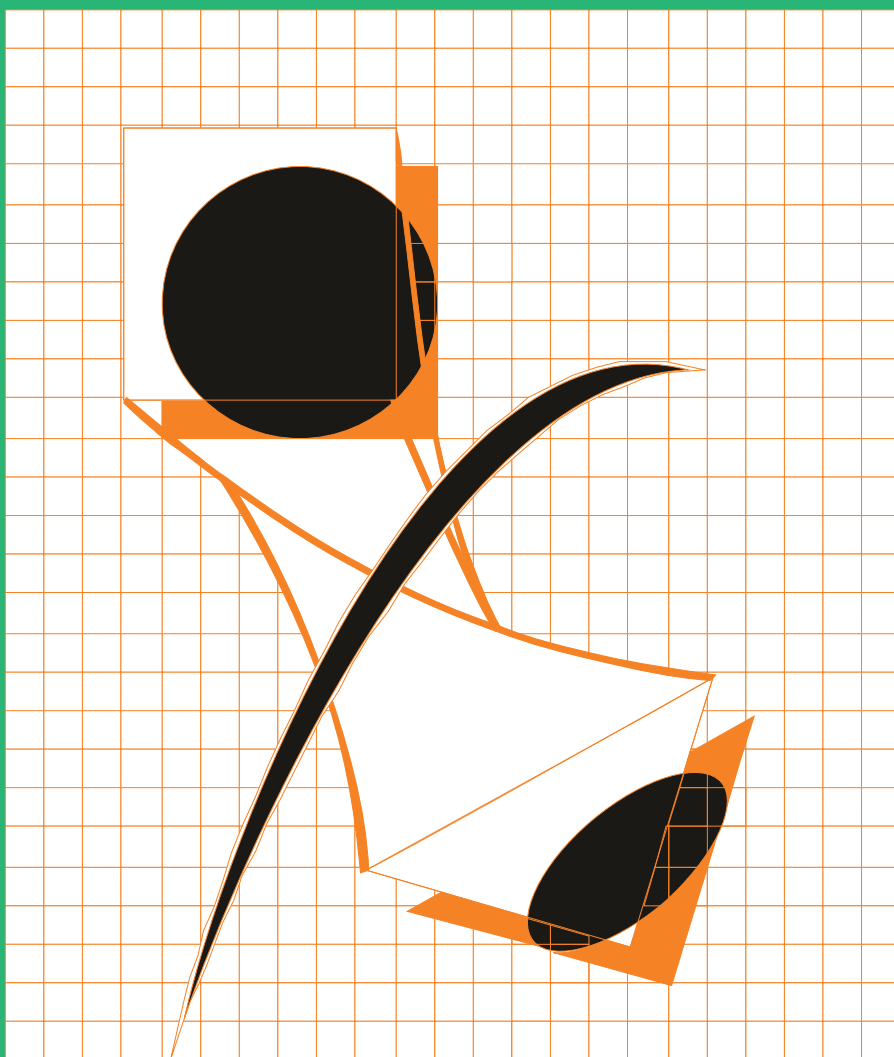


ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT



Наука

Экология

Технология

Оборудование

Печатные платы

Образование

Science

Environments

Processes

Equipment

PC boards

Training

Редакционная коллегия

И.о. гл. редактора д.х.н. Кругликов С.С.

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

д.х.н. Байрачный Б.И., Харьков, Украина;
д.т.н. Виноградов С.С., Москва, Россия;
к.х.н. Григорян Н.С., Москва, Россия;
д.х.н. Данилов Ф.И., Днепропетровск,
Украина;

д.х.н. Давыдов А.Д., Москва, Россия;
к.х.н. Жарский И.М., Минск, Белоруссия;
д.х.н. Кайдриков Р.А., Казань, Россия;
д.т.н. Колесников В.А., Москва, Россия;
д.х.н. Кузнецов В.В., Москва, Россия;
к.т.н. Окулов В.В., Тольятти, Россия;
к.т.н. Скопинцев В.Д., Москва, Россия;
к.т.н. Смирнов К.Н., Москва, Россия;
к.т.н. Шишкина С.В., Киров, Россия

Зав. редакцией Орехова Е.С.

Компьютерная верстка Царева Е. В.

125047, Москва, Миусская пл., д.9

Тел. редакции: 8(499)978-59-90,

факс:8(495)609-29-64

E-mail: gtech@muctr.ru

Учредители

Кудрявцев В.Н.

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

Спонсоры

Компания "Умикор Гальванотехник",
Швабиш-Гмюнд, Германия

Перевод рефератов - проф. Кругликов С.С.

Editorial Board

Editor-in-Chief prof. Kudryavtsev V.N.

Acting editor-in-chief prof. S. Kruglikov

Mendeleev University of Chemical
Technology of Russia, Moscow

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

125047, Moscow, Miuskaya Sq.9

Tel.: 7(499)978-59-90,

Fax:7(495)609-29-64

E-mail: gtech@muctr.ru

Founders

Kudryavtsev V.N.

Mendeleev University of Chemical Technology
of Russia, Moscow

Sponsors

"Umicore Galvanotechnik" GmbH,
Schwaebisch Gmuend, Germany

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

Интернет-сайт Российского общества гальванотехников www.galvanicrus.ru

Интернет-сайт журнала www.galvanotehnika.info

ГАЛЬВАНОТЕХНИКА и ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

Издаётся с 1992 г.

№ 3

2015 год

том XXIII

Содержание

<i>Электро- осаждение металлов и сплавов</i>	Успехи гальванотехники. Обзор мировой специальной литературы за 2013-2014 годы	
	Елинек Т.В.	10
	Гальвано-механическое толстослойное осаждение железа	
	Копылов Ю.Р.	24
	К вопросу о кроющей способности электролитов	
	Смирнов К.Н., Архипов Е.А., Кравченко Д.В.	30
	Рассеивающая способность электролитов меднения с высокой концентрацией серной кислоты	
Кругликов С.С., Космодамианская Л.В., Кравченко Д.В., Одинокова И. В.	35	
<i>Химические покрытия</i>	Осаждение химических покрытий никель-фосфор и никель-фосфор-медь из глицинатных растворов	
	Винокуров Е.Г., Жигунов Ф.Н., Моргунов А.В., Скопинцев В.Д.	40
<i>Экология</i>	Физико-химические свойства растворов и уменьшение их потерь при захвате поверхностью деталей	
	Фадина С. В., Бурухина Т. Ф., Винокуров Е. Г.	47
<i>Информация</i>	Учебник «Теоретическая электрохимия»	57
	Курсы повышения квалификации	64-65
	Выставки, конференции, семинары. Книги	63

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT

Published since 1992

№ 3

2015

v. XXIII

Contents

<i>Electroplating of metals and alloys</i>	Advances in Metal Finishing - An Assessment of the International Literature 2013-2014	
	<i>Jelinek T. V.</i>	10
	Galvano-Mechanical Deposition of Thick Layers of Iron	
	<i>Kopylov Yu. R.</i>	24
	On the Covering Power of Plating Solutions	
<i>Smirnov K.N., Arkhipov E.A., Kravchenko D. V.</i>	30	
<i>Chemical coatings</i>	Throwing Power of Copper Plating Solutions with High Concentration of Sulfuric Acid	
	<i>Kruglikov S.S., Kosmodamianskaya L. V., Kravchenko D. V., Odinokova I. V.</i>	35
	Effect of Temperature on the Kinetics of Electroless Nickel Plating from Glycinate Solutions	
<i>Vinokurov E.G., Zhigunov F.N., Morgunov A. V., Scopintsev V.D.</i>	40	
<i>Environmental problems</i>	Physical-chemical Properties of Solutions and the Reduction of their Loss Caused by Drag-out	
	<i>Fadina S. V., Burukhina T.F., Vinokurov E.G.</i>	47
<i>Information</i>	On the training courses for plating engineers	64-65
	Congressess, Conferences, Meetings	63

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ, МОНТАЖ, ПУСКОНАЛАДКА И СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛЮБОЙ СЛОЖНОСТИ



Основанное в 1941 году Открытое акционерное общество «Тамбовгальванотехника» имени С. И. Лившица (ОАО «ТАГАТ» им. С. И. Лившица), с 1961г - специализированное предприятие по проектированию и изготовлению оборудования для нанесения гальванических, химических и анодизационных покрытий.

С февраля 2012 года ОАО «ТАГАТ» входит в группу компаний «АРТИ».

- Предлагаем гальваническое оборудование любой сложности со сдачей “под ключ”, в том числе многопроцессные линии с компьютерной системой управления, системы водоподготовки, очистные сооружения, системы приточной и вытяжной вентиляции.
- ОАО «ТАГАТ» владеет 84 авторскими свидетельствами на изобретения, многочисленными патентами и свидетельствами на промышленные образцы гальванического оборудования.
- Изделия проектируются, изготавливаются и сдаются под конкретные технические условия заказчика.
- Осуществляем поставки отдельных узлов гальванооборудования для ремонтных нужд, реставрации и модернизации (фильтровальные установки, специальные химстойкие насосы, воздушные фильтры, источники питания).
- ОАО «ТАГАТ» предоставляет своим потребителям информационную поддержку в поиске и выборе поставщиков расходных материалов, в том числе блескообразующих добавок и специальных композиций для гальванических процессов.
- ОАО «ТАГАТ» применяет широкий спектр полимерных материалов и металлов (полипропилен, полиэтилен, фторопласт, поливинилхлорид, нержавеющие стали и сплавы, титан, медь и другие).

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

- Линии автооператорные автоматические и механизированные.
- Линии кареточные овальные подвесочные, конвейерного типа.
- Комплексы для очистки сточных вод (КОС) гальванического производства.
- Системы управления автооператорами в механизированном и автоматическом режиме.
- Установка хромирования длинномерных штоков.
- Средства малой механизации.
- Ванны для подготовки поверхности и нанесения покрытий.
- Лабораторные установки.
- Автооператоры подвесные, порталные и консольные.
- Барабаны для нанесения гальванических и химических покрытий.
- Корзины титановые для анодов различных типоразмеров.
- Сушильные камеры для сушки мелких деталей насыпью.
- Фильтровальные установки для фильтрации электролитов от механических загрязнений.
- Запасные части для различных узлов гальванического оборудования.
- Ванны и ёмкости.
- Системы приточной и вытяжной вентиляции из различных материалов.

Наш адрес:

392030, Россия, г.Тамбов, Моршанское шоссе, 21
Телефон: 8 (4752) 53-25-03, 8 (4752) 53-70-03, 8 (4752) 53-18-89
факс: 8 (4752) 45-04-15,
e-mail: market@tagat.ru, office@tagat.ru

<http://www.tagat.ru>, <http://tagat.pф>

**ОАО «ТАМБОВГАЛЬВАНОТЕХНИКА»
имени С.И.Лившица**

БЫТЬ ПЕРВЫМ, СОЗДАВАЯ ЛУЧШЕЕ



ТЕХНОЛОГИИ И ХИМИКАТЫ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

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



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



ТЕПЛОЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛИ

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

«Предприятие «РАДАН» (ООО)

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

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

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

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

Предприятие «РАДАН» является инжиниринговой компанией и более 23 лет специализируется на выполнении комплекса работ по техническому перевооружению, новому строительству производственных мощностей предприятий от проектирования до ввода в эксплуатацию:

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

Разработка проектов

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

Экспертные заключения

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

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

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

Ввод оборудования в эксплуатацию (пуско-наладочные работы)

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

Разработка эксплуатационной документации

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

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

ВЫПРЯМИТЕЛИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ



ПУЛЬСАР СМАРТ

Повышенная надежность

- перераспределение нагрузки
- новая система охлаждения
- защита класса IP65
- 2 года гарантии

Управление и автоматизация

- сенсорная панель управления
- совместимость с Пульсар ПРО
- подключение датчиков и исполнительных устройств
- гибкость настроек

Эффективность

- коэффициент мощности $\cos\phi$ 0,97
- стоимость обслуживания снижена в разы
- КПД $\geq 90\%$



Новая модульная система

- легкость конфигурирования
- облегчённая конструкция
- улучшенная эргономика
- простое обслуживание
- компактный размер

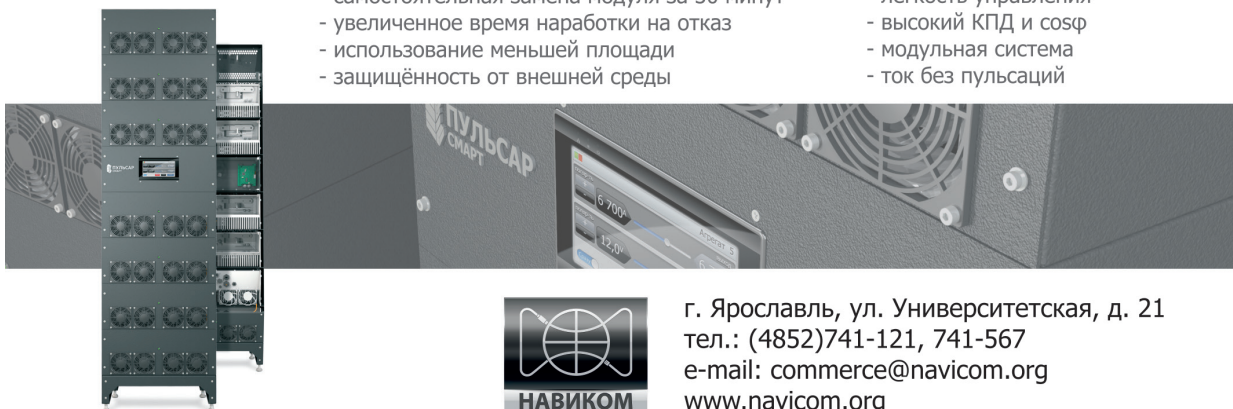
Качество получаемого покрытия

- равномерное нанесение
- ровная форма тока

Безупречная и бесперебойная работа при максимальных нагрузках!

Особенности:

- отправка подменного модуля в течение 1-го дня
- самостоятельная замена модуля за 30 минут
- увеличенное время наработки на отказ
- использование меньшей площади
- защищённость от внешней среды
- до 16 независимых выходов
- легкость управления
- высокий КПД и $\cos\phi$
- модульная система
- ток без пульсаций



г. Ярославль, ул. Университетская, д. 21
тел.: (4852)741-121, 741-567
e-mail: commerce@navicom.org
www.navicom.org



- ✓ Разработка и производство современных гальванических линий по европейским стандартам;
- ✓ Комплексное оснащение гальванических производств;
- ✓ Поставка отдельных единиц оборудования;
- ✓ Изготовление вентиляционных систем из пластика с очисткой воздуха;
- ✓ Модернизация гальванических линий;



Сертификат ISO 9001

Разрешение РОСТЕХНАДЗОРА

Свидетельство СРО

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



ЭЛМА
торговый дом

Тел./факс: многоканальный:
+7 (812) 490-75-03,
+7 (812) 921-48-02
info@td-elma.ru www.td-elma.ru

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ БЫСТРО И КАЧЕСТВЕННО

Новые решения для Вашего производства

- ТВЕРДОЕ ИЗНОСОСТОЙКОЕ ХРОМИРОВАНИЕ
- БЕСПОРИСТОЕ ХРОМИРОВАНИЕ
- МНОГОСЛОЙНОЕ ХРОМИРОВАНИЕ

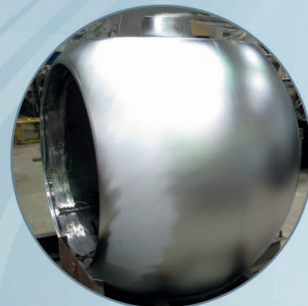
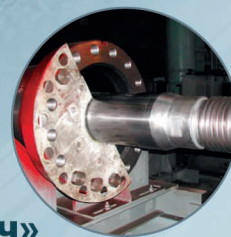
Технологии и оборудование «под ключ»

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!

ГАЛЬВАНОХРОМ
GALVANOCHROME
Санкт-Петербург



УДК 621

Успехи гальванотехники*
Обзор мировой специальной литературы
за 2013-2014 годы

Елинек Т.В.

**Advances in Metal Finishing - An Assessment of the
International Literature
2013-2014**

Jelinek T.V.

**Fortschritte in der Galvanotechnik - Eine Auswertung der
internationalen Fachliteratur 2013-2014**

Jelinek T.W.

**7. Обработка поверхности алюми-
ния и магния**

Кроме алюминия и магния в этом году представляет особый интерес титан, его поведение в легких металлических конструкциях и применение в медицинской технике [361, 407, 484, 465]. Затрагиваются проблемы запрета пассивирования с хромом (VI) [483].

Износостойкость всех трех, выше упомянутых металлов, улучшают оптимизированием твердого анодирования электрокерамическим покрытием оксидом титана [66].

При анодировании интересна возможность варьирования свойствами слоев электролитическим окислением плазмой или микродуговым окис-

лением [161, 268]. При обработке пульсирующей плазмой, твердость, коррозионная и износостойкость алюминия зависят от состава электролита [261]. Высокая коррозионная стойкость при применении пульсирующего тока возможно основывается на многократном расплавлении оксидов [270].

Толстый и коррозионностойкий слой оксида алюминия получают окислением лазером [406].

Новый способ последующей обработки способствует получению гладких покрытий и хороших трибологических свойств [18].

Алюминиевым деталям оптико-механических устройств лазерной техники перед химическим окислением в плазме придают шеро-

* Продолжение. Перевод обзора из немецкого журнала *Galvanotechnik*, 2015, 106. - №1, С. 33-52

ховатость для абсорбирования лазерных лучей и отвода тепла [64].

Окраска алюминия в двухстадийном процессе делает его устойчивым при температурах стерилизации и обработке с пероксидом водорода [266].

Гексагональная структура с особыми параметрами оксидного слоя, полученная в сульфосалициловой кислоте, используется как сито в нанотехнике [318].

Лазерной обработкой можно внедрить легирующие элементы в поверхность алюминиевого литья [506].

Помещением катода в диафрагму при анодировании можно предотвратить образование азрозолей выше допустимых значений [115].

Желтое хроматирование, содержащее хром(VI) заменяется пассивированием на основе силана [159], золь-гель-процессом, образующим непосредственное соединение с алюминием [188, 208] или церийсодержащим покрытием [532].

Cr(VI)-содержащие слои на магнии заменяют плазменно напыленным слоем диоксида кремния [65] или молибденсодержащими покрытиями [263].

Магниевое литье и деформируемые сплавы полируют химически в растворах глюколевой, лимонной кислот и нитрата алюминия или электролитически в монополиэтиленгликоле и триэтанолаmine [116]. Многие свойства, полученные в растворе фосфата натрия при микродуговом оксидировании алюминия, регулируют добавками силиката натрия, карбоната натрия и других солей [160], аналогично изменением состава фосфатсодержащего электролита [264, 269].

Для улучшения качества и увеличения сроков службы, титановые сплавы для имплантантов и стентов дополнительно покрывают в $\text{NH}_4(\text{TaF}_6)$ -содержащем растворе слоем тантала толщиной от 0,2 до 5 микрон [265]. Если они должны различаться по цвету, то изменяют условия анодирования [267].

8. Другие способы обработки поверхности

8.1. Конверсионные покрытия

В [207] описывают актуальную проблему замены перед лакированием, содержащего Cr(VI) желтое хроматирование, на продукт, не содержащий хром. При замене пассивирования с кобальтом на Cr(III)-содержащее, требуются дополнительные меры очистки от загрязнений, например, ионный обмен или добавка наноразмерных частиц диоксида кремния [259].

Токсичный никель в растворах фосфатирования может быть заменен церием, чья концентрация выбирается в зависимости от использо-

вания этого покрытия как промежуточного или окончательного перед лакированием [260]. Необходимо также считаться с частичными ограничениями на свойства последующего электрофоретического лакирования [524]. На рост и структуру фосфатного слоя можно воздействовать предшествующей струйной обработкой шариками [525].

8.2. Термическое напыление

Значительное расширение применения способа термического напыления произошло вследствие использования плазмы для материалов с высокой температурой плавления [143]. Подобное действие имеют методы модификации свойств покрытия при горячем цинковании за счет легирования другими металлами [190, 191, 447]. Приведены исследования механизма этого процесса [482, 530]. Некоторые процессы ведут к так называемому микроцинкованию, которое играет большую роль при механической состыковке листов [528]. Для производства тонких, например, стабилизированных цирконием защитных покрытий газовых турбин, было разработано суспензионное напыление, при котором наноразмерные частицы распыляются большей частью в виде суспензии в спирте [384]. Оптимизируется получение оксидных керамических покрытий, исследуются их механические и трибологические свойства [531].

8.3. Органические покрытия

Из 38 миллионов тонн годового производства лаков, в промышленность поступает 40%, из которых три четверти изготовлены на основе растворителей [495]. На них концентрируется большинство разработок. Главным направлением является функциональное лакирование, которое затрагивает, например, гидрофобность, фотокаталитические, микробные и самозалечивающие свойства [423].

Применение лаков лучше оптимизировать со знанием их составных частей, функций и способов изготовления [172, 217, 220, 327, 330, 372, 455, 456, 553]. Это касается их стойкости во время всего технологического процесса, когда лаки на водной основе, несмотря на их длительное время высыхания, образуют подтеки [329], кроме распыления лака в форму (In-Mould-Verfahren) [371]. Существуют новые лаки с такими специальными свойствами, как их легкая очистка [32].

Ламелевые цинковые покрытия на органической основе с добавкой фторидных полимеров эластичнее аналогичных покрытий на силикатной основе [174]. Эпоксидные слои с железными или алюминиевыми частицами в качестве наполнителей имеют повышенную износостойкость [214]. Ис-

парение воды в процессе сушки нового защитного лака предотвращает образование пузырей [373].

Имеются эффективные анти-графитти лаки [374] и термоустойчивые растворы для нанесения дополнительного органо-неорганического покрытия, выдерживающие температурную эмиссию водорода [420]. Должен быть модифицирован УФ-инициатор для энергоэкономичной светодиодной сушки УФ-лаков [551].

Нанесенные перед лакированием слои фосфата железа из-за крупнозернистой и нерегулярной кристаллической структуры, при определенных покрытиях полиэстером, имеют склонность к отслаиванию от подложки [173]. Вместо фосфата применяют, не содержащую токсические вещества, конверсионную обработку на основе силана [205].

Есть различные предложения к сокращению образования излишков лака при его распылении [77, 81].

Применение азота или перегретого пара вместо сжатого воздуха позволяет экономить до 40% материала при лучшем качестве покрытий [129, 324]. На это оказывает влияние распылительная техника [328, 408] и способ навески деталей [215].

Применение специальных пленок при многоцветном лакировании чаще дешевле многослойных покрытий [454].

Требует специальных мер хранение лаков в негерметичных емкостях [219]. Слои пыли, образующийся на поверхности дисперсионных красок, под воздействием высокой температуры может быть причиной пожара [221].

Низкотемпературные порошковые лаки требуют длительной выдержки, возможно также частичное изменение свойств покрытий [76, 433]. Грунтовочные лаки, шпатлевка и лаки на полиуретановой основе для финишного покрытия, за счет протекающих реакций могут высыхать самостоятельно, без дополнительной сушки [175]. Очень короткого времени сушки требует УФ-твердеющий порошок [325], соответствующе пигментированный для замены оптического черного хромирования [421].

Темой является также замена запрещенного триглицидилизоцианурата (TGIC) в порошковых лаках [550].

В небольших производствах электростатическое порошковое покрытие возможно наносить при восьмикратном снижении напряжения или в «жидкой» ванне [309].

Двойное порошковое покрытие с одной сушкой применяют при дефектах, образующихся за счет утонения слоя на краях изделия [453].

8.4. Эмалирование

К новым предложениям относятся прямое эмалирование литой арматуры для горячей воды, отвечающей санитарным требованиям [16] и способ нанесения двойного слоя при одном обжиге [185].

Скорость подачи определяется количеством порошка, подающимся на поверхность изделия при электростатическом эмалировании и составляет 32 грамма за 30 секунд [404].

Новый метод характеризуется низким износом технической эмали, например в измельчителях [258].

Эмальеры ищут варианты выхода из регламента Европейского союза по использованию химических веществ (REACH) и все более низких допустимых границ эмиссии этих веществ [15].

8.5. Вакуумное напыление, плазма

Изучение напыленных в вакууме покрытий на инструментах ведет к дальнейшим разработкам [290, 446]. К таковым относятся, например, низкие рабочие температуры, облегчающие обработку термочувствительных материалов [126].

Поверхность особо твердой стали делают более износостойкой нанесением слоя MoS_2TiW [17].

В нанесенных на алюминий слоях нитрида алюминия ионной бомбардировкой возможно удалить внутренние напряжения [30].

Наносимые на эластичные полимеры многослойные кремниевые покрытия должны быть тоже эластичными [291, 292].

Разнообразные свойства покрытий из алмазоподобного углерода (DCL) возможно использовать в производственном масштабе только при их промышленном производстве магнетронным ионным распылением [73, 388, 532]. Лучше и значительно дешевле должен быть вновь разработанный электролитический способ в уксуснокислом растворе [629]. Магнетронным ионным распылением возможно производить материалы с особыми пьезоэлектрическими свойствами [274]. Изготовленные этим способом при низкой температуре Mg-25Al-Zn-покрытия являются особо коррозионностойкими [72, 145].

Наносимые прямо на ленту активированные плазмой магнетронные напыления, придают поверхности регулируемые свойства, например, стойкость к царапинам [439].

Плазма, возникающая при атмосферном давлении с помощью специальных форсунок, не требует вакуума и может быть использована на производственных линиях для селективной очистки или нанесения функциональных покрытий [28].

Вакуумно напыленные на мягкий материал покрытия для декоративных целей защищают от

разрывов хорошо зарекомендованными промежуточными Cu/Ni-гальваническими слоями [144].

9. Контроль качества

Постоянная необходимость высокого и воспроизводимого качества при низких затратах выливается в определение новых контрольных параметров, разработке новых и оптимизации известных способов, а также улучшение совместной работы между исполнителями и заказчиками. Последние предусматривают, к примеру, новые формы договоров [235]. Определяются важнейшие параметры, влияющие на выше указанные задачи [233].

Первым условием является воспроизводимость оптимальных параметров в производственных условиях, например, определяемые нормами необходимая степень чистоты поверхности и вязкость применяемого лака. В случаях контроля необходимых технологических параметров, вторым условием является их поддержание. Оба условия могут достигаться как самим исполнителем, так и с помощью сторонних организаций [369, 370, 375, 377, 558]. Производственные лаборатории должны быть соответственно оснащены для возможности реализации важнейших контрольных методов [425].

Существует ряд новых методов контроля способов проверки и степени особой чистоты поверхности деталей, например автомобильных тормозов, более точным подсчетом частиц [83].

Рефлектированным световым лучом возможно в реальном времени измерять толщины мокрых покрытий [84]. Влажная проверка адгезии надежнее при образовании аэрозоля на поверхности [86, 132].

В аналитическом контроле рабочих растворов имеется фотометрический метод определения циркония в Zr/Cr(III)-растворе хроматирования [35] и висмута в растворах химического никелирования [496].

С помощью вновь разработанного прибора возможно точное измерение функциональных свойств гальванических покрытий и продолжительность их службы на контактах, например, износостойкость и переходное сопротивление Ag/Cd-покрытий на шлифовальных кольцах [5].

Антибактериальное действие серебряных покрытий проводят измерением скорости роста и размножения культуры бактерий [133].

Сравнение определения внутренних напряжений никелевых и цинковых покрытий методами "гибкого катода" и "растяжения-сжатия" показало, что последний является более точным [333].

Существует лучшее программное обеспечение определения толщины покрытия методом

совместного двухосного растяжения образца с покрытием [334]. Разница в измерении адгезии покрытия на АБС-полимерах основаны на различиях в их структуре [335].

Протекание коррозии цинковых покрытий оценивают замером изменения электропроводности [376].

Термографически определяют равномерность толщины слоев лака на больших и сложных поверхностях [177]. Отдельные дефектные участки, например, в углублениях, определяются световой интерферометрией [224]. Равномерность напыленных в вакууме покрытий контролируется по температуре, зависящей от величины полученной материалом энергии [225].

Методом проверки твердости покрытия является тест на кипячение предварительно анодированных алюминиевых деталей с порошковым слоем [176]. Светоизлучающим диодом заменяют прежде используемое в цветовой измерительной технике исследование под различными углами [378].

Работу атомно-абсорбционного прибора (ААС) улучшают новым спектрометром (High-Resolution-Continuum-Source) с возможностью получения больших разрешений [226].

Необходимо придерживаться определенных правил пользования новыми оптическими приборами с высокой разрешающей способностью, обеспечивающими высокое качество инспекции поверхности [282], а также как и при калибровании приборов энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа [332, 426].

Простым методом является дефлектометрия с измерением рефлектирующей структуры от освещенной поверхности [497]. Приборный метод заменяет тест на смачивание поверхностей [555], существует ускоренный метод идентификации нержавеющей стали [566].

Новый квантово-каскадный лазер имеет излучение в 1000 раз интенсивнее, чем обычные лабораторные приборы и что облегчает определение загрязнений воды на месте [281].

Приборы для измерения твердости оснащают зондами различной геометрии для облегчения доступа к труднодоступным местам [227].

10. Окружающая среда, сточные воды, загрязненный воздух, переработка вторичного сырья

В работах [87, 182, 228] обсуждается распространение действий европейских промышленных руководств по эмиссии на гальванические и другие производства, занимающиеся обработкой поверхности и необходимая подготовка их национальных изложений. Затраты на санирование

полов на гальванических производствах можно сократить вдвое, благодаря добавке химикатов, вступающих в реакции с загрязнениями. [89]. Проблемой является санация деталей, содержащих асбест [138]. В обращении с вредными для окружающей среды веществами, важны индивидуальные средства защиты [231].

10.1. Сточные воды, загрязненный воздух

Количество сточных вод и экономичность их обработки зависит от загрязненности, которую можно уменьшить до определенного уровня, регулированием потока сточных вод [39, 40].

Хром из сточных вод извлекают восстановлением Cr (VI) до Cr (III) с его последующим осаждением электрокоагуляцией с гидроксидом железа при pH 4 [38, 180]. Мелкие медные частицы удаляют аналогичным способом до уровня, зависящим от других веществ, находящихся в сточных водах [41, 88, 283].

Электрохимическая водоподготовка значительно интенсифицирует разложение органических веществ, протекание окислительно-восстановительных и многих других реакций [179, 181, 230, 379, 561]. Как показано на примерах [284, 559], интенсифицируют все способы водоподготовки, от фильтрации до дистилляции.

Перфтористые поверхностно-активные вещества, используемые для подавления образования аэрозолей при хромировании, могут быть адсорбированы на основную анионнообменную смолу [458].

10.2. Регенерация, переработка вторичного сырья

Для повторного использования сточных вод от очистки деталей проводят их многоступенчатую обработку, включая ультрафильтрацию, фильтрацию, дистилляцию и, если необходимо, то и обратный осмос [90]. При содержании в промывной воде органического растворителя и металлов, сначала отделяют растворитель в мембранном экстракторе с экстрагентом, а затем концентрируют через обратный осмос [134]. В способе дезинфекции циркулирующих вод гальванических производств от органических загрязнений необходимый окислитель вырабатывается в микрочайках из драгметаллов [281, 285].

Кобальт добывают из отходов литиевых батарей экстракцией с экстрагентом, содержащим фосфорную кислоту [135]. Аналитический метод для галлия переработан в промышленный способ его извлечения из вторичного сырья [428].

Материалы (продукты), содержащие драгметаллы, которые гальванические производства передают аффинажным предприятиям,

должны, согласно инструкциям, классифицироваться по степени их опасности для окружающей среды [563].

11. Коррозия и защита от коррозии

Почти не изменилось количество публикаций в области коррозии и защиты от коррозии, касающихся нового европейского свода правил для двойных покрытий в металлоконструкциях [360, 367], на которые, вследствие принятия экологических мер защиты, уменьшилось агрессивное воздействие атмосферы [368], защиты новых продуктов [451, 462, 463, 548], а также основополагающих исследований, сообщений об опыте и методах испытаний и контроля.

11.1. Основы

Сообщается о механизме влияния структуры, за счет уменьшения размера зерен, коррозионностойких алюминиевых сплавов, содержащих TiB [74]. Коррозионная стойкость FeCrMoB-стали основана на неупорядоченной наноструктуре и таком же распределении легирующих металлов [212]. Разработанная на основе акрилата новая коррозионная защита кроме водонепроницаемости основывается также на образовании химической связи на поверхности [277]. Всегда необходимо учитывать, что покрытие и катодная защита от коррозии могут оказывать обоюдное отрицательное воздействие [418].

11.2. Защита от коррозии, коррозионное испытание

Эффект защиты от коррозии возрастает за счет гальванических Cu- или Cu/Ni-покрытий, при их осаждении в кислых, содержащих специальные ингибиторы, электролитах с наноструктурами [323].

Адсорбция компонентов раствора при дополнительной обработке золотых гальванических покрытий предотвращает окисление меди и никеля [127].

Нанесением защитного эпоксидного слоя предотвращают образование коррозионных ячеек на контактах из нержавеющей и углеродистой стали в водном строительстве [75], а коррозионное поведение хромистой стали улучшают азотированием [549].

Утонение слоя порошкового покрытия на краях изделий устраняют нанесением промежуточной порошковой шпаклевки [170]. Адгезию и коррозионное поведение органического покрытия улучшают предварительным окунанием в изобутилтриоксилан (IBTES) [189]. Более эластичные термопластовые покрытия могут заменять

порошковые, особенно в толстых, от 600 микрон, слоях [419].

Было установлено, что влажность на фазовой границе цинк/порошковое покрытие является причиной пузырей и вздутий этих двойных слоев [34, 252]. С использованием соответствующих материалов может быть уменьшен ущерб от коррозии водосточных труб, происходящий за счет напряжений и неравномерных потоков [213].

Для проверки защиты от коррозии сложных деталей или деталей, состоящих из различных материалов, подходят программы климатических лабораторных и длительных испытаний [31]. Сопротивление кавитационному износу можно оценить оптически и гравиметрически [211].

Устойчивость лаковых покрытий к солнечным лучам можно оценить лабораторным испытанием ксеноновым облучением [85].

Вследствие нестабильных механизмов испытаний в атмосфере солевого тумана, результаты коррозионной стойкости оценки нельзя экстраполировать на стойкость в атмосфере, однако они пригодны для сравнительного производственного контроля [178].

Литература

References

1. Fischer, D.: Galvanotechnik 104(2013)5, S. 914-917
2. Damercheli, M. et al.: Galvanotechnik 104(2013)7, S. 1340-1357
3. Behagh, A. N. et al.: Galvanotechnik 104(2013)3, S. 474-483
4. Kurz, O. et al.: Galvanotechnik 104(2013)5, S. 902-913
5. Almendiger, T.: Galvanotechnik 104(2013)4, S. 730-743
6. Unruh, J.: Galvanotechnik 104(2013)3, S. 461-464
7. Michedova, E. W. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 20(2013)2, S. 30-34
8. Kramkov, I. S. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 20(2013)2, S. 25-29
9. Jelinek, T. W.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 20(2013)2, S. 14-19
10. Danilov, E. J. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 20(2013)2, S. 20-24
11. Schechanov, R. R. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 20(2013)2, S. 35-38
12. Daniljuk, W. M. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 20(2013)2, S. 39-40
13. Jones, T.: Galvanotechnik 104(2013)4, S. 685-710
14. Jones, T.: Galvanotechnik 104(2013)3, S. 491-501
15. Jacobs, D.: email 61(2013)3, S. 42-48
16. Wendel, J.: email 61(2013)3, S. 50-55
17. Golabczak, M. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 45(2014)6, S. 445-455
18. Kuhn, A.T.: Galvanotechnik 104(2013)3, S. 466-472
19. Anon.: JOT 54(2013)11, S. 16-19
20. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)6, S. 21-24
21. Lenzer, S.: Galvanotechnik 104(2013)8, S. 1506-1509
22. Lang-Koetz, C: besser lackieren 16(2014)17, S. 6
23. Totev, J.: PLUS 16(2014)10, S. 2106-2112
24. Weinmann, M. et al.: Galvanotechnik 104(2013)8, S. 160-1628
25. Poschmann, H.: PLUS 16(2014)8, S. 1626-1633
26. Schramm, R. et al.: PLUS 16(2014)8, S. 1682-1692
27. Hutter, M. et al.: PLUS 16(2014)8, S. 1717-1724
28. Melamies, I. A.: Galvanotechnik 104(2013)3, S. 608-611
29. Lackner, J.M. et al.: Galvanotechnik 104(2013)8, S. 1526-1545
30. Piccoli, M. et al.: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 23/64(2013)3, S. 149-156
31. Riedl, A.: Galvanotechnik 104(2013)5, S. 918-927
32. Dechamps, C et al.: Farbe und Lack 119(2013)8, S. 15-19
33. Mahdjour, H. et al.: Galvanotechnik 104(2013)4, S. 712-724
34. Bader, M.: JOT 53(2013)8, S. 29-34
35. Weigelt, C: JOT 53(2013)8, S. 46-47
36. Thiemann, Ph. et al.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)6, S. 26-28
37. Erlacher, N. et al.: Galvanotechnik 104(2013)4, S. 777-778
38. Vermar, K., K, et al.: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 23/64(2013)3, S. 138-142
39. Erlacher, N. et al.: Galvanotechnik 104(2013)3, S. 354-357
40. Mamajev, W. I. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 20(2013)2, S. 4+47
41. Brodskij, W. A. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 20(2013)2, S. 48-54
42. Rauch, M. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2013)3, S. 10-21
43. Nissipouri, F. et al.: Galvanotechnik 104(2013)7, S. 1130-1139
44. Silber, M. et al.: Galvanotechnik 104(2013)6, S. 1088-1098
45. Jopp, K.: Stahl und Eisen 32(2013)8, S. 86-88
46. Hackert-Oschatzchen, M. et al.: Galvanotechnik 104(2013)5, S. 1308-1371
47. Summer, I. et al.: Galvanotechnik 104(2013)1, S. 86-91
48. Tanner, R.: Bulletin SEV/VSE (2014)1, S. 17-19

49. Uhlmann, E. et al.: JOT 53(2013)2, S. 60-63
50. Böck, R.: Galvanotechnik 103(2012)9, S. 1729-1733
51. Kotte, L. et al.: Galvanotechnik 103(2012)9, S. 1742-1753
52. Bergamann, H.: Galvanotechnik 103(2012)9, S. 1876-1889
53. Dzur, B. et al.: Galvanotechnik 104(2013)2, S. 294-301
54. Norin, A. et al.: SMM 115(2014)20, S. 45-47
55. Schröder, T. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 45(2014)6, S. 445-455
56. Wu, Z. W. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 45(2014)7, S. 593-609
57. Friedrich, H.: JOT 53(2013)9, S. 46-48
58. Stiegler, R.: Galvanotechnik 104(2013)2, S. 263-270
59. Jelinek, T.W.: Galvanotechnik 104(2013)1, S. 20-38
60. Willing, H.: Galvanotechnik 104(2013)1, S. 44-57
61. Monev, M. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)4, S. 176-181
62. Nasiri Varan, H.: Trans. IMF (England) 92(2014)4, S. 192-196
63. Survilla, A. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)4, S. 197-201
64. Schmidt, I. et al.: Galvanotechnik 104(2013)1, S. 79-85
65. Ramm, M. et al.: lightweightdesign (2014)4, S. 38-43
66. Rosenkranz, C.: JOT 53(2013)9, S. 42-45
67. Erlacher, N. et al.: Galvanotechnik 104(2013)2, S. 333-336
68. Offley, S.: JOT 53(2013)9, S. 57-69
69. Kurtz, O. et al.: Galvanotechnik 104(2013)2, S. 276-287
70. Siegl, F. et al.: Galvanotechnik 104(2013)2, S. 202-204
71. Goosey, M. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)4, S. 173-175
72. Leinartas, K. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)4, S. 181-192
73. Bernhardt, E. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 46(2014)8, S. 661-666 [74] Mahdy, A. et al.: Metall 67(2013)9, S. 397-401
75. Lebelt, P.: Farbe und Lack 119(2013)9 S. 20-26
76. Binda, P.: oppervlaktetechnieken 57(2013)7-8, S. 28-34
77. Fritz, H. G. et al.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)9 S. 30-35
78. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)9 S. 42-43
79. Alter, I.: besser lackieren 15(2013)14, S. 1-2
80. Timmermann, E.-H.: besser lackieren 15(2013)14, S. 3
81. Scheffels, G.: JOT 53(2013)9, S. 20-23
82. Scheibe, A. et al.: JOT 53(2013)9, S. 34-37
83. Benes, S. R.: Products Finishing 77(2012)8, S. 42-46
84. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)9 S. 48-49
85. Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2013)14, S. 6
86. Brane, K. et al.: besser lackieren 15(2013)14, S.12
87. Nisipeanu, P. et al.: Galvanotechnik 104(2013)1 S. 40-42
88. Gyliene, O. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)4, S. 214-220
89. Rouse, J.: Products Finishing 77(2012)8, S. 26-31
90. Permington, T.: Products Finishing 77(2012)8, S. 34-37
91. Hackert-Oschätzchen, M. et al.: Galvanotechnik 104(2013)6, S.1133-1138
92. Schukte-Sudhoff, A.: besser lackieren 15(2013)11, S. 7
93. Krohnert, K. et al.: besser lackieren 15(2013)11, S. 10
94. Niesing, B.: weiter.vorn Das Fraunhofer Magazin (2013)3, S. 8-13
95. Anon.: Metall 67(2013)10, S. 438-439
96. Schulz, D.: JOT 53(2013)10, S. 434-436
97. Flämmisch, M. et al.: JOT 53(2013)10, S. 64-65
98. Schulz, D.: JOT Oberflächen in der Medizintechnik 2013, S. 18-19
99. Rempps, A. et al.: Galvanotechnik 103(2012)11, S. 2402-2415
100. Zimmermann, Y. et al.: Galvanotechnik 103(2012) 11, S. 2522-2525
101. Tsakiridou, E.: weiter.vorn Das Fraunhofer Magazin (2013)4, S. 43
102. Anon.: JOT „Oberflächen in der Medizintechnik“ (2013), S. 8-9
103. Diener, C et al.: JOT „Oberflächen in der Medizintechnik“ (2013) S. 10-11
104. Lammel, P. et al.: Galvanotechnik 104(2013)10, S. 1966-1973
105. Willing, H.: Galvanotechnik 103(2014)12, S. 2994-2606
106. Kurtz, O. et al.: Galvanotechnik 103(2012)12, S. 2608-2619
107. Rio, P. et al.: Galvanotechnik 103(2012)12, S. 2533-2636
108. Willing, H.: Galvanotechnik 103(2012)11, S. 2348-2359
109. Unrah, J.: Galvanotechnik 103(2012)11, S. 2348.2359
110. Böck, R.: Galvanotechnik 103(2012)11, S. 2396-2401
111. Freudenberger, R.: Galvanotechnik 103(2012)8, S. 1664-1673

112. Unruh, J.: Galvanotechnik 103(2012)11, S. 2348-2359
113. Unruh, J.: Galvanotechnik 103(2012)8, S. 1673-1681
114. Freudenberger, R.: Galvanotechnik 103(2012)7, S. 1473-1483
115. Fendler, D. et al.: Galvanotechnik 103(2012)5, S. 2620-2626
116. Schmidt, J. et al.: Galvanotechnik 103(2012)7, S. 1432-1442
117. Koblenzer, G.: JOT 53(2013)10, S. 34-36
118. Strasser, S. et al.: JOT 53(2013)10, S. 62-63
119. Wolf, J. et al.: Galvanotechnik 103(2012)7, S. 1588-1593
120. Altemark, S. et al.: PLUS 15(2013)810, S. 1736-1749
121. Barthelmes, I. et al.: PLUS 15(2013)10, S. 2078-2086
122. Exarchos, A.: PLUS 15(2013)10, S. 2132-2134
123. Bell, H. et al.: PLUS 15(2013)10, S. 2208-2215
124. Wittier, O. et al.: PLUS 15(2013)10, S. 2214-2220
125. Ostendorf, F. et al.: Galvanotechnik 103(2012)10, S. 2086-2107
126. Lackner, J. M. et al.: Galvanotechnik 103(2012)6, S. 1342-1349
127. Kurtz, O. et al.: Galvanotechnik 103(2012)6, S. 1209-1218
128. Anon.: SMM 114(2013)31, S. 30-31
129. Spang, P.: JOT 53(2013)10, S. 84-85
130. Topp, M.: JOT 53(2013)10, S. 88-91
131. Herrmann, T.: JOT 53(2013)10, S. 92-96
132. Rochowicz, M.: JOT 53(2013)10, S. 48-50
133. Brünke, J.: JOT Oberflächen in der Medizintechnik 2013, S. 34-35
134. Wendler, B. et al.: Galvanotechnik 103(2012)6, S. 1364-1373
135. Takačova, Z. et al.: Metall 67(2013)10, S. 450-455
136. Unruh, J.: Galvanotechnik 103(2012)12, S. 2593
137. Unruh, J.: Galvanotechnik 103(2012)7, S. 1463-1472
138. Hasenpusch, W.: Galvanotechnik 103(2012)7, S. 1598-1603
139. Nissing, B.: weitevorn Das Fraunhofer Magazin (2013)4, S. 9-13
140. Anon.: JOT 53(2013)8, S. 22-25
141. Schubert, N. et al.: Galvanotechnik 103(2012)8, S. 1682-1688
144. Hackert-Oschätzchen, M. et al.: Galvanotechnik 103(2012)8, S. 1196-1200
145. Kaulfuß, P. et al.: Galvanotechnik 103(2012)10, S. 1946-1963
146. Kalwar, M.: JOT 53(2013)11, S. 56-57
147. Uhlmann, E. et al.: JOT 53(2013)9, S. 60-63
148. Smith, E. L.: Trans. IMF (England) 91(2013)5, S. 241-248
149. Bunyan, D. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)5, S. 249-259
150. Averill, A. F. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)5, S. 241-248
151. Ashworth, M. A. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)5, S. 260-268
152. Bernasconi, R. et al.: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 23/64(2013)4, S. 210-217
153. Anon.: JOT Oberflächen in der Medizintechnik 2013, S. 8-9
154. Axtner, M.: JOT 53(2013)11, S. 58-59
155. Spreafico, M. et al.: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 23/64(2013)4, S. 219-222 [156] Anon.: Metall 67(2013)11, S. 487
157. Pennington, T.: Products Finishing 78(2013)1, S. 22-26
158. Shiratori, S.: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 23/64(2013)4, S. 204-208
159. Schirdewahn, M.: JOT 53(2013)11, S. 42-44
160. Da Forno, A. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)5, S. 275-280
161. Rosenkranz, C.: JOT 53(2013)9, S. 42-45
162. Anon.: JOT 53(2013)11, S. 20
163. Offley, S.: JOT 53(2013)9, S. 67-69
164. Ernst, K. et al.: Metall 67(2013)11, S. 507
165. Giezelt, T. et al.: Galvanotechnik 103(2012)11, S. 2304-2313
166. Hübner, G.: PLUS 15(2013)11, S. 2464-2467
167. Matic, V. et al.: PLUS 15(2013)11, S. 2468-2476
168. Schreivogel, A. et al.: PLUS 15(2013)11, S. 2477-2487
169. Stieglbauer, M.: besser lackieren 15(2013)18, S. 5
170. Gehrke, J. et al.: besser lackieren 15(2013)18, S. 9
171. Davison, C. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)5, S. 233-236
- [172] Koziel, J.: ochrona przed korozja 56(2013)9, S. 396-399
173. Popic, J. F. et al.: ochrona przed korozja 56(2013)10, S. 421-429
174. Tschumakov, W. I. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)3, S. 34-39
175. Thota, V. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)5, S. 237-240
176. Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2013)18, S. 6
177. Florin, C.: besser lackieren 15(2013)18, S. 3
178. Sjörgen, J. et al.: JOT Special Korrosionsschutz 2013, S. 35-37
179. Charlamowa, T. A. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)3, S. 55-62
180. Kruglikov, S. S. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)3, S. 63-67

181. Landau, U: Galvanotechnik 104(2013)11, S. 2169-2184
182. Müller, N.: Galvanotechnik 104(2013)11, S. 2316-2320
183. Freudendahl, D. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2013)3, S. 3
184. Grünwald, D. et al.: JOT 53(2013)11, S. 62-64
185. Galle, W: email 61(2013)5, S. 74-82
186. Naujok, W.: besser lackieren 15(2013)18, S. 9
187. Sutterlet, J. M.: Bulletin SEV/VSE 2013, ITG Sonderausgabe S. 25-29
188. Rock, P.: JOT 53(2013)11, S. 50-51
189. Owczarek, R.: ochrona przed korozja 56(2013)9, S. 393-395
190. Krolikowska, A. et al.: ochrona przed korozja 56(2013)10, S. 430-434
191. Kama, H. et al.: ochrona przed korozja 56(2013)10, S. 441-444
192. Willken, R.: besser lackieren 15(2013) 17, S. 12
193. Fischer, F. et al.: Schweissen und Schneiden 65(2013)11, S. 770-774
194. Unger, C. et al.: Schweissen und Schneiden 65(2013)11, S. 782-785
195. Anon.: SMM 114(2013)22, S. 68-70
196. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)11 S. 17
197. Anon.: galvano organo (Frankreich) 2013,824, S. 28-31
198. Anon.: JOT 53(2013)12, S. 40-43
199. Bender, A. et al.: JOT 53(2013)12, S. 44-46
200. Neise, H.: JOT 53(2013)12, S. 48-51
201. Kortz, O. et al.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)11 S. 19-21
202. Glinde, H.: metallbau (2013)11, S. 17-19
203. Grünwald, D. et al.: JOT 53(2013)11, S. 62-64
204. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)11, S. 16-18
205. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)11 S. 22-25
206. Pinger, T.: Metall 67(2013)12, S. 564-567
207. Rock, P.: JOT 53(2013)11, S. 50-55
208. Goedicke, S. et al.: Farbe und Lack 119(2013)12, S. 20-25
209. Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2013)17, S. 6
210. Kurtz, O. et al.: PLUS 15(2013)12, S. 2669-2677
211. Gakle, M. et al.: Matenalwissenschaft und Werkstofftechnik 44(2013)9, S. 774-782 [212]
212. Anon.: Stahl und Eisen 132(2013)9, S. 21-24
213. Galsterer, D. et al.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)4, S. 6-8
214. Mohamed, M. K. et al.: Metall 67(2013)12, S. 571-574
215. Buchner, G.: besser lackieren 15(2013)17, S. 4
216. Heuer, M. et al.: Farbe und Lack 119(2013)10 S. 26-31
217. Kipfmüller, O. et al.: Farbe und Lack 119(2013)10 S. 54-58
218. Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2013)15, S. 6
219. Tafelmeier, E.: Der Siebdruck 59(2013)9, S. 42-43
220. Kipfmüller, O. et al.: Farbe und Lack 119(2013)12, S. 42-47
221. Frost, B, et al.: Farbe und Lack 119(2013)12, S. 51-55
222. Feith, B.: JOT 53(2013)12, S. 16-18
223. Wagner, G.: JOT 53(2013)12, S. 32-34
224. Machleidt, T.: besser lackieren 15(2013)17 S. 3
225. Lawrenz, U: messtec drives automation 21(2013)9, S. 56-58
226. Limburg, T. et al.: Chemie+Chemische Rundschau (2013)11, S.17-21
227. Anon.: JOT 53(2013)12, S. 38-39
228. Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2013)29, S. 6
229. Pillet, M.: Galvanotechnik 104(2013)12, S. 2428-2431
230. Fath. A.: Galvanotechnik 104(2013)12, S. 2522-2530
231. Bieler, S. et al.: BPUV 125(2013)10, S. 526-531
232. Heiml, D. et al.: Chemie+Chemische Rundschau (2013)11, 36-38
233. Strauss, N: Products Finishing 78(2013)12, S. 24-26
234. Hohwieler, E.: Galvanotechnik 104(2013)12, S. 2366-2371
235. Unruh, J.: Galvanotechnik 104(2013)12, S. 2372-2375
236. Jopp, K: Stahl und Eisen 132(2013)1, S. 238-241
237. Zeiff, A. et al.: messtec drives automation 21(2013)9, S. 46-47
238. Maier, H.-R: Chemie+Chemische Rundschau (2013)11, S. 30-33
239. Bachmann, M.: Bulletin SEV/VSE 9(2013), S. 9-11
240. Anon.: Stahl und Eisen 132(2013)9, S. 17-18
241. Eisenhauer, M.: besser lackieren 15(2013)15, S. 8
242. Vieweger, U: Galvanotechnik 104(2013)12, S. 2376-2386
243. Benfer, S. et al.: Galvanotechnik 104(2013)12, S. 2388-2403
244. Gough, T. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)6, S. 286-289
245. Fischer, S.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)6, S. 15-17
246. Anon.: JOT 54(2014)1, S. 28-30
247. Kusnetsov, W. W. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)4, S. 18-23 [248]
248. Kurilo, I. I. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)4, S. 33-38

249. Kraus, R.: galvanotecnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)4, S. 24-29
250. Smirnov, K. N. et al.: galvanotecnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)4, S. 29-32
251. Jelinek, T. W.: galvanotecnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)4, S. 18-38
252. Anon.: oppervlaktetechnieken 57(2013)11, S. 14-18
253. Cooke, P. E. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)6, S. 294-296
254. Zhang, B. W. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)6, S. 310-318
255. Zawadoska, M, et al.: ochrona przed korozja 56(2013)11, S. 490-493
256. Dymek, M. et al.: ochrona przed korozja 56(2013)11, S. 595-507
257. Plumb, S.: Trans. IMF (England) 91(2013)6, S. 290-291
258. Schäfer, G. et al.: email 61(2013)6, S. 90-100
259. Kulkarni, A. S. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)6, S. 306-309
260. Abraschov, A. S. et al.: galvanotecnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)4, S. 40-45 [261] Goja, N. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)6, S. 321-329
263. Zhao, C. M. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)6, S. 330-335
264. Da Forno, A. et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)6, S. 336-341
265. Rushev, W.S. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 49(2013)6, S. 654-660
266. Jozefowicz, M: Products Finishing 78(2013)3, S. 23-27
267. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)6, S. 6-8
268. Anon.: JOT 54(2014)1, S. 37-39
269. Navrat, O. et al.: ochrona jtrzed korozja 56(2013)11, 5, S. 483-489
270. Gebarowski, V et al.: ochrona przed korozja 56(2013) 11, S. 508-510
271. den Hartog, J.: Trans. IMF (England) 91(2013)6, S. 298-300
272. Reiter, F: JOT 54(2014)1, S. 16-18
273. Oldorf, P. et al.: Galvanotechnik 105(2014)1, S. 155-156
274. Herzog, T. et al.: Galvanotechnik 105(2014)1, S. 178-184
275. Reichling, N. et al.: PLUS 16(2014)1, S. 132-138
276. Klemm, A. et al.: PLUS 15(2014)1, S. 139-145
277. Cooke, J, et al.: Trans. IMF (England) 91(2013)6, S. 28-285
278. Hope, J.: Trans. IMF (England) 91(2013)6, S. 301-305
279. Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2013)21, S. 6
280. Stake, A. et al.: besser lackieren 15(2013)21, S. 12
281. Anon.: VμE-Nachrichten. Fraunhofer Mikroelektronik 2013, Nr. 53, S.3
282. Nörtershauser, M. et al.: Stahl und Eisen132(2013)12, S. 53-63
283. Gajdukova, A. M. et al.: galvanotecnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)4, S. 47-53
284. Möbius, A. et al.: Galvanotechnik 105(2014)1, S. 45-55
285. Schrader, C. et al.: Galvanotechnik 105(2014)], S. 186-191
286. Göhler, D. et al.: Farbe und Lack 120(2014)1 S. 60-66
287. Anon.: bbr bander bleche rohre 54(2013)7, S. 30-33
288. van Oossanen, T: oppervlaktetechnieken 57(2013)1 1, S. 36-37
289. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)6, S. 24-25
290. Norin, A. et al.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)6, S. 10-12
291. Bahroun, K. et al.: JOT 54(2014)1, S. 34-36
292. Pflug, A. et al.: Galvanotechnik 105(2014)1, S. 62-67
293. Szymanski, H. et al.: Stahl und Eisen132(2013)12, S. 80-83
294. Robin, M.: Products Finishing 78(2013)4, S. 26-28
295. Schulz, D.: Products Finishing 78(2013)4, S. 29-32
296. Dai, K. J. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 45(2014)11, S. 918-921
297. Nishimura, Y. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)1, S. 52-58
298. Przywoski, A. et al.: inzynieria powierzehni 2013,4, S. 17-24
299. Szeptycka, B. et al.: inzynieria powierzehni 2013,4, S. 26-32
300. Trzaska, M.: inzynieria powierzehni 2013,4, S. 3-8
301. Bucko, Z. et al.: inzynieria powierzehni 2013,4, S. 33-38
302. Wykpiś, K. et al.: inzynieria powierzehni 2013,4, S. 39-44
303. Hussain, M. S.: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 23/64(2013)5, S. 280-284
304. Sulcius, A. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)1, S. 20-28
305. Qu, N.S. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)1, S. 29-33
306. Ghosh, S. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)1, S. 41-46
307. Jiang, F. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)1, S. 59-64
308. Sozkaja, H. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 50(2014)1, S. 26-30
309. Hilt, M. et al.: besser lackieren 16(2014)1, S. 6

310. Risse, S. et al.: MO Magazin für Oberflächentechnik 68(2014)1, S. 20-23
311. Steinmüller, K.: JOT 54(2014)1, S. 12-15
312. Lackner, J. N. et al.: Galvanotechnik 105(2014)2, S. 234-243
313. Unruh, J.: Galvanotechnik 105(2014)2, S. 244-252
314. Weinmann, M. et al.: Galvanotechnik 105(2014)2, S. 254-263
315. Holeczek, H.: Galvanotechnik 105(2014)2, S. 382-364
316. Smith, J. R. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)i, S. 9-10
317. Elhabib, O. A. et al.: Metall 68(2014)1-2, S. 33-40
318. Tomassi, P. et al.: inżynieria powierzchni 2013,4, S. 9-16
319. Haas, V. et al.: JOT 54(2014)2, S. 30-33
320. Fruth, S.: Products Finishing 78(2013)5, S. 18-21
321. Gals, R.: Galvanotechnik 105(2014)2, S. 386-389
322. Schmalz, M. et al.: PLUS 15(2014)2, S. 350-363
323. Trzaska, M. et al.: ochrona przed korozja 56(2013)11, S. 551-554
324. Tiedje, O. et al.: JOT 54(2014)2, S. 22-25
325. Anon.: Products Finishing 78(2014)1, S. 18-21
326. Cagro, D.: Farbe und Lack 120(2014)2, S. 12-15
327. Hoffmann, J. et al.: Farbe und Lack 120(2014)2 S. 18-23
328. Hilt, M. et al.: besser lackieren 16(2014)2, S. 6
329. Hilger, C et al.: Farbe und Lack 120(2014)2, S. 38-13
330. Müller, B.: Farbe und Lack 120(2014)2 S. 44-45
331. Kempkes-Wortmann, B.: besser lackieren 16(2014)2, S. 16
332. Rößiger, V et al.: Galvanotechnik 105(2014)2, S. 277-389
333. Strauß, T. et al.: Galvanotechnik 105(2014)2, S. 264-276
334. Hiebert, T. et al.: Galvanotechnik 105(2014)2, S. 230-233
335. Bikulčius, G. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)1, S. 47-51
336. Stelter, M.: Erzmetall World of Metallurgy 67(2014)1, S. 22-27
337. Stuhlpfarrer, F. et al.: Erzmetall World of Metallurgy 67(2014)1, S.28-37
338. Pogrebnik, A. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 50(2014)1, S. 72-88 [339] Demarmels, S. et al.: Bulletin SEV/VSE 1/2014, S. 17-19
340. van Oossanen, T.: oppervlaktetechnieken 58(2014)1, S. 30-31
341. Winiarski, J. et al.: ochrona przed korozja 56(2013)11, S. 524-526
342. Macherey, B.: bbr bander bleche rohre 55(2014)1, S. 34-35
343. Lebedinskij, K. V. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 22(2014)1, S.30-33 [344] Coulon, J.-F.: galvano organo 2014, Nr. 826, S. 55-56
345. Bilz, M.: SMM 115(2014)05, S. D64-D66
346. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 55(2014)1, S. 18-19
347. Schäfer, M.: JOT 54(2014)3, S. 40-43
348. Distler, T.: JOT 54(2014)3, S. 44-47
349. Mattikau, N.: JOT 53(2013)3, S. 52-53
350. Rochowicz, M.: JOT 53(2013)3, S. 56-61
351. Petruschowa, O. Ju. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 22(2014)1, S. 16-23
352. Gorelov, S. M. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 22(2014)1, S. 24-29
353. Solodov, A. S. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 22(2014)1, S. 30-33
354. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 55(2014)1, S. 6-8
355. Zolkis-Karathanasis, A, et al.: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 24/65(2014)1, S. 12-18
356. Hansal, W E. G. et al.: Galvanotechnik 105(2014)3, S. 482-498
357. Jevsejev, A. K. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 22(2014)1, S. 45-50
358. Ort, W: besser lackieren 16(2014)3, S. 7
359. Mejlach, A.T.: stal 82(2014)2, S. 71-74
360. Anon.: JOT 53(2013)3, S. 8-11
361. Wolters, M.: Aluminium 90(2014)3, S. 59-61
362. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 68(2014)3, S. 26-27
363. Anon.: besser lackieren 16(2014)4, S. 1-3
364. Anon.: technik report 2014, 3, S. 48-49
365. Kurtz, O. et al.: Galvanotechnik 105(2014)3, S. 616-625
366. Holz, S. et al.: PLUS 15(2014)3, S. 482-487
367. Anon.: besser lackieren 16(2014)3, S. 16
368. Kralikowski, A.:ochrona przed korozja 57(2014)1,S. 12-20
369. Hilt, M. et al.: besser lackieren 16(2014)3, S. 6
370. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 55(2014)1, S. 14-16
371. Bachmann, D.: besser lackieren 16(2014)5, S. 1/3
372. Hilt, M. et al.: besser lackieren 16(2014)4, S. 6
373. Ballester, M.: besser lackieren 16(2014)4, S. 7
374. Leclair, D.: besser lackieren 16(2014)4, S. 1/3
375. Anon.: JOT 53(2013)3, S. 23-27
376. Anon.: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 24/65(2014)1, S. 19-24
377. Krude, E.: JOT 53(2013)3, S. 36-38
378. Weixel, R.: JOT 53(2013)3, S. 54-55

379. Turajev, D. Ju.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 22(2014)1, S. 51-55
380. Anon.: technik report 2014, 1 -2, S. 28-29
381. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 68(2014)3, S. 20-21
382. Hackert-Oschätzchen, M. et al.: Galvanotechnik 105(2014)3, S. 462-467
383. Reschke, S. et al.: Werkstoffe in derFertigung2014,1, S. 3
384. Callen, B. W.et al.: Oberflächen Polysurfaces 55(2014)1, S. 9-13
385. Miller, P.: besser lackieren 16(2014)3, S. 8
386. Rentsch, W.: JOT 53(2013)3, S. 34-35
387. Bajratschnij, B. N. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 22(2014)1, S. 34-39
388. Velasquez, R. et al.: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 24/65(2014)1, S. 26-31
389. Anon.: technik report 2014, 3, S. 26-27
390. Anon.: technik report 2014, 3, S. 32-33
391. Anon.: JOT 54(2014)4, S. 106-107
392. Karadschov, I. et al.: Schweißen und Schneiden 66(2014)1-2, S. 27-32
393. Anon.: JOT Special Industrielle Teilreinigung 2014, S. 6-7
394. Schulze, D.: JOT Special Industrielle Teilreinigung 2014, S. 13
395. Uhlmann, E. et al.: JOT Special Industrielle Teilreinigung 2014, S. 15-16
396. Lohse, A. et al.: JOT Special Industrielle Teilreinigung 2014, S. 54-56
397. Nebiolo, W. P.: Products Finishing 78(2014)6, S. 26-29
398. Anon.: galvano organo 2014, Nr. 827, S. 32-33
399. Horoschenkoff, A.: hghtweightdesign 2014, 2, S. 29-33
400. Manilewitsch, F. et al. Fyzikochimia poverchnosti I zašita metallov 50(2014)2, S. 161-165
401. Anon.: galvano organo 2012, Nr. 827, S. 25-26
402. Anon.: oppervlaktetechnieken 58(2014)3, S. 26-29
403. Angeli, G. et al.: Stahl und Eisen133(2014)4, S. 47-52
404. Bruni, F. et al.: email 62(2014)1, S. 2-13
405. Tiedje, O. et al.: JOT 54(2014)2, S. 22-25
406. Anon.: JOT 54(2014)4, S. 90
407. Anon.: Aluminium 90(2014)4, S. 38-42
408. Anon.: wettervorn Das Fraunhofer Magazm 2014, 2, S. 8-13
409. Haas, V et al.: JOT 54(2014)2, S. 30-32
410. Holeczek, H.: Galvanotechnik 105(2014)2, S. 362-364
411. Adam, J.: PLUS 15(2014)4, S. 724-725
412. Rahn, A.: PLUS 15(2014)4, S. 750-752
413. Rahn, A.: PLUS 15(2014)4, S. 753-761
414. Weinhold, M.: PLUS 15(2014)4, S. 745-755
415. Freudendahl, D. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2014) 2, S. 3
416. Hcrberholz.T. et al.: PLUS 15(2014)4, 831-842
417. Suppa, M.: PLUS 15(2014)4, S. 843-848
418. Lebelt, R.: Farbe und Lack 120(2014)4 S. 56-63
419. Anon.: JOT 54(2014)2, S. 13-14
420. Jakob, S. P.: Galvanotechnik 105(2014)4, S. 699-702
421. Albano, S.: JOT 54(2014)4, S. 68-78
422. Anon.: JOT 54(2014)4, S. 84-86
423. Gagro, D.: Farbe und Lack 120(2014)3, S. 14-16
424. Menz, V et al.: Farbe und Lack 120(2014)1 S. 21-25
425. Moosbach, E.: Galvanotechnik 105(2014)4, S. 689-682
426. Rößiger, V. et al.: Galvanotechnik 105(2014)4, S. 684-698
427. Hädrich, G. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2014) 2, S. 18-19
428. Zeidler, P.: Erzmetall World of Metallurgy 67(2014)1, S. 99-104
429. Schubert, A. et al.: Galvanotechnik 105(2014)4, S. 703-709
430. Ferrarom F. et al.: Bulletin SEV/VSE (2014)4, S. 9-12
431. Doerwald, D. et al.: Galvanotechnik 105(2014)4, S. 800-808
432. Coleman, N. et al.: Hghtweightdesign (2014) 2, S. 22-26
433. Horber, M. JOT 54(2014)2, S. 8-10
434. Anon.: Metall 68(2014)4, S. 149
435. Anon.: JOT 54(2014)4, S. 94-96
436. Anon.: metallbau 2014, 3, S. 15-18
437. Rüttimann, R.: Aluminium 90(2014)4, S. 22-27
438. Hildbrandt, K. et al.: hghtweightdesign (2014) 4, S. 14-21
439. Metzner, C et al.: Galvanotechnik 105(2014)4, S. 710-716
440. Grohme, A. et al.: Erzmetall World of Metallurgy 67(2014)2 S. 99-104
441. Anon.: Aluminium 90(2014)5, S. 56
442. Jones, M.: Products Finishing 78(2014)2, S. 32-34
443. Lindstedt, M.: Products Finishing 78(2014)2, S. 25-28
444. Altheimer, R.: Galvanotechnik 105(2014)5, S. 902-905
445. Durkin, B.: Products Finishing 78(2014)2, S. 29-33
446. Wendel, J.: email 62(2014)2, S. 18-27
447. Tomaszewski, J. et al.: Galvanotechnik 105(2014)5, S. 898-901
448. Högel, R.: JOT 54(2014)5, S. 12-15
449. Bachinsh. D. ct al.: PLUS 15(2014)5, S. 953-069
450. Oezkoek. M. et al.: PLUS 15(2014)5, S. 986-995
451. Wagner, S. et al.: PLUS 15(2014)5, S. 1067-1072

452. Szlapa, S. et al.: ochrona przed korozja 57(2014)4, S. 129-134
453. Gehrke, J. et al.: JOT 54(2014)5, S. 26-31
454. Menz, W. et al.: Farbe und Lack 120(2014)5 S. 54-58
455. Wolber, R.: besser lackieren 16(2014)6, S. 10
456. Gagro, D.: Farbe und Lack 120(2014)5 S. 6-9
457. Williams, D.: Products Finishing 78(2014)2, S. 36-38
458. Podesta, W: Galvanotechnik 105(2014)5, S. 906-913
459. Würfel, C: besser lackieren 16(2014)8, S. 4-5
460. Biermann, D. et al.: Galvanotechnik 105(2014)5, S. 890-896
461. Peters, T: Schweißen und Schneiden 66(2014)04, S. 200-292
462. lidis, F. et al.: metallovedenie i termitscheskaja obrabotka metallov 59(2013)5, S. 49-53
463. Anon.: JOT 54(2014)6, S. 50-52
464. Koblenzer, G.: JOT 54(2014)6, S. 32-35
465. Minlin Zhong; Laser Community. Das Laser Magazin von Trumpf 01/2014, S. 24-25
466. Eliason, P.: Products Finishing 78(2014)8, S. 16-22
467. Walsh, E C et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)2, S. 83-98
468. Pennington, T.: Products Finishing 78(2014)8, S. 34-35
469. Dong, M. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)2, S. 71-73
470. Averill, A. F. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)2, S. 99-102
471. Mancheva, R. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)2, S. 108-114
472. Raffice, A. et al.: Trans. IMF (England) 92(2014)2, S. 115-120
473. Unruh, J.: Galvanotechnik 105(2014)6, S. 1134-1139
474. Anon.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 54(2014), S. 24-26
475. Dahlhaus, M.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 54(2014), S. 18-20
476. Barz, J.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 54(2014), S. 28-29
477. Anon.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 54(2014), S. 30-31
478. Giawe, A. et al.: Galvanotechnik 105(2014)6, S. 1126-1132
479. Satinskaja, S. et al.: galvano organo (2014) Nr. 82, S. 34-36
480. Zhang, B. V et al.: Trans. IMF 92(2014)2. S. 74-80
481. Rodionov, I. W.: metallovedenie i termitscheskaja obrabotka metallov 2013,11(701), S. 24-28
482. Rakotoson, V: galvano organo 2014, Nr. 829, S. 48-49
483. Anon., galvano organo 2014, Nr. 829, S. 26-29
484. Miihleisen, M: JOT 54(2014)6 S. 66-68
485. Anon.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 54(2014), S. 22-23
486. Hogel, R.: JOT 54(2014)5, S. 12-15
487. Reiter, F.: JOT 54(2014)5, S. 16-18
488. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 68(2014)5, S. 16-17
489. Sirvain, M. A.: galvano organo (2014) Nr. 829, S. 3944
490. den Harting, J.: besser lackieren 16(2014)10
491. Buzer, G.: besser lackieren 16(2014)3, S. 16
492. Anon.: Aluminium 90(2014)6, S. 72-76
493. Adam, J.: PLUS 15(2014)6, S. 1197-1199
494. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 68(2014)5, S. 26-27
495. Gagro, D.: Farbe und Lack 120(2014)6, S. 6-19
496. Heindl, A.: Galvanotechnik 105(2014)6, S. 1124-1127
497. Heizmann, M. et al.: MO Magazin für Oberflächentechnik 68(2014)5, S. 18-21
498. Strehlitz, M.: SMM 115(2014)12, S. 26-27
499. Vieweger, U: Galvanotechnik 105(2014)6, S. 1140-1146
500. Becker, H. W.: Galvanotechnik 105(2014)6, S. 1147-1156
501. Welzcl, F: Update. Ein Kundenmagazin von Phonix Contact 2/14, S.4-5
502. Friedrichkeit, H.-J.: PLUS 15(2014)6, S. 1216-1218
503. Budinovskij, S. A. et al.: metallovedenie i termitscheskaja obrabotka metallov 702(2013)12, S. 16-21
504. Anon.: oppervlaktetechnieken 58(2014)5, S. 18-19
505. Rudskoj, A. I. et al.: metallovedenie i termitscheskaja obrabotka metallov (2013)10 (700), S. 5147
506. Tanski, T.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 45(2014)5, S. 333-353
507. Lackner, J. M. et al.: Galvanotechnik 105(2014)6, S. 1294-1303
508. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 55(2014)3, S. 16-18
509. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 55(2014)3, S. 32-33
510. Gubanov, A. A. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 22(2014)2, S. 44-50
511. Berger, S. et al.: Oberflächen Polysurfaces 55(2014)3, S. 6-9
512. Jelinek, T. W.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 22(2014)2, S. 17-23
513. Kruglikov, S. S. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 22(2014)2, S. 24-28 [514]
- Sajjadnejad, M. et al.: Trans. IMF 92(2014)4, S. 227-232

515. Wei, S. et al.: Trans. IMF 92(2014)4, S. 180-182
516. Ma, C et al.: Trans. IMF 92(2014)4, S. 189-195
517. Szczigiel, B. et al.: Trans. IMF 92(2014)4, S. 196-202
518. Ibrahim, M. A. A. et al.: Trans. IMF 92(2014)4, S. 218-226
519. Böttger-Hiller, F. et al.: Matenalwissenschaft und Werkstofftechnik 45(2014)6, S. 541-551
[520] Richter, K. et al.: bbr bänder bleche rohre 55(2014)4, S. 60
521. Georgieva, M. et al.: Trans. IMF 92(2014)3, S. 140-145
522. Tarozait, R. et al.: Trans. IMF 92(2014)3, S. 146-152
523. Balaraju, J. N. et al.: Trans. IMF 92(2014)3, S. 169-175
524. Singli, A. K. et al.: Trans. IMF 92(2014)3 S. 153-160
525. Kavitha, C et al.: Trans. IMF 92(2014)3, S. 151-158
526. Pinger.T. et al.: Schweissen und Schneiden 66(2014)06, S. 122-123
527. Maciej, A. et al.: ochrona przed korozja 57(2014)4, S. 168-173
528. Pinger, T. et al.: JOT 54(2014)7, S. 36-38
529. Hassannejad, H. et al.: Trans. IMF 92(2014)4, S. 183-188
530. Wesling, V et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 45(2014)6, S. 466-464
531. Berger, L.-M. et al.: Matenalwissenschaft und Werkstofftechnik 45(2014)6, S. 465-475
532. Jung, A. et al.: Matenalwissenschaft und Werkstofftechnik 45(2014)6, S. 486-495
533. Andrejewam, R. A. et al.: Trans. IMF 92(2014)4, S. 203-211
534. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 55(2014)3, S. 10-12
535. Anon.: SMM 115(2014)14/15, S. 21-23
536. Hilt, M. et al.: besser lackieren 16(2014)12, S. 6
537. Reichenberger, M. et al.: PLUS 15(2014)7, S. 1515-1527
538. Anon.: Metall 68(2014)6, S. 235
539. Adam, J.: PLUS 15(2014)7, S. 1410-1412
540. Oezkoek, M. et al.: PLUS 15(2014)7, S. 1426-1437
541. Anon.: Metall 68(2014)6, S. 236-237
542. Reinhardf.A. et al.: PLUS 15(2014)7, S. 1509-1914
543. Mille, J.: PLUS 15(2014)7, S. 1494-1497
544. Stiitz, A. et al.: PLUS 15(2014)7, S. 1436-1443
545. Friedrich, J.: PLUS 15(2014)7, S. 1531-1537
546. Wild, P. et al.: PLUS 15(2014)7, S. 1536-1541
547. Witter, M.: Farbe und Lack 120(2014)7 S. 66-70
548. Kobus, J.: inżynieria powierzehni (2014)2, S. 73-79
549. Wach, P. et al.: inżynieria powierzehni (2014) 2, S. 18-25
550. Gregg, P.: Products Finishing 78(2014)9, S. 24-28
551. Neumaier, M. et al.: JOT 54(2014)7, S. 24-29
552. Bender, A.: JOT 54(2014)7, S. 32-35
553. Edler von Mayewcz, E.: Farbe und Lack 120(2014)7, S. 58-63
554. Thomsen, F.: JOT 54(2014)7, S. 68-69
555. Lehmann, J.: JOT 54(2014)7, S. 70
556. Gründkemeyer, M.: JOT 54(2014)7, S. 74-77
557. Anon.: Metall 68(2014)6, S. 236-237
558. Vollmar, P. et al.: Galvanotechnik 105(2014)7, S. 1408-1410
559. Fickenscher, M.: Oberflächen Polysurfaces 55(2014)3, S. 30-31
560. Schmitt, J.: JOT 54(2014)7, S. 16-17
561. Cuibus, F, M. et al.: Galvanotechnik 105(2014)7, S. 1398-1407
563. Marini, K.: Products Finishing 78(2014)10, S. 20-23
564. Reisgn, U et al.: lightweightdesign (2014) 3, S. 12-17
565. Reschkem, S. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2014) 3, S. 3
566. Wilhelm, M. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2014) 3, S. 20-21
567. Kühn, M.: weitevorn Das Fraunhofer Magazin 2014, 3, S. 29-31
570. Michailenko, W. G. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 22(2014)2, S. 29-35
571. Manolova, M. et al.: Galvanotechnik 105(2014)7, S. 1389-1397
572. Hasenpusch, W.: Galvanotechnik 105(2014)7, S. 1516-1525
573. Niesing, B.: weitevorn Das Fraunhofer Magazin (2014)3, S. 8-13
574. Hilt, M. et al.: besser lackieren 16(2014)11, S. 6
576. Amberg, X.: JOT 54(2014)7, S. 22-23
577. Anon.: PLUS 15(2014)7, S. 1556-1561
578. Akuszewski, M.: Products Finishing 78(2014)10, S. 24-36
579. Roth, R.: JOT 54(2014)7, S. 52-53
580. Krupa, P.: Products Finishing 78(2014)9, S. 20-23
581. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik messe spcial (2014) S. 4849
582. Niederschlag, G.: Erzmetall World of Metallurgy 67(2014)3, S. 132
583. Anon.: Erzmetall World of Metallurgy 67(2014)1, S. 13
584. Anon.: weitevorn Das Fraunhofer Magazin (2013) 3, S. 2-17
585. de.wikipedia.org/wiki/industri e4.0
586. Grand, S.: Erzmetall World of Metallurgy 67(2014)4, S. 87-88
587. Büchler, E.: Galvanotechnik 104(2013)1, S. 70-78

УДК 621.357.7

Гальвано-механическое толстослойное осаждение железа

Копылов Ю.Р.

Ключевые слова: электроосаждение, механическое воздействие, осаждение, упрочнение, сталь

В статье представлены результаты исследований процесса толстослойного электроосаждения железа из хлоридного электролита при механическом послойном воздействии на формирующиеся поверхностные слои. Приведен химический состав осаждённого слоя; зависимость толщины, микротвёрдости и остаточных напряжений первого рода в осаждённом слое, прочности сцепления осаждённого металла с основой и выход по току от катодной плотности тока и давления инструмента.

Galvano-Mechanical Deposition of Thick Layers of Iron

Kopylov Yu. R.

Key words: electroplating, mechanical impacts, hardening, steel.

Deposition of iron for the restoration of wearied parts with cylindrical shapes (ship shafts, etc.) was studied using ferrous chloride bath and ceramic smoothing plate. The surface of rotating cylinder (Fig.1) is pressed by this plate which smoothens (?) the cathode surface. Asymmetrical is applied at the initial stage of the process. Then the electrodeposition continues at c.d. 2500 A/dm². Deposition of layers 2 mm thick takes 8 hrs. Iron layers have following characteristics Rz 12-50 μm (Fig.2), HV 5500-730 (Fig.3), adhesion to the base metal 200-247 MPa. Current efficiency varies from 60 to 90% (Fig.4). Internal stress in the deposits depend on c.d. and the pressure created by the aramic plate. Higher pressure reduces current efficiency and increases hardness of deposits.

Введение

Электроосаждение применяется для восстановления размеров изношенных крупногабаритных деталей сложной формы, не допускающих теплового воздействия из-за их коробления. У крупногабаритных деталей, типа коленчатых валов мощных судовых и тепловозных дизелей, износ при капитальном ремонте достигает 0,5-0,7 мм, при диаметре шеек 190-210 мм. В этой связи возникает потребность в осаждении слоя металла большой толщины: не менее 0,9-1,5 мм. При гальваническом осаждении за счёт модификации поверхностного слоя карбидами вольфрама,

молибдена удаётся повысить контактную прочность. Усталостная прочность при этом снижается. Поэтому помимо осаждения слоя большой толщины возникает проблема повышения или, по крайней мере, сохранения остаточной усталостной прочности. Особенно актуальна проблема восстановления деталей, типа крупногабаритных коленчатых валов, с высокой стоимостью. Многочисленные попытки добиться необходимой толщины и прочности методом газопламенной наплавки и детонационного напыления не дали необходимых результатов.

Методическая часть

Экспериментальное исследование электроосаждения проводили в электролите на основе хлорида железа при нормированном усилии и скорости механического послойного воздействия на образующиеся поверхностные слои [1]. Деталь - катод 1 изготовлена из среднеуглеродистой стали «сталь 30», цилиндрической формы диаметром 100 мм и длиной 100 мм (рис. 1). На деталь в процессе осаждения воздействует выглаживающий инструмент 2 из минералокерамической пластины СЦ-21 с прижимным усилием $F_{\text{и}}$. В процессе осаждения деталь - катод 1 вращается со скоростью $V_{\text{д}}$ об/мин, а выглаживающий инструмент 2 прижимается к поверхности детали и совершает возвратно-поступательные перемещения со скоростью $n_{\text{и}}$, мин⁻¹. Деталь и анод помещены в контейнер 4, который заполнен проточным электролитом 5 на основе хлорида железа.

В качестве электролита был выбран технологически отработанный, хорошо зарекомендовавший себя в производстве электролит на основе хлорида железа [2] состава: хлорид железа четырехводный $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 350 кг/м³; регулятор кислотности до уровня pH 1 – кислота соляная – HCl.

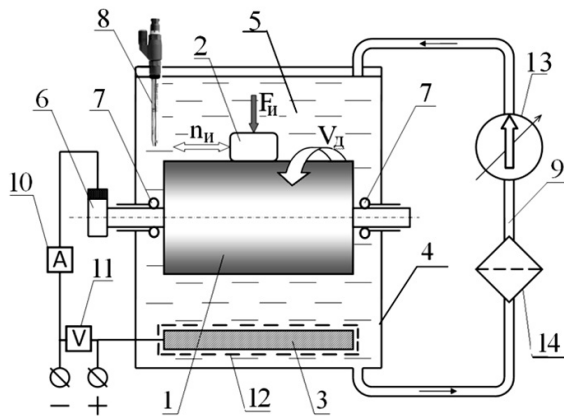


Рис. 1. Схема экспериментального исследования гальвано-механического осаждения железа: 1. – деталь (катод); 2. – выглаживающий инструмент; 3. – анод; 4. – проточная ванна; 5. – электролит; 6. – контактный щёточный узел; 7. – уплотнительные манжеты; 8. – датчик температуры электролита; 9. – трубопровод; 10. – амперметр; 11. – вольтметр; 12. – чехол из пористой кислотостойкой стеклянной ткани; 13. – насос для перекачивания электролита; 14. – фильтр и радиатор охлаждения электролита

Fig.1. Principal design of the unit: 1. – part (cathode); 2. – aramic plate; 3. – anode; 4. – cell; 5. – solution; 6. – electrical contact; 7. – sealers; 8. – thermometer; 9. – pipe; 10. – ammeter; 11. – voltmeter; 12. – glass filter anode bag; 13. – solution pump; 14. – cooler with filter

Подготовка электролита. В ёмкость помещают 5,5 кг хлорида железа и добавляют 0,010 м³ дистиллированной воды. После полного растворения хлорида железа доливают воду до объёма 0,015 м³. Замеряют кислотность раствора и добавлением соляной кислоты доводят до pH 1. Раствор фильтруют и заливают в контейнер для исследований. Для восстановления трехвалентного железа до двухвалентного, электролит прорабатывают постоянным током при плотности 500 А/дм² до достижения зеленого цвета и прозрачности электролита.

Подготовка образца. После чистового точения образец полировали на войлочном круге с включениями абразивного порошка № 240 до Ra1,25 мкм. Изоляция участков образца и оснастки, не подлежащих осаждению, производилась нанесением нескольких слоёв хлорвинилового лака ХВА-21 с промежуточной просушкой и последующей обмоткой изоляционной лентой марки ПХВ. Обезжиривание поверхности образца производили тщательной протиркой детали органическим растворителем типа 646 и венской известью с последующей промывкой в горячей и холодной воде. Травление образца проводили в электролите железнения в отдельной ванне при анодной плотности тока 3000 А/м² в течение $t_a = 3$ мин до получения ровного матового тёмно-серого цвета восстанавливаемой поверхности. Декапирование образца проводили в 30%-м растворе серной кислоты H_2SO_4 при анодной плотности тока 7000 А/м² в течение 25 с до получения ровного матового серебристо-серого цвета в специальной ванне. После декапирования образец промывали в горячей воде и затем монтировался на установку.

Образец устанавливали в оснастку ванны и процесс электрогальванического осаждения выполняли по одной из технологий: № 1 – без механического воздействия; № 2 – с механическим воздействием инструмента. При осаждении по технологии №2 производится активация поверхности образца переменным током плотностью 1000А/м² в течении 40-50 секунд в ванне осаждения. Затем положительная составляющая переменного тока плавно уменьшается, а отрицательная составляющая увеличивается с переходом к постоянному рабочему току на катоде. Процесс осаждения начинается с разгонного режима при минимальной катодной плотности постоянного тока 500 А/м² в течение 5 мин. Затем плотность тока в течение 10-15 мин равномерно повышают до рабочих величин, соответствующих плану эксперимента. Далее осаждение продолжается с нормированным механическим воздействием

инструмента на осаждаемые слои. Образцу сообщается вращение, инструменту – возвратно-поступательное перемещение вдоль его поверхности с прижатием минералокерамической пластины силинит-Р к поверхности образца с заранее установленным давлением [3]. В процессе осаждения постоянно поддерживается температура, концентрация и кислотность электролита, плотность тока.

После окончания осаждения образец демонтируют с установки, промывают в горячей воде, затем в 10% содовом растворе, снова в горячей и холодной воде, сушат сжатым воздухом, затем измеряют параметры качества поверхностного слоя.

Исследованы два варианта технологии осаждения стали.

Технология № 1 – электроосаждение без механического воздействия и без вращения образца, при плотности тока $I_k = 500 - 3500 \text{ А/дм}^2$.

Технология № 2 – электроосаждение с механическим воздействием при различных окружных скоростях вращения образца $V_k = 0,5-0,8 \text{ м/с}$, частотах перемещения инструмента $n_i = 0,3-1,0 \text{ с}^{-1}$, давления инструмента $P_{ii} = 1-5 \text{ МПа}$, катодной плотности тока $I_k = 1000-3500 \text{ А/дм}^2$.

Образцы цилиндрической формы (диаметр 100 мм, длина 100 мм, толщина стенки 5 мм) изготавливали из стали 30, аноды – из стали 30. Отношение площади анодов и катода составляет $S_a/S_k = 2/1$. Расстояние от анода до катода-образца 50-60 мм. Температуру электролита поддерживали в диапазоне 40-50 °С. Размеры измеряли микрометром типа МКЦ 100-125, массу – взвешиванием на аналитических весах ВЛА-200, шероховатость – профилографом модели 252. Прочность сцепления определяли по методу Олларда-Мелкова. Износостойкость покрытия исследовали на машине трения СМЦ-2. Твердость восстановленного слоя измеряли по способу Виккерса HV твердомером комбинированным МЕТ-УД. Остаточные напряжения первого рода в восстановленном слое $\sigma_{ост}$ МПа определяли по методу Давиденкова.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Химический состав покрытия и основы (сталь 30) при гальвано-механическом осаждении стали по технологии № 2:

- содержание углерода в осажденном слое 0,086 %, в основе - 0,225 %;
- содержание водорода в осажденном слое 0,0043 %, в основе - 0,0042 %;
- содержание серы в осажденном слое 0,002 %, в основе - 0,009 %.

При электроосаждении по технологии № 1 без механического воздействия содержание водорода в осажденном слое на порядок выше, что снижает его прочностные свойства.

Толщина осажденного слоя по технологии № 2 с механическим воздействием $h_{max} = 2,1 \text{ мм}$ была достигнута при плотности тока $I_k = 2500 \text{ А/м}^2$, окружной скорости вращения образца $V_k = 0,6 \text{ м/с}$, частоте перемещения инструмента $n_i = 0,6 \text{ с}^{-1}$ и давлении инструмента $P_{ii} = 2 \text{ МПа}$. Процесс осаждения осуществляли в течение 480 минут, без снижения скорости осаждения, которая составила 0,26 мм/час.

Максимальная толщина осажденного слоя стали по технологии №1 без механического воздействия, достигнутая за 240 минут при плотности тока $I_k = 2500 \text{ А/м}^2$ составляет $h_{max} = 0,5 \text{ мм}$ (рис. 2). Далее осаждение приостанавливается. Осаждение по технологии № 1 происходит с замедлением из-за возникновения на поверхности не токопроводящих оксидов и других загрязнений. Средняя скорость осаждения 0,125 мм/час. Среднеарифметическая высота профиля неровностей Rz 125-250 мкм. Осажденный слой имеет значительную пористость и множество дефектов поверхностного слоя.

Среднеарифметическая высота профиля неровностей по технологии №2 Rz 12-25 мкм без дополнительной обработки (рис. 2), осажденный слой имеет низкую пористость и малое содержание водорода. По технологии №1 Rz 120-250 мкм, осажденный слой имеет повышенную пористость, содержание водорода и других вредных примесей.

Микротвердость осажденного слоя растет с увеличением катодной плотности тока (рис. 3). Это связано с измельчением структуры осадков при повышении плотности тока. Твердость осажденного слоя возрастает также с увеличением

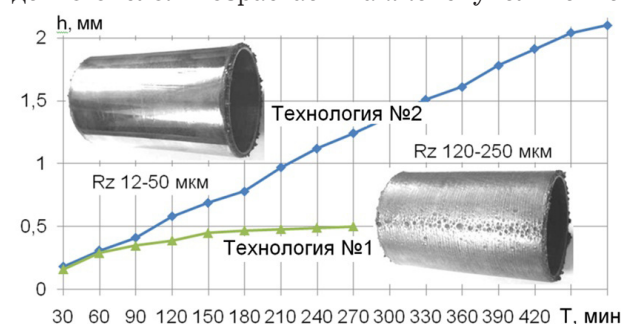


Рис. 2. Зависимость толщины восстановленного слоя h , мм от времени ведения процесса T , мин: технология № 1 – электроосаждение; технология № 2 – электроосаждение с механическим воздействием

Fig.2. Effect of deposition time on the deposit thickness: №1. – without mechanical action; №2. – with ceramic plate

давления инструмента на осаждённые слои. Это связано с ростом пластической деформацией вновь образовавшихся объёмов металла, послойным упрочнением и наклёпом этих слоёв металла при увеличении давления инструмента. Чем выше давление инструмента, тем выше наклёп и твердость осаждённого слоя. Прирост микротвёрдости по мере повышения давления инструмента сокращается, это свидетельствует об ограниченном пределе упрочнения осаждаемого металла и возможном перенаклёпе. Микротвёрдость растёт с увеличением частоты перемещений инструмента относительно поверхности образца, с сокращением прироста по мере её увеличения.

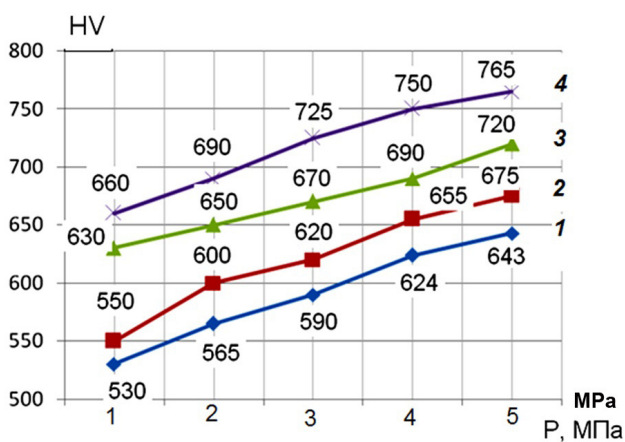


Рис. 3. Зависимость микротвёрдости осаждённого слоя HV от давления инструмента P (МПа) при различной плотности тока I_k (А/м²): 1. – 1000, 2. – 1500, 3. – 2500, 4. – 3500

Fig.3. Effect of ceramic plate pressure and current density on deposited layer microhardness

Прочность сцепления осаждённого металла с основой является одним из важнейших и трудно достижимых прочностных параметров качества, обеспечивающих надежность работы сопрягаемых поверхностей. Прочность сцепления зависит, в частности, от чистоты поверхности образца. Наибольшая прочность сцепления на отрыв осаждённого металла от основного металла образца получена при декапировании в 30% растворе H_2SO_4 и обработке поверхности образца переменным током в контейнере, с постепенным уменьшением плюсовой и увеличением отрицательной составляющей переменного катодного тока.

При осаждении по технологии № 1 без механического воздействия декапировании в 30%-ном растворе H_2SO_4 прочность сцепления на отрыв слоя от поверхности образца составляет $\sigma_{сц} = 38-57$ МПа.

При электрохимическом анодном травлении перед декапированием в 30% растворе H_2SO_4

и последующем осаждении без механического воздействия $\sigma_{сц} = 76-105$ МПа.

При осаждении по технологии № 2 с механическим воздействием при электрохимическом анодном травлении, активизации поверхности образца в ванне осаждения переменным током прочность растёт до $\sigma_{сц} = 201-247$ МПа.

Обработка переменным током непосредственно в контейнере осаждения с постепенным уменьшением плюсовой и увеличением отрицательной составляющей катодного тока, электрохимическом анодном травлении и декапировании в контейнере непосредственно перед началом «разгонного режима» позволяет повысить прочность сцепления.

Это происходит потому, что при обработке переменным током, осаждаемая поверхность на некоторое время многократно становится катодом и затем анодом, происходит окончательное удаление окисных пленок и других не токопроводящих веществ и образование ювенильной свежесформированной поверхности металла, свободной от оксидов и других загрязнений без доступа воздуха. Постепенное уменьшение плюсовой и увеличением отрицательной составляющей переменного тока, позволяет плавно перейти в начале к пульсирующему току, затем к постоянному катодному току и механическому воздействию с оптимальным давлением.

Выход по току возрастает с увеличением катодной плотности тока, однако прирост выхода по току с повышением плотности тока при $I_k \geq 2500$ А/м² снижается. Выход по току при увеличении давления инструмента на осаждённые слои снижается (рис. 4).

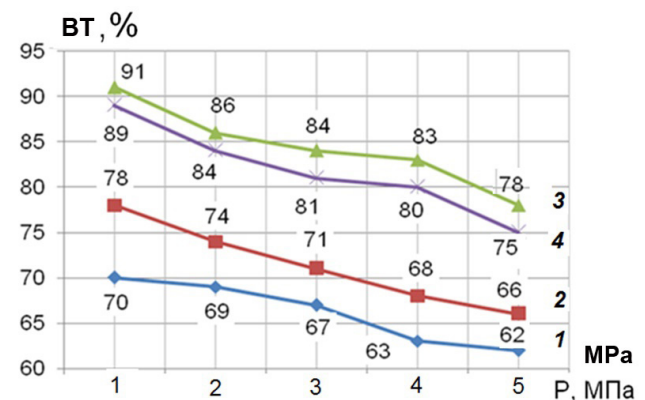


Рис. 4. Зависимость выхода железа по току ВТ (%) от давления инструмента (МПа) и плотности тока I_k (А/м²): 1. – 1000, 2. – 1500, 3. – 2500, 4. – 3500

Fig.4. Effect of tool pressure and current density on current efficiency

Выход по току железа с увеличением частоты перемещений инструмента относительно осаждаемой поверхности незначительно изменяется.

Наибольшее значение выхода по току ВТ = 90% достигнуто при катодной плотности тока I_k 3500 А/м², давлении инструмента на поверхность $P=1$ МПа, частоте перемещений инструмента $\nu = 0,5$ с⁻¹. При этом скорость осаждения составляет $0,4 \times 10^{-3}$ м/ч, а рациональная для практического применения скорость осаждения составляет $0,2 \pm 0,05 \times 10^{-3}$ м/ч.

Остаточные напряжения первого рода в осаждённом слое возрастают с увеличением катодной плотности тока, при этом интенсивность прироста остаточных напряжений с повышением катодной плотности тока снижается (рис. 5). При снижении катодной плотности тока, растягивающие технологические остаточные напряжения первого рода, уменьшаются и переходят в сжимающие остаточные напряжения.

При увеличении давления инструмента на осаждённые слои остаточные напряжения вначале снижаются и достигают минимума при значении давления $P \approx 3$ МПа, затем вновь растут. При определенных условиях растягивающие напряжения могут переходить в сжимающие (рис. 5).

Снижение растягивающих остаточных напряжений с ростом давления инструмента, образование экстремального минимума и увеличение остаточных напряжений при дальнейшем росте давления зависит от сложного многопараметрического влияния давления на процесс. Повыше-

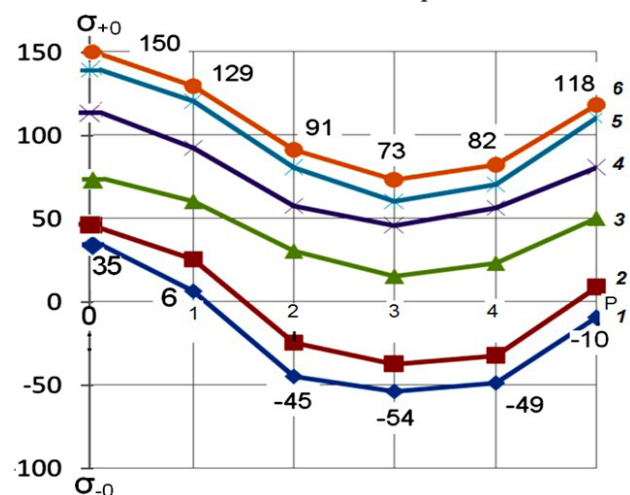


Рис. 5. Зависимость остаточных напряжений первого рода в осаждённом слое σ_0 (МПа) от давления инструмента P (МПа) и плотности тока I_k (А/м²): 1. - 1000, 2. - 1500, 3. - 2000, 4. - 2500, 5. - 3000, 6. - 3500

Fig.5. Effects of tool pressure and current density on the residual internal stress of the first type

ние давления улучшает условия осаждения за счёт удаления не токопроводящих включений и пузырьков водорода; в то же время ухудшает условия зарождения и снижает рост зародышей осаждения; при этом способствует переходу упругих деформаций в пластические; сопровождается достаточно сложными процессами трения.

С повышением частоты перемещений инструмента относительно осаждаемых слоёв растягивающие остаточные напряжения в слое снижаются и при определенных условиях переходят в сжимающие. Однако интенсивность снижения остаточных напряжений с ростом частоты замедляется.

Выводы

Действие выглаживающего инструмента способствует перемешиванию электролита в прикатодном слое, ускоряет выделение пузырьков водорода, оказывает силовое воздействие на осажденные слои с нормированным усилием и частотой, счищает с поверхности пленки, деформирует и сокращает поры, формирует сжимающие остаточные напряжения. В результате снижается негативный эффект водородного наклёпа, поверхностный слой приобретает квазикристаллическую мелкозернистую упрочнённую структуру [4].

Технология реализуется без теплового воздействия; обеспечивают требуемую толщину, микротвердость и низкую шероховатость восстановленного слоя. Покрытие содержит значительно ниже допустимых значений величину вредных примесей, в том числе водорода; имеет удовлетворительную прочность сцепления с основой. Процесс имеет невысокие материальные и энергетические затраты и быструю окупаемость; применяется экологически приемлемый электролит.

Заключение. Важным направлением дальнейших исследований процессов гальвано-механического осаждения является выяснение механизма формирования квазикристаллической мелкозернистой структуры, восстановления размеров, формирования контактной и усталостной прочности; обеспечение стабильности технологических процессов осаждения. Для внедрения наукоёмких технологий необходима разработка оборудования с автоматической стабилизацией технологических режимов.

Литература References

1. Копылов Ю.Р. Способ гальваномеханического восстановления токопроводящих деталей и

устройство для его осуществления. Патент РФ № 2323277. МПК G25D 5/06, G25D 15/00, G25D 19/00. 2008. Бюл. № 12.

Kopylov Yu.R. Method for the galvanomechanical restoration of conductive parts and corresponding device. Russ.Patent № 2323277, 2008.

2. Мелков М. П. Восстановление автомобильных деталей твердым железом / Мелков М. П., Швецов А. Н., Мелкова И. М. – М.: Транспорт, 1982. – 198 с.

Melkov M.P. Restoration of car parts with hard iron. M., Transport, 1982. 198 p.

3. Копылов Ю.Р. Применение гальвано-механического осталивания для ремонта крупногабаритных коленчатых валов. Перспективные технологии и технические средства в АПК. Труды конф. МичГАУ. 2007. С. 37-41.

Kopylov Yu R The use of galvanomechanical deposition of steel for the restoration of large shafts. Proc.conference Mich-GAU. 2007, P. 37-41.

4. Копылов Ю.Р., Горожанкина О.В. Структура и свойства восстановленного слоя при гальва-

но-механическом осталивании. Известия ЮЗГУ. 2013. № 3 (48). С. 151-156.

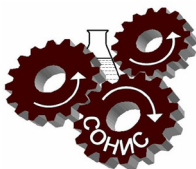
Kopylov Yu. R., Gorozhankina O.V. Structure and properties of restored layer in galvanomechanical iron-plating. Trans. YUZGU. 20013. №3 (48). P. 151-156.

Сведения об авторах

Копылов Юрий Романович - профессор, доктор технических наук; кафедра «Технология машиностроения»; Воронежский государственный технический университет, 394062, г. Воронеж, ул. Южно-Моравская, д. 38, кв. 99; Тел.: (473)-293-09-29; служ.: (473)-253-09-73; Факс: (473)-270-27-20; e-mail: urkopulov@mail.ru

Information about authors

Kopylov Yu.R. – prof., doctor of Sci, Dept. Technology of machine building, Technical University, Voronezh, South Moravskaya Str., 38-99. tel.: 473-293-09-29; 473-253-09-73.



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!*



Скляренко Андрей Викторович
Исполнительный директор ООО «СОНИС»

ООО «СОНИС» поставляет
блескообразующие и другие
добавки, специальные
химические композиции
для различных процессов

- ОБЕЗЖИРИВАНИЕ
- ТРАВЛЕНИЕ
- ЦИНКОВАНИЕ (Zn)
- ХРОМАТИРОВАНИЕ
- МЕДНЕНИЕ (Cu)
- НИКЕЛИРОВАНИЕ (Ni)
- ХРОМИРОВАНИЕ (Cr)
- ФОСФАТИРОВАНИЕ
- ХОЛОДНОЕ ЧЕРНЕНИЕ

УДК 621.357.7

К вопросу о кроющей способности электролитов

Смирнов К.Н., Архипов Е.А., Кравченко Д.В.

Ключевые слова: кроющая способность, угловая ячейка, ячейка Хулла, кадмирование, свинцевание, никелирование

В работе предложен новый способ исследования и количественной оценки кроющей способности (КС) электролитов. На примере электролитов кадмирования, никелирования и свинцевания показана его адекватность и возможность применения на практике.

On the Covering Power of Plating Solutions

Smirnov K.N., Arkhipov E.A., Kravchenko D.V.

Key words: covering power, Hull cell, cadmium, lead and nickel plating

New method for a quantitative evaluation of covering power of plating solutions based on the measurements with Hull cell is proposed. The method takes into account both plating time and current density which effect the degree of the formation of the coating on shaped parts. It allows to select the best of the compared baths which have similar plating characteristics. Using this method a number of cadmium, nickel and lead plating baths (Table 1) were tested and numerical values of covering power ranging from 5% to 97% were recorded (Table 2). The new method may be helpful in the selection of plating baths.

Введение

Дискуссии о кроющей способности электролитов ведутся уже давно, при этом среди исследователей и производителей нет единого мнения о точной детерминации этого понятия, способах качественного ее определения, возможности применения каких-либо количественных критериев. Существует даже точка зрения о неадекватности и бесполезности этого понятия.

Однако кроющая способность электролита была и остается одной из важнейших его технологических характеристик в первую очередь для технолога-производителя. Во многих случаях качество получаемых покрытий определяется не только большей или меньшей его равномерностью по профилю (характеризуется рассеивающей

способностью электролита по металлу), внешним видом, физико-химическими свойствами (такими как коррозионная стойкость, пористость, внутреннее напряжение, износостойкость, относительное удлинение, электропроводность и др.), но и таким фактором, как просто наличие покрытия (не принимая в расчет его толщины) на труднодоступных участках поверхности сложно профилированных деталей, таких как внутренние острые углы, глухие отверстия, полости различной формы и т.п. Именно понятие «кроющая способность» характеризует электролит по этому критерию. Задачей же исследователя является разработка наиболее адекватного критерия оценки КС и способов изменения этого критерия.

Остановимся сначала на детерминации.

Существует множество несколько отличающихся друг от друга определений этого понятия, например:

- способность электролита покрывать углубленные участки на поверхности детали [1];
- отношение максимального значения допустимой плотности тока к ее минимальному значению [1, 2];
- крошащая способность электролита характеризуется минимальной плотностью тока, при которой начинается электроосаждение металла [2];
- под крошащей способностью электролита следует понимать возможность наносить из этого электролита покрытие необходимого качества на всей поверхности детали [2];
- способность электролита давать покрытие, закрывающее сплошь или частично рельефную поверхность без учета толщины слоя [3].

Теперь рассмотрим некоторые предлагаемые способы определения количественных показателей крошащей способности электролитов.

1. Для количественного определения «работы ванны в глубину», т.е. КС, Пен предложил в качестве катода использовать пластину, в которой просверлены углубления диаметром 12,5 мм. Высота каждого углубления постепенно возрастает от 1,25 до 12,5 мм, т.е. в первой ямке глубина составляет 10% от ее диаметра, а в последней 100%. Пен выражал крошащую способность 40%, если 4-я ямка покрылась полностью, а 5-я не полностью [4].

При реализации этого способа возникает несколько несоответствий:

- если при одной и той же катодной плотности тока диаметр углублений увеличить или уменьшить, то и отношение глубины прокрытия к диаметру соответственно увеличится или уменьшится (для одного и того же электролита);
- если увеличить или уменьшить время выдержки при одной и той же катодной плотности тока, отношение глубины прокрытия к диаметру соответственно увеличится или уменьшится (для одного и того же электролита), как и в первом случае;
- если увеличить или уменьшить катодную плотность тока при постоянных размерах и времени осаждения, произойдет то же самое, что и в двух первых случаях.

Кроме того изготовление тестовой пластины достаточно трудоемко.

2. По другому способу осаждение металла проводится на угловой катод с углом 90 градусов

[1], а затем количественно оценивается площадь катода, покрытая сплошным слоем осаждаемого металла. Крошащая способность соответствует процентному отношению площади образца с покрытием к общей площади. Здесь наблюдается аналогичная ситуация – на показатель будут влиять относительные размеры катода и расстояние до анода, катодная плотность тока и время осаждения.

Таким образом, получается, что количественный критерий КС электролита зависит от геометрии изделия, времени осаждения и катодной плотности тока и в конечном итоге во всех случаях можно применить лишь условную характеристику того или иного электролита, например «высокая (хорошая), средняя, низкая, очень низкая (плохая)» крошащая способность.

С нашей точки зрения необходимо минимизировать зависимость показателя крошащей способности от вышеуказанных факторов, введя некий совокупный критерий.

В данной работе предлагается проводить количественную оценку крошащей способности при помощи ячейки Хуллы (ЯУ-270). Эта угловая ячейка считается наиболее универсальной, поскольку при средней катодной плотности тока 2 А/дм² (для большинства электролитов это значение попадает в рабочий диапазон катодных плотностей тока) на тестовой пластине реализуется распределение плотностей тока приблизительно от 0,1 до 8 А/дм², т.е. перекрывает рабочие диапазоны для большинства электролитов. В ранее опубликованных работах по электролитическому кадмированию применение угловой ячейки для этой цели уже предлагалось. Крошащая способность электролитов кадмирования оценивалась по времени образования сплошного слоя покрытия в области малых катодных плотностей тока, т.е. на дальнем от анода краю тестовой пластины. Этот способ показал хорошую корреляцию полученных результатов с испытаниями соответствующих электролитов на модельных образцах сложного профиля, покрытых кадмием в стационарной лабораторной ванне [5,6].

Однако время образования сплошного покрытия как количественный критерий КС в данном случае будет все же зависеть от токовой нагрузки на ячейку Хуллы, т.е. от средней катодной плотности тока. В связи с этим мы выбрали критерий, включающий в себя ток (плотность тока) и время образования сплошного покрытия.

Таблица 1. Составы исследуемых электролитов
Table 1. Composition of baths tested

Компонент Component	Электролит №, содержание компонента, г/л Bath №, concentrations of components, g/l					
	1	2	3	4	5	6
Кадмий сернокислый, CdSO ₄	45	200	-	-	-	-
Сернокислый аммоний, (NH ₄) ₂ SO ₄	200	-	-	-	-	-
Сернокислый натрий, Na ₂ SO ₄	-	100	-	-	-	-
Диспергатор НФ-М (мл/л) Additive NF-M, ml/l	7	-	-	-	-	-
Добавка ЦКН-04С (мл/л) Additive, TSKN, ml/l	-	5	-	-	-	-
Сернокислый никель, Ni sulfate	-	-	180	180	-	-
Хлористый никель, Ni chloride	-	-	40	40	-	-
Борная кислота, Boric acid	-	-	30	30	-	-
Добавка ЦКН-1З (мл/л), Additive TSKN, ml/l	-	-	-	2	-	-
Свинец (по металлу) Lead (as metal)	-	-	-	-	100	100
Борфтористоводородная кислота своб. Fluoboric acid (free)	-	-	-	-	40	-
Метилсульфоновая кислота своб. Methyl sulfonic acid (free)	-	-	-	-	-	10
Клей столярный Glue	-	-	-	-	1	-
ЦКН-45А (мл/л); TSKN-45А, ml/l	-	-	-	-	-	30
ЦКН-45Б (мл/л); TSKN-45Б, ml/l	-	-	-	-	-	30
pH	4,5	4,5	4,5	4,5	-	-

Методики экспериментов

При изучении кроющей способности электролитов электроосаждение металлов проводилось в прозрачной (изготовленной из оргстекла) ячейке Хулла на медные катоды пластины в течение 15 минут при токовых нагрузках 0,5 и 1,0 А, что соответствовало средним катодным плотностям тока 1 и 2 А/дм² соответственно. В процессе электроосаждения визуально фиксировалось время образования сплошного слоя металла покрытия в области низких катодных плотностей тока.

Поскольку увеличение тока способствует в данных условиях уменьшению времени осаждения сплошного слоя покрытия (причем в первом приближении зависимость линейна), а КС тем выше, чем меньше время, то в качестве количественного критерия (K_{kc}) мы выбрали величину, обратную произведению токовой нагрузки в А на время в сек. ($K_{kc} = 1/I \cdot t$). С нашей точки зрения такой критерий наиболее адекватен по сравне-

нию с существующими, что можно пояснить на двух примерах:

1. Известно, что у всех электролитов хромирования крайне низкая КС [2], однако гипотетически можно полностью прокрыть в течение какого-то конечного времени, скажем, угловой катод или тестовую пластину в ячейке Хулла, задав очень высокую токовую нагрузку. При оценке КС по площади, покрытой хромом, последняя составит практически 100%. При оценке же с помощью предлагаемого нами критерия $K_{kc} = 1/I \cdot t$ ток много больше 1, время больше 1, а критерий много меньше 1.

2. По данным исследований, приведенных в [5], у цианидного и сульфатно-аммонийного (с добавкой диспергатора НФ) электролитов кадмирования хорошая кроющая способность, однако, для цианидного электролита время t меньше, чем для сульфатно-аммонийного; соответственно и K_{kc} для него будет больше, причем разницу мы можем оценить количественно.

Таблица 2. Показатели кроющей способности электролитов.
Table 2. Polarization parameter

№ электролита Bath	Ток; I, A Current, A	Время τ , сек. Time, sek.	Критерий; Criterion $K_{kc} =$ $1/I \cdot \tau$	$S_{\text{покр}}/S_{\text{общ}},\%$ Splated/Stotal
1	0,5	7	0,286	97
	1	3	0,333	
2	0,5	10	0,200	86
	1	6	0,166	
3	0,5	30	0,067	27
	1	15	0,067	
4	0,5	20	0,100	42
	1	10	0,100	
5	0,5	180	близко к 0 close to 0	5
	1	100	близко к 0 close to 0	
6	0,5	60	0,033	17
	1	30	0,033	

Для дополнительной проверки предлагаемого критерия осаждение металла проводилось на медную пластину шириной 20 и длиной 150 миллиметров, согнутую поперек вдвое таким образом, чтобы внутренний зазор составлял 0,5 миллиметра. Режим осаждения: 1 А/дм², время 30 минут. После осаждения покрытия пластина разгибалась и определялось процентное отношение площади внутренней поверхности образца, прокрытой металлом к общей внутренней поверхности.

Медные образцы для экспериментов были выбраны по принципу цветового контраста с наносимыми металлами, кроме того медная поверхность легко активируется. Предварительная подготовка - стандартная для лабораторных исследований - обезжиривание и активация.

Выбор объектов исследований

Для исследований были выбраны два электролита кадмирования с высокой кроющей способностью, два электролита никелирования со средней КС и два электролита свинцевания, имеющие невысокую КС. При этом в каждой группе КС двух электролитов несколько различались между собой. Составы электролитов приведены в таблице 1.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Результаты исследования выбранных электролитов представлены в табл. 2.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Из двух электролитов кадмирования (1 и 2), обладающих высокой КС, первый предпочтительнее, т.к. имеет более высокий показатель $K_{kc} = 1/I \cdot \tau$, что, вероятно, связано с минеральным составом – электролит 1 можно считать комплексным в связи с наличием в составе аммония сернокислого, комплексные же электролиты, как правило, имеют лучшие технологические характеристики по сравнению с простыми.

2. Из двух электролитов никелирования (3 и 4) электролит с добавкой ЦКН-13 обладает более высокой КС, что связано с действием добавки – она повышает катодный выход по току никеля в области очень низких плотностей тока.

3. Оба электролита свинцевания (5 и 6) обладают низкой КС, что характерно для кислых электролитов свинцевания, но метилсульфонный электролит с добавками ЦКН-45А и Б имеет заметно лучшую КС.

Представленные результаты показывают, что для электролитов с высокой кроющей способностью есть небольшое несоответствие критерия КС при разных токовых нагрузках (плотностях

тока), связанное с невозможностью точного определения времени полного прокрытия пластины осаждаемым металлом. Для электролитов же со средней и плохой кроющей способностью наблюдается полное соответствие $K_{\text{кр}} = 1/\Gamma \cdot \tau$ при 0,5 и 1 А. В целом же предложенный критерий вполне адекватно количественно характеризует кроющую способность всех выбранных для исследования электролитов.

С помощью предложенного способа можно проводить сравнительные исследования близких по технологическим характеристикам электролитов для выбора наилучшего из них с точки зрения кроющей способности, что часто бывает важно для технологов гальванических производств.

Литература References

1. Горкер Л.С. Электрохимические ячейки и их применение в практике осаждения гальванических покрытий. // Мир гальваники, 2009, 1 (09) февраль, с 16-19.
Gorker L.S. Electrochemical cells and their application in practice of electroplating. Galvanic World, 2009, 1(09), February, P.16-19.
2. Сборник практических материалов. Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности». - М. Издательский центр РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2012, с. 378-383.
Collection of practical manuals. Addendum to the J. Electroplating and Surface Treatment. M., Publishing Center of Mendeleev University, M., 2012, P. 378-383.
3. Прикладная электрохимия. Учеб. Для вузов./ Под ред. докт. техн. наук проф. А.П. Томилова. - 3-е изд., перераб. - М.: Химия, 1984, с. 259.
Applied Electrochemistry. Ed. By prof. A.P. Tomilov, 3rd ed., M., Khimia, 1984, P. 259.
4. stroitelstvo-new.ru...kroyuschaya-sposobnost.shtml
5. Смирнов К.Н., Архипов Е.А., Кравченко Д.В. Кроющая способность электролитов кадмирования. // Гальванотехника и обработка поверхности. - М., 2013 - Т. XXI, № 4, с.30-33.
Smirnov K.N., Kravchenko D.V., Arkhipov E.A. Covering Power of Cadmium Plating Solutions.

J. Electroplating and Surface Treatment. M., 2013. v. XXI, №4, p.30-33.

6. Кравченко Д.В., Архипов Е.А., Смирнов К.Н. Кроющая способность сульфатно-аммонийного электролита кадмирования с диспергатором НФ-М и добавкой ЦКН-04. // Тез. Докл. 12-ой Международной Конф. «Покрытия и обработка поверхности. Последние достижения в технологиях и оборудовании». - МВЦ «Крокус Экспо», 2015 с. 55-56.

Kravchenko D.V., Arkhipov E.A., Smirnov K.N. Covering Power of Ammonium Sulfate Cd Plating Bath Containing TSKN-04 Additive. Abstracts of papers 12th International Conference "Coatings and Surface Treatment", 2015, P.55-56.

Сведения об авторах

Смирнов Кирилл Николаевич – доцент, кафедра ТЭП, ФГОУ ВПО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», 125047, г. Москва, Миусская пл., д.9. Тел. 8-499-978-59-90; e-mail: gtech@muctr.ru

Кравченко Дмитрий Владимирович - аспирант, кафедра ТЭП, ФГОУ ВПО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

Архипов Евгений Андреевич – генеральный директор, ООО Научно-производственное предприятие «СЭМ.М», Москва, 119049, ул.Крымский вал., 8; e-mail: npp-semm@yandex.ru , тел. 8 (495) 978-94-42

Information about authors

Smirnov Kirill N. – Ass. Prof., Ph.D., Dept. of Electrochemical Technology, D.Mendeleev University Chemical Technology of Russia, Moscow, 125047, Miusskaya Sq., 9; Tel.: 8-499-978-59-90; E-mail: gtech@muctr.ru

Kravchenko Dmitrii V. – post graduate student, Dept. of Electrochemical Technology, D.Mendeleev University Chemical Technology of Russia

Arkhipov Evgenii A. – general director, NPP "SEM.M", Moscow, 119049, Ul. Krymskii Val, 8; e-mail: npp-semm@yandex.ru , tel.: 8 (495) 978-94-42

УДК 621.357.7

Рассеивающая способность электролитов меднения с высокой концентрацией серной кислоты

**Кругликов С.С., Космодамианская Л.В., Кравченко Д.В.,
Одинокова И. В.**

Ключевые слова: электролиты меднения, рассеивающая способность выравнивающая способность, число Вагнера

Проведены результаты сравнительных испытаний одного отечественного и двух фирменных электролитов меднения с повышенным содержанием серной кислоты, используемых в производстве компонентов электронной техники, по следующим показателям: рассеивающая способность, показатель рассеивающей способности и относительная выравнивающая способность. По всем этим показателям фирменные электролиты значительно превосходят отечественные.

Throwing Power of Copper Plating Solutions with High Concentration of Sulfuric Acid

**Kruglikov S.S., Kosmodamianskaya L.V., Kravchenko D.V.,
Odinokova I.V.**

Key words: copper plating solutions, throwing power, leveling power, Wagner's number

Three acid copper plating solutions with high concentration of sulfuric acid (Table 1) were compared by testing their throwing power determined using slot cell (Table 2), throwing power index (Table 3) and relative leveling power, derived from polarization curves obtained in an agitated and non-agitated solution (Table 4). Wagner's number was used for the prediction of the uniformity of the thickness of copper deposited onto the surface of shaped parts. Acceptable distribution corresponds to Wagner's number values much higher than unity. For PCB's with aspect ratio about 10 this corresponds to the value of polarization parameter of 10 or still higher values. The two proprietary copper plating baths fit this condition, however the domestic bath may be used only at low plating rates and exceptionally for PCBs with lower aspect ratios. Apart from that the domestic bath contains no leveling additives and therefore cannot be used for filling micro vias and microtrenches with copper deposit, if their sidewalls are conductive.

Введение

Решение задачи импортозамещения в производстве электронной техники потребует разработки отечественной рецептуры электролитов, используемых в этой отрасли промышленности. При этом одной из первоочередных задач является разработка сернокислых электролитов меднения, не уступающих по своим характеристикам электролитам, предлагаемым ведущими западными фирмами.

Одной из определяющих характеристик электролитов меднения, используемых в производстве печатных плат и других компонентов электронных устройств, является рассеивающая способность [1-3], так как только при достаточно высокой рассеивающей способности электролита можно обеспечить выполнение требований по равномерности распределения толщины слоя меди на различных участках катодной поверхности.

С другой стороны, переходя к микромасштабам, характер требований, предъявляемых к микрораспределению скорости осаждения, резко изменяется: от электролита требуется способность обеспечить преимущественное осаждение металла в микроуглублениях на поверхности покрываемой детали. Одновременно необходимо устранить ускоренный разряд ионов металла на микровыступах поверхности, а также в максимальной степени подавить ускоренное осаждение металла на краях углублений, например, в устье сквозных и глухих отверстий, и боковое разрастание металлического осадка по поверхности диэлектрика, препятствующее увеличению плотности монтажа [4].

Для выполнения этой группы требований электролит должен обладать положительной выравнивающей способностью, то есть содержать в своем составе специальные выравнивающие добавки.

Необходимо отметить, что численное значение рассеивающей способности электролита, определенное с помощью одного из известных и используемых в настоящее время методов, не дает возможности прогнозировать характер макро- и микрораспределения металла на конкретной катодной поверхности. Однако такое прогнозирование возможно на основе числа Вагнера (критерия электрохимического подобия):

$$W = |dE/di| \cdot k / L = K / L \quad (1)$$

где: W – число Вагнера, являющееся безразмерной величиной; E – электродный потенциал; i – плотность тока; $|dE/di|$ – абсолютное значение производной потенциала по плотности тока, обычно определяемой как усредненное значение тангенса угла наклона поляризационной кривой в рабочем диапазоне плотности тока; k – удельная электропроводность раствора; L – так называемая харак-

теристическая длина, зависящая от формы, абсолютных размеров электродов и электролитической ванны, а также от их взаимного расположения. Характерная и очень важная особенность величины L – ее изменение пропорционально изменению масштаба для геометрически подобных систем.

Произведение $|dE/di| \cdot k$ – так называемый показатель рассеивающей способности

Число Вагнера характеризует степень приближения фактического («вторичного») распределения тока к абсолютно равномерному ($W \gg 1$) или к «первичному» ($W \ll 1$) одинаковому для всех геометрически подобных систем. Таким образом, число Вагнера выражает степень отклонения фактического распределения тока в направлении более равномерного от максимально неравномерного, то есть первичного, определяемого законом Ома. В свою очередь, показатель рассеивающей способности, K , является количественной характеристикой электролита выражающей его способность изменять распределение тока в направлении более равномерного.

При приближенной оценке L можно принять, что для канавок и отверстий на металлической или металлизированной поверхности [5]:

$$L \approx h^2/d \quad (2)$$

Здесь h – глубина канавки или отверстия, а d – ее ширина (диаметр).

Для печатных плат со сквозными отверстиями h – толщина платы, а d – диаметр отверстий. Использование числа Вагнера для прогнозирования распределения тока в отверстиях печатных плат позволяет сделать следующий вывод:

При постоянной величине отношения h/d распределение тока будет изменяться в направлении более равномерного по мере уменьшения толщины платы и пропорционального уменьшения диаметра отверстий. Взяв в качестве примера значения $d = 0,02$ см и $h = 0,1 - 0,25$ см, можно сформулировать условия, при соблюдении которых можно ожидать приближения фактического распределения тока и металла к равномерному:

$$L = 0,5 - 3,1 \text{ см} \quad (3)$$

Из соотношения (3) следует, что для печатных плат толщиной 0,1 см и диаметром отверстий 0,02 см желательно, чтобы показатель рассеивающей способности составлял не менее 2-3 см. Для плат толщиной 0,25 см желательные значения K – не менее 10 см.

В данной статье приведены результаты сравнительной оценки трех сернокислых

электролитов меднения с повышенной рассеивающей способностью: отечественного и двух фирменных электролитов, используемых в настоящее время в производстве компонентов электронных устройств в России и других странах. Оценку электролитов проводили с использованием следующих критериев:

- 1) рассеивающей способности;
- 2) показателя рассеивающей способности;
- 3) относительной выравнивающей способности.

Методика экспериментов

Составы изучаемых электролитов приведены в табл.1.

Измерения и расчет значений рассеивающей способности проводили путем измерений распределения тока и осажденной меди в щелевой ячейке с пятисекционным разборным катодом [6]. Все измерения проводили при комнатной температуре при средней катодной плотности тока в диапазоне 0,5-2 А/дм².

Измерения удельной электропроводности проводили стандартным методом с использованием моста переменного тока. Катодные поляризационные кривые снимали с помощью потенциостата в гальвано-динамическом режиме в диапазоне 0-1,5 А/дм² без перемешивания и 0-2,5 А/дм² при перемешивании раствора. Относительную выравнивающую способность оценивали следующим образом: находили точку, соответствующую плотности тока 1 А/дм² и потенциалу, равноудаленному от поляризационных кривых, полученных в отсутствие и при наличии перемешивания раствора. Отношение значений плотностей тока в отсутствие перемешивания и при

перемешивании раствора при этом потенциале использовали как характеристику относительной выравнивающей способности.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

В табл. 2 приведены численные значения рассеивающей способности по току и по металлу. Поскольку в изученном диапазоне значений катодной плотности тока катодный выход меди по току весьма близок к 100%, наблюдаемые небольшие расхождения между значениями рассеивающей способности по току и по металлу скорее всего связаны с экспериментальными погрешностями.

Из данных табл. 2 следует, что рассеивающая способность отечественного электролита меднения значительно уступает рассеивающей способности обоих фирменных электролитов при любых значениях плотности тока. Однако из этого отнюдь не следует автоматически, что с учетом требований, предъявляемых к равномерности распределения толщины покрытия, отечественный электролит непригоден для меднения компонентов электронных устройств. Как уже отмечалось выше, численные значения рассеивающей способности, определенные любым из известных методов, не удается использовать для прогнозирования равномерности распределения электроосажденного металла на компонентах электронных устройств, например, печатных плат. Однако для этой цели можно использовать число Вагнера, точнее, показатель рассеивающей способности, K , в сочетании с величиной L для конкретного объекта, например, для сквозных отверстий печатных плат. Значения показателя рассеивающей способности и использо-

Таблица 1. Состав исследуемых электролитов
Table 1. Composition of baths

Компоненты электролитов Bath components	Номер электролита Bath #		
	1	2*	3**
	Концентрации компонентов Components concentrations		
CuSO ₄ ·5H ₂ O, г/л g/l	75	60	75
H ₂ SO ₄ , г/л g/l	200	225	225
Cl ⁻ , мг/л mg/l	-	70	50
Cupracid TP Leveller, мл/л ml/l	-	20	-
Cupracid Brightener, мл/л ml/l	-	2	-
Cupracid Correction, мл/л ml/l	-	10	-
Electroposit M, мл/л ml/l	-	-	40
Electroposit 1300S, мл/л ml/l	-	-	1

* Электролит фирмы «Atotech» (США)

** Электролит фирмы «Shipley Co, Inc. (США)

Таблица 2. Рассеивающая способность электролитов меднения при различных значениях средней катодной плотности тока

Table 2. Throwing power of copper plating baths at different values of current density

№ эл-га Bath №	Рассеивающая способность, % Throwing power	Плотность тока, А/дм ² Current density, A/sq.dm			
		0,5	0,5	1,0	1,5
1	PC(т)	32	28	28	29
2	PC(т) PC(м)	72 75	72 75	72 75	78 80
3	PC(т) PC(т)	77 75	75 75	73 74	74 75

Таблица 3. Удельная электропроводность электролитов и значения поляризуемости и показателя рассеивающей способности при различных плотностях тока

Table 3. Conductivity of solutions and values of polarizability and throwing power index at different current densities

№ Электролита Bath #	i_k , А/дм ² A/dm ²	$\Delta E/\Delta I$, В·см ² /А	k , Ом ⁻¹ ·см ⁻¹	K_i , см
1	0,5	2,6	1,12	2,9
	1,0	1,0	1,12	1,1
	1,5	1,0	1,12	1,1
	2,0	1,0	1,12	1,1
2	0,5	29	1,15	33,5
	1,0	8,5	1,15	9,8
	1,5	7,3	1,15	8,4
2, перемешивание agitation	0,5	18	1,15	20
	1,0	8,2	1,15	9,4
	1,5	7,3	1,15	10,5
	2,0	9,1	1,15	10,5
	2,5	9,1	1,15	10,5
3	0,5	17	1,15	20
	1,0	8,5	1,15	9,8
	1,5	8,5	1,15	8,0
3, перемешивание agitation	0,5	13	1,15	15
	1,0	7,4	1,15	8,5
	1,5	7,4	1,15	8,5
	2,0	7,5	1,15	8,6
	2,5	7,5	1,15	8,6

ванные для его расчета величины удельной электропроводности растворов и поляризуемости при разных плотностях тока даны в табл. 3.

Из данных табл. 3 следует, что при использовании отечественного электролита равномерное распределение медного покрытия в отверстиях печатных плат толщиной 0,15 см и отверстиями диаметром 0,1 см будет достигаться только при минимальных величинах плотности тока – не выше 0,5 А/дм²:

(4)

В то же время можно экспериментально проверить, что электролиты в указанном диапазоне плотностей тока. Более того, они допускают возможность осуществлять меднение плат с диаметром отверстий 0,01 см и отношением $h/d = 10/1$, так как для них показатель рассеивающей способности даже при плотностях тока 2,5 А/дм² имеет величину, близкую к 10 см. В табл. 4 приведены значения относительной выравнивающей способности. Фирменные электролиты обладают выравнивающим действием и поэтому могут использоваться и в производстве микроэлектроники.

Таблица 4. Значения относительной выравнивающей способности электролитов при средней плотности тока 1 А/дм²

Table 4. Values of relative leveling power of plating solutions at asverage current density of 1 A/sq.dm

Номер электролита Bath №	1	2	3
Относительная выравнивающая способность Relative leveling power	1	4	3

Отечественный электролит вообще не обладает выравнивающей способностью – в нем достигается равномерное распределение скорости осаждения металла на всех элементах микропрофиля катодной поверхности. Это означает, что ширина плоских проводников на поверхности диэлектрика будет возрастать в процессе осаждения металла, что ограничивает возможности повышения плотности монтажа элементов схемы.

Кроме того, в устье сквозных отверстий толщина слоя будет несколько больше, чем в глубине отверстия. Однако наиболее катастрофические последствия будут иметь место при наличии на покрываемом изделии глухих отверстий и канавок микронной и субмикронной ширины – вместо их заполнения медью будет происходить образование полостей, заполненных электролитом и «запечатанных» металлом, осевшим на противоположных сторонах углублений в зоне их устья.

Заключение

На основе результатов сравнительной оценки отечественного и фирменных электролитов меднения с повышенной рассеивающей способностью можно констатировать, что отечественный электролит может использоваться для меднения сквозных отверстий печатных плат только при относительно низких скоростях осаждения металла. Он вообще непригоден для использования для осаждения меди на компонентах электронных устройств со сложным микрорельефом поверхности.

Литература

References

1. Кругликов С.С., Ярлыков М.М., Морозова А.А., Велесевич Л.М. Влияние состава разбавленного электролита меднения на его рассеивающую способность. Защита металлов. 1986, т. 22, № 5, С. 827-830.
2. Kruglikov S.S., Yarlykov M.M., Morozova A.A., Velevich L.M. Effect of Bath Composition of Diluted Copper Plating Bath on Its Throwing Power
3. Кругликов С.С., Ярлыков М.М., Артамонова Е.В. Сравнительная характеристика некоторых выравнивающих и блескообразующих добавок для получения высококачественной поверхности меди. Сб. «Коррозия и защита металлов». Пермь, 1979, с. 83-85.

Kruglikov S.S., Yarlykov M.M., Artamonova E.V. Comparative Characteristics of Some Leveling and Brightening Additives Used for the Deposition of High-quality Copper Surface. "Corrosion and Protection of Metals", Perm, 1979, p. 83-85

3. Kruglikov S.S., Kosmodamianskaya L.V. Throwing Power of Copper Sulfate Plating Baths. Proc. AESF SUR/FIN Conf., Milwaukee, USA, 2006, p. 899-904.

4. Кругликов С.С., Браун Е.С., Кислова О.Ю., Влияние исходного микропрофиля на эволюцию шероховатых медных осадков. Журн. Прикл. Хим., 1984 т. 57, № 8, С. 1748-1752.

Kruglikov S.S., Brown E.S., Kislova O.Yu. Effect of Substrate Microprofile on The Evolution of Rough Copper Deposits. J. Appl. Chem (Russian)

5. Kruglikov S.S., Kruglikova E.S., Kosmodamianskaya L.V., NASF Annual Conf. & Trade Show 2010 (SUR/FIN 2010), Grand Rapids, Mich., USA, 14-17 June 2010, Vol.2, P. 779-788.

6. ГОСТ 9.309-86. Standard Specification

Сведения об авторах

Кругликов Сергей Сергеевич – д.х.н., профессор, кафедра ТЭП, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., д.9; тел. 8-916-616-96-99, e-mail: skruglikov@mail.ru.

Космодамианская Люция Вianоровна – к.т.н., доцент, кафедра ТЭП, РХТУ им. Д.И. Менделеева; тел. +7 499 978-59-90.

Кравченко Дмитрий Владимирович – аспирант

Одиноква Ирина Вячеславовна – к.т.н., доцент, кафедра детали машин и теория механизмов, МАДИ; Москва, Ленинградский проспект, 64; odinokova_iv@mail.ru

Information about authors

Kruglikov Sergey S., professor, Doctor of science, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 125047, Moscow, Miusskaya sq. 9., skruglikov@mail.ru; mob.tel.: 8-916-616-96-99.

Kosmodamianskaya L.V. - acc.prof., cand. Sci., tel.: +7(499)978-5990.

Kravchenko Dmitrii V. - graduate student

Odinokova I.V. - acc.prof., cand.Sci., Dept. "Detail of machine and mechanisms", MADI; Leningradskiy Pr., 64; odinokova_iv@mail.ru

УДК 621.357.7

Осаждение химических покрытий никель-фосфор и никель-фосфор-медь из глицинатных растворов

**Винокуров Е.Г., Жигунов Ф.Н., Моргунов А.В.,
Скопинцев В.Д.**

Ключевые слова: бестоковое осаждение, химическое никелирование, сплав никель-фосфор, сплав никель-медь-фосфор, скорость осаждения

Исследовано влияние температуры на процесс химического осаждения покрытий сплавами никель-фосфор и никель-медь-фосфор из глицинатных растворов (составы приведены в таблице 1). В слабокислых, нейтральных и слабощелочных глицинатных и глицинатно-малонатных растворах получены качественные покрытия стабильного состава и свойств (таблицы 2,3). По экспериментальным данным рассчитаны температурные коэффициенты относительного приращения скорости осаждения сплавов, рассмотрено влияние на скорость осаждения и температурные коэффициенты скорости состава раствора, pH (рис.1-3), плотности загрузки (таблица 4). Показана возможность снижения рабочей температуры без существенного уменьшения скорости осаждения покрытий стабильного состава (таблица 5).

Effect of Temperature on the Kinetics of Electroless Nickel Plating from Glycinate Solutions

**Vinokurov E.G., Zhigunov F.N., Morgunov A.V.,
Scopintsev V.D.**

Key words: electroless plating, Ni-P alloy, Ni-Cu-P alloy, deposition rate

Effect of varying temperature on the deposition rate, copper and phosphorus content in the deposits was experimentally studied in glycinate- and glycinate-malonate solutions at different values of pH at the presence and in the absence of copper ions additions (Tables 1,2). Hardness of Ni-P coatings is reduced slightly at lower temperatures, and increases in the case of Ni-Cu-P ones (Table 3). An increase in a specific charge area per 1l of solution reduces deposition rate (Table 4). At unusually low temperatures (18-25°C) deposition rate is much lower (Table 5).

Введение

Интерес к химическому осаждению покрытий сплавом никель-фосфор (химическому никелированию) неуклонно возрастает благодаря комплексу эксплуатационных характеристик, присущих получаемым покрытиям [1]. Для нанесения таких покрытий наиболее перспективными представляются растворы, содержащие комплексные соединения никеля с глицином [2,3]. Такие растворы устойчивы при длительном использовании и обеспечивают высокую скорость осаждения покрытий, которая возрастает экспоненциально с ростом температуры [1]. Для достижения высокой производительности процесса обычно применяют обработку при температурах раствора, близких к 100°C, что резко увеличивает общие и удельные энергозатраты процесса.

Целью настоящей работы являлось исследование температурных зависимостей скорости химического никелирования и поиск условий осаждения, позволяющих снизить температуру раствора и повысить энергоэффективность процесса химического никелирования.

Методическая часть

Покрытия осаждали в термостатируемой ячейке на образцы из углеродистой стали (03кп, 08пс) после стандартной подготовки (химическое щелочное обезжиривание, активация в 3М HCl). Осаждение проводили в растворах, составы которых приведены в таблице 1. При введении в эти растворы 0,0016 М сульфата меди осаждаются никель-фосфорные покрытия, легированные медью

[4,5]. В растворах 1 - 5 осаждение проводили при температурах 18, 50, 80 и 90°C, в растворе 6 – при 85, 89 и 93°C.

Кислотность раствора контролировали с помощью иономера Экотест-120. Скорость осаждения покрытий определяли по привесу образца с учетом средней плотности покрытий, равной 8 г/см³. Для определения фосфора и меди в полученных покрытиях использовали метод энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии. Микротвердость никелевых покрытий толщиной 20-30 мкм определяли методом вдавливания тетраэдрической алмазной пирамиды с помощью микротвердомера «HVS-1000» при нагрузке индентора 100 г.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Глицинатные комплексы никеля устойчивы как в кислой, так и в щелочной среде, в связи с чем обычно применяют растворы с рН 4,5-5,5 или 8-9. Полагают, что обработка в кислых растворах позволяет добиться повышенной скорости процесса и получения покрытий хорошего внешнего вида с увеличенным содержанием фосфора (до 15 мас.%), тогда как щелочные растворы отличаются повышенной стабильностью, но качество получаемых их них покрытий хуже (матовый внешний вид, повышенная пористость и пониженная коррозионная стойкость) [1]. В последнее время появились данные о проведении процесса осаждения в глицинатных растворах со средой, близкой к нейтральной [5]. Поэтому первые эксперименты

**Таблица 1. Составы исследованных растворов химического никелирования
Table 1. Composition of electroless nickel plating solutions**

Концентрации компонентов, моль/л Concentrations of components, mol/l	Номер раствора/ Solution №					
	1	2	3	4	5	6
Сульфат никеля Nickel Sulfate	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,07
Гипофосфит натрия Sodium hypophosphite	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,28
Глицин Glycine	0,12	0,3	-	0,15	0,39	0,13
Малоновая кислота Malonic Acid	0,18	-	0,3	0,15	-	-
Ацетат свинца Lead acetate	10-5	10-5	10-5	10-5	10-5	10-5
Ацетат натрия Sodium Acetate	-	-	-	-	-	0,13
Гидрофосфат натрия Sodium hydrophosphate	-	-	-	-	0,1	-
Дигидрофосфат натрия Sodium dihydrophosphate	-	-	-	-	0,1	-

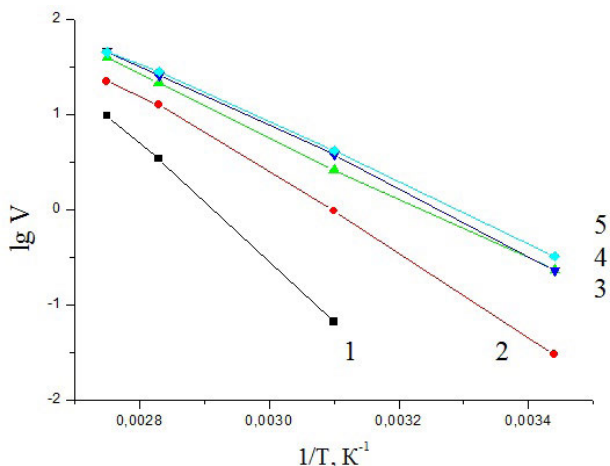


Рис. 1. Температурные зависимости логарифма скорости осаждения никель-фосфорного покрытия при различных значениях pH: 1 – 4,5, 2 – 5,5, 3 – 6,5, 4 – 7,5, 5 – 8,5. Раствор №1. Продолжительность осаждения: при 18 – 22 °С – 16 ч, при 50 °С – 1,5 ч, при 80 °С – 1 ч, при 90 °С – 0,25 ч. Плотность загрузки 0,8 дм²/л.

Fig.1. Temperature function of Ni-P deposition rates at different pH. Solution №1. † 80 °С – 1 hr; 90 °С – 0,25 hr; specific area 0,8 dm²/l

были направлены на изучение кинетики процесса в растворах с различным значением pH. За основу был взят глицинатно-малонатный раствор химического никелирования 1, обеспечивающий высокую скорость осаждения [5].

На рис.1 представлены температурные зависимости скорости осаждения покрытий сплавом никель-фосфор из глицинатно-малонатного раствора 1 при pH от 4,5 до 8,5. Наибольшая скорость осаждения отмечена в области pH от 6,5 до 8,5. Дальнейшее увеличение pH не приводит к увеличению скорости осаждения и ухудшает внешний вид покрытий. Скорость осаждения растет экспоненциально с ростом температуры, что подтверждает линейный характер зависимостей логарифма скорости осаждения от обратной температуры (рис.1). Тангенс угла наклона полученных прямых связан с величиной энергетического барьера, преодолеваемого в ходе процесса химического никелирования. Этот энергетический барьер можно назвать кажущейся энергией активации осаждения, поскольку ее величина связана с одновременным восстановлением катионов никеля до металла и анионов гипофосфита до «фосфора», а также окислением гипофосфит-ионов до фосфитов. Величина кажущейся энергии активации осаждения покрытия заметно снижается с ростом pH, достигая уровня порядка 60 – 70 кДж/моль, что соответствует имеющимся данным по ацетатному раствору химического никелирования [6]. Одновременное протекание многочисленных окислительно-восстановительных реакций не

позволяет проводить корректную интерпретацию изменения кажущейся энергии активации при варьировании различных параметров процесса.

Для характеристики влияния температуры на процесс осаждения покрытия можно использовать «температурный коэффициент относительного приращения скорости осаждения» (k), характеризующий относительный прирост скорости при повышении температуры:

$$\frac{dV}{dT} = kV; \quad k = \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dT};$$

В отличие от энергии активации температурный коэффициент относительного приращения скорости зависит от температуры. Чем меньше этот коэффициент, тем менее чувствительна скорость осаждения к изменению температуры. Поэтому в условиях, когда температурный коэффициент максимален, выгоднее для повышения эффективности осаждения повышать температуру; напротив, минимальное значение температурного коэффициента определяет условия, когда можно снизить рабочую температуру раствора без существенного снижения скорости нанесения покрытия. На рис.2 показано, что при температуре 80 °С увеличение pH приводит к снижению температурного коэффициента k .

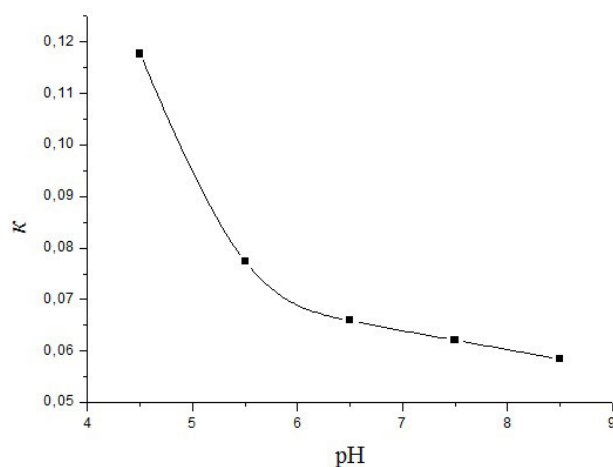


Рис. 2. Влияние pH на величину температурного коэффициента скорости осаждения никель-фосфорного сплава при 80 °С (условия те же, что на рис.1)

Fig.2. Effect of pH on deposition rate temperature coefficient of Ni-P deposition rate at 80 °С (other conditions – see Fig.1)

Таким образом, скорость осаждения максимальна, а температурный коэффициент k минимален при pH 6,5 – 8,5.

Снижение температуры с 90 до 80 °С вызывает незначительное уменьшение содержания фосфора в получаемом покрытии – порядка долей массового процента. Более существенное влияние на включение фосфора оказывает pH раствора.

В слабодиссоциированных растворах (рН 4,5 – 6,5) покрытие содержит 8 – 10% мас. фосфора, при дальнейшем увеличении рН содержание фосфора снижается, достигая минимальных значений (около 5% мас.) при рН 7,5, а затем снова растет; при рН 8,5 содержание фосфора составляет порядка 7% мас.

Поскольку имеющиеся рекомендации по использованию глицинатно-малонатных [3-5] растворов относятся к слабодиссоциированной области, представлялось интересным исследовать их поведение в нейтральной и слабощелочной среде. Так, при 80°C и рН 8 температурный коэффициент скорости осаждения из глицинатного раствора 2 (0,059), оказался ниже, чем из малонатного раствора 3 (0,070), и из глицинатно-малонатного раствора 4 (0,062). Как показывают расчеты распределения комплексных соединений в системе никель – глицин – малоновая кислота, с ростом рН включение никеля в малонатный комплекс снижается, но при этом возрастает доля глицинатных комплексов. По-видимому, это и снижает влияние малоновой кислоты на осаждение никель-фосфорного покрытия из слабощелочных растворов.

В растворах химического никелирования, обеспечивающих высокую первоначальную скорость осаждения покрытия, быстро меняется состав раствора; особенно существенную роль играет подкисление раствора в процессе реакции окисления гипофосфита. Поэтому введение буферных добавок, снижающих отклонение рН от первоначального, может способствовать поддержанию высокой скорости осаждения в процессе работы раствора. Для глицинатных электролитов со средой, близкой к нейтральной, в качестве буферной добавки можно использовать фосфатный буфер, работающий в диапазоне рН от 6,2 до 8,2. Введение 0,2 М фосфатного буфера в глицинатный раствор химического никелирования (раствор 5) при рН 7,5 снизило температурный коэффициент скорости с 0,059 до 0,049, при этом скорость осаждения оставалась на высоком уровне в течение более длительного периода времени обработки. Содержание фосфора в покрытии, полученном в присутствии фосфатного буфера, при рН 8 и температуре 80°C, в растворах различного лигандного состава находится на уровне $6,1 \pm 1\%$ мас.

Известно также [7,8], что введение ионов меди в слабодиссоциированный раствор химического никелирования способствует увеличению скорости осаждения сплава никель-фосфор с небольшим включением меди. Однако введение сульфата меди в глицинатно-малонатный раствор 1, приводило к увеличению скорости осаждения только при температуре свыше 80°C; при более низких температурах скорость осаждения в отсутствие ионов меди была несколько выше. В связи с этим

температурный коэффициент k при температуре от 80°C и выше был несколько больше при осаждении из медьсодержащих растворов (например, при 90°C соответственно 0,054 и 0,057). Следовательно, добавку меди полезно вводить в высокотемпературные растворы, тогда как при осаждении при температуре ниже 80°C она менее эффективна.

Введение в состав глицинатного раствора фосфатного буфера позволило стабилизировать процесс осаждения сплава никель-медь-фосфор, увеличить его скорость (рис. 3) и снизить температурный коэффициент k с 0,059 до 0,042 (рН 8, 80°C).

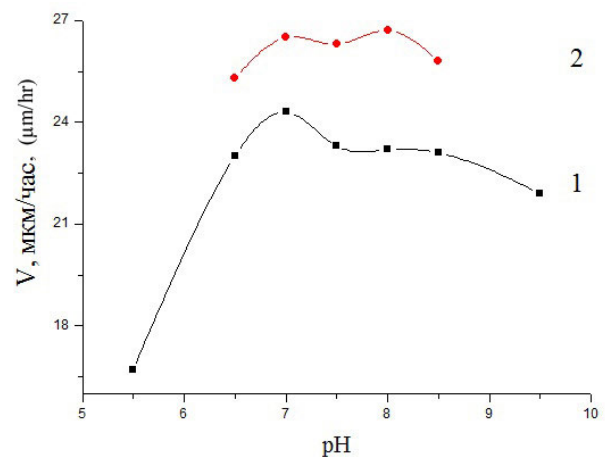


Рис. 3. Влияние рН раствора на скорость осаждения покрытий: 1. – из раствора №5; 2. – из раствора №5 + 0,0016 М сульфата меди. Т 80°C, плотность загрузки 0,32 дм²/л, продолжительность осаждения 1,5 ч.

Fig.3. Effect of solution pH on the deposition rate: 1. – from solution № 5; 2. – from solution №5 + 0,0016 M copper sulfate. Temperature 80°C, specific area 0,32 dm²/l; deposition time 1,5 hr

Следует отметить, что в слабощелочных растворах включение меди в состав покрытия происходило в большей степени, чем в слабодиссоциированных (таблица 2); увеличение рН до 8 – 8,5 способствовало увеличению содержания меди в покрытии до 7 – 8 мас.%, тогда как при рН 6 – 7 не удается ввести более 3% мас. меди [5, 8]. В отличие от слабодиссоциированных растворов, где введение меди практически не влияло на включение фосфора в покрытие [8], в слабощелочных глицинатных растворах введение меди способствовало повышению содержания фосфора в никель-медь-фосфорном покрытии на 1 – 1,7% мас. по сравнению с никель-фосфорным до уровня 6 – 8,5% мас. Минимальное включение фосфора в присутствии меди также наблюдалось при рН 7,5.

Изменение температуры осаждения, оказывая небольшое влияние на состав получаемых покрытий, мало сказывается и на физико-механических свойствах получаемых покрытий (таблица 3); исключения составляют никель-медь-

Таблица 2. Содержание фосфора и меди в покрытиях, полученных при различных значениях pH глицинатного раствора (t 80°C, плотность загрузки 0,32 дм²/л, 1,5 часа)

Table 2. Phosphorous and Copper content in the deposits obtained in glycinate bath at different pH (80°C, specific area 0,32 dm²/l; τ 1,5 hr)

pH раствора pH of solution	Раствор №1 Solution №1	Раствор №5 + 0,0032 М сульфата меди Solution №5 + 0,0032 M copper sulfate	
	ω (P), мас.%	ω (P), мас.%	ω (Cu), мас.%
5,5	10,2	9,8	2,0
6,5	8,4	8,2	2,4
7	5,2	6,9	2,7
7,5	4,7	6,0	3,6
8	6,2	7,1	4,1
8,5	6,9	8,4	5,2

Таблица 3. Микротвердость химических покрытий, полученных при различной температуре (условия осаждения те же, что и в таблице 2; pH 8)

Table 3. Microhardness of electroless coatings obtained at different temperatures (other conditions – see Table 2)

Температура, °C Temperature, °C	Микротвердость покрытий, ГПа Microhardness of coatings, GPa	
	Ni-P	Ni-Cu-P
70	6,96	6,51
80	7,10	6,88
85	7,22	8,02
90	6,96	8,05

Таблица 4. Скорости осаждения и температурные коэффициенты относительного приращения скорости осаждения при различных плотностях загрузки (раствор 6 с добавкой сульфата меди, продолжительность 0,5 часа)

Table 4. Deposition rates and their temperature coefficients at different specific areas (bath №6 with added copper, τ 0,5 hr)

Плотность загрузки, дм ² /л Specific area, dm ² /l	Температура, °C Temperature, °C	Скорость осаждения, мкм/час Deposition rate, $\mu\text{m}/\text{h}$	Производительность, мкм·м ² /л·час Output, $\mu\text{m}\cdot\text{m}^2/\text{l}\cdot\text{h}$	Температурный коэффициент k Rate temperature coefficient
1,1	85	22,0	0,242	0,059
	89	27,8	0,306	0,058
	93	34,7	0,382	0,057
3,3	85	16,0	0,528	0,056
	89	20,0	0,660	0,055
	93	24,6	0,812	0,054
6,3	85	12,8	0,806	0,034
	89	14,5	0,914	0,033
	93	16,6	1,046	0,032

фосфорные покрытия, полученные при высокой температуре, которые отличаются значительной микротвердостью.

Существенное влияние на скорость осаждения химических покрытий оказывает плотность загрузки. В растворе 6 увеличение плотности за-

грузки приводило к некоторому снижению скорости осаждения, что, компенсируется, впрочем, возможностью одновременной обработки большей поверхности деталей (таблица 4). Температурный коэффициент k значительно снижается при высоких удельных нагрузках.

Таблица 5. Скорость осаждения химических покрытий и температурный коэффициент относительного приращения скорости осаждения для глицинатного раствора при пониженных температурах (рН 8, плотность загрузки 0,32 дм²/л).

Table 5. Deposition rate and its temperature coefficient (pH 8; specific area 0,32 dm²/l)

Температура, °С Temperature, °С	Скорость осаждения, мкм/час Deposition rate, μm/h		Температурный коэффициент k Rate temperature coefficient k	
	Раствор 5 Solution №5	Раствор 5 + сульфат меди Solution №5+ copper sulfate	Раствор 5 Solution №5	Раствор 5 + сульфат меди Solution №5+ copper sulfate
18	0,23	0,22	0,070	0,075
50	4,07	3,9	0,057	0,061
70	13,6	16,7	0,050	0,054
80	23,5	26,9	0,048	0,051
85	27,9	36,2	0,046	0,050

Таким образом, наибольших скоростей осаждения удалось добиться, используя глицинатный раствор с добавками медной соли и фосфатного буфера, который поддерживает рН в области 6,5 – 8,5. Он стабилен даже при повышенной температуре, поэтому его можно рекомендовать для использования в тех случаях, когда наиболее важна производительность процесса осаждения.

При необходимости экономии энергии, а также при нанесении покрытия на материалы, не выдерживающие высокой температуры, например, пластмассы, можно использовать глицинатный раствор без соли меди, работающий при температуре 70 – 80°С. Это подтверждается данными таблицы 5. За 1 час осаждения при температуре 70°С были получены покрытия толщиной 13-17 мкм, содержащие 5 – 6% мас. фосфора; температурный коэффициент k 0,05–0,055.

При комнатной температуре скорость осаждения существенно ниже (таблица 5). За 16-18 часов обработки толщина полученных покрытий составила 3,5-4,2 мкм, содержание в них фосфора около 5% мас., а включение меди было на пределе чувствительности метода определения. Осаждение из глицинатного раствора при комнатной температуре можно использовать в случаях, когда не требуется наращивания покрытий значительной толщины, но требуется покрывать высоко-развитые поверхности (текстильные структуры – волокна, ткани, порошки из неметаллических материалов). Получаемые в таких условиях покрытия образуют сплошной тонкий слой металла на сложной поверхности, придавая материалу

новые физические свойства, в частности, электропроводность.

Выводы

1. Глицинатный раствор химического никелирования позволяет получать качественные покрытия стабильного состава в слабокислой, нейтральной и слабощелочной среде.

2. Наибольшая скорость осаждения и наименьшее значение температурного коэффициента относительного приращения скорости осаждения из глицинатного раствора наблюдаются при рН 6,5–8,5.

3. Положительное влияние малоновой кислоты в глицинатном растворе проявляется только в слабокислой среде.

4. Положительное влияние ионов меди на осаждение сплава проявляется наиболее эффективно при температурах от 80°С и выше.

5. Использование фосфатного буфера в глицинатном растворе при рН 6,5 – 8 способствует увеличению скорости осаждения покрытия и снижению температурного коэффициента k .

6. Показана возможность снижения рабочей температуры раствора без существенного уменьшения скорости осаждения никель-фосфорных покрытий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания.

Работа выполнена при использовании оборудования Центра коллективного пользования РХТУ им.Д.И. Менделеева.

Литература

References

1. Горбунова К.М., Иванов М.В. Химические методы осаждения металлов (химическое никелирование и кобальтирование). // В кн.: Гальванотехника: Справ./Ф.Ф. Ажогин, М.А. Беленький, И.Е. Галь и др.: Под ред. А.М. Гинберга. – М.: Металлургия. 1987. – С.365-401.
Gorbunova K.M., Ivanov M.V. Chemical Methods for the Deposition of Metals (electroless Ni and Co plating). Electroplating reference book. M.: Metallurgy. 1987. P. 365-401.
2. Скопинцев В. Д., Клинский Г. Д., Ваграмян Т. А. Высокопроизводительный процесс химического никелирования // Тезисы докл. Всерос. науч.-практ. конф «Гальванотехника и обработка поверхности – 99». – М., 1999. – С. 196–197.
Scopintsev V.D., Klinskiy G.D., Vagramyan T.A. High-rate electroless nickel plating. Electroplating and Surface Treatment Conference, 1999, M., P. 196-197.
3. Ногин М.И., Скопинцев В.Д., Карелин А.В. // Совершенствование процесса химического никелирования: Труды ЦНИИТМАШ, 1991. – С. 121–130.
Nogin M.I., Scopintsev V.D., Karelin A.V. Improvement of electroless Nickel plating. Trans. TSNIITMASH, 1991. P. 121-130.
4. Старых С.Э., Моргунов А.В., Скопинцев В.Д. Совместное осаждение никеля, фосфора и меди из кислых растворов гипофосфитом// Доклады ТСХА, 2006, вып.278, с.589-593.
Starykh S.E., Morgunov A.V., Scopintsev V.D. Combined deposition of Ni, P and Cu from acid solution by hydrophosphate. Proc. TSHA., 2006. v. 278, P. 589-593.
5. Моргунов А.В., Скопинцев В.Д. Осаждение химических никель-медь-фосфорных покрытий с пониженным содержанием меди // Гальванотехника и обработка поверхности, 2008, том XVI, №3, с.30-34.
Morgunov A.V., Scopintsev V.D. Deposition of electroless Ni-Cu-P coatings with low cooper content. Electroplating and Surface Treatment. 2008, V.XVI, №3, P. 30-34.
6. Karthikeyan S., Narayanan S., Jeeva P.A. Studies On The Influence Of Accelerators In Electroless Plating Process// J. International Journal of ChemTech Research.- 2013. V.5, No.1, -P. 246-254.

7. Гокжаев М.Б., Моргунов А.В., Скопинцев В.Д. Оптимизация состава раствора для получения химических никель-медь-фосфорных покрытий// Неорганические материалы, 2008, №12, с.1461-1463.

Gokzhaev M.E., Morgunov A.V., Scopintsev V.D. Optimization of solution composition for electroless Ni-Cu-P coatings. Inorganic materials. 2008, № 12, P. 1461-1463.

8. Винокуров Е.Г., Моргунов А.В., Скопинцев В.Д. Оптимизация состава химических никель-фосфорных покрытий, легированных медью// Неорганические материалы, 2015, том 51, №8, с. 859-863.

Vinokurov E.G., Morgunov A.V., Scopintsev V.D. Optimization of the composition of electroless Ni-Cu-P coatings. Inorganic materials. 2015, v. 51 № 8, P. 859-863.

Сведения об авторах

Винокуров Евгений Геннадьевич – профессор, д.т.н., кафедра аналитической химии, РХТУ им. Д.И.Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., д.9; e-mail: vin@muctr.ru .

Жигунов Федор Николаевич – аспирант.

Моргунов Андрей Владимирович – ассистент, РГУА-ТСХА им. К.А.Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49.

Скопинцев Владимир Дмитриевич – доцент, МГМСУ им. А.И.Евдокимова, Москва, ул. Делегатская, дом 20, стр.1; scopintsev@yandex.ru

Information about authors

Vinokurov E.G. – professor, Doc.of Sci, Dept. Analytical Chemistry, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, 125047, Miusskaya Sq., 9; vin@muctr.ru

Zhigunov F.N. – post-graduate student

Morgunov A.V. – ass., Agricultural State University of Russia; 127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

Scopintsev V.D. – lecturer, Moscow State Stomatological Medical University, Delegatskaya Str., 20/1. E-mail: scopintsev@yandex.ru

УДК 621.357.7

Физико-химические свойства растворов и уменьшение их потерь при захвате поверхностью деталей

Фадина С. В., Бурухина Т. Ф., Винокуров Е. Г.

Ключевые слова: растворы обезжиривания, меднение, никелирование, поверхностно-активные вещества

Представлены результаты исследования влияния физико-химических свойств растворов на захват жидкости поверхностью образца в условиях устранения краевого эффекта. Объектами исследования служили растворы обезжиривания, меднения и никелирования в отсутствие и в присутствии ПАВ. Предложен комплексный показатель физико-химических свойств растворов, определяющий величины удельного уноса жидкости поверхностью деталей и позволяющий проводить минимизацию потерь технологических растворов.

Physical-chemical Properties of Solutions and the Reduction of their Loss Caused by Drag-out

Fadina S.V., Burukhina T.F., Vinokurov E.G.

Key words: copper plating, nickel plating

Effects of solutions viscosity surface tension and density on the drag-out was studied in the absence of edge effect. Following solutions were the objects of experiments: alkaline cleaning, copper and nickel plating in the absence and in the presence of surfactants (Fig.1). The rate of removal of racks with parts produce story effect on the drag-out (Table). Total drag-out was measured separately as liquid film on the surface of parts and as drops (Fig.1). Film thickness was shown to depend on the concentration of surfactants (Fig.2). Effect of surface tension on the film thickness was studied in the solutions with different values of density and viscosity (Fig.3). Results of the study that in order to reduce the drag-out it's desirable to use lower concentrations of surfactants and to reduce the rate of the excavation of racks.

Исследованию влияния толщины пленки жидкости, поверхностного натяжения на различные процессы в химической технологии посвящено много работ. Например, в [1] рассмотрена зависимость критического времени выхода процесса в неустойчивый конвективный режим от физических характеристик процесса и толщины слоя жидкости.

Состав и количество шлама, образующегося при очистке сточных вод зависят от состава используемых в гальваническом производстве растворов и величины удельного уноса раствора поверхностью деталей. Ряд работ направлен на создание концентрационных и др. критериев классификации составов растворов на ресурсосберегающие и ресурсоемкие [2,3]. По разным оценкам [4,5] для гальванохимии поступление загрязняющих веществ в окружающую среду распределяется следующим образом: сточными водами – 83–85 %, твердыми отходами (анодный шлам и т.п.) – 13–14 %, уносится с воздухом – 2–3 %.

При погружении детали в раствор и ее последующем извлечении происходит захват жидкости поверхностью. При этом на поверхности детали формируется тонкая пленка раствора, а на ее ребрах и углах образуются капли раствора, частично стекающие обратно в ванну. Таким образом, удельный унос раствора складывается из жидкости в пленке ($q_{пл}$) и в каплях ($q_{к}$).

Исследованию влияния различных факторов на удельный унос раствора деталями посвящен ряд работ [6–10]. Так авторами работы [9] была подтверждена зависимость удельного уноса от состава растворов CrO_3 и H_2SO_4 и показано, что наибольшее влияние на величину уноса оказывает концентрация растворов, а также конфигурация деталей и форма оснастки.

В работе [11] с помощью радиометрического метода (в качестве метки использовался изотоп ^{82}Br , время стекания раствора 10 с) авторы определили удельный унос (в $\text{л}/\text{м}^2$) различных растворов электролитов: для никелирования – 0,029–0,047, для цинкования – 0,029–0,047, для щелочного обезжиривания – 0,048, для хромирования – 0,018, для травления в HCl – 0,051–0,073, для процесса активации в H_2SO_4 – 0,094, для полирования в смеси концентрированных фосфорной и серной кислот – 0,160. Наибольшие значения удельного уноса были получены в концентрированных растворах кислот.

При подготовке поверхности деталей, нанесении покрытий в растворы вводят ПАВ различного функционального назначения. Добавление в раствор ПАВ также считается одним из способов снижения удельного уноса раствора [12]. В работах [7, 13] показано, что для растворов с низким

поверхностным натяжением (щелочные растворы и растворы с ПАВ) величины удельного уноса уменьшаются до $0,035 \text{ л}/\text{м}^2$ по сравнению с данными для кислых и нейтральных растворов с высоким поверхностным натяжением ($0,04 \text{ л}/\text{м}^2$ при времени стекания не менее 6 с). При времени стекания раствора 3 с наблюдалась обратная зависимость: с уменьшением поверхностного натяжения удельный унос увеличивался, что согласуется с результатами работы [6].

Выявленные противоречия, возможно, связаны с определением удельного уноса раствора без учета краевых эффектов, что также отмечалось ранее [6].

Анализ опубликованных результатов показывает их противоречивый характер, и, следовательно, определение влияния ПАВ и поверхностного натяжения на потери растворов вследствие их уноса поверхностью деталей и формирование подходов к минимизации таких потерь является актуальной научной задачей.

Методика эксперимента

Исследования влияния концентрации ПАВ на удельный унос жидкости проводили в растворах обезжиривания (в моль/л: NaOH 0,25, Na_2CO_3 0,3, $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 0,15) с добавлением Синтанола АЛМ – 0–5 г/л, никелирования (в моль/л: $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,9, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,13, H_3BO_3 0,5) с лаурилсульфатом натрия – 0–0,2 г/л, меднения (в моль/л: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 0,8, H_2SO_4 – 0,8) с ОС-20 0 – 4 г/л. Для приготовления растворов использовали реактивы квалификации х.ч.

В качестве образцов использовали стальные пластины ($6 \times 4 \text{ см}$) площадью $0,0048 \text{ м}^2$, покрытые слоем никеля (6 мкм) или меди (6 мкм) с шероховатостью $R_a = 0,284 \text{ мкм}$. Значения удельного уноса определяли гравиметрическим методом по массе жидкости, выносимой образцом, смоченным технологическим раствором. Детали тщательно обезжиривали венской известью, промывали дистиллированной водой и закрепляли в держателе. Стакан с раствором помещали на аналитические весы, а затем погружали образцы в раствор, выдерживали 60 с и извлекали, обеспечивая постоянную скорость. Время стекания раствора составляло 15 с. Изменение массы раствора в стакане после извлечения образца соответствует захваченной поверхностью образца жидкости.

Для устранения краевого эффекта вследствие образования капель, образцы погружали в раствор сначала на половину высоты и определяли массу захваченной жидкости (m_1), а затем полностью и также определяли массу захваченной жидкости (m_2). Допуская, что в обоих случаях масса капель на нижней части образца примерно

одинакова, рассчитывали массу раствора в пленке, захваченной половиной площади образца:

$$m_{пл} = \Delta m = m_2 - m_1,$$

где m_2 и m_1 – значение массы раствора, выносимого образцом, погруженным соответственно полностью и на половину высоты.

Удельный вынос ($л/м^2$) жидкости в виде капель и пленки определяли по формуле:

$$q_v = \frac{m_2}{\rho \cdot S},$$

Толщину пленки раствора и его удельный унос рассчитывали, сделав допущение, что пленка однородна и равномерно распределена по всей площади верхней части образца (где нет капель):

$$q_{пл} = d = \frac{m_{пл}}{\rho \cdot 0,5S},$$

где $q_{пл}$ – удельный унос раствора в пленке, $м^3/м^2$; d – толщина пленки раствора, $м$; S – площадь образца, $м^2$.

Долю раствора ($x_{кап}$, %), уносимого в виде капель, определяли по формуле:

$$x_{кап} = 1 - \frac{q_{пл}}{q_v} \cdot 100,$$

Измерения вязкости технологических растворов проводили с помощью вискозиметра Гешлера (Thermo Electron «Нааке», тип С). Поверхностное натяжение растворов никелирования и обезжиривания определяли методом отрыва стального кольца, а растворов меднения – методом максимального давления пузырьков. Плотность всех растворов определяли пикнометрическим методом.

Температуру исследуемых жидкостей поддерживали равной $20 \pm 1^\circ C$ с помощью термостата.

Измерения во всех экспериментах проводили не менее пяти раз, а затем находили среднее значение.

Результаты и их обсуждение

Предварительные эксперименты показали, что во всех исследованных растворах при добавлении ПАВ удельный унос раствора образцами увеличивается по сравнению с растворами без ПАВ: для раствора обезжиривания с добавлением 4 г/л Синтанол АЛМ на 11%; для раствора никелирования с добавлением 0,2 г/л лаурилсульфата натрия – на 14%; для раствора меднения с добавлением 2 г/л ОС-20 – на 30% (рис. 1а).

Также установлено, что в присутствии ПАВ основная часть раствора уносится в виде пленки, а не капель: для обезжиривания, никелирования – около 75%, для меднения – более 60% (рис. 1 б). Следовательно, в дальнейших исследованиях це-

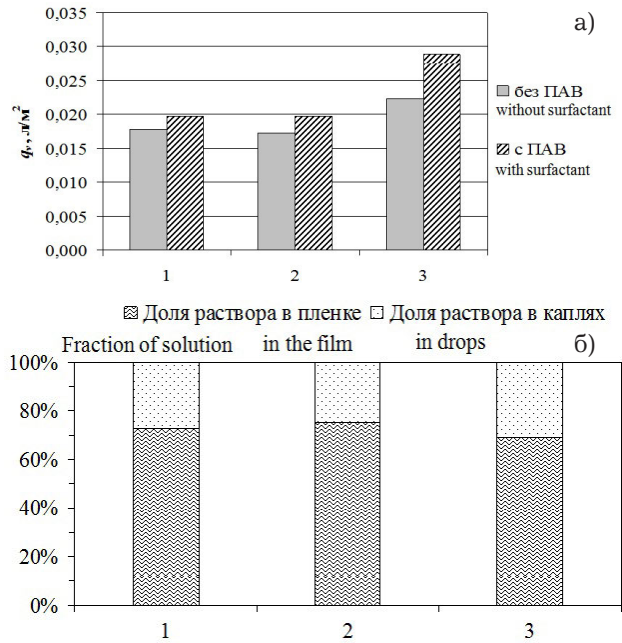


Рис. 1. Удельный унос (а) и доля (б) уносимых деталями в виде пленки и в виде капель растворов обезжиривания, никелирования и меднения с различными ПАВ: 1. – обезжиривания ($NaOH$ 0,25 моль/л, Na_2CO_3 0,3 моль/л, $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ 0,15 моль/л) без ПАВ и с Синтанолом АЛМ – 4 г/л; 2. – никелирования ($NiSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,9 моль/л, $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ 0,13 моль/л, H_3BO_3 0,5 моль/л) без ПАВ и с лаурилсульфатом натрия – 0,2 г/л; 3. – меднения ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0,8 моль/л, H_2SO_4 0,8 моль/л) без ПАВ и с ОС-20 – 2 г/л.

Fig.1. Specific drag-out (a) and fractions representing drag-out by film and drops for cleaning, nickel- and copper plating baths containing various surfactants:

1. – alkaline cleaning, mol/l: $NaOH$ 0,25; Na_2CO_3 0,3; $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ 0,15) without and with "Sintanol" 4 g/l;
2. – nickel plating, mol/l: ($NiSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,9; $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ 0,13; H_3BO_3 0,5) with sodium lauryl sulfonate – 0,2 g/l;
3. – copper ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0,8; H_2SO_4 0,8) without and with OS-20 – 2 g/l

лесообразно определять влияние ПАВ на толщину пленки раствора на образцах.

Зависимость толщины пленки растворов, захватываемых поверхностью образцов, от концентрации ПАВ представлена на рис. 2. С увеличением концентрации ПАВ толщина пленки растет. Наибольшее изменение толщины пленки наблюдается при низких концентрациях ПАВ.

Как видно из данных, представленных рис. 2 для растворов никелирования и обезжиривания при различном содержании ПАВ значение толщины пленки не превышает 15 мкм. Толщина пленки раствора меднения растет от 13,7 мкм (без ПАВ) до 17 мкм (2,0 г/л ОС-20).

Известно, что толщина идеальной бесконечной пленки раствора захватываемого поверхностью образца (или удельный унос, $q_{пл}$, $м^3/м^2$) за-

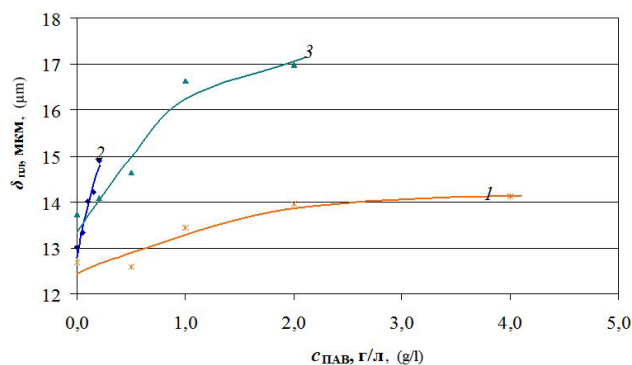


Рис. 2. Зависимость толщины пленки растворов от концентрации ПАВ:

1 – Синтанола АЛМ – 0-5 г/л в растворе обезжиривания в моль/л (NaOH 0,25, Na₂CO₃ – 0,3, Na₃PO₄·12H₂O – 0,15), 2. – лаурилсульфата натрия – 0-0,2 г/л в растворе никелирования в моль/л (NiSO₄·7H₂O 0,9, NiCl₂·6H₂O 0,13, H₃BO₃ 0,5), 3. – ОС-20 – 0-10 г/л в растворе меднения, моль/л (CuSO₄·5H₂O 0,8, H₂SO₄ 0,8).

Fig.2. Effect of surfactants concentration on the film thickness: 1. – Sintanol ALM in the cleaning solution, mol/l: NaOH 0,25, Na₂CO₃ – 0,3, Na₃PO₄·12H₂O – 0,15); 2. – sodium lauryl sulfonate in nickel plating bath, mol/l: NiSO₄·7H₂O 0,9, NiCl₂·6H₂O 0,13, H₃BO₃ 0,5; 3. – OS-20 0-10 g/l in copper plating bath, mol/l: CuSO₄·5H₂O 0,8, H₂SO₄ 0,8

висит от физико-химических свойств растворов и описывается уравнением Ландау-Левича [14]:

$$q_{пл} = d = \frac{0,938 \cdot (\eta \cdot u)^{2/3}}{(\rho \cdot g)^{1/2} \cdot \sigma^{1/6}}, \quad (1)$$

где d – толщина пленки раствора, м;
η – вязкость раствора, кг/м·с или Па·с;
ρ – плотность раствора, кг/м³;
σ – поверхностное натяжение раствора, Н/м;
u – скорость извлечения детали из раствора, м/с.

Были определены вязкость растворов, их поверхностное натяжение и плотность в зависимости от концентрации ПАВ. После достижения критической концентрации мицеллообразования поверхностное натяжение растворов практически не изменяется, а их вязкость продолжает расти.

Полученные на реальных объектах экспериментальные значения толщины пленки жидкости в присутствии различных ПАВ также определяются физико-химическими свойствами растворов и могут быть описаны уравнением (1) с достаточной для практики точностью (рис. 3).

При скорости извлечения образцов 0,01 м/с в соответствии с (1) теоретический тангенс угла наклона зависимости $(d \times \rho^{1/2} \times \eta^{-2/3})$ от $\sigma^{-1/6}$ равен 0,0139, а экспериментальный – 0,0147, что соответствует относительной погрешности около 6%.

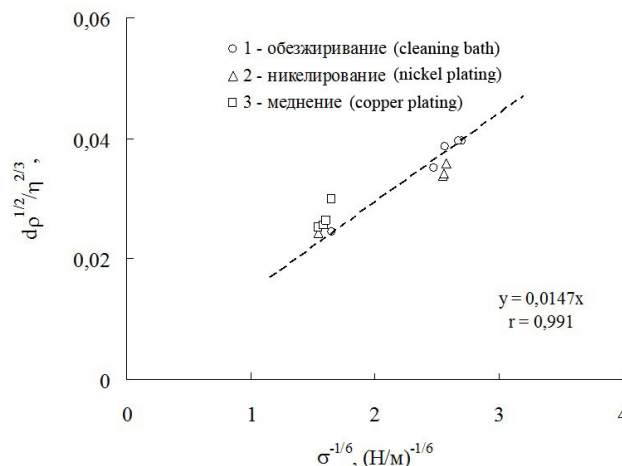


Рис. 3. Влияние поверхностного натяжения растворов на толщину пленки жидкости различной плотности и вязкости: 1. – обезжиривания в моль/л: NaOH 0,25; Na₂CO₃ 0,3; Na₃PO₄·12H₂O 0,15 без ПАВ и с Синтанолом АЛМ – 0-5 г/л; 2. – никелирования, моль/л: NiSO₄·7H₂O 0,9; NiCl₂·6H₂O 0,13; H₃BO₃ 0,5 без ПАВ и с лаурилсульфатом натрия – 0-0,2 г/л; 3. – меднения, моль/л: CuSO₄·5H₂O 0,8; H₂SO₄ 0,8 без ПАВ и с ОС-20 – 0-4 г/л.

Fig.3. Effect solutions surface tension on the film thickness at different values of liquid density and viscosity: 1. – cleaning bath, mol/l: NaOH 0,25; Na₂CO₃ 0,3; Na₃PO₄·12H₂O 0,15 without and with "Sintanol" 0-5 g/l; 2. – nickel plating, mol/l: ·7H₂O 0,9; NiCl₂·6H₂O 0,13; H₃BO₃ 0,5 without and with sodium lauryl sulfonate 0-0,2 g/l; 3. – copper plating, mol/l: CuSO₄·5H₂O 0,8; H₂SO₄ 0,8 without and with OS-20 surfactant

Данные результаты позволяют предложить критерий, представляющий комбинацию физико-химических свойств раствора $\frac{\eta^{2/3}}{\rho^{1/2} \cdot \sigma^{1/6}}$ и определяющий величину удельного уноса жидкости поверхностью деталей. Минимизация этого критерия в задаваемых технологией концентрационных границах компонентов растворов позволит уменьшить их потери.

В соответствии с уравнением (1) уменьшения удельного уноса раствора можно достичь снижением скорости извлечения деталей. Экспериментальные результаты влияния

Зависимость удельного уноса и толщины пленки жидкости захватываемой поверхностью в растворах никелирования с добавлением лаурилсульфата натрия (0,05 г/л) и меднения с добавлением ОС-20 (0,2 г/л) от скорости извлечения образцов представлены в таблице.

С увеличением скорости извлечения образцов из раствора меднения от 0,01 до 0,02 м/с удельный унос возрастает в 1,5 раза (с 0,0133 до 0,0206 л/м²), для раствора никелирования при измене-

Таблица. Результаты исследований удельного уноса раствора никелирования в присутствии лаурилсульфата натрия (0,05 г/л) и раствора меднения в присутствии ОС-20 (0,2 г/л) при различных скоростях извлечения образцов

Table. Results of determinations of specific drag-out of nickel plating solution containing sodium lauryl sulfonate and copper plating solution containing OS-20 at different rates of the removal of specimens from the solutions

Скорость извлечения, м/с Removal rate, m/s	Раствор никелирования Nickel bath		Раствор меднения Copper Bath	
	$q_{пл}$, л/м ² Drag-out, l/m ²	$d_{пл}$, мкм Film thickness, μ m	$q_{пл}$, л/м ² Drag-out, l/m ²	$d_{пл}$, мкм Film thickness, μ m
0,005	-	-	0,0132	13,22
0,01	0,0133	13,35	-	-
0,02	0,0206	20,58	0,0396	39,61

нии скорости от 0,005 до 0,02 м/с – в 3 (с 0,0132 до 0,0396 л/м²), что также в соответствии с уравнением (1). Полученные результаты могут быть использованы при проектировании гальванических линий с целью оптимизации промывных операций и снижения поступления загрязняющих веществ в сточные воды.

Следовательно, снижение потерь тяжелых металлов и других компонентов технологических растворов в промывные воды может быть достигнуто путем снижения скорости извлечения деталей из растворов в процессе эксплуатации.

Заключение

1. Проведенные исследования показали, что одним из способов снижения потерь компонентов растворов в промывные воды при обработке поверхности и нанесении покрытий, является использование растворов с низкой концентрацией ПАВ и низкая скорость извлечения деталей из технологических растворов.

2. Предложен комплексный критерий физико-химических свойств растворов, определяющий величины удельного уноса жидкости поверхностью деталей, и, позволяющий проводить минимизацию потерь технологических растворов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части государственного задания.

Литература

References

1. Поройко Т.А., Скурыгин Е.Ф. Влияние толщины слоя жидкости на неустойчивость процесса абсорбции // Теоретические основы химической технологии. 2013. Т. 47, № 6. С. 618-622.

Poroiko T.A., Skurygin E.F. Effect of thickness of liquid layer on instability of absorption // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2013. V. 47. № 6. P. 682-686.].

2. Винокуров Е.Г., Бурухина Т.Ф., Фадина С.В., Колесников В.А. Критерий ресурсосберегающих составов растворов для электроосаждения металлических покрытий // Теоретич. основы химич. технол. 2012. Т. 46, № 5. С. 551 – 554. Vinokurov E.G., Burukhina T.F., Fadina S.V., Kolesnikov V.A. Concentration Criterion for Classifying Resource-Saving Compositions of Solutions for Metal Electroplating // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2012. V. 46, № 5. P. 486-491.

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

Fadina S. V., Vinokurov E. G., Burukhina T. F., and Kolesnikov V. A. Total Concentration of Main Components in Solutions for Metal Electroplating as a Criterion for Classifying and Choosing Resource_Saving Compositions of Solutions // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2013. V. 47, № 5, P. 593-599.

4. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. – М.: Стройиздат, 1990. – 352 с.

Palguniv P.P., Sumarokov M.V. Utilization of Industrial Waste. M., Stroyizhdat, 1990. 352 p.

5. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. // Пер. с нем. – М.: Мир, 1997. – 232 с.
Fellenberg G. Contamination of Environment. Introduction to Environmental Chemistry. M.: Mir, 1997. – 232 p.
6. Krechetnikov R., Homsy G. M. Experimental study roughness and surfactant effects on the Landau-Levich law // *Physics of Fluids*. – 2005. V. 17, № 10. – P. 102108-1 – 102108-16.
7. Домрачев Р.А., Шишкина С.В., Мамаев В.И. Исследование удельного уноса раствора с деталями из технологических ванн // *Гальванотехника и обработка поверхности*. – 2003. – Т 11, № 4. – С. 11-12.
Domrachev R.A., Shishkina S.V., Mamaev V.I. A Study of Specific Drag-out in Plating Lines. // *Electroplating and Surface Treatment*. 2003. V.11, №4. 3.11-12.
8. Брукштене Д., Вашкялис А., Шалкаускас М. О количестве растворов, выносимых образцами из ванн. 1. Влияние температуры на вынос воды // *Гальванотехника и обработка поверхности*. – 1993. – Т. 2, № 6. – С. 56-60.
Brukshtene D.B., Vashkylis A.J., Shalkauskas M.J. Study of drag-out by test-objects. 2. Effect of temperature on water drag-out. *Electroplating and Surface Treatment*. 1993. V.2, № 6. P. 56-60.
9. Брукштене Д., Вашкялис В., Шалкаускас М. О количестве растворов, выносимых образцами из ванн. 2. Вынос растворов серной и хромовой кислот // *Гальванотехника и обработка поверхности*. – 1994. – Т. 3, №1. – С. 46-51.
Brukshtene D.B., Vashkylis A.J., Shalkauskas M.J. Study of drag-out by test-objects. 2. Drag-out of sulfuric and chromic acids solution. *Electroplating and Surface Treatment*. 1994. V.3, №1. P. 46-51.
10. Кошель Н.Д., Коваленко В.Л. Метод определения скорости уноса раствора на поверхности обрабатываемых деталей в гальванических линиях // *Гальванотехника и обработка поверхности*. – 1994. – Т. 3, № 4. – С. 39-44.
Koshel N.D., Kovalenko V.L. The method of determination of solution drag-out rate on treating surface in operating plating lines. *Electroplating and Surface Treatment*. 1994. V.3, №4. P.39-41.
11. Suss M. Bestimmung elektrolyt spezifischer Ausschleppverluste. // *Galvanotechnik*. – 1992. – V. 83, № 2. – S.462.
12. Зальцман Л.Г., Черная С.М. Спутник гальваника. – 3-е изд., доп. – К.: Техника, 1989. – 191 с.
Zalyman L.G., Chernaya S.M. Reference Book of Plater. Kiev, Tekhnika, 1989. – 191 p.
13. Домрачев Р.А., Шишкина С.В., Мамаев В.И. Влияние ПАВ на удельный унос раствора из технологических ванн: Тез. докл. ежегодной всероссийской научно-практической конференции и выставке «Гальванотехника, обработка поверхности и экология в XXI веке», – М., 2003. – С. 35-36.
Domrachev R.A., Shishkina S.V., Mamaev V.I. Proc. of Conference
14. Landau L., Levich B. Dragging of a liquid by a moving plate // *Acta Physicochim. USSR*. – 1942. V. 17. – P. 42.

Сведения об авторах

Фадина Светлана Валерьевна – к.т.н., специалист по проектированию и организации гальванических производств, e-mail: galvanoline@gmail.com; +7-926-379-40-53.

Бурухина Татьяна Федоровна – доцент, к.п.н., кафедра высшей математики, РХТУ им. Д.И.Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., д.9;

Винокуров Евгений Геннадьевич – профессор, д.т.н., кафедра аналитической химии, РХТУ им. Д.И.Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., д.9; e-mail: vin@muctr.ru.

Information about authors

Fadina Svetlana V. – Cand.of Sci, e-mail: galvanoline@gmail.com; tel.:+7-926-379-40-53.

Burukhina Tatyana F. – Cand of Sci., Dept. assistant professor, Depart. of Mathematics, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, 125047, Miuskaya Sq., 9

Vinokurov E.G. – professor, Doc.of Sci, Dept. Analytical Chemistry, e-mail: vin@muctr.ru



27–29 октября 2015

Москва, Крокус Экспо

13-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ, ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ И НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

ПРЕСС-РЕЛИЗ

3 сентября 2015

С 27 по 29 октября 2015 года в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо» пройдет 13-я Международная выставка технологий, оборудования и материалов для обработки поверхности и нанесения покрытий ExpoCoatingMoscow.

Начиная с этого года, ExpoCoatingMoscow будет проводиться только осенью. Не упустите возможность принять участие в профессиональных дискуссиях, найти новых партнеров и поставщиков.

ExpoCoatingMoscow - крупнейшая в России по количеству участников и посетителей специализированная международная выставка технологий, оборудования и материалов для обработки поверхности и нанесения покрытий на металлы, сплавы, пластические массы, дерево, керамические материалы и бетон. К ранее представленным на выставке гальваническим покрытиям добавлены альтернативные методы нанесения покрытий, а также процессы подготовки и обработки различных видов поверхности.

28 октября в рамках выставки будет организован **некоммерческий учебно-практический семинар «Перспективные технологии повышения коррозионной стойкости металлоизделий».** Одно из важнейших и перспективных направлений в металлургии, нефтепереработке, машино- и автомобилестроении, строительстве и др. – это защита металлоизделий и конструкций от коррозии. Каждая из отраслей активно развивается, появляются и внедряются новые технологии, как ответ меняющимся требованиям рынка. Главной задачей семинара является привлечение внимания специалистов к проблеме короткого жизненного цикла металлоизделий, обмен опытом и поиск путей решения этой проблемы. На встрече будет обсуждаться ситуация на рынке металлообработки в целом и вызовы, на которые приходится отвечать в современных условиях; интеграция современных технологий в действующие производственные циклы; экологическая безопасность производственных процессов в технологиях цинкования.

Количество участников семинара ограничено. Предварительная регистрация на сайте выставки expocoating-moscow.ru обязательна. Информационные и экспертные партнеры семинара: НКП «Центр по развитию цинка», ООО «ТЕРМИШИН РУС».

В рамках деловой программы выставки также планируется проведение презентаций компаний-участников и научно-практических круглых столов на актуальные для специалистов темы. В частности, **при участии РХТУ им. Д.И. Менделеева пройдет круглый стол по вопросам импортозамещения в отрасли.**

В октябре 2015 ExpoCoatingMoscow пройдет одновременно с Международными промышленными выставками NDTRussia, Mashex, PCVExpo, PowerElectronics, Testing&Control. Совместное проведение шести знаковых для российской промышленности выставок обеспечивает эффективное взаимодействие между представителями компаний из различных секторов экономики и создает дополнительную ценность, как для участников, так и для посетителей мероприятий.

Более 650 компаний из 35 стран мира примут участие в шести выставках. Экспозиции выставок гармонично дополняют друг друга и обеспечивают синергетический эффект для бизнес-аудитории, позволяя специалистам найти необходимое оборудование и материалы для решения стоящих перед ними производственных задач. Ожидается, что суммарно выставки посетят **свыше 15 000 специалистов**

27-29 октября 2015

Россия

Москва

МВЦ «Крокус Экспо»

expocoating-moscow.ru

Организаторы:



«ПРИМЭКСПО», в составе
Группы компаний ITE
Тел.: +7 (812) 380 6002/00
E-mail: coating@primexpo.ru
primexpo.ru

Научно-производственное предприятие "СЭМ.М"

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

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

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



ЦКН

зарегистрированный товарный знак
ООО Научно-производственного предприятия "СЭМ.М"
(Регистрационное свидетельство № 178933)

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

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

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



ГРАНИТ-М

СОВРЕМЕННОЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Наш адрес:
392462, Тамбовская обл., г. Уварово,
ул. Большая Садовая, 29
Тел./факс: (47558) 4-67-17, 4-68-98

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



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 ванны улавливания после всех операций нанесения гальванических и химических покрытий, пассивирования и снятия покрытий обеспечит выполнение обеих задач:

- примерно 10-кратное снижение выноса в каждой точке технологической цепочки;
- дополнительное многократное разбавление за счет объединения разно родных 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

КОРИАН – 3

АНАЛИЗАТОР ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК В ЭЛЕКТРОЛИТАХ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

АНАЛИЗАТОР «КОРИАН-3» ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ:

- измерения концентрации органических добавок (в том числе и многокомпонентных) в электролитах для нанесения гальванических покрытий;
- измерения концентрации сульфатов в электролитах хромирования (время 5 – 10 мин., ошибка –5%).

Анализатор работает на принципе циклической вольтамперометрии. «КОРИАН-3» обладает высокой чувствительностью (0.1 мл/л) и позволяет за 5 –10 мин с ошибкой, не превышающей 5%, определять в различных типах электролитов концентрации разнообразных по природе органических добавок. Результаты анализа выдаются в цифровом виде и графически.

В КОМПЛЕКТ АНАЛИЗАТОРА ВХОДЯТ:

- электронный блок, работающий с компьютером;
- вращающийся электрод;
- измерительная ячейка;
- индикаторных электродов.

НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА «КОРИАН-3»:

- поддержание оптимальной концентрации и выбор дозирования органических добавок в производственных электролитах;
- входной контроль различных партий органических добавок, поступающих в гальванический цех;
- контроль уровня загрязнения электролита примесями органического происхождения;
- определение стабильности и эффективности действия добавок;
- подбор оптимального соотношения концентраций добавок в многокомпонентных системах.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗАТОРА ПОЗВОЛИТ:

1. повысить экономичность процесса за счет снижения расхода дорогостоящих добавок;
2. получать покрытия постоянного качества и свойств;
3. уменьшить брак изделий.

Измерение концентрации конкретных органических добавок осуществляется по специальным программам, разработанным в ИФХ РАН. Программы прилагаются к анализатору и в случае изменения природы электролита или типа органической добавки могут быть откорректированы.

В настоящее время разработаны программы анализа добавок в следующих электролитах: в электролите сернокислого меднения; в слабокислом и щелочном нецианистом электролитах цинкования.

Могут быть разработаны программы анализа органических добавок и для других электролитов.

125047, Москва, Миусская пл., д.9, РХТУ им.Д.И.Менделеева, кафедра ТЭП,
тел.:(8499) 978 – 59 – 90, факс:8(495)609-29-64;E-mail:Ins42@bk.ru
E-mail: gtech@muctr.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

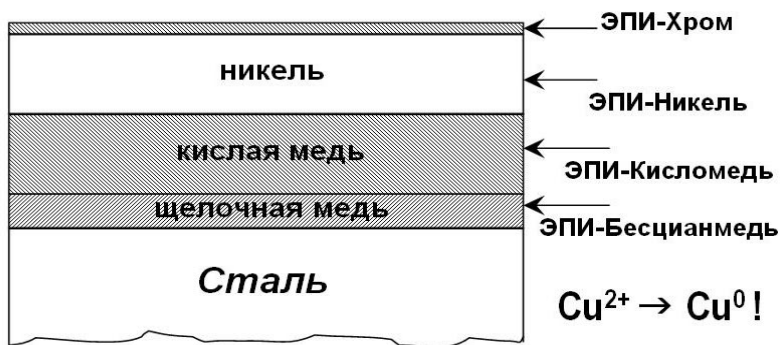
Бесцианистое щелочное меднение нового поколения

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, нержавсталь, ЦАМы и пр., на подвесках и в барабанах

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



Вышел из печати учебник «Теоретическая электрохимия» 2-е издание переработанное и дополненное

Авторы: **Ротинян А. Л., Тихонов К.И., Шошина И.А., Тимонов А.М.**

Рекомендован (уполномоченным) Государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» в качестве **учебника** для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Химическая технология».

В учебнике изложены проблемы теоретической электрохимии применительно к водным, неводным, расплавленным, твердым и полимерным электролитам. Основное внимание уделено строению растворов электролитов, двойному электрическому слою, электрохимической термодинамике и кинетике электродных реакций, а также традиционным и современным методам электрохимических измерений. Особенностью изложения является связь теоретических проблем с решением задач прикладной электрохимии во всем ее многообразии, в том числе и наноэлектрохимии.

Предназначен для студентов вузов по направлению «Химическая технология» 240100, профиль «Технология электрохимических производств», а также для аспирантов, научных и инженерно-технических работников электрохимической и смежных с ней отраслей промышленности.

494 с., 24 табл., 149 рис., список литературы 93 ссылки.

По вопросу приобретения обращаться по адресу:

ООО «ТИД «Студент»

Адрес: 109004 Москва, ул. Земляной Вал, д.64, стр.2, офис 717 (31), Телефон:
(495) 915-08-96; E-mail sales.student@mail.ru

Проблемы с качеством покрытий?

Проблемы с обработкой стоков?

Проблемы с очисткой?

Покупайте
оборудование

SERFILCO!

Вертикальные насосы

Погружные системы фильтрации

Компактные системы фильтрации

Угльные и ионнообменные системы очистки

Насосы с магнитной муфтой

Насосы с прямым приводом

Многокартриджные системы фильтрации

Системы фильтрации

Самовсасывающие насосы

Портативные системы фильтрации

Дозирующие насосы

Гравитационные системы фильтрации

Насосы для бочек

Закажите полный каталог оборудования SERFILCO



POPOV Consulting

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



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)

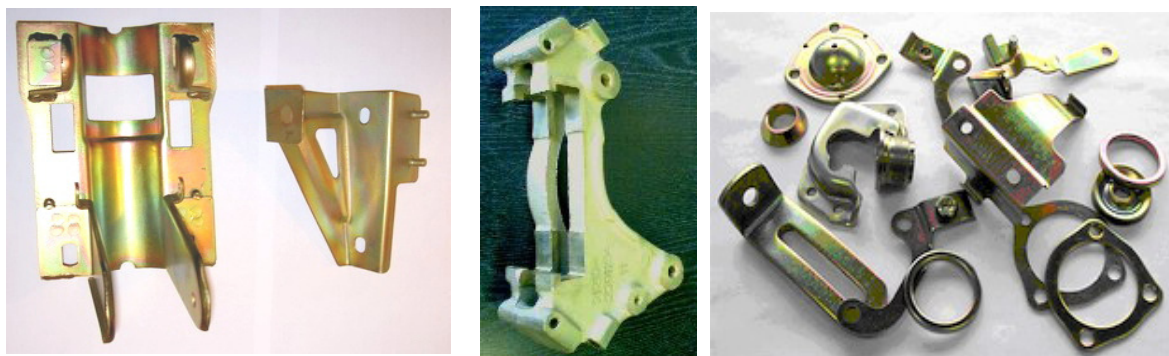
Http:// www.ecomet.ru, E-Mail: info@ecomet.ru

ООО «АРБАТ»

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

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ, БЛЕСКООБРАЗУЮЩИЕ ДОБАВКИ, ХИМИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ

Примеры гальванических покрытий для автомобилестроения:



Цинкование в щелочном и слабокислом электролитах



Хромирование без Cr(VI)



Механическое цинкование



Наша химическая продукция:

НТЦ-Р - блескообразующая добавка для щелочного цинкования,

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

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

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

Смесь БФЦ-А для хроматирования алюминия;

Фосфатирующие концентраты

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

Другие химические продукты для машиностроения - более 30 видов

Свыше 40 предприятий применяют продукцию фирмы «АРБАТ»

Подробнее на: www.galvanicrus.ru



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



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

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

ООО "БМТ" 
г. Владимир

Технологические решения:

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

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



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

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



Процессы и материалы:

- обезжириватели марки КХ;
- композиции для фосфатирования КЦФП®, КАФК®, КЕММИКС®;
- блескообразователи и композиции LIKONDA®, LIMEDA®;
- аноды и вспомогательные материалы.

Оборудование:

- выпрямители FLEX KRAFT — шеф-монтаж, гарантия и сервис, склад запасных частей;
- фильтровальные установки и насосы MEFIAG;
- электронагреватели и системы контроля параметров.

Оснастка:

- разработка и изготовление подвесок, анодных корзин;
- нанесение пластизольного покрытия на подвески любой сложности и другие изделия.



ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ

г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 178-Е
(831) 275-82-60, 275-82-61, 275-82-62, 415-75-16
email: info@galvanotech.ru

www.galvanotech.ru

Календарь выставок, конференций и семинаров 2015 года Exhibitions, Conferences, Seminars

1. Выставка «Химия-2015» 28-29 октября 2015 г. в ЦВК «Экспоцентр» (Москва).
2. **13-я Международная Выставка технологий**, оборудования и материалов для обработки поверхности и нанесения покрытий. **27-29 октября 2015 года**, Москва, КРОКУС ЭКСПО.
По вопросам участия обращаться в ООО "Примэкспо", тел. +7 812 380-60-17; 380-60-01, e-mail: coating@primexpo.ru; www.exprocoating.ru
3. **14-ая Международная выставка лабораторного оборудования и химических реактивов; 12 – 14 апреля 2016;** Москва, КВЦ «Сокольники», павильоны 4, 4.1

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 - 100 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 - 130 руб.

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.

Мамаев В.И., Кудрявцев В.Н. Никелирование.
Изд. центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. - 192с. Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности». Цена - 240 рублей.

Скопинцев В.Д., Оксидирование алюминия и его сплавов.
Изд. центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - 120с. Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности». Цена - 250 рублей.

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*

Курсы проводятся высококвалифицированными специалистами по двум направлениям.

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

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

Современные технологии и оборудование отечественных и зарубежных производителей.

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

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

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

Мастер-класс: обучение работе на ячейке Хулла.

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

Курсы повышения квалификации специалистов в области аналитического контроля.

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

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

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

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

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

Слушателям выдаются государственные свидетельства о повышении квалификации

Сроки проведения и условия участия в 1-м полугодии 2016 года

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

Группа (шифр)	Дата проведения	Стоимость, руб.
Группа № 41 (КГ - 41)	08 февраля – 17 февраля	22600-00
Группа № 42 (КГ - 42)	04 апреля – 08 апреля	16600-00
Группа № 43 (КГ - 43)	16 мая – 27 мая	26600-00

Курсы повышения квалификации специалистов в области аналитического контроля

Группа (шифр)	Дата проведения	Стоимость, руб.
Группа № 17 (АКГ - 17)	11 апреля – 15 апреля	16400-00

* Посещение 14-ой Международной выставки лабораторного оборудования и химических реактивов; 12 – 14 апреля 2016; Москва, КВЦ «Сокольники», павильоны 4, 4.1

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», м. "Менделеевская".

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 2500 – 5000 руб в сутки.

- в студ. общежитии РХТУ. Проезд: м. «Планерная», далее авт. № 88 или № 96 до ост. «97-я поликлиника» (Стоимость проживания - 1500 – 2000 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 и дату приезда.

Телефон для подачи заявок и справок:

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

e-mail: mxo@asvt.ru http: www.mmho.ru

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

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

Правила подготовки рукописей статей, направляемых в журнал "Гальванотехника и обработка поверхности"

Научные статьи должны быть оригинальны и не опубликованы в других журналах.

Статью необходимо представлять в электронном виде на диске (3,5" или CD) с распечаткой в одном экземпляре шрифтом Times New Roman (12-14 кегль), интервал между строками 1.5 - 2.0, или переслать по электронной почте: st.ceram@rctu.ru (просим отправлять файлы размером не более 1 МБ).

Текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf (Microsoft Word v. 6.0, 2000, XP, 2003) или *.docx (Microsoft Word 2007).

Статья не должна быть перегружена рисунками, формулами и литературными ссылками.

Ключевые слова (на русском и английском языке) приводятся в начале статьи.

Математические и химические формулы - предельно четкие, чтобы легко можно было отличить прописные буквы от строчных, русские от латинских и греческих, показатели степени от сомножителей. Все буквенные обозначения, приведенные в тексте статьи и в формулах, должны быть расшифрованы.

Формулы размещают отдельной строкой с расстояниями между ними и текстом не менее 10 мм.

Не допускается обозначать разные понятия одинаковыми символами.

Единицы физических величин указывают в соответствии с международной системой (СИ).

Графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т.п.), представленный в электронном виде, выполняют в графических редакторах: Adobe Illustrator и сохраняют в форматах *.eps (Adobe Illustrator CS2), *.ai (Adobe Illustrator CS2).

Фотографии, коллажи и другие материалы сохраняют в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество "8 - максимальное") или *.eps (Adobe Photoshop от v. 6.0 до CS2) с разрешением не менее 300 dpi.

Список литературы (ГОСТ Р 7.0.5-2008) приводится в конце статьи в порядке последовательности ссылок в тексте.

В списке литературы при ссылке на статью, опубликованную в журнале «Гальванотехника и обработка поверхности», необходимо после ссылки на статью на русском языке привести под тем же номером ссылку на английском. Например:

1. Солинов В.Ф., Каплина Т.В., Гороховский А.В. Влияние параметров формования на термомеханические свойства листового силикатного стекла // Стекло и керамика. 1992. № 5. С.7-8.

Solinov V. F., Kapkina T. V., Gorokhovskii A. V. Relationship between thermomechanical properties and shaping parameters for sheet silicate glass // Glass and Ceram. 1992. V. 49. N 5-6. P. 215-217.

Реферат (на русском и английском языках) - краткое изложение основного содержания статьи (со ссылками на рисунки и таблицы) - прилагается на отдельной странице.

Каждая статья должна содержать сведения обо всех авторах: фамилию, имя и отчество (полностью), место работы (полное и сокращенное название учреждения), должность, ученую степень, адрес с почтовым индексом (служебный и/или домашний), номера телефонов (служебный и домашний).

К статье должны быть приложены сопроводительное письмо и экспертное заключение.

Статья должна быть подписана всеми авторами.

Факт получения статьи редакцией означает передачу ей всех прав на опубликование статьи на русском и английском языках, включая их электронные версии.

На авторах статьи лежит ответственность за достоверность приведенных данных, точность формулировок, имен и пр., а также за неразглашение сведений, запрещенных законом к открытой публикации.

К статье может быть приложена рецензия либо выписка из решения научно-технического совета или заседания секции.

Неправильно оформленные статьи не рассматриваются.

Статьи, поступившие в редакцию, авторам не возвращаются.

Журнал «Гальванотехника и обработка поверхности» К сведению подписчиков!

Подписка на журнал производится через местные почтовые отделения.

Журнал включен в Объединенный каталог «Пресса России» 2015/2; каталог стран СНГ 2015/2;
Каталог Украины 2015/1; адресный каталог «Библиотечный каталог» 2015/2.

Агентство АРЗИ. Индекс **87867**.

В редакции также можно приобрести:

Журнал "Гальванотехника и обработка поверхности" и книги	Цена, руб
2015 год (4 номера)	800
2014 год (4 номера)	800
2013 год (4 номера)	760
2012 год (4 номера)	680
2011 год (4 номера)	640
2010 год (4 номера)	620
2009 год (4 номера)	616
2008 год (4 номера)	616
Цинкование. Техника и технология. Окулов В.В.	170
Электролитическое хромирование. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н.	130
Организация гальванического производства. Оборудование, расчет производства, нормирование. Виноградов С.С. <i>Электронная версия.</i>	100
Экологически безопасное гальваническое производство. (Изд. 2-е, дополн. и перераб.) Виноградов С.С. <i>Электронная версия.</i>	100
Промывные операции в гальваническом производстве. Виноградов С.С. <i>Электронная версия.</i>	100
Никелирование. Мамаев В.И., Кудрявцев В.Н.	240
Оксидирование алюминия и его сплавов. Скопинцев В.Д.	250

Все цены включают стоимость пересылки; НДС не облагается.

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

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

Кафедра ТЭП. И.о. гл. редактора **Кругликов С.С.**

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

Интернет-сайт журнала: www.galvanotehnika.info

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

Банк плательщика

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

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

Адреса организаций и фирм, поместивших рекламу

ООО "АРБАТ" (стр. 60)
445012, г. Тольятти, Молодежный бульвар
22-110, тел/факс (8482) 25-46-32, факс (8482) 22-
03-52, E-mail: arbat00@mail.ru

ЗАО "БМТ" (стр. 62)
600036 г. Владимир, а/я 60; E-mail: vladimir
@vladbmt.ru, www.vladbmt.ru; тел: (4922) 38-61-11,
24-74-31; факс: (4922)38-12-44

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

ЗАО "ГАЛЬВАНОХРОМ" (стр. 9)
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. 55)
393462 г.Уварово, Тамбовской обл.,
ул.Б.Садовая, 29, тел/факс (47558) 467-17; 468-98;
г.Тамбов тел/факс (4752) 72-97-52

РОPOV Consulting (стр. 58)
Официальный дилер компании SERFILCO
International LTD., Англия; тел/факс 8(499)259-24-
55; popov@popovconsulting.com;
www.serfilcoequipment.popovconsulting.com

НАВИКОМ (ПУЛЬСАР) (стр. 7)
150007, г. Ярославль, ул. Университетская
д.21;тел (4852)741-121, 741-567;E-mail: commerce@
navicom.yar.ru;www.navicom.yar.ru

"Предприятие "РАДАН" ООО (стр. 6)
190103 Санкт-Петербург, ул. 8-я Красно-
армейская, 20 (а/я 179);E-mail: radan2000@mail.ru;
www.radan@fromru.com;тел/факс: +7(812)251-13-
48, тел +7(812)251-49-17

РТС Инжиниринг (стр. 8)
Москва, ул. Атарбекова, д.4; тел.: (495)
964-47-48, факс: (495) 964-47-39; e-mail: main@rts-
engineering.ru; http://www.rts-engineering.ru

Компания "СОНИС" (стр. 29, 57)
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. 54)
119049, Москва, ул. Крымский вал, д. 8; тел/
факс: 8(495)978-94-42, +7(901)517-94-42: npp-semm@
yandex.ru

**ОАО "ТАГАТ" ТАМБОВГАЛЬВАНОТЕХНИКА
им. С.И. Лившица (стр. 4)**
392030, Тамбов, Моршанское шоссе,
21.; Тел./факс:8(4752)53-25-03 (приемная); Тел.:
8(4752)53-70-03, 53-18-89; Факс:8 (4752)45-04-15;
E-mail: market@tagat.ru; office@tagat.ru ; http://
tagat.рф; http: // www.tagat.ru

ООО "ХИМСИНТЕЗ" (стр. 61)
606008, г. Дзержинск Нижегородс-
кой обл., а/я 175; тел/факс: (8313) 25-23-46,
+7(951)902-91-65;e-mail: chimsn@kis.ru

НПП "ЭКОМЕТ" (стр. 59)
119071, Москва, Ленинский пр., д.31, стр.5,
ИФХ и Э РАН,тел: (495) 955-40-33; тел/факс (495)
955-45-54;e-mail:info@ecomet.ru; www.ecomet.ru

КОРИАН – 3 (стр. 56)
125047, Москва, Миусская пл.,д.9, РХТУ
им.Д.И.Менделеева, кафедра ТЭП, тел.: (8499)
978 – 59 – 90, факс: 8(495)609-29-64; E-mail: lns42@
bk.ru; gtech@muctr.ru

АО "ХИМСНАБ" (стр. 5)
420030, г.Казань, ул. Набережная, 4.
тел: (843)214-52-25; E-mail: info@chemp.ru, www.
chemp.ru

ТД "Элма" (стр. 9)
Тел.: +7(812)490-75-03, +7(812)921-48-02;
e-mail: info@td-elma.ru; www. info@td-elma.ru

РХТУ им. Д.И. Менделеева (стр. 55)
Москва, Миусская пл., д.9; тел/факс (499)
978-56-51, моб. 8-916-616-96-99; E-mail:gtech@
muctr.ru

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

Заказ № 15730. 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



Expo
Coating
MOSCOW

27–29
октября
2015

Москва
Крокус Экспо

13-я Международная выставка технологий, оборудования и материалов для обработки поверхности и нанесения покрытий

- на металлы • сплавы • пластические массы
- дерево • керамические материалы • бетон



Организаторы:



primexpo



При участии:



РХТУ им. Д. И. Менделеева
Российское химическое общество им. Д. И. Менделеева
Московское химическое общество им. Д. И. Менделеева
Российское общество гальванотехников

тел.: +7 (812) 380 6002/00
e-mail: coating@primexpo.ru

Получите электронный билет:
expocoating-moscow.ru

