

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. 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;
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, Miussskaya 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
Интернет-сайт журнала www.galvanotehnika.info**

ГАЛЬВАНОТЕХНИКА и ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

№ 3

2011 год

том XIX

Содержание

<i>Ответы на вопросы читателей</i>	Об утилизации растворов соляной кислоты после использования в процессе снятия цинкового покрытия с металлов	11
	Об использовании водопроводной воды для составления гальванических ванн на предприятиях Москвы	11
	О применении концентрата фосфатирующего раствора для нанесения покрытий на оцинкованные детали	12
<i>Осаждение металлов и сплавов</i>	Успехи гальванотехники. Обзор мировой специальной литературы за 2009-2010 годы. Часть II <i>Елинек Т.В.</i>	13
	Электроосаждение цинка из кислого лактатного электролита <i>Киреев С.Ю., Перельгин Ю.П., Ягниченко Н.В.</i>	30
<i>Экология</i>	Оптимизация электрофлотационного процесса извлечения трудно-растворимых соединений меди из сточных вод путём регулирования рН среды <i>Бродский В.А., Колесников В.А.</i>	35
<i>Методы контроля покрытий</i>	Методы и приборы измерения толщины гальванических покрытий. Вопросы применения и обеспечения достоверности результатов измерений. Статья обзорного характера <i>Сясько В.А.</i>	42
<i>Персоналии</i>	Памяти Бориса Григорьевича Карбасова	54
<i>Информация</i>	Курсы повышения квалификации	58
	Выставки, конференции, семинары	60
	Книги	60
	Адреса организаций и фирм, поместивших рекламу	67

Интернет-сайт Российского общества гальванотехников
www.galvanicrus.ru

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT

№ 3

2011

V. XIX

Contents

<i>Answers for reader questions</i>	Three questions and answers on phosphating and environmental problems	11
<i>Electroplating of metals and alloys</i>	Advances in Metal Finishing - An Assessment of the International Literature 2009-2010. Part II. <i>Jelinek T. V.</i>	13
	Zn plating from the bath on the base of lactic acid <i>Kireev S. Yu., Perelygin Yu. P., Yagnichenko N. V.</i>	30
<i>Environmental problems</i>	Optimization of the Copper Recovery from Waste Water Using Electroflotation Process by Means of pH-Control <i>Brodskiy V. A., Kolesnikov V. A.</i>	35
<i>Methods of coating control</i>	Methods and Devices for the Measurement of Coating Thickness. Problems Related with the Application and Reliability of the Results of Measurements. Review <i>Syasko V. A.</i>	42
<i>Personality</i>	To the Memory of Boris G. Karbasov	54
<i>Information</i>	Congressess, Conferences, Meetings	60

Internet-site Russian Society of Platers
www.galvanicrus.ru

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@mtf.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-олово и медь-олово-цинк в качестве защитного и декоративного покрытия с целью замены никелевого покрытия.
- **NIRUNA®** - процесс нанесения на печатные платы химического никеля и иммерсионного золота. Химически осажденные покрытия никеля и золота отличаются оптимальной защитой от коррозии, хорошо подвергаются паянию и бондеризации.
- **AURUNA-FORM®** - процесс гальванопластики при изготовлении ювелирных изделий
- **PLATINODE®** - специальные фигурные аноды, стойкие в коррозионных средах для электроссаждения 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 компанией, 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 CALOЯ 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: Есть ли предприятия по приему растворов соляной кислоты после использования в процессе снятия цинкового покрытия с металлов?

ОТВЕТ: Вряд ли есть такие специализированные предприятия. Извлекать цинк или регенерировать кислоту экономически не оправдано.

Кислотные растворы, содержащие цинк и другие металлы, обрабатывают в системах реакгентной нейтрализации концентрированных сточных вод, которые есть (должны быть!) в каждом гальваническом цехе.

При добавлении в солянокислый раствор цинка едкого натра или соды до pH 8-8,5 образуется безвредный раствор хлорида натрия и осадок гидроксидов цинка и других металлов, присутствующих в кислом растворе. Отфильтрованный осадок (шлам) обычно захоранивают в узаконенных региональных полигонах для промышленных отходов.

Проблема использования гальванических шламов для переработки их, например, в пигменты или другие наполнители, также существует, но это другая большая тема.

В.В. Окулов

ВОПРОС: На предприятии в гальваническом цехе неожиданно встал вопрос о переходе на водопроводную воду. Хотелось бы получить какие-нибудь статистические сведения об использовании водопроводной воды для составления ванн на предприятиях Москвы. Т.е. используют ли заводы водопроводную воду или как-то предварительно подготавливают её? Вопрос касается, в основном, таких процессов как: пассивация сталей, анодирование алюминиевых сплавов, сернокислое меднение.

Паршин Д.Е.
инженер-технолог ОАО «РСК МиГ»
(Москва)

ОТВЕТ: Эффективность работы электролитов и качество получаемых покрытий в значительной степени определяются чистотой растворов с точки зрения наличия или отсутствия в них посторонних неорганических и органических загрязнений. Различные электролиты в большей или меньшей степени чувствительны к загрязнениям, но всегда загрязнения сказываются на свойствах покрытий.

Первичным источником загрязнений являются химикаты и вода, применяемые для приготовления электролитов. Для устранения отрицательного влияния таких загрязнений на качество обработки поверхности используют специальные приёмы подготовки к работе свежеприготовленных растворов, указанные в технологических инструкциях. Если для удаления отдельных примесей таких приёмов нет или они слишком трудоёмки, то для приготовления электролитов используют химикаты более высокой категории чистоты и конденсат, обессоленную, дистиллированную или бидистиллированную воду. В каждом конкретном случае характеристики химикатов и воды, применяемых для приготовления раствора, определяются в технологической инструкции (или другой аналогичной документации).

Вторичным и постоянным во времени источником загрязнений является промывная вода, используемая в предшествующей промывной операции.

Концентрация вредных примесей в промывной воде должна быть ниже допустимых концентраций вредных примесей в электролитах, в противном случае воду для промывки очищают от того вещества, концентрация которого превышает допустимую величину, или используют более чистую воду.

Величины допустимых концентраций вредных примесей для каждого конкретного электролита также указывается в технологической инструкции (или другой аналогичной документации).

Отклонение от требований технологической инструкции (или другой аналогичной документации) является нарушением технологической дисциплины.

Поэтому вопрос о применимости водопроводной воды для приготовления электролитов не может быть решён на основе статистических данных о применении водопроводной воды на аналогичные цели на других предприятиях.

В качестве справочного материала можно предложить следующие рекомендации по использованию воды различного качества.

1. Для приготовления технологических растворов необходимо использовать дистиллированную воду в тех случаях, когда об этом указано в технологической документации; в остальных случаях следует использовать конденсат или питьевую водопроводную воду.

2. Для промывки в проточных ваннах перед всеми технологическими ваннами можно использовать обычную питьевую водопроводную воду.

Когда допустимая концентрация какого-либо вещества в технологическом растворе меньше, чем нормируемая концентрация этого вещества в питьевой воде, или в питьевой воде она не нормируется, в этом случае потребляемая водопроводная вода подвергается анализу на содержание в ней этого вещества и в случае необходимости подвергается очистке именно от этого вещества. Одним из наиболее часто встречающихся случаев в практике работы гальванических цехов является высокое содержание в водопроводной воде ионов железа, что может негативно сказаться на качестве многих, особенно никелевых и хромовых покрытий. В этом случае перед подачей воды на промывку перед ванной нанесения покрытий необходимо подвергать воду очистке от железа любым доступным методом (например, аэрацией с последующей фильтрацией).

3. Для промывки в непроточных ваннах дистиллированную воду необходимо использовать лишь в том случае, когда промывная вода из этих ванн улавливания служит для подпитки технологической ванны, раствор в которой готовится на дистиллированной воде. Например, ванны улавливания после никелирования и хромирования заполняются дистиллированной водой, так как промывную воду из этих ванн улавливания постоянно подливают в ванны соответственно никелирования и хромирования для компенсации потерь растворов на испарение и унос в вентиляцию. Для промывки в проточных ваннах дистиллированную воду необходимо использовать в технологических процессах, в которых это особо оговаривается (микроэлектроника, радиотехника и т.п.). Кроме того, дистиллированную воду желательно использовать в схемах проточной промывки с очень малым расходом воды (1-5 л/ч).

*С пожеланием успехов
Виноградов С.С.*

ВОПРОС: Прошу Вас разъяснить, возможно ли применение концентрата фосфатирующего Фоскон-28 (старое название КНЦ-2) ТУ 2149-137-10964029-01 для нанесения покрытия Хим.Фос. окс на оцинкованные детали. Этот концентрат применяется на нашем предприятии для оксидо-фосфатирования стальных деталей под окраску, промасливание и холодную вытяжку. Температура раствора 40-60°C.

При нанесении покрытий типа Ц12.фос.окс применяется состав, содержащий монофосфат цинка, азотнокислый цинк и азотнокислый барий. Температура раствора 90-95°C.

Жидкий концентрат более удобен в применении рабочая температура гораздо ниже. Но не снизятся ли защитные свойства цинкового покрытия при замене фосфатирующего состава?

ОТВЕТ: В принципе, низкоцинковый концентрат «Фоскон 28» можно применять для покрытия оцинкованных деталей, но покрытие будет не оксидно-фосфатным, а просто фосфатным.

Оксидно-фосфатные покрытия формируются в указанном Вами растворе, содержащем азотнокислый барий. Оксидно-фосфатные покрытия с последующим промасливанием применяются главным образом для защиты от коррозии.

Из Вашего письма не понятно, для чего Вам необходимо перед холодной вытяжкой и окраской наносить оксидно-фосфатное покрытие? Для этих целей разработаны специальные растворы. Выбор того или иного раствора зависит от многих факторов, в частности, от способа окраски и вида лакокрасочного материала.

Промасленные оксидно-фосфатные покрытия по своим защитным свойствам превосходят фосфатные покрытия, полученные в фосфатирующем концентрате "Фосфон-28".

В.И. Мамаев

Успехи гальванотехники*
Обзор мировой специальной литературы
за 2009-2010 годы

Елинек Т.В.

Advances in Metal Finishing - An Assessment of the International Literature 2009-2010

Jelinek T.V.

Fortschritte in der Galvanotechnik - Eine Auswertung der internationalen Fachliteratur 2009-2010

Jelinek T.W.

4.2 Хромирование

Композиционные хромовые покрытия, содержащие частицы наноразмеров, осаждаемые при низких температурах (около 40°C), имеют повышенную твердость и износостойкость [10]. Разные дисперсные частицы (изоляторы, полупроводники, проводники), осаждаясь по различным механизмам, распределяясь равномерно или неравномерно в хромовом (Cr (III)) покрытии, оказывают различное влияние на свойства покрытий [356]. Исследование саморегулирующихся электролитов с высокими скоростями осаждения хрома (self regulating high speed, SRHS) показало, что различным областям ток/температура соответствуют определенные значения твердости и другие свойства покрытий [264]. Расход электроэнергии при твердом хромировании оптимизируют за счет улучшения перемешивания, уменьшения межэлектродных расстояний и применения соответствующего экранирования [13]. Хром (III) окисляют до хром (VI) на трехмерных электродах [293]. Замена хром (VI) электролитов на хром (III)-электролиты описывается в статье, состоящей из пяти частей; дается обзор рынка электролитов [259], описывается их историческое [302] и обсуждается их дальнейшее развитие [353, 502, 582].

4.3 Никелирование

Твердость и износостойкость никелевых и кобальтовых композиционных покрытий с частицами оксида церия, осаждаемых из серноокислых электролитов, возрастает с увеличением содержания этих частиц, что оказывает влияние на структуру покрытий [164].

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

Применение импульсного тока приводит к соосаждению большого количества керамических частиц в никель-фосфорных покрытиях, что увеличивает их твердость, которая возрастает еще больше при дополнительной термообработке [266]. В случае соосаждения наноразмерных частиц высокие значения твердости достигаются уже при их незначительных количествах [536, 400]. Повышенную твердость и износостойкость имеют никелевые покрытия, осаждаемые из сульфатных электролитов с алмазными частицами или нанотрубками [303]. В статье [402] освещаются никель-тефлоновые покрытия. Внутренние напряжения в никелевых покрытиях из сульфатных электролитов зависят от типа, количества и адсорбционной способности добавок [261], а также от размеров кристаллов, которые в свою очередь зависят от типа соосажденных дисперсных частиц [262]. Никель-железные (20) сплавы с хорошими магнитными свойствами, высокой коррозионной и износостойкостью могут осаждаться при аномальных условиях со специально для этого случая разработанным комплексообразователем [397].

4.4 Олово, цинк и их сплавы

Исследования, проведенные для объяснения механизмов протекания реакций в сульфатных растворах оловянирования показывают, что добавка бензальдегида уменьшает скорость осаждения Sn(II) в широком диапазоне плотностей тока [64]. Оловянные покрытия из нового электролита на метансульфоновой основе вследствие их мелкокристаллической структуры и незначительной шероховатости мало подвержены висцерообразованию, при этом из применяемых добавок образуется незначительное количество продуктов разложения [161, 163, 358]. Если максимально допустимое содержание свинца в оловянных покрытиях из таких

электролитов не превышает 0,1%, то максимальное допустимое содержание в анодах можно рассчитать [505]. Коррозионная стойкость оловянных покрытий из электролитов с метансульфоновой кислотой изменяется в течение времени, что объясняется изменением структуры покрытий [507]. Проблема не удаляемых продуктов разложения блескообразующих добавок во фторсодержащих электролитах электроосаждения сплава Sn-Pb решается добавкой реактивов, перекрывающих их действие [477].

Из покрытий цинковыми сплавами наибольшее распространение получили сплавы с никелем, которые вследствие высокой коррозионной стойкости во многих случаях способны заменить кадмий [260]. Оптимизированный щелочной электролит для осаждения цинк-никелевого сплава, имеющий низкое содержание никеля и хорошую рассеивающую способность, позволяет экономить на толщине покрытия [165]. Путем окисления аминов, используемых в данных растворах в качестве стабилизаторов, можно накапливать концентрацию цианида на уровне до 1,2 г/л. Это возможно при размещении анодов за мембранной [395]. Разработан кислый хлоридсодержащий электролит цинкования с новыми добавками, не содержащий борную кислоту и хлорид аммония. Он позволяет исключить такие недостатки существующих на рынке электролитов, как возрастающую концентрацию цинка или помутнение раствора [396]. Время окунания, скорость осаждения, различные толщины осадков влияют на развитие внутренних напряжений в покрытиях сплавами цинка из расплавов [413]. Электролитические цинковые покрытия на кордовой проволоке и покрытия из расплавов имеют одинаковые свойства [420]. Сравнение покрытий сплавами цинка с кобальтом или с марганцем показывает, что образование ожидаемых продуктов коррозии, повышающих коррозионную стойкость, происходит за счет незначительных количеств легирующих элементов в этих сплавах [535]. Исследование механизма осаждения таких покрытий из цинк-кобальтовых электролитов показывает, что восстановление кобальта на катоде протекает в одну, а не, как ранее считалось, в несколько стадий [301].

Эффективность многослойной системы с барьерным металлом в качестве первого слоя, вторым - цинковым покрытием и черным хромированием в качестве третьего слоя с дополнительным поверхностным защитным неметаллическим покрытием объясняется барьерным и электрохимическим эффектом [304]. С целью увеличения твердости и улучшения магнитных свойств с сохранением высокой коррозионной стойкости оптимизируется процесс осаждения сплава кобальт-молибден-фосфор из лимоннокислого электролита, содержащего сульфат кобальта, молибдат натрия и аммиак или

гидразин [166]. Осажденные из растворов хлорида железа и гипофосфита натрия или молибдата аммония железо-фосфорные и железо-молибденовые покрытия обладают более высокой твердостью и износостойкостью, чем нелегированное железо [162]. Сплав медь-никель осаждают из сернокислого, салицилового или аммиачного электролитов в области низких плотностей тока [401]. С применением специальных режимов электроосаждения получают предварительное медное покрытие с высокой проводимостью [422].

4.5 Благородные металлы

Обзор технологий осаждения благородных металлов показывает, что наряду с традиционным использованием в производстве украшений и в электронике, возрастает их роль в медицине [11].

Золотые покрытия, которые вследствие требуемой высокой каратности возможно лишь ограниченно легировать, сохраняют механические свойства за счет соосаждения синтетического алмазного наноразмерного порошка [167]. Золотые медали для олимпийских игр изготовлены из серебра с предварительным золочением и с последующим золочением на толщину 20 микрон; за счет очень медленного осаждения получают требуемую оптимальную рассеивающую способность электролита, необходимую для покрытия всех рельефных участков поверхности [366]. Для электроники подходят покрытия сплавами золото-кобальт благодаря их хорошей паяемости и адгезии, механизм осаждения которых из слабокислотных электролитов изучается в работах [503, 581]. Свойства покрытий определяются объемным распределением различных фаз в сплавах серебро-кадмий, полученных из цианистого электролита; этим распределением управляют, изменяя параметры осаждения [267]. Сплав никель-палладий, который совместно с тонким золотым покрытием используется для контактов, осаждался до настоящего времени из аммиачного электролита; новый разработанный способ исключает использование аммиака и хлоридов [160, 357, 394, 504].

4.6 Химическое осаждение металлов

Области применения химического никелирования расширяются при применении новых электролитов и вместе с тем увеличивается круг пользователей этого процесса. Примером тому служат разноцветные никелевые покрытия. Никель может быть осажден непосредственно на магний, покрытие с низким содержанием фосфора может в некоторых случаях заменять твердое хромовое покрытие [14]. Химически осажденный никель и черный хром, полученный из низкотемпературных электролитов, во многих случаях вза-

имозаменяемы [297]. Сравнительные исследования электролитов химического никелирования, не содержащих свинец и кадмий, показывают, что и без этих металлов сохраняются все важные свойства покрытий, включая высокую износостойкость [15]. Дисперсные наноразмерные частицы в химически осажденных никелевых покрытиях повышают их твердость и фотоэлектрическую проводимость, однако для диспергирования частиц желателен использовать ультразвук [506]. Получение черных химических никелевых покрытий основано на осаждении из электролитов с низким содержанием фосфора шероховатой поверхности, из которой никель вытравливается до тех пор, пока поверхность не будет окислена до черного оксида никеля (NiO и Ni_2O_3). С дополнительным наружным покрытием (Торсоат) получают поверхности с хорошими защитными свойствами [534]. При никелировании субстратов с большими соотношениями высоты к ширине покрытия (например печатных плат), использован ионогенный сульфатный активатор на основе комплексных соединений палладия. Это позволило осаждать толстые слои никель-фосфор-композиционного сплава с диоксидом титана без металлизации неактивированных стенок отверстий резиста [539]. На снимках представлены часто встречающиеся причины дефектов при химическом никелировании пластмасс, трудно локализуемые из-за многоступенчатой технологии. Участки игольчатой формы указывают, например, на погрешности предварительной подготовки, большие поры – на соосажденные частицы или несоответствующие добавки [62].

Для раствора химического меднения пластмасс, в котором токсичный формальдегид заменяется, например, глюксалево́й кислотой или гипофосфитом натрия, каталитическое активирование с осаждением палладиевых зародышей не является оптимальным решением. Лучше подошли бы медь или никель, однако их поверхности становятся пассивными за счет образующейся на них оксидной пленки [305, 404, 177].

Способы обработки поверхности алюминия

Почти все публикации, касающиеся алюминиевых поверхностей, нацелены на две актуальные проблемы: применение алюминия и его сплавов для экономии веса [330] и на запрещение шестивалентного хрома при обработке поверхности алюминия. В этой связи большое внимание посвящено анодному оксидированию. Во избежание использования химических средств против обледенения самолетов, совершающих полеты на большой высоте, исследуются многие антифризные покрытия. Оптимальные свойства имеет анодный слой, полу-

ченный в фосфорной кислоте с последующей пропиткой ПТФЭ [71]. При анодировании исследуется возможность замены хромовой кислоты на борную [423] или модифицированное анодирование в фосфорной кислоте [541], поскольку в зависимости от способа обработки анодированные поверхности обладают во время полета самолета различными свойствами. Для регулирования теплового режима спутников лучше всего подходит анодирование в серной кислоте, оксидный слой окрашивается в растворах ацетата кобальта и гидросульфида аммония в черный цвет и уплотняется в растворе ацетата натрия [424]. Влияние анодированных слоев, получаемых в различных электролитах, на механические свойства особенно интересно для высокопрочных алюминиевых сплавов, таких как EN AW-6082 и EN AW-7075. Изучалось влияние особо тонкой структуры матрицы, образующейся вследствие предварительной пластической деформации сплавов, например EN AW-AlSiMgMn, на образование анодированных слоев [363, 573]. Применяя импульсный ток, можно дополнительно управлять механизмом образования оксидов за счет их перерастворения [183]. Коррозионно-стойкие оксидные пленки могут быть получены лазерной обработкой поверхности [515]. Вопреки значительному спросу и многочисленным разработкам способов цветного и декоративного анодирования алюминия, применение их для упаковок косметических товаров ограничено. Двойное анодирование со снятием первого слоя, особое расположение катодов, экранирование, богатая цветовая гамма до 400 оттенков – вот только некоторые из примеров [586].

Цинкатный способ предварительной обработки алюминия и магния перед нанесением гальванического покрытия успешно заменяется химическим осаждением металлических покрытий [538]. Обработка поверхности перед лакированием с конверсионными покрытиями требует гетерогенности алюминиевой поверхности [268]. Для нужд американского морского флота разработано пассивирование в растворе на основе хрома (III), который должен содержать соответствующую соль металла и смачиватель. Рабочие параметры процесса устанавливаются в зависимости от обрабатываемого сплава [184]. В особых случаях допускается применение растворов, содержащих хром (VI) [570]. Сообщается о наиболее частом применении титановых и/или цирконовых компонентов в растворах, не содержащих хром, удовлетворяющих требованиям организации по уничтожению особо опасных отходов (GSB) и другим соответствующим инструкциям [185, 406, 494]. Подчеркиваются их преимущества по сравнению с фосфатированием [496]. Разработана система непрерывного контроля растворов [497]. Покрытия на сплавы магния, нано-

сящиеся из хлоридного раствора, содержащего 20 г/л оксида циркония, при комнатной температуре, позволяют заменить фосфатирование [509]. Коррозионная стойкость магния может быть улучшена без дополнительной обработки поверхности за счет легирования редкоземельными элементами [519].

7. Различные виды обработки поверхности

7.1 Конверсионные покрытия

Одной из важнейших проблем является, как и прежде, замена шестивалентного хрома при пассивировании на другие соответствующие покрытия, обозначаемые в литературе как ТМС (Transition Metal Conversion Coatings) [510, 531, 584]. Концентрация посторонних ионов, от которой зависит действие растворов на основе хрома (III), должна постоянно контролироваться [65, 299]. Для пассивирования покрытий цинк-никель рекомендуется обработка в молибдатсодержащем растворе [168]. Тонкие, в несколько нанометров толщиной, оксидные пленки, получаемые распылением CrO_3 -содержащего раствора, должны заменить перед лакированием операцию фосфатирования [172]. В работах [508, 513] обсуждаются основы процесса пассивирования нержавеющей стали. В обзоре [66] показана динамика развития органических конверсионных покрытий на основе таниновой кислоты на магнии. Аминобенцоевая кислота образует тонкие защитные покрытия на стали [179]. Свойства фосфатных покрытий улучшаются при обработке в сульфиде титана и уксусной кислоте [171]. Более тонкие фосфатные покрытия получают при содержании в обезжиривающем растворе большого количества поверхностно-активных веществ [360]. Окисление порошковых спеченных материалов перегретым паром для улучшения их свойств представляет в последнее время, видимо, снова интерес [583].

8. Контроль качества

Опять акцентируется внимание на контроле качества, являющемся важной задачей управления. Красноречивый пример основывался на избегании ошибок с трагическим исходом в воздушном полете [250]. Важнейшие задачи, на которые должно быть обращено внимание, объединены в пять пунктов [562]. Одной из предпосылок контроля качества является нормирование, которое должно согласовываться между государствами [51]. Поставщики оснащены сегодня приборами для всех известных коррозионных испытаний, позволяющих удовлетворять всем, часто очень различным, условиям приемки [167, 463]. Необходимость в постоянном улучшении способов контроля качества влечет за собой новые разработки в области нейтронной тех-

ники [138]. Например, для беспилотных военных самолетов исследуются новые принципы, которые впоследствии могут найти применение на практике [255]. Проверка степени очистки в результате особо требовательной предварительной подготовки определялась переносом загрязняющих частиц под действием ультразвука в жидкость [235, 458, 605]. Специальный метод [455] позволяет определять загрязнения в особо чистой воде путем измерения ее проводимости.

Перечисляется ряд аналитических методов контроля различных компонентов электролита [288]. Колориметрическим методом можно определять железо в электролитах хромирования [236], концентрацию ортофосфита в растворах химического никеля – с помощью селективного натриевого электрода [289], хром в растворах пассивирования – дифенилкарбабацидом или энергетически дисперсионной рентгеновской спектроскопией [479]. Существует специальный способ определения хромовой кислоты в коже [385]. ZrO_2 в пассивирующих растворах определяется методом GDOES (Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy) [482]. Существуют приборы, объединяющие все важнейшие измерительные способы [384]. Во всех способах требуется соблюдение доказательности и границ определения [338, 134]. Испытательным стендом для электролита является оптимизированная ячейка Хуллы, в которой учитываются плотность тока и перемещение электролита с возможностью проведения измерений на изгибах и кромках [41]. В серии статей, посвященных испытаниям в ячейке Хуллы и в стеклянном стакане, представлены сведения о дефектах всех технических металлических покрытий и таблицы по их устранению [139].

Для контроля лакирования существует ряд оптических методов от определения размера капель до анализа процесса распыления [602, 603]. В [47, 137] описан прибор, онлайн контролирующий капли масла в сжатом воздухе. При замере вязкости лака точный капиллярный вискозиметр заменяет чашку с отверстием определенного диаметра [335]. Распыление при КТЛ-лакировании может оптимизироваться с помощью ячейки Харинг-Блума [446].

Имеется прибор для измерения нанотвердости очень тонких покрытий [45]. Толщины тонких золотых покрытий замеряют рентгенофлуоресцентным методом [460]. Производственное сравнение магнитно-индукционного метода и испытания микрошлифов показывает, что метод проверки твердости должен быть конкретно выбран [46]. Способы проверки свойств лакированных поверхностей, таких как стойкость к царапанию [459], описаны в статье [336]. Старые и неточно работающие машины для испытания материала можно отремонтировать и модернизировать [427]. При применении ультра-

звука возможно получение специальных эффектов при лакировании [456]. Существует способ обнаружения волосных трещин [601]. В работе [461] описываются трибологические исследования на контактных поверхностях. Шероховатость, контуры и топография поверхностей определяются сегодня многодатчиковым прибором, который, в отличие от профилометра, измеряет многие профильные линии [133]. В переносном приборе контроль дефектов поверхности проводится дискретным сканированием лучом света [42]. Новым способом можно идентифицировать неровности на больших поверхностях с использованием светоотражающих полос [604]. Существует числовой растр для оптического микроскопа отраженного света с различными типами освещенности [237]. Блеск, толщина покрытий и размер зерен могут быть определены измерением отражения полихроматического света уже на стадии осаждения [285, 290, 457]. Прибор Табера для измерения износостойкости заменяется более совершенным прибором - Крокметром (Crockmeter), работающим по принципу колеса трения [44]. Для толстых покрытий примерно до 1 мм существует особый измерительный метод [286], в частности для PVD-покрытий карбидом хрома [328, 438].

При изучении коррозионной стойкости азотированной стали проводилось глубокое электрохимическое травление для проникновения хлорид-ионов к поверхности [232]. Влияние солнечных лучей симулирует ксеноновая лампа [226], импеданс-спектрометрия подходит для определения коррозионной стойкости органических покрытий [276]. Прибором, действие которого основано на электрохимическом принципе, сканируют поверхность для обнаружения возможных элементов коррозии [464, 355]. Дискутируется метод нанесения насечек перед коррозионным испытанием в атмосфере солевого тумана [481].

Поиск дефектов органических покрытий облегчается специальным модулем программного обеспечения, который регистрирует измеренные значения в заранее определенном временном промежутке [135]. Испытания клеевых соединений проводятся до образования дефекта, при этом механические свойства определяются в зависимости от нагрузки [136].

9. Окружающая среда, сточные воды, вторичная переработка

Описывается ряд мероприятий, касающихся вопросов охраны окружающей среды и связанных с предотвращением, уменьшением, вторичной переработкой и уничтожением отходов [610]. Несмотря на большие экономические затраты, связанные с очисткой жидких отходов в бессточных гальванических производствах, эта модель находит все

больше сторонников [436]. Придерживаются мнения, что затраты на первичную водоподготовку могут быть покрыты за счет прибыли от ее многократного использования [567]. Благодаря бережному отношению к охране окружающей среды в гальванике экономится почти 50% ресурсов [569]. Новое моющее средство для лакировальных устройств не загрязняет сточные воды органическими растворителями [1]. Техническое обслуживание смазочно-охлаждающих средств уменьшает их влияние на последующие операции [58]. Количество вредных веществ при сгорании снижается в результате продувки чистым кислородом [90]. Для рабочей одежды, фильтров и прочего существуют ткани, которые возможно использовать вторично [146]. Продукты разложения поверхностно активных веществ, заменяющих фторированные углеводороды, также трудно биологически разлагаемы [186, 565, 568].

Описывается новейшая на сегодняшний день установка для обработки сточных вод с фильтром, контролирующим степень их очистки перед сбросом и устройство для регенерации [49, 140, 141]. Количество сточных вод сокращают также обдувом воздухом барабанов и погружных центрифуг [340].

Циркуляция больших объемов испарения различных электролитов и промывных растворов в зависимости от площади испарения и других параметров описывается в статьях [50, 86]. Экстрагированием извлекают металлы из электронного скрапа после их перевода в хлориды [248]. Сильные кислоты извлекают вторично ретардацией в соответственно подготовленных для этой цели установках [142]. Очистительные средства иногда целесообразно регенерировать в испарителях с принудительной циркуляцией [483]. Высокотемпературным гидролизом переводят в воде цианид и нитриты в аммиак и формиат. Аммиак переводят в ионы аммония, а формиат используется для восстановления металлов [143]. Рекуперативный трубный теплообменник с керамическим наполнителем в качестве обменной среды является основой энергетически оптимизированной установки для сжигания отходящих газов [147]. Для предотвращения засорения фильтров диоксидом кремния в отходящих газах, образующимся при сжигании кремнийорганических соединений, связующих веществ, лаков, включая нанолаки, их делают движущимися [144]. Для биологической очистки отходящих газов служит биофильтр с органическим наполнителем, который является обменной матрицей для микроорганизмов [246]. Вопрос обработки гальванических шламов [467, 478] решался бы проще, если бы металлы извлекались отдельно [475]. Жидкостная экстракция и электролиз подходят для вторичного извлечения меди [606].

Важнейшим вкладом в охрану окружающей среды является разработка нового сорта дрожжей, преобразующих сахар пептозы, находящийся в больших количествах в растениях, в этиловый спирт. Тем самым смягчается острота проблемы продуктов питания и биотоплива [247, 575]. Мероприятия по использованию альтернативных водонакопителей описаны в двух работах [244, 245]. Обсуждается максимально допустимое содержание никеля [265], последствие влияния нового законодательства на концентрации летучих органических соединений (Volatile organic compounds - VOCs) [342] и необходимость совместной работы индустрии и законодателя [566, 609]. Используя CO₂-калькулятор рассчитывается общий баланс CO₂, выделяющегося при производстве единицы продукции, что позволяет в дальнейшем, с учетом защитных мероприятий, определить степень загрязнения атмосферы при лакировании данного вида продукции [473].

Литература

- [1] Schlips, M.: JOT 49 (2009) 10, S. 80-81
[2] Dalbin, S. et al.: galvano organo (2009), Nr. 786, S. 52-55
[3] Quitmayer, J.: Metal Finishing 107 (2009) 9, S. 18-24
[4] Schumann, D.: Metal Finishing 107 (2009) 9, S. 25-30
[5] Kanegsberg, B. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 9, S. 31-33
[6] Heaton, R. B.: Metal Finishing 107 (2009) 9, S. 34-37
[7] Williams, D.: Metal Finishing 107 (2009) 9, S. 38-39
[8] Anon.: JOT 49 (2009) 10, S. 36-39
[9] Herr, C.: Metal Finishing 107 (2009) 9, S. 44-47
[10] Romankiewicz, K. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) U.S. 2460-2468
[11] Freudenberger, R.: Galvanotechnik 100 (2009) 11, S. 2476-2478
[12] Metzner, M.: Oberfläch. Polysurfaces 50 (2009) 4, S. 6-8
[13] Holeczek, D.: Metalloberfläche 63 (2009) 10, S. 57-59
[14] Durkin, B.: Products Finishing 74 (2009) 1, S. 12-17
[15] Barnstead, M. et al.: Products Finishing 74 (2009) 1, S. 18-21
[16] Herrmann, T.: JOT special Korrosionsschutz (2009), S. 14-17
[17] Hoffmann-Amtenbrik, M. et al.: Oberfläch. Polysurfaces 50 (2009) 4, S. 24-25
[18] Reznabbim, G. M. et al.: JOT special Korrosionsschutz (2009), S. 20-22
[19] Poschmann, H.: PLUS 11 (2009) 10, S. 2193-2199
[20] Anon.: Bander Bleche Rohre 50 (2009) 10, S. 45
[21] Guyard, C.: galvano organo (2009), Nr. 786, S. 56-59
[22] Destefani, J.: Products Finishing 73 (2009) 1, S. 26-27
[23] Wessling, B. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 11, S. 2469-2475
[24] Stiebig, H. et al.: PLUS 11 (2009) 10, S. 2352-2358
[25] Aleman, M. et al.: PLUS 11 (2009) 10, S. 2341-2345
[26] Yoshida, T. et al.: PLUS 11 (2009) 10, S. 2336-2339
[27] Guttman, M. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 11, S. 2616-2624
[28] Fromme, M.: Galvanotechnik 100 (2009) 11, S. 2600-2608
[29] Ibled, A.: galvano organo (2009), Nr. 786, S. 28-30
[30] Keller, J.: galvano organo (2009), Nr. 786, S. 35-36
[31] Michell, P. R.: Metal Finishing 107 (2009) 9, S. 48-50
[32] Ondratschek, D.: Oberfläch. Polysurfaces 50 (2009) 4, S. 10-12
[33] Holz, M.: JOT 49 (2009) 10, S. 68-73
[34] Cinomman, D. S. et al.: JOT special Korrosionsschutz (2009), S. 23-25
[35] Anon.: SMM 110 (2009) 20, S. 44
[36] Talbert, R.: Products Finishing 73 (2009) 1, S. 22-25
[37] Anon.: besser lackieren 12 (2009) 16, S. 8
[38] Ondratschek, D.: besser lackieren 12 (2009) 16, S. 8
[39] Homschu, P.: JOT special Korrosionsschutz (2009), S. 810
[40] Oberding, W.: JOT special Korrosionsschutz (2009), S. 36-38
[41] Schmidt, K. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 11, S. 2491-2498
[42] Riou, F.: galvano organo (2009), Nr. 786, S. 40-41
[43] Rossler, A.: Farbe und Lack 116 (2010) 9, S. 20
[44] Kramel, E. et al.: JOT 49 (2009) 10, S. 8-11
[45] Berthout, G. et al.: Oberfläch. Polysurfaces 50 (2009) 10, S. 8-11
[46] Grunberger, A.: JOT special Korrosionsschutz (2009), S. 34-35
[47] Stutzel, R.: besser lackieren 12 (2009) 16, S. 9

- [48] Riester, M.: Metalloberflache 63 (2009) 10, S. 20-23
- [49] Jenni, S. et al.: Oberflfchen Polysurfaces 50 (2009) 4, S. 18-21
- [50] Giebler, E. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 11, S. 2630-2637
- [51] Anon.: galvano organo (2009), Nr. 786, S. 14
- [52] Plotton, T.: galvano organo (2009), Nr. 786, S. 50-51
- [53] Friedrichkeit, H.-J.: PLUS 11 (2009) 10, S. 2225-2229
- [54] Fehrenbach, C. et al.: PLUS 11 (2009) 10, S. 2321-2323
- [55] Schulz, D.: Metalloberflache 63 (2009) 9, S. 43-48
- [56] Banfi, M.: galvanotecnica e nuova finiture AIFM 18/59 (2008) 4, S.222-227
- [57] Dalbin, S. et al.: galvano organo (2009), Nr. 787, S. 62-65
- [58] Eckebrecht, J.: Galvanotechnik 100 (2009) 12, S. 2723-2731
- [59] Reisinger, U. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 40 (2009) 8, S. 618-622
- [60] Bullinger, H.-J.: weiter.vorn Das Fraunhofer-Magazin (2010) 3, 1
- [61] Meara, M. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 7/8, S. 38-39
- [62] Harnisch, C. et al.: JOT 49 (2009) 9, S. 60-63
- [63] Malyshev, W. W. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metal- lov45 (2009) 4, S. 338-357
- [64] Survila, A. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 45 (2009) 4, S. 427-432
- [65] Yao, Chen-Jam et al.: Electroplating & pollution Control 29 (2009) 4, S. 38-41
- [66] Cheng, Wei-Ju. et al.: Electroplating & pollution Control 29 (2009) 4, S. 5-9
- [67] dos Santos, C. B. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 12, S. 2712-2718
- [68] Stachel, D.: email 57 (2009) 5, S. 78-81
- [69] Baldwin, C.: trattamenti e finiture 8 (2009) 10, S. 66-69
- [70] Simonov, W. N. et al.: metalovedenie i termitscheskaja obrabotka metallov 54 (2009) 10, S. 43-46
- [71] Menini, R. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 7/8, S. 40-46
- [72] Mattern, R.: JOT 49 (2009) 8, S. 26-27
- [73] Rieth, B.: aluminium 85 (2009) 7/8, S. 14-29
- [74] Landau, U. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 12, S. 2704-2711
- [75] Gorbunov, A. W. et al.: stal 78 (2009) 8, S. 50-53
- [76] Kurenkova, T. P. et al.: stal 78 (2009) 8, S. 61-63
- [77] Scheffels, G.: JOT 49 (2009) 9, S. 34-36
- [78] Anon.: besser lackieren 12 (2009) 14, S. 1, 3
- [79] Hanazs, M.: ochrona przed korozja 52 (2009) 8, S. 308-313
- [80] Anon.: Metall 63 (2009) 9, S. 420-423
- [81] Golek, M.: Metalloberflache 63 (2009) 9, S. 12-13
- [82] Anon.: aluminium 85 (2009) 7/8, S. 22-25
- [83] Weber, B. et al.: JOT 49 (2009) 11, S. 38-11
- [84] StrauB, H. et al.: JOT 49 (2009) 11, S. 34-27
- [85] Poschmann, H.: PLUS 12 (2010) 3, S. 542-543Gie
- [86] Giebler, E. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 12, S. 2856-2896
- [87] Krause, S. et al.: cav 42 (2009) 5, S. 70-73
- [88] Jehnhof, F.: cav 42 (2009) 6, S. 9-11
- [89] Anon.: cav 42 (2009) 7, S. 8-14
- [90] Flach, J. et al.: cav 42 (2009) 7, S. 48-50
- [91] Michels, D. et al.: besser lackieren 12 (2009) 12, S. 2
- [92] Heinrich, R. et al.: JOT 50 (2010) 4, S. 78-82
- [93] Poschmann, H.: PLUS 11 (2009) 8, S. 1714-1717
- [94] Friedrichkeit, H.-J.: PLUS 11 (2009) 8, S. 1740-1742
- [95] Wilbert, A.: PLUS 11 (2009) 8, S. 1760-1761
- [96] Friedrichkeit, H.-J.: PLUS 11 (2009) 9, S. 1963-1965
- [97] Guttman, W. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 11, S. 2616-2624
- [98] Papa, F.: Galvanotechnik 100 (2009) 12, S. 2832-2836
- [99] Fromme, R.: Galvanotechnik 100 (2009) U.S. 2600-2608
- [100] Anon.: JOT 49 (2009) 7, S. 70-72
- [101] Melamies, I.A.: Oberflachen Polysurfaces 50 (2009) 3, S. 6-9
- [102] Vetter, J. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2009) 3, S. 31-33
- [103] Rohde, D. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2009), S. 37-38
- [104] Bressel, A. et al.: Galvanotechnik 100 (2009) 12, S. 2718-2722
- [105] Rechke, A. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2009) 3, S. 3
- [106] Millow, S. et al.: Farbe und Lack 115 (2009) 6, S. 32-35
- [107] Wochele, R. et al.: besser lackieren 12 (2009) 12, S. 11
- [108] Ochsner, W. Ph. et al.: Farbe und Lack 115 (2009) 8, S. 27-38

- [109] Zimmermann, F. et al.: JOT 49 (2009) 6, S. 42-14
- [110] Ondratschek, D.: besser lackieren 12 (2009) 9, S. 8
- [111] Kelly, M.: Metal Finishing 107 (2009) 6, S. 58-59
- [112] Harsch, M.: besser lackieren 12 (2009) 9, S. 16
- [113] Romey, E. et al.: galvano organo (2009), Nr. 784, S. 54-56
- [114] Gamero, J.: JOT 49 (2009) 7, S. 48-50
- [115] Fischer, S.: besser lackieren 12 (2009) 12, S. 5
- [116] Oertle, D.: besser lackieren 12 (2009) 5, S. 8
- [117] Ondratschek, D.: besser lackieren 11 (2009) 12, S. 8
- [118] Hoffmann, U.: JOT 49 (2009) 7, S. 16-19
- [119] Anon.: JOT 49 (2009) 7, S. 56-57
- [120] Mobmer, S. et al.: Farbe und Lack 115 (2009) 7, S. 18-21
- [121] Holzhausen, U. et al.: Farbe und Lack 115 (2009) 7, S. 25-30
- [122] Somborn, R.: Farbe und Lack 115 (2009) 7, S. 39-10
- [123] Ott, M.: besser lackieren 11 (2009) 11, S. 7
- [124] Horschig, J.: besser lackieren 11 (2009) 11, S. 9
- [125] Kohler, M.: JOT 49 (2009) 9, S. 14-15
- [126] Svejda, P.: JOT 49 (2009) 9, S. 16-18
- [127] Boehlau, D.: JOT 49 (2009) 9, S. 30-31
- [128] Doggen, G.-J.: JOT 49 (2009) 9, S. 38-43
- [129] Kyucu, M.: JOT 49 (2009) 9, S. 44-46
- [130] Segin, A.: JOT 49 (2009) 9, S. 48-49
- [131] Schulz, D.: JOT 49 (2009) 9, S. 52-55
- [132] Essen, B. et al.: Farbe und Lack 116 (2010) 4, S. 14-19
- [133] Fries, T.: Metalloberfläche 63 (2009) 6, S. 23-25
- [134] Bogenschutz, G.: GIT Labor 53 (2009) 6, S. 425-477
- [135] Robler, Ph.: besser lackieren 11 (2009) 12, S. 9
- [136] Petrie, M.: Metal Finishing 107 (2009) 6, S. 75-79
- [137] Anon.: JOT 49 (2009) 7, S. 81
- [138] Rogante, M.: trattamenti e finiture 8 (2009) 2, S. 48-54
- [139] Fox, J.: Metal Finishing 107 (2009) 7/8, S. 20-22
- [140] Verbeck, D.: oppervlakte technieken 53 (2009) 3, S. 22-23
- [141] Lauper, B. et al.: Oberflächen Polysurfaces 50 (2009) 1, S. 10-11
- [142] Gulbas, M.: Oberflächen Polysurfaces 50 (2009) 1, S. 18-19
- [143] Anon.: Oberflächen Polysurfaces 50 (2009) 3, S. 28-29
- [144] Hug, J.: besser lackieren 11 (2009) 12, S. 1
- [145] Epel, D. et al.: GIT Labor 53 (2009) 10, S. 655
- [146] Moeller, N.: GIT Labor 53 (2009) 10, S. 74-75
- [147] Luthardt, E.: besser lackieren 11 (2009) 11, S. 10-11
- [148] von Baredleben, M.: Farbe und Lack 115 (2009) 6, S. 52-54
- [149] Anon.: JOT 49 (2009) 7, S. 24-34
- [150] Frisch, A.: Metall 63 (2009) 5, S. 251-252
- [151] Brockling, T.: JOT 49 (2009) 6, S. 18-19
- [152] Davidson, R. L.: Heat Treating Progress 8 (2008) 3, S. 19-21
- [153] Lena, P.: galvano organo (2009), Nr. 784, S. 58-60
- [154] Poschmann, H.: PLUS II (2009) 7, S. 1481-1488
- [155] Weyhe, S.: PLUS 11 (2009) 8, S. 1726-1727
- [156] Durkee, J. S.: trattamenti e finiture 8 (2009) 10, S. 52-55
- [157] Ruhlicke, I.: Galvanotechnik 101 (2010) 1, S. 52-61
- [158] Jelinek, T. W.: Galvanotechnik 101 (2010) I, S. 28-50
- [159] Nawrat, G. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 209-212
- [160] Berger, S. et al.: PLUS 11 (2009) U, S. 2453-2459
- [161] Kurtz, O. et al.: PLUS 11 (2009) 11, S. 2499-2508
- [162] Kovenskij, I. M. et al.: metalovedenie i termitscheskaja obrabotka metallov 54 (2009) 10, S. 46-48
- [163] Kutz, O. et al.: galvanotecnica e nuova finiture AIFM 19/60 (2009) 4, S. 204-216
- [164] Carac, E. et al.: galvanotecnica e nuova finiture AIFM 19/60 (2009) S. 217-220
- [165] Robin, F. et al.: galvano organo (2009), Nr. 787, S. 32-34
- [166] Kublanovski, W. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 45 (2009) 5, S. 534-540
- [167] Cojocanu, P.: trattamenti e finiture 8 (2009) 10, S. 30-33
- [168] Winiarski, J. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 174-175
- [169] Lukjantschuk, I. V et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 45 (2009) 5, S. 527-528

- [170] Rudnev, W. S. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 45 (2009) 5, S. 523-526
- [171] Gultsina, O. A. et al.: stal 78 (2009) 10, S. 75-76
- [172] Pohl, J. et al.: galvano organo (2009), Nr. 787, S. 39-40
- [173] Zoz, H.: email 57 (2009) 4, S. 42-51
- [174] Checmanovski, J. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 133-137
- [175] Albert, C.: Schweissen und Schneiden 61 (2009) 5, S. 370-373
- [176] Georg, A.: Galvanotechnik 101 (2010) 5, S. 1132-1136
- [177] Steinhauser, E. et al.: J. For. Electrochem. And Plating Technology 1 (2008) 2, S. 3-19
- [178] Zubieliwicz, M. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 106-109
- [179] Pietrasiak, A. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 188-192
- [180] Michalik, R. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 213-216
- [181] Michalik, R. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 7, S. 286-291
- [182] Korn, D.: Products Finishing 73 (2009) 2, S. 19-21
- [183] Deacon Juhl, A.: Metal Finishing 107 (2009) 7/8, S. 24-27
- [184] Bhatt, H. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 7/8, S. 31-37
- [185] Sondermann, T.: JOT 49 (2009) 11, S. 58-60
- [186] Schwarz, R. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 1, S. 194-199
- [187] Schroder, R. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 1, S. 74-77
- [188] Greissinger, H. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 6, S. 226-229
- [189] Steininger, F.: Metalloberflache 63 (2009) 9, S. 36-38
- [190] Weimert, B. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2009) 4, S. 3
- [191] Wolarek, Z. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 53-56
- [192] Weymer, P.: Heat Treating Progress 9 (2009) 4, S. 12-13
- [193] Anon.: Metallbau 2009. 11, S. 18
- [194] Stratton, P.: Heat Treating Progress 9 (2009) 4, S. 27-29
- [195] Viaro, A.: trattamenti e finiture 8 (2009) 4, S. 56-60
- [196] Dasbach, R.: Galvanotechnik 101 (2010) 1, S. 172-176
- [197] Formanek, B. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 7, S. 270-275
- [198] Milewski, W. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 7, S. 282-285
- [199] Wessling, B. et al.: PLUS 11 (2009) 11, S. 2445-2451
- [200] Grimmer-Herklotz, U.: PLUS 11 (2009) 11, S. 2586-2589
- [201] Destefani, J.: Products Finishing 73 (2009) 11, S. 18-21
- [202] Christ, U. et al.: Metalloberflache 63 (2009) 7/8, S. 12-15
- [203] Nennemann, A. et al.: Farbe und Lack 115 (2009) 8, S. 18-21
- [204] Klein, W.: besser lackieren 11 (2009) 13, S. 4
- [205] Schmidt, H.: besser lackieren 11 (2009) 13, S. 5
- [206] Ondratschek, D.: besser lackieren 11 (2009) 13, S. 8
- [207] Keller, J.: JOT 49 (2009) 8, S. 16-19
- [208] Grundmann, R.: JOT 49 (2009) 8, S. 21
- [209] Krolikowka, A.: ochrona przed korozja 52 (2009) 6, S. 230-233
- [210] Langer, E. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 6, S. 241-245
- [211] Scheid, S. et al.: Farbe und Lack 115 (2009) 9, S. 30-33
- [212] Somborn, R.: Farbe und Lack 115 (2009) 9, S. 30-32
- [213] Cordshagen, J.: Metalloberflache 63 (2009) 9, S. 18-19
- [214] Zednik, R. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 10, S. 40-44
- [215] Feld, R.: besser lackieren 11 (2009) 18, S. 9
- [216] Golek, M.: Metalloberflache 63 (2009) 9, S. 28-29
- [217] Wagner, A.: besser lackieren 11 (2009) 15, S. 9
- [218] Zahradnik, R.: besser lackieren 11 (2009) 15, S. 10/11
- [219] Fritscher, H. P.: JOT 49 (2009) 11, S. 30-31
- [220] Krolikowksa, A.: ochrona przed korozja 52 (2009) 3, S. 72-77
- [221] Krolikowska, A. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 100-105
- [222] Mazienczuk, A. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 117-122
- [223] Jagielska-Wladerek, K. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 123-127
- [224] Skolek-Stefaniszyn, E. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 138-141
- [225] Kanoza, M. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 142-145
- [226] Schonlein, A.: Farbe und Lack 115 (2009) 9, S. 18-23
- [227] Gluszko, M. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 146-151
- [228] Kaminski, J. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 177-182

- [229] Bonora, P.L. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 6, S. 219-221
- [230] Spottl, T. et al.: PLUS 11 (2009) 9, S. 2088-2093
- [231] Hajduga, M. et al.: ochrona pnral korozja 52 (2009) 4/5, S. 166-169
- [232] Allmendiger, Th.: Galvanotechnik 101 (2010) 1, S. 62-73
- [233] Bordzilowski, J.: ochrona przed korozja 52 (2009) 3, S. 66-70
- [234] Simon, J.: JOT 49 (2009) 9, S. 56-59
- [235] Schulz, D.: JOT 49 (2009) 9, S. 64-69
- [236] Li, Yao-nan et al.: Electroplating & pollution Control 29 (2009) 4, S. 45-16
- [237] Anon.: MessTecAutomation 17 (2009) 9, S. 66-67
- [238] Anon.: Schweissen und Schneiden 61 (2009) 9, S. 482-485
- [239] Risse, J.: JOT 49 (2009) 9, S. 20-23
- [240] Ondratschek, D.: besser lackieren 11 (2009) 14, S. 8
- [241] Ondratschek, D.: besser lackieren 11 (2009) 15, S. 8
- [242] Eder, M.: JOT 49 (2009) 9, S. 32-33
- [243] Reiber, W.: BIOforum 5 (2009), S. 42-13
- [244] Genath, B.: wwt-Wasserwirtschaft Wassertechnik (2009) 7/8, S. 35-37
- [245] Hochstrat, R. et al.: wwt-Wasserwirtschaft Wassertechnik (2009) 7/8, S. 26-29
- [246] Becker, R.: JOT 49 (2009) 11, S. 42-43
- [247] Bloes, F. et al.: BIOforum 5 (2009), S. 39-41
- [248] Becze, L. et al.: Erzmetall World of Metallurgy 61 (2008) 3, S. 171-178
- [249] Ziegler, H.: wwt-Wasserwirtschaft Wassertechnik (2009) 7/8, S. 42-15
- [250] von Lehn, K.: Metalloberflache 63 (2009) 7/8, S. 34-36
- [251] Anon.: trattamenti e finiture 8 (2009) 4, S. 34-39
- [252] Robin, V V et al.: metalovedenie i termitscheskaja obrabotka metallov 54 (2009) 6, S. 3-7
- [253] Poschmann, H.: PLUS 11 (2009) 9, S. 2085-2087
- [254] Hauff, E. V.: GIT Labor 53 (2009) 10, S. 674-675
- [255] Srtrass, M.: MessTecAutomation 17 (2009) 9, S. 24-25
- [256] Middeldorf, K.: Schweissen und Schneiden 61 (2009) 9, S. 491-499
- [257] Anon.: Metallbau (2010) 1, S. 25
- [258] Dorfer, R.: besser lackieren 12 (2010) 1, S. 23
- [259] Bohnet, J.: Galvanotechnik 101 (2010), S. 273-279
- [260] Wykpis, K. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 9, S. 359-363
- [261] Szeptycka, E.: Inzynieria Powierzchni (2009) 1, S. 22-30
- [262] Szeptycka, E.: Inzynieria Powierzchni (2009) 1, S. 46-53
- [263] Weber, J.A. et al.: Inzynieria Powierzchni (2008) 14, S. 6-15
- [264] Wolf, G. et al.: Metal Finishing 108 (2010) 1, S. 19-27
- [265] Bates, H. K.: Metal Finishing 108 (2010) 1, S. 28-33
- [266] Spyrellis, N. et al.: galvanotecnica e nuova finiture AIFM 19/60 (2009) 5, S. 268-286
- [267] Dobrovolska, Ts. et al.: galvanotecnica e nuova finiture AIFM 19/60 (2009)5, S. 287-289
- [268] Kwiatkowski, L. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 1, S. 36-45
- [269] Rieth, B.: aluminium 85 (2009) 11, S. 28-33
- [270] Krommer, W.: oppervlakte technieken 53 (2009) 11, S. 32-35
- [271] Achmetz, C.: JOT 49 (2009) U.S. 32-33
- [272] Labuda, W.: ReinRaumTechnik 11 (2009) 3, S. 10-11
- [273] Wissmann, M. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 2, S. 418-424
- [274] Soblecki, J. R. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 4, S. 16-20
- [275] Fiedorowicz, M. et al.: ochrona preed korozja 52 (2009) 8, S. 323-329
- [276] Anon.: Metall 63 (2009)5, S. 215-216
- [277] Brinckmann, F. et al.: besser lackieren, 12 (2010)11, S. 4
- [278] Kobus, J. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 1, S. 26-28
- [279] Cinoman, D. S. et al.: galvano organo (2009), Nr. 789, S. 37-39
- [280] Michalik, B. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 8, S. 451-354
- [281] Kobus, J. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 1, S. 3-15
- [282] Liberski, P. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 1, S. 30-34
- [283] Mikolajczak, C.: Galvanotechnik 101 (2010) 2, S. 399-392
- [284] Bianco, M.: trattamenti e finiture 8 (2009) 16, S. 70-76
- [285] Gutt, S. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 2, S. 268-272
- [286] Tilipalov, V. N. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 1, S. 54-57
- [287] Tomatik, C. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 2, S. 288-284

- [288] Shudarshan, La.: Metal Finishing 107 (2009) 10, S. 14-22
- [289] Jianshu, Lu; Yan Feng: Metal Finishing 107 (2009) 10, S. 23-26
- [290] Anon.: Quality Engineering (2009) 9, S. 40-11
- [291] Deardorff, J. R.: Metal Finishing 107 (2009) 10, S. 31-39
- [292] Aridre, C. et al.: JOT 49 (2009) 11, S. 44-47
- [293] Nowack, N. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 2, S. 431-438
- [294] Meyerovich, A.: Galvanotechnik 101 (2010) 2, S. 280-283
- [295] Luhn, R. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 2, S. 394-396
- [296] Friedrichkeit, H.-J.: PLUS 11 (2009) 11, S. 2495-2498
- [297] Anon.: Scope 53 (2009) 10, MN4-MN5
- [298] Czechowski, K. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 2, S. 97-99
- [299] Schmidt, J. et al.: lightweightdesign (2009) 1, S. 33-37, 52-55
- [300] Munninghoff, T. R. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 3, S. 509-514
- [301] Gadschov, J. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 3, S. 503-508
- [302] Bohnet, J.: Galvanotechnik 101 (2010) 3, S. 516-531
- [303] Magagnin, J. et al.: galvanotecnica e nuova finiture AIFM 19/60 (2009) 5, S. 290-294
- [304] Kerle, B. et al.: JOT 50 (2010) 1, S. 34-36
- [305] Steinhäuser, E.: Galvanotechnik 101 (2010) 3, S. 498-502
- [306] Vezzu, S. et al.: trattamenti e finiture 8 (2009) 7, S. 43-45
- [307] Wiszniewski, K. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 2, S. 84-88
- [308] Reinemuth, J. et al.: email 57 (2009) 6, S. 94-97
- [309] Schottler, J.: email 57 (2009) 6, S. 98-103
- [310] Plasecki, A. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 2, S. 46-50
- [311] Bartowska, A. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 2, S. 89-92
- [312] Heine, B.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 40 (2009) 11, S. 801-812
- [313] Anon.: galvano organo (2009), Nr. 789, S. 25-26
- [314] Gallerani, P. A.: Products Finishing 74 (2010) 4, S. 13-17
- [315] Sutherland, T. J.: Metal Finishing 107 (2009) 12, S. 31-34
- [316] Singleton, R.: Metal Finishing 107 (2009) 12, S. 38-39
- [317] Anon.: Fertigung (2009) 9, S. 37
- [318] Nichols, I.: Metal Finishing 108 (2010) 1, S. 15-17
- [319] Talbert, R.: Products Finishing 74 (2010) 4, S. 18-21
- [320] Handel, F. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 3, S. 616-618
- [321] Fraczek, T.: Inzynieria Powierzchni (2009) 2, S. 10-16
- [322] Zolciak, T. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 1, S. 17-24
- [323] Borecki, P. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 1, S. 77-80
- [324] Kaprzycka, E. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 1, S. 56-61
- [325] Betiuk, M.: Inzynieria Powierzchni (2009) 1, S. 65-76
- [326] Wach, P. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 1, S. 52-58
- [327] Cinoman, D. S. et al.: oppervlakte technieken 53 (2009) 11, S. 20-22
- [328] Durst, O. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 40 (2009) 10, S. 756-768
- [329] Momber, A.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 40 (2009) 11, S. 824-830
- [330] Jehring, U. et al.: lightweightdesign (2009) 6, S. 2fr-27
- [331] Barmbold, T.: besser lackieren 12 (2010) 1, S. 4
- [332] Harenbug, J.: Farbe und Lack 116 (2010) 1, S. 28-31
- [333] Nasarov, A. P. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 45 (2009) 6, S. 653-663
- [334] Budee, F. E.: Metal Finishing 108 (2010) 1, S. 34-36
- [335] Detlefsen, M.: JOT 49 (2009) 11, S. 64-66
- [336] Ondratschek, D.: besser lackieren 11 (2009) 9, S. 8
- [337] Steffan, K. et al.: JOT 50 (2010) 1, S. 18-21
- [338] Dahl, S. et al.: GIT Labor 53 (2009) 9, S. 396-397
- [339] Heinze, P.-M.: Galvanotechnik 101 (2010) 3, S. 642-647
- [340] Evans, T. et al.: Metal Finishing 107 (2009) 12, S. 35-37
- [341] Heinze, P.-M.: PLUS 12 (2010) 1, S. 60-69
- [342] Bachhausen, P.: JOT 50 (2010) 1, S. 12-17
- [343] Haussmann, J.: JOT 50 (2010) 1, S. 22-23
- [344] Anon.: technik report 2009,10, S. 12-13
- [345] Ciski, A. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 2, S. 3-9
- [346] Guyard, C.: galvano organo (2009), Nr. 789, S. 42-13
- [347] Durkee, J. B.: trattamenti e finiture 9 (2010) 1, S. 36-37

- [348] Schulz, D.: JOT 50 (2010) 3, S. 58-61
[349] Schulz, D.: JOT 50 (2010) 3, S. 62-64
[350] Elmlade, K. et al.: Products Finishing 74 (2010) 6, S. 14-17
[351] Mason, B. et al.: Metal Finishing 108 (2010) 3, S. 12-20
[352] Lohrengel, M. M. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 4, S. 730-734
[353] Bohnet, J.: Galvanotechnik 101 (2010)4, S. 746-749
[354] Pesce, V: trattamenti e finiture 9 (2010) 1, S. 28-34
[355] Brudereck, I.: PLUS 12 (2010) 6, S. 1400-1494
[356] Poljakov, N. A. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 46 (2010) 1,S. 67-73
[357] Berger, S. et al.: galvanotecnica e nuova finiture AIFM 20/61 (2010) 1, S. 11-16
[358] Kurtz, O. et al.: Metal Finishing 108 (2010) 3, S. 21-28
[359] Dalbin, S. et al.: galvanotecnica e nuova finiture AIFM 20/61 (2010) 1, S. 17-26
[360] Zhan-Sheng-Li et al.: Metal Finishing 108 (2010) 2, S. 33-37
[361] Huhn, A.: email 58 (2010) 6, S. 2-6
[362] Anon.: email 58 (2010) 6, S. 11-14
[363] Nickel, D. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 4, S. 735-740
[364] Paracchim, I.: Trattamenti e finiture 9 (2010) 1, S. 24-27
[365] Pringer, T.: Metallbau (2010) 3, S. 14-20
[366] Edmonds, C.: Products Finishing 74 (2010) 6, S. 12-13
[367] Kewitz, T. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 4, S. 866-871
[368] Borris, J.: JOT 50 (2010) 3, S. 48-50
[369] O'Keefe, M. et al.: Metal Finishing 108 (2010) 2, S. 28-31
[370] Geislert, J.-P.: Farbe und Lack 116 (2010) 3, S. 16-30
[371] Lemke, R. et al.: Farbe und Lack 116 (2010) 3, S. 22-26
[372] Mahltig, B. et al.: Farbe und Lack 116 (2010) 3, S. 27-30
[373] Svejda, P.: JOT 50 (2010) 3, S. 18-23
[374] Haimerl, C.: JOT 50 (2010) 3, S. 22-26
[375] Zelder, G. et al.: JOT 50 (2010) 3, S. 30-32
[376] Dossel, K.-F.: JOT 50 (2010) 3, S. 34-37
[377] Seiler, D.: JOT 50 (2010) 3, S. 44-47
[378] Anon.: besser lackieren 12 (2010) 5, S. 8
[379] Svejda, P.: besser lackieren 12 (2010) 5, S. 9
[380] Szymlek, K. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 4/5, S. 355-358
[381] PanZixiao et al.: Metal Finishing 107 (2009) 12, S. 40-14
[382] Anon.: galvano organo (2009), Nr. 789, S. 25-26
[383] Vermesan, H. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 4, S. 718-729
[384] Gutt, G. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 4, S. 741-744
[385] Beckers. G.: GIT Labor 53 (2009) 12, S. 801-802
[386] Bender, M.: GIT Labor 53 (2009) 12, S. 803-805
[387] Destefani, J.: Products Finishing 74 (2010) 6, S. 18-21
[388] Schultz, K. et al.: lightweightdesign (2010) 1, S. 20-25
[389] Meili, C. et al.: Oberfl chen Polysurfaces 51 (2010) 1, S. 12-13
[390] Luidol. S. et al.: Erzmetall World of Metallurgy 63 (2010) 2, S. 68-76
[391] Daiber, T.: JOT 50 (2010) 4, S. 92-95
[392] Ratko, A. 1. et al.: Fyzikochimija poverchnosti i zascita metallov 46 (2010)2, S. 195-198
[393] Erdmann, V et al.: Erzmetall World of Metallurgy 63 (2010) 2, S. 90-96
[394] Berger, S. et al.: Metal Finishing 108 (2010) 3, S. 29-34
[395] Sonntag, B. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 6, S. 992-996
[396] Lankswiert, U. J. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 6, S. 1017-1021
[397] Danilov, F. J. et al.: galvanotecnica i obrabotka poverchnosti 18 (2010) 1, S. 11-16
[398] Rudoj, W. M. et al.: galvanotecnica i obrabotka poverchnosti 17 (2009) 2, S. 17-23
[399] Jelinek, T. W.: galvanotecnica i obrabotka poverchnosti 17 (2009) 3, S. 11-14
[400] Tkachev, A. G. et al.: galvanotecnica i obrabotka poverchnosti 18 (2010) 1, S. 17-21
[401] Winogradov, S. N. et al.: galvanotecnica i obrabotka poverchnosti 18 (2010) 1,S. 22-27
[402] Klemenkova, W. S. et al.: galvanotecnica i obrabotka poverchnosti 18 (2010) 1, S. 28-31
[403] Plett, A.: galvanotecnica i obrabotka poverchnosti 15 (2007) 3, S. 15-19
[404] Steinhauser, E.: PLUS 12 (2010) 3, S. 561-568
[405] Stakler, C.: Oberflachen Polysurfaces 51 (2010) 1, S. 21-23
[406] Andreatta, F. et al.: trattamenti e finiture 8 (2009) 2, S. 24-32
[407] Wesolowski, J. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 10, S. 383-386
[408] Kania, H. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 10, S. 388-391

- [409] Cisji, A. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 3, S. 21-26
- [410] Nowicka-Nowak, M. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 12, S.590-593
- [411] Gajo, M. et al.: trattamenti e finiture 9 (2010) 1, S. 38-41
- [412] Anon.: stahl und eisen 129 (2010) 3, S. 104
- [413] Sapunov, S. Ju.: stal 79 (2010) 2, S. 52
- [414] Gewiens, C.: lightweightdesign (2010) 2, S. 32-35
- [415] Kups, T. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 40 (2009) 12, S. 894-900
- [416] Ebert, I. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 40 (2009) 12, S. 878-881
- [417] De Blasi, I.: trattamenti e finiture 9 (2010) 1, S. 60-63
- [418] Janas, Z.: ochrona przed korozja 52 (2009) 10, S. 406-408
- [419] Dahlhaus, M.: Galvanotechnik 101 (2010) 6, S. 1006-1008
- [420] Sawenok, A. N. et al.: stal 79 (2010) 3, S. 84-85
- [421] von Biedersee, H.: stahl und eisen 129 (2010) 5, S. 64-66
- [422] Meyer, F. et al.: Draht (2010) 2, S. 46-17
- [423] Descon, A.: Metal Finishing 108 (2010) 2, S. 20-21
- [424] Goueffon, Y. et al.: Metal Finishing 108 (2010) 2, S. 22-27
- [425] Kauer, M. et al.: Oberflachen Polysurfaces 51 (2010) 1, S. 6-7
- [426] Anon.: JOT 50 (2010) 4, S. 86-89
- [427] Leyendecker, J.: Metall 64 (2010) 4, S. 166-167
- [428] Horschig, J.: besser lackieren 12 (2010) 4/5, S. 3
- [429] Sirotkin, S. N. et al.: stal 79 (2010) 2, S. 63-65
- [430] Fink, W. et al.: PLUS 12 (2010) 4, S. 778-780
- [431] Schmidt, R. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 6, S. 1010-1015
- [432] Olik, R. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 3, S. 15-20
- [433] van Laere, A. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 6, S. 1144-1146
- [434] Schulz, D.: Oberflachen Polysurfaces 51 (2010) 1, S. 8-12
- [435] Anon.: Oberflachen Polysurfaces 51 (2010) 1, S. 16-17
- [436] Michalski, J. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 3, S. 3-14
- [437] Warcholinski, B. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 3, S. 27-33
- [438] Betiuk, M. et al.: Inzynieria Powierzchni (2009) 3, S. 34-40
- [439] Wojturska, J.: ochrona przed korozja 52 (2009) 12, S. 595-600
- [440] Schroder, T.: JOT 50 (2010) 4, S. 50-53
- [441] Simon, J.: JOT 50 (2010) 4, S. 54-56
- [442] Belluco, F.: JOT 50 (2010) 4, S. 76-77
- [443] Kraft, N.: JOT special UV Lackierung (2010), S. 5-11
- [444] Heilemann, B.: JOT special UV Lackierung (2010), S. 14-17
- [445] Mischke, P.: Farbe und Lack 116 (2010) 4, S. 40-42
- [446] Hand, K.: Products Finishing 74 (2010) 7, S. 22-23
- [447] Wagner, A.: besser lackieren 12 (2010) 7, S. 9
- [448] Zimmerhackel, J. et al.: JOT 50 (2010) 5, S. 28-29
- [449] Rentzing, S.: photovoltaic production (2010) 1, S. 18-20
- [450] Joffe, A. W. et al.: metalovedenie i termitscheskaja obrabotka metallov 55 (2010) 2, S. 9-14
- [451] Szymlek, K.: ochrona przed korozja 52 (2009) 10, S. 392-395
- [452] Michalik, R.: ochrona przed korozja 52 (2009) 10, S. 408-418
- [453] Formanek, B. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 12, S. 583-588
- [454] Jagiello, W.: ochrona przed korozja 52 (2009) 10, S. 402-105
- [455] Mang, K.-P.: photovoltaic production (2010) 1, S. 42-15
- [456] Geul, W.: oppervlakte technieken 54 (2010) 2, S. 32-34
- [457] Scheffels, G.: JOT 50 (2010) 3, S. 28-29
- [458] Rochowicz, M. et al.: JOT 50 (2010) 3, S. 54-56
- [459] Kalinna, G.: JOT 50 (2010) 3, S. 70-72
- [460] Dill, S. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 6, S. 999-1004
- [461] Ostendorf, G. F. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 5, S. 982-991
- [462] Kohler, A.: GIT Labor 53 (2009) 12, S. 799-800
- [463] Anon.: Scope (2010) 1, S. 46-47
- [464] Buchler, M. et al.: Oberflachen Polysurfaces 51 (2010) 2, S. 6-10
- [465] Hauser, H.: Oberflachen Polysurfaces 51 (2010) 1, S. 18-20
- [466] Mesitschek, D.: Galvanotechnik 101 (2010) 6, S. 1167-1180
- [467] Anon.: galvano organo (2010) Nr. 791, S. 58-60

- [468] Daschibalowa, L. T. et al.: *galvanotechnika i obrabotka poverchnosti* 17 (2009) 2, S. 41-44
- [469] Kruglikov, S. S. et al.: *galvanotechnika i obrabotka poverchnosti* 18 (2010) 1, S. 35-36
- [470] Hodjaoglu, G. et al.: *Metal Finishing* 108 (2010) 4, S. 38-42
- [471] Andrus, M.: *Metal Finishing* 108 (2010) 4, S. 43-45
- [472] Fickenscher, M.: *galvano organo* (2010), Nr. 792, S. 46-47
- [473] Ederer, W.: *JOT* 50 (2010) 5, S. 34 Knopp, R.: *JOT* 50 (2010) 5, S. 42-43
- [474] Knopp, R.: *JOT* 50 (2010) 5, S. 42-43
- [475] Winogradov, S. S.: *galvanotechnika i obrabotka poverchnosti* 17 (2009) 3, S. 24-29
- [476] Didier, C. et al.: *galvanotechnika i obrabotka poverchnosti* 17 (2009) 3, S. 30-34
- [477] Asejeva, A. B. et al.: *galvanotechnika i obrabotka poverchnosti* 17 (2009) 3, S. 35-40
- [478] Naumov, W. I. et al.: *galvanotechnika i obrabotka poverchnosti* 17 (2009) 3, S. 41-47
- [479] Holz, M.: *JOT* 50 (2010) 4, S. 198-110
- [480] Anon.: *Oberflaen Polysurfaces* 51 (2010) 2, S. 16-17
- [481] Rudolf, A. et al.: *Farbe und Lack* 116 (2010) 4, S. 22-27
- [482] Lanzutti, A. et al.: *trattamenti e finiture* 9 (2010) 2, S. 42-45
- [483] Marques, C. V et al.: *JOT* 50 (2010) 5, S. 54-56
- [484] Thiemann, U.: *PLUS* 12 (2010) 5, S. 1180-1183
- [485] Poschmann, H.: *PLUS* 12 (2010) 5, S. 1177-1179
- [486] Koeufer, C.: *Products Finishing* 74 (2010) 7, S. 17
- [487] Talbert, R.: *Products Finishing* 74 (2010) 8, S. 18-23
- [488] Anon.: *Oberflaen Polysurfaces* 51 (2010) 2, S. 18-19
- [489] Friedrichkeit, H. J.: *PLUS* 12 (2010) 4, S. 759-760
- [490] Burakowski, T.: *Inzynieria Powierzchni* (2009) 3, S. 41-13
- [491] Kucypera, P.: *Inzynieria Powierzchni* (2009) 3, S. 44-49
- [492] Kampker, A. et al.: *ATZ-Produktion* 3 (2010) 2, S. 48-53
- [493] Anon.: *Oberflaen Polysurfaces* 51 (2010) 2, S. 24-25
- [494] Anon.: *JOT* 50 (2010) 6, S. 38-40
- [495] Anon.: *JOT* 50 (2010) 5, S. 50-53
- [496] Nelson, G.: *Metal Finishing* 108 (2010) 4, S. 17-29
- [497] Anon.: *aluminium* 86 (2010) 5, S. 48-49
- [498] Maaser, T.: *besser lackieren* 12 (2010) 8, S. 5
- [499] Jelinek, T. W.: *galvanotechnika i obrabotka poverchnosti* 17 (2009) 2, S. 12-16
- [500] Gubar, W. Ja. et al.: *galvanotechnika i obrabotka poverchnosti* 17 (2009) 2, S. 24-27
- [501] Spiridonov, B. A. et al.: *galvanotechnika i obrabotka poverchnosti* 17 (2009) 2, S. 28-35
- [502] Bohnet, J.: *Galvanotechnik* 101 (2010) 6, S. 1270-1275
- [503] Kurtz, O. et al.: *Galvanotechnik* 101 (2010) 6, S. 1276-1282
- [504] Berger, S. et al.: *Oberflaen Polysurfaces* 51 (2010) 2, S. 20-23
- [505] Neoh, D.-G. et al.: *Metal Finishing* 108 (2010) 4, S. 31-37
- [506] Dunkel, K. et al.: *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik* 40 (2009) 12, S. 888-893
- [507] Arazna, A. et al.: *ochrona przed korozja* 52 (2009) 11, S. 468-469
- [508] Sutton, B. et al.: *Products Finishing* 74 (2010) 7, S. 18-21
- [509] Hamdy, A. et al.: *Metal Finishing* 108 (2010) 4, S. 22-29
- [510] Gruss, B. B.: *Metal Finishing* 108 (2010) 4, S. 46-48
- [511] Grundmeier, G. et al.: *Galvanotechnik* 101 (2010) 6, S. 1253-1255
- [512] Renger, D.: *email* 57 (2009) 2, S. 32-38
- [513] Barnier, V et al.: *ochrona przed korozja* 52 (2009) 11, S. 451-454
- [514] Behler, F.-J. et al.: *email* 57 (2009) 2, S. 9-24
- [515] Hassan, A. et al.: *ochrona przed korozja* 52 (2009) 11, S. 447-450
- [516] Anon.: *galvano organo* (2010), Nr. 792, S. 59-61
- [517] Ostendorf, F. et al.: *PLUS* 12 (2010) 5, S. 1088-1099
- [518] Dzielewski, M. et al.: *ochrona przed korozja* 52 (2009) 11, S. 434-442
- [519] El-Aziz, A. M.: *ochrona przed korozja* 52 (2009) 11, S. 455-457
- [520] Berger, C. et al.: *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik* 41 (2010) 1, S. 5-17
- [521] Bosmann, R.: *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik* 41 (2010) 1, S. 29-32
- [522] Sommer, H. J. et al.: *photovoltaic production* (2010) 1, S. 46-48
- [523] Riedel, D.: *JOT* 50 (2010) 5, S. 24-27
- [524] Gabriel, H.: *Galvanotechnik* 101 (2010) 6, S. 1398-1401
- [525] Fahland, M.: *Galvanotechnik* 101 (2010) 6, S. 1402-1404

- [526] Horber, M.: JOT 50 (2010) 5, S. 11-12
[527] Hermann, T.: JOT 50 (2010) 5, S. 18-23
[528] Witter, M. et al.: JOT 50 (2010) 5, S. 30-33
[529] Krawiec, H. et al.: ochrona przed korozja 52 (2009) 11, S. 458-460
[530] Simon, J.: JOT 50 (2010) 8, S. 50-52
[531] Ruhland, C. V.: JOT 50 (2010) 8, S. 54-57
[532] Jerrmannsdorfer, K. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 1969-1971
[533] Anon.: Metalloberflache 64 (2010) 7/8, S. 14-15
[534] Zimmermann, C. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 9, S. 1988-1994
[535] Baskov, N. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 1977-1987
[536] Hempelmann, R. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 1972-1976
[537] Carrasco, G. et al.: Metal Finishing 108 (2010) 7/8, S. 26-32
[538] Bibber, J. W.: galvanotecnica e nuova finiture AIFM 20/61 (2010) 3, S. 140-144
[539] Petrova, M. et al.: PLUS 12 (2010) 8, S. 1764-1768
[540] Reinemuth, J.: JOT 50 (2010) 8, S. 38-40
[541] Weidmann, S. K. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 1728-1744
[542] Waibel, C.: Metalloberflache 64 (2010) 9, S. 18-21
[543] Anon.: Metalloberflache 64 (2010) 8, S. 50-51
[544] Fath, A.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 1714-1721
[545] Hoppe, M.: Metalloberflache 64 (2010) 7/8, S. 20-21
[546] Konzok, D.: Metalloberflache 64 (2010) 7/8, S. 22-23
[547] Rapp, E. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 9, S. 2134-2177
[548] Gumpel, P. et al.: MTZ Motortechnische Zeitschrift 71 (2010) 9, S. 621-624
[549] Poschmann, H.: PLUS 12 (2010) 8, S. 1737-1742
[550] Hofmann, L. et al.: PLUS 12 (2010) 8, S. 1829-1833
[551] Bauer, G. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 1960-1968
[552] Anon.: galvanotecnica e nuova finiture AIFM 19/60 (2009) 3, S. 153-156
[553] Reussmann, G.: Metalloberflache 64 (2010) 9, S. 16-17
[554] Blumenstein, M. et al.: Farbe und Lack 116 (2010) 8, S. 15-20
[555] Wermuth, G.: Farbe und Lack 116 (2010) 8, S. 25-27
[556] Lindenau, J.: Farbe und Lack 116 (2010) 8, S. 32-34
[557] Zednik, R. J. et al.: Metal Finishing 108 (2010) 7/8, S. 93-42
[558] Quass, D.: JOT 50 (2010) 8, S. 18-20
[559] Anon.: JOT 50 (2010) 8, S. 22-23
[560] Dreyer, C.: JOT 50 (2010) 8, S. 24-27
[561] Zollitsch, C.: JOT 50 (2010) 8, S. 42-43
[562] Schulze, D.: besser lackieren 12 (2010) 8, S. 8-15
[563] Frick, H.: GIT Labor 53 (2009) 3, S. 78-79
[564] Frick, J.: GIT Labor 53 (2009) 3, S. 78-79
[565] Fath, A.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 1886-1892
[566] Corzine, B.: Metal Finishing 108 (2010) 7/8, S. 18-22
[567] Andrus, M.: Metal Finishing 108 (2010) 6, S. 47-49
[568] Clark, T.: Metal Finishing 108 (2010) 7/8, S. 23-25
[569] Fresner, J.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 2144-2151
[570] Pennington, T.: Products Finishing 74 (2010) 10, S. 8
[571] Lambertz, J.: Erzmetall World of Metallurgy 63 (2010) 4, S. 176-180
[572] Niesing, B.: weiter.vorn Das Fraunhofer-Magazin (2010) 3, S. 9-13
[573] Bergmann, M. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 1722-1727
[574] Pesce, V.: trattamenti e finiture 9 (2010) 4, S. 48-51
[575] Braun, D.: Chemische Rundschau (2010) 7/8, S. 27-30
[576] Vogt, H. T.: JOT 50 (2010) 8, S. 60-61
[577] Durkec, J.: trattamenti e finiture 9 (2010) 4, S. 44-46
[578] Bock, R.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 1745-1757
[579] Schlobmacher, P. et al.: J. For. Electrochem. And Plating Technology 1 (2008) 2, S. 20-32
[580] Kurtz, O. et al.: J. For. Electrochem. And Plating Technology 1 (2008) 2, S. 33-49
[581] Kurtz, O. et al.: PLUS 12 (2010) 8, S. 1720-1726
[582] Bohnet, J.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 1758-1761
[583] Bocchini, G. F.: trattamenti e finiture 9 (2010) 4, S. 25-29
[584] Schmidt, H.: JOT 50 (2010) 6, S. 46-49
[585] Petrie, E. M.: Metal Finishing 108 (2010) 6, S. 65-68
[586] Waddle, J.: Products Finishing 74 (2010) 8, S. 20-23
[587] Anon.: JOT 50 (2010) 6, S. 14-17
[588] Guttman, M. et al.: PLUS 12 (2010) 6, S. 1405-1413

- [589] Knopp, R.: JOT 50 (2010) 6, S. 52-53
[590] Walz, M.: Metal Finishing 108 (2010) 5, S. 16-18
[591] Hofmann, L. et al.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 1880-1884
[592] Musil, J.: Galvanotechnik 101 (2010) 8, S. 1856-1867
[593] Apitz, G. et al.: Farbe und Lack 116 (2010) 6, S. 16-19
[594] Fronek, R. et al.: JOT 50 (2010) 6, S. 68-70
[595] Hiesge, R. et al.: JOT 50 (2010) 6, S. 88-91
[596] Kembte, R.: Products Finishing 74 (2010) 8, S. 14-19
[597] Gebhard, P. T.: Metal Finishing 108 (2010) 6, S. 55-61
[598] Ondratschek, D.: besser lackieren 12 (2010) 11, S. 8
[599] Herrmann, T.: Metalloberflache 64 (2010) 6, S. 36-39
[600] Orotsenko, V S. et al.: Metal Finishing 108 (2010) 5, S. 28-32
[601] Maier, I.: Empa News 8 (2010) 29, S. 12
[602] Ondratschek, D.: besser lackieren 12 (2010) 10, S. 8
[603] Maruchich, R.: galvano organo (2010), Nr. 793, S. 54-56
[604] Schulte, M.: Metalloberflache 64 (2010) 6, S. 22-23
[605] Henkemeyer, H. et al.: stahl und eisen 129 (2010) 6, S. 59-62
[606] Cvetkovski, V et al.: Erzmetall World ofMetallurgy 63 (2010) 3, S.130-138
[607] Gruttjen, D.: BG 122 (2010) 6, S. 260-262
[608] Raulin, F: galvano organo (2010), Nr. 793, S. 39-41
[609] Casterot, B.: galvano organo (2010), Nr. 793, S. 48-50
[610] Fister, D.: Metal Finishing 108 (2010) 6, S. 39-46
[611] Guyard, C.: galvano organo (2010), Nr. 793, S. 52-53

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) 52-23-43, 52-23-53
Факс: (4922) 52-23-52, 52-23-14
E-mail: vladimir@vladbmt.ru

<http://www.vladbmt.com>

ЗАО "БМТ" 
г. Владимир

РХТУ им. Д.И. Менделеева

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ УЧАСТОК (ЦЕХ) БЕЗ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Для доведения содержания тяжелых металлов, хроматов и цианидов в сточных водах до ПДК необходимо решить две задачи:

1) Свести к минимуму суммарное количество каждого из этих компонентов в стоках.

2) Обеспечить необходимую степень разбавления при взаимном смешении разнородных сточных вод участка (цеха) и последующего соединения их с хозяйственными стоками.

Чем эффективнее удастся снизить занос этих ионов в ванны проточной промывки, тем успешнее решается первая задача. Вторую задачу решают применением локальных систем очистки индивидуальной для каждой точки, т.е. после каждой операции обработки деталей в растворах, содержащих ионы загрязнители.

Установка погружных электрохимических модулей (ПЭМ) в ваннах улавливания после всех операций нанесения гальванических и химических покрытий, пассивирования и снятия покрытий обеспечит выполнение обеих задач:

- примерно 10029кратное снижение выноса в каждой точке технологической цепочки;

- дополнительное многократное разбавление за счет объединения разнородных стоков.

Если по какому-то конкретному виду ионов значение ПДК в конечном стоке, тем не менее, превышено, то надо всего лишь установить дополнительную ванну улавливания и ПЭМ на конкретную операцию.

В условиях массового или крупносерийного производства необходимость очистных сооружений не устраняется, однако при наличии ПЭМ в ваннах улавливания многократно снижается нагрузка на очистные сооружения, (то есть их масштаб). Пропорционально уменьшается водопотребление, объем образующихся сточных вод и расход химикатов на их обезвреживание.

За дополнительной информацией и вопросам поставки обращаться к профессору Кругликову С. С. по адресу 125047, Москва, Миуская площадь, 9, РХТУ им.Д.И. Менделеева.

Тел. (8 499) 978-56-51, моб. 8-916-616-96-99,
факс (8 495) 600-29-64.
Email: gtech@muctr.ru

УДК 669.587

Электроосаждение цинка из кислого лактатного электролита

Киреев С.Ю., Перельгин Ю.П., Ягниченко Н.В.

Ключевые слова: электроосаждение цинка, лактатный электролит

На основании исследования зависимости качества покрытия и выхода по току цинка от состава электролита и режима электролиза разработан малотоксичный электролит следующего состава: сульфат цинка (на цинк) 5–12 г/л, молочная кислота (80 %) 10–40 мл/л, pH 2–4. При плотности тока 0,5–1,5 А/дм² и комнатной температуре выход по току равен 55–65 %, что соответствует скорости осаждения цинкового покрытия 4–13 мкм/ч. Перемешивание электролита позволяет увеличить плотность тока до 4 А/дм². Осаждённое покрытие обладает мелкокристаллической структурой с блочным ростом кристаллов.

Zn plating from the bath on the base of lactic acid

Kireev S.Yu., Perelygin Yu.P., Yagnichenko N.V.

Key words: zink electroplating, lactic solution

There was developed low toxicity bath on the base of lactic acid of next composition: Zn sulfate (on Zn) 5–12 g/l, lactic acid (80%) 10–40 ml/l, pH 2–4. At current density of 0.5–1.5 A/dm² and indoor temperature the cathode current efficiency is 55–65% corresponding to the coating deposition rate of 4–13 μm/h. Bath agitation allows to increase the cathode current density up to 4 A/dm². Zn coating provides a fine crystal structure and good quality.

Введение

Несмотря на достаточно большое количество известных и применяемых в промышленности электролитов цинкования [1,2], продолжают работы, направленные на совершенствование существующих и разработку новых растворов для электроосаждения цинка [3], что обусловлено возросшими требованиями производства и экологической необходимостью. Ранее [4] показана возможность электроосаждения покрытия сплавом олово-цинк из раствора, содержащего молочную кислоту, однако электроосаждение цинка из данного электролита не исследовано.

На основании изложенного, а также с учетом того факта, что молочная кислота применяется в качестве пищевой добавки (Е 270) [5], представляет определенный теоретический и практический интерес исследовать возможность электроосаждения цинкового покрытия из раствора, содержащего молочную кислоту.

Методическая часть

Определение оптимального состава электролита и режима электролиза проводили в прямоугольной, термостатируемой ячейке емкостью 0,2 л с применением в качестве катода медных пластин площадью $4 \cdot 10^{-4}$ м² и графитовых анодов. Подготовка катода проводилась в соответствии с требованиями [2]. Выработка электролита по ионам металла не превышала 5%. Определение диапазона плотности тока, в пределах которого при данных температуре и составе электролита получают качественные покрытия, проводилась в ячейке Хулла. Выход по току определяли с использованием цифрового кулонометра [6], кислотность (pH) электролита – pH-метром pH-121 с точностью $\pm 0,05\%$. Качество и структуру покрытий определяли визуально и по анализу микрофотографий, которые снимались на металлографическом микроскопе ЛВ-31 и с помощью комплекса сканирующей атомно-силовой микроскопии.

Экспериментальная часть

Как показали предварительные исследования, выполненные в ячейке Хулла, из раствора, содержащего сульфат цинка (на металл) 12 г/л, молочную кислоту (80 % раствор) 20 мл/л при рН 2 и температуре 20 °С, ровные, матовые, светло-серые покрытия цинком осаждаются в интервале плотности тока от 0,5 до 4,0 А/дм². Дальнейшие исследования проводили в электролите, содержащем сульфат цинка (на металл) 5,6 г/л, молочную кислоту (80 % раствор) 20 мл/л при рН 2,0, плотностей тока 1 А/дм² и температуре 20 °С, за исключением ниже оговоренных случаев. Увеличение концентрации молочной кислоты от 5 до 40 мл/л практически не влияет на выход по току цинка, который при плотности тока 1,0 А/дм² равен 64–68 % (рис.1, кривая 1). Повышение концентрации в растворе ионов цинка от 1,5 до 12 г/л приводит к увеличению выхода по току цинка от 30 до 77 % (рис.1, кривая 2).

Изменение рН раствора от 1 до 4 приводит к увеличению выхода по току от 31 до 94 % (рис.1, кривая 3). Повышение плотности тока от 0,1 до 0,5 А/дм² приводит к увеличению выхода по току цинка от 20 до 67 % (рис.1, кривая 4), тогда как дальнейшее увеличение плотности тока до 4 А/дм² приводит к снижению выхода по току до 27 %.

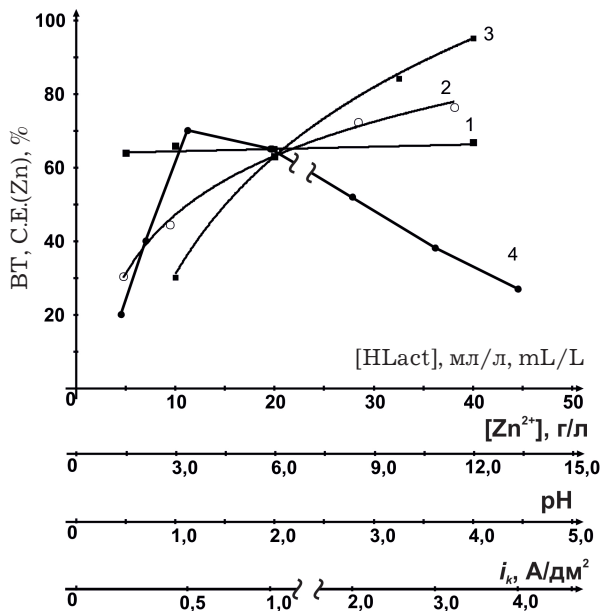


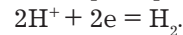
Рис. 1. Зависимость ВТ цинка от концентрации молочной кислоты (1), ионов цинка в электролите (2), рН раствора (3) и плотности тока (4).

Fig.1. Dependence of zinc CE on concentration of lactic acid (1), zinc ions in a bath (2), pH (3) and CD (4)

Перемешивание электролита магнитной мешалкой или изменение температуры по разному влияют на выход по току цинка, что зависит от плотности тока. Так, при плотностях тока 3 и 4 А/дм² без перемешивания выход по току составляет 35 и 27 %, а при перемешивании – 67 и 64 %, соответственно, т.е. выход по току увеличился более чем в два раза. Однако, перемешивание электролита при плотности тока менее 0,5 А/дм² приводит к снижению выхода по току цинка на 5–10%.

Из электролита, содержащего сульфат цинка (на металл) 5,6 г/л, молочную кислоту (80% раствор) 20 мл/л при рН 2,0 и низкой плотности тока (0,1 А/дм²) повышение температуры от 5 до 60 °С приводит к уменьшению выхода по току цинка от 65 до 56 %, тогда как при плотности тока 1 А/дм² повышение температуры электролита приводит к увеличению выхода по току цинка от 55 до 85 %.

Такая зависимость выхода по току цинка от плотности тока, рН, температуры и перемешивания электролита обусловлена, по-видимому, тем фактом, что механизм выделения водорода при различных плотностях тока различен. По-видимому, при низких плотностях тока выделение водорода происходит в результате протекания реакции саморастворения осажденного цинка [7 - 9] по реакции $Zn + 2H^+ = Zn^{2+} + H_2$, тогда как при плотностях тока более 0,5 А/дм² выделение водорода происходит, например, по реакции [10]

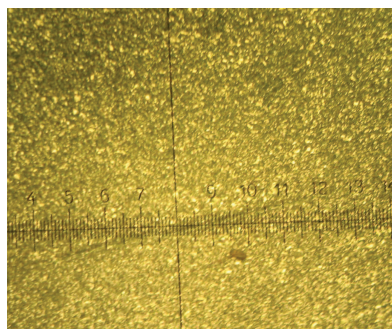


На основании выполненных исследований для электроосаждения светлых полублестящих цинковых покрытий можно рекомендовать [11] малотоксичный электролит следующего состава: сульфат цинка (на цинк) 5–12 г/л, молочная кислота (80 %) 10–40 мл/л рН 2–4. При катодной плотности тока 0,5–1,5 А/дм² и комнатной температуре катодный выход по току составляет 55–65 %, что соответствует скорости осаждения покрытия цинком 4–13 мкм/ч. Перемешивание электролита позволяет увеличить плотность катодного тока до 4 А/дм².

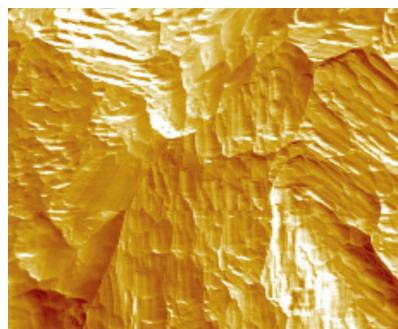
Поскольку, в данном растворе, как и в других кислых электролитах цинкования [1], вследствие химического растворения цинка анодный выход по току больше 100%, необходимо применять совместно растворимые цинковые и нерастворимые графитовые аноды.

Осаждённое покрытие цинком обладает мелкокристаллической структурой (рис. 2.а) с блочным ростом кристаллов (рис. 2.б).

Покрытия, полученные из данного электролита, хорошо пассивируются в хромсодержащих растворах, рекомендованных в [1, 2]. При этом цинковое покрытие приобретает цвет от желтовато-зеленого до золотисто-желтого с радужными оттенками.



а)



б)

Рис. 2. Внешний вид цинкового покрытия: а – фотография (металлографический микроскоп) поверхности при увеличении $\times 100$; б – микрофотография поверхности, полученная на атомно-силовом микроскопе.

Fig.2. Appearance of Zn coatings: (a) microphoto, $\times 100$; (b) submicrophoto.

Выводы

На основании проведенных исследований установлено, что:

- на процесс осаждения цинка из лактатного электролита оказывают влияние плотность катодного тока, рН, температура, перемешивание раствора и концентрация цинка в электролите;
- рекомендуемый электролит сравнительно прост по составу, не содержит токсичных органических добавок, позволяет получать покрытия хорошего качества с достаточно высоким выходом по току без дополнительного введения блескообразующих добавок или ПАВ.

Литература

1. Кудрявцев, Н. Т. Электролитические покрытия металлами. М.: Химия, 1979. – 352 с.
2. ГОСТ 9.305–84 Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий. М.: Госстандарт, 1988. 183 с.
3. Окулов, В. В. Цинкование. Техника и технология. – М.: Глобус, 2008 – 252 с.
4. Перельгин Ю. П., Киреев С. Ю., Киреев А. Ю. Электролитическое осаждение сплава олово–цинк из кислого лактатного электролита // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2008. – Т.16, № 2. – С. 47–48.
5. ГОСТ 490–2006. Кислота молочная. Технические условия. М.: Госстандарт, 2007. 28 с.
6. Баранов В.А., Баранов Вл. А., Перельгин Ю.П. Цифровой кулонометр // Тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции и выставки “Гальванотехника, обработка поверхности и экология в XXI веке”. – Москва, 2003. – С. 21.
7. Луковцев П., Левина С., Фрумкин А. Перенапряжение водорода на никеле // Журнал физической химии. – 1939. – Т. 13, № 7. – С. 916–930.

8. Колотыркин Я. М., Флорианович Г. М. Аномальные явления при растворении металлов // Итоги науки техники. Электрохимия. М.: ВИНТИ. – 1971. – Т. 7. – С. 5–64.

9. Дамаскин Б. Б., Петрий О. А. Введение в электрохимическую кинетику. М.: Высшая школа. – 1983. – С. 400.

10. Феттер К. Электрохимическая кинетика. – М.: Мир, 1967. – 856 с.

11. Киреев С.Ю., Перельгин Ю.П., Ягниченко Н.В., Киреев Ю. И., Киреева Т.Н. Способ нанесения гальванического покрытия цинком // Патент России №2400570. 2010. Бюл. №27.

Сведения об авторах

1. **Киреев Сергей Юрьевич** – ктн, доцент. Кафедра химии, Пензенский госуниверситет, 40, ул. Красная, Пенза, 440026, Россия. (E-mail: Sergey58_79@mail.ru).

Kireev S.Yu. – PhD, ass. prof. Chemistry department, Penza State University, 40 Krasnaya street, Penza, 440026, Russia. e-mail: Sergey58_79@mail.ru.

2. **Перельгин Юрий Петрович** – зав. каф. химии, профессор, дтн. pyp@pnzgu.ru, тел. (841-2)-36-82-70, факс: (841-2) 565122.

Perelygin Yury Petrovich., Doctor of Technical Sciences, prof/, head of Chemistry Department. E-mail: pyp@pnzgu.ru, 440026, Phone: (841-2) 368270, fax: (841-2) 565122, fax: (841-2) 565122.

3. **Ягниченко Н. В.** – аспирант. E-mail: pyp@pnzgu.ru.

Yagnichenko N.V. – Postgraduate student E-mail: pyp@pnzgu.ru, 440026.



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

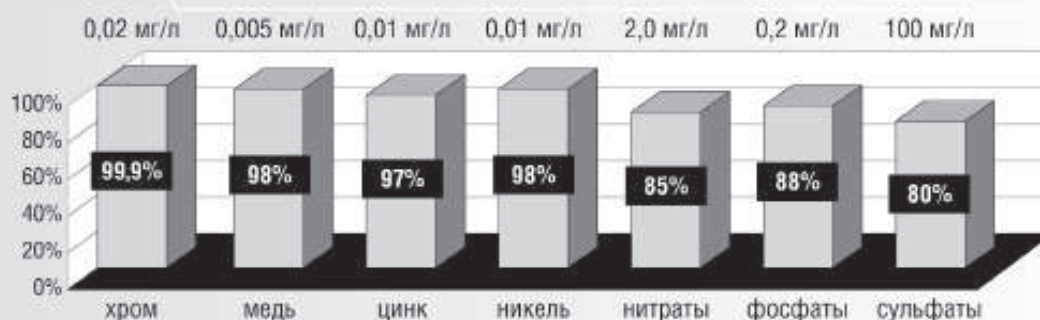


ЭФФЕКТИВНАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

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».



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
ЁМКНОСТНОЕ 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, 4-68-98

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



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 621.357:628.3:661.185.1

Оптимизация электрофлотационного процесса извлечения труднорастворимых соединений меди из сточных вод путём регулирования pH среды

Бродский В.А., Колесников В.А.

Ключевые слова: электрофлотация, размер частиц, растворы электролитов, электрокинетический потенциал, pH, труднорастворимые соединения меди

Приведены результаты исследований влияния pH растворов на дисперсность и поверхностные характеристики частиц труднорастворимых соединений меди. Исследовано влияние pH на электрофлотационную активность труднорастворимых соединений меди. Показано, что полнота и эффективность извлечения находится в прямой зависимости от значения электрокинетического потенциала и дисперсности труднорастворимых частиц меди: наиболее полно и эффективно извлекаются частицы с максимальным размером и минимальным абсолютным значением заряда поверхности.

Optimization of the Copper Recovery from Waste Water Using Electroflotation Process by Means of pH-Control

Brodskiy V.A., Kolesnikov V.A.

Key words: electroflotation, size of particles, solutions of electrolytes, electrokinetic potential, pH, hard soluble copper compounds

Effect of pH on the efficiency of the recovery of sparingly soluble copper compounds from aqueous solutions was studied. Results related to the pH effect on the solubility particles size and charge and the solutions conductivity are given. Minimum solubility is observed over the range 9 to 11. For example at pH=10 99,7% of copper is in the dispersed state (Fig.1), and this facilitates maximum recovery of copper. At the same time it was found that in a model solution, containing no supporting electrolyte the dependence of the electrokinetic potential on the pH cross the absence of pH \approx 8,7 (Curve 1 in Fig.2). The mechanism of changing surface charge of the dispersed phase is given. However, real waste water contain always considerable amounts of ions capable to recharge dispersed particles due to the adsorption on their surface. Effect of SO₄²⁻ ions on the electrokinetic potentials of sparingly soluble particles of cop-

per (Curve 2 in Fig.2) is shown. Solution conductivity over the pH range 6 to 10 containing SO₄²⁻ ions is about 10 times of that in the absence of the supporting electrolyte (Table 1). Therefore further experiments were made only in the presence of SO₄²⁻ ions. Maximum particles size was found over the pH range 7 to 9 (Fig.3), and have most complete copper dispersed phase recovery is reached (Fig.4). A comparison of data obtained have shown that the efficiency of the process and the degree of the electroflotation purification depends on the particles size and charge (Table 2). Most complete recovery is reached for the particles with maximum size and minimum absolute charge value. At higher pH values the increasing treatment time (above 10 min) in order to improve the purification efficiency is not recommended since it changes the nature of dispersed phase and subsequent destruction of a foam layer.

Введение

Одной из определяющих стадий процесса электрофлотационного извлечения ионов металлов из сточных вод является формирование дисперсной фазы. Перевод ионов в дисперсную форму осуществляется путём введения в растворы неорганических реагентов, например, щёлочи, фосфатов или карбонатов, способных реагировать с ионами металлов с образованием труднорастворимых соединений. Наиболее простым и одновременно максимально эффективным способом извлечения ионов металлов является выделение их в виде труднорастворимых гидроксидов или оксидов с использованием лишь кислотных реагентов (т.е. путём регулирования pH среды), что, кроме всего прочего, позволяет повторно использовать извлекаемые соединения.

Анализ диаграмм Пурбе показывает, что в зависимости от pH среды ионы металлов существуют в виде труднорастворимых соединений или растворимых комплексов и свободных ионов. Природа образующихся соединений определяется валентным состоянием извлекаемого металла и зависит от потенциала среды [1]. Известно, что при изменении pH происходит смещение равновесия реакций диссоциации воды, кислот, оснований и гидроксо-комплексов металлов. В связи с этим, основным критерием, которым руководствуются при выборе pH среды для проведения процесса электрофлотационной очистки, является минимальная растворимость образующихся частиц дисперсной фазы, что, очевидно, способствует максимально полному извлечению ионов металлов из сточных вод. В то же время, величина pH среды способна оказывать влияние на поверхностные характеристики частиц дисперсных соединений, в частности на размер и заряд. Последние, как известно, могут оказывать влияние на электрофлотационный процесс через два основных фактора: 1. эффективность взаимодействия частиц с пузырьками электродного газа; 2. эффективность протекания коагуляционных процессов и образование устойчивых флококомплексов [2].

Определено, что у многих оксидов и гидроксидов в области pH 7 – 11 происходит полная компенсация потенциалообразующего слоя, т.е. все противоионы находятся в адсорбционном слое. В этом случае ζ -потенциал становится равным нулю, наблюдается изоэлектрическая область, в которой возможно наиболее полное удаление частиц твердой фазы методом электрофлотации [2]. С другой стороны известно, что, в большинстве случаев размер частиц играет определяющую роль в эффективности извлечения частиц дисперсной фазы (в некоторых случаях исключение составляют частицы с резко отрицательным зарядом).

В связи с этим, целью работы являлся анализ влияния растворимости, дисперсных характеристик и заряда частиц труднорастворимых соединений металлов на их электрофлотационную активность в водных растворах и определение факторов, оказывающих максимальное влияние на эффективность процесса электрофлотационной очистки на примере труднорастворимых соединений меди.

Методика эксперимента

В качестве объектов исследований были выбраны ионы Cu^{2+} . Перевод ионов в дисперсную форму осуществлялся путём регулирования pH среды (ион-осадитель – OH^-). Исходная концентрация ионов меди во всех экспериментах составляла 50 мг/л. Эксперименты проводились в интервале pH от начала гидроксидообразования до pH 12. Значение pH начала гидроксидообразования подбиралось по остаточной концентрации меди в фильтрате. Фильтрацию растворов проводили на фильтрах «белая лента» с диаметром пор до 5 мкм. Исследование электрофлотационной активности труднорастворимых соединений меди проводили при постоянной объёмной плотности тока, составлявшей 0,4 А/л.

Электрофлотационную активность труднорастворимых соединений Cu оценивали по степени извлечения α (%), которую рассчитывали как отношение разницы между исходным и конечным содержанием меди в растворе к их исходному содержанию (суммарно в дисперсной и ионной формах):

$$\alpha = [(C_{\text{исх}} - C_{\text{кон}}) / C_{\text{исх}}] \times 100\%$$

Измерение массовой концентрации меди в растворах проводили по стандартизованной методике на атомно-абсорбционном спектрометре КВАНТ-АФА. Размер частиц определялся методом лазерной дифракции с использованием физического принципа рассеяния электромагнитных волн с помощью лазерного анализатора частиц «Analysette NanoТес». Измерение дзета-потенциала частиц основывалось на измерении электрофоретической подвижности частиц в жидкости под действием приложенного электрического поля и проводилось на лазерном анализаторе характеристик частиц субмикронного и нано-диапазона «Malvern Zetasizer Nano».

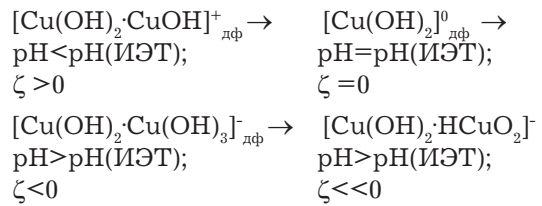
Результаты и обсуждение

Исследование влияния pH на растворимость частиц дисперсной фазы меди (рис. 1) позволило установить, что, начиная с pH 6, более 97% меди находится в труднорастворимом виде, что позволяет проводить очистку сточных вод ме-

тодом электрофлотации. В то же время, данные, представленные на рисунке, свидетельствуют о том, что минимальной растворимостью частицы дисперсной фазы меди обладают в интервале pH 9 - 11. Так, при pH 10 - 99,7% меди находится в дисперсной форме, что может способствовать максимально полному извлечению меди из раствора.

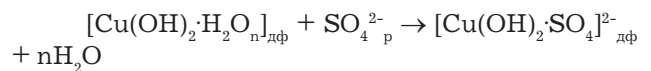
Изучение влияния pH на значения зарядов частиц дисперсной фазы (рис. 2.) и электропроводность растворов (табл. 1.) проводилось в растворах двух типов: 1. раствор, содержащий соль CuSO_4 с концентрацией 50 мг/л; 2. раствор, содержащий соль CuSO_4 с концентрацией 50 мг/л и соль Na_2SO_4 с концентрацией 1 г/л. Выбор растворов обусловлен следующими факторами. Раствор 1 характеризует систему с минимальным содержанием, что позволяет выявить изоэлектрическую область, в которой возможно наиболее полное удаление частиц [2]. Раствор 2 характеризует систему, приближенную к реальным сточным водам, которые в большинстве случаев содержат, помимо компонентов соли извлекаемого металла, некоторое количество сульфата (фон). Это, с одной стороны, может приводить к перезарядке поверхности частиц, с другой стороны повышает электропроводность растворов. Установлено, что в растворе без фоновых ионов кривая зависимости ζ -pH пересекает ось абсцисс при pH ~ 8,7 (изоэлектрическая точка - ИЭТ) (рис. 2. кр. 1.). Далее происходит перезарядка поверхности частиц. Знак заряда меняется с положительного на отрицательный.

В работе [3] предложен механизм формирования заряда дисперсной фазы (ДФ) при различных pH раствора, в соответствии с которым процесс формирования заряда для частиц гидроксида меди можно представить следующим образом:



Для pH, близких к pH гидроксидообразования, в механизме формирования заряда участвуют в первую очередь ионы Cu^{2+} и CuOH^+ , находящиеся в избытке по отношению к ионам OH^- . Таким образом, образующаяся частица приобретает положительный заряд. При повышении pH наступает момент, когда все несвязанные ионы Cu^{2+} и CuOH^+ взаимодействуют с присутствующими в растворе OH^- ионами, заряд поверхности частиц стремится к нулю. Затем $\text{Cu}(\text{OH})_2$ вследствие сорбции продуктов гидролиза (часть $\text{Cu}(\text{OH})_2$ переходит в $\text{Cu}(\text{OH})_3^-$), перезарядается, частицы дисперсной фазы меняют знак заряда на отрицательный. В области сильно щелочных значений pH в соответствии с данными, приведёнными в диаграмме Пурбе [1], происходит образование и накопление HCuO_2^- ионов, вследствие чего наблюдается резкое уменьшение значений ζ -потенциала.

Заряд частиц дисперсной фазы меди в растворе, содержащем 1 г/л Na_2SO_4 , во всём интервале pH отрицательный, что связано с высокой сорбционной активностью SO_4^{2-} ионов на свежеобразованных частицах дисперсной фазы меди [3]:



В то же время, в области pH 8 - 9 на кривой наблюдается максимум, заряд частиц повышается с ~ -17 до -11,5 ÷ -12,5 мВ (рис. 2. кр. 2.), что может быть связано с конкуренцией адсорбированных на поверхности частиц SO_4^{2-} ионов и OH^- ионов, содержание которых в растворе повышается с ростом pH.

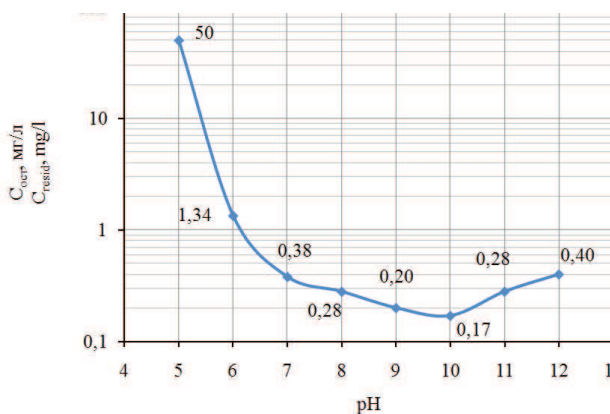


Рис. 1. Зависимость остаточной концентрации меди в фильтрате от pH среды.

Fig. 1. Dependence of residual concentration of copper in a filtrate on solution pH

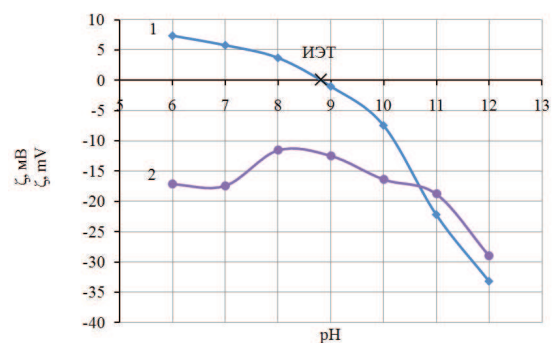


Рис. 2. Зависимость заряда частиц труднорастворимых соединений меди от pH раствора: 1.- без фона;

2. - с 1 г/л Na_2SO_4 .

Fig. 2. Dependence of charge of particles of hard soluble copper compounds on solution pH: 1. - without a background ions; 2. - 1 g/l Na_2SO_4

С повышением pH растворов до 11 – 12, значения ζ -потенциалов частиц дисперсной фазы в обоих растворах максимально сближаются и, после pH 11, уходят резко в отрицательную область. В соответствии с механизмом, приведённым выше, уменьшение значений электрокинетических потенциалов обусловлено включением в состав дисперсной фазы $\text{Cu}(\text{OH})_3^-$ и HCuO_2^- ионов, образующихся в сильнощелочных средах в результате взаимодействия частиц труднорастворимых соединений меди с избытком щёлочи, о чём свидетельствует повышение растворимости дисперсной фазы при pH 11 и 12.

Анализ зависимости удельной электропроводности растворов χ от pH позволил установить, что электропроводность в растворах без Na_2SO_4 в интервале pH 6–10 примерно в 10 раз ниже, чем в растворах, содержащих ионы фона (табл. 1). С повышением pH до 12 значения удельной электропроводности в обоих растворах максимально приближаются друг к другу и составляют от 2,6 до 3 мСм/см, что, по всей видимости, объясняется накоплением в растворах OH^- ионов.

В то же время эксперимент показал, что наличие в растворе фоновых ионов практически не влияет на полноту и эффективность электрофлотационного процесса в интервале pH(ИЭТ) ± 2 .

В связи с этим, дальнейшее изучение влияния pH раствора на дисперсные характеристики труднорастворимых соединений меди и их электрофлотационную активность проводилось в растворе фона (1 г/л Na_2SO_4), что в большей мере отвечает параметрам реальных сточных вод и может позволить существенно снизить энергозатраты на процесс очистки.

Анализ дисперсных характеристик частиц труднорастворимых соединений меди в растворе фона позволил установить, что частицы достигают наибольшего размера при pH 7,0 (рис. 3), средний гидродинамический диаметр частиц $d_{ср}$ (размер частиц в жидкости с учётом предположения об их сферической форме) возрастает с 33 мкм (pH 6,0)

до 50 мкм. Данной системе соответствует наименьшее содержание частиц мелкодисперсной фазы с размером частиц <10 мкм (2,4%). Дальнейшее повышение pH растворов приводит к постепенному снижению среднего гидродинамического диаметра частиц. Минимальное значение $d_{ср}$ соответствует раствору с pH 12 (23 мкм), система характеризуется максимальным содержанием мелкодисперсной фазы с размером частиц до 10 мкм (13,1%). Вне зависимости от pH среды, растворы не содержат частиц размерами менее 1 мкм.

Исследовано электрофлотационное поведение труднорастворимых соединений меди в зависимости от pH растворов (рис. 4). Установлено, что наиболее эффективно частицы дисперсной фазы извлекаются в интервале pH 7 – 9 (α достигает максимальных значений через 10 минут после начала процесса и составляет 97 – 98 %, остаточная концентрация по ионам меди – не более 1 – 1,5 мг/л). Увеличение продолжительности процесса до 15 – 20 минут не приводит к существенному изменению значений степени извлечения.

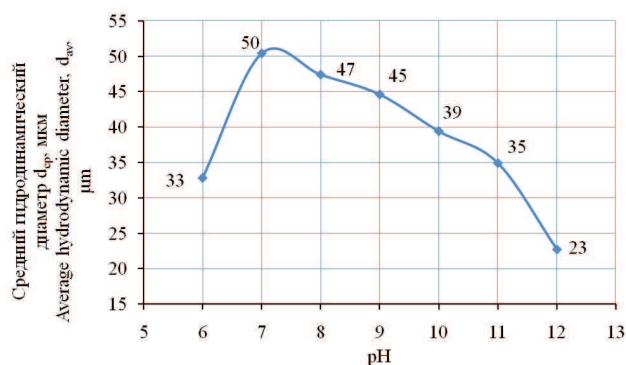


Рис. 3. Зависимость среднего гидродинамического диаметра $d_{ср}$ частиц дисперсной фазы меди от pH раствора, содержащего 1 г/л Na_2SO_4

Fig. 3. Dependence of average hydrodynamic diameter d_{av} of copper disperse phase particles on solution pH, containing 1 g/l Na_2SO_4

Табл. 1. Значения удельных электропроводностей раствора при различных pH
Table 1. Dependence of solution specific conductivity from pH

pH	χ , мСм/см, mS/cm						
	6	7	8	9	10	11	12
без фона*	0,18	0,19	0,20	0,22	0,28	0,55	2,56
Na_2SO_4 1 г/л, g/l	1,81	1,85	1,89	1,91	1,94	2,1	3,0

Повышение pH раствора до 10 - 11 оказывает минимальное влияние на эффективность процесса в первые 10 минут ($\alpha = 96 - 97 \%$). В то же время, увеличение продолжительности процесса приводит к постепенному снижению значений степени извлечения, наблюдается переход частиц из пенного слоя в раствор. Так, при pH 10 через 20 минут после начала процесса α составляет 88 %, при pH 11 – не превышает 36 %. При pH 12 частицы дисперсной фазы меди «крутятся» в растворе, не образуя флотокомплексов с поднимающимися к поверхности пузырьками электролитического

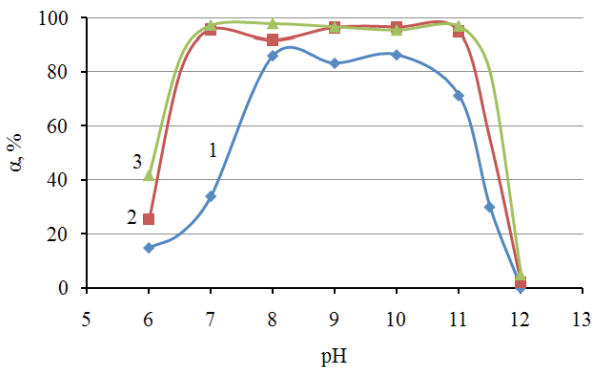


Рис. 4. Зависимость степени электрофлотационного извлечения α частиц дисперсной фазы Cu от pH раствора, содержащего 1 г/л Na_2SO_4 . Продолжительность процесса очистки: 1. – 2 мин; 2. – 5 мин; 3. – 10 мин.

Fig. 4. Dependence of Cu disperse phase particles electroflotation extraction degree (α) on solution pH, containing 1 g/l Na_2SO_4 . Duration of clearing process: 1. – 2 min; 2. – 5 min; 3. – 10 min

газа. Визуально заметного укрупнения (коагуляции) частиц также не наблюдается. Извлечение дисперсной фазы крайне затруднено.

Следует отметить, что в интервале pH 10 – 12 через 10 минут после начала процесса цвет пенного слоя меняется с голубого на изумрудный (pH 10) и буро-зелёный (pH 11, 12). При pH 12 частицы дисперсной фазы полностью меняют цвет с голубого на буро-зелёный в процессе флотации. По всей видимости, смена цвета пенного слоя и частиц дисперсной фазы в сильнощелочной среде обусловлена воздействием анодного кислорода на дисперсную фазу меди, в результате чего происходит частичное окисление соединений Cu (II) до Cu (III), имеющих характерную бурю окрасу, в том числе с образованием оксида меди (III) Cu_2O_3 [4, 5]. Переход частиц дисперсной фазы из пенного слоя в раствор при pH 10 и 11 через 15 - 20 минут после начала процесса очистки, по всей видимости, обусловлен накоплением анодного кислорода в пенном слое, что, как отмечено выше, приводит к частичной смене природы дисперсной фазы и, как результат, разрушению пенного слоя.

Анализ и сопоставление полученных данных (табл. 2) позволил выделить основные факторы, оказывающие максимальное влияние на полноту и эффективность процесса электрофлотационного извлечения труднорастворимых соединений меди в присутствии OH^- иона в качестве иона-осадителя в зависимости от pH раствора.

Табл. 2. Влияние размера и ζ - потенциала частиц труднорастворимых соединений Cu на их электрофлотационную активность (α) в зависимости от pH раствора, содержащего 1 г/л Na_2SO_4 .

Table 2. Influence of size and ζ - potential of hard soluble particles of Cu compositions on their electroflotation activity (α) depending on solution pH, containing 1 g/l Na_2SO_4

Параметр Parameter	pH						
	6	7	8	9	10	11	12
$d_{ср}$, мкм $d_{ав}$, μm	33	50	47	45	39	35	23
< 10 мкм, %* < 10 μm , %	3,8	2,4	2,8	2,6	4,2	4,3	13,1
ζ , мВ, mV	-17	-17	-12	-13	-16	-19	-29
α , % τ 2 мин, min	15	34	86	86	83	71,3	0
α , % τ 10 мин, min	41	95	98	96	95	95	<10

*содержание частиц (% от общего количества) с размером менее 10 мкм
quantity of particles (% from total) with a size less than 10 microns

Как было показано выше, при рН 6 электрофлотационное извлечение частиц дисперсной фазы протекает со значительными затруднениями, что, по всей видимости, связано с высоким отрицательным зарядом ($\zeta = -17$ мВ) и небольшим средним гидродинамическим диаметром частиц дисперсной фазы.

При рН 7 заряд частиц дисперсной фазы соответствует заряду частиц при рН 6. В то же время, при рН 7 максимальная степень извлечения достигает 95%, что более чем на 54% превышает максимальную степень извлечения при рН 6, что, по всей видимости, объясняется максимальным размером частиц дисперсной фазы. В то же время, на начальном этапе процесса электрофлотационного извлечения ($t = 2 \div 5$ мин), наблюдается незначительное торможение, вызванное, по всей вероятности, высоким отрицательным зарядом частиц.

Установлено, что электрофлотационный процесс протекает с максимальной полнотой и эффективностью в интервале рН 8 – 9, $\alpha_{\text{макс}}$ достигает значений 98 – 96%, соответственно, и практически не меняется на протяжении всего процесса (20 мин). Это можно объяснить совместным влиянием двух факторов: 1. ζ -потенциал частиц дисперсной фазы более положительный, чем в интервале рН 6 – 7 и составляет -11,6 – -12,5 мВ; 2. размер частиц дисперсной фазы уменьшается незначительно по сравнению с $d_{\text{ср}}$ в растворе с рН 7 и составляет 47 и 45 мкм, соответственно.

Повышение рН раствора до 10 – 11 приводит к уменьшению значений электрокинетического потенциала до -16 – -19 мВ и снижению среднего гидродинамического диаметра частиц до 39 – 35 мкм, что соответствует значениям ζ и $d_{\text{ср}}$ в растворе с рН 6. В то же время, максимальная степень извлечения практически не отличается от значений $\alpha_{\text{макс}}$ в растворах с рН 8 и 9, что может быть вызвано различиями в протекании анодных реакций выделения кислорода в нейтральной и щелочной средах. Снижение значений α после 10 минут процесса, как было отмечено выше, может быть связано с переходом частиц дисперсной фазы из пенного слоя в раствор.

При рН 12 извлечение частиц дисперсной фазы крайне затруднено, что, по всей вероятности, обусловлено двумя факторами: частицы обладают минимальным размером ($d_{\text{ср}} = 23$ мкм) и зарядом ($\zeta = -29$ мВ). Увеличение электропроводности по сравнению с растворами с меньшими значениями рН не приводит к повышению эффективности процесса очистки.

Заключение

Проведённые исследования показали, что выбор рН процесса электрофлотационной очист-

ки сточных вод от труднорастворимых соединений меди на основе данных об их растворимости не является оптимальным. Установлено, что полнота и эффективность процесса очистки зависит от размера и заряда частиц дисперсной фазы меди. Определено, что в области сильнощелочных значений рН растворов увеличение продолжительности процесса (более 10 минут) с целью повышения эффективности очистки недопустимо в силу изменения природы дисперсной фазы и последующего разрушения пенного слоя. Полученные данные важны для понимания механизма протекания процесса электрофлотационной очистки и представляют практический интерес для процессов очистки и утилизации медь содержащих промышленных сточных вод.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 - 2013 годы".

Литература

1. Справочник химика, т. III. Л.: Химия, 1969. 1008с.
2. Электрофлотационная технология очистки сточных вод промышленных предприятий. / В.А. Колесников, В.И. Ильин, Ю.И. Капустин [и др.]/ [под ред. В.А. Колесникова]. М.: Химия, 2007. - 304с.
3. Колесников В.А. Электрофлотационная технология и аппараты для извлечения ионов тяжёлых металлов и органических загрязнителей из жидких отходов электрохимических производств с утилизацией ценных компонентов: Дис. на соиск. учёной степени доктора технических наук. – М., 1993. – 470 с.
4. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина.- 5-е изд., стер. – М.: Колос -С, 2006. – 480 с.
5. Физико-химические свойства окислов. Справочник. [под ред. Г.В. Самсонова]. М.: Металлургия, 1978. – 472 с.

Бродский Владимир Александрович, аспирант, кафедра ТЭП РХТУ им. Д.И. Менделеева, 125047, Россия, Москва, Миусская пл. д. 9, тел. 8(499)978-61-70, 8(916)207-71-99, E-mail: vladimir_brodsky@mail.ru

Brodskiy Vladimir, postgraduate student,
Electrochemical eng. Dept., D. Mendeleev
University, 125047, Russia, Moscow, Miusskaya
sqv. 9, tel. 8(499)978-61-70, 8(916)207-71-99, E-
mail: vladimir_brodsky@mail.ru

Колесников Владимир Александрович, д.т.н., профессор, ректор, тел. 8(499)978-61-70, E-mail: rector@muctr.ru

Kolesnikov Vladimir, Doctor of Technical
Science, Professor, Rector, D. Mendeleev
University, tel. 8(499)978-61-70, E-mail: rector@
muctr.ru



ЗАО «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 620.1.08

Статья обзорного характера

Методы и приборы измерения толщины гальванических покрытий. Вопросы применения и обеспечения достоверности результатов измерений

Сясько В.А.

Ключевые слова: гальваническое покрытие; толщина; толщиномер; измерение; погрешность измерения

В статье рассмотрены основные методы и приборы измерения толщины гальванических покрытий всех типов. Выполнен анализ основных факторов, определяющих применимость и метрологические характеристики толщиномеров защитных металлических покрытий и достоверность результатов измерений с их использованием в условиях гальванических производств.

Methods and Devices for the Measurement of Coating Thickness. Problems Related with the Application and Reliability of the Results of Measurements

Syasko V.A.

Key words: electrodeposited coating; thickness; thickness gauge; measurement; measurement error

Electrodeposited coatings of the wide nomenclature are one of the most widespread in machine and instrument-making manufacture. Practically in all standard documents the indispensable requirement to ensure certain thickness of coatings for successful application of products, from large-sized to the miniature is put. Thus technological tolerances become tougher. In this paper physical principles and problems of application of thickness meters implementing coulometric and spherical abrasion methods are considered, principles of carrying out of measurements, questions of optimal usage are described, examples of the equipment produced by leading manufacturers and metrological characteristics are given. Also creation principles, physical bases and measurement algorithms for nondestructive electromagnetic thickness meters implement-

ing magneto - inductive, eddy current phase and frequency methods of measurement are considered, examples of produced by foreign equipment and domestic producers are given. Influence of hindering parameters (dispersion of electrical conductivity and magnetic properties of coatings and the bases, roughnesses, the sizes, etc.), and also methods of their suppression is considered. It is shown that possibility of measurement of all types of coatings is based on complex applications of the considered equipment, and reliability of results can be reached only by creation metrologically the provided measuring system of gages which are including instruments, measuring transducers, techniques of their application and reference samples a coating/base metal by manufacture, maintenance and checking.

Гальванические покрытия являются одними из наиболее распространенных в машино- и приборостроительных производствах. Их основное назначение – обеспечение антикоррозионных, декоративных, износостойких, антифрикционных и др. специальных свойств изделий из черных и цветных металлов. Одним из основных параметров качества покрытия является значение его толщины T . Практически во всех нормативных документах ставится обязательное условие гарантированного обеспечения заданного T для успешного применения изделий в условиях агрессивных сред, при трении и взаимодействии с абразивными материалами. В современных условиях ряд используемых материалов имеет все более возрастающую стоимость, поэтому ужесточение технологических допусков и снижение погрешностей измерений при гарантированном обеспечении требуемой величины T позволяет обеспечить существенную экономию материальных и финансовых ресурсов.

Анализ применимости тех или иных методов измерения толщины гальванических покрытий требует выделить параметры, характеризующие покрытия и основу. Материал покрытий характеризуется следующими основными параметрами:

- относительная магнитная проницаемость μ , безразмерная величина, характеризующая магнитные свойства;

- удельная электропроводность σ_n , МСм/м;

- твердость H_c или микротвердость H_v , характеризующие возможность изменения толщины покрытия в момент прижатия преобразователя к его поверхности при измерении электронными приборами или с использованием механических устройств;

- однослойное или многослойное, в предположении, что слои имеют отличающиеся μ , σ и H_c ;

- плотность ρ , кг/м³;

- шероховатость R_a , мкм, характеризующая качество поверхности, и ее разброс по поверхности изделия или от изделия к изделию в пределах контролируемой партии;

- температура t и ее градиент по поверхности покрытия изделия или от изделия к изделию в пределах контролируемой партии, т.к. это будет вызывать изменение μ , σ и H_c покрытия и изделия и, соответственно, приводить к погрешности измерений.

В свою очередь можно выделить параметры, характеризующие материал основы (изделия или конструкции):

- относительная магнитная проницаемость μ и ее разброс по поверхности изделия или от изделия к изделию в пределах контролируемой партии;

- удельная электропроводность $\sigma_{\text{осн}}$ и ее разброс по поверхности изделия или от изделия к изделию в пределах контролируемой партии (например, разброс электропроводности латунных изделий одной марки может достигать $\pm 10\%$);

- геометрические размеры изделия или зоны контроля – длина и ширина (мм x мм), для плоских изделий;

- радиус r (внутренний или наружный), мм, в зоне контроля для цилиндрических и сферических изделий;

- шероховатость R_a , мкм, характеризующая качество поверхности, и ее разброс по поверхности изделия или от изделия к изделию в пределах контролируемой партии;

- габариты: миниатюрные (размер которых меньше зоны контроля преобразователя), малогабаритные (размер которых сопоставим с зоной контроля преобразователя), среднеразмерные (для контроля которых необходимо провести несколько измерений с нормированным шагом на поверхности, не требующие создания карты контроля), крупногабаритные (характеризующиеся необходимостью проведения большого числа измерений с нормированным шагом на поверхности, требующие создания карты контроля).

На основании выделенных параметров, характеризующих покрытия и основы, можно сформулировать задачи контроля толщины гальванических покрытий и дать примеры этих задач в промышленности.

1) Ферромагнитные электропроводные покрытия на электропроводных ферромагнитных основаниях. К данной группе задач относится измерение толщины электролитического никеля на изделиях из черных металлов.

2) Неферромагнитные электропроводные покрытия на электропроводных ферромагнитных основаниях. К данной группе задач относится измерение толщины большинства гальванических покрытий (хром, цинк, медь и др.), углепластиков, лакирующих покрытий на изделиях из черных металлов.

3) Ферромагнитные электропроводные покрытия на электропроводных неферромагнитных основаниях. К данной группе задач относится измерение толщины электролитического никеля на изделиях из цветных металлов.

4) Неферромагнитные электропроводные покрытия на электропроводных неферромагнитных основаниях. К данной группе задач относится измерение толщины оловянных и медных покрытий на цветных металлах и др.

В настоящее время для контроля толщины гальванических покрытий разработано достаточно много методов разрушающего и неразру-

шающего контроля, основанных на различных физических принципах. Рассмотрим современное состояние основных из этих методов, особенности комплексного применения приборов, реализующих их и вопросы обеспечения достоверности результатов измерения.

Кулонометрический метод измерения толщины покрытий основан на анодном растворении покрытия и фиксации времени, требуемого для его растворения. Момент окончания растворения определяется по скачкообразному изменению потенциала. Связь между толщиной T и площадью удаляемого покрытия, его характеристиками, силой тока и временем, необходимым для его растворения описывается выражением:

$$T = (a/Sp)It, \quad (1)$$

где a , ρ - электрохимический эквивалент и плотность металла покрытия, соответственно; S - площадь зоны травления; I - сила тока в течение всего измерения; t - время с момента включения тока до скачкообразного изменения потенциала. Площадь зоны измерения определяется диаметром уплотнительного кольца измерительной ячейки и является постоянной величиной. В этом случае при постоянной величине I ,

$$T = h_t t, \quad (2)$$

где h_t - толщина слоя, снимаемая в заданном режиме за единицу времени (скорость травления).

На рис. 1 изображено схематическое представление кулонометрического метода измерения.

Для обеспечения постоянных условий измерения электролит в измерительной ячейке должен непрерывно перемешиваться. При протекании тока I через измерительную ячейку потенциал E остается практически постоянным до момента, когда покрытие полностью разрушится. В момент разрушения происходит "скачок потен-



Рис. 1. Схематическое представление кулонометрического метода измерения и изменения потенциала.

Fig.1. Block representation coulometric measurement method

циала". Засекая время между скачками потенциала, можно рассчитать толщину каждого из слоев многослойных покрытий.

В связи с тем, что в данном методе осуществляются косвенные измерения, для градуировки применяют меры толщины покрытий, представляющие собой сочетание покрытий и оснований, изготовленных из материалов, для которых предназначен конкретный толщиномер покрытий. При этом обычно достаточно, чтобы меры воспроизводили лишь одну из комбинаций материалов покрытий и оснований. По своей природе кулонометрический метод является разрушающим, но при малой разрушаемой площади, надлежащем выборе мест измерений на крупных изделиях или использовании образцов свидетелей этот недостаток преодолим. Для случаев, когда разрушение покрытия на изделиях недопустимо, разработаны кулонометрические толщиномеры с возможностью восстановления гальванического покрытия. Для восстановления гальванического покрытия на изделии после проведения измерений в измерительной ячейке заменяют электролит, меняют полярность электрода и пропускают ток в течение требуемого времени. Суммарное время измерения толщины покрытия и его восстановления при этом возрастает примерно в 2-2,5 раза [1].

К основным достоинствам кулонометрического метода измерения толщины металлических покрытий можно отнести:

- независимость от технологии нанесения покрытий;
- независимость от состава электролитов;
- низкая чувствительность к изменению геометрии поверхности;
- возможность измерения большой номенклатуры однослойных и многослойных металлических покрытий в диапазоне от 50 нм до 75-100 мкм;
- малый диаметр зоны измерения (от 0,25 мм).

К недостаткам кулонометрического метода можно отнести:

- достаточно большую абсолютную погрешность измерения ΔT , которая составляет $\pm [(0,05 \div 0,07)T + 0,5]$ мкм;
- сложную методику проведения измерений и сложное дорогостоящее оборудование;
- необходимость использовать электролиты;
- возможность только выборочного контроля в лабораторных условиях.

Кулонометрические толщиномеры представляют интерес при отладке и поддержании на соответствующем уровне технологий нанесения покрытий (особенно малой толщины) в условиях массовых производств.

Кулонометрические толщиномеры выпускают ряд фирм. Ведущие позиции занимают

фирмы *Helmut Fischer u ElektroPhysik*, серийно выпускающие приборы *Couloscope CMS* (рис. 2) и *GalvanoTest*, соответственно.



а)



б)

Рис. 2. Внешний вид толщиномера Couloscope CMS с принадлежностями (а) и измерительная ячейка в штативе при проведении измерений (б).

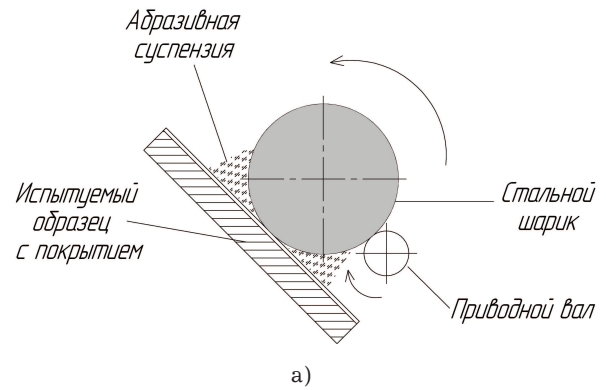
Fig.2. Appearance of thickness meter Couloscope CMS with accessories (a) and the transducer (a measuring cell) in a mount at carrying out of measurements (b)

Приборы имеют близкие характеристики и предназначены для измерения большой номенклатуры покрытий в соответствии с более чем семьюдесятью технологическими процессами их нанесения. Минимальный диаметр зоны измерения 0,56 мм. Скорость снятия покрытий от 0,3 до 40 мкм/мин.

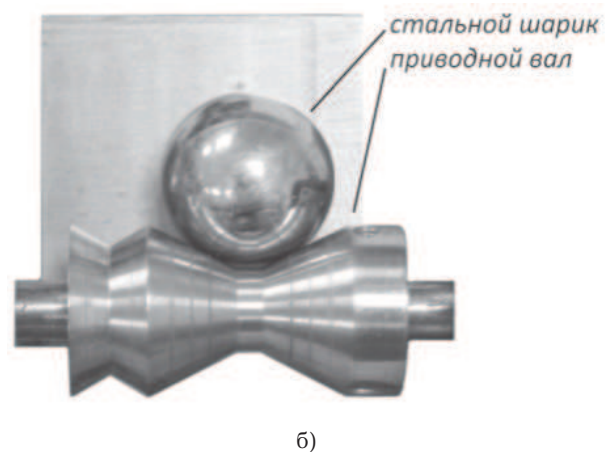
Метод расчета толщины покрытий шаровым истиранием основан на измерении размеров сферического отпечатка, возникающего при микроабразивном истирании под воздействия вращающегося стального шарика [2].

На рис. 3 изображены схема и внешний вид толщиномера, реализующего метод шарового истирания.

Стальной гладкий шарик имеет две точки опоры – на вращающийся приводной вал и на плоскость образца с покрытием. Нагрузка в зоне контактного трения определяется массой ша-



а)



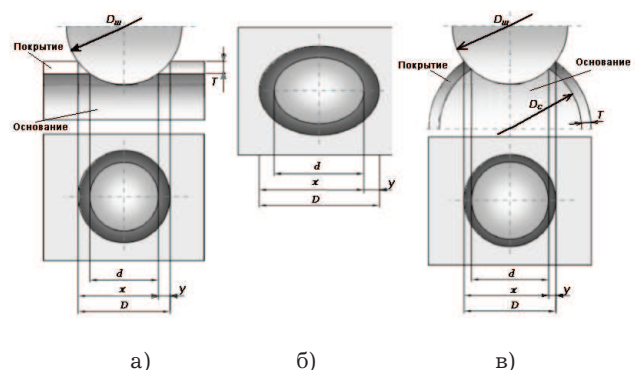
б)

Рис. 3. Схема (а) и внешний вид (б) толщиномера шарового истирания.

Fig. 3. The circuit (a) and appearance (b) the spherical abrasion thickness meter

рика и углом наклона образца к горизонту. Износ обеспечивается присутствием абразивной суспензии, содержащей взвешенные в воде микронные частички SiC, алмаза и др.

В зоне контакта образуется кратер с зоной износа покрытия и зоной износа основания (рис. 4).



а)

б)

в)

Рис. 4. Внешний вид кратера износа: а) плоского образца, б) цилиндрического образца, в) сферического образца.

Fig.4. Appearance of a wear crater: (a) flat specimen; (б) cylindrical specimen; (в) spherical specimen

По измеренным геометрическим характеристикам зон в соответствии с обозначениями рассчитывается T . Для плоских и цилиндрических изделий:

$$T = (D^2 - d^2)/4D_{\text{ш}} \approx xy/D_{\text{ш}} \quad (3)$$

Для сферических изделий:

$$T = xy/(1/D_c - 1/D_{\text{ш}}) \quad (4)$$

Погрешность измерения линейных размеров миллиметрового диапазона современных инструментальных измерительных микроскопов, сопрягаемых с компьютерами, составляет порядка $\pm (1 \div 2)$ мкм, что обеспечивает погрешность ΔT вычисления толщины порядка $\pm (0,01T + 0,1)$ мкм в диапазоне измерения от 1-2 до 80 мкм.

К достоинствам метода можно отнести:

- независимость результатов от физико-химических свойств покрытия и основания;
- высокую точность в широком диапазоне измеряемых толщин покрытий;
- отсутствие необходимости калибровки;
- простую методику проведения измерений;
- возможность измерения толщин многослойных покрытий.

К недостаткам метода можно отнести:

- относительно трудоемкий процесс измерения;
- разрушение покрытия в зоне измерения;
- необходимость использования инструментального измерительного микроскопа;
- необходимость проведения измерений в условиях, близких к лабораторным.

Метод шарового истирания целесообразно использовать в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую точность измерения, в том числе на сложнопрофильных серийных изделиях при отладке технологических процессов, а также для аттестации эталонных образцов гальванических покрытий всех типов, впоследствии используемых для поверки и калибровки электромагнитных толщиномеров. Толщиномеры шарового истирания выпускают фирмы CSM instruments (приборы *Calotest* и *Calowear*) и *Константа* (прибор *Константа-Ш1*). Приборы имеют удобную в эксплуатации конструкцию, большое число приспособлений и оснасток, комплектуются твердосплавными шариками диаметром от 10 до 40 мм. Время абразивного истирания покрытий составляет от нескольких секунд до 15 мин.

Магнитоиндукционный метод измерения толщины ферромагнитных покрытий на изделиях из ферромагнитных металлов основан на способности изменения магнитных свойств фер-

ромагнитных металлов под воздействием внешнего магнитного поля и, в свою очередь, изменении характеристик этого магнитного поля в объеме чувствительного элемента измерительного преобразователя [3]. Структурная схема чувствительного элемента магнитоиндукционного преобразователя представлена на рис. 5.

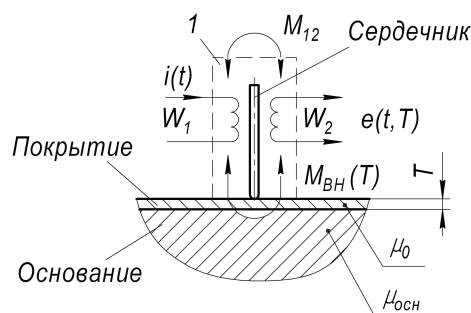


Рис. 5. Структурная схема чувствительного элемента магнитоиндукционного преобразователя.

Fig. 5. The sensitive element scheme of the magneto-inductive transducer

Чувствительный элемент имеет в своём составе, в общем случае, намотанные на сердечник из ферромагнитного материала возбуждающую W_1 и измерительную W_2 обмотки, коэффициент взаимной индукции между которыми при $T = \infty$ равен M_{12} . Величина M_{12} определяется геометрическими характеристиками обмоток и сердечника, а также относительной магнитной проницаемостью μ_c сердечника. Если при $T = \infty$ первичную обмотку запитать изменяющимся во времени возбуждающим током $i(t)$, то на вторичной обмотке наведётся ЭДС $e(t, T = \infty)$, величина которой будет пропорциональна M_{12} . Традиционно в магнитоиндукционных толщиномерах используется гармонический ток возбуждения $i(t) = I_0 \sin(2\pi f t)$, где I_0 – амплитуда тока, f – его частота. В большинстве случаев частота f выбирается в диапазоне до 50 Гц для практически полного исключения влияния вихревых токов, возникающих в электропроводных покрытиях, основании и элементах конструкции преобразователя, на результаты измерения.

В случае приближения чувствительного элемента к ферромагнитному основанию увеличивается вносимый коэффициент взаимной индукции $M_{\text{BH}}(T)$, величина которого обратно пропорциональна T и пропорциональна относительной магнитной проницаемости $\mu_{\text{осн}}$ основания. В качестве первичного информативного параметра при этом выбирается амплитуда ЭДС $e(t, T)$, наводимой на обмотке W_2 , в зависимости от толщины покрытия T :

$$e(t, T) = -(M_{12} + M_{\text{BH}}(T))(di(t)/dt) \quad (5)$$

Измерительные преобразователи выпускаются в двух исполнениях – карандашного типа (рис. 6, а) и с внешним подпружиненным установочным корпусом (рис. 6, б).

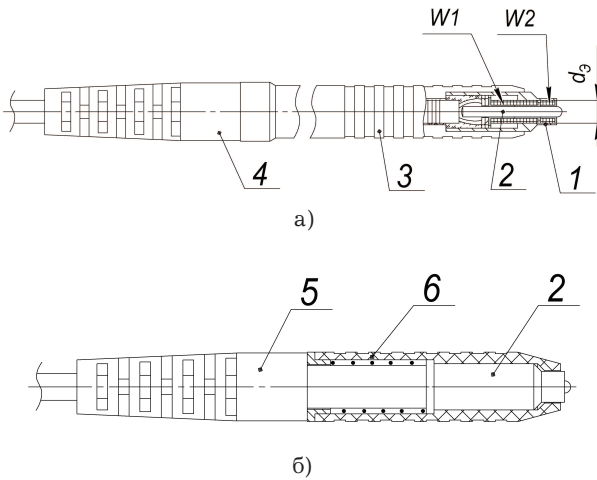


Рис. 6. Магнитоиндукционные преобразователи карандашного типа (а) и с подпружиненным установочным корпусом (б): W_1, W_2 – возбуждающая и измерительная обмотки; 1 – корпус – ферромагнитный экран; 2 – сердечник; 3 – наружный корпус; 4, 5 – кабельный ввод; 6 – внешний подпружиненный корпус.

Fig. 6. Magneto-inductive transducer of pencil type (а) and with the installation case (б): W_1, W_2 – exciting and measuring windings; 1 – the case – the ferromagnetic screen; 2 – the core; 3 – the external case; 4, 5 – cable entry; 6 – exterior of the case

Применительно к задачам измерения толщины гальванических покрытий, в том числе на малоразмерных изделиях, метрологические характеристики и долговечность преобразователей определяют следующие параметры. Диаметр ферромагнитного экрана d_s определяет диаметр зоны измерения – способность проводить измерения на малоразмерных изделиях и на изделиях малого радиуса. Чем меньше диаметр зоны измерения, тем меньше дополнительная погрешность, обусловленная изменением радиуса кривизны поверхности изделия. У лучших преобразователей d_s 2,5÷4 мм. Сердечник должен изготавливаться из легированных сталей с твердостью HRC > 60 и обязательно покрываться хромом толщиной 5÷10 мкм. Это обеспечивает малую истираемость контактной поверхности в процессе эксплуатации. Контактная поверхность сердечника должна быть сферическая, ее диаметр должен быть равен диаметру сердечника. При этом будет обеспечена симметричность магнитной системы и возможность проведения измерений без дополнительной погрешности при отклонении оси преобразователя от нормали к поверхности на угол до 7°.

Преобразователь карандашного типа оптимален при измерении покрытий на сложнопрофильных малоразмерных деталях. Преобразователь с внешним подпружиненным установочным корпусом удобен при проведении измерений на плоских и цилиндрических изделиях.

Метод применим для измерения толщины практически всех металлических покрытий на сталях, в том числе и на слаболегированных нержавеющей сталях, а так же для измерения толщины электролитического никеля на цветных металлах.

Основным достоинством магнитоиндукционного метода является независимость результата измерения от электропроводности и химического состава покрытия. Основным недостатком магнитоиндукционного метода является то, что чувствительность к мешающему параметру (изменению зазора) и чувствительность к измеряемому параметру (изменению толщины металлического покрытия) одинакова. Это обстоятельство накладывает на объект измерения некоторые требования: шероховатость поверхности изделия при измерении малых толщин металлических покрытий по возможности не должна превышать R_a 1,6 мкм и на изделии в зоне измерения не должно быть резких изменений кривизны поверхности.

При выполнении условий по шероховатости поверхности изделия абсолютная погрешность измерения составляет $\Delta T \leq \pm [(0,01 - 0,02)T + 1]$ мкм в диапазоне измерения от 1 мкм до 2 мм. Влияние радиуса кривизны поверхности на результат измерения устраняется путем калибровки преобразователя на изделии без покрытия или эквивалентном ему образце.

Магнитоиндукционный метод измерения оптимален для измерения большинства металлических покрытий (Zn, Cr, Zn-Ni, Zn-Fe, Zn-Co и др.) на стальных изделиях с хорошо подготовленной поверхностью, линейные размеры которых больше или сопоставимы с диаметром зоны измерения преобразователей. Изготовление специальных оснасток, обеспечивающих повторяемость установки преобразователя на изделии, а также калибровка, позволяют использовать этот метод для измерения толщины покрытий на малоразмерных изделиях или изделиях сложной формы. Отсутствие воздействия на покрытие, простота и высокая скорость проведения измерений обеспечивают эффективное использование данного метода в условиях гальванических производств.

Ведущие позиции среди производителей магнитоиндукционных толщиномеров гальванических покрытий занимают следующие фирмы: *ElectroPhysik* (приборы серии *Minitest*), *Phynix* (прибор *Surfix-Pro S*), *Helmut Fischer* (приборы

серии FMP), List Magnetik (прибор Mega-Check), Константа (прибор Константа К6 гальванический), Elcometer (прибор 345). В комплект поставки могут входить преобразователи общего и специального назначения для измерения толщин гальванических покрытий на изделиях с хорошо подготовленной поверхностью в диапазоне от 1 мкм до $300 \div 2000$ мкм с $\Delta T \leq \pm [(0,01 \dots 0,03)T + 1]$ мкм в лабораторных и цеховых условиях.

Вихрековые методы измерения толщины металлических покрытий основаны на анализе взаимодействия собственного высокочастотного электромагнитного поля вихрекового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в объекте контроля (покрытии и основании) и зависящих от электрофизических и геометрических параметров основного металла и покрытия [3].

Возможность измерения вихрековыми методами поясняется рис. 7, на котором представлено электропроводное покрытие толщиной T_p и электропроводностью σ_p , на электропроводном (ферро- или неферромагнитном) основании электропроводностью $\sigma_{осн}$ в зоне вихревых токов.

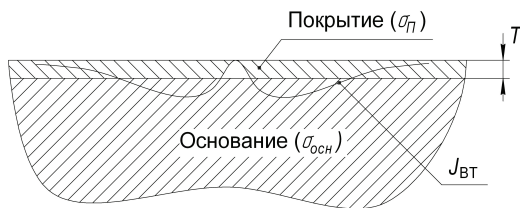


Рис. 7. Распространение вихревых токов в электропроводном неферромагнитном покрытии и электропроводном неферромагнитном основании.

Fig. 7. Propagation of eddy current to an electro conductive nonferromagnetic coating and the electro conductive nonferromagnetic base

Вихревые токи $J_{вт}$, индуцированные в объекте контроля, распространяются как в покрытии, так и в основании. Вихревые токи в каждом слое оказывают свое, отличное друг от друга, влияние на результирующее магнитное поле системы преобразователь - объект контроля. Можно говорить о некотором интегральном значении электропроводности $\sigma_{и}$ объекта контроля в объеме распространения вихревых токов, изменяющемся в зависимости от толщины покрытия T . Так, если $T = 0$, то $\sigma_{и} = \sigma_{осн}$. При увеличении толщины покрытия от нуля до значения $T = \infty$, интегральная электропроводность объекта контроля будет изменяться от $\sigma_{осн}$ до σ_p .

В настоящее время на практике широко применяются следующие вихрековые методы измерения:

- вихрековый частотный (параметрический) метод;
- вихрековый фазовый метод;
- вихрековый амплитудно-фазовый метод.

Чувствительный элемент вихрекового частотного преобразователя содержит одну намотанную на ферритовый стержень обмотку W , включенную в контур автогенератора, частота на выходе $f(T)$ которого зависит от толщины покрытия T (рис. 8, а).

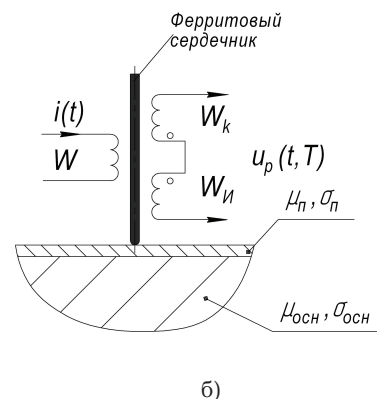
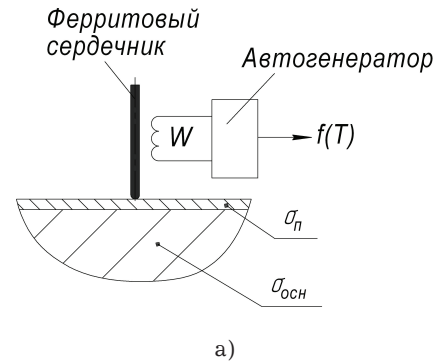


Рис. 8. Структурная схема чувствительных элементов автогенераторного вихрекового частотного преобразователя (а), фазового и амплитудно – фазового преобразователей (б).

Fig. 8. The scheme of sensitive elements autogenerating eddy current the frequency transducer (а), phase also amplitude – phase transducers (b)

Данный метод позволяет производить измерение толщины неферромагнитных электропроводных покрытий на изделиях из цветных металлов по предварительно снимаемым и записываемым в память преобразователя градуировочным характеристикам для заданных параметров покрытие/основание. Как правило, это задачи измерения толщины меди и покрытий из драгоценных металлов, например, серебром, золотом, платиной, на изделиях из медных сплавов. Достоинством метода является возможность проведения измерений в широком диапазоне соотношений $\sigma_p/\sigma_{осн}$. Недостатки – относительно небольшой

диапазон T (от $1 \div 2$ до $20 - 30$ мкм), сильное влияние зазора, кривизны и шероховатости основания на результаты измерений. Эти обстоятельства накладывают на объект контроля ограничения, аналогичные магнитоиндукционному методу.

При выполнении условий по шероховатости поверхности изделия абсолютная погрешность измерения всех типов гальванических покрытий на цветных металлах обеспечивается на уровне $\Delta T \leq \pm [(0,01 \div 0,03)T + 1]$ мкм в диапазоне до 30 мкм. Влияние радиуса кривизны поверхности на результат измерения устраняется путем установки нуля преобразователя на изделии без покрытия.

Чувствительный элемент вихретоковых фазовых и амплитудно – фазовых преобразователей содержит намотанные на ферритовый сердечник обмотку возбуждения W и дифференциально включенные измерительную W_i и компенсационную W_k обмотки, с выхода которых снимается измерительное разностное напряжение $u_p(t, T)$ (рис. 8, б).

У вихретокового фазового преобразователя фазовый сдвиг $u_p(t, T)$ относительно тока возбуждения $i(t)$ зависит от T и σ_n [4]. Данный метод позволяет производить измерение толщины:

- неферромагнитных электропроводных покрытий на изделиях из черных металлов;
- ферромагнитных электропроводных покрытий на изделиях из черных металлов.

Достоинством метода является возможность проведения измерений в широком диапазоне T с подавлением влияния зазора (или нанесенного поверх металлического покрытия дополнительного диэлектрического покрытия), диаметра и шероховатости основания в широких пределах на результаты измерения. Недостаток – необходимость снятия и хранения градуировочных характеристик по группам покрытие/основание.

У амплитудно – фазового преобразователя амплитуда и фазовый сдвиг $u_p(t, T)$ относительно тока возбуждения $i(t)$ зависят от толщины покрытия T и от мешающих параметров. Данный метод позволяет производить измерение толщины:

- неферромагнитных электропроводных покрытий на изделиях из черных металлов;
- ферромагнитных электропроводных покрытий на изделиях из черных металлов;
- неферромагнитных электропроводных покрытий на электропроводных неферромагнитных основаниях.

Главным достоинством метода является возможность измерения таких толщин покрытий, у которых $\sigma_n < \sigma_{осн}$ с подавлением влияния зазора (или нанесенного дополнительного диэлектрического покрытия), диаметра и шероховатости основания в широких пределах на результаты измерений. Недостаток – необходимость снятия

и хранения градуировочных характеристик по группам покрытие/основание.

Вихретоковые фазовые и амплитудно-фазовые преобразователи позволяют проводить измерения на изделиях с шероховатостью до Ra 15 мкм, а также на малоразмерных деталях. При этом обеспечивается $\Delta T \leq \pm [(0,01 \div 0,03)T + 1]$ мкм в диапазоне от 1 до 200 мкм.

Конструкция вихретоковых преобразователей карандашного типа представлена на рис. 9. Миниатюрное исполнение чувствительных элементов обеспечивает диаметр зоны измерения менее 3 мм, что позволяет проводить измерения на малоразмерных деталях, например, крепеже (рис. 10).

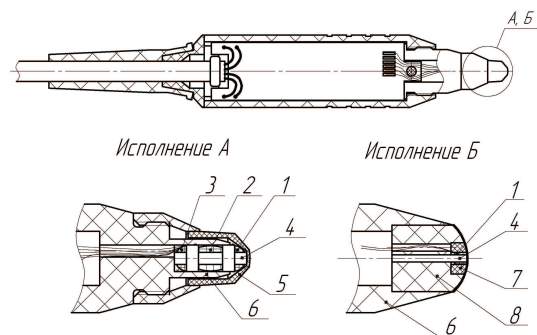


Рис. 9. Вихретоковый преобразователь карандашного типа и чувствительные элементы: фазовый (исполнение А) и частотный (исполнение Б): 1 – обмотка измерительная, 2 – обмотка возбуждения, 3 – обмотка компенсационная, 4 – ферритовый стержень, 5 – защитный колпачок, 6 – корпус, 7 – ферритовое кольцо.

Fig. 9. The eddy current transducer of pencil type and sensitive elements: phase (execution a) and frequency (execution b): 1. – measuring coil; 2. – active coil; 3. – compensating coil; 4. – ferrite rod; 5. – protecting cap; 6. – body; 7. – ferrite ring



Рис. 10. Применение вихретокового фазового преобразователя для измерения толщины гальванических покрытий на крепеже.

Fig. 10. Application eddy current phase transducer for measurement of a thickness of the galvanic coatings on fixture

Вихретоковые методы позволяют решать подавляющее большинство задач измерения толщины металлических покрытий на металлических ферро- и неферромагнитных изделиях. Они позволяют измерять не только физическую толщину покрытия, но также могут дать качественную оценку свойств покрытия, таких как, отклонение химического состава и наличие примесей и пор в покрытии. При комплектовании приборов аттестованными образцами покрытие/основание и методиками измерения существенно упрощается и ускоряется процесс измерения толщины защитных гальванических покрытий на малоразмерных стальных изделиях, повышается точность измерений.

Ведущие позиции среди производителей вихретоковых фазовых толщиномеров занимают фирмы: Helmut Fischer (приборы PHASCOPE PMP10 и PHASCOPE PMP10 Duplex) и Константа (прибор Константа К6 гальванический). В комплект поставки приборов могут входить преобразователи общего и специального назначения для измерения толщин практически всех типов гальванических покрытий в диапазоне от 1÷2 мкм до 30 - 2000 мкм с абсолютной погрешностью $\Delta T \leq \pm [(0,01 \div 0,03)T + 1]$ мкм в лабораторных и цеховых условиях.

Вихретоковые частотные преобразователи для измерения толщины неферромагнитных гальванических покрытий на цветных металлах выпускает фирма Константа (для комплектования прибора Константа К6 гальванический). В комплект поставки могут входить преобразователи специального назначения для измерения толщин гальванических покрытий на изделиях с хорошо подготовленной поверхностью в диапазоне до 30 мкм с абсолютной погрешностью на уровне $\Delta T \leq \pm [(0,01 \div 0,03)T + 1]$ мкм в лабораторных и цеховых условиях.

Внешний вид многофункционального толщиномера гальванических покрытий всех типов Константа К6 с комплектом преобразователей представлен на рис. 11.

Градуировка и поверка преобразователей в составе толщиномеров

Преобразователи в области малых толщин чаще всего градуируются на мерах толщины покрытий из металлических материалов (рабочих эталонах 2-го разряда [5]) в нормальных условиях. В качестве таких эталонов применяют меры толщины покрытий в диапазоне 2 - 1000 мкм. Пределы допускаемых абсолютных погрешностей изготовления и аттестации рабочих эталонов 2-го разряда $\Delta T_{рз} \leq \pm [(0,1 \div 0,3)T + 0,025]$ мкм. В настоящее время для аттестации ступенчатых мер толщины покрытий (представляющих собой



Рис. 11. Внешний вид многофункционального толщиномера гальванических покрытий всех типов Константа К6 с комплектом преобразователей.
Fig. 11. Appearance of the multifunctional thickness meter of the galvanic coatings of all types "Constanta K6" with a set of transducers

металлические диски из материала изделия с нанесенным в центре одной из поверхностей покрытием заданной марки и толщины) чаще всего используют оптиметрический или профилографический методы, обеспечивающие погрешность измерения на уровне $\pm(0,1 \div 0,2)$ мкм в области малых толщин, что допустимо.

Иногда, в силу ряда причин не представляется возможным изготовление металлических мер толщины по [6], так как их характеристики не будут соответствовать реальным. В этой ситуации меры толщины производят из образцов реальной продукции по трудоемкой технологии изготовления шлифов согласно [7] или по методу шарового истирания. В последнем случае погрешность измерения малых толщин, в соответствии с выше изложенным составит $\Delta T_{ш} \leq \pm (0,1 \div 0,3)$ мкм. Метод шара применим также для изготовления рабочих эталонов 2-го разряда. Его преимущество в том, что отсутствуют требования к плоскопараллельности сторон оснований, необходимые в случае использования оптиметров. Физические характеристики материалов мер толщины покрытий и оснований следует выбирать в соответствии с методом измерения, применяемом в конкретном толщиномере.

При изготовлении металлических мер для магнитоиндукционных и вихретоковых фазовых толщиномеров перед нанесением покрытий следует тщательно отобрать полированные стальные основания. Основания должны иметь разброс $\mu_{осн}$, обеспечивающий в диапазоне малых толщин пок-

рытий (1÷5 мкм) разброс показаний «нуля» не более $\pm (0,1 \div 0,3)$ мкм. Меры толщины должны быть размагничены.

При изготовлении металлических мер толщины для вихретоковых частотных и фазовых толщиномеров в качестве оснований часто необходимо использовать цветные металлы, требующие ручной доводки. Основания должны иметь разброс электропроводности $\sigma_{\text{осн}} \leq \pm (0,3 \div 0,5)$ МСм/м. Покрытия необходимо наносить в свежеприготовленном электролите по технологиям, соответствующим применяемым в производстве, где будет эксплуатироваться прибор. В процессах градуировки и поверки следует выдерживать постоянную температуру образцов (20 ± 2) °С, а также обеспечивать возможно минимальный уровень электромагнитных полей.

Выполнение указанных условий изготовления и аттестации эталонных мер толщины и условий градуировки позволит обеспечить $\Delta T \leq \pm (0,01T + 1)$ мкм в области малых толщин в нормальных условиях.

Исследование среднего ресурса металлических мер толщины покрытий путем их многократных измерений магнитоиндукционным толщиномером показало, что до 3000 – 5000 измерений толщина металлических покрытий практически не изменяется.

Поверку толщиномеров желательно проводить на мерах толщины, аналогичных мерам, которые были использованы для их градуировки при изготовлении.

Калибровка и проведение измерений

Согласно [5] толщиномеры калибруют с помощью рабочих средств измерений (РСИ) – мер толщины покрытий с различными сочетаниями материалов оснований и покрытий, сгруппированных по назначению, с пределом допускаемой абсолютной погрешности изготовления $\Delta T_{\text{РСИ}} \leq \pm [(0,2 \div 0,3)T + 0,05]$ мкм.

Для калибровки магнитоиндукционных толщиномеров в области малых толщин часто применяют имитаторы покрытий – пленки из полиэтилентерафталата, накладываемые на образцы изделий без покрытия. Минимальные толщины имитаторов на основе полиэтиленовых пленок составляют порядка 5 – 10 мкм. Отбором пленок можно обеспечить изготовление имитаторов с разбросом не более $\pm 0,3$ мкм толщины по зоне диаметром около 6 – 10 мм. Чтобы исключить влияние износа пленок их необходимо заменять после проведения 30 ÷ 200 измерений (в зависимости от толщины имитатора).

При измерении толщины электропроводящих неферромагнитных покрытий на ферро- и

неферромагнитных основаниях с помощью вихретоковых преобразователей количество мер толщины для калибровки может быть неоправданно большим. В настоящее время ведущие производители решают данную проблему следующим образом. В преобразователь встраивают энергонезависимую память, в которую записывают градуировочные характеристики «покрытие–основание», снимаемые на рабочих эталонах второго разряда. Погрешность ΔT практически аддитивно зависит от влияния параметров основания в области малых толщин и устраняется установкой «нуля» на образце изделия без покрытия [3].

В процессе калибровки и измерений на преобразователь воздействуют практически все мешающие параметры, определяемые свойствами покрытия, основания и условиями внешней среды. С учетом сказанного выше для магнитоиндукционных и вихретоковых фазовых толщиномеров локальный разброс $\mu_{\text{осн}}$ вызывает разброс показаний порядка $\pm (1 \div 3)$ мкм в области малых толщин; изменение температуры на 10 °С может привести к погрешности измерения на уровне $0,5 \div 3$ мкм; износ имитаторов может обусловить неконтролируемую погрешность при калибровке. Для вихретоковых частотных и фазовых толщиномеров большое влияние на результат измерений оказывает разброс $\sigma_{\text{осн}}$ и $\sigma_{\text{п}}$ (возможно до $\pm (1 - 2)$ мкм). Для уменьшения влияния вариаций σ , μ и R_a рекомендуется выполнять калибровку и измерения с усреднением результатов по площади изделия или по партии изделий.

Заключение

Измерение толщин всей номенклатуры гальванических покрытий требует применения приборов, реализующих магнитоиндукционный и вихретоковые фазовые, амплитудно–фазовые и частотные методы измерения. Обеспечение гарантированной достоверности результатов измерения в соответствии с заявленными метрологическими характеристиками требует выполнения ряда условий, описанных выше.

При необходимости изготовления рабочих эталонных образцов оптимально использовать приборы, реализующие метод шарового истирания.

Для проведения ежегодной поверки в области малых толщин покрытий сертифицированные метрологические службы должны быть укомплектованы мерами толщины покрытий требуемых сочетаний материалов покрытий и оснований – рабочими эталонами 2-го разряда, изготавливаемыми по единой технологии согласно конструкторской документации, соответствующей контролируемым объектам с применением разрушающих методов, например шарового истирания.

Выполнение измерений с усреднением по заданной зоне контроля или в пределах определенного количества изделий при указанных мешающих параметрах позволяет получить среднее значение толщины покрытия с подавлением примерно в \sqrt{n} раз разброса показаний, обусловленного мешающими параметрами. При $n = 10 - 15$ можно говорить о возможности проведения измерений технологической толщины металлических покрытий для рассмотренных методов измерения с $\Delta T \leq \pm 2$ мкм в области малых толщин с доверительной вероятностью $P = 0,95 \div 0,99$, что подтверждается опытом эксплуатации описанных выше приборов.

Перед началом эксплуатации необходимо провести испытания приборов для определения температурной и временной стабильности их показаний, по результатам которой регламентируется периодичность калибровки при работе в цеховых условиях.

Технологические допуски на толщину покрытия нельзя назначить, исходя из указываемых в рекомендациях по эксплуатации большинства современных толщиномеров $\Delta T \leq \pm (0,01T + 1)$ мкм в области малых толщин, так как они не будут обеспечены с требуемой доверительной вероятностью. При установлении допусков необходимо провести исследование мешающих параметров и учесть их влияние и только после этого разработать методику выполнения измерений и определить необходимую доверительную вероятность для допусков на толщину покрытия.

Список литературы

1. Бабаджанов Л.С., Бабаджанова М.Л. Метрологическое обеспечение измерений толщины покрытий. - М.: «Издательство стандартов», 2004. - 264с.
2. Randall N. Finer particle size allows better coating characterisation with the Calotest // Application Bulletin № 5. URL: <http://www.csm-instruments.com/en/>
3. Потапов А.И., Сясько В.А. Неразрушающие методы и средства контроля толщины покрытий и изделий. / Научное, методическое, справочное пособие. - СПб.: «Гуманитика», 2009. - 904 с.
4. ISO 21968. Non-magnetic metallic coatings on metallic and non-metalleic basis materials - Measurement of coatings thickness - Phase-sensitive eddy-current method.
5. Р 50.2.006-2001. Государственная поверочная схема для средств измерения толщины покрытий в диапазоне от 1 до 20000 мкм. Рекомендации по метрологии.
6. Неразрушающий контроль: Справочник в 7-ми т. /Под ред. В. В. Клюева. Т. 6. Кн. 1. Магнитные методы контроля. М.: Машиностроение, 2003.
7. ГОСТ 9.032-88. Покрытия металлические и неметаллические органические.

Сведения об авторах

Сясько Владимир Александрович - к.т.н.; доцент; Северо-Западный Государственный Заочный Технический Университет; ген. директор ЗАО «Константа», С. - Петербург, ул. Маршала Говорова, д.29 лит. 0, тел. (812) 3722904; тел. (812) 3770742, тел. моб.: (921) 9334343, e-mail: 9334343@ra52rambler.ru; office@constanta.ru.

Syasko V.A. - PhD, ass.prof., North-West State Technical University, director general, "Constanta Co.", St.Peterburg, 29, Marshal Golovanov Str., tel. +7(812) 3722904; +7(812) 3770742, tel.mob.: (921) 9334343, e-mail: 9334343@rambler.ru; office@constanta.ru.

«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.

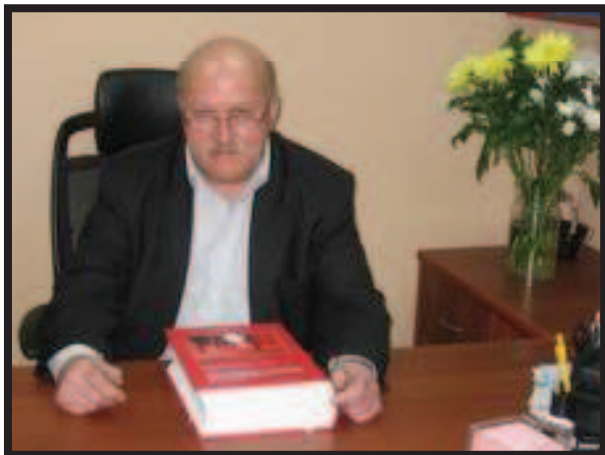
Выбор технологической схемы очистных сооружений определяется жесткими нормативными требованиями региона к качеству сбрасываемой воды. В этих случаях необходимо предусматривать схемы с частичным возвратом воды в производство. Применение бессточных схем, требующих значительных капитальных затрат, целесообразно 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

Памяти Бориса Григорьевича КАРБАСОВА



23 июня 2011г. в расцвете творческих сил безвременно ушел из жизни известный электрохимик, талантливый педагог, крупный изобретатель, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии электрохимических производств Санкт-Петербургского государственного технологического института (Технического Университета) и руководитель компании «КААС» Борис Григорьевич Карбасов.

После окончания Ленинградского технологического института имени Ленсовета по специальности технология электрохимических производств Б.Г. Карбасов работал в должности инженера НИИ Командных приборов. Будучи молодым специалистом, он глубоко и творчески вникал в глубину производственных проблем предприятия и творчески их решал, о чем свидетельствует большое число полученных им авторских свидетельств.

После 1975 года вся научная и педагогическая деятельность Б.Г. Карбасова связана с кафедрой ТЭП ЛТИ имени Ленсовета, где он прошел путь от младшего научного сотрудника до доцента. Все эти годы он успешно занимался научной и педагогической работой и в 1980 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Широк круг научных интересов Бориса Григорьевича, связанных с проблемами электрохимической технологии. Решение многих из них внесли существенный вклад в развитие теоретической и прикладной электрохимии. К наиболее значимым работам можно отнести труды по теории поверхностного сплавообразования, в

которых показано, что электролитические сплавы могут образовываться в результате соосаждения двух металлов, контактного обмена, электролитического внедрения и анодного растворения. Основные положения этой теории нашли успешное применение на практике для улучшения сцепления гальванических покрытий с основой, микролегирования поверхности в химических источниках тока, производстве финишных покрытий печатных плат.

Под руководством Б.Г.Карбасова были созданы новые технологические процессы, к наиболее известным из которых относятся первые и единственные в нашей стране процессы «Иммерсионного золочения», «Иммерсионного серебрения», «Химического палладирования» для производства микроэлектроники и печатных плат, процессы бесцианистого золочения и серебрения, оксидирования серебра и ряд других. Обладая разносторонними и глубокими научно-техническими знаниями, Б.Г.Карбасов щедро делился ими, оказывая всестороннюю помощь научным сотрудникам и технологам отечественных и зарубежных предприятий электрохимического профиля.

Результаты научных и технологических исследований Бориса Григорьевича опубликованы более чем в 80 работах, (в их числе две монографии, три патента, 35 авторских свидетельств на изобретение) в широко известных журналах по электрохимии.

Б.Г.Карбасов обладал и огромным педагогическим даром - умел увлечь аудиторию самыми разнообразными и увлекательными проблемами электрохимии и электрохимической технологии, как бы сложны они не были. Им подготовлено значительное число инженеров электрохимиков и девять кандидатов наук, большинство из которых успешно работают в области электрохимии и всегда находили помощь и поддержку своего наставника.

Большие организаторские способности Б.Г.Карбасова в сочетании с его научным потенциалом привели к созданию группы компаний, занимающихся электрохимией драгоценных металлов. Именно современный и научный подход к решению проблем промышленности позволил коллективу компании под руководством Б.Г.Карбасова создать уникальное предприятие, не имеющее аналогов в отечественной промышленности. Группа компаний «КААС»-«ЭДМ-К1» занимается разработкой и внедрением технологий

финишных покрытий в производстве печатных плат, гальванических покрытий драгоценными металлами, реставрации памятников исторического и культурного наследия, оказывает услуги по гальваническому нанесению покрытий драгоценных металлов на изделия радиотехнической и электротехнической промышленности, печатные платы, ювелирные изделия, культовые, интерьерные и подарочные предметы.

Под руководством Б.Г. Карбасова и по разработанным им технологиям выполнены работы по золочению элементов внешнего и внутреннего декора архитектурных ансамблей Санкт-Петербурга: Смольный Собор, Инженерный замок, Исаакиевский Собор, Константиновский, Мраморный, Таврический дворцы. Цикл работ по реставрации памятников архитектуры Санкт-Петербурга в 2008 году отмечен благодарностью Министерством культуры и массовых коммуникаций за большой вклад в сохранение историко-культурного наследия.

Талантливый ученый и педагог, крупный организатор науки и производства, добрый, щедрый человек – таким он останется в памяти всех, кто его знал.

Коллективы кафедры ТЭП СПбГТИ
и компаний «КААС»-«ЭДМ-К1»

Boris G.Karbasov

Boris G.Karbasov well-known specialist in electrochemistry, famous inventor and scientist, associated professor at St.-Petersburg State Technical University, passed away on June 23, 2011.

B.G.Karbasov graduated from the Department of Electrochemical Engineering, Leningrad Institute of Technology and joined one Leningrad research institutes. Since 1975 he was working at the Dept. of Electrochemical Engineering at this Institute and in 1980 presented his thesis for the degree of Candidate of Sci. Apart from teaching he continued his research, developing a number of new processes, such as immersion gold and silver plating, electroless palladium plating, cyanide-free gold and silver electroplating, oxidation of silver. He published over 80 papers and is an author of 40 patents.

In addition to his work at the University B.G.Karbasov headed a company "KAAS@ which made a lot of gold and silver plating in St.-Petersburg.

Colleagues of B.Karbasov



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 высокостабильный 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



Проблемы с качеством покрытий?

Проблемы с обработкой стоков?

Проблемы с очисткой?

Покупайте
оборудование

SERFILCO!

Вертикальные насосы

Погружные системы фильтрации

Компактные системы фильтрации

Угольные 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

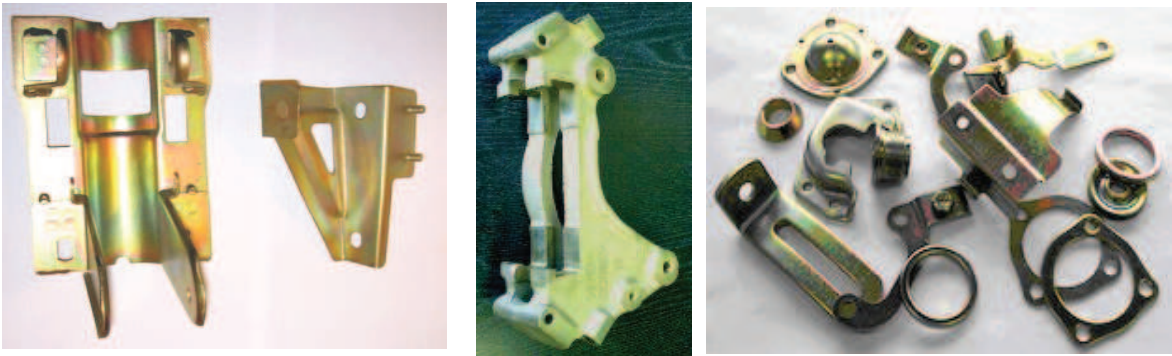
Официальный дилер компании SERFILCO International Ltd., Англия
Тел./факс: (495)968-10-49, (499)259-24-55,
E-Mail: popov@popovconsulting.com
www.serfilcoequipment.popovconsulting.com

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 хромирования 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

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 2-м полугодии 2011 года

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

Группа (шифр)	Дата проведения	Стоимость, руб.
Группа № 19(КГ-19)	10 октября - 14 октября	12800-00
Группа № 20 (КГ-20)	21 ноября - 25 ноября	12800-00

Курсы повышения квалификации специалистов в области аналитического контроля

Группа (шифр)	Дата проведения	Стоимость, руб.
Группа АКГ№ 08 (АКГ-08)	7 ноября - 11 ноября	12500-00

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.

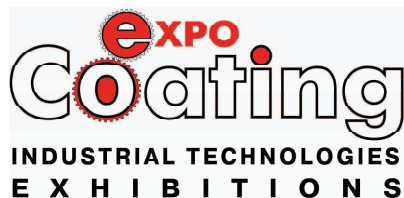
(495) 302-80-00 – Ябурова Галина Алексеевна.

e-mail: mxo@asvt.ru

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

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

Календарь выставок, конференций и семинаров. II полугодие 2011 года и I полугодие 2012 года Exhibitions, Conferences, Seminars



E-mail: coating@primexpo.ru
Web: expocoating.ru
Тел.: +7(812)380-60-17/00
Факс.: +7(812)380-60-01

1. Международная научно-практическая конференция "Покрyтия и обработка поверхности" 25-26 октября 2011 г.

г. Санкт-Петербург, Holiday Inn Московские ворота; г. Санкт-Петербург, тел. +7(812)380-60-17, факс +7(812) 380-60-01, coating@primexpo.ru, Чаплыгина Евгения.г. Москва, тел. +7(499)978-59-90, факс +7(495)609-29-64, gtech@muctr.ru, Кудрявцев В.Н.;

2. 12-е Научно-техническое совещание "Современное оборудование и технологии гальвано-покрытий, очистка сточных вод" 5-6 октября 2011 г., ОАО "Тамбовгальванотехника" г. Тамбов, тел. 8(4752)53-25-03; 53-70-03; факс: 8(4752)55-04-14; e-mail: market@tagat.ru.

3. 10-е Международное научно-практическое совещание (юбилейное) "Оборудование цехов гальванического производства, очистка сточных вод, технологические процессы нанесения покрытий" 16-17 ноября 2011 г., ООО "Гранит" 392036, г. Тамбов, ул. Лаврова, 5, к., тел./факс: 8(4752)72-97-52, E-mail: granit@tamb.ru.

4. 9-я международная выставка и конференция "Покрyтия и обработка поверхности" 28 февраля - 1 марта 2012 г., Москва, СК "Олимпийский";

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: mxo@asvt.ru; www.mmxo.by.ru.

Тел./факс (495) 925-86-00, 742-04-22; (495) 302-80-00 - Ябурова Галина Алексеевна.

Более подробная информация о конференции будет помещена в Интернете на сайте Российского общества гальванотехников: : <http://www.galvanicrus.ru>

КНИГИ Books

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». Электронная версия. Цена - 110 рублей.

Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство.

Под ред. В.Н. Кудрявцева. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. - М.: «Глобус», 2002. - 352 с. Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности». Электронная версия. Цена - 100 рублей.

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». Электронная версия. Цена - 100 рублей.

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

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.

EXPO Coating

INDUSTRIAL TECHNOLOGIES
EXHIBITIONS



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ ПОКРЫТИЯ
И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

25.10 - 26.10 2011

Санкт-Петербург,
Holiday Inn Московские ворота

ПРИГЛАШЕНИЕ

принять участие в Конференции

Для специалистов области покрытий и обработки поверхности очень будет интересно узнать о новых методах и технологиях — 25-26 октября в Санкт-Петербурге пройдет научно-практическая конференция «Покрытия и обработка поверхности. Последние достижения в технологиях, материалах и оборудовании». Организационный комитет конференции: Российское гальваническое общество им. Д.И. Менделеева, Российское общество гальванотехники и специалистов в области обработки поверхности, ООО «ПРИМЭКСПО».

Конференция, в рамках которой состоится доклад заседания, семинары и круглые столы, охватывает обширный комплекс вопросов диверсификации в области гальванотехники и обработки поверхности. В качестве докладчиков выступят ведущие российские и зарубежные специалисты, представители компаний, использующие современные технологии, дилеры, приборы и методы контроля, занимающиеся разработкой новых, перспективных и созданием современного экологически безопасного оборудования и средств покрытий и обработки поверхности.

Делегациям на конференцию в Санкт-Петербурге будет предоставлена возможность подробно ознакомиться с новейшими разработками своих компаний, направленных на повышение конкурентоспособности, улучшить качество и технологические свойства выпускаемой продукции, не пренебрегая применением в производстве с учетом современных экологических требований. Доклады и дискуссии участников конференции позволят, другим российским компаниям, корректировать выпускаемую продукцию.

В частности, участники конференции будут ознакомлены с современным состоянием и перспективами развития отрасли нанесения покрытий и обработки поверхности в России и за рубежом.

Список докладов, включенных в программу Конференции, будет размещен на интернет-сайте
Российского общества гальванотехники на www.dn.kvalitet.ru
и компании «Примекспо» www.primexpo.ru

с разработками в области инновационных технологий, металлических, полимерных и лакокрасочных покрытий, с технологией нанесения полимерных покрытий, с технологиями нанесения металлических покрытий и композиционных покрытий, никелевых и золотых покрытий с упрочняющим эффектом и упрочняющими окислами, с методами получения из стружкообразных растворов титанистых и карбонистых покрытий, с методами выявления и устранения дефектов, со специальными характеристиками трибологичности и экологичности приращенных при реконструкции цехов покрытий и в создании основанной в основном на гальванических процессах оборудования, с новыми способами защиты от коррозионных повреждений и гальванических и лакокрасочных покрытий, с организацией современного производства – высшего качества, с учетом требований ресурсосбережения и экологической безопасности при регенерации растворов в электролитах, очистки сточных вод, обработки и утилизации твердых отходов, с новыми современными выработками и их особенностями, с новыми в электролите и для гальваники.

Организационный
ванос слушателя
конференции.

5990 р.

Организационный
ванос докладчика

9990 р.

Цены указаны без НДС

Продолжительность доклада, включая ответы на вопросы и дискуссии, составит:

30-35 минут

После окончания конференции будет организован круглый стол, где участники конференции смогут получить от докладчиков ответы на возникшие у них вопросы и советы по решению проблем, возникающих на производстве.



Часы работы:
25 октября 10.00 - 18.00
26 октября 10.00 - 18.00

По вопросам выступления с докладом и посещения конференции в качестве слушателя обращаться по адресу:
Кудрявцев Владимир Николаевич. Т.: +7 (499) 978-59-90; Ф. +7 (495) 609-29-64, gtech@muctr.ru
Чалыгина Евгения. Т.: +7 (812) 380-60-17; Ф. +7 (812) 380-60-01, coating@primexpo.ru

Новые решения для Вашего производства

- 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!

MPL - Buffoli Impianti (Италия) проектирует и производит «под ключ» линии для нанесения гальванических покрытий на металлы и пластик в соответствии с нормами охраны окружающей среды. Каждая линия проектируется под определенные требования Заказчика с учетом особенностей производства.



Обработка алюминия и легких сплавов: анодирование, твердое анодирование, полирование, химическое окрашивание и электроокрашивание профилей и арматуры для судостроительной, строительной и машиностроительной промышленности.

Аэрокосмическая промышленность: химическое преобразующее покрытие, оксидирование легких сплавов, химическое травление алюминиевых и титановых конструкций самолетов.

Военная промышленность: различные виды финишных покрытий, в том числе воронение, фосфатирование, анодирование и покрытие с помощью твердого хрома.

Телекоммуникационная, электротехническая и электронная промышленность: линии для нанесения покрытий на соединители, печатные платы, выключатели низкого и высокого напряжения.

Самолетостроительная промышленность: линии для нанесения никель-хромового покрытия (на подложки из латуни, ABS и ЦАМа) гарантируют максимальную производительность с минимальной площадью, необходимой для размещения линии.

Автомобильная промышленность: линии проектируются и разрабатываются в соответствии с техническими условиями автомобильной отрасли.

buffoli
GROUP

MPL - Buffoli Impianti входит в группу компаний Buffoli group

Официальный представитель,
MPL - Buffoli Impianti в РФ

 **Kovintrade**
SLOVENIA

Москва, ул. Мясницкая, 15, офис 4
тел. (495) 363-43-80, факс (495) 363-43-81
e-mail: info@kovintrade.ru <http://www.kovintrade.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
 - хромирование радужное, бесцветное, с голубым оттенком
 - хромирование 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

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

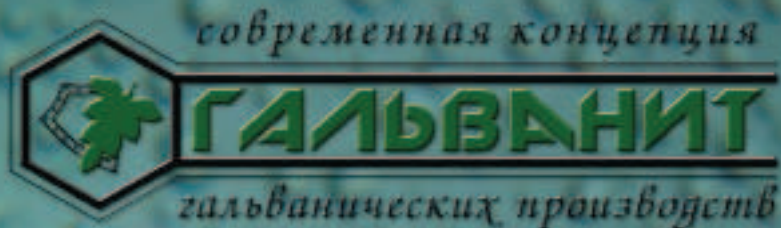
Добавки для травильных растворов **Actane**:

- возможность обезжиривания в ваннах травления
- ускорение снятия окислов 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
Kraffelektronik (Швеция)

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



- Термоизоляционные поплавки из PP и PVDF для укрытия зеркал ванн никелирования, хромирования, обезжиривания, травления, горячих 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. 57)

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. 28)

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" ("Enthone") (стр. 64,65)

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@mtef.ru; www.galvanotechnikleipzig.de

ООО "ГАЛЬВАНОХРОМ" (стр. 62)

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. 34)

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
Факс 0049 (2151)8777-33

Kovintrade SLOVENIA

Официальный представитель **MPL - Buffoli Impianti** в РФ
(стр.62) Москва, ул. Мясницкая, 15, офис 4
тел (495)363-43-80, факс (495)363-43-81
E-mail: info@kovintrade.ru; www.kovintrade.ru

ОАО "ИЖЕВСКИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД "КУПОЛ" (стр. 33)

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. 66)

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

РОПОВ Consulting (стр. 56)

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. 53)

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

ЗАО "РЕГЕНЕРАТОР" (стр. 41)

Москва, ул. Мартеновская 7-51;
тел/факс (495) 777-59-92, р05-70-51, 706-44-28.

РХТУ им. Д.И. Менделеева (стр.29)

125047, Москва, Миусская площадь, д. 9.
тел 8(499)978-59-90

Компания "СОНИС" (стр. 34, 55)

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. 63)

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

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

Журнал «Гальванотехника и обработка поверхности»

К сведению подписчиков!

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

Журнал включен в Объединенный каталог «Пресса России» 2012/1; каталог стран СНГ 2012/1; Каталог Украины 2012/1; адресный каталог «Библиотечный каталог» 2011/1, Интернет каталог 2012/1 Агентство АРЗИ. **Индекс 87867.**

В редакции можно приобрести

Журнал "Гальванотехника и обработка поверхности" и книги	Цена, руб
2012 год (2 номера)	340
2011 год (4 номера)	680
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
Цинкование. Техника и технология. Окулов В.В.	170
Фосфатирование. Григорян Н.С., Акимова Е.Ф., Ваграмян Т.А.	130
Электролитическое хромирование. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н.	130
Экологически безопасное гальваническое производство. (Изд. 2-е, дополн. и перераб.) Электронная версия. Виноградов С.С.	100
Промывные операции в гальваническом производстве. Электронная версия. Виноградов С.С.	100
Организация гальванического производства. Электронная версия. Виноградов С.С.	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-рошинское ОСБ 7981	БИК	044525225
Банк получателя	Сч.№	30101810400000000225
ИНН 7707284783 КПП 770701001	Р/с	40702810838320101984
ООО "Гальванотех"		
Получатель		

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

Заказ № . Тираж 700 экз.

Отпечатано в типографии "Тисо Принт"
г. Москва, ул. Складочная, д.3, стр.6
Тел/факс: (495)504-13-56, Сайт: www.tiso.ru