретного применения в соответствии с требованиями [345–347, 351]. Так, система датчиков, устойчивая при высоких термических нагрузках, позволяет проводить измерения вихревыми токами в режиме онлайн при напылении плазмой керамических покрытий [160, 346]. Точки измерения на больших лакированных поверхностях сохраняются в электронной форме [165] или воспроизводятся с помощью роботов [207].

Методы оценки цветовых оттенков глазом [166, 255, 674] или путем измерений [209, 256, 573, 655, 672, 681] всегда являются спорными. Отсутствие жира на поверхности характеризуется наличием остаточного углерода [241], чистота – микроскопическим методом [258, 682] или по контролируемому весу [299, 396]. Распределение медного покрытия на токоведущей дорожке анализируется сравнительной симуляцией [74, 591].

Многие статьи посвящены аналитике и измерениям в нанобласти, т.к. особые аналитические знания для многих, протекающих там процессов, таких, как например, трение и истирание, имеют особенное значение [436, 157, 437, 574, 676]. Погодная устойчивость исследуется путем задания определенных параметров [300], а коррозион-

ную стойкость определяют при ускоренных электрохимических испытаниях [575].

В обеспечении качества важной темой является нормирование [38, 161, 492, 691], соответствие требованиям REACH [211, 535], пригодность испытательной техники [518], ISO-Сертификация [493], факторная диаграмма [210] с так называемыми Тест-Менеджер-Системами [634] и мероприятиями [673].

10. Охрана окружающей среды, сточные воды, переработка отходов

Благодаря интенсивным мероприятиям прошедших лет сегодня большинство гальванических производств работают в рамках законодательных норм экологически чистых производств [352, 442, 592].

Организация бессточных или производств с малым количеством сточных вод основана на повышении эффективности их обработки и более высокой степени оборота сточных вод или потребляемых материалов.

Создание бессточного производства возможно, например, при внедрении таких автоматически функционирующих систем, как ионнообменные, выпарные и обратного осмоса [158] или, например, за счет применения вакуум-выпарной техники [39, 260, 685, 689]. Снижение потребления воды в процессах предварительной обработки возможно 12-ю различными путями [264, 498, 588] или использованием так называемого «зеленого метода», предложенного специализированными фирмами [687]. При изменении подвески деталей в щелочных растворах достигается не только экономия промывной воды, но и уменьшение карбонизации раствора [499].

Ультрафильтрационная обработка масляных сточных вод эффективнее очистки во вращающемся фильтре с „бесконечными лентами“ [41, 683]. При электролизе воды с низкой электропроводностью выгодно использовать электроды с алмазным покрытием [125]. Соответствующая оптимизация электролиза позволяет получить воду высокой чистоты из промывных вод, содержащих тяжелые металлы [159], дешевыми являются способы очистки сточных вод осаждением тяжелых цветных металлов с целлюлозой [212] или электрокоагуляцией [353, 445, 533]. При подготовке эмульсий экономична вакуумная дистилляция [304]. Примером переработки и повторного использования является получение электролизом хромовой кислоты из растворов хроматирования и промывных вод процесса хромирования [42, 89, 164].

Никель извлекается из отработанного раствора химического никелирования методом

мембранного электролиза [302], углеродные волоконистые электроды используют при электролитической переработке промывных вод, содержащих медь [303]. Серную кислоту из растворов снятия цинкового покрытия с цилиндров извлекают способом, состоящим из микрофильтрации, ретардации и мембранного электролиза [444]. Медь извлекают из растворов травления печатных плат мембранным электролизом [526].

Низкоконцентрированные сточные воды, из которых летучие органические вещества удаляются только с помощью дополнительного нагрева, выгоднее обрабатывать предварительным пропусканием через активированный уголь [439, 640, 686]. Экономия средств на нейтрализацию CO_2 достигается регулируемой подачей воздуха [443].

О том, как выглядят за границей экологически чистые гальванические производства и экологическое законодательство говорится в статье, состоящей из трех частей, об 20.000 гальванических производств с 500.000 работников в Китае [579, 580, 690] и одна статья о внедрении проекта 4PS (Produktion plus propre et plus sure) во Франции [688].

В воздухоочистке важен правильный выбор фильтра [566]. Нужно только следить за тем, чтобы не образовывались взрывоопасные смеси [684].

11. Коррозия и защита от коррозии

Экономические потери, причиной которых является коррозия, постоянно инициируют исследование механизмов коррозии и мероприятий по защите от нее. Так, с помощью электрода Кельвина изучают изменение потенциала поверхности [80], возможности получения пассивной поверхности на границе сталь / органическое покрытие [571, 624] и исследуют влияние климатических факторов [680]. Образование растворимых иодидов является причиной повышенной коррозии в йодсодержащей воде [154]. Увеличение содержания твердых частиц в окружающем воздухе, например на скоростных автомагистралях, ведет к ускорению коррозионных процессов [171]. Изменение состояния атмосферных коррозионных факторов под воздействием природных феноменов, таких, как например, извержение вулкана и повышенная концентрация CO_2 , требует новых защитных мероприятий для летательных аппаратов [66]. Многие, в настоящее время изученные физические и механические факторы, оказывают влияние на процессы уплотнения швов в кузовах автомобилей [423]. Продукты сгорания являются инициаторами коррозии в топливных элементах [474]. В строительных конструкциях зданий контактные места более всего подвержены коррозии [476].

Сравнение коррозионной стойкости различных цинковых покрытий показывает преимущество огневого цинкования и двойных покрытий [406, 475]. Титановые сплавы в протезах защищают азотированием и оксидированием [497], прозрачные лаки – пигментированием наночастицами цинка [427].

Электронные приборы защищают от коррозии ингибированием [79], детали в упаковке – летучими ингибиторами коррозии [156, 326]. Места сварки нержавеющей стали одновременно пассивируют при анодном травлении [283]. Там, где нужно предотвратить образование водорода, применяются протекторные аноды, включающиеся как катоды [572].

Электролитические покрытия медью, серебром или золотом препятствуют наводороживанию емкостей из обычных сталей [166], точно также, как покрытия оксидом циркония [429]. Особенно плотно напыленное покрытие из WC/Co/Cr защищает сталь от коррозии и одновременно от истирания [151, 152]. Газовое азотирование стальных строительных деталей делает последние устойчивыми к коррозии [402]. С недавних пор оцинкованные пластины защищают двумя слоями различных силиконовых покрытий, которые вдобавок осуществляют электрохимическую защиту [600]. Магний защищают плазменным покрытием диоксида кремния, нанесенным при атмосферном давлении [625].

При испытании в атмосфере солевого тумана бесцветных пассивированных цинковых покрытий местами образуются черные пятна или белые налеты, которые объясняются различными коррозионными механизмами [155]. Определение ионной проницаемости путем измерения тока коррозии в солевом растворе должно быть более информативно, чем испытание в атмосфере солевого тумана [349]. Лабораторное коррозионное испытание при изменении состояния газовой среды дает результаты, соответствующие практике в автомобильной промышленности [578] и заменяет испытание в атмосфере солевого тумана.

Литература

- [1] Lanin, V; Tomalj, V: Galvanotechnik 99 (2008) 9, S. 2159- 2169
- [2] Lionkamp. P: besser lackieren 10(2008) 12, S. 12
- [3] Curcic, M.: JOT 48 (2008) 7, S. 40-41
- [4] Luamo-Morales, A. et al.: Metal Finishing 106 (2008) 3, S. 27-31
- [5] Harrison, J. et al.: Farbe und Lack 114 (2008) 8. S. 22-24

- [6] Zeiff, A. et al.: Metalloberflache 62 (2008) 7/8, S. 32-33
- [7] Anon.: JOT 48 (2008) 8, S. 48-49
- [8] Marikannu, K. R. et al.: Trans. IMF 86 (2008) 3, S. 172-178
- [9] Achario. M.: Metal Finishing 106 (2008) 6. S. 66-68
- [10] Kim.V. et al.:galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 15(2007)2, S. 23-23
- [11] Dubent, S. et al.: gaivano organo 200S, Nr. 778, S. 54-47
- [12] Thiemig, D. et al.: Galvanotechnik 94 (2008) 10, S. 2397-2410
- [13] Pereygin, Ju. L. et al.: gaivanorechnika i obrabotka poverchnosti 15(2007)2, S. 12-13
- [14] Pereygin, Ju. L. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 15(2007)2, S. 14-16
- [15] Ramathan. K. et al.: Indian Surface Finishing 4 (2007) 3/4. S. 258-264
- [16] Zhang. S.-l. et al.: Trans. IMF 86 (2008) 3, S. 167-168
- [17] Winn, D. et al.: Metal Finishing 106 (2008) 6, S. 70-74
- [18] Bombach, H. et at.: Metall 62 (2008) 5, S. 286-284
- [19] Anon.: Metall 62 (2008) 5, S. 270-271
- [20] Benfer, S. et al.: email 56 (2008) 2, S. 18-26
- [21] Vofl, E. et al.: email 56(2008) 2, S. 37-38
- [22] Anon.: Metalloberflache 62 (2008) 5, S. 20-22
- [23] Funk, S. et al.: Metall 62 (2008) 5, S. 292-294
- [24] Golek. M.: Farbe und Lack 114 (2008) 5, S. 60-61
- [25] Destefani. J.: Products Finishing 72 (2008) 7. S. 38-42
- [26] Stipp, R.: Scipe(2008) 7, S. 10-14
- [27] Anon.: Metal Finishing 106 (2008)4, S. 62-65
- [28] Wilson, S. et al.: Galvanotechnik 99 (2008) 10. S. 2578-2584
- [29] D/ur, B. et al.: Galvanotechnik 99 (2008) 9, S. 2272-2275
- [30] Tilipalov, V N, et al.: Inzynieria Powierzchni 2007,4, S. 42-44
- [31] Anon.: Oberflachen Polysurfaces49(2008) 2, S. 6-8
- [32] Anon.: Oberflachen Poly surfaces 49 (2008) 2, S. 20-22
- [33] Kotnarowska, D. et al.: Inzynieria Powierzchni 2007, 4, S. 36-40
- [34] Pieischmann. J.: Ualvanotechnik 99 (2008) 10, S. 2558-2568
- [35] BoBsdorf-Zimmer, B.; besser lackieren 10 (2008) 8, S. 16
- [36] Lena, P.: gaivano organo 2008, Nr. 774, S. 48-50
- [37] Bordzilowski, P.: ochrona przed korozja (2007) 3, S. 93-95
- [38] Baumann.M. et al.: Farbe und Lack 114(2008) 5, S. 33-37
- [39] Isenburgh,T. H.: Gaivanotekhnika 99 (2008)9, S. 2305-2309
- [40] Mais, E.-R.: Galvanotechnik 99 (2008) 9, S. 2297-2302
- [41] Jordan, T.: Metal Finishing 106 (2008)4, S. 66-68
- [42] Kruglikov, S.S. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 15 (2007)1, S. 34-38
- [43] K.arwala, K.: Inzynieria Powierzchni 2007, 4, S. 57-61
- [44] Siepracka, B. et al.: Inzynieria Powier/chni 2007, S. 51 -56
- [45] Quitmeyer, J.: Metal Finishing 106 (2008) 7, S. 33-38
- [46] Kanegsberg. B. et al.: Metal Finishing 106(2008) 7, S. 39-4
- [47] Maucrmann, M. et al.: JOT 48 (2008) 9, S. 70-74
- [48] Plate, E.: besser lackieren 10 (2008) 14, S. 4
- [49] Nebiolo, W.: Products Finishing 72 (2008) 9. S. 26-29
- [50] Anon.: JOT 48 (2008) 9, S. 62-65
- [51] Hamm, C D.: Galvanotechnik 99(2008) 10, S. 2412- 2418
- [52] Bucher, V et al.: Galvanotechnik 99 (2008) 10, S. 2566-2570
- [53] Pohl, A.: JOT 48 (2008) 8. S. 42-43
- [54] Rashwan, S. M. et al.: Metall 62 (2008) 7/8, S. 461-466
- [55] Rodriguez. B. B. el al.: J. for Electrochem. Plating Technology 1 (2008)1, S. 47-55
- [56] Moore, R. et al.: Metal Finishing 106 (2008) 7, S. 46-55
- [57] Funk, S.: besser lackieren 10 (2008) 14. S. 12
- [58] Mayer, L.: email 56 (2008) 3, S. 42-49
- [59] Berck, H. et al.: PLUS 10 (2008) 10, S. 2206-2210
- [60] Akthar. J. et al.: Trans. IMF 86 (2008) 3, S. 162-166
- [61] Quilitz, M. et at.: JOT 48 (2008) 7, S. 8-10
- [62] Janscn, J.: JOT 48 (2008) 8, S. 38-39
- [63] Frisch, R.: JOT 48 (2008) 7, S. 12-14
- [64] Morgunov, A. V et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 15 (2007) 3,S. 30-34
- [65] Juhl, J. D. et al.: Products Finishing 11 (2008) 6, S. 34-37
- [66] Altizer, E.: Products Finishing 72 (2008) 6, S. 28-33
- [67] Breidenbach, G.: I PC world 5 (2009) 3, S. 18-20
- [68] Wickstmern, R.: SMM 109 (2008) 14/15, S. 24

- [69] Sebastian, K.-H. et al.: PLUS 10(2008) 7, S. 1515-1520
- [70] Anon.: Bander Bleche Rohre 49 (2008) 7/8. S. 56-57
- [71] Neubert, T, et al.: JOT 48 (2008) 9, S. 48-50
- [72] Budinovskij. S. A. et al.: metalovedenie i termitscheskaja obrabotka metallov 53 (2008) 6, S. 31-36
- [73] Techel. A.etal.: Metalloberflache 62 (2008) 9, S. 30 32
- [74] Korsch. S. et al.: Galvanotechnik 99 (2008) 10. S. 2386-2395
- [75] Pape, U. et al.: PLUS 10 (2008) 7, S. 1480-1491
- [76] Dalin.J.: PLUS 10(2008)7, S. 1492-1500
- [77] Sweatman, K.et al.: PLUS 10(2008)7, S. 1501-1512
- [78] Werner, C: SMM 109(2008) 13, S. 110-111
- [79] Quitmayer, J.: Metal Finishing 106 (2008) 3, S. 33-39
- [80] Anon.:Metalloberflache 62(2008)5, S. 40 42
- [81] Hagood, D. et al.: Metal Finishing 106 (2008)4, S. 71-74
- [82] Seiche, J.: Metalloberflache 62 (2008) 5, S. 30
- [83] Ondratschek, D.: besser lackieren 10 (2008) 8, S. 8
- [84] Anon.: besser lackieren 10 (2008) 8, S. 9
- [85] Anon.: besser lackieren 10 (2008) 8, S. 10
- [86] Mahn, M. et al.: Farbe und Lack 114 (2008) 5. S. 20-24
- [87] Somborn, R.: Farbe und Lack 114 (2008) 5, S. 4748
- [88] Matthcy, T.: Metal Finishing 106 (2008) 6, S. 79-83
- [89] Yurchuk. T. et al.: Galvanotechnik 99 (2008) 10, S. 2587 2596
- [90] Cornu, O.:OberflaehenPolysurfaees 49 (2008) 3,S. 14-15
- [91] Fedler. M.: Metal loberflache 62 (2008) 5, S. 44-45
- [92] Seller, M.: GIT Labor 52 (2008) 8, S. 690
- [93] Legros, M. et al.: galvan organo 2008, Nr. 774, S. 44
- [94] Anon.: besser lackieren 10 (2008) 4, S. 5
- [95] Mack, K.:Metalloherflache 62(2008)9, S. 18-21
- [96] Bilz, M. et al.: JOT 48 (2008) 10, S. 48-50
- [97] Kuppinger, P.: JOT 48 (2008) 10, S. 96
- [98]Skupin, D.etal.: besser lackieren 10(2008)5, S. 10
- [99] MacKenzie, U, S, et al.: Heat Treating Progress 7 (2007) 6, S.30 35
- [100] Reinhold, B. et al.: Galvanotechnik 99 (2008) M.S. 2676-2684
- [101] Kurtz, O. et al.: Galvanotechnik 99 (2008) 11, S. 2694-2702
- [102] Beloglasov. S. M.: metalovedenie i termitscheskaja obrabotka metallov 53 (2008) 6, S. 15-20
- [103] Anon.: Drain (2008) 6, S. 24-25
- [104] Jimenez. A. et al.: J. for Electrochem. Plating Technology 1 (2008) 1, S. 39-46
- [105] Elistratova, K. N. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 15(2007) 1,S. 3946
- [106] Tschertov, W. M.: Metalovedenie i termitscheskaja obrabotka metallov 53 (2008) 6, S. 20-23
- [107] Jelinek, T. W.: galvanotekhnika i obrabotkapoverchnosti 15(2007) 3.S. 12-18
- [108] Standke, B.: Metal Finishing 106(2008) 6, S. 75-78
- [109] Fernandez, F. A. P et al.: Heat Treating Progress 7 (2007) 4, S. 4143
- [110] Hrabovska, K. et al.: email 56 (2008) 4. S. 59-61
- [111] Voss. E.: email 56 (2008)4, S. 62-65
- [112] Anon.: Metalloberflachc 62 (2008) 7/8. S. 16-17
- [113] Sachs, G.: technik report (2008) 7/8, S. 30-31
- [114] Anon.: aluminium 84 (2008) 7/8, S. 57-69
- [115] Anon.: SMM 109 (2008)7/8, S. 80-87
- [116] Katzung, W.:Metallbau 2008, 7/8, S. 10-14
- [117] Lichtscheidt, W.: Draht (2008) 4, S. 14-16
- [118] Aufdem Brine.T. et al.: Draht(2008)4, S. 24-26
- [119] Svwjda,R: JOT 48 (2008) 9,5.20-24 Eugen G. Leuze Verlag
- [120] Nobili, L. et al.: galvanotecnica e nuova finiturs AIFM 18/59(2008) 3.S. 152-154
- [121] Sehcfels. G.: JOT 48 (2008) 9, S. 38-41
- [122] Anon.: Metal loberflache 62 (2008) 9. S. 36-37
- [123] Borcea. N.: Metal Finishing 106 (2008)9, S. 28-31
- [124] Korner, T.: JOT 48 (2008) 9, S. 52-55
- [125] Kraft, A.: Galvanotechnik 99 (2008) 11, S. 2808-2818
- [126] Milewski.W.etal.:Inzynieria Powierzchni 2008, I,S. 3-8
- [127] Podhmurskij, V et al.: Inzynieria Powierzchni 2008, I. S. 9-13
- [128] Kohlhoff, J. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2008) 4, S. 3
- [129] Baraniak, A. et al.: Inzynieria Powier/chni 2008, I.S. 14-20
- [130] Bordzilowski, J. et al.: Inzynieria Powierzchni 2008, I.S. 27-34

- [131] Dowling, D.: Trans. IMF 86 (2008)3, S. 136-140
- [132] Friedrichkeit, H.-J.: PLUS 10(2008) 9, S. 1861-1864
- [133] Kaschel, D.: PLUS 10 (2008) 10, S. 2111-2114
- [134] Hlawiczka, S. et al.: ochrona przed korozja 51 (2008) 7 S. 223-224
- [135] Kuczynska, H. et al.: ochrona przed korozja 51 (2008) 7 S. 253-258
- [136] Herrmann, T.: besser lackieren 10(2008) 12, S. II
- [137] Kreels, M. A.; Products Finishing 72 (2008) 8, S. 22-27
- [138] Paul, P.: Products Finishing 72 (2008) 8, S. 28-33
- [139] Delabre, B.: galvano organo 2008, Nr. 776, S. 30-32
- [140] Me. C: Farbe und Lack 114 (2008) 7, S. 20-22
- [141] Somborn, R.: Farbe und Lack 114(2008) 7, S. 46-48
- [142] Ondratscheck, D.: besser lackieren 10(2008) 12, S. 8
- [143] Schmidt, H.: JOT 48 (2008) 7, S. 18-21
- [144] Anon.: JOT 48 (2008) 7, S. 22-23
- [145] Anon.: JOT 48 (2008) l.S. 24-26
- [146] Spindel, T.: JOT 48 (2008) 7. S. 30-32
- [147] Fnschmann, L.: Farbe und Lack 114(2008) 8, S. 30-33
- [148] Somborn, R.: Farbe und Lack 114 (2008) 8, S. 4244
- [149] Remmers, O.: besser lackieren 10 (2008) 13, S. 2
- [150] Pokhmurski, V. et al.: Inzynieria Powierzchni 2008, 1, S. 22-26
- [151] Wielage, B. et al.: Inzynieria Powierzchni 2008, l.S. 3540
- [152] Zorawski, W.: Inzynieria Powierzchni 2008, l.S. 4147
- [153] Woznica, H. et al.: ochrona przed korozja 51 (2008) 7, S. 265-268
- [154] Shanti, S. et al.: J. Electrochem. Soc. India 56 (2008) 1/2, S. 48-51
- [155] Merlens, M.: AIFM Galvanoteenica e nuove finiture 18/59 (2008)3, S. 140-145
- [156] McConnell, R.: Metal Finishing 106(2008)9, S. 21-27
- [157] Stegemann, B.: Galvanotechnik 99 (2008) U.S. 2706-2713
- [158] Groli, B.: Galvanotechnik 99 (2008) 11, S. 2835-2839
- [159] Saskina, S. V et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 15(2007)2, S. 27-33
- [160] Schoer, C et al.: SchweiBen und Schneiden 60(2008) 6, S. 331-336
- [161] Anon.: galvano organo 2008, Nr. 776, S. 37
- [162] Kanegsberg, B.: Products Finishing 72 (2008) 6, S. 4044
- [163] Barjot, J.: galvano organo 2008, Nr. 776, S. 3840
- [164] Turajev, D.-Ju.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 15(2007) 2. S. 34-37
- [165] Niederkinkhaus, T.: JOT 48 (2008) 7, S. 4849
- [166] Goergen, S.: JOT 48 (2008) 7, S. 52-53
- [167] Destefani, J.: Products Finishing 72 (2008) 6, S. 46-52
- [168] Poliskie, M. et al.: Metal Finishing 106 (2008)13, S. 4649
- [169] Fleck, C: Galvanolechnik 99 (2008) U.S. 2685-2693
- [170] Petrie, M.: Metal Finishing 106(2008) 3, S. 4045
- [171] Kobus, J.: ochrona przed korozja 51 (2008)7, S. 269-274
- [172] Vollrath, K.: SMM 109 (2008) 13. S. 92-95
- [173] Stoll, H.-J.: JOT 48 (2008) 10, S. 98-99
- [174] Anon.: Metalloberflache 62 (2008) 10, S. 18-20
- [175] Schulz, D.: Metalloberflache 62 (2008) 11, S. 4244
- [176] Knopp, R. et al.: Metalloberflache 62 (2008) 9, S. 28-29
- [177] Schulz, D.: JOT 48(2008) 10. S. 38-40
- [178] Anon.: Metalloberflache 62(2008) 10. S. 22-23
- [179] Manger, O.: Oberflachen Polysurfaees 49(2008) 8. S. 8-10
- [180] Harlung, R. et al.: Galvanotechnik 99 (2008) 12, S. 2931-2934
- [181] Fath, A.: Galvanotechnik 99 (2008) 12. S. 2914-2923
- [182] Dulal, S.M.I, et al.: Trans. IMF 86 (2008) 5, S. 260-266
- [183] Bozzini, B. et al.: Trans. IMF 86(2008) 5, S. 267-274
- [184] Farr, J. F. G.: Trans. IMF 86 (2008) 5. S. 275-279
- [185] Solzaja, N. W. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metalov 44 (2008) 5, S. 514-521
- [186] Rumpft, Th. et al.: Galvanotechnik 99 (2008) 12, S. 2426-2930
- [187] Pielschmann, J.: Galvanotechnik 99 {2008) 12. S. 3062-3064
- [188] Chandler, W.: Metal Finishing 106(2008) 9. S. 15-18
- [189] Schulz, D.: Metallnberflache 62 (2008) U.S. 342-33
- [190] Katzung, W.: metallbau 2008. 9. S. 10-15

- [191] Hessenkemper. H. et al.: email 56 (2008) 5, S. 74-78
- [192] Preuss. L.: email 56(2008) 5. S. 81-83
- [193] Zimmer. M.-M.: Galvanotechnik 99 (2008) 12, S. 2924-2925
- [194] Mache, Th.; Gaivanotechnik 99 (2008) 12. S. 3084-3088
- [195] Lachotkin, Ju. W.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 44 (2008) 4. S. 343-358
- [196] Jordanova. I. et al.: J. for Electrocliem and Plating Technology (I/2008) I. S. 25-38
- [197] Guerguicv. B. et al.: Galvanotechnik 99 (2008) 12. S. 3070 3076
- [198] Lie. M. C. S.: besser laekieren 10(2008) 13. S. 4-5
- [199] Ondratschek, D.: besser lackieren 10(2008) 13. S. 8
- [200] Habiscruting. J.: JOT 48 (2008) 8. S. 20-24
- [201] Topp, M.; JOT 48(2008)8, S.26 28
- [202] Anon.: IOT 48 (2008) 8, S. 32-33
- [203] Kcsowki. J. et al.: JOT 48 (2008) 8. S. 44-46
- [204] Buechter. E.: JOT 48 (2008) 8. S. 52-53
- [205] Galleani, S. et al.: A1FM Galvanoteenia e nuove finiture 18/59(2008) 3. S.146-150
- [206] Witzgall. P. et al.: JOT 48 (2008) 8. S. 30 31
- [207] Voigtlander. R.: Metalloberflaeche 62 (2008) 7/8. S. 22
- [208] Anon.: SMM 109(2008) 18. S. 28-29
- [209] Beer, D.: PLUS 10(2008) 9. S. 1926-1928
- [210] Denhel. D. et al.: Metal Finishing 106 (2008) 7, S. 56-62
- [211] Groger. Ch.: Metall 62 (2008) 7/8, S. 450-451
- [212] Bagrovskaja. N. A. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 44 (2008) 4, S. 423-426
- [213] Anon.: Metalloberflaeche 62 (2008) 7/8. S. 20-21
- [214] Andrcer, G.: JOT 48 (2008) 8. S. 40-41
- [215] Paul. S.: Heat Treating Progress 7 (2007) 4. S. 31-35
- [216] Habashi. F.: Metall 62 (2008) 7<'8, S. 454-456
- [217] Grille U.: Erzmetall World of Metallurgy 61/2008) 3. S. 162 169
- [218] Scheibe. A. et al.: JOT 48 (2008) 11, S. 68-70
- [219] Riikicki, R. et al.: Trans. IMF 86 (2008) 5, S. 1280-285
- [220] Gaul. M.: email 56 (2008) 5, S. 80-81
- [221] Powetkin, W.-W. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 44 (2008) 5, S. 522-524
- [222] Valiuliene, D. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 44(2008)6. S. 326-333
- [223] Tsynatsaru. N. et al.: Trans. IMF 86 (2008) 6. S. 301-307
- [224] Surviliene. S. et al.: Trans. IMF 86 (2008) 6, S. 308-314
- [225] Bercot, P.: Trans. IMF 86 (2008) 6, S. 337-341
- [226] Jelinek. T. W.: galvanotechnika I obrabotka poverchnosti 16(2009)4, S. 12-16
- [227] Pawlowa, N. W. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 16(2008) 4, S. 22 29
- [228] Durkin, B.: Products Finishing 72 (2008) 2, S. 130-39
- [229] Salachowa, L. L. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 16(2008)4, S. 36-40
- [230] Steinhauser, S. et al.: J. Electrochem. and Plating Technology I(2008) I.S. 5 24
- [231] Lanzer, S. et al.; JOT 48 (2008) 10. S. 84-97
- [232] Bach, F.-W. et al.: Werkstoffe in der Fertigung 2008, 4, S. 33-35
- [233] Klcin, W.: JOT 48(2008)10, S.88-94
- [234] Anon.; Metalloberflaeche 62 (2008) 10, S. 24-25
- [235] Anon.; aluminium 84 (2008) 9, S. 110-114
- [236] Schultz. C.: Metal Finishing 106(2008) 9. S. 19-22
- [237] Destefani. J.: Products Finishing 72 (2008) 10. S. 30-35
- [238] Ondratschek, D.: besser lackieren 10 (2008) 17. S. 8
- [239] Simon. J.: JOT 48 (2008) 10, S. 180-83
- [240] Hessner. S.: Metalloberflaeche 62 (2008) 10. S. 26-28
- [241] Schutz, A. et al.: Metalloberflaeche 62(2008) 10, S. 29-31
- [242] Drummer, B. et al.: Metalloberflaeche 62 (2008) 10. S. 33
- [243] Fleck. O. et al.: Farbe und Lack 114(2008) 10, S. 24-27
- [244] Bieniak. D.: galvanoorgano 2008. Nr. 778. S. 65 67
- [245] Degener, W. G.: JOT 48 (2008) 9. S. 26-27
- [246] Burger, P.: JOT 48 (2008) 9, S. 29-30
- [247] Anon.: JOT 48 (2008) 9. S. 42-46
- [248] Bauer, H.: besser lackieren 10(2008) 14. S. 16
- [249] Weikard J. et al.: Farbe und Lack 114(2008)9, S.22-27
- [250] Albrecht. A. et al.: Farbe und Lack 114 (2008) 9. S. 52-56
- [251] Anon.: Metalloberflaeche 62 (2008) 9, S. 40 41
- [252] Love. J.: Products Finishing 72 (2008) 11. S. 22 25
- [253] Ondratschek. D.: besser lackieren 10(2008) 15. S. 8

- [254] Jaussmann, J.: besser lackieren 10 {2008} 15. S. 11
- [255] Goergen, S.: Metalloberflaeche 62 (2008) 9. S. 34-35
- [256] Jahne, B.: Inspect 9(2008) 4, S. 18-21
- [257] Ondratschek, D.: besser lackieren 10(2008) 16. S. 8
- [258] Bubitz, J. a al.: Meiallobernachc 62 (2008) U.S. 26-28
- [259] Klein, W.: hesser lackieren 10 (2008) 14. S. 11
- [260] benburg. T.: JOT 48 (2008) 10, S. 62-66
- [261] Cornu. O.: SMM 109(2008) 13, S 82-83
- [262] Wei B. H. istahluntleisen 128(2008) 10, S. 84-86
- [263] Gruene. M: Werkstoffe in der Fertigung 2008, 5, S. 3
- [264] Wendler. 13. et al.: Galvanotechnik 100(2009) 2. S. 284-297
- [265] Nenczewski. H.: Trans. IMF 86 {2008} 6. S. 332-336
- [266] Erras. K.-IL: besser lackieren 11 (2009) I.S. 3.
- [267] Plieth, W.: Galvanotechnik 100 (2009) 3. S. 516-522
- [268] Kayser. M.: Galvanotechnik 100(2009) I.S. 63-66
- [269] Jelinek. T. W.: Galvanotechnik 100(2009) I.S. 32-55
- [270] Bock. R. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 2. S. 264-269
- [271] Zimmermann. Y. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 2. S. 298-301
- [272] Faccini. D. et al.: Galvanotechnik 100(2009) 3. S. 523-534
- [273] Dingerth. B. et al.: Metal Finishing 106 {2008} 10, S. 37-44
- [274] Pohl. J. et al.: JOT 48 (2008) U.S. 58-61
- [275] Walker, D. et al: Trans. IMF 86 (2008) 5. S. 251-269
- [276] Bestetti, M. et al.: AIFM Galvanotecnica e nuove finiture 18/59(2008) 4. S. 203-311
- [277] Mennking, Ch. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) I.S. 56-62
- [278] Lampke. Th. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 2. S. 270-275
- [279] Chandler, W.: Metal Finishing 106 (2008) 9. S. 15-18
- [280] Schultz, Ch. et al.: Metal Finishing 106 (2008) 9, S. 19-22
- [281] Rudnev, V. S. et al.: Fyzikochimija povcrchnosti i zascita metallov 44 (2008) 5. S. 506-509
- [282] Destefani, J.: Products Finishing 72 (2008) 12, S. 16-20
- [283] Anon.: SMM 109 (2008) 19, S. 58
- [284] Mudrak, A.: Bander Bleehe Rohre 49 (2008) 11/12. S. 20-22
- [285] Lorenz, A. et al.: Metal Finishing 106 (2008) 11, S.14-21.
- [286] Mueninghoff. T. Et al.: Galvanotechnik 100(2004) 2. S. 436-442
- [287] Last, A. et al.: Galvanotechnik 100(2009) I. S. 188-192
- [288] Luhn. R. et al.: Galvanotechnik 10(1(2009) I. S. 176-178
- [289] Balani K. et al.: Metal Finishing 106(2008) 10. S. 45-51
- [290] Meermann. A.: JOT 48(2008) II, S. 148-149
- [291] Yoshida. T. et al.: Galvanotechnik 100(2004) I.S. 164-168
- [292] Alexman. M. et al.: Galvanotcchnik 100 (2009) 2, S. 412 417
- [293] Allsop, R.: Products Finishing 72 (2008) 12, S. 28-32
- [294] Dcstefani. J.: Products Finishing 72 (2008) 5, S. 40-41
- [295] Seiche. J.: Metallobertlache 62 (2008) U.S. 35-36
- [246] EickhofT, J.: besser lackieren 11 (2009) 18. S. 5
- [297] Satinskaja. 8. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 2, S. 276-282
- [298] Tulbert. L.: Products Finishing 72 (2008) 10. S. 24-29
- [294] Burkhardl. St. et al.: aluminium 84 (2008) Ю. S. 30-33
- [300] Gardein. R.: besser lackieren 11 (2009) 17, S. 6
- [301] Frcidenfels, A. U: Products Finishing 72 (2008) 10, S 18 21 \ /
- [302] Kruglikov, S. S. et al.: galvanotecnika i obrabotka poverchnosti 16(2008) 3, S. 35 40 v
- [303] Varentsov. V. K. et al.: galvanotcchnika i obrabotka poverchnosti 16 (2008) 3, S. 41-44
- [304] Finkenscher. M.: Oberflachen Polysurfaccs 4Y (2008) 8. S. 22-23
- [305] Anon.: JOT 48 (2008) 11, S. 26-27
- [306] Schleidt. D.: Metalloberfliche 62 (2008) II, S. 39-42
- [307] Wachter, A.: besser lackieren 11(2009) I.S.5
- [308] Guenther, U.: besser lackicren 11 (2009) I, S. 6
- [309] Destefani, J.: Products Finishing 73 (2009) 2, S. 38-39
- [309A] Weigel, P. et al.: JOT 49 (2009) 2, S. 46-48
- [310] Barnstead. M. et al.: Metal Finishing 107 (2009) I.S. 27 33
- [311] Freudenberg. R.; Galvanotechnik 100 (2009) 4. S. 704-903

- [312] Qiliyunan Fengel et al: Metal Finishing 107(2009) 1, S. 34-41
- [313] Kurtz. O. et al.: PLUS 10 (2008) 12. S. 2675-2683
- [314] Rashwan, S. M. et al.: Metall 62 (2008) 11. S. 783-748
- [315] Magagnin, L. et al.: trattamenti c finimre 7 (2008) 12. S. 60-63
- [316] Diamanti, M. V et al.: AIFM Galvanotecnica c nuove finiture18/59(2008)4, S. 212-217
- [317] Kurtz. O. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 4. S. 770 781
- [318] Buroka. S. W. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 44(2008)16, S.637-640
- [319] Anon.: Metal oberflache 62 (2008) 11, S. 38
- [320] Bobzin. K. ct al.: SchweilJen und Schneidcn 60 (2008) 10,S. 566 570
- [321] Kreis. W: Galvanotechnik 10 (2009)4. S. 782-793
- [322] Vollrath, K.: JOT 49 (2009) 2, S. 30-33
- [323] Riester, M.: JOT 48 (2008) 11, S. 16
- [324] Anon.: JOT 48 (2008) 11, S. 20-23
- [325] Heijmans. A.: JOT 48 (2008) U.S. 42-44
- [326] McConnell, R. et al.: Metal Finishing 106 (2008) 9, S. 23 -27
- [327] Borcea, N. et al.; Metal Finishing 106 (2008) 9, S. 28-31
- [328] Kaiser, B. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 3, S. 442-550
- [329] Metzner, Ch. el al.: Galvanotechnik 100 (2009) 3. S, 670-675
- [330] Stiebig. H , et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 3. S. 646-653
- [331] Harrop.P: PLUS 10(2008) 11, S. 2470-2473
- [332] Niesing. B.:Metalloberflaeche 62(2008) 11, S. 12 15
- [333] Friedrichkeit, H.-J.: PLUS 10 (2008) 12, S. 2573-2576
- [334] Destefam, J.: Products Finishing 72 (200S) 2, S. 26-29
- [335] Anon.: besser lackieren 10(2008] 18. S. 7
- [336] Sehwei/er, S. D.: besser lackieren 10(2008) 18. S. 11
- [337]Omlratsehck. D.: besser lackieren 10(2008) 18. S. 8
- [338] Wieland, D.: besser lackieren 10(2008) 18. S. 10
- [339] Hoffmann. U: JOT 48 (2008) M.S. 10-11Eugen G. Leuze Verlag
- [340] Brietzke, H : JOT 48 (2008) U.S. 36-39
- [341] Anon.: JOT 48 (2008) U.S. 74-75
- [342] Lebelt. P. et al.: Galvanotcchnik 100 (2009) 4. S. 930-937
- [343] Wolf, D. et al.: Products Finishing 72 (2008) 12, S. 34-38
- [344] Quitmeyer. J.: Metal Finishing 106 (2008) 10, S. 21-24
- [345] Justice. M : Metal Finishing 106 (2008) 10. S. 25-28
- [346] Lomax. P.: Metal Finishing 105 (2008) 10. S. 31-36
- [347] Nix. H.-F. et al.: Mctaloberfliiche 62 (2008) 11, S. 22-23
- [348] Buczko, Z. et al.: Trans. IMF 86 (2008] 5. S. 286-288
- [349] Heinze. R et al.: Farbe und Lack 114 (2008) 11, S. 20-24
- [350] Frning. J. W.: Metall 62 (2008) 10, S. 637-640
- [351] Anon.: Metalkiherflache 62 (2008) 11, S. 24-25
- [352] Maulc. U.: Galvanotechnik 100 (2009) 4, S. 956-959
- [353] Rodriguez, J. et al.: Metal! 62 (2008) U.S. 733-739
- [354] Marusczyk. J.. EMPA News 6 (2008) 23. S. 24-25
- [355] Meyerovich. A.: Galvanotechnik 100(2009)4, S. 904-910
- [356] Habashi, F.: Metall 62 (2008) 12, S. 814-816
- [357] Friedrichkeit, H.-J.: PLUS 11 (2009) I, S. 81-83
- [358] Quitmeyer. J.: Products Finishing 73 (2009) 3, S. 29-33
- [359] Mitschele, M. et al.: JOT 49 (2009) 3. S. 52-53
- [360] Anon.: JOT 49 (2009) 3. S. 56 57
- [361] Rochowicz. M. et al.: JOT 49 (2009) 3, S. 60-63
- [362] Zhang. W. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 5. S. 1041-1048
- [363] Krischtal, M. M. et al.: galvanotecnika i obrabotka poverchnosti16(2008)4. S,30-34
- [364] Feng, O. et al.: Metal Finishing 106 (200) 1.S. 34-41
- [365] Kim. W, et al.: galvanotecnika i obrabotka poverchnosti 16(2008)4, S. 41 45
- [366] Coursin. K., Metal Finishing 107 (2009) 1, S. 4345
- [367] Sultan, S-: Metal Finishing 106 (2008) 12. S. 12-14
- [368] Low, C. T. J. et al.: Trans. IMF 86 (2008) 6, S. 315-325
- [369] Mobius, A. et al.: AIFM Galvanotecnica e nuove finiture 19/60(2009) I, S. 17-22
- [370] Anon.: galvano organo 2009. Nr. 781, S. 36- 37
- [371] Schechinger, K.: JOT 49 (2009) 3, S. 54-55

- [372] Winarski.J.et al.:ochrona przed korozja 51 (2008)4/5, S. 124-126
- [373] Bach, F.-W. et al.: Schweiiten und Schneiden 60 (2008) II.S.625-631
- [374] Nakonieczny. A. et al.: Inzynieria Powierzchni 2008, 2. S. 3-8
- [375] Babul.T. et al.: Inzynieria Powierzchni 2008,2. S. 32-37
- [376] Ciski. A. et al.: Inzynieria Powierzchni 2008, 2, S. 38 44
- [377] Jedrzejczyk. D, et al.: ochrona przed korozja 51 (2008) 4/5.S.159-162
- [378] Baldwin, Ch. et al.: Products Finishing 73 (2009) 2, S. 20-24
- [379] Blattner, D.: email 56 (2008) 6, S. 90-93
- [380] Vollrath, K.: Metall 62 (2008) 12, S. 811 813
- [381] Chen, D.: Metall 62 (2008) U.S. 744-747
- [382] Haring, J.: Oberflaechen Polysurfaces 49 (2008) 6, S. 10-12
- [383] Anon.: Metall 62 (2008) 11, S. 724 725
- [384] Anon.: Metali 62 (2008) 12, S. 791
- [385] Oliver. J.: Trans. IMF 86 (2008) 6, S. 292
- [386] Lacaze, P.-C. et al.: galvano organo 2008. Nr. 780. S. 42-44
- [387] Geib, W.: Products Finishing 73 (2009) 3, S. 15-20
- [388] Kasprzyska. E. et al.: Inzynieria Powierzchni 2008. 2, S. 45 -49
- [389] Rechke, S. et al.: Werkstoffe in der Fertigung 2008,6, S. 3
- [390] Barber, J.: Metal Finishing 106(2008) 12, S. 34-37
- [391]Michalski, J.et al.: Inzynieria Powierzchni 2008. 2. S. 9-18
- [392] Anon.: Oberflachen Polysurfaces 49 (2008) 6, S. 13
- [393] Vezzu. S. et al.: AIFM Galvanotecnica c nuove finiture 18/59(2008) 12, S. 54-56
- [394] Scopeca, P. et al.1 AIFM Galvanotecnica e nuove finiture 18/59(2008) 12, S. 64-70
- [395] Boghe, M. et al.: aluminium 84 (2008) 11, S. 52-55
- [396] Lahidjanian, D. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 5, S. 1059-1086
- [397] Heutling, F. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 5, S. 1192-1197
- [398] Betjuk, M. et al.: Inzynieria Powierzchni 2008, 2, S. 26-32
- [399] Mlynarczak, A. et al.: Inzynieria Powierzchni 2008, 2, S. 62-64
- [400] Piasecki, A. et al.: Inzynieria Powierzchni 2008, 2, S. 65-67
- [401] Kohlscheen, J. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 2. S. 22-27
- [402] Wach, P. et al.: Inzynieria Powierzchni 2008,2, S. 19-27
- [403] Flis, J. et al.: ochrona przed korozja 51 (2008) 4/5, S. 112-117
- [404] Simka. W et al.: ochrona przed korozja 51 (2008) 4/5, S. 153-155
- [405] Zubielwicz, M.1 ochrona przed korozja 51 (2008) 4/5, S. 116-119
- [406] Tatarek.A.et al.:ochrona przed korozja 51 (2008)4/5,S. 130 134
- [407] Brojanowska, A. et al.: ochrona przed korozja 51 (2008) 4/5, S. 135-139
- [408] Formanek. B. et al.: ochrona przed korozja 51 (2008) 4/5, S.140-143
- [409] Horschig, J.: besser lackieren 10 (2008) 20, S. 2
- [410] Horschig, j.: besser lackieren 10 (2008) 20, S. 7
- [411] Buhnc. S. et al.: Farbe und Lack 114 (2008) U.S. 34-39
- [412] Ondratschek, D.: besser lackieren 10 (2008) 20. S. 8
- [413] Kramer, S.: besser lackieren 10(2008)20,S.5
- [414] Knischka, K. et al.: Farbe und Lack 114(2008) 12, S. 35-39
- [415] Wacker.J. et al.: besser lackieren 10(2008) 19, S. 4 5
- [416] Richter. S.: besser lackieren 10 (2008] 18. S. 16
- [417] Herrmann, T.: besser lackieren 10 (2008) 20, S. 12
- [418] Topp. M.: besser lackieren 10 (2008] 20, S. 16
- [419] Greh, M. et al.: Farbe und Lack 114 (2008) 12, S. 20-23
- [420] Horschig, J.: besser lackieren 10 (2008) 19, S. 3
- [421] Rceihle, S.: besser lackieren 10(2008) 19, S. 9
- [422] Zimmerhackel, J. et al.: besser lackieren 10 (2008) 21. S. 8
- [423] Ondratschek. D.: besser lackieren 10 (2008)21, S. 8
- [424] Somborn, R.: Farbe und Lack 115 (2009) 1, S. 47- 48
- [425] Grundwald, L. et al.: besser lackieren II (2009) I,S. 1
- [426] Schulte, H.-G.: Farbe und Lack 115 (2009) 2. S. 17-19
- [427] Kothe, M. et al.: Farbe und Lack 115 (2009) 1, S. 27-31
- [428] Yahya HI Idrisi et al.: Farbe und Lack 115 (2009) 2, S. 27-31
- [429] Zakorehemna. J. et al.: ochrona przed korozja 51 (2008] 4/5,S.127-130

- [430] Friede. I. et al.: Oberflächen Polysurfaces 49 (2008) 6, S. 6-9
- [431] Ondratschek. D.: besser lackieren 10 (2008) 19, S. 8
- [432] Baicr. J. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 5. S. 1034-1050
- [433] Betiuk, M. et al.: In/ynicria Powierzchni 2008, 2, S. 50-56
- [434] Sandow, K.-R.: cav 41 (2008) 11, S. 42-43
- [435] Krueger, T. et al.: GIT Labor 52 (2009) M.S. 964-966
- [436] Buscher, W.: GIT Labor 52 (2009) M.S. 967-969
- [437] Uorasin, M. et al.: GIT Labor 52 (2009) 10. S. 970-977
- [438] Garnebode, N. et al.: GIT Labor 53 (2009) 3. S. 138-140
- [439] Hulkko, E.: besser lackieren 10(2008) 10, S. 7
- [440] Williams, H. et al.: Metal Finishing 106 (2008) 11, S. 22-26
- [441] Tepper, E.: Metal Finishing 106 (2008) 11, S. 27-31
- [442] Tayeb, S. A. et al.: Metal Finishing 106 (2008) U.S. 33-39
- [443] Janneck, E. et al.: Surface World of Mining Underground 60 (2008) 6, S. 370-377
- [444] GQlbias, M.: Galvanotechnik 100 (2009) 5, S. 1215-1218
- [445] Korolev, G. B. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 16(2008)4, S. 46-51
- [446] Bergmann, H.: Galvanotechnik 100(2009) 5, S. 1049-1051
- [447] Collignon, F.; galvano organo 2008, Nr. 780, S. 46-45
- [448] Miiller-Wondorf. R.: stahl und eisen 128 (2008) 2, S. 78-81
- [449] Kondo, K.: lightweightdesign 2009, 1. S. 44-47
- [450] Strass, H.: IPCworld 6 (2009) 1, s. 44-47
- [451] Anon.: technik report 2009, 1/2, S. 6-7
- [452] Friedrichkeit, H.-J.: PLUS 11 (2009) 4, S. 785-786
- [453] Bellemare, R.: Products Finishing 73 (2009) 2, S. 12-16
- [454] Blitz, M. et al.: JOT Spezial Industrielle Teilreinigung 2009, I.S. 7-9
- [455] Gums, R.: JOT Spezial Industrielle Teilreinigung 2000.1, S. 14-15
- [456] Anon.: JOT Spezial Industrielle Teilreinigung 2009. 1, S. 22-23
- [457] Dahl, D.: JOT Spezial Industrielle Teilreinigung 2009, I. S. 26-27
- [458] Vogt. H.-T.: JOT Spezial Industrielle Teilreinigung 2009, 1, S. 38-39
- [459] Anon.: JOT 49 (2009) 4, S. 76-78
- [460] Harnisch, C. et al.: JOT 49 (2009) 4, S. 64-65
- [461] Holzapfel. 1: JOT 49 (2009) 4, S. 66-67
- [462] Facchine, D. et al.: Products Finishing 73 (2009) 7, S. 14-18
- [463] Jelinek, T. W.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 17(2009) 1, S. 11-30
- [464] Nikolova, N. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 3. S. 17-20
- [465] Wan Zhang et al.: Metal Finishing 107 (2009) 3, S. 22-26
- [466] Beckett, D. et al.: Products Finishing 73 (2009) 7, S. 19-22
- [467] Laflamme. D.: Products Finishing 73 (2009) 4, S. 22-27
- [468] Friedel, R.: SMM 110 (2009) 1/2, S. 104-107
- [469] Haettig. J. et al.: ATZ-Produktion 2 (2009) 1, S. 6-10
- [470] Ibe. M.: Metalloberflaeche 63 (2009) 1/2, S. 12-14
- [471] Schulte, U.: Metalloberflaeche 63 (2009) 1/2. S. 15-17
- [472] Baumeister, M.: JOT Spezial Coating Materials 2009, I. S. 22-23
- [473] Kostraschii/kij, A. I. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 44 (2008) 6. S. 641-644
- [474] Mergel. J. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 3, S. 535-540
- [475] Jacquemain-Laflamme. R. et al.: galvano organo 2008, Nr. 780, S. 38-41
- [476] Ducommun, N. et al.: galvano organo 2008, Nr. 772, S. 50-53
- [477] Anon.: Farbe und Lack 115(2009) I, S. 60-63
- [478] Hand, K.: Products Finishing 73 (2009) 3. S. 22-29
- [479] Ruhland, M.: Metal Finishing 106 (2009) 12. S. 15-18
- [480] Conner. C.: Metal Finishing 106(2008) 12, S. 19-20
- [481] Erkens, G. et al.: JOT 49 (2009) 4, S. 68-71
- [482] Holzschuh, H.: SMM 110 (2009) 5, S. 36-37
- [483] Anon.: JOT 49 (2009) 2, S. 44-45
- [484] Somborn, R.: Farbe und Lack 115 (2009) 2, S. 36
- [485] Ondratschek, D.: besser lackieren 11 (2009) 2, S. 4
- [486] General. E. et al.: besser lackieren 11 (2009) 2, S. 10
- [487] Reichberger. M. et al.: besser lackieren 11(2009)2, S. 16
- [488] Jungling, H. J.: JOT 49 (2009) 2, S. 12-16
- [489] Anon.: besser lackieren 11 (2009) 2, S. 4-5

- [490] Nahler. H. T. et al.: email 56 (2008) 6, S. 93-99
- [491] Beyersdorff, T. et al.: GIT Labor52 (2008) 10. S. 1041 1044
- [492] Feige. V K. S.: Metall 62 (2008) 12, S. 299-301
- [493] Fuchs. M. et al.: Quality Engineering 1009.4, S. 48-53
- [494] Schkundina, S.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 16(2008) 4, S. 54-55
- [495] Mersch, S.: Metal Finishing 106 (2008) 12. S. 28-29
- [496] Pavlov. M. R.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 16(2008)4, S. 52-53
- [497] Anon.: AIFM Galvanotecnica e nuove finiture 19/60 (2009) 1, S. 24-25
- [498] Kamegsberg, B.: Products Finishing 73 (2009) 3. S. 24-28
- [499] Raulin, E.: galvano organo 2009, Nr. 781, S. 18
- [500] Rudolph. U et al.: stahl und eisen 129 (2009) 2, S. 165-79
- [501] Guidetti, G. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 3. S. 39-43
- [502] Zeiler. T.: besser lackieren 11 (2004) 5. S. 16
- [503] Hansen. W.: lightweight design 2009. 2, S. 52-55
- [504] Beckenbach, S. et al.: JOT Spezial Industrielle Teilreinigung 2000, I. S. 44-46
- [505] Paatsch, W. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 6, S. 1280-1287
- [506] Lausmann, G. A.: Galvanotechnik 100(2004)6, S. 1294-1297
- [507] Friede, I. et al.: Oberflächchen Polysurfaces 49 (2008) 1, S. 14-17
- [508] Barnstead, M. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 1, S. 27-33
- [509] Holland, R.: Products Finishing 73 (2009) 3, S. 16-20
- [510] Suib, S. L. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 2, S. 28-34
- [511] Korsunsky, A. M. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 2, S. 45-52
- [512] Babjak, S. I. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 45(2009) 1, S. 31-37
- [513] Anon.: JOT 49 (2009) 4. S. SO 93
- [514] Dingwert, D.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 18(2008) I, S. 38-48
- [515] Kuehn, W.: Oberflächchen Polysurfaces 49 (2008) 2, S. 6-9
- [516] Schtscherbakov. A. I. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 45 (2009) I, S. 71-74
- [517] Rudnev. W. S. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 45 (2009) I, S. 75-77
- [518] Santner. E.: Galvanotechnik 100(2009) 6. S. 1298-1308
- [519] Anon.: JOT 49 (2009) 4, S. 88-91
- [520] Turnheer, W. et al.: Oberflächchen Polysurfaces 49 (2008) 2, S. 11-13
- [521] Emmenegger, S.: Oberflächchen Polysurfaces 49 (2008) 2, S. 14-15
- [522] Hansen. S.: Metall 63 (2009) 4, S. 142-149
- [523] Rossiger. V.: Galvanotechnik 100(2009) 6. S. 1400-1407
- [524] Allen. D.: Galvanotechnik 100 (2009) 6, S. 1426-1430
- [525] Kurtz. O. et al.: PLUS 11 (2009) 4, S. 788-799
- [526] Kruglikov, S. S. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 45 (2009) I, S. 59-65
- [527] Godan-Smolka, M. et al.: JOT 49 (2009) 2, S. 24-27
- [528] Anon.: besser lackieren 12 (2009) 6, S. 4 5
- [529] Simon. J.: JOT 49 (2004) 2, S. 34-35
- [530] Anon.: JOT 49 (2009) 2, S. 36-38
- [531] Anon.: JOT 49 (2009) 2, S. 42 43
- [532] Destefani, J.: Products Finishing 73 (2009) 2, S. 18-22
- [533] Kolotilov, P. N.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 45 (2009) I, S. 22-27
- [534] Tuebke, J. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 6, S. 1434-1438
- [535] Rommert, A.: Farbe und Lack 115 (2009) 2, S. 50-57
- [536] Poschmann, H.: PLUS 11 (2009) 2, S. 271-273
- [537] Poschmann, H.: JOT 49 (2009) 2, S. 284 288
- [538] Bergmann, H.: Galvanotechnik 100 (2009) 6, S. 1288-1293
- [539] Kragenow, B.: Metallbau 2009, 2, S. 12-15
- [540] Bram, M., SMM 110 (2009) 5, S. D76 D77
- [541] Malloy. J.: Products Finishing 73 (2009) 9, S. 14-18
- [542] Pelham, M.: Products Finishing 73 (2009) 9. S. 20-23
- [543] Davidov; D.: Metal Finishing 107 (2009) 5, S. 18-21
- [544] Kenton. T.: Metal Finishing 107 (2009) 5, S. 22-24
- [545] Holz knecht, h.: Metal Finishing 107 (2009) 5. S. 27-31
- [546] Abadie, F.-X.: galvano organo 2009, Nr. 784, S. 40 42
- [547] Zimmermann, Y. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 7, S. 1496-1498
- [548] Sonntag, B. et al.: Galvanotechnik 100(2009) 7, S. 1499-1513

- [549] Kusnetsow, W. W. et al.: Fyzikoechimija poverchnosti i zascita metallov 45 (2009) 3, S. 259-270
- [550] Tschajkin, W. N. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascitametallov 45 (2009) 1, S. 71-74
- [551] Kutzschbach, P. et al.: Galvanotechnik 100(2009)7, S. 1514-1420
- [552] Kurtz, O. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 8. S. 1745-1754
- [553] Balandin, Ju.A. et al.: metalovedenie i lermitscheskaja obrabotkametallov 54 (2009) I, S. 46-49
- [554] Revina, A.A.: Fyzikochimijapoverchnosti i zascita metallov 45(2009) I, S. 58-63
- [555] Schottler, J. et al.: email 57 (2009) I, S. 2-8
- [556] Rozema, K.: oppervlakte technicken 53 (2009) 2, S. 40-41
- [557] Freidel.R.:SMM 110(2009)4, S. 82 85
- [558] Lenzer, S.: Galvanotechnik 100 (2009) 7. S. 1522-1527
- [559] Laager, A. et al.: Oberflachen Polysurfaces 50 (2004) 1, S. 6-9
- [560] Keizer, T.: Metal Finishing 107 (2009)2, S. 17
- [561] Coursin, K.: Metal Finishing 107(2009) 3, S. 43 45
- [562] Mudrak. A.: Bander Blehc Rohre 50 (2009) 1/2, S. 16-17
- [563] Kossler, J.D. et al.: AIFM Galvanotecnia c nuove finiture 19/60(2009)1, S. 11 16
- [564] Linder. H. J.: cav 42 (2009) 4, S. 56-57
- [565] WeiB, T.: cav41(2008)4.S.52 56
- [566] Kennis. S. et al.: cav 41 (2008) 4, S. 68-70
- [567] Mathumi, J. et al.: Galvanotechnik 100(2009) 7, S. 1656-1660
- [568] Struppert, Th.: Galvanotechnik 100 (2009) 8, S. 1864-1869
- [569] Pearson, Tetal.: Galvanotechnik 100(2009) 9. S. 1730-1739
- [570] Berman, E. S. ct al.: Melal Finishing 107 (2009) 2, S. 35-43
- [571] Millow. S. ct al.: Farbe und Lack 115 (2009) 3, S. 106-110
- [572] Heselmann, J.: oppervlakte technicken 53 (2009) 2, S. 30-31
- [573] Anon.: besser lackieren 12 (2009)4, S. 3
- [574] Hcinzelmann, E.: Oberflachen Polysurfaces 50 (2009) 1, S. 10-11
- [575] Plagemann, Petal.: Farbe und Lack 115 (2009) 3, S. 94 97
- [576] Kraus, N.etal.: Farbe und Lack 115 (2009) 3, S. 102- 105
- [577] Sonke, J.: oppervlakte technicken 53 (2009) 2, S. 26-29
- [578] Stellnbergcr, K.-H. et al.: JOT 49 (2009) 3, S. 32-35
- [579] Jie. M. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 7, S. 1666-1672
- [580] Jie, M.etal.: Galvanotechnik 100 (2009) 8, S. 1884 1893
- [581] Wahl, D.: Galvanotechnik 100 (2009) 8, S. 1756-1760
- [582] Biiltmann, F. et al.: Galvanotechnik 100(2009) 8, S. 1740-1743
- [583] Friedrichkeit, H.-J.: PLUS 11 (2009) 3, S. 519-522
- [584] Anon.: GIT Labor 52 (2009) 3, S. 166-167
- [585] Capelli, F. et al.: trattamenti e finiture 8 (2009) 2, S. 56-60
- [586] Anon.: JOT 49 (2009) 8, S. 46 47
- [587] Whitali, K. I.: Products Finishing 73 (2009) 11, S. 22-25
- [588] Anon.: JOT 49 (2009) 8. S. 48-50
- [589] Brands. W. et al.: JOT 49 (2009) 8, S. 52-53
- [590] Anon.: aluminium 85 (2009) 7/8, S. 28-29
- [591] Neussen, G. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 3, S. 27-29
- [592] Szameitat, K. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 9. S. 1980-1983
- [593] Levey. P et al.: Galvanotechnik 100(2009) 9, S. 1960-1969
- [594] Bresselschmidt. B.: Galvanotechnik 100 (2009)9, S. 1970-1974
- [595] Olander, E.: Metal Finishing 107 (2009) 6, S. 52-54
- [596] Dietrich, D. et al.: Metalloberflache 63 (2009) 7/8, S. 16- 20
- [597] Sonntag. B. et al.: AIFM Galvanotecnia e nuove finiture 19/60(2009) 3,S. 156-160
- [598] Tschikilev, S. et al.: stal 78 (2009) 7, S. 67-68
- [599] Beckett, D. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 6. S. 33-38
- [600] Pesce. V: trattamenti e finiture 8 (2009) 3. S. 63-64
- [601] Anon.: galvano organo2009,Nr. 781, S. 32 34
- [602] Klenke, M.: Metalloberflache 63 (2009) 1/2, S. 18-19
- [603] Haas, K.-H.: Werkstoffe in der Fertigung 2009, 2, S. 38-39
- [604] Tepe. J.etal.: Galvanotechnik 100(2009)9. S. 1984-1989
- [605] Rucci, A.: trattamenti e finiture 8 (2009) 1, S. 42-50
- [606] Tschulovskaja, A. S. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 45 (2009) 3, S. 282-286
- [607] Kanzler, K. et al: email 57 (2009) 3, S. 42-51

- [608] Ondratschek, O.: JOT 49 (2009) 7. S. 62-64
[609] Warnecke, W. et al.: stahl und eisen 128 (2009) 6, S. 53-59
[610] Cartaneo, P.: trattamenti e finiture 8 (2009) 2, S. 42-45
[611] Hellmold, P.: Metalloberfläch 63 (2009) 6. S. 12-17
[612] Blattner, D.: Metal finishing 107 (2004) 6, S. 18-19
[613] Pignatti, L. et al.: trattamenti e finiture 8 (2009) 1. S. 52-55
[614] Wagner, G.: Oberflächen Polysurfaces 51 (2009) 3, S. 14-17
[615] Wilke, Y.: besser lackieren 12(2009) 12. S. 4
[616] Claverie, S. et al.: galvanorgano 2009, Nr. 781. S. 38-34
[617] Bhatl, H. et al.: Metal Finishing 107 (2004) 6. S. 39-47
[618] Anon.: Draht (2009) 2. S. 27
[619] Daun, T.: Metalloberfläche 63 (2009) 1/2, S. 33-35
[620] Mertig, U.: Schleifen und Schneiden 61 (2009) 5, S. 233-234
[621] Thaler, M. et al.: JOT 49 (2009) 7. S. 66-69
[622] Destefani, J.: Products Finishing 73 (2009) 10. S. 22-23
[623] Kirmaier, L.: Farbe und Lack 115 (2009) 4, S. 120-123
[624] Millow, S. et al.: Farbe und Lack 115 (2009) 4, S. 128-130
[625] Horn, K. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 9, S. 1976-1474
[626] Guttmann, M. et al.: Galvanotechnik 100(2009) 4, S. 2120-2126
[627] Buske, C.: ATZ-Produktion 2 (2009) 2. S. 28-33
[628] Chomer, S.: galvanorgano 2009. Nr. 785, S. 40-42
[629] Anon.: SMM 110 (2009) 5, S. 1974-1475
[630] Lommatzsch, U. et al.: Metalloberfläche 63 (2009) 1/2, S. 20-23
[631] Levashov, E. A. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 9. S. 2102-2114
[632] Ugués, D. et al.: trattamenti e finiture 8 (2009) 3, S. 66-71
[633] Kurtz, O. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 6. S. 24-29
[634] Kemer, G.: PLUS 11 (2004) 6, S. 1298-1307
[635] Brudereck, E.: PLUS 11 (2009) 7. S. 1528-1532
[636] Abou-Ras, D. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 4, S. 2085-2041
[637] Wieland, D.: JOT 49 (2009) 3, S. 14-16
[638] Vollinger, S.: besser lackieren 12 (2009) 4, S. 12
[639] Arlt, K.: besser lackieren 12 (2009) 10. S. 9
[640] Rafflenbeul, R.: besser lackieren 12 (2009) 10, S. 11
[641] Glick, R. et al.: Farbe und Lack 115 (2009) 6. S. 28-31
[642] Molders, N. et al.: besser lackieren 12(2009) 12. S. 16
[643] Destefani, J.: Products Finishing 73 (2009) 9, S. 24-27
[644] Anon.: besser lackieren 12(2009) 4, S. 10
[645] Daibel, S.: besser lackieren 12 (2004) 4, S. 9
[646] Destefani, J.: Products Finishing 73 (2009) 3, S. 46-47
[647] Somborn, R.: Farbe und Lack 115 (2009) 6, S. 39-40
[648] John, P.: JOT 49 (2009) 6, S. 34-37
[649] Ondratschek, D.: besser lackieren 12 (2009) 4, S. 8
[650] Roller, A. et al.: Farbe und Lack 115 (2009) 3, S. 90-93
[651] Papadopoulos, G. et al.: aluminium 85 (2009) 3, S. 54-57
[652] Hirtreiter, A.: besser lackieren 12 (2009) 3, S. 3
[653] Haussmann, J.: besser lackieren 12 (2009) 3. S. 5
[654] Kronauer, S.: besser lackieren 12 (2009) 3. S. 11
[655] Dauser, T. et al.: JOT 49 (2009) 3, S. 24-31
[656] Vollmer, M.: JOT Special Coating Materials 2009, 1. S. 8-10
[657] Anon.: JOT 44 (2009) 4, S. 42-45
[658] Buchbach, S. et al.: besser lackieren 12 (2009) 9. S. 17
[659] Brietzke, H. et al.: JOT 44 (2009) 3, S. 36-40
[660] Niemeyer, G.: JOT 49 (2009) 3, S. 42-44
[661] Gead-Smolka, M. et al.: JOT 49 (2009) 3. S. 48-51
[662] Anon.: JOT 49 (2009) 2. S. 21-23
[663] Wagner, G.: JOT 49 (2009) 1, S. 8-10
[664] Kreis, W.: ATZ-Produktion 2 (2004) 2, S. 14-19
[665] Gruhn, M.: JOT 49 (2009) 4, S. 54-56
[666] Kramer, S.: JOT 49 (2009) 3. S. 20-22
[667] Scheibe, A.: JOT 49 (2009) 4, S. 12-13
[668] Anon.: JOT 49 (2009) 4, S. 3641
[669] Melamies, J.: JOT 44 (2009) 2, S. 30-33
[670] BioB, P. et al.: JOT Special Coatings Material 2009, 1, S. 14-15
[671] Frankhuizen, N.: JOT 44 (2009) 4, S. 94-96

- [672] Omdratschek. U.: besser lackieren 12 (2009) 6, S. 8
- [673] Timmermann, E.-H.: Metal lobe rfl ache 63 (2009) 1/2, S. 28-29
- [674] Feige. V K. S.: Metalloberflache 63 (2009) 1/2, S. 30-32
- [675] Anon.: MessTecAutomation 12 (2009) 3, S. 36-70
- [676] Anon.: besscr lackieren 12 (2009) 5, S. 6
- [677] Fox, J.; Metal Finishing 107(2009)5.5,25-26
- [678] RoBiger,V: PLUS 11 (2009) 6, S. 1365-1372
- [679] Fox, J.: Metal Finishing 107 (2009) 3, S. 31-33
- [680] Schonlein, A.: Farbe und Lack 115 (2009)6, S. 19 22
- [681] Hoffmann. U: JOT 49 (2009) 6, S. 12-13
- [682]Favrat,O.etal.:OberflächenPolysurfaces 50 (2009) 3, S. 12-14
- [683]Popov,A.etlal.:Fyzikochimija poverchnosti I zascita metallov 45(2009) 1.S.53 57
- [684] Miller, P. R.: Metal Finishing 107 (2009) 5, S. 37-39
- [685] Behn, T.: Bander Bleche Rohrc 50 (2009) 5/6, S. 34-35
- [686] Knevel. K.: besser lackieren 12 (2009) 5, S. 4
- [687] Kulk, E-: oppervlakte technicken 53 (2009) 3, S. 18-19
- [688] Raymond G. et al.: galvano organo 2009. Nr. 782. S. 33 -35
- [689] Manzi, N. et al.: galvano organo 2009, Nr. 782, S. 40-42
- [690] Jie, M. et al.: Galvanotechnik 100 (2009)9. S. 2134-2138
- [691] Poschmann, R: PLUS 11 (2009) 4, S. 755-757
- [692] Tauchnitz, T: MessTee Automation 12 (2009) 3, S. 6-9

Новые решения для Вашего производства

ГАЛЬВАНОХРОМ
GALVANOCHROME
Санкт-Петербург

- ТВЕРДОЕ ИЗНОСОСТОЙКОЕ ХРОМИРОВАНИЕ
- БЕСПОРИСТОЕ ХРОМИРОВАНИЕ
- МНОГОСЛОЙНОЕ ХРОМИРОВАНИЕ

Технологии и оборудование «под ключ»
а также любой этап цикла:
проектирование, изготовление,
авторский надзор, поставка,
шефмонтаж, запуск в эксплуатацию,
обучение персонала

Более подробную информацию Вы можете получить
на нашем сайте: www.galvanochrom.ru
по электронной почте: manager@galvanochrom.ru
по телефону: +7 (812) 336-93-82

Нестандартные задачи и их решение - это наш профиль!



УДК 621.357.7

Зависимость структуры и физико-механических свойств медных покрытий от токовых режимов электролиза

Хмелев А.В., Федорова Е.А., Головушкина Л.В.

Ключевые слова: медные покрытия; нестационарный электролиз; импульсный реверсивный ток; печатная плата

Приводится сравнение медных осадков внутри отверстий печатных плат, полученных в стационарных условиях на постоянном токе и осадков, полученных с использованием импульсных реверсивных токов.

Effect of Pulse Plating Mode on Structure and Physical-Mechanical Properties of Copper Coatings

Khmelev A.V., Fedorova E.A., Golovushkina L.V.

Key words: copper coating, pulse reverse current, printed board

Pulsing current is one of the ways to get uniform thickness of copper coatings in through-holes of PCB's. Using different operating conditions in order to optimize the characteristic of copper coatings a study of deposits microhardness, ultimate strength, elongation and roughness was made. Experimental technique is described in detail.

Results of these tests are given for different current densities and coating thicknesses (Figs.2,3, Table 1). An effect of the length of anodic pulse on the coating roughness was studied and a reduction in the roughness was found at longer pulses (Fig.4, Table 3).

Введение

Современный научно-технический прогресс невозможен без радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Технологии изготовления РЭА постоянно совершенствуются на базе многослойных печатных плат (МПП). По своей структуре МПП значительно сложнее двухсторонних плат. В связи с этим необходимо учитывать большое соотношение толщины платы к диаметру сквозного отверстия (до 20:1), что серьезно обостряет проблему получения равномерных по толщине покрытий в отверстиях платы с заданными физико-механическими свойствами. Одним из методов выравнивания является нестационарный электролиз – электроосаждение металлов периодическими токами различной формы.

Методика эксперимента

Медные покрытия осаждали из сернокислого электролита ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 145-155 г/л, H_2SO_4 150-155 г/л, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 10 г/л) с использованием импульсного источника тока с функцией реверса. Отношение длительности прямого импульса (τ_k) к длительности обратного импульса (τ_a) должно быть (20-30):1, а отношение плотности тока прямого импульса (i_k) к плотности тока обратного импульса (i_a) должно быть 1:(2-4). Данные соотношения являются оптимальными, т.к. обеспечивают большее количество пропущенного электричества в катодный период [1]. Руководствуясь данными соотношениями выбрали режим электролиза, при котором i_k 1÷6 А/дм², $i_a/i_k = 2$, τ_k 20 мс и τ_a 1 мс. Время проведения процесса 60 минут, температура электролита 18 °С.

Испытание материалов на твердость (HV) проводили на микрошлифах при помощи прибора ПМТ-3 вдавливанием алмазной пирамидки под нагрузкой 1 г. Для каждого образца выполняли не менее 4 параллельных измерений. Для выявления кристаллической структуры покрытия применяли химическое травление микрошлифа в растворе следующего состава: 3% раствор H_2O_2 50 мл; 25% раствор аммиака 50 мл.

К прочности (b) и пластичности (dl/l) гальванопокрытий предъявляются сравнительно высокие требования. Образец необходимой формы готовили из отделенной от основы фольги по ГОСТ 11701-84 «Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент» (рис. 1). В качестве субстрата использовали нержавеющую сталь, обеспечивающую низкую адгезию к ней медного покрытия.

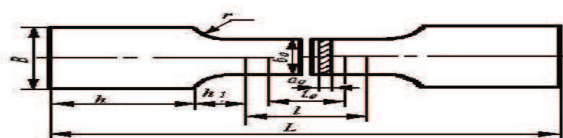


Рис. 1. Форма и размеры образца.
Fig.1. Visual appearance and sizes of sample

Рабочая длина образцов l в соответствии с ГОСТ 11701-84 «Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент» составляла от $l_0 + b_0/2$ до $l_0 + 2b_0$. Начальную расчетную длину l_0 ($l_0 = 4b_0$) ограничивали с погрешностью до 1% на рабочей части образца кернами, рисками или другими метками, исключающими повреждение поверхности образца. Измерение размеров образцов до испытания проводили штангенциркулем не менее чем в трех местах – в средней части и на границе рабочей длины образца.

Испытания проводили на разрывной машине РМ-50 при скорости опускания нижнего захвата 20 или 60 мм/мин. В зависимости от предполагаемого предела прочности на растяжение выбирали пояс шкалы и соответственно ему устанавливали

грузы на маятнике. В результате испытаний определяли наибольшее усилие, при котором произошло разрушение образца, и определяли предел прочности материала по формуле 1.

$$b = F/db_0 \quad (1)$$

где F – усилие, при котором произошло разрушение образца; d – толщина покрытия; b_0 – минимальная ширина образца, равная 10 мм, по ГОСТ 11701-84 «Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент». Пластичность покрытия характеризовали общей величиной относительного удлинения dl/l . Шероховатость (Ra) измеряли при помощи оптического профилометра Talysurf CCI 2000 на образцах размером 0,5 x 0,5 мм. Качество покрытия наблюдали по сечению микрошлифа при помощи универсального микроскопа модели NUM (Япония).

Результаты и их обсуждение

Мгновенные импульсы тока в совокупности с высокими амплитудами (до 10 А/дм² в обратном импульсе) обуславливают существенную нестационарность электродных процессов, которая приводит к перераспределению центров кристаллизации и растущих граней кристаллов, что влияет на структуру и свойства покрытий (этому способствует чередование на катоде реакций разряда и ионизации).

При производстве ПП медь применяется как основной электропроводящий слой. Поэтому к медным покрытиям предъявляются общие требования: высокая пластичность и предел прочности, прочное сцепление с подложкой, мелкокристаллическая структура, минимальная шероховатость.

С целью оптимизации режима электролиза, обеспечивающего заданный комплекс физико-механических свойств медного покрытия, исследовали микротвердость, предел прочности на разрыв (табл. 1), относительное удлинение осадков меди и шероховатость, полученные при различных условиях электролиза.

Таблица 1. Микротвердость и предел прочности осадков
Table 1. Microhardness and strength of coatings

Параметры Parameters	Плотность тока i_k , А/дм ² Cathode C.D. A/dm ²									
	Стационарный электролиз Stationary electrolysis					Импульсный реверсивный электролиз Pulse plating				
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
HV · 10 ⁸ , Па	9,5	10,4	10,9	11,5	12,1	10,0	11,1	12,0	12,9	13,4
σ · 10 ⁸ , Па	2,9	3,15	3,25	3,40	3,60	3,20	3,60	3,85	4,00	4,10

В заводской гальванотехнической практике импульсные режимы электролиза используются достаточно редко, что ограничивает накопление фактического материала, отражающего их достоинства и возможности. Микротвердость в некоторой степени коррелирует с такими механическими характеристиками металла как предел прочности, внутренние напряжения, хрупкость и износостойкость [2].

Повышение катодной плотности тока при электролизе как постоянным током, так и импульсным с анодной составляющей тока сопровождалось увеличением микротвердости. Причём, микротвердость образцов, полученных импульсным электролизом, была больше, чем микротвёрдость образцов, полученных на постоянном токе (рис. 2).

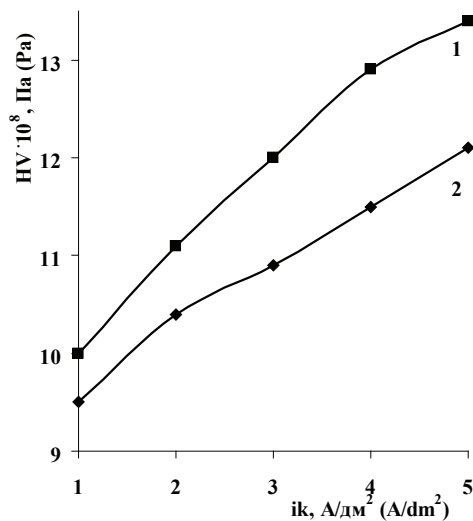


Рис. 2. Зависимость микротвердости (HV) медных покрытий от плотности тока (i) при стационарном режиме (2) и от катодной плотности тока (i_c) при импульсном реверсивном режиме (1).

Fig. 2. Dependence of microhardness (HV) copper coatings on current density (i) for a stationary mode (2) and on cathode C.D. (i_c) for pulse mode (1)

Как известно, увеличение катодной плотности как постоянного, так и импульсного тока приводит к увеличению мелкокристалличности покрытий [2]. В то же время можно считать, что микротвердость характеризует сопротивление металла пластической деформации. Наиболее эффективными препятствиями для движения дислокаций являются межзёрненные границы. Поэтому у образцов, полученных при более высоких катодных плотностях постоянного тока и при более высоких катодных плотностях тока в импульсе наблюдалась большая микротвёрдость.

К прочности и пластичности медных покрытий предъявляются высокие требования. Покрытие не должно растрескиваться в процессе эксплуатации (в результате действия внешних нагрузок, теплового расширения стеклотекстолита, а также их собственных «внутренних» напряжений) и разрушаться раньше подложки.

Повышение катодной плотности тока при постоянном токе и катодной составляющей плотности тока при реверсивном токе сопровождалось увеличением предела прочности (рис. 3). Полученные результаты можно объяснить тем, что предел прочности определяется не только самим материалом образца, но и его структурой, причем основное влияние оказывает размер зерна (мелкозернистые плотноупакованные осадки имеют больший предел прочности). В осадках меди, полученных с использованием импульсного реверсного тока, поверхность представляет собой сплошной континуум, между кристаллами нет четких границ [2]. В результате различие в морфологии роста этих осадков проявляется и в их физико-механических свойствах.

Для удовлетворительного объяснения данных, полученных на рисунках 2 и 3, когда при одной и той же катодной плотности тока микротвердость и предел прочности оказывались выше в импульсном режиме, требуется дальнейшее изучение.

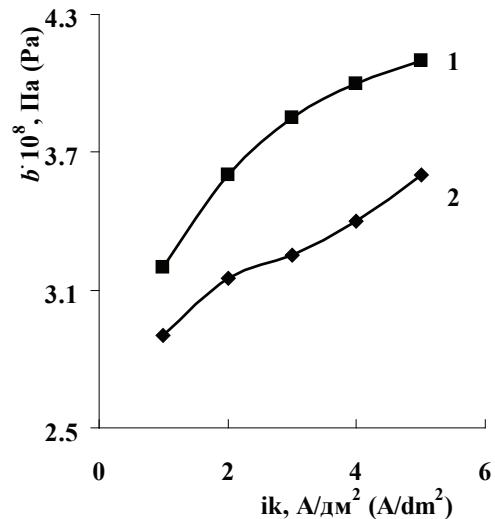


Рис. 3. Зависимость предела прочности (b) медных покрытий от плотности тока (i) при стационарном режиме (2) и от плотности тока (i_c) при импульсном реверсивном режиме (1).

Fig. 3. Dependence of strength (b) of copper coatings on current density (i) for a stationary mode (2) and on cathode C.D. (i_c) for pulse mode (1)

Пластичность, как и предел прочности, можно определить путем испытаний на растяжение покрытия, отделенного от образца. Пластичность в целом характеризуется общей величиной относительного равномерного удлинения dl/l при разрыве, но абсолютный результат измерений пластичности зависит от отношения длины образца к ширине и толщине [3]. В данной работе были получены зависимости пластичности от толщины образца (табл. 2).

Из таблицы 2 видно, что с увеличением толщины образцов их пластичность увеличивается. Возможно, это связано с тем, что при малых толщинах дислокации закреплены на поверхности, а с увеличением толщины медного покрытия может возрастать плотность подвижных дислокаций и их активация, что приводит к увеличению пластичности. Пластичность образцов, полученных с использованием импульсного реверсного тока (i_k 2,5 А/дм², i_a 5 А/дм², τ_k 20 мс и τ_a 1 мс), была больше, чем у образцов, полученных при стационарных условиях электролиза (i_k 2,5 А/дм²).

При получении электролитических осадков большой толщины возникают дополнительные осложнения, связанные с изменением структуры и шероховатости поверхности [4]. Одним из главных факторов, определяющих структуру и шероховатость поверхности гальванического осадка, является различие локальных плотностей тока на выступах и впадинах. Конечная шероховатость осадка определяется толщиной осадка, плотностью тока, интенсивностью перемешивания раствора электролита, шероховатостью подложки.

Исследования, проведенные в данной работе с использованием оптического интерферометра, показали, что шероховатость поверхности зависит также и от длительности обратного импульса, с увеличением которой она уменьшается (табл. 3, рис. 4). Эксперимент проводился при следующих режимах импульсного реверсного тока: i_k 4 А/дм², i_a 16 А/дм², τ_k 80; 160; 120 мс и τ_a 4; 12; 20 мс.

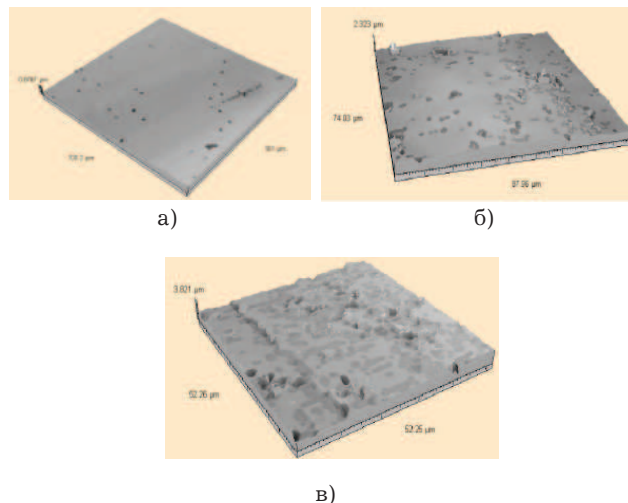


Рис. 4. Трехмерное изображение медного проводника ПП при длительности обратного импульса: а – 20 мс; б – 12 мс; в – 4 мс.

Fig. 4. The three-dimensional image of a copper conductor of software at duration of an anode impulse: a – 20 ms; b – 12 ms; c – 4 ms

Таблица 2. Пластичность медных осадков
Table 2. Ductility of copper deposits

Пластичность Ductility	Толщина образца (d), мкм Thickness of deposit									
	Стационарный электролиз Stationary electrolysis					Импульсный реверсивный электролиз Pulse plating				
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
$dl/l, \%$	3	5,5	8,5	11	12,5	4	7,7	10,9	12,2	13,4

Таблица 3. Зависимость шероховатости (Ra) медных осадков от длительности обратного импульса
Table 3. Dependence of copper deposits roughness (Ra) on duration of anodic impulse

№ пп	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\tau_k, \text{мс}$ $\tau_c, \text{мс}$	80			160			120		
$\tau_a, \text{мс}$ $\tau_a, \text{мс}$	20	12	4	20	12	4	20	12	4
Шероховатость (Ra), мкм	0,235	0,343	0,605	0,049	0,177	0,388	0,125	0,2	0,459

Применение импульсного реверсивного тока оказывает значительное влияние на образование и рост кристаллов, а также положительно повлияло на основные физико-механические свойства медного покрытия (микротвердость, предел прочности, пластичность и шероховатость).

Практическое исследование импульсных реверсивных технологий позволяет утверждать, что в связи со все более возрастающими требованиями к металлизации ПП импульсные режимы являются перспективным и надежным средством простого и эффективного управления структурой и свойствами медных покрытий, в частности микротвердостью, пластичностью, пределом прочности и шероховатостью.

Литература

1. Медведев А.М. Импульсная металлизация печатных плат // Технологии в электронной промышленности. - 2005. - №4. - С. 22-24.
2. Гамбург Ю. Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. – М.: Техносфера, - 2006. - 216 с.
3. Медведев А.М. Технология производства печатных плат. – М.: Техносфера, - 2005. - 360 с.
4. Левит М.Л. Высокоскоростное электрохимическое выделение меди // Электрохимия. - 1982 - Т.18. - №12. - С. 1587-1591.

Сведения об авторах

ФЕДОРОВА Елена Александровна, д-р тех. наук, проф., кафедра Производственная безопасность и экология, ГОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Минина, д. 24. Тел.: (831) 436-23-20; e-mail: elenafea@mail.ru

FEDOROVA Elena Aleksandrovna, doctor of technical sciences, professor, Dept. of Industrial safety and ecology, R.E. Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University 24, Minina str., 603950, Nizhny Novgorod, Russia. Tel.: +7 (831) 436-23-20; e-mail: elenafea@mail.ru

ХМЕЛЕВ Андрей Владимирович, аспирант, Тел.: (831) 436-63-12; e-mail: khmeleva@gzas.ru

KHMELYOV Andrei Vladimirovich, post-graduate student Tel.: +7 (831) 436-63-12; e-mail: khmeleva@gzas.ru

ГОЛОВУШКИНА Лирика Вацлавовна, канд. тех. наук, нач. центральной зав. лаб., ОАО «Горьковский завод аппаратуры связи им. А.С. Попова».Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Интернациональная, д. 100. Тел.: (831) 246-04-13; e-mail: gzasczl@ovi.com

GOLOVUSHKINA Lirika Vazlavovna, PhD, Head of central factory laboratory, «Gorki factory of communication equipment named by A.S.Popov», 100, International str., 603950, Nizhny Novgorod, Russia. Tel.: +7 (831) 246-04-13; e-mail: gzasczl@ovi.com

УДК 541.135

Изучение алкилбензольных электролитов алюминирования методом циклической вольт-амперометрии

Чернышев В.Е., Шавкунов С.П.

Ключевые слова: дуrol, алюминирование; алкилбензольный электролит; циклическая вольт-амперная кривая

Методом циклической вольт-амперометрии изучена кинетика обратимого восстановления алюминия из орто-ксилольного и ксилол-дуrolьного электролитов при разной концентрации дуrolа. Предложено использовать циклические вольт-амперограммы для определения процентного выхода по току алюминия в алкилбензольных электролитах. Установлено, что при концентрации дуrolа 15 мас.%, в свежеприготовленном ксилол-дуrolьном электролите наблюдается максимальный выход по току алюминия на катоде.

A Study of Alkyl-benzene Al Plating Baths Using Cyclic Voltamperometry

Chernyshev V.E., Shavkunov S.P.

Key words: durene, aluminizing; alkylphenyl electrolyte; cyclic volt-ampere curve

A method for the determination of cathode efficiency for the process of Al electrodeposition from o-xylene bath was proposed on the basis of the research carried out using cyclic voltammetry on Pt and Al electrodes (Figs.1-4). It was found that in as-prepared bath C.E. using Pt electrode is equal to 29% (Table 1). Both gravimetric and galvanostatic measurements gave C.E. $28 \pm 2\%$ (Tables 2,3). A study of durene-xylene baths with different durene concentrations by means of cyclic voltammetry with Pt electrode has shown that maximum C.E. for Al corresponds to the bath with durene concentration

of 15 mass.% (Table 4). Therefore there is no reason to use its higher content. Methyl groups in durene molecule are less flexible (with lower bond energy) than those in xylene. Ionization process in durene-xylene bath proceeds at higher rates than that in a purely xylene bath due to higher activity of methyl groups. As a result of this more active Al particles which later are reduced are formed. At higher durene concentrations than those corresponding to the maximum rate a retardation of ionization process has started. Association process of particles is probably starting which reduces electrochemical characteristics of the bath.

Введение

Одним из перспективных методов нанесения алюминия на электропроводящие материалы является осаждение его из алкилбензольных электролитов. Известный ксилольный электролит алюминирования дает возможность получать алюминиевые покрытия хорошего качества при комнатной температуре, имеет достаточно большой ресурс и способен работать в условиях огра-

ниченного контакта с атмосферой [1]. Однако, для свежеприготовленного раствора выход по току алюминия составляет не более 30%. Недостатком этого электролита является то, что для достижения рабочих характеристик катодного восстановления алюминия требуется длительная проработка раствора электрическим током. В работе [2] показано, что если в состав ксилольного электролита добавить в определенной пропорции дуrol,

то из нового по составу раствора удастся получить хорошие по качеству Al-покрытия с высоким выходом по току сразу после его приготовления. Исследование электрохимических характеристик методом циклической вольт-амперометрии (ЦВА) на инертном Pt-электроде ксилол-дурольного электролита с концентрацией AlBr_3 34,5% масс., дуrolа 8,7% масс. позволило предложить метод для определения катодного выхода по току Al [3]. В электролите такого состава во времени наблюдается расслаивание, причем верхняя фаза состоит из продуктов переалкилирования, а нижняя фаза имеет хорошую проводимость и в этой фазе происходит электровосстановление алюминия. Эффект расслаивания начинал проявляться примерно через 30 часов после приготовления. В указанном электролите катодный выход по току Al составил 87%. Увеличение концентрации AlBr_3 в алкилбензолном электролите до 51% масс. приводит к исчезновению процесса расслаивания, поэтому становится актуальной проблема оптимизации состава раствора по содержанию дуrolа.

Методики эксперимента

Электролиты алюминирования (ЭА) готовили при растворении в орто-ксилоле «ХЧ» составляющих: дуrolа «ХЧ» и безводного бромида алюминия «ЧДА». Концентрация AlBr_3 во всех растворах составляла 51% масс. Концентрацию дуrolа в ксилол-дурольном электролите изменяли с шагом 2,5% масс. от 2,5% масс. до 20% масс. Растворы имели темно-коричневую окраску, и представляли собой гомогенную систему. Электрохимические исследования были проведены по методике, представленной в работе [4], рабочими электродами служили: Pt-проволока, впаянная в стеклянный держатель, с видимой поверхностью электрода $0,23 \text{ см}^2$, и металлургический Al-электрод (А 99,99) площадь $0,35 \text{ см}^2$. Для воспроизведения чистой поверхности Pt-электрода его перед измерениями подвергали травлению в растворе 1М КОН и далее в концентрированной азотной кислоте, после чего промывали дистиллированной водой, ацетоном и сушили. Поверхность Al-электрода непосредственно перед измерениями зачищали шлифовальной шкуркой, обезжиривали в хлористом метиле и сушили на воздухе. В качестве электрода сравнения применяли бромидсеребряный электрод, обратимый относительно бромид-ионов, концентрация которых оставалась постоянной при проведении поляризационных измерений. Для проверки стабильности потенциала электрода сравнения во времени проводили измерения ЭДС в паре со стандартным хлоридсеребряным электродом в растворе, содержащем 0,1М бромида и хлорида калия. Значение ЭДС состав-

ляло 22 мВ и не менялось в течение 12 часов [5]. Потенциодинамические измерения проводили с помощью универсального автоматизированного прибора для электрохимических исследований «Solartron Analytical -1280С», скорость развертки потенциала составляла 2 мВ/с, поляризационные экспериментальные данные представлены относительно бромида серебра электрода сравнения. Количество электричества (Q, Кл) для определенных участков ЦВА рассчитывали на основе полученных экспериментальных данных, используя массивы значений ток - время.

Экспериментальная часть

Целью данной работы явилось изучение количественных характеристик процессов осаждения - растворения Al на Pt-электроде методом ЦВА в среде ЭА. При снятии циклической кривой происходит «захватывание» областей с разными плотностями катодного тока, где процент выхода по току металла может существенно отличаться. Поэтому, необходимо, используя другие методы определения этого показателя, убедиться в достоверности получаемых данных. Так же необходимо подобрать оптимальный режим записи ЦВА для выполнения последующих расчетов.

На рис.1 представлена ЦВА кривая на Pt-электроде в орто-ксилольном ЭА. Поляризацию электрода проводили из анодной области потенциалов (1,5 В) в катодную (-0,8 В) – это прямой ход и обратно (от -0,8 В до 1,5 В) – обратный ход.

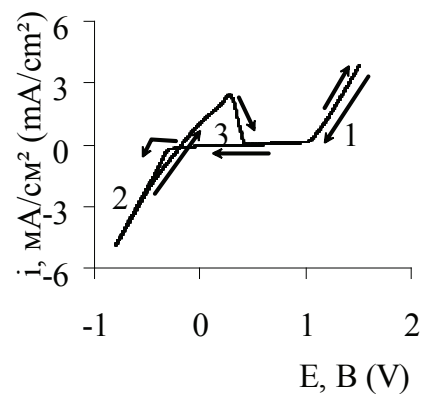


Рис.1. ЦВА кривая в орто-ксилольном электролите на Pt-электроде:

1. – область анодного окисления компонентов ЭА;
2. – область катодного восстановления Al,
3. – область анодного растворения Al при обратном ходе поляризации.

Fig. 1. CVA curve in ortho-xylene electrolyte on Pt-electrode:

1. – area of anodic oxidation electrolyte compounds;
2. – area of cathodic Al reduction; 3. – area of anodic Al dissolution in reversible polarization

При положительных потенциалах (область 1) на ЦВА кривой наблюдается изменение тока, связанного с окислением компонентов электролита на Pt-электроде. Область потенциалов (2) соответствует катодному восстановлению Al на Pt (прямой и обратный ход), а область (3) с максимумом тока возникает только при наличии осажденного Al на Pt-электроде при катодных потенциалах в области (2) и соответствует процессу растворения осажденного металла с поверхности. Расчет количества электричества в области потенциалов (3) соответствует количеству электричества, необходимого для полного растворения осадка алюминия.

На рис.2 представлены ЦВА кривые для Pt и Al- электродов, причем кривая (1) получена на алюминированном Pt-электроде (алюминий осаждали из орто-ксилольного ЭА при i_k 10 мА/см² в течение 20 минут, что обеспечило получение плотного осадка алюминия достаточной толщины). Показано, что для хорошо алюминированного Pt-электрода при поляризации из катодной области в анодную в интервале потенциалов от -0,8 В до +1,0 В анодный пик в области 3 не наблюдаются, поскольку весь осадок алюминия не успевает полностью раствориться с поверхности Pt-электрода при такой скорости развертки потенциала.

Совпадение поляризационных кривых 1,2 на рис.2 при снятии ЦВА указывает на то, что осадок Al свободно растворяется при анодных потенциалах с обоих электродов, однако поверхность Pt-электрода при этом не освобождается полностью от Al в первом случае, а для второй кривой поверхность Al-электрода меняется незначитель-

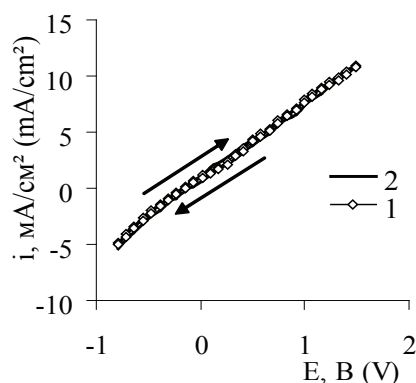


Рис.2. ЦВА кривые в орто-ксилольном электролите: 1. – на алюминированном Pt-электроде; 2. – на Al (A 99,99) электроде.

Fig. 2. CVA curve in ortho-xylene electrolyte: 1. – on aluminizing Pt-electrode; 2. – on Al (A 99,99) electrode

но. Алюминированный электрод ведет себя точно также как и обычный алюминий. При изучении этих электродов в этих условиях сказать что-то определенное о выходе по току основного металла в электролите невозможно.

С помощью метода ЦВА изучали механизм процесса восстановления Al в орто-ксилольном электролите на чистой Pt поверхности с разной глубиной развертки потенциалов в катодную область. Поляризацию электрода проводили циклически, начинали в анодной области при потенциале 1,5 В, меняя его значение в катодную область с шагом 0,1 В до 1) -0,3 В, 2) -0,4 В, 3) -0,5 В, 4) -0,6 В, 5) -0,7 В, 6) -0,8 В.

На ЦВА кривой, снятой в диапазоне от 1,5 В до -0,3 В, пик растворения Al с Pt не наблюдается, что указывает на то, что Al при этих катодных потенциалах не восстанавливается в заметных количествах.

При развертке потенциала в катодной области до -0,4 В (рис.3) при обратном ходе фиксируется анодный пик растворения Al с поверхности Pt. Процесс восстановления Al на Pt начинается при потенциале -0,33 В, что видно из ЦВА. На обратном ходе кривой образуется гистерезис тока, который объясняется тем, что восстановление Al идет уже на алюминированной поверхности электрода при более низких значениях перенапряжения осаждения металла.

Площадь под пиком растворения Al с Pt-электрода при обратном ходе ЦВА зависит от глубины развертки потенциала в катодную область потенциалов, т.е. от массы Al, осажденного на поверхности Pt. Эта серия исследований на Pt-элек-

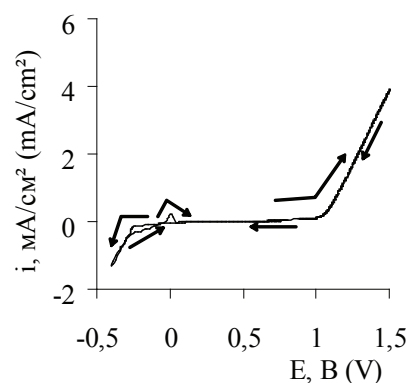


Рис.3. ЦВА кривая в орто-ксилольном электролите на Pt-электроде (от 1,5 В до -0,4 В).

Fig. 3. CVA curve in ortho-xylene electrolyte on Pt-electrode (from 1,5 V to -0,4 V)

троде показала, что в катодной области потенциалов параллельно основному процессу протекают реакции, которые не приводят к восстановлению Al. Таким образом, необходимо подобрать условия поляризации Pt-электрода так, чтобы на ЦВА кривых фиксировался пик анодного растворения металла. В этом случае, можно проводить расчеты, основанные на определении отношения количества электричества на восстановление металла в катодной области потенциалов к количеству электричества на анодное растворение Al в данном электролите.

Принцип вольтамперометрического определения катодного выхода по току металла для ЭА заключается в расчете $Q_{\text{Кат}}$, идущего на восстановление металла и сопоставлении его с $Q_{\text{Ан}}$, полученным при анодном растворении [3]. Чтобы рассчитать эти соотношения использовался двухмерный массив данных «плотность тока – время», полученных в методе ЦВА. После проведенных расчетов данные представляли в координатах «плотность тока – количества пропущенного электричества» (рис.4).

В данной системе координат знак тока определяет тип процесса: отрицательные токи соответствуют реакции восстановления, положительные – окислению. Окислительные процессы могут быть двух типов: 1 – растворение Al, 2 – окисле-

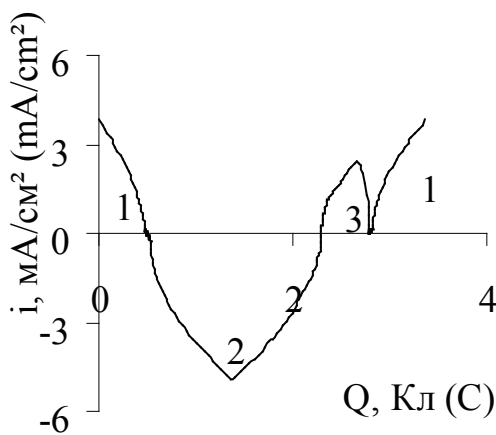


Рис.4. Диаграмма количество электричества – плотность тока, полученная из ЦВА в орто-ксилольном электролите на Pt-электроде (от 1,5 В до -0,8 В): 1.– область анодного окисления компонентов электролита; 2. – область катодного восстановления Al, 3. – область анодного растворения Al.

Fig. 4. Diagram of charge vs. current density, obtained from CVA curve in ortho-xylene electrolyte on Pt-electrode (from 1,5 V to -0,8 V). 1. – area of anodic oxidation electrolyte compounds; 2.– area of cathodic Al reduction; 3. – area of anodic Al dissolution

ние компонентов электролита [3]. Было показано, что с алюминированного Pt-электрода алюминий растворяется полностью и его масса пропорциональна количеству электричества, затраченного на анодное растворение металла. Количество электричества, соответствующее интересующим нас процессам, определяется по оси абсцисс как разность значений в начале и конце процесса. Начало процесса восстановления Al при оценке $Q_{\text{Кат}}$ брали от точки, соответствующей потенциалу -0,33 В, так как до этого потенциала протекают процессы, не связанные с осаждением Al. В табл.1 приведены данные расчетов количеств электричества, затраченных на восстановление и полное растворение Al в зависимости от глубины развертки потенциала в катодную область.

Методом гравиметрии показано, что при электроосаждении Al из свежеприготовленных орто-ксилольных электролитов выход по току возрастает при увеличении катодной плотности тока до 5 mA/cm^2 , после чего начинает убывать (табл. 2).

Параллельно в свежеприготовленном орто-ксилольном электролите методом гальваностатических кривых провели серию измерений по определению катодного выхода по току Al. Для этого на Pt-электрод осаждали алюминий при постоянной плотности тока в течение определенного отрезка времени. Затем знак тока меняли на анодный и по изменению значения потенциала электрода определяли время полного растворения осажденного Al. Зависимость изменения потенциала электрода от времени анодной поляризации представлена на рис. 5.

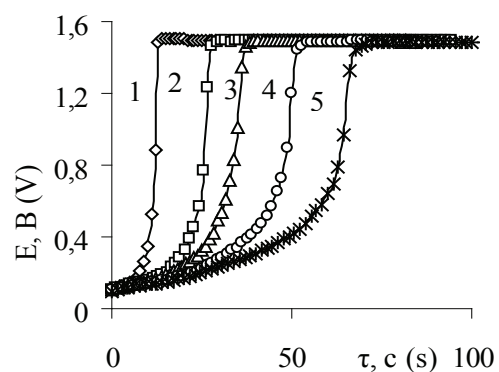


Рис.5. Зависимость потенциала Al/Pt-электрода от времени анодной поляризации при i_a 2,5 mA/cm^2 . Время осаждения Al при i_k 2,5 mA/cm^2 : 1. – 60 сек, 2. – 120 сек, 3. – 180 сек, 4. – 240 сек, 5. – 300 сек.

Fig. 5. Potential of Al/Pt-electrode vs anodic polarization duration at i_a 2,5 mA/cm^2 . Al plating time at i_k 2,5 mA/cm^2 : 1. – 60 s, 2. – 120 s, 3. – 180 s, 4. – 240 s, 5. – 300 s

Табл. 1. Результаты расчетов параметров с ЦВА в орто-ксилольном ЭА.
Table 1. Results of calculation parameter of CVA curve in ortho-xylene electrolyte EA.

Катодная глубина развертки Cathodic gamut scan	Катодное Q, Кл Cathodic Q, C	Анодное Q, Кл Anodic Q, C	Выход по току, % C.E., %
-0,8	1,7811	0,5203	29,2
-0,7	1,4848	0,3992	26,9
-0,6	1,0715	0,2453	22,9
-0,5	0,7351	0,089	12,1
-0,4	0,4571	0,0224	4,9

Табл. 2. Выход по току алюминия, рассчитанный по данным гравиметрии образцов, полученных при разных i_k в свежееприготовленном орто-ксилольном ЭА.

Table 2. C.E of Al calculated from gravimetry Al-samples obtained at different cathodic current densities from as prepared ortho-xylene solution

i_k (mA/cm ²) i_k (mA/cm ²)	Выход по току, % C.E., %
1	17±3%
2,5	23±2%
5	29±3%
10	28±2%
20	27±2%
25	23±2%

Как видно из кривых, гальваностатический процесс растворения Al с поверхности Pt сопровождается смещением потенциала электрода в анодную область. Вид кривых определяется реакцией окисления Al и характером изменения состояния поверхности рабочего электрода. Момент полного растворения Al на кривых отмечен точкой перегиба, после которой потенциал электрода не меняется. При выбранной методике гальваностатической поляризации рабочего электрода постоянным по величине током ($i_k = i_a$) катодный выход по току определяется из отношения времени растворения Al к времени его осаждения.

В табл. 3. представлены результаты расчетов выхода по току Al по данным гальваностатических измерений, полученных при разных плотностях тока. Представленные данные показывают, что в исследуемом электролите алюминирования выход по току основного металла составляет 30% ±1%. Как видно из табл. 3 катодный выход по току Al, полученный из гальваностатических кривых, согласуется с данными, полученными методом гравиметрии при разных плотностях тока (Табл. 2). Такие же выводы о величине оптимального выхода по току алюминия можно сделать при анализе ЦВА кривой, полученной со скоростью развертки

2 мВ/с в катодную область до потенциала -0,8 В. При более катодных потенциалах (-1,0 В) возможно осаждение алюминия в таком количестве, что пик анодного растворения будет накладываться на кривую анодного окисления компонентов электролита и расчет Q_{An} будет затруднен.

Практический интерес представляет использование метода ЦВА при разработке оптимальных составов электролитов алюминирования на основе ксилола. В модифицированных ксилол-дурольных электролитах с разной концентрацией дурола приведена серия экспериментов по изучению поляризации Pt-электрода. На рис.6, для примера, представлены ЦВА кривые, полученные в растворах с концентрацией дурола 10, 15 и 20 мас.%, %.

Анализ ЦВА кривых показал, что при увеличении концентрации дурола в ксилол-дурольном электролите до концентрации 15% масс. происходит увеличение наклонов ПК как в катодной, так и в анодной областях потенциалов и это сопровождается возрастанием количества осажденного Al, что приводит к увеличению площади под пиком анодного растворения. При концентрации дурола в электролите > 15 мас.%, % наблюдается стабилизация выхода по току алюминия, рассчитанного

Табл. 3. Зависимость выхода по току Al от времени поляризации при росте поляризующего тока.
Table 3. C.E. of Al vs time polarization at different cathodic C.D

время катодного осаждения Time of plating	Плотность тока, при которой происходило осаждение-растворение Al Current density of Al plating-dissolution							
	1 мА/см ² (mA/cm ²)		2,5 мА/см ² (mA/cm ²)		5 мА/см ² (mA/cm ²)		10 мА/см ² (mA/cm ²)	
	время р-рения Dissolution time	ВТ, % С.Е.	время р-рения Dissolution time	ВТ, % С.Е.	время р-рения Dissolution time	ВТ, % С.Е.	время р-рения Dissolution time	ВТ, % С.Е.
60	9,0	15,0	13	21,7	18,5	30,8	18,5	30,8
120	17,5	14,6	28	23,3	36,0	30,0	37,0	30,8
180	26,5	14,7	39,5	21,9	55,0	30,6	55,5	30,8
240	35,5	14,8	54	22,5	72,0	30,0	74,5	31,0
300	44,0	14,7	69	23,0	91,0	30,3	93,0	31,0

на основе ЦВА кривых при этих условиях эксперимента. В табл. 4 представлены результаты расчетов выхода по току алюминия, полученные при снятии ЦВА для исследованных концентраций.

Введение в ксилольный электролит дурола в концентрации 2,5% масс. приводит к увеличению

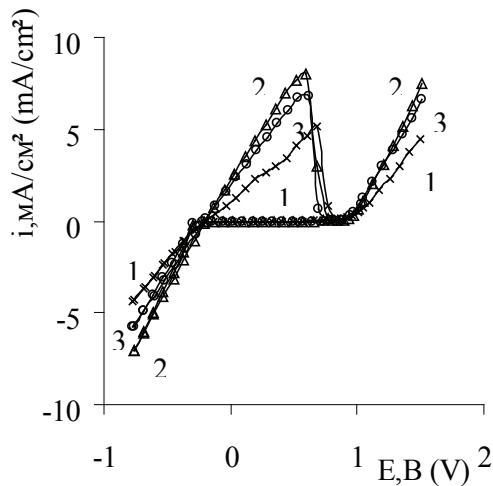


Рис.6. ЦВА кривые, полученные на Pt-электроде при электроосаждении Al в ксилол-дурольных электролитах (от +1,5 В до -0,8 В). Содержание дурола: 1.-10% масс.; 2.- 15% масс.; 3.-20% масс.

Fig. 6. CVA curve in ortho-xylene electrolytes at Pt-electrode (from +1,5 V to -0,8 V).

Durene concentration: 1.-10% mass.; 2.-15% mass.; 3.-20% mass

выхода по току почти в два раза по сравнению с ВТ в орто-ксилольном ЭА. Дальнейшее увеличение концентрации до 15% масс. приводит к увеличению выхода по току Al, при более высоких концентрациях дурола наблюдается стабилизация ВТ. Таким образом, введение в орто-ксилольный ЭА дурола в концентрации более 15% масс. не целесообразно. Роль дурола в составе ЭА, можно объяснить на основе изменения энергии связи алкильных радикалов с ароматическим кольцом. Метильные группы в дуроле являются более подвижными для перестановок и перемещений в химических реакциях (с меньшей энергией связи с ароматическим кольцом), чем в ксилоле. Вследствие большей активности метильных групп процесс ионизации в ксилол-дурольном ЭА протекает с большей скоростью, чем в ксилольном. В результате получается больше ионизированных Al активных комплексов ($Al_2Br_7^-$, $[Al_2Br_5C_8H_{10}]^+$ и $[CH_3AlBr_3]^+$) [1], из которых происходит последующее восстановление Al. При увеличении концентрации дурола выше определенного значения в электролите достигаются условия торможения процесса ионизации. Это могут быть процессы ассоциации частиц, которые приводят к уменьшению выхода по току.

Выводы

Анализ данных, полученных при снятии ЦВА кривых, позволил определить выход по току из исследуемых электролитов алюминирования, корректность полученных результатов была подтверждена серией гравиметрических и гальва-

Табл. 4. Результаты расчетов параметров с ЦВА в ксилол-дурольных ЭА.
Table 4. Results of calculation parameters of CVA curve in xylene-durene electrolyte EA.

Концентрация дурола, масс. % в ЭА, Durene concentration mass.% in solution	Катодное Q, Кл Cathodic Q, C	Анодное Q, Кл Anodic Q, C	Выход по току, % С.Е., %
0	1,7811	0,5203	29,2
2,5	1,7828	0,9879	55,4
5	1,7890	1,4407	80,5
7,5	1,7890	1,5901	88,9
10	1,9002	1,8395	96,8
12,5	2,3991	2,3250	96,9
15	2,8573	2,7899	97,6
17,5	2,7011	2,6150	96,8
20	2,2848	2,2091	96,7

ностатических экспериментов. Установлено, что максимальный катодный выход по току для ксилол-дурольного ЭА наблюдаются при концентрации дуrolа 15% масс. Данный способ определения выхода по току Al имеет своим преимуществом отсутствие необходимости проводить длительные эксперименты по электроосаждению Al при изучении работоспособности электролитов.

Список литературы

1. Спиридонов Б.А. Электроосаждение и структура алюминия, осажденного из ксилольных электролитов // Гальванотехника обработка поверхности. – 2009. – Т. 17, № 2. – С.28-35.
2. Корзанов В.С., Халдеев Г.В., Шавкунов С.П. Исследование электрической проводимости и импедансных характеристик эфирно-гидридного и ксилольного электролитов алюминирования // Электрохимия. – 1994. – Т. 30, № 2. – С.190-194.
3. Шавкунов С.П., Чернышев В.Е. Исследование кинетики обратимого восстановления алюминия в ксилол-дурольном электролите // Ползуновский вестник. – 2009. – № 3. – С.107-112.
4. Шавкунов С.П., Чернышев В.Е., Польшина Е.Ю., Смелтер А.А. Исследования электрохимических свойств ксилол-дурольного и ксилольного электролитов алюминирования // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2010. – Т. 18, № 3. – С.35-40.
5. Шавкунов С.П., Стругова Т.Л. Электродные процессы при электроосаждении алюминия в ароматических растворителях // Электрохимия, 2003, - Т 39, №6. – С.714-721.

Сведения об авторах

Чернышев Валентин Евгеньевич, аспирант, магистр химии; кафедра физической химии, химический факультет, Пермский государственный университет, Россия, ул. Букирева, 15, г. Пермь, Пермский край, 614990; тел. 89082736266; e-mail: chernyshev_@mail.ru

Chernyshev V.E. postgraduate student, Perm State University, Russia; tel. +79082736266; e-mail: chernyshev_@mail.ru

Шавкунов Сергей Павлович, к.х.н., доцент, тел. 89129846424; e-mail: shavkunov@psu.ru

Shavkunov S.P. PhD, ass.prof. tel.: +79129846424; e-mail: shavkunov@psu.ru



ОАО «ИЖЕВСКИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД «КУПОЛ»

Россия, г. Ижевск, 426033, Песочная, 3, ОАО «ИЭМЗ «Купол», НИЦ 083

Директор НИЦ – Ковязин Юрий Владимирович

Телефоны: (3412) 90-30-68, 90-30-69, факс: (3412) 90-30-68

e-mail: techpro-ur@mail.ru

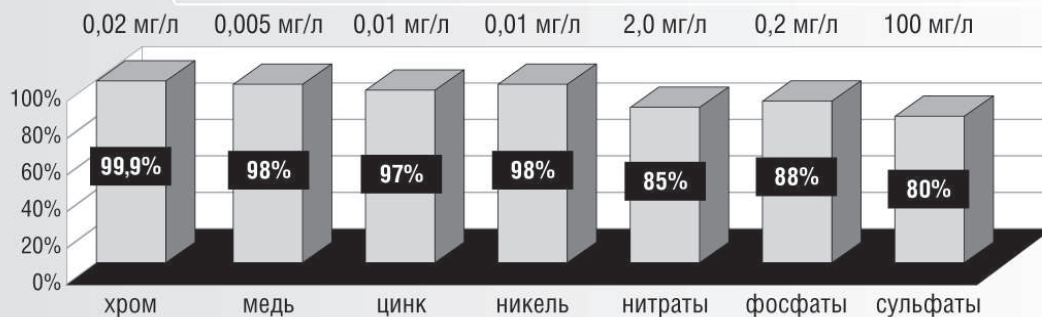


ЭФФЕКТИВНАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Научно-инновационный центр оборонного предприятия «Купол» разрабатывает и успешно внедряет комплексную технологию биохимической очистки стоков с использованием бактерий.

Технология оптимальна для очистки стоков гальванических производств.

Уникальность технологии заключается в высокой степени очистки стоков от ионов металлов при снижении общего солесодержания (нитраты, фосфаты, сульфаты).



Эффективность очистки производственных сточных вод при использовании биохимической технологии

Предлагаемая технология является комплексной и включает анаэробную биохимическую очистку и физико-химическую очистку производственных сточных вод.

В основе биохимической очистки лежит обработка стоков культурой сульфатредуцирующих микроорганизмов. Эти анаэробные бактерии обладают способностью восстанавливать сульфаты до сероводорода с одновременным окислением органических веществ. Сероводород вступает в химические реакции с ионами тяжелых металлов, образуя нерастворимые сульфиды.

Физико-химическая очистка включает удаление образующегося осадка (отстаивание), фильтрацию и обеззараживание (озонирование, хлорирование, УФО).

Основные преимущества комплексной биохимической технологии:

- высокая степень очистки сточных вод от ионов металлов;
- низкие эксплуатационные затраты;
- простота и надежность в эксплуатации.

Подробное описание технологии и принципиальная схема биохимической очистки представлены на сайте предприятия www.kupol.ru в разделе «Услуги».

Металлизация пластмасс. Основы и процессы, современное состояние и разработки, нацеленные на будущее

Брандес М.

Ключевые слова: пластмассы, подготовка поверхности, полиамид, металлизация

Описаны способы подготовки пластмасс типа ABS и ABS/PC с применением технологии прямой металлизации Futuron компании АТОТЕХ, а также возможность подготовки поверхности пластмассы типа полиамид (РА), который является более прочным и жестким по сравнению с пластмассами типа ABS и ABS/PC, с помощью новой системы Noviganth PA, исключающей применение смеси хромовой и серной кислот.

Plating on Plastics. Fundamentals and processes, state-of-the-art and future development

Brandes M.

Key words: plastics, polyamide, pre-treatment, metallization

The nineties saw a revolution in metal-plating of plastics: The Futuron technology developed by АТОТЕСН for the first time allowed direct plating coatings of plastic surfaces. The main edge of Futuron over conventional techniques is seen in the fact that all the steps inherent in electroless metal-plating become unnecessary. In the conventional process, electroless chemical nickel and copper baths were used after the plastic surface had been prepared and activated. The galvanic coating was then applied to the electroless chemical deposition. With Futuron no electroless chemical metal plating

is used. A potential source of error is thereby eliminated in the plating-on-plastics process.

In recent years, polyamide (РА) has proved to be a plastic material suitable for a great variety of industrial applications. Atotech's new polyamide pre-treatment method, Noviganth PA, offers many benefits for the electroplater, as no chromic-sulfuric acid is needed. The system is distinguished among other things by its ease of use and short but reliable pretreatment. The Noviganth PA system is especially suitable for mineral filled polyamides which, for example, are used for door handles in the automotive industry.

Современные процессы металлизации пластмасс

Началом использования металлизации пластмасс в промышленном масштабе можно считать шестидесятые годы прошлого века. В то время было установлено, что пластмасса типа ABS (акрилонитрилбутадиенстирол) имеет отличные характеристики формования и может быть прекрасной основой для осаждения покрытия с хорошим сцеплением. Сегодня в металлизации пластмасс произошли заметные изменения и нововведения. В наши дни, как и прежде, для де-

коративных покрытий применяют металлизацию пластмасс типа ABS и ABS/PC (поликарбонат) (рис.1) в качестве основы, но используют и новые материалы как для декоративных, так и для функциональных покрытий, которые приобретают все большее значение в этой области. Это большой вызов для специалистов-гальваников, т.к. на применяемые в качестве основы материалы не всегда возможно осаждение покрытия с помощью привычных технологий (т.е. с применением хромовой и серной кислот при подготовке поверхности). Поэтому возникла необходимость разработки новых

систем и процессов с учетом новых требований. Сегодня, кроме традиционных технологий, существуют и альтернативные процессы.

В последнем десятилетии прошлого века произошла настоящая революция в области металлизации пластмасс: технология Futuron, разработанная компанией «Atotech», впервые позволила использовать метод прямого осаждения покрытия на поверхность пластмасс (Табл.1). Главное отличие технологии Futuron от традиционных технологий (например, Noviganth **AK**) состоит в том, что исключаются многие стадии процесса, характерные для химического осаждения покрытия на диэлектрик.

В традиционных технологиях после подготовки и активирования поверхности пластмасс

применяются химическое никелирование или химическое меднение. Затем на осажденное химическим методом покрытие наносят гальваническое покрытие. Технология Futuron исключает химическое осаждение металла, а тем самым и главный источник погрешностей и отклонений в процессе металлизации пластмасс.

До сих пор, как и много лет назад, для травления поверхности пластмасс типа ABS и ABS/PC применяют хромовую и серную кислоту. Сейчас появилась возможность применения альтернативных растворов для травления, что позволяет осаждать отлично сцепленные покрытия на разные типы пластмасс, что прежде считалось невозможным. Для этого используются средства для набухания, в качестве которых обычно выступают

Таблица 1. Сравнение современных процессов Noviganth **AK** и Futuron
Table 1. Process Noviganth **AK** vs. Futuron

Стандартный процесс декоративной металлизации Noviganth AK : Традиционный метод Standard decorative: conventional	Стандартный процесс декоративной металлизации Futuron : Прямое осаждение Standard decorative: Direct plating
Очистка (не обязательно) Cleaning (option)	Очистка (не обязательно) Cleaning (option)
Травление в смеси хромовой и серной кислот Chromic Sulfuric Acid	Травление в смеси хромовой и серной кислот Chromic Sulfuric Acid
Восстановление Cr ⁶⁺ Cr ⁶⁺ reduction	Восстановление Cr ⁶⁺ Cr ⁶⁺ reduction
Преактивирование Pre Dip Solution	Преактивирование Pre Dip Solution
Pd/Sn-активирование Pd/Sn-activator	Pd/Sn-активирование Pd/Sn-activator
Удаление гидроксидов олова Removal of Tin Hydroxides	Создание электропроводного слоя меди; Cu-Link
Хим. никелирование Electroless Nickel	
Предварит. Никелирование Nickel Strike	
Электролитическая металлизация Electrolytic Metallization	Электролитическая металлизация Electrolytic Metallization

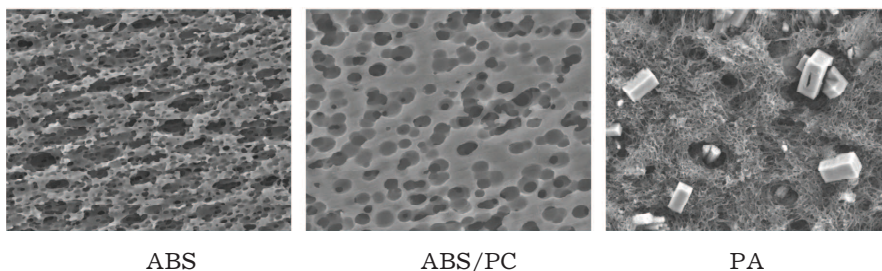


Рис. 1. Пластмассы типов ABS и ABS/PC после обработки в смеси хромовой и серной кислот, полиамид (PA) после набухания

Fig. 1. ABS and ABS/PC after the chromic-sulfuric acid, PA after swelling

органические растворители в сочетании с последующей стадией кондиционирования (дополнительное изменение поверхности пластмассы для увеличения адсорбции палладиевого активатора).

**Новое поколение процессов
металлизации пластмасс**

Технологический процесс, пригодный для одного типа пластмасс, может совсем не подходить к другому типу, т.к. разные типы пластмасс отличаются различными характеристиками. Даже незначительное отклонение характеристик пластмассы от типичных может привести к необходимости изменения методов подготовки поверхности пластмасс. Разные пигменты и наполнители также влияют на характеристики пластмассы. Нельзя также игнорировать и влияния литья пластмассы перед процессом осаждения металла.

В последние годы было обнаружено, что пластмасса типа полиамид (РА) подходит для многих областей применения. Полиамид является более прочным и жестким по сравнению с пластмассами типа ABS или ABS/PC. Т.к. полиамид термопластический материал, его можно обрабатывать в жидком состоянии. Температура его эксплуатации находится в диапазоне от -30°C до примерно 110°C . Полиамид отличается высокой прочностью при ударе, незначительной эластичностью, износостойкостью и низким коэффициентом трения [1]. Невысокая вязкость расплавленных полиамидов значительно упрощает работу. К тому же полиамиды отличаются особыми физическими характеристиками, небольшим удельным весом и их производство характеризуется небольшими издержками.

Полиамиды различаются по числу полярных групп амидов (РА 6, 11, 12, 66), которые также определяют отличие материала от пластмасс типа ABS и ABS/PC. В то же время, применение раствора травления на основе хромовой кислоты для обработки поверхности не обеспечивает требуемого состояния поверхности полиамида. Другим фактором, влияющим на подготовку поверхности полиамида, является природа наполнителя (обычно это минеральные вещества, например, стекловолокно), что необходимо учитывать [2, 3]. В связи с этим, компания «Atotech» разработала новый метод подготовки поверхности полиамида – Noviganth PA, который отличается множеством преимуществ. В первую очередь, в этом методе исключено использование смеси хромовой и серной кислот. Процесс не сложен в применении, стабилен, а также экономичен (сократилось количество стадий процесса). Надёжность процесса подготовки новых материалов основы с применением специального раствора набухания и кондиционирования

– еще одно преимущество применения нового поколения металлизации пластмасс.

Система Noviganth PA особо рекомендуется для полиамидов с минеральными наполнителями, используемыми для различных деталей автомобильной промышленности и рукояток дверей (рис.3).



Рис. 2. Образец применения в сантехнической промышленности

Fig. 2. Application examples sanitary industry

Таким образом, металлизация прочной, но легкой по весу пластмассы, какой является полиамид, весьма оправдана для машиностроения, поскольку уменьшается масса автомобиля, а, следовательно, и потребление топлива.

При металлизации пластмасс внешний вид и сцепление покрытия с основой деталей очень зависят от структуры поверхности. Вышеупомянутые стадии набухания и кондиционирования должны обеспечить однородную шероховатость и функциональность обрабатываемой поверхности. Эти стадии обработки создают идеальную основу для последующей стадии активации поверхности в растворах, содержащих ионы драгоценных металлов,



Рис.3. Образец применения в автомобильной промышленности

Fig. 3. Application example automotive industry

обычно - палладий. Только оптимизация процесса подготовки поверхности и его активация гарантируют осаждение отлично сцепленного с основой металлического покрытия, например, никелевого.

Выводы

Новый процесс компании АТОТЕХ «Noviganth PA» даёт возможность осаждать хорошо сцеплённое с поверхностью полиамида, декоративное покрытие, что позволяет расширить спектр пластмасс, применяемых в производстве. Модификация метода подготовки поверхности полиамидов даёт множество преимуществ:

1. Отказ от применения смеси хромовой и серной кислот, облегчает процесс с технической точки зрения

2. Делает процесс более экологичным вследствие отсутствия Cr (VI).

3. Уменьшает затраты на утилизацию растворов травления.

Разработанные компанией АТОТЕХ процессы металлизации пластмасс различных типов (ABS, ABS/PC, PA, PC и др.) позволяют расширить номенклатуру производимых деталей в автомобильной и сантехнической отраслях промышленности (рис.2).

Литература

1. Domininghaus, H. Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften, 5. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Springer –1998.
2. Witt, W. Polymer blends—report on the state of the technology // Kunststoffe – 1983 – 9 - S. 498-504
3. Fahnler F., Merten J. Polymermodifizierte Polyamide // Kunststoffe - 1985 - 75 - S. 157-163
4. Kunststoff-Metallisierung, Eugen G. Leuze Verlag, Saulgau Wurt. -1991
5. Brandes M., Dr. Fels C. Der springende Punkt //, MO Nr. 9 (2002).

Сведения об авторе:

Брандес М., руководитель отдела маркетинга, АТОТЕХ Германия, Гмбх, Эрасмус 20, 10553, Берлин, Германия, Tel. + 49 30 34985 748, Fax + 49 30 34985 487, Email: mariola.brandes@atotech.com; ; www.atotech.com

Brandes M., WW Product Manager POP/Cu, Atotech Deutschland, GmbH Erasmustrasse 20, Tel. + 49 30 34985 748, Fax + 49 30 34985 487, E-mail: mariola.brandes@atotech.com; www.atotech.com



ООО «СОНИС»

Современные химико-гальванические технологии

Москва • Тел.: (495) 545-76-24, 517-46-51, (499) 272-24-08 (факс)

<http://www.sonis-co.ru> • E-mail: info@sonis-co.ru

Мы помогаем
цеховым
технологам
находить
оптимальные
решения!



Байзульдин Булат Мукаевич
Доцент, канд. наук
Генеральный директор ООО «СОНИС»

ООО «СОНИС» поставляет
блескообразующие и другие
добавки, специальные
химические композиции,
препараты, составы для

- ОБЕЗЖИРИВАНИЯ
- ТРАВЛЕНИЯ
- ЦИНКОВАНИЯ (Zn)
- ХРОМАТИРОВАНИЯ
- МЕДНЕНИЯ (Cu)
- НИКЕЛИРОВАНИЯ (Ni)
- ХРОМИРОВАНИЯ (Cr)
- ФОСФАТИРОВАНИЯ
- ХОЛОДНОГО ЧЕРНЕНИЯ

УДК 621.794.62

Особенности фосфатирования стальных деталей в низкотемпературных растворах методом погружения

Мамаев В.И., Шишкина С.В.

Ключевые слова: фосфатирование; свободная кислотность; общая кислотность; плотность загрузки; шламообразование; стабильность растворов фосфатирования

На основании опыта практического применения низкотемпературных растворов для фосфатирования методом погружения показано, с какими проблемами при этом приходится сталкиваться и предложены пути их решения. Приведены результаты исследований влияния величины плотности загрузки деталей в ванне фосфатирования на свободную кислотность, шламообразование и стабильность фосфатирующих растворов. Предложены способы снижения шламообразования и повышения стабильности фосфатирующих растворов. Показана возможность увеличения межкорректировочной производительности за счёт расширения диапазона свободной кислотности. Показано, что замена высокотемпературных растворов фосфатирования на низкотемпературные не приводит к существенной экономии тепловой энергии. Разработан способ регенерации шламовых накоплений непосредственно в ванне фосфатирования.

Specific Features of the Phosphating of Steel Parts by Immersion Process at Low Solution Temperature

Mamaev V.I., Shishkina S.V.

Key words: phosphating, free acid content, total acid content, specific work pieces area, stability of phosphating solutions

Experiments have shown that operation at lower temperatures results in more narrow operating range of overall and free acidity as well as in decreasing solution stability. In the present work practical measures have been worked out to reduce sludge formation and to improve solution stability. Laboratory and industrial tests have demonstrated that specific surface area of work pieces is an important factor influencing the initiation and the intensity of sludge formation due to its effect on the local reduction free acidity (Fig.1) Results are given on the effect of free acidity of sludge formation and the stability of phosphating solutions. A chance for the increase in the surface area of work pieces treated between the two successive replenishment opera-

tions by using wider range of free acidity have been demonstrated (Fig.2). An effect of the specific area of parties mounted on a rack on the efficiency of the utilization of the phosphating solution has been studied. The efficiency has been shown to decrease from 95% to 65%, if the specific area is increased from 0,5 to 3 dm²/l (Fig.3). A method for the regeneration of sludge by adding concentrated phosphoric acid to a slurry layer has been proposed and the dynamics of its dissolution depending on the amount of acid added has been studied (Fig.4). A study of operating temperatures has been shown that the replacement of high-temperature solutions by low-temperature ones does not give substantial reduction in the consumption of thermal energy.

Введение

Фосфатирование является одним из наиболее энергоёмких процессов, так как рабочие температуры, традиционно используемых в промышленности растворов фосфатирования, достигают 95–97 °С. В настоящее время разработано довольно много низкотемпературных фосфатирующих концентратов, позволяющих существенно снизить энергозатраты [1,2].

Шлам, образующийся в процессе фосфатирования в горячих растворах, осаждается преимущественно в виде крупнокристаллического тяжёлого плотного осадка на нагревательных элементах и практически не оказывает негативного влияния на качество формирующихся фосфатных покрытий. В низкотемпературных растворах образующийся шлам имеет мелкокристаллическую структуру и находится во взвешенном состоянии в виде мелкодисперсных частиц во всём объёме раствора. Это приводит к появлению белого налёта на поверхности фосфатируемых деталей, что является практически неисправимым браком.

В связи с изложенным низкотемпературные растворы фосфатирования используются на практике главным образом в тех случаях, когда применение высокотемпературных растворов невозможно из-за сильного парообразования, например, при фосфатировании методом распыления. Особенности шламообразования и низкая стабильность сдерживают внедрение низкотемпературных растворов для процессов фосфатирования методом погружения.

В литературе, посвящённой процессам фосфатирования, и в технологических инструкциях по эксплуатации низкотемпературных растворов, как правило, имеются только упоминания о возможности шламообразования и его причинах, а последствия и количественная сторона этого явления практически не обсуждаются.

Настоящая работа посвящена исследованию шламообразования в низкотемпературных растворах фосфатирования и возможности снижения его негативного влияния на качество формирующихся покрытий с целью более широкого внедрения этих растворов в практику.

Методика экспериментов

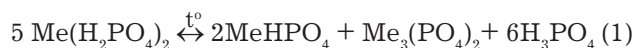
Работы проводились с растворами на основе фосфатирующего концентрата КФ-1. Свободная кислотность раствора $K_{св}$ составляла $1,5 \pm 0,05$ точек, общая кислотность $18 \pm 0,05$ точек. Температура рабочих растворов $45 \div 50$ °С. Поверхность одновременно обрабатываемых в промышленной ванне объёмом $1,3 \text{ м}^3$ деталей составляла 6 м^2 . Габаритный объём подвески с деталями равнялся $0,2 \text{ м}^3$. Подвеска состояла из 6 параллельно распо-

ложенных рамок с деталями. Детали, представляющие собой полые тонкостенные цилиндры сложной конфигурации диаметром 10–15 мм, изготавливались из стали Ст 50 РА и подвергались затем пескоструйной обработке. Регламентом предусматривалось более высокое качество фосфатного слоя на внутренней поверхности цилиндров по сравнению с наружной.

Плотность загрузки составляла $3 \text{ дм}^2/\text{л}$. Под плотностью загрузки следует понимать отношение поверхности деталей к объёму электролита, ограниченному габаритами подвески. Кроме того, учитывалась локальная плотность загрузки, которая оценивалась как отношение внутренней поверхности детали к объёму раствора внутри полой детали. Локальная плотность загрузки достигала $15 \text{ дм}^2/\text{л}$.

Результаты и их обсуждение

Сущность процесса фосфатирования основана на равновесии реакции:



Процесс является эндотермическим. С ростом температуры равновесие реакции (1) сдвигается вправо, в результате чего концентрация свободной кислоты увеличивается. Таким образом, чем выше температура фосфатирующего раствора, тем выше должна быть его свободная кислотность и наоборот. На аналогичную зависимость указывают авторы [3]. Анализ существующих в настоящее время растворов фосфатирования также показывает, что эта зависимость строго соблюдается. Для примера в таблице 1 приведены рекомендуемые разработчиками режимы и параметры некоторых растворов фосфатирования.

Таблица 1. Соотношение значений свободной кислотности и температуры некоторых растворов фосфатирования.

Table 1. Correlation of free acidity and temperature magnitudes of some phosphating solutions

Состав Composition	Температура, °С	Свободная кислотность, точки Free acidity, points	Масса фосфатного слоя, г/см ² Weigth of phosphate layer g/cm ²
КФ-1	50 – 55	1,4 – 1,5	3 – 5
КФЭ-3	55 – 65	1,9 – 2,5	6 – 12
КФ-7	70 – 80	4,0 – 4,3	5 – 15
КФЭ-1	95 – 98	9 – 12	15 – 30

Из таблицы видно, что в горячих растворах, например, в КФЭ-1 допустимый диапазон кислотности достаточно велик и составляет 3 точки. Поэтому такие растворы относительно стабильны и допускают достаточно длительную работу без образования шламов и корректировки.

В низкотемпературных растворах (КФ-1) допустимый диапазон составляет всего 0,1 точки. Практика показывает, что в производственных условиях удержать свободную кислотность в столь узком диапазоне возможно только при очень частой корректировке раствора фосфатирования. В связи с этим была исследована возможность работы низкотемпературных растворов в более широком диапазоне значений свободной кислотности.

Исследование влияния свободной кислотности в растворе КФ-1 на качество и массу фосфатных плёнок (рис.1) показало, что действительно, фосфатные плёнки наилучшего качества образуются в диапазоне кислотности 1,4÷1,5 точки. Снижение кислотности до 1,2 точки приводит к резкому снижению массы фосфатного слоя и обильному шламообразованию. Шлам, представляющий собой нерастворимые вторичные и третичные фосфаты, образуется до тех пор, пока за счёт протекания реакции (1) не наработается достаточное количество кислоты, необходимое для восстановления равновесия.

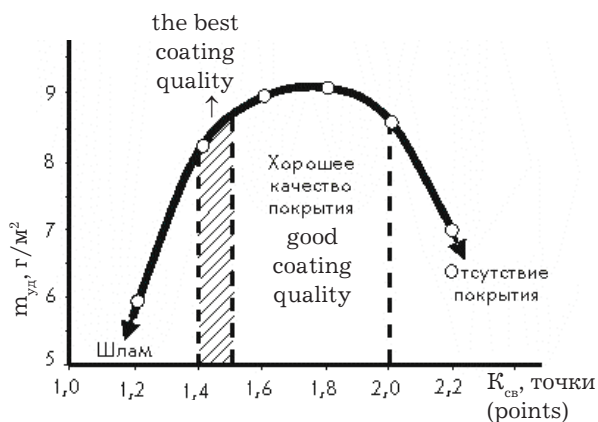


Рис. 1. Зависимость качества и удельной массы фосфатного покрытия от свободной кислотности.

Fig.1. Dependence of specific weight of phosphate coating on free acidity

Повышение $K_{св}$ до 2 точек приводит лишь к незначительному укрупнению структуры фосфатного слоя. Поэтому с целью увеличения диапазона свободной кислотности и увеличения межкорректировочной* производительности корректировку фосфатирующего раствора можно проводить до более высоких значений $K_{св}$. 1,9 ÷ 2,0 точки.

Принято считать, что при фосфатировании величина плотности загрузки деталей на подвеске не оказывает существенного влияния на качество покрытий. Однако лабораторные исследования и заводские испытания показали, что на иницирование и интенсивность шламообразования большое влияние оказывает не только постоянно снижающаяся свободная кислотность, но и плотность загрузки деталей в объёме ванны. Причём, фактор плотности загрузки оказался даже более существенным, т.к. оказывает большое влияние на локальное снижение свободной кислотности.

При фосфатировании в промышленной ванне было обнаружено, что в глубине загрузки шламообразование происходит более интенсивно, чем на крайних деталях. Анализ раствора, отобранного из разных точек ванны, показал, что в глубине загрузочной единицы происходит существенное снижение свободной кислотности. Так, к моменту окончания фосфатирования первой загрузки $K_{св}$ на периферии составляла 1,4÷1,5 точки, а в глубине загрузки - 1,3 точки. Очевидно, что локальное снижение свободной кислотности в глубине загрузочной единицы и, особенно, во внутренних полостях деталей, приводит к быстрому пересыщению раствора малорастворимыми фосфатами и выпадению шлама в объёме раствора.

Таким образом, промышленные испытания показали, что при заводской плотности загрузки, равной 3 дм²/л, корректировка свободной кислотности даже после фосфатирования каждой подвески не исключает возможности шламообразования и появления брака на деталях, находящихся в глубине загрузки.

С целью снижения вероятности шламообразования в глубине загрузки и внутри полых деталей целесообразно проводить покачивание подвески с деталями, особенно в первые минуты фосфатирования, когда снижение кислотности наиболее существенно.

Следовало ожидать, что снижение плотности загрузки позволит увеличить межкорректировочную производительность*. На рис. 2 показан рост межкорректировочной производительности фосфатирующего раствора КФ-1 при снижении плотности загрузки деталей на подвеске.

Плотность загрузки можно снизить либо уменьшением единичной загрузки, либо расщеплением деталей по всему объёму ванны. Исследования показали, что с точки зрения стабильности свободной кислотности снижение еди-

* Под межкорректировочной производительностью понимается площадь поверхности, которую можно обработать в 1 литре фосфатирующего раствора до начала шламообразования.



Рис.2. Зависимость межкорректировочной производительности раствора КФ-1 от плотности загрузки деталей на подвеске.

Fig.2. Effect of the treated area of parts on the specific area for КФ-1 solution

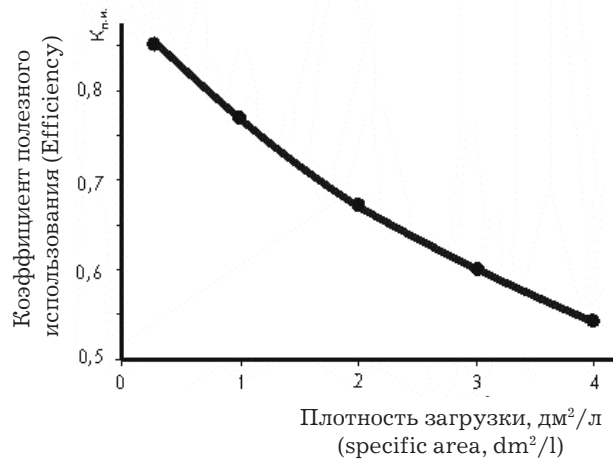


Рис. 3. Зависимость коэффициента полезного использования раствора фосфатирувания КФ -1 от плотности загрузки.

Fig.3. Efficiency of the КФ-1 solution on the specific area

ничной загрузки более эффективно. Тем не менее, рассредоточение деталей по всему объёму ванны более желательно, т.к. снижение единичной загрузки не приводит к снижению энергозатрат, ожидаемому от перехода на низкотемпературные растворы, поскольку для сохранения производительности требуется пропорционально увеличить количество ванн фосфатирования.

В серийном производстве количество образующегося шлама измеряется сотнями килограммов в месяц. Представляет интерес, какая доля образующихся нерастворимых фосфатов идёт на формирование покрытия, а какая - на шламообразование. На рис. 3 представлена зависимость коэффициента полезного использования раствора от плотности загрузки деталей на подвеске.

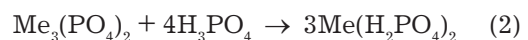
Коэффициент полезного использования раствора рассчитывался как отношение массы фосфатного покрытия к сумме масс покрытия и шлама.

$$K_{п.и.} = \frac{M_{\text{покрытие}}}{(M_{\text{покрытие}} + M_{\text{шлама}})}$$

Фосфатирование проводилось в течение трёх часов без корректировки состава раствора. Анализ результатов, представленных на рис. 3, показывает, что даже при не очень высоких плотностях загрузки (0,5 дм²/л) коэффициент полезного использования раствора фосфатирования не превышает 90%. С увеличением плотности загрузки коэффициент полезного использования раствора существенно снижается и при промышленной плотности загрузки 3 дм²/л составляет всего 60 %.

Одним из способов повышения качества фосфатных покрытий является непрерывная фильтрация раствора и частые корректировки свободной кислотности. Для организации процесса непрерывной фильтрации растворов фосфатирования требуется приобретение довольно сложных и дорогостоящих фильтровальных установок, оборудованных специальными циклонами для удаления крупной фракции шламовых накоплений. Кроме того, сама по себе фильтрация решает проблему только утилизации, но не регенерации собранного шлама. Частые корректировки кислотности сопряжены с необходимостью перемешивания раствора, что приводит к взмучиванию отстоявшегося на дне ванны шлама.

В связи с этим была исследована возможность регенерации отстоявшихся шламовых накоплений непосредственно в ванне фосфатирования. Идея заключалась в растворении шлама концентрированной фосфорной кислотой путём введения её на дно ванны в слой отстоявшегося шлама (реакция 2).



Эксперименты проводились как в лабораторных условиях, так и в условиях промышленного производства с растворами на основе фосфатирующего концентрата КФ-1. Свободная кислотность свежеприготовленного раствора составляла $1,6 \pm 0,05$ точки, общая кислотность - $18 \pm 0,05$ точки.

Шлам нарабатывался в растворе в процессе последовательного фосфатирования бракованных деталей без корректировки раствора до снижения

значений свободной и общей кислотности до 1,0 и 12,0 точек, соответственно. При этом удельная масса фосфатного покрытия на образцах снижалась от 8,7 г/м² до 4,4 г/м².

Образующийся в объёме раствора свежий шлам, как правило, мелкодисперсный, вследствие чего его седиментация происходит очень медленно. Через 2 часа отстаивание шлама практически прекращалось, а граница раздела между осветлённой частью раствора и раствора со шламом устанавливалась приблизительно на высоте 200 миллиметров от дна ванны. Необходимо отметить, что отстоявшийся шлам представляет собой не плотный осадок, а подвижную суспензию.

Концентрированная фосфорная кислота вводилась под слой шлама по углам ванны через тонкие виниловые трубочки. В первые минуты наблюдалось интенсивное растворение шлама и осветление раствора нижней части ванны в области подачи кислоты. По мере растворения шлама процесс постепенно замедлялся и прекращался через 2÷5 часов в зависимости от количества введённой кислоты. Необходимое количество кислоты определялось экспериментально. Дополнительные порции кислоты вводились в те места ванны, где оставался нерастворённый шлам.

Неполное растворение шлама, по-видимому, можно объяснить диффузией кислоты в верхнюю осветлённую часть раствора, что подтверждается измерениями кислотности в верхней и нижней частях ванны после окончания процесса. Так, свободная кислотность в нижней части ванны становилась равной 1,6 точки, а в верхней части 2,0 точки, что на 0,4 точки выше исходного значения.

После перемешивания свободная кислотность раствора имела значение 1,8 – 1,9 точки, что, как было показано выше, вполне допустимо. Общая кислотность повышалась до 18 точек.

В лабораторных условиях была изучена динамика изменения остаточного количества шлама и свободной кислотности в зависимости от количества введённой фосфорной кислоты (рис. 4).

Масса шлама определялась гравиметрическим методом.

Из рисунка видно, что введение небольших количеств кислоты (до 60 % от расчётного количества) не приводит к заметному изменению свободной кислотности. Это связано с тем, что при большом избытке шлама практически вся кислота расходуется на его растворение. В результате растворения шлама образуются однозамещённые фосфаты, что отражается в увеличении значений общей кислотности.

Дальнейшее увеличение дозы фосфорной кислоты на фоне всё уменьшающегося количества шлама приводит к повышению свободной кислот-

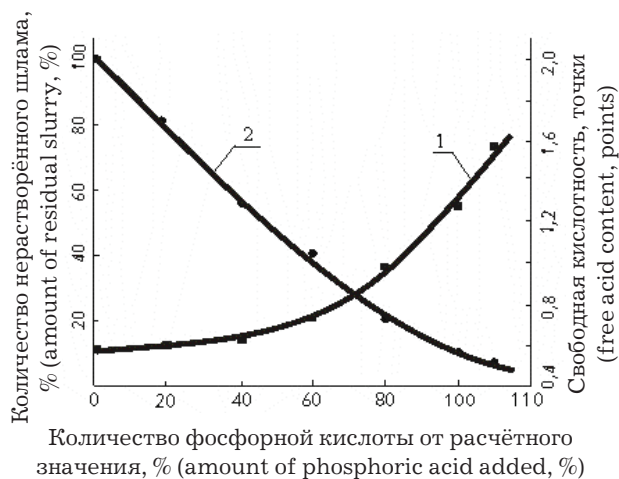


Рис. 4. Зависимость свободной кислотности и остаточного количества нерастворённого шлама от количества введённой фосфорной кислоты.

1. – свободная кислотность; 2. – количество нерастворённого шлама.

Fig.4. Free acid content and residual slurry amount as a function of the amount of phosphoric acid added.

1, - free acid content; 2. - amount of residual slurry

ности, что объясняется частичным диффузионным рассеянием кислоты из слоя шлама в объём раствора.

Таким образом, показана принципиальная возможность регенерации шлама непосредственно в ванне фосфатирования. Регенерацию шлама удобно проводить путём введения концентрированной фосфорной кислоты на дно ванны после окончания рабочей смены. Использование разбавленной кислоты нерационально из-за её низкой плотности и более быстрого рассеяния по всему объёму ванны, что существенно снижает скорость и полноту растворения основной массы шлама.

В производственных условиях невозможно определить точное количество кислоты, необходимой для растворения шлама, но при определённом опыте с помощью этого способа можно не только легко избавиться от основной массы шламовых отложений в ванне фосфатирования, но и регенерировать их в расходуемый однозамещённый фосфат.

В процессе эксплуатации ванны в течение рабочего дня корректировка по общей и свободной кислотности должна проводиться фосфатирующим концентратом.

Литература

1. Григорян Н.С., Акимова Е.Ф., Ваграмян Т.А. Фосфатирование. – М.: Глобус, 2008. – 144с.
2. Козлова Л.А., Окулов В.В. // Гальванотехника и обработка поверхности. 2000. – 8, №3. – С. 40–49.

З.Грубин С.Д., Григорян Н.С., Акимова Е.Ф.,
Харламов В.И., Горшков Д.С., Осипчик В.С.,
Ваграмян Т.А. //Гальванотехника и обра-
ботка поверхности. – 2003. – 11, №2. – С.
35–40.

Сведения об авторах

Мамаев Владимир Иванович, доцент,
к.т.н., кафедра ТЭП, Вятский государст-
венный университет, 610000, г. Киров, ул. Мос-
ковская, 36. Россия. E-mail: vgu_tep@mail.ru

Шишкина Светлана Васильевна, про-
фессор, ктн., зав кафедрой. E-mail: vgu_
tep@mail.ru

Mamaev Vladimir, PhD, Ass. Professor,
Dept. Electrochemical Eng., State University
of Vyatka. 610000, Kirov, Moscovskaya str.36,
Russian Federation. E-mail: vgu_tep@mail.ru

Shishkina Svetlana, PhD, Professor, Head
of Dept.



НПК «Регенератор»



предлагает бессточную систему малоотходной технологии (МОТ) с замкнутым циклом использования промывных вод процессов покрытий на установке регенерации промывных вод (УРПВ) с уникальным минерально-углеродного сорбента (МУС)

МУС – это сферические гранулы чёрного цвета, приготовленные по определённой технологии, не токсичен, имеется токсикологический паспорт и сертификат, регенерируется легко со 100 %-м восстановлением первоначальных свойств. Сорбирует: хром, медь, кадмий, олово, свинец, висмут, серебро, золото, никель, цинк, ртуть. Разлагает циан в доли секунды с образованием газов азота и окиси (двуокиси) углерода при комнатной температуре.

Для процессов с использованием шестивалентного хрома – МУС работает без появления хрома в стоках не менее 1 года, а затем необходимо провести регенерацию в течение 16 часов (аналогично регенерации ионообменных смол). После регенерации МУС вновь работает не менее года и так далее: регенерация – работа – регенерация свыше 100 лет со 100 %-й активностью (данные ускоренного метода, практические данные – 24 года), до полного физического износа (следовательно, нет проблемы утилизации отработанного сорбента).

УРПВ из двух колонок (УРПВ-2) ёмкостью 40 л, высотой до 2 метров, весом около 200 кг, занимает площадь 0,25 м кв., монтируется в непосредственной близости от промывной ванны и используется для рабочей ванны, например, Хромирования, Пассивации, Меднения, Оловянирования, Кадмирования, объёмом 0,8-1,2 м куб. Для ванн 0,4 м куб. – УРПВ-1.

Мы гарантируем проектирование, изготовление, доставку, монтаж и ввод в эксплуатацию в течение 3-х месяцев с даты перечисления денежных средств на Р/сч НПК «Регенератор».

Стоимость УРПВ-2 со склада - 20 тыс. у.е. (по России) и 50 тыс. у.е. (для других стран) с гарантийным авторским надзором в течение года.

Затраты на внедрение УРПВ окупаются за 1-2 года. При этом полностью прекращается сброс стоков не только в городскую канализацию, но и на очистные сооружения завода.

Для внедрения бессточной технологии необходимо иметь трёхступенчатую промывку и работать только на дистиллированной (деминерализованной) воде.

Аналогичные системы лучших мировых фирм стоят в три раза дороже, а межрегенерационный цикл составляет не более 0,5 месяца при гарантии срока работы всей системы не более 5 лет.

Бессточная технология НПК «Регенератор» внедрена на многих предприятиях бывшего СССР и России. В 1990 году выигран международный конкурс с фирмой «Блайсберг».

РАЗРАБОТЧИКИ: к.т.н., с.н.с. Нечаев Б.Н., инженер Нечаев И.Б., инженер Нечаев А.Б.

Тел. \ факс (495) 305-70-51; 706-44-28; 777-59-92. 111399, г. Москва, МАРТЕНОВСКАЯ 7-51 .

УДК 661.1

Извлечение хрома (III) из шламов гальванических производств

Наумов Ю.И., Наумов В.И., Самсонова А.Д., Паничева Г.А.

Ключевые слова: гальваника; осадки; растворы; утилизация; хром; технология

Проведены исследования по выявлению закономерностей извлечения хрома из осадков очистных сооружений гальванических производств после извлечения из них цветных металлов. Показано, что ни один из рассмотренных методов не пригоден для промышленного использования. Предложена новая схема очистки сточных вод и метод получения железо - хромовых и медь - никель - цинковых концентратов.

Recovery of Chrome (III) from Plating Shop Sludges

Naumov Y.I., Naumov V.I., Samsonova A.D., Panicheva G.A.

Key words: electroplating, utilization, chrome, precipitates, solutions, technology

The aim of this work was the development of the process for the recovery of chrome as iron-chrome concentrate from partially dehydrated sludges. The use of ammonia-carbonate (NaHCO_3) solutions was shown to ensure recovery degree for chrome about 60%, however, long recovery time restricts the area of the use of this process (Fig.1). Therefore another version of the process based on Cr(III) stage formed when peroxides are used has been chosen. Experiments made in solution of NaOH 50 g/l + H_2O_2 20-100 g/l showed that chrome can be completely recovered from the sludge (Table 1). However this method should not be used due to the evolution of much heat and large consumption of chemicals. Experiments with urea peroxihydrate have shown that major factors determining the degree of recovery include temperature, concentra-

tions of alkali and oxidant (Figs. 2,3). The use of urea peroxihydrate allows to reach Cr recovery 73-75% at the ratio of liquid and solid phases 10:1, treatment time 1,5 hr, NaOH 18 g/l + peroxihydrate urea 12 g/l. If NaClO 3-6 g/l + NaOH 10-20 g/l is used maximum recovery efficiency reached only 51%. The use of Ca(ClO)_2 gave maximum 79% in the presence of NaOH 6 g/l + Ca(ClO)_2 6 g/l at 70°C and treatment time 1,5 hr (Fig.4). No alkaline solutions with oxidants allow to ensure complete recovery of chrome from plating sludges and therefore are suitable for industrial use. Thus any solution of the existing problem should be based on the creation of conditions excluding the presence of chrome in the plating sludge by corresponding. Changes in the waste treatment process have been developed (Fig.5).

Введение

Обезвреживание сточных вод гальванических производств реагентными методами приводит к ежегодному образованию в стране тысяч тонн твердых отходов сложного состава, содержащих значительное количество токсичных и ценных цветных и черных металлов. В литературе описано много вариантов индивидуального извлече-

ния металлов из гальванических шламов. Однако в большинстве своем они не были реализованы в промышленном масштабе ввиду сложности аппаратного оформления и высокой стоимости переработки.

Значительно снизить стоимость переработки гальваношламов можно путем группового извлечения цветных металлов [1]. После извлечения

из шламов меди, никеля и цинка наиболее ценным и токсичным компонентом является хром.

Хром присутствует в шламе в виде гидроксида $\text{Cr}(\text{OH})_3$, имеющего низкую растворимость (ПР $5,4 \cdot 10^{-31}$) и, в силу амфотерности соединения, при изменении pH количество Cr^{3+} , перешедшего в раствор, может достигать значительных величин. По этой причине не полностью обезвреженный шлам представляет потенциальную опасность для окружающей среды.

Перевод гидроксида хрома в практически нерастворимое соединение Cr_2O_3 посредством прокаливании частично обезвреженного шлама («песка») с последующим использованием его в качестве добавки в бетонные смеси не является оптимальным решением вследствие высокой энергоемкости процесса и безвозвратных потерь металла.

Поэтому проблема индивидуального извлечения хрома или извлечение его в виде железо-хромового концентрата из не полностью обезвреженных осадков является актуальной, а ее решение позволит гарантированно обезвреживать осадки очистных сооружений и вернуть хром в производственный цикл.

Целью данной работы явилась разработка технологии извлечения хрома из частично обезвреженных гальваношламов.

Методика эксперимента

Для изучения процесса выщелачивания был выбран шлам одного из заводов Нижнего Новгорода, в котором содержание хрома равнялось 2,0-3,0 %. Из данного шлама предварительно, посредством выщелачивания в аммиачном растворе, удалялись медь, никель, цинк [1]. Нерастворенный осадок тщательно промывался и подсушивался. Исследования проводили в 2-х литровой емкости с мешалкой и встроенным теплообменником. Степень выщелачивания хрома (V_{Cr}) определяли по уравнению:

$$V_{\text{Cr}} = \frac{M_p}{M_{\text{ис}}} \cdot 100 \% \quad (1)$$

где M_p и $M_{\text{ис}}$ – массы растворенного металла и металла в исходном шламе.

Содержание Cr в растворе определяли методом фотоколориметрии на основе комплекса с дифенилкарбозидом по методикам, описанным в [5,6].

Результаты и обсуждение

Селективное извлечение хрома из шлама возможно путем перевода его в раствор в виде трех- или шестивалентных ионов [1,2]. Первый вариант извлечения более предпочтителен, т.к. исключает необходимость превращений $\text{Cr}(\text{III}) \rightarrow \text{Cr}(\text{VI}) \rightarrow \text{Cr}(\text{III})$ и значительно упрощает ап-

паратурное оформление процесса и стоимость его извлечения.

В литературе отмечалась [3,4] способность аммиачно-карбонатных растворов извлекать из шламов не только Cu, Ni и Zn, но и Cr. В [3] было показано, что степень извлечения Cr при 10-ти часовом выщелачивании в этих растворах достигала 38 %, а железа 12 %. К достоинству аммиачных растворов следует также отнести возможность термической регенерации аммиака, что может существенно удешевить процесс.

Учитывая амфотерность гидроксида хрома, предположили, что замена NH_4HCO_3 на NaHCO_3 позволит не только увеличить V_{Cr} за счет увеличения растворимости $\text{Cr}(\text{OH})_3$ при более высоких pH, но и улучшить его селективность в отношении железа. Кроме того, NaHCO_3 дешевле и доступнее аммонийной соли.

Проведенные исследования по выщелачиванию хрома показали, что V_{Cr} увеличивается с ростом концентрации аммиака, добавки гидрокарбоната натрия и времени выщелачивания (рис.1). Замена гидрокарбоната аммония на гидрокарбонат натрия увеличивает V_{Cr} с 38 % [3] до 60 % при времени выщелачивания 12 часов. Несмотря на значительное увеличение степени извлечения, большое время выщелачивания неприемлемо для промышленного извлечения Cr^{3+} из шлама. Попытки интенсифицировать процесс путем варьирования температуры и введения различных добавок не привели к желаемым результатам.

В этой связи обратились ко второму варианту извлечения – через стадию получения Cr^{6+} . Из работы [7] известно, что этот метод обладает высокой селективностью в отношении хрома. При

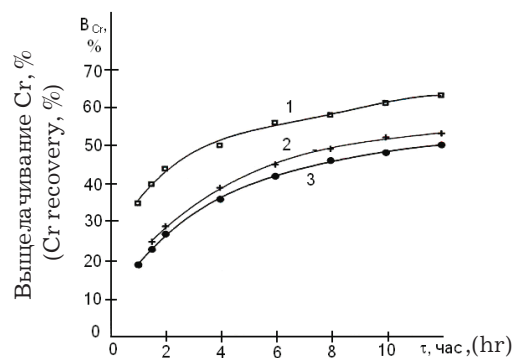


Рис.1. Зависимость V_{Cr} от времени выщелачивания

шлама. Растворы выщелачивания, в г/л:

1.- NH_4OH 82,5 + NaHCO_3 133; 2.- NH_4OH 66

+ NaHCO_3 133; 3.- NH_4OH 82,5 + NaHCO_3 100;

Температура растворов 50 °С.

Fig.1. Dependence of Cr recovery efficiency on treatment time. Solutions - see above. t 50 °С

этом в качестве окислителей рекомендуется использовать перекисные соединения, а также хлор и его производные. Хлор является нежелательным элементом, так как приводит к дополнительному загрязнению окружающей среды.

Эксперименты, проведенные в растворе 50 г/л NaOH с добавками перекиси водорода при t 20°C, показали, что хром практически полностью извлекается из шлама (табл. 1), однако высокие концентрации NaOH и H_2O_2 требуют особых мер предосторожности из-за сильного разогрева раствора и нестабильности самой перекиси. Ввиду указанной причины и высокого расхода реагентов говорить о промышленном использовании этого способа не приходится.

Вместо нестойкой перекиси водорода использовали пероксигидрат мочевины (ПГМ), который входит в состав бытовых отбеливающих средств и содержит 0,35 г активного кислорода на грамм ПГМ. Это вещество практически безопасно при хранении и транспортировке.

Исследования, проведенные с ПГМ, показали, что на полноту извлечения хрома большое влияние оказывают щелочность раствора, содержание окислителя и температура электролита (рис. 2 и 3). Из представленных рисунков видно, что наибольшее влияние на V_{Cr} оказывает температура. Однако ее увеличение выше 70°C нежелательно, т.к. это приводит к росту себестоимости процесса извлечения и интенсивному испарению раствора.

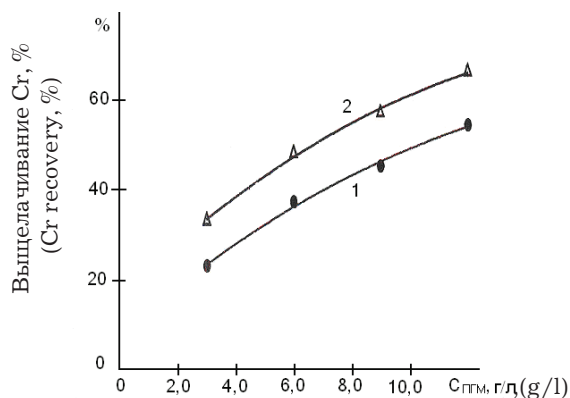


Рис. 2. Зависимость V_{Cr} от содержания ПГМ в растворе NaOH 12 г/л при температурах: 1. - 50 °C; 2. - 70 °C.

Fig.2. Dependence of Cr recovery efficiency on urea peroxihydrate content in solution NaOH 12 g/l. 1. - 50 °C; 2. - 70 °C

Наиболее сильное влияние щелочи на V_{Cr} сказывается в интервале 3-8 г/л и далее с увеличением концентрации практически не меняется. Содержание окислителя при концентрации выше 6 г/л также мало влияет на V_{Cr} . Из данных рис. 2 и 3 следует, что использование ПГМ позволяет достичь V_{Cr} 73-75 % при соотношении жидкой и твердой фаз 10:1 и времени выщелачивания 1,5 часа в растворе NaOH 18 г/л + ПГМ 12 г/л. Хотя полученные результаты и могут служить основой для разработки промышленной технологии извлечения хрома, были предприняты исследования по влиянию на выщелачиваемость хрома и других сильных окислителей - гипохлорита натрия и кальция.

В табл. 2 представлены данные, показывающие эффективность действия NaClO в растворах NaOH 10 - 40 г/л при температуре 50°C, соотношении жидкой и твердой фаз 10:1 и времени выщелачивания 1,5 часа. Из данных табл. 2 видно, что максимальная степень извлечения хрома при использовании NaClO не превышает 51% при концентрации окислителя в пределах 3-6 г/л и содержании щелочи 10 - 20 г/л. Дальнейшее увеличение концентраций [NaOH] и [NaClO], в отличие от ПГМ, приводит не к росту, а к уменьшению степени извлечения хрома. Причины спада V_{Cr} с ростом содержания щелочи и окислителя до конца выяснить не удалось.

Использование $Ca(ClO)_2$ позволяет достичь максимальной степени извлечения хрома ~ 69

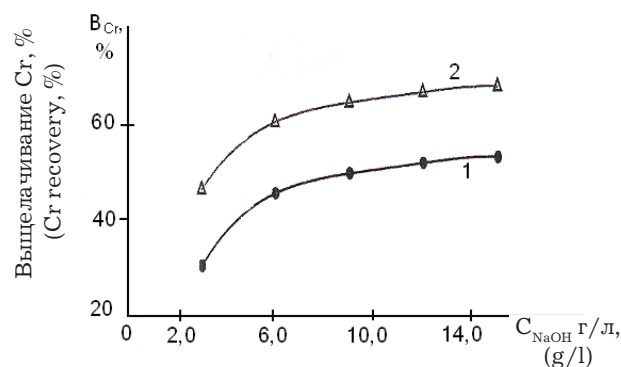


Рис.3. Зависимость V_{Cr} от содержания NaOH в растворе; $C_{ПГМ}$ 12 г/л;

Температура электролита: 1.- 60 °C; 2.- 70 °C

Fig.3. Dependence of Cr recovery efficiency on NaOH content in solution. Concentration of urea peroxihydrate 12 g/l. 1.- 60 °C; 2.- 70 °C

Табл. 1. Степень извлечения хрома при различных концентрациях перекиси водорода.
Table 1. Degree of chrome recovery at different H_2O_2 concentrations

Концентрация H_2O_2 , г/л (g/l)	20	40	60	80	100
V_{Cr} , %, Cr leaching, %	18	38	55	74	92

Табл. 2. Степень извлечения хрома при различных концентрациях NaClO и NaOH.
Table 2. Degree of chrome recovery at different concentration of NaClO and NaOH

NaClO, г/л (g/l)	Степень извлечения хрома, % Degree of chrome recovery		
	NaOH, г/л (g/l)		
	10	20	40
3	51	51	40
6	51	50	38
12	23	24	20

- 70 % при нагреве раствора 6 г/л NaOH + 6 г/л $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ до 70°C и времени выщелачивания 1,5 часа (рис. 4). Использование столь высокой температуры нежелательно, а при t 50 °С, в сравнимых с ПГМ условиях, возможно поднять V_{Cr} максимум до 48 %. Сами зависимости V_{Cr} от концентрации окислителя в растворах с разным содержанием щелочи носят экстремальный характер, причем положение максимума зависит от концентрации щелочи в растворе.

Анализ полученных данных показывает, что в сравнимых условиях при температурах, не превышающих 50°C, максимальные значения степени выщелачивания хрома V_{Cr} достигаются при использовании ПГМ. Это объяснимо с позиций содержания активного кислорода [O] в веществе: для ПГМ содержание активного [O] составляет 0,35 г [O] /г вещества, а для гипохлоритов натрия и кальция 0,21 и 0,22 г [O]/г вещества, соответственно. Примерно в той же пропорции меняются и V_{Cr} в условиях постоянства температуры и концентрации щелочи.

Сравнение полученных результатов по извлечению хрома из шламов гальванических производств в щелочных растворах с добавками ПГМ и гипохлорита натрия и кальция показывает, что с учетом эксплуатационных характеристик предпочтение следует отдать пероксигидрату мочевины.

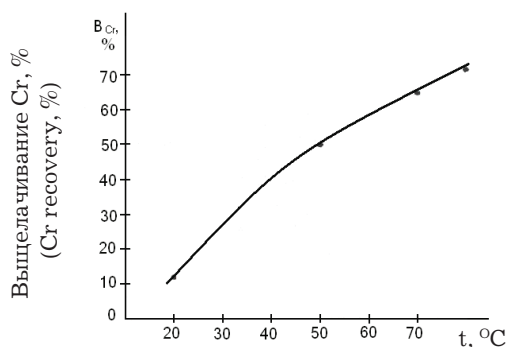


Рис.4. Зависимость степени извлечения хрома от температуры.

Раствор, г/л: NaOH 6 + $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 6

Fig.4. Dependence of Cr recovery efficiency on temperature. Solution, g/l: NaOH 6 + $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 6

Из полученных данных следует, что щелочные растворы с добавками окислителей не позволяют полностью извлекать хром из гальваношламов. Имеется и другой недостаток - шлам после выщелачивания требует тщательной отмывки от ионов Cr^{6+} , а сам раствор выщелачивания и промывные воды должны подвергаться обработке с целью перевода шестивалентного хрома в соединения трехвалентного хрома, которые могут быть использованы в промышленности.

Таким образом, все рассмотренные в данной работе методы извлечения хрома не отвечают требованиям промышленной переработки отходов.

Представляется, что выход из создавшейся ситуации заключается не в поиске более простых и дешевых методов извлечения хрома из шлама, а в создании условий, изначально уменьшающих его содержание в шламе путем изменения схемы технологии очистки сточных вод промышленных предприятий.

В настоящее время практически на всех предприятиях обработка хромосодержащих и кислотнo-щелочных сточных вод производится отдельно и только на заключительном этапе оба потока объединяются для получения шлама сложного состава [8]. Из анализа применяющейся схемы обработки сточных вод следует, что если образующийся в результате электрохимической очистки шлам, в котором содержится до 80 % всего хрома [9], отвести в отдельный илonaкопитель (рис.5), то в результате очистки сточных вод можно получить два вида шлама: первый содержит преимущественно цветные металлы, а второй – преимущественно железо и хром.

В табл. 3 представлен состав осадков, полученный при нейтрализации хромосодержащих сточных вод после их электрокоагуляционной очистки, а также гальваношламов, полученных в результате обработки сточных вод по традиционной технологии. Из табл. 3 следует, что после электрокоагуляции содержание хрома на порядок выше, чем после обработки по традиционной технологии, а количество меди, никеля и цинка в обоих случаях имеет один и тот же порядок. Очевидно, для извлечения цветных металлов можно

Табл. 3. Состав гальваношламов и осадков после электрокоагуляции хромосодержащих растворов
Table 3. Composition of sludge and precipitates after the electrocoagulation of chrome containing solutions

Содержание в масс. %	Cr (III)	Fe	Cu	Ni	Zn
Осадок после электрокоагуляции; precipitates after electrocoagulation	8,3	36,8	2,6	1,2	2,0
Гальваношлам (Sludge)	0,7	11,8	3,4	5,1	3,4

Табл. 4. Состав железо-хромового концентрата после выщелачивания цветных металлов.
Table 4. Composition of Fe-Cr concentrate after the recovery of nonferrous metals

Металл Metal	Cr (III)	Fe	Cu	Ni	Zn
Содержание Me в масс. % Me content, w %	9,5	38,1	0,2	0,4	0,3

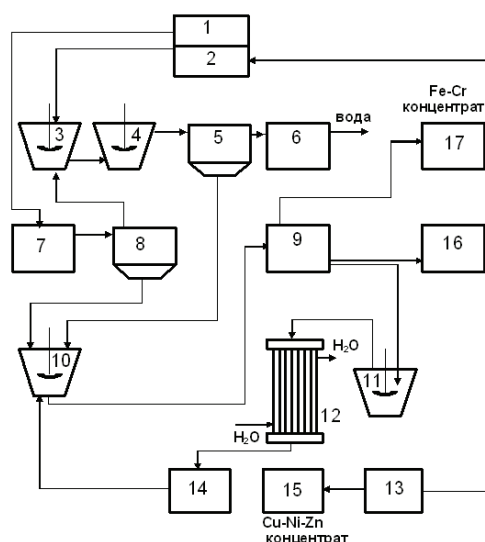


Рис. 5. Технологическая схема переработки шламов гальванических производств

А) Стадии очистки сточных вод:

1. Сборник хромосодержащих растворов; 2. Сборник кислотно-щелочных растворов; 3. Нейтрализация сточных вод; 4. Флокуляция; 5. Осаждение и уплотнение шлама; 6. Фильтрация очищенной воды;
7. Электрохимическая очистка; 8. Осаждение и уплотнение хромосодержащего шлама; 9. Фильтрация.

Б) Стадии переработки гальваношламов:

10. Выщелачивание цветных металлов; 11. Регенерация раствора выщелачивания; 12. Конденсация паров аммиака; 13. Фильтрация; 14. Сборник аммиачной воды; 15. Сборник Cu-Ni-Zn концентрата; 16. Сборник «песка»;
17. Сборник Fe-Cr концентрата.

Fig.5. Operations sequence for the treatment of sludge from plating shop.

А. Stage of waste water treatment:

1. Sump for Cr containing solutions; 2. Sump for acid-alkali solutions; 3. Neutralisation of waste water; 4. Flocculation;
5. Precipitation and densification of sludge; 6. Filtration of treated water
7. Electrochemical treatment; 8. Precipitation and densification of Cr containing sludge; 9. Filtration.

Б. Stages of treatment of plating sludge:

10. Leaching of nonferrous metals; 11. Regeneation of leachng solution; 12. Condensation of ammonia vapour;
13. Filtration; 14. Sump for ammonia containing water;
15. Sump for Cu-Ni-Zn concentrate; 16. Sump for «sand»;
17. Sump for Fe-Cr concentrate.

использовать разработанную нами ранее [1,10] и апробированную в промышленных условиях технологию их извлечения в аммиачных растворах. После извлечения цветных металлов получают железо - хромовые концентраты.

При использовании такой схемы очистки следует ожидать, что эффективность выщелачивания цветных металлов из электрокоагуляционного осадка, имеющего рН 4,5, будет ниже, чем это имеет место для гальваношламов с рН 7 ÷ 9, из-за расхода части аммиака на нейтрализацию осадка. Проведенные эксперименты подтвердили это предположение. Эффективность выщелачивания цветных металлов из железо-хромовых осадков при их предварительной нейтрализации до рН 7,5 была в среднем на 20 % выше, чем из осадков с рН 4,5. По этой причине, при извлечении цветных металлов из осадков после электрокоагуляционной очистки шламы необходимо предварительно нейтрализовать путем введения в пульпу раствора щелочи. Состав железо-хромового концентрата, полученного после извлечения цветных металлов из осадков очистки хромосодержащих сточных вод, приведен в табл. 4.

Из сравнения данных табл. 3 и 4 следует, что после выщелачивания в железо-хромовом концентрате остается небольшое количество Cu, Ni и Zn от их первоначального содержания. Представленный в табл. 4 состав получаемого железо-хромового концентрата позволяет использовать его в черной металлургии и при производстве черных и коричневых пигментов для окрашивания керамических изделий [11-14].

На основании вышесказанного была предложена технологическая схема очистки сточных вод с получением Fe - Cr и Cu - Ni - Zn концентратов (рис.5). Из схемы следует, что технология очистки сточных вод должна включать следующие основные этапы:

1. Раздельную обработку хромосодержащих и кислотосодержащих сточных вод с получением двух видов шламов: железо-хромового и шлама, содержащего преимущественно цветные металлы (Cu, Ni, Zn);

2. Селективное выщелачивание цветных металлов с получением Fe - Cr концентрата и «песка» (шлама, из которого удалены Cu, Ni, Zn);

3. Термическую регенерацию растворов выщелачивания с получением Cu - Ni - Zn концентратов [1,10].

Таким образом, в работе намечены пути, позволяющие достаточно эффективно обезвреживать осадки и извлекать из шламов Cu, Ni и Zn и хром путем незначительного изменения традиционной схемы технологии очистки сточных вод промышленных предприятий.

Литература

1. Наумов В.И., Найденко В.В. Губанов Л.Н., Наумов Ю.И. Способ утилизации шламов гальванических производств // Патент России № 2217529. 2003. Бюл. № 33.
2. Дмитриев, В.Д. Электрокоагуляционная очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов/ В.Д. Дмитриев, Ю.И. Максимов// Известия ВУЗов. Строительство и архитектура.1980, - т. 23, № 11.- С.115-118.
3. Разумов Н.А. Утилизация твердых отходов гальванического производства. Экология промышленного производства // М.: ВИМИ -М, 1993., - № 1.- 57 с.
4. Dittrich, V.C. Ruckgewinnung v on butmetallen aus galvanischschlamm durch ammoniakalische laugung/V.C. Dittrich, G. Hell// Mull and abfall.-1989. - № 9.- S. 489 - 490.
5. Anderson, S.O.S. Ammoniakalischer MAR - Prozeb-Wiedergewinnung von Kupfer, Nickel und Zink aus ammoniaakalisch gelaugten neutralisationstuckstanden/ S.O.S. Anderson, M.J. Meixner//Aufbereitungstechnik.-1979.- №5.- S.137 - 149.
6. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод.- М.: Химия, 1984.- 344 с.
7. Новиков Ю.В. Ласточкина К.О., Бодина З.И., Методы определения вредных веществ в воде водоемов.- М.: Медицина, 1981.- 159 с.
8. Некрасов Б.В. Основы общей химии. - М.: Химия, 1969.- т.1.- 518 с.
9. Отчет ЦНИТИ. Разработка систем оборотного и повторного использования сточных вод/ М.: ЦНИТИ - М, 1988.- 420 с.
10. Наумов, В.И. Утилизация шламов гальванических производств/ Ю.И. Наумов, А.Л. Галкин, Т.В. Сазоньева //Гальванотехника и обработка поверхности.- 2009.- т. 17, №3.- С. 41- 47.
11. Отчет НИР ВНИИТеплоизоляция. «Научно-исследовательские работы по утилизации шлама после очистки промстоков и разработка рабочей технологии утилизации», Вильнюс.- ВНИИТ, 1985.- 423 с.
12. Волков Л.С., Андрианов И.Ф., Мартинес Е.Э. Утилизация осадков сточных вод гальванических производств в черной металлургии //Очистка природных и сточных вод: тезисы докл. Всесоюз. науч.-техн. совещ.- (Москва 9-13 октября 1989 г.).- М.:ВНИИВОДГЕО-М, 1989.- 247 с.
13. Борисов В.А. Утилизация отходов промышленных предприятий// Обзоры по

электронной технике. М.: ЦНИИ-М Электроника, 1987 Сер.7, Вып. 19.- 126 с.
14. Евилевич А.З. Утилизация осадков сточных вод // М.: Стройиздат, 1979.- 88 с.

Сведения об авторах

Наумов Владимир Иванович, профессор, д.х.н., зав. кафедрой, кафедра «Неорганическая химия», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина 24; тел.: 8-831-436-41-89; (831)258-31-63; 436-43-21; E-mail: nntu@nntu.ru; steklo@rol.ru.;

Самсонова Альбина Дмитриевна, доцент, к.х.н.,

Паничева Галина Александровна, доцент, к.х.н.,

Наумов Юрий Иванович, к.т.н., Главный технолог, Федеральное государственное унитарное предприятие Нижегородский

научно-исследовательский приборостроительный институт «Кварц», Россия, 603950, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина 176, E-mail: kvarz_asu@sinn.ru; yuriy_nau@mail.ru;
Naumov Vladimir Ivanovich, Professor, doctor of chemical science, head of department. 603600 Nizhni Novgorod, Technical University named Alekseev, 24, Minina street, E-mail: nntu@nntu.ru, telephone: (831) 436-43-21; Fax: (831) 436-94-75.

Samsonova Albina Dmitrievna, Associate professor, PhD

Panicheva Galina Aleksandrovna, Associate professor, PhD

Naumov Yuriy Ivanovitch, PhD; Chief Production Engineer, Federal State Unitary Enterprise "Nizhegorodskiy Institute of Electronic Measurements "KVARZ"; 176. Prospect Gagarina, Nizhny Novgorod, 603009, Russia; Tel. (831) 466-60-31, E-mail: kvarz_asu@sinn.ru

ВОДОПОДГОТОВКА И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Более 20 лет на рынке свыше 2000 внедренных установок

- получение высококачественной питьевой воды
- водоподготовка для объектов различных отраслей промышленности
- биологические очистные сооружения населенных пунктов
- очистка сточных вод постов мойки автотранспорта, ливневой канализации промплощадок, АЗС, нефтебаз и др.
- очистка сточных вод гальванических производств
- регенерация отработанных травильных растворов
- очистка сточных вод предприятий металлургии и машиностроения, легкой, пищевой, химической промышленности и т.п.
- очистные сооружения дренажных вод полигонов ТБО



Проектирование Изготовление Монтаж Сервис

г. Владимир, ул. Элеваторная, 6
Тел.: (4922) 36-09-33, 24-74-31
Тел./Факс: (4922) 38-12-44, 24-26-27
E-mail: vladimir@vladbmt.ru

<http://www.vladbmt.ru/>
<http://www.vladbmt.com/>

ЗАО "БМТ"
г. Владимир



70 лет профессору Маслию А.И.



Исполнилось 70 лет доктору химических наук, профессору, заведующему лабораторией электрохимии Института химии твердого тела и механохимии СО РАН Александру Ивановичу Маслию. В 1963 г. Маслий А.И. закончил Новочеркасский политехнический институт по специальности «Технология электрохимических производств» и в этом же году поступил в аспирантуру Химико-металлургического института СО АН СССР (г. Новосибирск). С тех пор и по настоящее время он работает в этом институте (ныне – ИХТТ и механохимии СО РАН). В 1967 г. Александр Иванович успешно защитил кандидатскую диссертацию, а в 2002 г. – докторскую по теме «Закономерности распределения электрохимических процессов в пористых электродах с регулируемым потенциалом твердой фазы». В 1994 г. он был избран на должность заведующего лабораторией электрохимии.

Работы Маслия А.И. внесли важный вклад в исследование распределения электрического тока в сложных электрохимических системах, электрокристаллизации металлов на идеальных моногранных электродах и при электроосаждении чередующихся нанослоев, а также в теорию и практику применения жидкостных проточных пористых электродов.

Им были разработаны экспериментальные и экспериментально-расчетные методы моделирования распределения тока в электролизерах с учетом как линейных, так и нелинейных поляризационных кривых; проанализированы особен-

ности распределения тока при нестационарных режимах электролиза, а также закономерности изменения рассеивающей способности электролитов меднения, цинкования и никелирования в зависимости от состава и режима электролиза. Важным этапом его работы было развитие теории проточных пористых электродов. В частности, им предложен, исследован и реализован новый подход к управлению пространственной локализацией целевого электрохимического процесса внутри пористого электрода за счет целенаправленного создания определенного профиля проводимости твердой фазы.

Под его руководством и с его непосредственным участием освоен уникальный способ капиллярного выращивания атомарно-гладких серебряных электродов и граней с известным числом винтовых дислокаций. Изучена кинетика образования и роста двумерных зародышей серебра и влияние адсорбции поверхностно-активных веществ на эти процессы.

В серии работ, выполненных по международному гранту INTAS-96-0553 и гранту королевского общества Великобритании, под руководством А.И. Маслия разработан способ импульсного электроосаждения супертонких чередующихся слоев Cu/(Ni+Cu) с периодом повторения 1-2 нм из ацетатного электролита, не содержащего фоновых солей, а также успешно выполнены исследовательские контракты с фирмами США, Республики Корея, Китая и ряда стран СНГ.

Маслий А.И. активно занимается научно-педагогической и организационной работой. Под его руководством выполнены и успешно защищены шесть кандидатских диссертаций и ряд дипломных работ. Его ученики стали ведущими исследователями в лаборатории электрохимии ИХТТМ СО РАН и успешно занимаются научно-педагогической работой как в ИХТТМ, так и в ряде ВУЗов г. Новосибирска.

В течение ряда лет Маслий А.И. – член секции научного совета РАН по электрохимии, секретарь совета К.003.40.01 по защите кандидатских диссертаций при ИХТТ и переработки минерального сырья СО РАН, являлся членом оргкомитета российских и международных конференций по гальванотехнике и наноматериалам, проводившихся в Новосибирске.

Маслий А.И. является признанным специалистом в области электрохимии, известным как в России, так и за рубежом, ведущим большую научную, научно-организационную и учебную работу.

Коллеги и друзья сердечно поздравляют Александра Ивановича с 70-летием и желают ему здоровья и новых творческих успехов.

70th Anniversary of Professor A.I.Masliy

Head of the Electrochemistry Laboratory at the Institute of Solid State Chemistry of the Siberian Div. of the Russian Academy of Sci., Alexander I.Masliy celebrates now his 70th birthday. In 1963 he graduated from the Novocherkassk Polytechnic Institute, the Dept.of Electrochemical Eng. and immediately started the post-graduate study at the Institute of Chemical Metallurgy (Novosibirsk). In 1967 he presented his candidate of sci. thesis and 2002 he got a degree of Dr.Sci. for his work on the "Distribution of the Electrochemical Processes in Porous Electrodes with Controlled solid Phase

Potential". In 1994 he was elected as a head of the electrochemical laboratory. Prof. Masliy research made an important contribution to the theory of current distribution and a number of other aspects of applied electrochemistry. He has developed new experimental and simulating techniques for current distribution and an experimental method for the capillary technique of crystals preparation. In a number of research projects supported by international, US, Korea and China institutions he successfully continued his research work during two past – soviet decades. Six post-graduates under his supervision have successfully presented candidate of sci. thesis and a number of his pupils are continuing research at various institutes. He became a famous specialist, well-known both in Russia and abroad.

His colleagues and friends wish him further success and good health.



ООО «СОНИС»

Современные химико-гальванические технологии
Москва • Тел.: (495) 545-76-24, 517-46-51, (499) 272-24-08 (факс)
<http://www.sonis-co.ru> • E-mail: info@sonis-co.ru

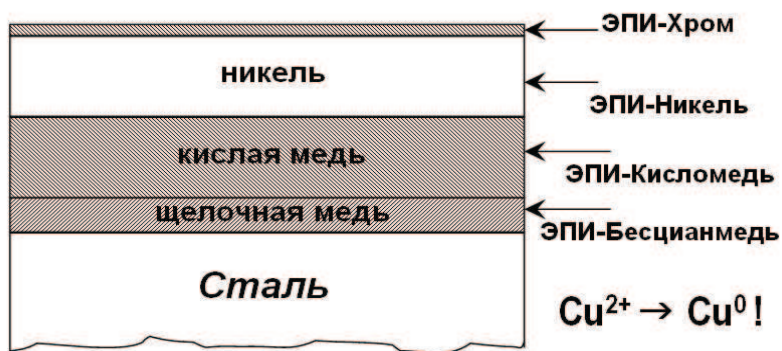
Бесцианистое щелочное меднение нового поколения

Процесс «ЭПИ-Бесцианмедь»!

➤ Все необходимые для электроосаждения меди вещества содержатся в трёх фирменных добавках

➤ Медь поступает в высоко-стабильный электролит за счет растворения анодов и может осаждаться на сталь, алюминиевые сплавы, нержавеющую сталь, ЦАМы и пр., на подвесках и в барабанах

➤ Процесс используют для нанесения: а) тонких (~ 5 мкм) подслоев; б) толстых (~ 50 мкм) покрытий для защиты при местной термообработке; в) медных слоёв под пайку



«Предприятие «РАДАН» (ООО)
190103, г. Санкт-Петербург, ул. 8-я Красноармейская,
20 (а/я 179)
т. +7 (812) 251-4917. т/ф +7 (812) 251-1348
E-mail: radan2000@mail.ru & radan@fromru.com

Предприятие «РАДАН» является инжиниринговой компанией и 17 лет специализируется на проектировании и монтаже с поставкой оборудования, проведению пусконаладочных работ и запуском в эксплуатацию:

- гальвано-химических производств и производств печатных плат на отечественном или импортном оборудовании
- очистных сооружений промышленных сточных вод от гальвано-химических производств, печатных плат, в том числе с полным или частичным возвратом воды в производство на повторное использование
- линий подготовки изделий под порошковые покрытия
- систем получения деминерализованной воды для любых производств

Работы выполняются при капитальном ремонте, реконструкции, техническом перевооружении, новом строительстве объектов промышленности.

Возможны взаимодействия с отраслевыми (головными) проектными институтами и различными структурами по данной специализации.

Также выполняется экспертиза действующих технологических решений (существующих проектов, технических предложений и др.) по гальвано-химическим производствам и очистным сооружениям. Разрабатываются Технологические регламенты (эксплуатационная документация) по гальвано-химическим линиям и очистным сооружениям.

При выборе технологических решений, учитываются экологические и экономические аспекты реконструируемого предприятия, и все проблемы решаются на условиях организации **гальвано - химического производства и очистных сооружений, как единого комплекса**. При реализации проектов используется как отечественное, так и зарубежное оборудование (Швеция, Италия, Польша, Чехия, Германия, Финляндия и т.д.), которое отвечает требованиям экологической безопасности на территории России.

Практика работы показывает, что значительное улучшение качества очистки стоков можно добиться за счет оптимизации работы существующих очистных сооружений и организации, отдельных дополнительных узлов доочистки стоков.

Выбор технологической схемы очистных сооружений определяется жесткими нормативными требованиями региона к качеству сбрасываемой воды. В этих случаях необходимо предусматривать схемы с частичным возвратом воды в производство. Применение бессточных схем, требующих значительных капитальных затрат, целесообразно только после предварительного сокращения расхода воды, что в свою очередь определяется использованием гальванических линий, отвечающим требованиям экологической безопасности.

Комплексный подход по организации (реконструкции) гальвано - химического производства и очистных сооружений позволяет максимально снизить капитальные и эксплуатационные затраты и решить экологические проблемы для предприятий различных отраслей в любом регионе.

Руководитель предприятия
Главный технолог

Пальцев Владимир Алексеевич
Мазур Валентина Алексеевна

Проблемы с качеством покрытий?

Проблемы с обработкой стоков?

Проблемы с очисткой?

Покупайте
оборудование

SERFILCO!

Вертикальные насосы

Погружные системы фильтрации

Компактные системы фильтрации

Угльные и ионнообменные системы очистки

Насосы с магнитной муфтой

Насосы с прямым приводом

Многокартриджные системы фильтрации

Системы фильтрации

Самовсасывающие насосы

Портативные системы фильтрации

Дозирующие насосы

Гравитационные системы фильтрации

Насосы для бочек

Закажите полный каталог оборудования SERFILCO



POPOV Consulting

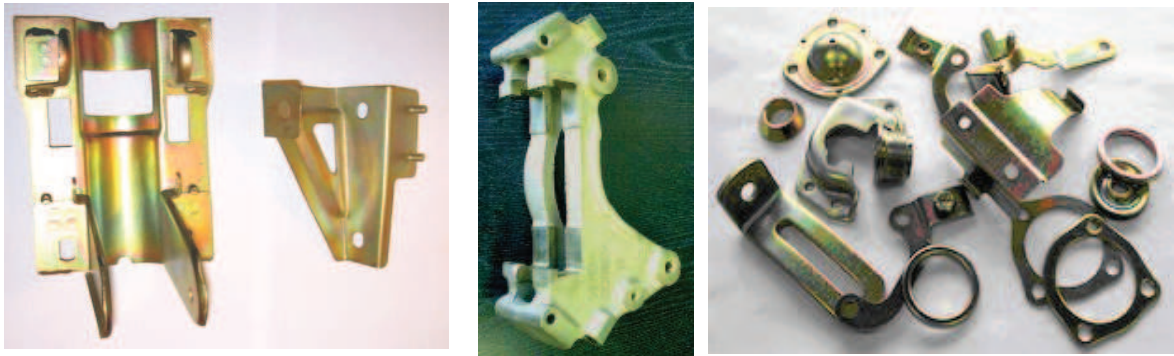
Официальный дилер компании SERFILCO International Ltd., Англия
Тел./факс: (495)968-10-49, (499)259-24-55,
E-Mail: popov@popovconsulting.com
www.serfilcoequipment.popovconsulting.com

ООО «АРБАТ»

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

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ, БЛЕСКООБРАЗУЮЩИЕ ДОБАВКИ, ХИМИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ

Примеры гальванических покрытий для автомобилестроения:



Цинкование в щелочном и слабокислом электролитах



Хромирование без Cr(VI)

Механическое цинкование

Наша химическая продукция:

НТЦ-Р - блескообразующая добавка для щелочного цинкования,

Дипо-цинк А и Б - добавки для слабокислого цинкования;

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

Хромит-1А и **Хромит-2А** - композиции для бесцветного и радужного пассивирования (хромирования) цинковых покрытий **без Cr(VI)**;

Смесь БФЦ-А для хроматирования алюминия;

Фосфатирующие концентраты

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

Другие химические продукты для машиностроения - более 30 видов

Свыше 40 предприятий применяют продукцию фирмы «АРБАТ»

Подробнее на: www.galvanicrus.ru

Научно-производственное предприятие «СЭМ.М»

**Основным видом деятельности НПП «СЭМ.М» является
обеспечение надежной и высококачественной работы
гальванических производств**

в рамках решения этой задачи

НПП «СЭМ.М» осуществляет:

- Разработку и внедрение в промышленности электрохимических технологий, отвечающих современным техническим и экологическим требованиям
- Производство блескообразующих добавок и композиций **ЦКН** для гальванических процессов:
 - обезжиривание химическое и электрохимическое
 - травление
 - цинкование
 - хроматирование радужное, бесцветное, с голубым оттенком
 - хроматирование на основе соединений хрома (III)
 - никелирование
 - хромирование
 - оловянирование и сплавы олова
 - меднение
 - холодное чернение сталей
- Сервисное сопровождение внедряемых процессов

ЦКН® - зарегистрированный товарный знак НПП «СЭМ.М»
(Рег.свид. № 178933)

Надежность и качество нашей продукции обеспечили ей широкую известность — потребителями нашей продукции являются многие предприятия различных регионов России и Белоруссии

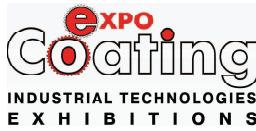
**НПП «СЭМ.М» — это стабильное качество,
разумная ценовая политика,
квалифицированные консультации.**

Мы поможем сделать Вашу гальванику лучше!

Контактная информация:

Т/факс (499)978-6195, 978-5651
<http://bestgalvanik.ru>
E-mail: semm@online.ru

Календарь выставок, конференций и семинаров, проводимых в России в 2011 году Exhibitions, Conferences, Seminars



1. 8-я международная выставка и конференция
“Покрытия и обработка поверхности”
22-24 марта 2011 г.
СК “Олимпийский” г. Москва

По вопросам участия в Выставке обращаться в ООО «Примэкспо» т. (812) 380-60-17; (812) 380-60-01; E-mail: coating@primexpo.ru; www.primexpo.ru/coating. По вопросам выступления на конференции и публикации тезисов докладов обращаться по адресу: 125047, Москва, Миусская пл., д.9. РХТУ им. Д.И. Менделеева. Тел. (499)978-59-90; Факс (495)609-29-64; E-mail: gtech@muctr.ru. Председатель Оргкомитета Конференции Кудрявцев В.Н.

По вопросам посещения конференции, проживания и оплаты оргвзноса: МХО им. Д.И. Менделеева Богачев Николай Николаевич; E-mail: mho@asvt.ru; www.mmho.by.ru. Тел./факс (495) 925-86-00, 742-04-22; (495) 302-80-00 - Ябурова Галина Алексеевна. Более подробная информация о конференции помещена в Интернете на сайте Российского общества гальванотехников: : <http://www.galvanicrus.ru>.

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЛИНИИ и УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ СТОКОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ- проектирование, изготовление и монтаж “под ключ”

В течение последних 30 лет фирма ASMEGA S.p.A, один из ведущих европейских производителей гальванического оборудования поставляет следующие виды продукции:

Гальванические линии:

- ручные и полуавтоматические линии,
- автоматические барабанные линии,
- автоматические линии подвешенного типа,
- установки карусельного типа (простые, сдвоенные или строенные линии),
- автоматические линии для обработки печатных плат,
- автоматические линии для металлизации и гальванической обработки пластмасс,
- специальные линии для аэрокосмической промышленности,
- линии для твердого хромирования и твердого анодирования алюминия,
- высокопроизводительные барабанные линии PLATEXPRESS для хромирования, никелирования, цинкования, меднения, нанесения покрытий из благородных металлов, нанесения покрытий из благородных металлов, нанесения многослойный металлических покрытий на металлы, в т.ч. и титан, и пластмассы, для анодирования изделий из алюминия

Линии и установки для обезжиривания и очистки деталей перед последующей технологической обработкой:

- сваркой, окрашиванием, механообработкой в машиностроении и т.п.,

Установки для очистки стоков гальванических производств:

- реагентным методом; - ионообменным методом; - методом «обратного осмоса» и т.д.,

Материалы, агрегаты и запасные части для гальванических линий и установок очистки стоков гальванических производств - качественные пластикат для футеровки ванн, выпрямители, системы вытяжки, автооператоры, системы автоматизации, ионообменные смолы и т.д.

ASMEGA S.p.A Падова - Италия http://www.asmega@asmega.com	Официальный Представитель Asmega в РФ КОВИНТРЕЙД МОСКВА тел.(495)363-43-80, факс (495)363-43-81 e-mail: info@kovintrade.ru http://www.kovintrade.ru

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

**МОСКОВСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА
РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА**

Главному инженеру предприятия

Приглашаем Вас принять участие в работе курсов повышения квалификации специалистов в области

ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ И ГАЛЬВАНО - ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ

Курсы проводятся высококвалифицированными специалистами по двум направлениям.

Основное содержание программ:

Курсы повышения квалификации специалистов в области гальвано - техники 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.

Для повышения качества обучения, результативности и эффективности курсов желатель-но, 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 микроколичеств 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

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

Сроки проведения и условия участия в 1-м полугодии 2011 года

Группа (шифр)	Дата проведения	Стоимость, руб.
Группа № 16 (КГ-16)	14 февраля - 18 февраля	12800-00
Группа № 17 (КГ-17)	14 марта - 25 марта*	19200-00
Группа № 18 (КГ-18)	10 мая - 20 мая**	19200-00

*Посещение 8-ой Международной специализированной выставки «Покрyтия и обработка поверхности» и участие в 8-ой международной научно-практической конференции «Покрyтия и обработка поверхности».

** Посещение 9-ой Международной специализированной выставки «Антикор и Гальваносервис - 2011».

Курсы повышения квалификации специалистов в области аналитического контроля

Группа (шифр)	Дата проведения	Стоимость, руб.
Группа АКГ№ 07 (АКГ-07)	25 апреля - 29 апреля*	12500-00

* Посещение 9-ой Международной специализированной выставки аналитического оборудования, контрольно-измерительных приборов, лабораторной мебели, химических реактивов и материалов, нанотехнологий, наноматериалов, биоаналитики.

В стоимость обучения входят информационные материалы и научно-техническая литература.
Стоимость обучения НДС не облагается. Оплата перечислением.

Регистрация слушателей в день начала курсов с 11-00 до 13-00 часов на кафедре технологии электрохимических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева по адресу: 125047, г. Москва,

1-ая Миусская ул., д. 3, РХТУ им. Д.И. Менделеева. **Проезд:** м. «Новослободская».

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.

- в студ. общежитии РХТУ. **Проезд:** м. «Планерная», далее авт. № 88 или № 96 до ост. «97-я поликлиника» (Стоимость проживания до 1000 руб./сутки).

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

ИНН 7710056339, р/сч. 4070381030000000060 ОАО Банк ВТБ, 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, дату и время приезда.

Телефоны для подачи заявок и справок:

тел/факс: (495) 625-86-00, 742-04-22 – МХО им. Д.И. Менделеева.

(495) 302-80-00 – Ябурова Галина Алексеевна.

e-mail: mxo@asvt.ru

<http://www.mmho.ru> (499) 978-59-90 – РХТУ им. Д.И. Менделеева

e-mail: gtech@muctr.ru; www.galvanicrus.ru; www.muctr.ru

КНИГИ Books

Грилихес С.Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов.

Рассмотрены вопросы подготовки черных и цветных металлов перед нанесением на них гальванических покрытий - механическая обработка, химическое и электрохимическое обезжиривание, травление, активирование, пассивирование, химическое и электрохимическое полирование. Приведены примеры применения указанных процессов для некоторых специальных целей. По сравнению с предыдущим изданием (5-е изд. 1983 г.) уточнены, а также даны новые технологические рекомендации, составы рабочих растворов, включены разделы, посвященные подготовке легких металлов перед осаждением на них покрытий и влиянию электрохимического полирования на свойства металлов.

Распространяется среди подписчиков журнала.

Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчет производства, нормирование. Изд. 2-е, переработанное и дополненное.

Под ред. В.Н. Кудрявцева. - М.: «Глобус», 2005. - 248 с. *Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности».* Цена - 110 рублей.

Изложены сведения по конструкциям, характеристикам и расчетам основных параметров оборудования цехов гальванических покрытий: ванн, подвесных приспособлений, барабанов, колоколов, гальванических линий, вспомогательного оборудования и источников тока. Показаны принципы расчета расхода воды на промывку, химикатов, анодов, пара, сжатого воздуха и электроэнергии, а также расчета эффективных систем вентиляции и рационализации водопотребления. Рассмотрены вопросы составления компоновок гальванических линий и практические рекомендации по организации производства гальванических покрытий.

Распространяется среди подписчиков журнала.

Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н. Электролитическое хромирование (справочное пособие). М.: «Глобус», 2008. - 192с. *Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности».* Цена - 132 рубля.

В книге приведены общие сведения о процессе электролитического хромирования, типы, свойства и назначение хромовых покрытий, особенности электролитов, характеристики покрытий, области их применения. Подробно разобраны технологические особенности процесса хромирования.

Рассмотрены возможные неполадки при хромировании, их причины и пути устранения.

Книга рассчитана в основном на работников гальванических производств.

Виноградов С.С. Промывные операции в гальваническом производстве

Под ред. В.Н. Кудрявцева. - М.: «Глобус», 2002. - 157 с. *Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности».* Цена - 100 рублей.

В книге представлено описание основных способов рационализации водопотребления гальванического производства. Даны характеристики систем промывки, требования к качеству воды, описаны способы нормирования водопотребления и сокращения расхода воды, в том числе без больших капитальных затрат. Показана возможность организации бессточных операций нанесения покрытий на примере конкретной гальванической линии. Представлены основные положения и порядок выбора схем промывок для гальванической линии.

Книга предназначена специалистам гальванических производств и может быть полезна студентам, аспирантам, преподавателям и научным сотрудникам, специализирующимся в области гальванотехники.

Распространяется среди подписчиков журнала.

Окулов В.В. ЦИНКОВАНИЕ. Техника и технология

Под ред. В.Н. Кудрявцева. - М.: «Глобус», 2008. - 157 с. *Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности».* Цена - 170 рублей.

Григорян Н.С., Акимова Е.Ф., Ваграмян Т.А. Фосфатирование

М.: «Глобус», 2008. - 157 с. *Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности».* Цена - 120 рублей.

АВТОРАМ ЖУРНАЛА «ГАЛЬВАНОТЕХНИКА И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ»

Редколлегия и редакция журнала просят авторов при направлении материалов для публикации (обзоры, статьи, краткие сообщения, письма в редакцию, информация и т.д.) руководствоваться следующими правилами:

1. 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) в двух экземплярах, а **также на CD или по электронной почте**. В качестве вторых экземпляров могут быть использованы ксерокопии. Материал должен содержать следующую информацию:

1. СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- фамилия, имя, отчество автора полностью (если авторов больше чем один, указываются все авторы); должность, звание, ученая степень
- полное и точное место работы каждого автора в именительном падеже. Важно четко, не допуская иной трактовки, указать место работы с адресом каждого автора. (Если все авторы статьи работают или учатся в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно);
- контактная информация (e-mail, город, корреспондентская контактная информация) для каждого автора

Все сведения приводятся на русском и английском языках

2. НАЗВАНИЕ СТАТЬИ

Приводится на русском и английском языках

3. АННОТАЦИЯ

Приводится на русском языке для публикации в РЖ Химия (5-7 строк).

Приводится подробный реферат со ссылкой на рисунки и таблицы (объемом не менее 1-1,5 страниц) для последующего перевода на английский язык.

4. КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Каждое ключевое слово либо словосочетание отделяется от другого точкой с запятой; Данные приводятся на русском и английском языках

5. НАЛИЧИЕ ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ ТЕМАТИЧЕСКОЙ РУБРИКИ (КОД)

- УДК и/или ГРНТИ, код ВАК по разделам номенклатуры научных специальностей
- либо другие библиотечно-библиографические классификационные и предметные индексы;

6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Пристатейные ссылки и/или списки пристатейной литературы следует оформлять по ГОСТ 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления:

Единый формат оформления пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008 «Библиографическая ссылка»

(Примеры оформления ссылок и пристатейных списков литературы)

СТАТЬИ ИЗ ЖУРНАЛОВ И СБОРНИКОВ:

Адорно Т. В. К логике социальных наук // Вопр. философии. – 1992. – № 10. – С. 76–86.

Crawford, P. J. The reference librarian and the business professor: a strategic alliance that works/P. J. Crawford, T. P. Barrett//Ref. Libr. -1997. –Vol. 3, № 58. -P. 75-85.

Заголовок записи в ссылке может содержать имена одного, двух или трех авторов документа. Имена авторов, указанные в заголовке, могут не повторяться в сведениях об ответственности.

Crawford P. J., Barrett T. P. The reference librarian and the business professor: a strategic alliance that works // Ref. Libr. 1997. Vol. 3. № 58. P. 75-85.

Если авторов четыре и более, то заголовок не применяют (ГОСТ 7.80-2000)

Корнилов В.И. Турбулентный пограничный слой на теле вращения при периодическом вдуве/отсосе // Теплофизика и аэромеханика. - 2006. - Т. 13, № 3. - С. 369-385.

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. – 2-е изд. – М. : Проспект, 2006. – С. 305–412.

Допускается предписанный знак точку и тире, разделяющий области библиографического описания, заменять точкой

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.

Допускается не использовать квадратные скобки для сведений, заимствованных не из предпринятого источника информации

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

Заголовок записи в ссылке может содержать имена одного, двух или трех авторов документа.

Имена авторов, указанные в заголовке, не повторяются в сведениях об ответственности. Поэтому: Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2006. 494 с.

Если авторов четыре и более, то заголовок не применяют (ГОСТ 7.80-2000)

АВТОРЕФЕРАТЫ

Глухов В.А. Исследование, разработка и построение системы электронной доставки документов в библиотеке: Автореф. дис. канд. техн. наук. - Новосибирск, 2000. - 18 с.

ДИССЕРТАЦИИ

Фенухин В. И. Этнополитические конфликты в современной России: на примере Северо-Кавказского региона : дис. ... канд. полит. наук. - М., 2002. - С. 54-55.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ:

Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья : аналит. обзор, апр. 2007 / Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений. - М. : ИМЭМО, 2007. - 39 с.

ПАТЕНТЫ:

Патент РФ № 2000130511/28, 04.12.2000.

Еськов Д.Н., Бонштедт Б.Э., Корешев С.Н., Лебедева Г.И., Серегин А.Г. Оптико-электронный аппарат // Патент России № 2122745. 1998. Бюл. № 33.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ

Археология: история и перспективы: сб. ст. Первой межрегион. конф., Ярославль, 2003. 350 с.

Марьянских Д.М. Разработка ландшафтного плана как необходимое условие устойчивого развития города (на примере Тюмени) // Экология ландшафта и планирование землепользования: тезисы докл. Всерос. конф. (Иркутск, 11-12 сент. 2000 г.). - Новосибирск, 2000. - С.125-128.

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?nomer=366> (дата обращения: 17.04.07).

<http://www.nlr.ru/index.html> (дата обращения: 20.02.2007)

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

Литчфорд Е. У. С Белой Армией по Сибири [Электронный ресурс] // Восточный фронт Армии Генерала А. В. Колчака: сайт.- URL: <http://east-front.narod.ru/memo/latchford.htm> (дата обращения 23.08.2007).

2. Требования к файлам, предоставляемых в электронном виде:

а) рекламные материалы и рисунки к статьям должны быть предоставлены в следующих программах: **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 внести изменения, то все слои необходимо оставить);

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

Цифры и надписи на шкалах абсцисс и ординат графиков должны быть выполнены в одном кегле и гарнитуре. (Рекомендуемый кегль - 18, гарнитура - JournalSansC).;

Поддерживаемые носители: CD, E-mail.

Если предполагается, что реклама будет опубликована в **черно-белом варианте**, то исходный материал **не должен быть выполнен в цвете**.

3. Основными материалами для публикации в журнале являются обзоры и статьи.:

- а) обзоры — до 30 машинописных страниц. Обзоры публикуются либо по заказу редколлегии, либо по инициативе авторов. В последнем случае авторы представляют предварительно аннотацию (развернутый план) обзора и, после ее одобрения редколлгией, сам обзор;
- б) статьи — до 18 машинописных страниц, 8 рисунков.

4. Все представляемые для публикации материалы рецензируются.

5. Оформление формул в тексте:

- а) формулы должны быть аккуратно вписаны тушью (чернилами) или набраны на компьютере;
- б) во избежание недоразумений и ошибок редакция рекомендует авторам:
 - не использовать в формулах русских букв;
 - в формулах и тексте самостоятельно проводить разметку, руководствуясь стандартными правилами: прописные и строчные буквы всех алфавитов, имеющие одинаковое начертание, подчеркиваются простым карандашом: большие двумя чертами снизу (например, \underline{S} , \underline{P}), маленькие двумя чертами сверху (например, s , p); показатели степени и индексы выделяются (простым карандашом) дужкой (верхние — снизу, нижние — сверху); греческие буквы подчеркиваются красным карандашом, готические — синим. Эти же буквы выносятся на поля и поясняются (пишется как произносится) один раз на странице, например ξ (кси), ζ (дзета) и т.д.; спецзнаки выносятся на поля с пояснением «спецзнак»; для похожих по начертанию букв следует давать пояснения простым карандашом на полях (например, e (не эль); l (эль); 0 (ноль); O (буква); x (знак умножения); x (икс) и т.д.; для прямых и наклонных (курсив) символов используются дополнительные обозначения простым карандашом: например, \underline{s} , \underline{p} , и $s\sim$, $p\sim$ соответственно.

Submission of papers Zur Achtung den Autoren

Two copies should be submitted, in double-spaced 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, 3-5 mm). Photographs should be submitted as clear black-and-white 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.

enthone

Процессы пассивации цинка **Perma Pass** на основе Cr (III):

- возможность работы при температурах до +5°C
- возможность длинных периодов погружения (для медленных линий)
- возможность получения покрытий, сравнимых по коррозионной стойкости с пассивациями на основе Cr (VI)

Процессы слабокислого цинкования **Enthobrite**:

- экономичный расход добавок (носитель не расходуется при нормальном уносе)
- возможность снижения расхода цинка на 20%
- высокая точка помутнения – выше 80°C
- повышенная кроющая и рассеивающая способность

Процессы твёрдого хромирования **Ankor**:

- отсутствие фторидов
- выход по току на 60% выше, чем у традиционных аналогов
- возможность получения блестящих покрытий на всём диапазоне рабочих плотностей тока
- трещиноватость – до 400 трещин/см²

Процессы никелирования **Elpelyt**:

- возможность отдельного управления рассеивающей и выравнивающей способностью
- отсутствие загрязнения продуктами разложения блескообразователей

Добавки для травильных растворов **Actane**:

- возможность обезжиривания в ваннах травления
- ускорение снятия окалины и ржавчины
- предотвращение перетравливания поверхности
- продление срока службы травильных растворов

Процессы удаления покрытий **ENSTRIP**:

- минимальное подтравливание подложек
- высокая скорость снятия

Адрес Российского представительства

107258, г. Москва, ул. 1-я Бухвостова, д. 12/11, корп. 53

тел./факс: (495) 225-35-49, 661-49-35

<http://www.galvanit.ru>; e-mail: marketing@galvanit.ru



Промышленные выпрямители
для гальваники фирмы
Krafterlektronik (Швеция)

Насосы, фильтровальные
установки и системы
маслоулавливания фирмы
Siebec (Франция)



- Термоизоляционные поплавки из PP и PVDF для укрытия зеркал ванн никелирования, хромирования, обезжиривания, травления, горячик промывок
- Гальванотехнические ленты для изоляции подвесок и участков деталей
- Ячейки Хулла из оргстекла и фторопласта
- Фильтровальные картриджи (PP, полиэстер, уголь)
- Терморегуляторы **Trafag** (Швеция)

107258, г. Москва, ул. 1-я Бухвостова, д. 12/11, корп. 53
тел./факс: (495) 225-35-49 (многоканальный)
<http://www.galvanit.ru>; e-mail: info@galvanit.ru

производство выпрямителей

ПУЛЬСАР

Надежное оборудование для
современных технологий

Экономичность – более низкое потребление электроэнергии по сравнению с тиристорными выпрямителями, высокий КПД во всем рабочем диапазоне от 85 до 93%;

Качество покрытия – ровная, без пульсаций, форма тока на выходе позволяет получать более качественное, равномерное покрытие деталей;

Удобство эксплуатации – невысокие масса и габариты, отсутствие водяного охлаждения позволяют упростить обслуживание выпрямителя;

Эргономичность – интуитивно понятная система управления и индикации режимов работы;

Экологичность – герметичная, полностью экранированная конструкция;

Автоматизация процессов – управление и программирование от компьютера, либо от пульта;

Надежность – высокая степень защиты от перегрева, перегрузок и короткого замыкания.



Ведущие производители гальванических линий
выбрали выпрямители "Пульсар"

150007, Россия, г. Ярославль, ул. Университетская, 21

Телефон: (4852) 741-121, 741-567

e-mail: commerce@navicom.yar.ru

www.navicom.yar.ru



Адреса организаций и фирм, поместивших рекламу

ООО "АРБАТ" (стр. 67)

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

ЗАО "БМТ" (стр. 62)

600036 г. Владимир, а/я 60
E-mail: vladimir@vladbmt.ru, www.vladbmt.ru
тел: (4922) 38-61-11, 24-74-31; факс: (4922)38-12-44

ООО "ГАЛЬВАНИТ" (стр. 76)

107258 Москва,
ул. 1-я Бухвостова, 12/11, корп.53;
E-mail: info@galvanit.ru; www.galvanit.ru
тел/факс: (495)225-35-49 (многоканальный)

ГальваноТехник Лейпциг ГмБХ (стр. 6)

Представительство в Москве: Г. Москва, ул. Каспийская,
д.2, к.1, стр.3;
тел: +7(495)955-94-71, Моб. +7(916)990-06-49
E-mail: TsaryukVR@mtf.ru; www.galvanotechnikleipzig.de

ООО "ГАЛЬВАНОХРОМ" (стр. 32)

195248, Санкт-Петербург, Уманский пер., д. 71
E-mail: manager@galvanochrom.ru; www.galvanochrom.ru
тел/факс: +7(812)336-93-82, +7(812)226-03-63

ООО "ГРАНИТ-М" (стр. 13)

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

КАЛОРПЛАСТ. CALORPLAST (стр.5)

D-47724 Krefeld Postfach 2428 D-47803 Krefeld Siem-
pelkampstr.94 Phone 0049 (2151) 8777-0
Fax 0049 (2151)8777-33

КОВИНТРЕЙД МОСКВА. Kovintrade d.d.

Официальное представительство **Asmega** в РФ (стр.69)
тел (495)363-43-80, факс (495)363-43-81
E-mail: info@kovintrade.ru; www.kovintrade.ru

ОАО "ИЖЕВСКИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД "КУПОЛ" (стр. 45)

426033 г. Ижевск, ул. Песочная, д.3
тел (3412)90-30-68, 90-30-69; факс (3412)90-30-68
E-mail: techpro-ur@mail.ru; www.kupol.ru

НАВИКОМ (ПУЛЬСАР)(стр. 78)

1500007, г. Ярославль, ул. Университетская д.21
тел (4852)741-121, 741-567
E-mail: commerce@navicom.yar.ru;
www.navicom.yar.ru

РОРОВ Consulting (стр. 66)

Официальный дилер компании SERFILCO International Ltd.,
Англия
тел/факс в Москве: 8(499) 259-24-55,8(495) 968-10-49
E-mail: popov@popovconsulting.com;
www.serfilcoequipment.popovconsulting.com

"Предприятие "РАДАН" ООО (стр. 65)

190103 Санкт-Петербург, ул. 8-я Красноармейская, 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

НПК "РЕГЕНЕРАТОР" (стр. 55)

Москва, ул. Мартеновская 7-51;
тел/факс (495) 777-59-92, p05-70-51, 706-44-28.

Компания "СОНИС" (стр. 49, 64)

109240, Москва, ул. Яузская, 8, стр.2
тел:(495)545-76-24, 517-46-51; факс: 8(499)272-24-08
E-mail:bmb@sonis-co.ru; www.sonis-co.ru

НПП СЭМ.М (стр. 68)

125047, Москва, А-047, Миусская пл., 9. тел/факс 8(499)
978-61-95, 978-56-51;e-mail: semm@online.ru

ОАО "ТАГАТ" ТАМБОВГАЛЬВАНОТЕХНИКА (стр.10)

392030, Тамбов, Моршанское шоссе, 21.
тел: (4752) 53-25-03, 53-18-89, 53-70-03;
факс:(4752) 55-04-15; e-mail: office@tagat.ru

"УМИКОР ГАЛЬВАНОТЕХНИК" (стр. 4)

Klarenbergstrasse 53-79. D-73525
Schwaebisch Gmuend.Germany
e-mail:karin.barth@umicore.com;
www.umicore-galvano.com

ООО "ХИМСИНТЕЗ" (стр. 7)

606037, г. Дзержинск
Нижегородской обл., а/я 175,
тел/факс: (8313) 25-23-46, +7(951)902-91-65;
e-mail: chimsn@kis.ru

ЗАО "ХИМСНАБ" (стр.9)

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

ЗАО "ЭКОМЕТ" (стр. 8)

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

Журнал «Гальванотехника и обработка поверхности»

К сведению подписчиков!

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

**Подписка на журнал производится через местные почтовые отделения
и в редакции журнала.**

Журнал включен в Объединенный каталог «Пресса России» 2011/1; каталог стран СНГ 2011/1; Каталог Украины 2011/1; адресный каталог «Библиотечный каталог» 2011/1, Интернет каталог 2011/1 Агентство АРЗИ. **Индекс 87867.**

В редакции можно приобрести

Журнал "Гальванотехника и обработка поверхности" и книги	Цена, руб
2011 год (4 номера)	640
2010 год (4 номера)	620
2009 год (4 номера)	616
2008 год (4 номера)	616
2007 год (4 номера)	572
2006 год (4 номера)	528
2005 год (4 номера)	484
2004 год (4 номера)	484
Цинкование. Техника и технология. Окулов В.В.	170
Фосфатирование. Григорян Н.С., Акимова Е.Ф., Ваграмян Т.А.	130
Экологически безопасное гальваническое производство. (Изд. 2-е, дополн. и перераб.). Виноградов С.С.	100
Электролитическое хромирование. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н.	130

Все цены включают стоимость пересылки; НДС не облагается.

ООО "Гальванотех" находится с 01.01.08 на УСНО, уведомление № 16-22/191 от 18.12.2007 г.

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

Кафедра ТЭП. Гл. редактор - **Кудрявцев В.Н.**

Тел: (499) 978-59-90; **Факс:** (495) 609-29-64; **E-mail:** gtech@muctr.ru

Интернет-сайт журнала: www.galvanotekhnika.info

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

Банк плательщика

Сбербанк России, г. Москва, Марьино-рощинское ОСБ 7981 Банк получателя	БИК Сч.№	044525225 3010181040000000225
ИНН 7707284783 КПП 770701001 ООО "Гальванотех" Получатель	Р/с	40702810838320101984

Назначение платежа: и полный почтовый адрес предприятия (для рассылки)