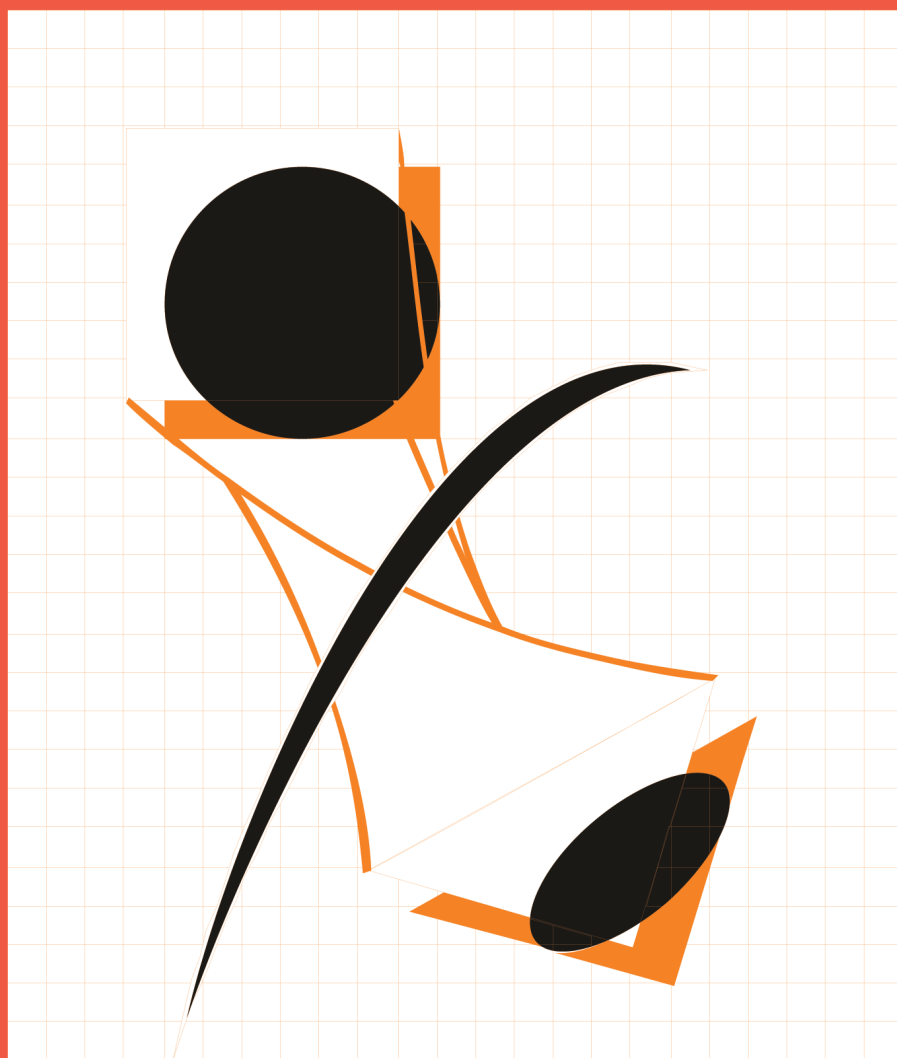


ISSN 0869-5326

ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT



Наука
Экология
Технология
Оборудование
Печатные платы
Образование

Science
Environments
Processes
Equipment
PC boards
Training

ТОМ XXI №2 2013 МОСКВА

РХТУ им. Д.И. Менделеева

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ УЧАСТОК (ЦЕХ) БЕЗ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

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

- 1) Свести к минимуму суммарное количество каждого из этих компонентов в стоках.
- 2) Обеспечить необходимую степень разбавления при взаимном смешении разнородных сточных вод участка (цеха) и последующего соединения их с хозяйственными стоками.

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

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

- примерно 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

Редакционная коллегия

Главный редактор

д.х.н. Кудрявцев В.Н.

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

д.х.н. Агладзе Т.Р., Тбилиси, Грузия;
д.х.н. Байрачный Б.И., Харьков, Украина;
к.т.н. Буркат Г.К., Санкт-Петербург, Россия;
д.т.н. Виноградов С.С., Москва, Россия;
д.х.н. Варенцов В.К., Новосибирск, Россия;
д.х.н. Данилов Ф.И., Днепропетровск,
Украина;
д.х.н. Давыдов А.Д., Москва, Россия;
к.т.н. Дьяченко А.В., Москва, Россия;
к.х.н. Жарский И.М., Минск, Белоруссия;
д.х.н. Кайдриков Р.А., Казань, Россия;
д.х.н. Колесников В.А., Москва, Россия
к.т.н. Окулов В.В., Тольятти, Россия;
д.х.н. Перельгин Ю.П., Пенза, Россия;
д.х.н. Рудой В.М., Екатеринбург, 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 абстрактов - проф. Кругликов С.С.

Editorial Board

Editor-in-Chief

prof. Kudryavtsev V.N.

Mendeleev University of Chemical
Technology of Russia, Moscow

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

№ 2

2013 год

том XXI

Содержание

<i>Ответы на вопросы читателей</i>	О возможности замены Na_2SO_4 на H_2SO_4 в ванне пассивации	4
	Об уменьшении съема металла при травлении алюминиевых сплавов	4
	О причинах закипания раствора химического никелирования	4
	О защите от коррозии чугунных деталей автомобилей	5
<i>Осаждение металлов и сплавов</i>	Успехи гальванотехники. Обзор мировой специальной литературы за 2011-2012 годы Елинек Т.В.	14
	Электроосаждение антифрикционных покрытий на основе свинца из метансульфоновых электролитов Данилов Ф. И., Скнар Ю. Е., Васильева Е.А., Проценко В.С.	20
	Практика использования анодов из свинца при различных режимах хромирования Крамков И.С., Харламов В.И.	25
	Электроосаждение меди из цитратного электролита на стальную основу в ультразвуковом поле Михедова Е.В., Черник А.А., Жарский И.М.	30
	Электроосаждение сплавов кобальт-никель из простых и комплексных электролитов Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н.	35
	Применение метода растворения анодов для приготовления и корректировки электролитов серебрения и золочения Данилюк В.М., Агеев А.И.	39
<i>Экология</i>	Бессточные гальванические производства. Мифы и реальность Мамаев В.И., Шишкина С.В.	44
	Зависимость эффективности электрофлотационного извлечения малорастворимых соединений меди из сточных вод от природы дисперсной фазы и солевого состава среды Бродский В.А., Колесников В.А.	48
<i>Хроники</i>	10-я Юбилейная международная выставка и конференция «Покрытия и обработка поверхности»	56
	Рецензия на «Сборник практических материалов для технологов»	58
<i>Информация</i>	Учебник «Теоретическая электрохимия»	59
	Курсы повышения квалификации	62-63
	Выставки, конференции, семинары. Книги	65

Интернет-сайт Российского общества гальванотехников
www.galvanicrus.ru

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT

Published since 1992

№ 2

2013

т. XXI

Contents

<i>Answers for reader questions</i>	On the possibility of the replacement of Na_2SO_4 by H_2SO_4 in the passivation solution	4
	On the reduction of metal stripped in the course of Al alloys pickling	4
	On the causes of "boiling" of electroless nickel plating solutions	4
	Corrosion protection of pig-iron car articles	5
<i>Electroplating of metals and alloys</i>	Advances in Metal Finishing - An Assessment of the International Literature 2011-2012 <i>Jelinek T.V.</i>	14
	Electrodeposition of Antifriction Lead based Coatings from Methanesulfonic Baths <i>Danilov F.I., Sknar Y.Y., Vasil'eva E.A., Protsenko V.S.</i>	20
	Practical experience in the use of lead anodes in chromium plating tanks at different operating conditions <i>Kramkov I.S., Kharlamov V.I.</i>	25
	Electrodeposition of copper on steel substrate in ultrasonic field <i>Mikhedova E.V., Chernik A.A., Zharskiy I.M.</i>	30
	Electrodeposition of Ni-Co Alloys from simple and complex solutions <i>Shekhanov R.F., Gridchin S.N.</i>	35
	The Use of Soluble Anodes for the Make-up and Replenishments of Silver and Gold Plating Solutions <i>Daniljuk V.M., Ageev A.I.</i>	39
<i>Environmental problems</i>	Wasteless Plating Shops. Myths and Reality <i>Mamaev V.I., Shishkina S.V.</i>	44
	Dependence of efficiency of copper sparingly soluble compounds extraction from sewage by electroflotation on the nature of dispersed phase and waste water salt maintenance <i>Brodskiy V.A., Kolesnikov V.A.</i>	48
<i>Chronicle</i>	International exhibition and Conference "ExpoCoating"	56
	Reference book for platers was reviewed by Prof. Marjan Yaskula	58
<i>Information</i>	On the training courses for plating engineers	62-63
	Congressess, Conferences, Meetings	65

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

Ответы на вопросы

О возможности замены Na_2SO_4 на H_2SO_4 в ванне пассивации

On the possibility of the replacement of Na_2SO_4 by H_2SO_4 in the passivation solution

ВОПРОС: После курсов повышения квалификации накопилось несколько вопросов:

1) Цинкование.

Нам рекомендовали в ванне пассивирования заменить Na_2SO_4 на H_2SO_4 . Тогда какая должна быть концентрация кислоты, если сульфата натрия безводного было 10-15 г/л. И как определять теперь серную кислоту, если в ванне помимо нее и хромпика еще находится азотная кислота (3-7 г/л)? Лаборатория затрудняется это сделать. Какое значение pH должно быть у ванны пассивирования?

Сам электролит цинкования аммиакатный – ZnO (20-30), NH_4Cl (250-280), H_3BO_3 (20-30) г/л, столярный клей (планирую на блескообразующую добавку поменять). Верно ли значение pH, в котором мы работаем: (5,9-6,7)?

2) Меднение пирофосфорнокислое.

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (40-60), $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (330-450), $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (10-15) г/л. pH 8-8,5, t 45-55°C

На поверхности иногда образуется пленка (как будто жир застывший). Нам объяснили это «цветением» щавелевокислого калия. А как это устранить?

И у нас всегда проблема с добавлением $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$. Есть инструкция на приготовление нового электролита (там медь сернокислая добавляется в избыток $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$, а осадок декантируется). Но как в готовый электролит добавить недостающий $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ не написано. И при корректировке либо электролит становится мутно-белым или вообще выпадает белый творожистый осадок, который приходится растирать.

ОАО СКБ "Турбина", Челябинск

ОТВЕТ: По цинкованию: С серной кислотой в ванне пассивации поосторожней, а то может быть большой съём покрытия, лучше ориентироваться по pH (в пределах 1-2); анализировать сульфаты (как и серную кислоту) можно весовым методом; в самом электролите допустимый диапазон pH составляет 5-7,5 ед, так что ваши значения подходят.

По пирофосфатному меднению: Если это действительно цветение, то надо прокипятить и профильтровать - эта операция в любом случае лишней не будет; недостающий пирофосфат калия в электролит можно добавлять прямо в сухом виде при перемешивании - он прекрасно растворяется не только в воде, но и в электролите, осадок образовываться не должен, (разве что небольшое

количество сульфата калия, если при приготовлении или корректировке по меди применялась медь сернокислая без отделения сульфатов.

к.т.н. Смирнов К.Н.

Об уменьшении съема металла при травлении алюминиевых сплавов

On the reduction of metal stripped in the course of Al alloys pickling

ВОПРОС: В порядке оказания технической помощи прошу Вас дать рекомендации по щадящему травлению алюминиевых сплавов Д16, АМц, АМг). На предприятии используется раствор едкого натра 50-100 г/л при температуре 80 °С в течение 5-15 минут для травления деталей с точными размерами отверстий по 7-8 квалитетам перед нанесением химического электропроводного окисного покрытия (ХимОкс).

Гл.технолог ФГУП "Государственный рязанский приборный завод"

ОТВЕТ: Для уменьшения съема металла в процессе травления можно использовать тот же щелочной раствор (едкий натр - 50 - 100 г/л), но при более низкой температуре - 40 - 50 градусов.

Кроме того, можно использовать умеренно агрессивный раствор, рекомендуемый для травления сварных деталей с негерметизированным швом: 80 - 100 г/л фосфорной кислоты H_3PO_4 и 4 - 6 г/л кремнефторида калия (или натрия) K_2SiF_6 . Обработку ведут при комнатной температуре в течение 3 - 10 мин.

к.т.н. Скопинцев В.Д.

О причинах закипания раствора химического никелирования

On the causes of "boiling" of electroless nickel plating solutions

ВОПРОС: На нашем предприятии появилась серьезная проблема на линии золочения. Периодически в ванне никелирования (с анодной защитой 0.6В) "закипает" раствор и приходит в непригодность. Что делать?

Ванна - А316 (нержавеющая сталь с содержанием ванадия).

Раствор фирмы J-КЕМ: Ni^{+2} - 5.9 г/л, гипосульфит 30-32 г/л, t 80°C, pH 4.7-4.8 г/л

Скорость осаждения 5-6 мкм за 25мин. Осадок - содержание фосфора не более 7-10%.

ОТВЕТ: "Закипание" раствора химического никелирования - это протекание реакции образования никель-фосфорного сплава в объеме ванны. Причинами этого явления, приводящего к выходу из строя раствора, могут служить самые разные факторы: завышенная концентрация гипофосфита, завышенное значение pH, недостаточное количество компонентов, отвечающих за устойчивость раствора, локальный перегрев раствора, касание стенок или дна ванны деталями, неверный выбор анодной защиты, завышенная удельная нагрузка ванны, накопление продуктов окисления гипофосфита, попадание в ванну посторонних частиц, являющихся активатором процесса в объеме и др. К сожалению, какой именно фактор сработал в Вашем случае, определить невозможно, поскольку Вы представили только общие сведения о растворе и ванне, а важно знать, какая именно концентрация, температура, pH были в момент начала "закипания", сколько проработал раствор до этого и сколько он накопил фосфитов, какова конструкция обогрева ванны, габариты ванны, позволяющие оценить правильность выбора анодной защиты, материал покрываемой детали и способы ее активирования под химическое никелирование и другие технологические нюансы.

Но одно можно сказать определенно: раствор химического никелирования, который Вы используете, не обладает достаточной стабильностью, поэтому вероятность его выхода из строя в дальнейшем очень велика. Современные растворы химического никелирования содержат компоненты, резко повышающие устойчивость раствора в процессе длительной эксплуатации, выдерживают даже кратковременное кипячение без выхода раствора из строя, могут использоваться в условиях многократной корректировки при сохранении высокой скорости процесса (5-6 мкм за 5-7 мин). Полагаю, что применение современных технологий химического никелирования обезопасит Вас от постоянных выходов из строя раствора и потерь, связанных с остановкой всей гальванической линии.

к.т.н. Скопинцев В.Д.

О защите от коррозии чугунных деталей автомобилей

Corrosion protection of pig-iron car articles

ВОПРОС: Каким гальваническим покрытием можно защитить от коррозии детали автомобилей, изготовленные из чугуна.

ООО "Мастер"

ОТВЕТ: Для защиты от атмосферной коррозии деталей, изготовленных из чугуна, лучше всего (не считая запрещенного кадмирования) подходят цинковые покрытия с той или иной пассивацией, усиленной уплотняющим составом типа «силер». Однако следует учитывать некоторые особенности, характерные для чугуна, а именно:

1. Рекомендуется применять слабокислые электролиты с блескообразующими добавками.

Из щелочных цианидных электролитов цинк на чугуне осаждается с трудом из-за высокого содержания углерода на поверхности металла, на которой преимущественно разряжается водород, снижая выход по току цинка. В то же время современные щелочные цинканные электролиты с добавками позволяют осаждать цинк на чугунные детали с удовлетворительными результатами.

2. Поверхность литых чугунных деталей перед цинкованием должна быть очищена пескоструйной обработкой, что не исключает традиционное анодное обезжиривание и кислотную активацию.

3. Ювенильная поверхность чугунных деталей значительно больше геометрической поверхности, в связи с чем рекомендуется, чтобы плотность тока при цинковании была выше расчетной в 1,5-2 раза.

4. Кроме гальванического цинкования для чугуна применяют цинк-ламельные покрытия, а также термодиффузионное цинкование и горячее цинкование погружением в расплав.

к.т.н. В.В. Окулов

Совершенные поверхности наша страсть

Озеро Мэтесон в Новой Зеландии имеет идеальную поверхность. Природа и окружающие горы отражаются в нем один к одному. Совершенство природы является идеальным образцом для подражания при создании наших покрытий.

«Умикор Электроплатинг» является мировым лидером в создании процессов электролитов и анодов, используемых для облагораживания поверхностей. Будь то ювелирные изделия, автомобильная индустрия или коммуникационные технологии (электроника, печатные платы и т.п.) - мир функциональных покрытий и покрытий благородными металлами предлагает бесконечные возможности.

www.umicore-galvano.com

The world of noble
and functional surfaces


umicore
Electroplating



Для нее
- это удобная «молния».

Для нас
- это функциональное покрытие.

Основное назначение металлических покрытий состоит в эстетическом и функциональном совершенствовании поверхностей, на которые они наносятся. «Юмикор Электроплатинг» является мировым лидером в создании процессов и электролитов для технологий финишной обработки поверхностей. Будь то ювелирные изделия, автомобильная индустрия или коммуникационные технологии (электроника, печатные платы и т.п.) - мир функциональных покрытий и покрытий благородными металлами предлагает бесконечные возможности.

www.umicore-galvano.com



The world of noble
and functional surfaces

All Plastic CALORPLAST Heat Exchangers
Все пластмассовые теплообменники фирмы КАЛОРПЛАСТ



Shell and Tube Heat Exchanger
Жидкостно-жидкостный теплообменник

Immersion Heat Exchanger
Погружной теплообменник

Heat Exchangers for the Galvanic Industry made of PVDF, PP and PE
for Heating and Cooling of all Plating Tank Fluids
Теплообменники для гальванического производства - изготовленные из PVDF, PP или PE,
для подогрева и охлаждения любой жидкости в гальванических ваннах.



CALORPLAST WÄRMETECHNIK GMBH

D-47704 Krefeld · Postfach 100411 · D-47803 Krefeld · Siempelkampstr. 94
Phone 00 49 (21 51) 87 77-0 · Fax 00 49 (21 51) 87 77-33
E-Mail: info@calorplast.de · Internet: www.calorplast.de

Marketing organisation world-wide in A, AUS, CH, E, F, GB, I, JP, NL, ROK and USA.
Please call us for further information

Международная сеть дистрибуторов и дилеров в Австралии, Австрии, Великобритании, Испании,
Италии, Нидерландах, Республике Корея, США, Франции, Швейцарии и Японии.
Позвоните нам для получения дополнительной информации.

ГальваноТехник Лейпциг ГмбХ

ВНОВЬ В РОССИИ

Оборудование для всех видов
гальванических процессов



Представительство в Москве
Москва, Перервенский б-р, 8-161
Тел.: + 7 (495) 654 02 56
Моб.: + 7 (968) 794 12 11
E-mail: alex-ferrosan@yandex.ru
www.galvanotechnikleipzig.de

**GALVANO
TECHNIK
LEIPZIG**





Щелочное цинкование

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

Слабокислое цинкование

ЛГ-50(А,И) ЛГ-09(А,Б)

Цианистое цинкование

ДС-3

Осаждение сплавов

Цинкамин-ZF(цинк-железо)

Цинкамин-ZN(цинк-никель)

Никелирование

НХС-1,2,3



Лучшая химия для гальванотехники



Пассивирующие концентраты (CrVI-free)

Финишная обработка покрытий

Ирида-ХромТри(А,В,АF,ВF,К)

Ирида-СилХром

Силатек-08(top-coat)

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



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



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

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 овалыные 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-оловоцинк 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 предназначены для прямого электрического нагрева в установках и резервуарах, где требуются самые маленькие размеры и отличная степень устойчивости по отношению к сильно агрессивным технологическим растворам.
- Тефлоновые нагревательные элементы GALMATERM для прямого электрического нагрева установок и резервуаров, где требуются небольшие размеры, высокая производительность и отличная степень устойчивости по отношению к агрессивным технологическим растворам.
- Патронные нагревательные элементы CALOR для прямого нагрева жидкостей, расплавленных масс, паров и газа.
- Поплавковые датчики уровня жидкости, электроконтактные зонды уровня, датчики температуры и соответствующая электроника для регулирования и контроля температуры и уровня раствора.



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ФИРМ UMICORE и MAZURCZAK В РОССИИ:
ЗАО "ХИМСНАБ"
420030, г. Казань, ул. Набережная, 4 тел.: (843) 214-52-25
E-MAIL: INFO@CHEMPRU, WWW.CHEMPRU

УДК 621

Успехи гальванотехники*
Обзор мировой специальной литературы за 2011-2012 годы

Елинек Т.В.

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

2011-2012

Jelinek T.V.

**Fortschritte in der Galvanotechnik - Eine Auswertung der
internationalen Fachliteratur 2011-2012**

Jelinek T.W.

Новыми функциональными продуктами, их высоким качеством и низкой стоимостью некоторые предприятия пытаются восполнить свои, по сравнению с конкурентами, недостатки (рост стоимости энергии, ограничения ее потребления, манипулирование необходимостью охраны окружающей среды [43, 289], затруднительную ситуацию с экспортом [134, 503, 606], уменьшение клиентов в новых развивающихся индустриальных странах [178, 255, 423, 539, 583]. Малый вес покрытий, небольшой расход энергии при их получении, комплексные и легкие конструкции при незначительном расходе материала все больше смещают требования к качеству изделий в область требований к качеству поверхности [222]. От поверхности деталей требуется все более широкий спектр свойств, которые должны быть управляемы, они должны "интеллигентно" подстраиваться под необходимые потребности, покрытия должны быть просты и дешевы в изготовлении. Поэтому краеугольным камнем исследовательской и разработческой деятельности многочисленных институтов и предприятий являются функции и свойства поверхности (покрытий).

Как и в прошедшие годы [283], за период 2011/2012 годов было обработано 48 специальных журналов, среди них 35 на немецком языке, 3 на английском, 4 русских, 2 польских, 2 итальянских, по одному на французском и голландском языках. 18 журналов специализируются на технике обработки поверхности, в других публикуются статьи, посвященные проблемам этой отрасли, иногда. При попытке найти в этой обработ-

ке "красную нить" оказалось, что особенно много публикаций связано с применением обработки поверхности. Кроме адаптации известных покрытий к возрастающей необходимости улучшения поверхности, имеются вновь разработанные покрытия и их комбинации, как например композиционные слои, уменьшающие трение [261, 534]. Одной из главных задач является обработка поверхности новых, легких материалов, например магния, применяемого в новых конструкциях электромобилестроения [297, 344, 345, 445, 449].

На втором месте по количеству публикаций стоят материалы, посвященные технологии применения новых, прежде всего, материал- и энергосберегающих способов и ресурсов [499]. Это является также целью многих конструктивно-технических решений, поскольку интеграция установок обработки поверхности в производственную линию часто играет особо важную роль [516].

Собственные разработки на предприятиях гальванических и на предприятиях по обработке поверхности направлены, прежде всего, на экономию ресурсов и энергии [46]. На установках имеется, к примеру, программированное распределение тока, когда ток включается только там и тогда, где и когда он требуется [108, 118], или эффективное управление теплообменником [135, 163]. Ток экономится при использовании эффективных моделей таких устройств, как насосы и электромоторы [581], за счет создания оборота тепловых потоков [582]. Предполагается (прежде всего, в области осаждения благородных металлов), что в некоторых случаях движение жидкости экономичнее,

* Перевод обзора из немецкого журнала *Galvanotechnik*, 2013, 104. -№1, С. 20-38.

чем движение деталей [305]. Особой задачей является поиск замены шестивалентного хрома в растворах пассивирования [107, 191, 293]. В химикатах и лаках стараются переключиться на возобновляемые ресурсы [45, 229], собственное сырье [230] и увеличить комбинации слоев различных составов. Обобщают исторические результаты ранних разработок в гальванотехнике, очевидно, чтобы учиться на ошибках [132, 177, 276, 278, 559].

1. Новшества и актуальные проблемы

1.1 Нано материалы, функциональные покрытия

Вследствие возрастающего значения нанотехнологий в европейском союзе разрабатывается проект ENIAC с большим количеством тем для различных областей применения [22]. Надо отметить, что системы с наноразмерными частицами используются уже очень давно, но только сейчас они стали достоянием общественности [54].

Материалы с управляемыми свойствами имеют наноструктурированные алмазные частицы, которые могут включаться в матрицу в определенной пропорции [166]. Особо высокую твердость и износостойкость имеют осажденные импульсным током композиционные никелевые покрытия с 15% наноразмерных корундовых частиц [7]. Никелевые слои с диспергированными частицами карбида кремния (в зависимости от назначения нано или микроразмеров) могут служить заменой хромовых (Cr VI) покрытий [523]. Особо высокой твердостью и износостойкостью обладают осадки твердого хрома толщиной 5 мкм после термодиффузионного насыщения бором и лазерной обработки [567].

2. Применение гальванических и других покрытий

2.1. Автомобиле-, самолето- и ракетостроение, ветровая энергетика

Исследование отказов контактов с оловянными покрытиями при термических нагрузках привело к заключению, что причиной является шероховатость поверхности покрытия и никелевого подслоя [201] и поэтому, если они работают при температурах выше 125°C, необходимо применять позолоченные контакты [76]. Для временной защиты деталей в автомобилестроении рекомендованы напыляемые колагеновые покрытия [85]. Для коррозионной защиты разработана ресурсосберегающая система [121]. Разрабатываются методы обработки поверхности легких конструкций гибридными материалами, например, анодирование наклеенных на пластмассу алюминиевых фольг, не имеющих трещин [150] и, для особых деталей,

покрытия ламельным цинком [13]. Искусственные материалы применяют в виде покрытий или как компактный материал для гибридов [231]. Имеется тенденция альтернативной замены лакирования кузова простыми по обработке фольгами [216]. Специальный способ позволяет оценить срок службы поверхностей [246].

Производство печатных плат выигрывает за счёт все ускоряющейся смены моделей [202], что затрагивает также и другие отрасли [298]. Гальванические покрытия пользуются спросом у разработчиков, поскольку они решают ряд декоративных и одновременно функциональных задач [343].

Прецизионное осаждение твердого хрома в высокопроизводительных впрыскивающих системах обеспечивается специальными реакторами и подвесками [350]. Пластмассовые корпуса коробов передач изготавливают в специальной форме с напыленным слоем цинка [372].

В самолето- и ракетостроении увеличивают срок службы и эрозионную стойкость (например, против вулканического пепла) турбинных двигателей напыленными карбидными, нитридными или металлокерамическими покрытиями [29]. Исследования [200] прогнозируют в ракетостроении новые методы обработки поверхности, в том числе без шестивалентного хрома. Возможно непосредственное восстановление пластмасс внедренными в детали микрокапсулами с "ремонтными" полимерами и ускорителем [133].

Немецкие предприятия, вслед за Китаем и Америкой, ведут борьбу за третье место в мировом первенстве в области поверхностной обработки колес ветряков с их 8000 отдельными деталями, требующими защиту [157]. Высоконагруженные винтовые соединения ветровых установок лучше всего защищают от коррозии цинк-ламельные покрытия [30, 361, 496], роторные лопасти - специальные лаковые системы [548, 569].

ICE-2-составы немецкой железной дороги имеют новую окраску на водной основе [156]. Вновь разработанное покрытие на протеиновой основе уменьшает обледенение [169].

2.2. Машиностроение, инструменты, медицина

На швы деталей с большими поверхностями ионно-плазменным напылением наносят многослойные нанопленки различных металлов, вызывающие вместе экзотермическую реакцию [249]. Описан новый способ химического травления микроструктур [258, 311]. С помощью литографии и гальванопластики производятся часовые циферблаты [351, 450] и другие детали [260, 278, 373]. Керамические микродетали изготавливают микронапылением порошков [310], электроэрози-

ей обрабатывают магнитные зонды из аморфных сплавов [474], методом натирания наносят различные металлы [532]. Детализация проблем, относящихся к этим отраслям производства, приведена в работах [79, 323, 336, 343, 346, 373].

Образование коррозионных элементов в клепаных соединениях из различных материалов или за счет деформационных напряжений предотвращается нанесением толстых цинковых слоев [457]. Исследуется поведение различных гальванических покрытий при их сопряжении [485].

Поскольку на трение расходуется от 30 до 40% энергии, потребляемой машинами на производстве, создана специальная программа, направленная на решение этой проблемы [422]. Сравниваются показатели трения различных гальванических покрытий для применения при решении трибологических проблем [279]. В производственной промышленности можно использовать подшипники качения без смазки при нанесении PVD-покрытия [377], существуют системы смазки без масла на основе целлюлозы и полисахаридов [605]. Шкафы управления для особо чувствительных приборов делают из оцинкованных листов, дополнительно покрытых тремя слоями лака [399]. Для контроля существуют специальные системы датчиков [459]. Режущая часть металлообрабатывающих инструментов после лазерной обработки вместо пайки приклеивается [117].

В медицине улучшают биологическую совместимость титановых имплантантов плазмохимическим или анодным оксидированием пульсирующим током [244]. Облегченный вес имеют имплантанты из полимерной пены с электролитическим титановым покрытием [522]. За счет применения PTFE-покрытия контактные поверхности протезов из различных материалов двигаются свободно [269, 420, 570], на эту тему имеется подробная исследовательская работа [442]. Методом гальванопластики изготавливают известные имплантанты, состоящие из структурированных золотых частей для контактов с нервами [455].

Хранение чувствительных к влажности и температуре фармацевтических и других медицинских изделий автоматически контролируется новым прибором [228]. Существуют новые устройства для дозирования микроколичеств веществ [250].

2.3. Печатные платы, электроника

Различные конструкции печатных плат оптимизируются в соответствии с требуемыми функциями, что сопровождается в автомобилестроении продолжительными испытаниями их надежности [26]. Существуют новые директивы применения металлических покрытий печатных плат

[111], позволяющие решать проблемы соединений [116]. Для светодиодов используются различные варианты [27], их проблемы обсуждаются в многочисленных публикациях [110, 257, 307, 504, 543].

Как следствие постоянной миниатюризации, в печатных платах интегрируется больше функций [210], отдельные детали позиционируются одни относительно других, поскольку необходимы соединения гальваническим или PVD-методом [24]. В этой связи производство печатных плат требует применения альтернативных материалов [112, 113, 114] или трехслойного покрытия, в котором верхний слой является токоведущей дорожкой, средний - изолирующим и нижний состоит из металла с высокой теплопроводностью [23].

Особый интерес представляют проблемы пайки безсвинцовым припоем [25, 205, 207, 208, 505, 585, 588], а также вопросы соединений [208, 586]. Сверлению печатных плат, другим разработкам и применениям посвящены многочисленные работы [203, 204, 254, 256, 374, 456, 457, 458, 501, 502, 540, 541, 584].

Новый процесс производства полупроводников в электронике основывается на исследовании механизмов, протекающих на границах фаз [60]. Проблемам применения электронных устройств "свободные руки" посвящен целый ряд работ [80, 165]. Металлические корпуса для электромагнитной совместимости заменяют пластмассовыми с толстым напыленным слоем цинка [158]. Способность меди к контактной сварке улучшают серебрением [158]. Выход годных солнечных элементов повышают заменой чистого кремния на кремний, дотированный тяжелыми халькогенидами [21], а также рядом других мероприятий [259]. В дешевых солнечных элементах вместо серебряных используют медные контакты с подслоем никеля [303]. Качество и долговечность делают золотые контакты почти всегда дешевым техническим решением [304].

3. Подготовительные операции

Подготовка поверхности заключается, с одной стороны, в удалении поверхностных загрязнений, т.е. веществ, ухудшающих качество последующей обработки или функций самого изделия, и с другой стороны - приведение поверхности в состояние, положительно влияющее на качество наносимых покрытий. Требуемое высокое качество поверхности естественно зависит от подготовительной операции [515, 517]. Стремление все больше интегрировать подготовительные операции в производственный процесс приводит к стиранию границы между мероприятиями по очистке и технологической очисткой перед обработкой поверх-

ности. Важными считаются сегодня почти все без исключения способы очистки [235].

Для деталей, применяемых в медицине, требуется особо высокая чистота [179]. Степень чистоты поверхности определяют измерением контактного угла [429]. Существуют специальные методы изучения склонности поверхности к склеиванию [3].

Параллельно с качеством уделяют внимание проблемам экономичности, например, при производстве полупроводников, где из 500 производственных этапов более 30% связаны с очисткой поверхности [209]. Для конкретных случаев выработаны критерии выбора способов очистки и их комбинаций [180], а также для предотвращения повторного загрязнения уже очищенной поверхности при монтаже [234]. Для того, чтобы не требовалась очистка, усиливаются превентивные мероприятия по предотвращению технологических загрязнений поверхностей на производственных этапах маслом и другими веществами [605]. Как показывает пример обработки алюминия, успех зависит от того, насколько оптимально согласуются способ очистки и техника [425]. В связи с этим рационализируется очистка алюминиевого литья под давлением в форме интегрированной трехступенчатой системы [436].

3.1. Очистка, травление

О каких-то новых средствах очистки и обезжиривания на водной основе не сообщается, за исключением исследований по замене токсичной буры [324], а также о замене основных компонентов обезжиривающих и травильных растворов и поверхностно активных веществ на экологически чистые составляющие [427]. Остатки графита и песка удаляют с поверхности в многостадийных операциях травления в щелочных и кислотных растворах [238], остатки алюминия с экструдеров - в концентрированных растворах едкого натра [349]. Так называемый, нейтральный травитель, не имеет недостатков, присущих травлению в минеральных кислотах [182]. Для аналогичных применений исследуются ионные растворы [287, 426, 518].

3.2. Механические способы

Погружное шлифование на вращающейся карусельной установке (Schleppschleifen) позволяет обрабатывать сложные медицинские имплантаты из твердых металлов [4, 562], особо хороших результатов достигают с применением вновь разработанных для этих целей паст [552]. Масла при механическом погружном шлифовании имеют такое же действие, как и компаунд, при этом, не загрязняя сточные воды [183]. При шлифовании важен выбор шлифовальных средств [428]. Детали

из углепластика (СКФ - carbon-faserverstärkter Kunststoff) с неровными плоскостями шлифуются роботами с сенсорным управлением [553]. Тонкая очистка без остаточных загрязнений поверхности возможна плазмой при низком давлении [181], обработкой шариками замороженного углекислого газа [184, 262] или комбинацией нескольких способов [371]. Ультразвуковая обработка наиболее эффективна при установке ее параметров специально для конкретного случая [424].

При сильных загрязнениях CO_2 -очистка комбинируется со струйной очисткой [198, 232], существует также комбинация струйной и погружной очистки [281, 327]. Листы или рулоны с сильной окалиной взамен травильных растворов обрабатывают под давлением в водной смеси гранулята, очистительного средства и ингибитора коррозии [199]. Детали из углепластика обрабатывают плазмой при атмосферном давлении [521]. Особенно эффективной должна быть струйная обработка сжиженным азотом вследствие отсутствия термических и механических эффектов [561]. Фосфатные покрытия перед лакированием заменяют продуктами на основе силана [282]. Полимеры делают шероховатыми в растворе соляной кислоты, активируют метилалкоголем [317] и в полиэлектролитах наносят на них специальные проводящие покрытия [391].

4. Электролитическое осаждение металлов

4.1. Основы, общие положения

Разработки в этой области ориентируются на указанную выше общую тенденцию и ставят главной задачей обеспечение оптимального применения гальванических покрытий и способов их нанесения в постоянно изменяющейся технической и технологической среде. Так, например, управление свойствами покрытий ведет к исследованию отношений между ними и параметрами осаждения. Одной из предпосылок является исследование процессов, протекающих в двойном электрическом слое у катода, которыми, по мнению одной публикации [525], можно достаточно полно объяснить не только механизм осаждения, но и свойства осадка. Различие температуры и плотности тока ведет к различному распределению тока и рассеивающей способности, которые, как показано на примере медного сульфатного электролита, можно выровнять за счет его перемешивания [565]. При применении дополнительных компонентов электролита, изменение свойств блестящих медных покрытий при хранении за счет рекристаллизации связано с образованием водородных кластеров - дефектов кристаллической решетки [190].

К другим параметрам осаждения относятся, прежде всего, токи различной формы, как правило, импульсные, которыми можно управлять свойствами покрытий [92, 285, 337]. Импульсным током возможно осаждение сплавов металлов, которые, согласно диаграмме состояния, не смешиваются [53]. Процесс десорбции водорода во время перерыва тока предотвращает водородную хрупкость, так, например, для цинк-никелевых сплавов можно исключить последующую термообработку [96]. В цианидном электролите серебрения воздействие тока таково, что скорость образования кристаллов ниже, чем транспортная стадия, что, кроме всего прочего влияет на проводниковые свойства покрытия [95]. Коррозионная стойкость двойнослойного никелевого покрытия выше матового покрытия, осажденного импульсным током [123].

Разработка электролитов должна быть облегчена при использовании модели для выбора подходящего, с точки зрения термодинамической вероятности, комплексообразователя [241]. Полимеризующиеся мономеры, например N-метилпирролидон, осаждаемые совместно с никелем, уменьшают зерна до наноразмеров и значительно повышают износостойкость таких никельорганических покрытий [286]. Снова появился интерес к осаждению из апротонных электролитов [97, 477].

На технологическом уровне изучают причины дефектов, например пятна от загрязненной водопроводной воды [490], рекомендуют небольшие емкости электролитов для быстро переориентирующихся предприятий [491], программы управления [492] и оптимизирование процессов промывки [417]. При удалении из электролитов органики следует заботиться о селективности активированного угля [288].

4.2. Хромирование

В Cr (VI)-электролитах катализатор на основе метансульфоновой кислоты имеет целый ряд преимуществ по сравнению с серной кислотой [136]. Пластичные хромовые покрытия получают диспергированием в них наноалмазов [239]. Необходимые, в случае неудовлетворительной рассеивающей способности, вспомогательные аноды жестко монтируются на подвеске [192]. Широкий спектр свойств имеют электролиты на основе хлоридов и иодидов [331, 338]. Исследуют причины дефектов при хромировании [431]. Дополнительными аргументами против хромирования в растворах на основе шестивалентного хрома является отсутствие равнозначной замены перфторсоединений, используемых против эмиссии аэрозолей [41]. В американской военной авиации электролиты на основе шестивалентного хро-

ма после соответствующих исследований все же разрешены [196].

Ряд работ посвящен разработкам растворов на основе трехвалентного хрома, например поискам соответствующих комплексообразователей [284]. В электролитах со щавелевой кислотой в качестве комплексообразователя незначительное содержание железа в растворе приводит к его осадению с хромом [526]. Пульсирующим током осаждают стойкие к истиранию Cr-C-покрытия [524]. Использование смешанных анодов из платины и металлов, стойких к окислению за счет образования плотной оксидной пленки (Ventilmetalle), применяемые, например, при получении хлора и щелочи методом электролиза, предотвращает анодное окисление трехвалентного хрома в шестивалентный [291]. Сравнение свойств Cr (VI) и Cr (III)-электролитов показало, что Cr (III)-электролит имеет преимущества при хромировании в барабане и водоподготовке [506]. Сплавы Cr-Co с оптимальным составом осаждают из Cr (III)-электролитов [138].

4.3. Медь и медные сплавы

В сернокислых электролитах без добавок осаждение импульсным током уменьшает размер зерен до аморфного осадка и повышает износостойкость; в электролитах с добавками - повышает рассеивающую способность [93]. Использование высокомолекулярного полиэтиленгликоля приводит к улучшению рассеивающей способности электролита, например в отверстиях печатных плат [142], добавки 3-меркапто-пропансульфоната натрия и незначительные количества хлоридов уменьшают размер зерен [186, 507].

В Cu-Sn-электролитах на основе метансульфоновой кислоты образование оксидов связано, не как прежде с наличием растворенного кислорода, а с добавкой гидрохинона [188]. Композиционные покрытия с включенными в них частицами углерода более мелкозернистые, чем чистые медные осадки [430]. Для осаждения рефлекторных, без остаточных напряжений медно-никелевых покрытий зеркал используют сульфат никеля и ацетат меди [529]. Из кислых растворов осаждают на полупроводниках Co-Cu-покрытия [528].

4.4. Никель и никелевые сплавы

Особенно коррозионностойкими должны быть композиционные никелевые покрытия с карбидом кремния и ПТФЕ-частицами [72], с частицами диоксида иттербия и углеродными нанотрубками [170, 352]. Стабильные растворы для осаждения твердых никель-бор-покрытий содержат добавки боргидрида калия [236, 237]. Магнитными свойствами никеля управляют различными параметра-

ми импульсного тока, например, отношением периода тока к паузе [189, 309]. Импульсным током возможно осаждение абсолютно свободных от напряжений никелевых слоев, соответствующих космическим нормативам и другим строгим требованиям [440, 566].

Много дискутируют о проблеме аллергенных свойств никеля в конкретных случаях, например при его применении в золотых сплавах, латуни, бронзе или сплаве свинец-олово [139].

4.5. Сплавы, другие металлические покрытия

Для гальванических покрытий различного состава существует широкая, до настоящего момента не полностью используемая область функциональных применений - от катализаторов до селективных мембран [292]. Осаждают наноразмерные композиционные слои CoNiMnP с частицами барита, используемые в устройствах автоматического управления и регулирования в микроэлектронике [527]. Алюминий осаждают при комнатной температуре во вновь разработанном и достаточно исследованном апротонном кислородном электролите [59].

Стабильно высокую твердость и износостойкость при термической нагрузке демонстрирует сплав золото-кобальт [58]. Исследования влияния добавок в перхлоратных электролитах показали возможное осаждение от ламинарных до трехмерных структур [140]. Причинами изменения контактного сопротивления твердых золотых покрытий Au-Co, Au-Ni, Au-Fe являются загрязнение электролитов [144]; разработан новый высокоскоростной Au-Co-электролит [242]. В работах [329, 435] освещается состояние разработок, посвященных осаждению золота и других благородных металлов. Одинаковые покрытия сплавом палладий-никель с постоянным, не зависящим от плотности тока содержанием никеля, получают в новом, не содержащем аммоний и хлориды, электролите [56]. Разработан способ осаждения ультратонкого, но хорошо паяемого палладиевого покрытия, позволяющий значительно экономить в производстве электроники [306]. Промежуточное платиновое покрытие, наносимое на турбинные лопатки перед диффузионным алюминированием, осаждается лучше из электролита, содержащего Р-соль диаминодинитро-Рt(II) [146].

Декоративные и одновременно коррозионнотойкие цинк-никелевые покрытия состоят из цинкового слоя и черного никелевого покрытия, осажденного из раствора, содержащего сульфаты никеля и цинка [58]. Поиски дальнейших возможностей увеличения коррозионной стойкости покрытий сплавом цинк-никель простираются от управления качеством осадка при изменении со-

держания никеля до новых типов растворов пассивирования [51, 91, 330, 497]. К этим же, важнейшим в настоящее время проблемам, относятся черное хромирование и, не содержащее кобальт, Cr(III)-пассивирование [240]. Из нейтрального аммиачного электролита возможно осаждение Zn-Co-слоев с содержанием кобальта от 2 до 12% [433]. С целью улучшения экологии исследуют лактатный и кислый, содержащий 1.2 диаминопропан, электролиты [563].

Свойствами оловянных покрытий, осажденных из метансульфоновых электролитов, управляли изменением частоты пульсирующего тока [94]. Все еще исследуется старая проблема натриевого или калиевого станната в щелочном электролите оловянирования [524]. Представлена разработка электролита для осаждения оловоиндиевого покрытия [336].

5. Химическое осаждение покрытий

К одной из немногих работ по химическим покрытиям в обзорный период относится погружной способ травления низкофосфорного NiP-покрытия с целью придания ему черного цвета для применения в оптике [5], а также осаждение с высокой рассеивающей способностью толстых, свободных от пор, композиционных покрытий [10]. Закрытию пор, снижающих защитную способность NiP и NiPW-покрытий на магниевых сплавах, должна способствовать последующая термическая обработка [357]. На коррозионную стойкость магния положительно влияет нанесение на него перед никелированием конверсионного ванадийсодержащего слоя [575]. Осадки из глицинсодержащих электролитов имеют наибольшую коррозионную стойкость при содержании фосфора от 9,1 до 10,4% [363]. Композиционные покрытия с частицами каолина должны обладать особо хорошей износостойкостью [530]. Для получения NiB-покрытий с управляемыми свойствами разработан электролит, содержащий хлориды и этилендиамин [441].

Тонкие адгезионные медные осадки получают способом, не содержащим экологически вредных восстановителей [243], толстые слои на сварочных электродах - иммерсионным способом [339].

На MID-изделиях взамен дорогого Ni-Au-покрытия возможно в некоторых случаях нанесение оловянных покрытий иммерсионным способом [511].

Химические золотые покрытия для применения в фотовольтаике и оптической электронике осаждают на слоях сульфида висмута [193].

Продолжение следует...

To be continued...

УДК 544.654.2

Электроосаждение антифрикционных покрытий на основе свинца из метансульфоновых электролитов

Данилов Ф. И., Скар Ю. Е., Васильева Е.А., Проценко В.С.

Ключевые слова: электроосаждение; антифрикционные покрытия; сплавы Pb-Sn и Pb-Sn-Cu; метансульфоновый электролит; технологический процесс.

Разработана технология электроосаждения антифрикционных покрытий сплавами на основе свинца из метансульфоновых электролитов. Композиция органических поверхностно-активных веществ «ДХТИ-МСА» обеспечивает получение микрокристаллических гальванопокрытий сплавами Pb-Sn и Pb-Sn-Cu заданного состава в условиях высокоскоростного их нанесения на вкладыши подшипников скольжения.

Electrodeposition of Antifriction Lead based Coatings from Methanesulfonic Baths

Danilov F.I., Sknar Y.Y., Vasil'eva E.A., Protsenko V.S.

Key words: electrodeposition; antifriction coatings; Pb-Sn and Pb-Sn-Cu alloys; methanesulfonic electrolyte.

“DKhTI” – additive in a methane sulfonic Sn-Pb bath produce significant effect on the electrode kinetics and increases tin content in the deposits (Fig.1). Selective inhibition of lead discharge allows to reduce tin content in the bath more than by two times. This additive allows to obtain fine-grained coatings, especially in the electrodeposition of ternary alloys (Fig.2). Copper content in the deposits is increasing at higher copper concentration in the bath (Fig.3). At higher concentrations of tin in the bath an expected increase in its content in the deposit is observed. At C.D. below 2 A/dm² tin is practically not contained in the deposits and a binary Pb-Cu alloy is deposited, containing up to 20% Cu (Fig.4). At C.D. above 2 A/dm² ternary alloy is deposited with copper content only slightly influenced on C.D. Tin content in the alloy is increasing at higher C.D. and lead content is decreasing. Higher temperature causes decreasing tin and increasing copper and lead contents. At 40°C tin is already absent in the deposits (Table 1). C.D. 4 A/dm² and 25°C are optimum conditions for the deposition of Pb-Sn-Cu alloy with ~8% of tin and ~2% of copper. The process for the deposition of high-quality antifriction coatings Pb-Sn (~10%) and Pb-Sn (~8%)-Cu (~2%) for bearings from methanesulfonic baths (Table 2) was developed. New coatings are of similar quality as those obtained with conventional process (Table 3). A principal advantage of the new process is its higher rate.

Введение

Электроосажденные сплавы на основе свинца используются в современной промышленности в качестве антифрикционных покрытий для улучшения эксплуатационных характеристик и повышения долговечности различных узлов трения, в частности, вкладышей подшипников скольжения [1–3].

Для нанесения сплавов свинца наибольшее распространение получили электролиты на основе токсичной и агрессивной борфтористоводородной кислоты. Перспективной альтернативой борфтористоводородным электролитам являются экологически более безопасные метансульфоновые растворы. К основным достоинствам таких электролитов относятся: высокая растворимость

солей металлов, широкий интервал рабочих плотностей тока, а также упрощенная технология очистки сточных вод [4,5]. Однако, гальванические процессы с использованием метансульфоновых электролитов стали объектом промышленных разработок лишь в последние годы, после того, как были освоены инновационные технологии крупнотоннажного синтеза метансульфонокислоты.

Отметим, что литературные данные по электроосаждению антифрикционных покрытий на основе свинца из метансульфоновых электролитов весьма ограничены и носят, в основном, патентный характер [6–10]. Поэтому, установление закономерностей электроосаждения сплавов Pb-Sn и Pb-Sn-Cu из метансульфоновых электролитов, а также разработка промышленной технологии на их основе представляют собой весьма актуальную научно-практическую задачу.

Методика эксперимента

Метансульфоновые электролиты готовили растворением расчетных объемов концентрированных растворов метансульфонатов свинца, олова и меди, а также метансульфоновой кислоты в дистиллированной воде.

Осаждение проводили на обезжиренную и активированную в растворе HCl (1:1) платиновую пластину (2 см²). Во всех экспериментах продолжительность электролиза составляла 10 минут, при этом толщина получаемого покрытия, в зависимости от состава, соответствовала 20–22 мкм.

Для определения состава электролита и сплавов использовали волюмометрический метод анализа при определении концентрации ионов Sn(II) и амперометрический метод анализа при определении концентрации ионов Pb(II) и Cu(II) [11,12].

При исследовании структуры и физико-механических свойств покрытий толщина осадков составляла 20 мкм. Морфологию поверхности покрытий изучали с использованием сканирующего электронного микроскопа (EVO 40XVP). Микротвердость покрытий измеряли с помощью микротвердомера ПМТ-3 при нагрузке 10 г. Триботехнические свойства покрытий исследовали с помощью машины трения 2010 МФТ.

Результаты и их обсуждение

Для обеспечения высоких эксплуатационных характеристик антифрикционные покрытия сплавами на основе свинца должны содержать около 10 % олова и до 2 % меди. Сплавы такого состава из метансульфонового электролита без органических добавок могут быть получены лишь при достаточно высокой концентрации ионов Sn(II) (рис.1, кр.1). Поскольку соединения олова весьма дорогостоящи, то применение электроли-

тов с высокой их концентрацией экономически не рационально. Использование композиции органических ПАВ «ДХТИ-МСА» существенно влияет на кинетику электродных процессов, протекаю-

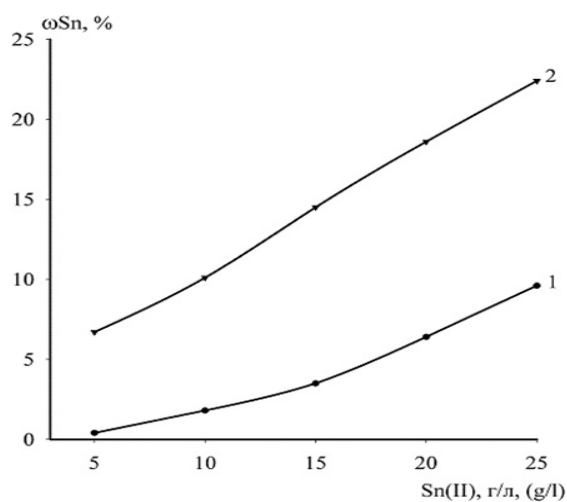


Рис. 1. Зависимость содержания олова в покрытии Pb-Sn от концентрации ионов Sn²⁺. Все растворы содержат (г/л): Pb(II) 70, Sn(II) 5–25, CH₃SO₃H 100: 1. – электролит без органических добавок, 2. – электролит, содержащий 18 г/дм³ композиции «ДХТИ-МСА». Плотность тока 4 А/дм², температура 25°С.

Fig. 1. Dependence of tin content in the alloy Pb-Sn coating on Sn²⁺ concentration in the solution (g/l): Pb(II) 70, Sn(II) 5–25, CH₃SO₃H 100. C.D. 4 A/dm², t 25°С
1. – solution without additives, 2. – solution containing 18 g/l additives «DHTI-MSA»

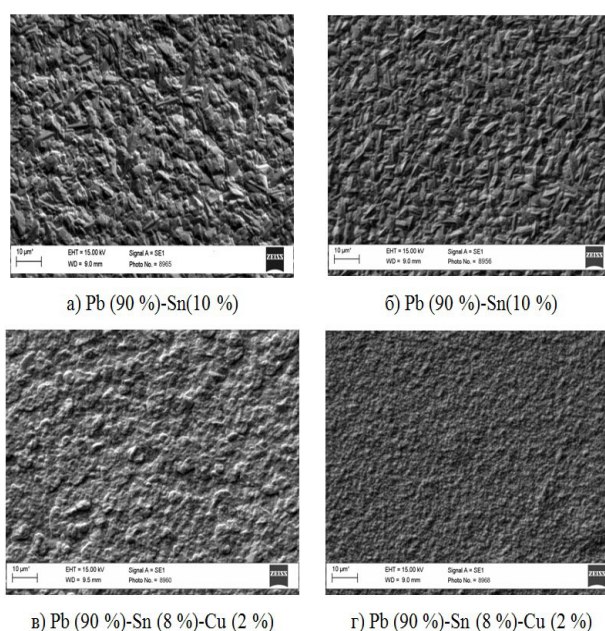


Рис. 2. Микрофотографии поверхности покрытий. а), в) – покрытия из электролита без добавок; б), г) – покрытия из электролита, содержащего композицию «ДХТИ-МСА»
Fig. 2. Microphotography of coating surface. а), в) – coating from solution without additives; б), г) – coating from solution containing additives «DHTI-MSA»

щих при совместном разряде ионов свинца(II) и олова(II), и приводит к увеличению содержания олова в осадке (рис. 1, кривая 2). Селективное ингибирование выделения свинца в сплав добавкой позволяет снизить концентрацию ионов олова(II) в электролите более чем в два раза. Введение этой композиции в метансульфоновый электролит приводит к осаждению микрокристаллических покрытий. Особенно заметен эффект измельчения зернистости гальванопокрытий в случае использования композиции «ДХТИ-МСА» при осаждении тройного сплава (рис. 2).

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования композиции «ДХТИ-МСА» при электроосаждении антифрикционных покрытий на основе свинца. Поэтому дальнейшие исследования влияния различных факторов (концентрации компонентов раствора, температуры, плотности тока и перемешивания электролита) на состав тройного сплава Pb-Sn-Cu проводились в присутствии указанной добавки.

Как видно из данных, представленных на рисунке 3, с повышением концентрации ионов Cu(II) в электролите содержание меди в сплаве возрастает, а содержание олова и свинца, соответственно, снижается. При повышении концен-

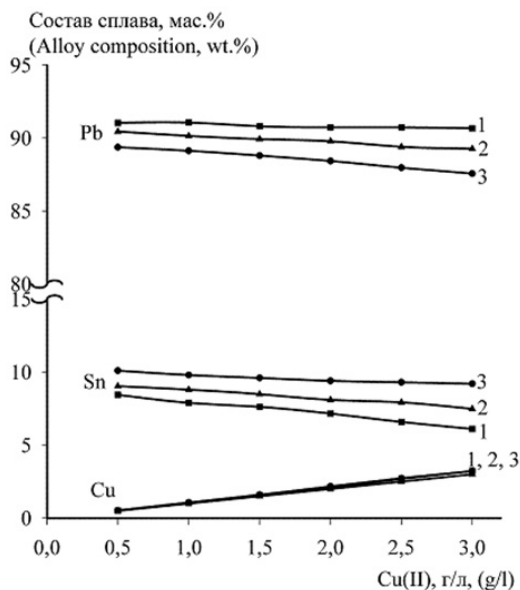


Рис. 3. Зависимость состава сплава Pb-Sn-Cu от концентрации ионов Cu(II) в электролите при различной концентрации ионов Sn(II) (г/л): 1. - 6; 2. - 8; 3. - 10. Все растворы содержат (г/л): Pb(II) 70, CH₃SO₃H 100; композиция «ДХТИ-МСА» 18. Плотность тока 4 А/дм², температура 25°C

Fig.3. Dependence of composition of alloy Pb-Sn-Cu on Cu²⁺ concentration in the solution at different Sn²⁺ concentrations (g/l): 1. - 6; 2. - 8; 3. - 10. Solution contains (g/l): Pb(II) 70, CH₃SO₃H 100, additives «DHTI-MSA» 18. C.D. 4 A/dm², t 25°C

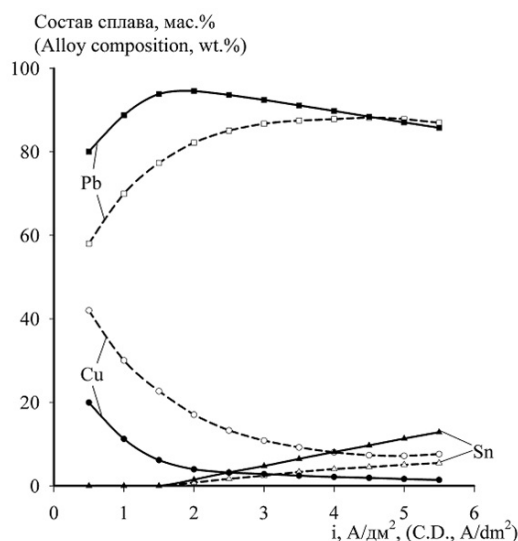


Рис. 4. Зависимость состава сплава Pb-Sn-Cu от катодной плотности тока. Сплошные линии – электролит без перемешивания, пунктирные линии – электролит с перемешиванием. Электролит (г/л): Pb(II) 70, Sn(II) 8, Cu(II) 2, CH₃SO₃H 100; композиция «ДХТИ-МСА» 18. Температура 25°C.

Fig.4. Dependence of composition of alloy Pb-Sn-Cu on C.D. Solid lines- solution without agitation, dotted lines with agitation. Solution contain (g/l): Pb(II) 70, Sn(II) 8, CH₃SO₃H 100, additives «DHTI-MSA» 18. t 25°C

трации ионов Sn(II) в электролите наблюдается ожидаемое увеличение содержания олова в сплаве. Варьирование концентрации ионов Sn(II) в интервале от 6 до 10 г/дм³ практически не влияет на содержание меди в осадке (рис. 3).

Зависимость компонентов в сплаве от плотности тока приведена на рис.4. Как видно из полученных данных, при относительно невысоких значениях плотности тока ($i < 2$ А/дм²) олово в сплаве практически отсутствует и на катоде образуются осадки сплава свинец-медь (свинцовистая бронза) с содержанием меди до 20 %. При плотностях тока выше 2 А/дм² на катоде осаждается тройной сплав, содержание меди в котором слабо зависит от плотности тока. С ростом плотности тока содержание олова в сплаве повышается, а свинца – снижается.

Интенсификация конвективного массопереноса вследствие перемешивания электролита приводит к обогащению осадка медью и уменьшению содержания олова в сплаве. При перемешивании электролита содержание свинца в сплаве уменьшается в области плотностей тока 0,5–4 А/дм² и несколько увеличивается при более высоких плотностях тока.

Повышение температуры электролита приводит к резкому снижению содержания олова в покрытии и уже при температуре 40°C олово в сплаве практически отсутствует (табл. 1). Содер-

Таблица 1. Состав сплава Pb-Sn-Cu, полученного при различных температурах из электролита (г/л): Pb(II) 70, Sn(II) 8, Cu(II) 2, CH₃SO₃H 100; композиция «ДХТИ-МСА» 18. Плотность тока 4 А/дм²
Table 1. Composition of Pb-Sn-Cu alloy obtained at different temperatures from solution (g/l): Pb(II) 70, Sn(II) 8, Cu(II) 2, CH₃SO₃H 100, additives «DHTI-MSA» 18. C.D. 4 A/dm²

Температура, °С	Содержание компонента в сплаве, % (мас.) Content of component in the alloy, wt. %		
	Pb	Sn	Cu
20	87,35	10,90	1,75
25	89,79	8,10	2,11
30	92,35	5,24	2,41
35	94,94	2,37	2,69
40	97,38	0,00	2,62

Таблица 2. Составы электролитов и режимы осаждения покрытий Pb-Sn и Pb-Sn-Cu
Table 2. Compositions of solutions and conditions coatings Pb-Sn and Pb-Sn-Cu alloys plating

Параметр Conditions	Pb-Sn	Pb-Sn-Cu
Состав электролита (г/л) Solutions compositions (g/l)	Pb(II) 70; Sn(II) 10; CH ₃ SO ₃ H 100; «ДХТИ-МСА» 18 «DHTI-MSA» 18	Pb (II) 70; Sn(II) 8; Cu(II) 2; CH ₃ SO ₃ H 100; «ДХТИ-МСА» 18 «DHTI-MSA» 18
температура i _к , А/дм ² , C.D. A/dm ²	25°С 4	25°С 4

жание меди и свинца в сплаве с повышением температуры возрастает.

Анализ приведенных выше экспериментальных данных позволил определить оптимальные условия для нанесения покрытий сплавом Pb-Sn-Cu с содержанием олова ~8 % и меди ~2 % – плотность тока 4 А/дм², t 25°С.

На основании полученных результатов была разработана новая высокоинтенсивная экологичная технология нанесения высококачественных антифрикционных покрытий сплавами свинец-олово (~10 % Sn) и свинец-олово-медь (~8 % Sn, ~2 % Cu) на вкладыши подшипников скольжения из метансульфонатов электролитов (табл.2).

Сравнительный анализ триботехнических характеристик покрытий сплавом Pb-Sn-Cu, нанесенных из метансульфонового и борфтористоводородного электролитов приведен в таблице 3. Покрытия, электроосажденные из рекомендованного в настоящей работе электролита по своим физико-механическим свойствам не уступают осадкам, полученным по традиционной технологии.

Разработанная технология [13] была впервые внедрена в машиностроительном комплексе Украины на ООО «МЗПС». Принципиальной особенностью технологического процесса является его повышенная производительность. Эффект интенсификации производства достигается за счет

Таблица 3. Результаты триботехнических исследований и микротвердости покрытий Pb-Sn-Cu
Table 3. Results of tribotechnical and hardness of coatings Pb-Sn-Cu tests

Показатель Characteristic value	Покрытие из метансульфонатного электролита Methanesulfonic Bath	Покрытие из борфтористоводородного электролита Hydrofluoboric bath
Удельный износ, г/м ² Specific wear, g/m ²	8,93	9,05
Коэффициент трения Friction coefficient	0,024	0,024
Микротвердость, кг/мм ² Microhardness, kg/m ²	14,3	13,5

высокой скорости нанесения гальванопокрытия, которая в два раза превышает величины, реализуемые в традиционных борфтористоводородных технологиях. Промышленные испытания вкладышей подшипников скольжения показали, что антифрикционные покрытия, полученные по разработанной технологии, полностью удовлетворяют всем технологическим требованиям и отраслевым стандартам.

Список литературы

1. Дасоян М. А. Технология электрохимических покрытий / М. А. Дасоян, И. Е. Пальмская, Е. В. Сахарова. – Л.: Машиностроение, 1989. – 391 с.
2. Пат. 6103089 США, МКИ7 С 25 D 3/56. Multilayer material for sliding elements and process and means for the production thereof / Staschko Klaus, Huhn Hans-Ulrich, Muller Klaus, Heyer Joachim; Federal-Mogul Wiesbaden GmbH. – № 09/196918 ; заявл. 20.11.98 ; опублик. 15.08.00.
3. Пат. 6194087 США, МКИ7 С 22 С 13/00. Composite multilayer bearing material / Huhn Hans-Ulrich, Wiebach Dietmar, Gruenthaler Karl-heinz, Spahn Peter; Glyco-Metall-Werke Glyco B.V. & Co. KG. – № 09/209343 ; заявл. 11.12.98 ; опублик. 27.02.01.
4. Gernon M. D. Environmental benefits of methanesulfonic acid: Comparative properties and advantages / M. D. Gernon, M. Wu, T. Buszta, P. Janney // Green Chemistry. – 1999. – № 6. – P. 127–140.
5. Тусжинский В. Дж. Свойства метансульфокислоты и ее применение в электрохимических системах / В. Дж. Тусжинский // Электрохимия. – 1990. – Т. 26, № 2. – С. 249–251.
6. Rosenstein C. Methane Sulfonic Acid as an Electrolyte for Tin, Lead and Tin-Lead Plating for Electronics / C. Rosenstein // Metal Finishing. – 1990. – № 1. – P. 17–24.
7. Пат. 2094544 Российская федерация, МПК6 С 25 D 3/60. Кислый электролит для электроосаждения покрытий сплавом олово-свинец / Кудрявцев В. Н., Тютина К. М., Ваграмян Т. А., Харламов В. И., Зонин В. А., Максименко С. А.; Научно-производственное предприятие «СЭМ.М». – № 96113365/02 ; заявл. 28.06.96 ; опублик. 27.10.97.
8. Пат. 5976712 США, МКИ6 В 32 В 15/01. Multilayer material for sliding elements and process and means for the production thereof / Staschko Klaus, Huhn Hans-Ulrich, Muller Klaus, Heyer Joachim; Federal-Mogul Wiesbaden GmbH. – № 08/849238 ; заявл. 06.12.95; опублик. 02.11.99.
9. Hirsch S. Tin, lead and tin-lead plating / S. Hirsch // Metal Finishing. – 2004. – Vol.102, № 4. – P. 270–277.
10. Danilov F. I. Antifriction coatings of Pb-Sn-Cu alloy electrodeposited from methanesulphonate bath / F. I. Danilov, V. S. Protsenko, E. A. Vasil'eva, O. S. Kabat // Transaction of the Institute of Metal Finishing. – 2011. – Vol. 89, № 3. – P. 151–154.
11. Крешков А.П. Основы аналитической химии / Крешков А.П. – М.: Химия, 1971. – 456 с
12. Вячеславов П. М. Новые электрохимические покрытия / П. М. Вячеславов. – Л.: Лениздат, 1972. – 264 с.
13. Патент на корисну модель № 51670 Україна, МПК (2009) С25D 3/56. Електроліт для осадження покриттів сплавом свинець-олово-мідь / Данилов Ф. Й., Васильєва О. О., Проценко В. С., Бутиріна Т. Є., Скар Ю. Є., Вакуленко В. М. – № 2010 01226 ; заявл. 08.02.2010 ; опубл. 26.07.2010, Бюл. № 14.

Сведения об авторах

Данилов Феликс Иосифович – профессор, д.х.н.; заведующий кафедрой физической химии, УДХТУ, ГВУЗ "Украинский государственный химико-технологический университет", пр.Гагарина 8, г.Днепропетровск, Украина, 49005; e-mail: fdanilov@optima.com.ua

Скар Юрий Евгеньевич – к.т.н.; с. н. с., УДХТУ, т. +38-0562-47-05-00, +38-0562-32-43-29; email: yuriy.sknar@gmail.com

Васильева Елена Александровна – к.т.н; н. с., УДХТУ, т. +38-0562-47-05-00, +38-0562-32-43-29; email: vasileva_olena@i.ua

Проценко Вячеслав Сергеевич – к.х.н.; доц., УДХТУ, т. +38-0562-47-05-00, +38-0562-32-43-29.

Danilov Felix – Professor, Doctor of Chemical Science. Head of Department of Physical Chemistry, Ukrainian State University of Chemical Engineering; 8, Gagarin Avenue, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49005; email: fdanilov@optima.com.ua

Sknar Yuriy – senior scientist, PhD; tel. +38-0562-47-05-00, +38-0562-32-43-29; e-mail: yuriy.sknar@gmail.com

Vasil'eva Elena – staff scientist, PhD; tel. +38-0562-47-05-00, +38-0562-32-43-29; e-mail: vasileva_olena@i.ua

Protsenko Vyacheslav – Ass. professor, PhD; tel. +38-0562-47-05-00, +38-0562-32-43-29.

УДК 541.135

Практика использования анодов из свинца при различных режимах хромирования

Крамков И.С., Харламов В.И.

Ключевые слова: хромирование, свинцовые аноды, анодный процесс.

Изучены особенности работы анодов из свинца в процессе хромирования. Смоделирована работа ванны хромирования с чередованием электролиза и технологических пауз. Обнаружено, что образование оксидов свинца и хроматов на поверхности анодов в процессе работы ванны зависит от отношения времени электролиза и времени бестокового режима. Приведены возможные объяснения полученных результатов.

Practical experience in the use of lead anodes in chromium plating baths at different operating conditions

Kramkov I.S., Kharlamov V.I.

Key words: chromium plating, lead anodes, anode process.

A destruction of lead anodes related with continuous renovation of their surface layer due to exfoliation of PbO_2 oxide layer from the surface caused by evolving oxygen bubbles has been studied. As it demonstrated in Fig.1, the mass of the anode is decreasing with rising anode current density, especially at C.D. above 30 A/dm² (Fig.1). Mass decrease does not change appreciably within 20-30°C, but is reduces sharply above 40°C (Fig.2). Unlike this behaviour in the absence of anodic current mass is gradually increasing (Fig.3) due to the formation of chromate film on the anode surface, which consists of insoluble lead chromates. In the plating shop the cycles of anode polarization always have intervals of unpolarized state. This situation was simulated in the experiments. When chromium plating time and breaks was equal to 1:10 the mass of the anodes was increasing with every charge, and voltage is increasing in parallel due to the formation of chromate film in every cycle. When plating tank was used with maximum load and without brakes, the anodes mass was gradually decreasing and tank voltage was minimized (Fig.6). Alloyng of lead with tin (5%) always reduced the wear of the anodes at all types of operation.

Введение

Электролитическое хромирование занимает особое место в гальванических производствах благодаря уникальным свойствам получаемых покрытий. Высокая коррозионная стойкость в атмосферных условиях и некоторых других средах, а также высокая твердость и износостойкость, позволяют использовать хромовые покрытия в различных парах трения, при производстве

штамповочных и литейных инструментов, а также для декоративной отделки деталей.

При электроосаждении хрома в основном используются нерастворимые аноды из свинца и его сплавов.

Анодный процесс при электроосаждении хрома достаточно хорошо изучен, однако в технической литературе содержится мало данных о систематических исследованиях поведения ано-

дов в различных технологических режимах эксплуатации ванн хромирования.

В данной работе исследовалось анодное поведение свинца и его сплавов в электролите хромирования в условиях, соответствующих основным режимам технологических процессов в промышленности.

Методика исследований

Для исследований был выбран «стандартный» сульфатный электролит хромирования состава (г/л): CrO_3 250; H_2SO_4 2,5. Для приготовления электролита и вспомогательных технологических растворов (травление, активация, снятие продуктов коррозии свинца) были использованы реактивы марок «ч», «хч» и дистиллированная вода.

Опыты проводили в термостатируемой ячейке объемом 600 мл, температура электролита поддерживалась с погрешностью ± 1 °С. В качестве катодов использовались образцы из углеродистой стали. Предварительная обработка стальных образцов включала травление в растворе соляной кислоты с добавлением ингибитора коррозии ЦКН-61, химическое обезжиривание венской известью, промывку дистиллированной водой, активирование в разбавленном растворе соляной кислоты, промывку дистиллированной водой.

При электролизе использовались аноды из свинца марки С0 (ГОСТ 3778-98) и сплав Pb-Sn(5%), подвергшиеся предварительной обработке. Отливку проводили в стальной изложнице большой массы, обеспечивающей отвод тепла и ускорение процесса кристаллизации сплавов. Для устранения структурной неоднородности слитки прокатывали в вальцах и из них готовили электродные материалы-образцы размером 20x30x1 мм.

Разрушение анодов в бестоковом режиме изучали весовым методом. Для этого образцы анодного материала предварительно взвешивали, помещали в термостатируемую ячейку, наполненную электролитом. Через определенные промежутки времени образцы вынимали, тщательно промывали непроточной дистиллированной водой, сушили фильтровальной бумагой и прогревали при 100 °С в муфельной печи для удаления влаги, оставшейся в порах, до постоянного веса. По разнице в массе определялась динамика разрушения образцов.

Поведение анодов под током и во время многократного чередования электролиза и бестоковых пауз также изучали весовым методом.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Основными критериями при выборе нерастворимого анода для процесса хромирования яв-

ляются стабильные электрохимические характеристики, высокая коррозионная стойкость в электролите без тока и при наложении внешней поляризации, а также каталитическая активность электродного материала по отношению к реакции окисления трехвалентного хрома на его поверхности. В зависимости от требуемых характеристик покрытий, хромирование ведется в различных режимах, при которых могут варьироваться как температура, так и плотность тока.

В процессе электролиза на свинцовых анодах образуется достаточно устойчивая фазовая плёнка, состоящая из нерастворимого в этих условиях диоксида свинца. Образование PbO_2 происходит в результате взаимодействия растворяющегося свинца с выделяющимся на аноде кислородом. В начале электролиза происходит рост этой фазовой пленки. Однако при достижении определенной толщины пленка частично разрушается пузырьками выделяющегося кислорода. В процессе длительной эксплуатации свинцовых анодов происходит постоянное обновление поверхностного слоя PbO_2 из-за непрерывного отделения оксидной пленки от поверхности анода (шламообразование), а периодическое взвешивание анодов показывает убыль их массы. С повышением анодной плотности тока масса свинца уменьшается (рис.1). Причем, при повышении анодной плотности тока более 30 А/дм² убыль массы анода происходит с достаточно большой скоростью.

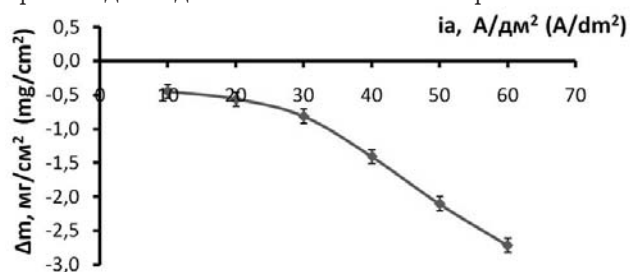


Рис. 1. Зависимость изменения массы свинцового анода от анодной плотности тока. Время электролиза 6 ч.

Fig. 1. Mass variation of Pb anode vs. anode C.D. Electrolysis duration 6 h

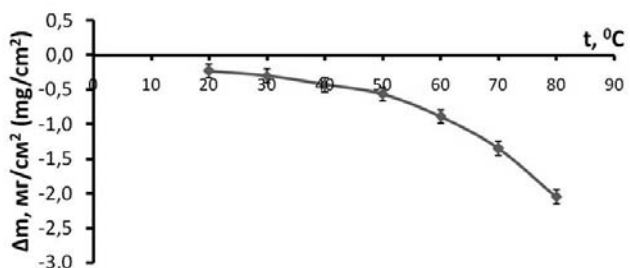


Рис. 2. Зависимость изменения массы свинцового анода от температуры электролита.

Время электролиза 6 ч. i_a 25 А/дм².

Fig. 2. Mass variation of Pb anode vs. solution temperature. Electrolysis duration 6 h. Anode C.D. 25 А/дм²

Температурный режим электролиза также оказывает влияние на изменение массы свинцовых анодов (рис. 2). При изменении температуры в интервале 20-30 °С масса анодов уменьшается незначительно, а дальнейший рост температуры (свыше 50°С) ведёт к резкому увеличению убыли массы анодов.

Сопоставив данные, приведенные рис.1 и рис.2, можно утверждать, что наибольшее разрушение свинцовых анодов происходит при условиях электролиза, соответствующих получению толстых износостойких хромовых покрытий (i_k 40-60 А/дм², i_a 25-30 А/дм², t 50-80 °С). Следует иметь в виду, что при локальных перегревах электролита иногда может наблюдаться повышенный износ анодного материала. В этом случае может понадобиться перемешивание общего объема раствора.

Большинство исследований свойств анодов было связано с образованием на их поверхности оксида свинца непосредственно в процессе электролиза [3, 4, 5] и, в меньшей степени, образование хромата свинца в отсутствие тока.

В процессе эксплуатации ванн хромирования имеет место периодическое нахождение анодов в электролите без тока, что оказывает существенное влияние на их работу. Поэтому была изучена коррозионная стойкость свинца в электролите хромирования в отсутствие тока. В отличие от поведения анодов при наличии внешней поляризации, при нахождении анодов в бестоковом режиме масса свинцового образца увеличивается (рис. 3). Связано это с тем, что на их поверхности образуется пленка, состоящая преимущественно из нерастворимых хроматов свинца, что подтверждается визуальными наблюдениями.

Наличие пленки из хроматов свинца на поверхности анода нежелательно, поскольку хромат свинца – нерастворимое токонепроводящее соединение. Образующиеся хроматы закрывают поверхность анодов, что приводит к их пассивации, и как следствие – к увеличению напряжения на ванне.

При нахождении анодов в растворе без тока свыше 12-14 часов наблюдается частичное отслаивание хроматной пленки (шламообразование), поскольку она имеет рыхлую структуру и плохое сцепление с поверхностью анода. При этом частично обнажается поверхность свинца, на которой образуются новые хроматы. Поэтому необходимо извлекать аноды из ванны во время технологических перерывов (в ночное время, в выходные, праздники) во избежание пассивации их поверхности образующейся хроматной пленкой.

Однако есть технологические перерывы, связанные с заданной программой процесса. В технологическом процессе хромирования всегда возможно чередование нахождения анодов в галь-

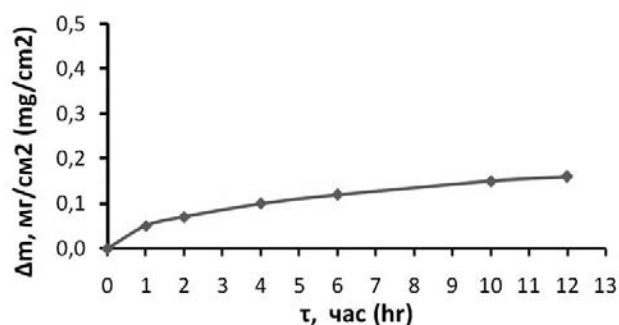


Рис.3. Зависимость изменения массы свинцового анода от времени его нахождения в электролите хромирования без тока. t 50°С.

Fig. 3. Mass variation of Pb anode vs. hold up time in the Cr plating solution without current. t 50°С

ванической ванне под током и без тока. В настоящем исследовании моделировались режимы нанесения декоративных или твердых износостойких хромовых покрытий, соответствующие условиям работы ручных или автоматических гальванических линий. Одним из наиболее показательных примеров такого чередования является процесс декоративного хромирования, при котором время электролиза может быть значительно меньше времени нахождения анодов не под током.

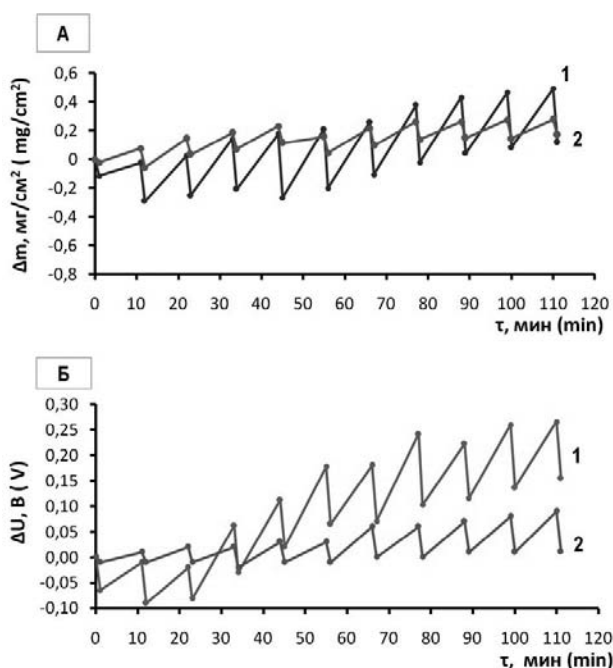


Рис.4. Изменение массы анода (А) и напряжения на ячейке (Б) в процессе декоративного хромирования. i_a 25А/дм²; t 50°С. Время осаждения 1 мин., время паузы 10 мин. Аноды: 1. - Pb; 2. - Pb+5%Sn

Fig. 4. Variation of Pb anode mass (A) and voltage on the cell (B) during decorative chromium plating. i_a 25A/dm²; t 50°С. Plating time 1min., pause time 10 min. Anodes: 1. - Pb; 2. - Pb+5%Sn

Эксперимент проводили при i_k 50 А/дм², i_a 25 А/дм² и t 50 °С, при этом время каждого электроосаждения составляло 1 мин, а время паузы – 1 мин, 5 мин, 10 мин. Суммарное время процесса равнялось $\tau_{\text{сумм}} = \tau_{\text{эл-за}} \cdot n$ (где n – количество обработанных подвесок).

При проведении экспериментов измерялось как изменение массы образцов, так и изменение напряжения на электрохимической ячейке. Поскольку исследования проводились в ячейке заданных размеров в электролитах одинакового состава при одинаковых параметрах электролиза, то изменения напряжения относили к изменениям фазовой пленки.

При электролизе в режиме $\tau_{\text{эл-за}}/\tau_{\text{паузы}} = 1/10$ (рис. 4) масса анодов увеличивается с каждой обработанной подвеской, при этом одновременно наблюдается возрастание напряжения на электрохимической ячейке.

Следовательно, непосредственно во время электролиза масса анодов уменьшается вследствие опадения с них оксидов свинца, в то время как во время паузы масса анодов, напротив, увеличивается. Такой характер поведения анодов объясняется образованием в бестоковом режиме нерастворимых токонепроводящих хроматов и

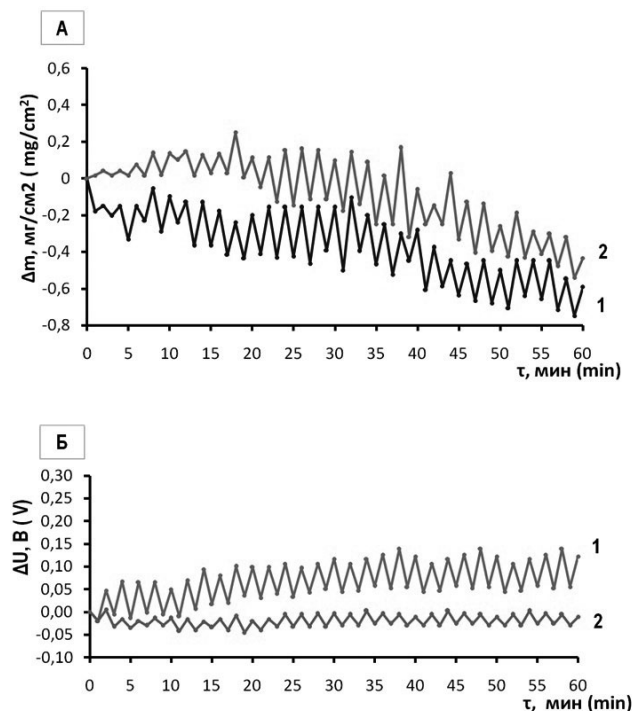


Рис. 6. Изменение массы анода (А) и напряжения на ячейке (Б) в процессе декоративного хромирования. i_a 25 А/дм²; t 50°С. Время электролиза: 1 мин. Время паузы: 1 мин. Аноды: 1 - Pb; 2 – Pb+5%Sn
Fig. 6. Variation of Pb anode mass (A) and voltage on the cell (Б) during decorative chromium plating. C.D. 25A/dm²; t 50°С. Plating time 1min., pause time 1 min. Anodes: 1 - Pb; 2 – Pb+5%Sn

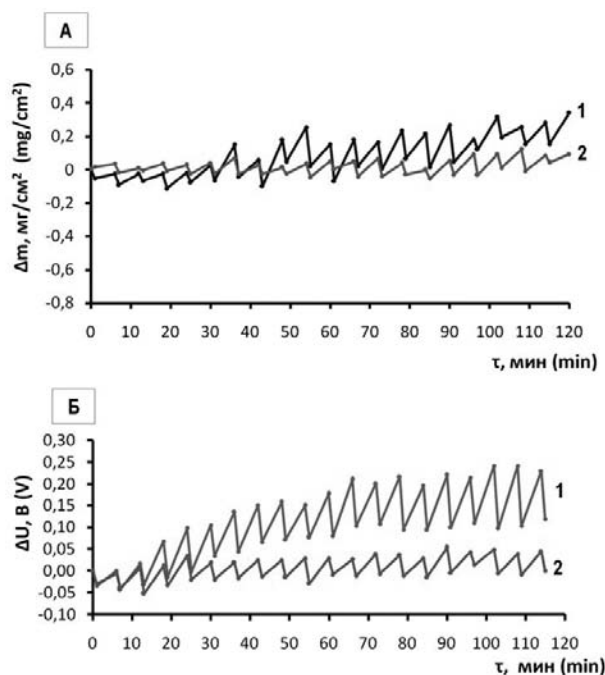


Рис. 5. Изменение массы анода (А) и напряжения на ячейке (Б) в процессе декоративного хромирования. i_a 25А/дм²; t 50°С. Время электролиза 1 мин. Время паузы 5 мин. Аноды: 1 - Pb; 2 – Pb+5%Sn
Fig. 5. Variation of Pb anode mass (A) and voltage on the cell (Б) during decorative chromium plating. C.D. 25A/dm²; t 500С. Plating time 1min., pause time 5 min. Anodes: 1 - Pb; 2 – Pb+5%Sn

последующим их частичным удалением с поверхности электрода в процессе электролиза пузырьками кислорода, образующегося на аноде. Не удаленные хроматы включаются в состав анодной пленки, понижая её общую электропроводность и увеличивая напряжение на ванне.

Таким образом, основным источником шлама в режиме $\tau_{\text{эл-за}}/\tau_{\text{паузы}} = 1/10$ являются хроматы, удаляемые с поверхности анода пузырьками выделяющегося кислорода.

При уменьшении продолжительности технологических пауз (рис. 5) на поверхности анода образуется меньшее количество хроматов и во время электролиза происходит более полная очистка поверхности. При более длительной ритмичной работе ванны наблюдалось уменьшение общей массы анодов.

В режиме максимальной загрузки гальванической ванны ($\tau_{\text{эл-за}}/\tau_{\text{паузы}} = 1$, время паузы 1 мин, рис. 6) наблюдается монотонная убыль массы анодов (А), что связано с полной очисткой поверхности анодов от хроматов в процессе электролиза. Это подтверждается визуальными наблюдениями и данными об изменении напряжения на ячейке.

Показано, что использование свинца в качестве нерастворимых анодов приводит к шламо-

образованию и расходу анодного материала. Легирование свинца 5% олова уменьшает скорость разрушения анодов при всех исследованных технологических режимах.

Список литературы

1. Солодкова Л. Н., Кудрявцев В. Н. Электродлитическое хромирование. // Москва, "Глобус", 2007, 191 с.
2. Ващенко С.В., Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н. Высокопроизводительный электролит износостойкого хромирования//Гальванотехника и обработка поверхности. – 2003. – т. 9, №3. – С. 31-33.
3. Ващенко С.В., Соловьева З.А. Влияние органических добавок на работу свинцовых анодов в ваннах хромирования//Гальванотехника и обработка поверхности. - 1994. - т. 3, №4. - С.17.
4. Ващенко С. В., Соловьева З. А. Анодное поведение свинца в хромовокислых электролитах// Электрохимия. – 1997 – т. 33 – С.726-728
5. Шлугер М.А. Вопросы теории хромирования.// Изд. политической и научной литературы Литовской ССР. 1959.

6. Шлугер М.А. Ускорение и усовершенствование хромирования деталей машин// Машгиз, 1961. 140 с.

7. Гальванотехника: Справ. изд. Ажогин Ф.Ф., Бельский М.А. и др. М.: Металлургия, 1987. 736 с.

Сведения об авторах

Крамков Иван Сергеевич, аспирант, кафедра ТЭП, РХТУ им Д.И. Менделеева, 125047 Москва, Миусская пл., 9

Харламов Валерий Игоревич, д.х.н., проф., кафедра ТЭП, РХТУ им. Д.И. Менделеева, тел. (499)978-56-51, e-mail: hvi56@mail.ru

Kramrov Ivan, post graduate student, Electrochem. Eng, Dept., Mendeleev Univ. of Chem. Technology, 125047, Moscow, Miusskaya sqv. 9

Harlamov Valerii, Prof. Doctor of Cemical Sciencies, tel. - (499)978-56-51, e-mail: hvi56@mail.ru

ГРАНИТ-М

**СОВРЕМЕННОЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

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

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

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

УДК 544.654.2:546:56

Электроосаждение меди из цитратного электролита на стальную основу в ультразвуковом поле

Михедова Е.В., Черник А.А., Жарский И.М.

Ключевые слова: меднение; лимоннокислый электролит; ультразвуковое поле; поляризационная кривая; рассеивающая способность

Изучено влияние ультразвукового поля на кинетику катодных и анодных процессов при электроосаждении меди из цитратного электролита на стальную основу. Показано, что ультразвуковое поле позволяет интенсифицировать процесс осаждения меди в 1,5–1,6 раза и увеличить рассеивающую способность электролита по току до 70–71%. Медные покрытия, осаждённые из цитратного электролита на стальную основу в условиях воздействия ультразвукового поля, имеют хорошее сцепление с основой и более равномерную кристаллическую структуру.

Electrodeposition of copper on steel substrate in ultrasonic field

Mikhedova E.V., Chernik A.A., Zharskiy I.M.

Key words: copper plating; citric acid solution; ultrasonic field; polarization curve; throwing power

High-quality copper coatings are deposited from cyanide baths which are toxic and have low deposition rate. One of the alternatives is a citrate bath. The effect of ultrasonic field on the kinetics of cathode and anode processes in copper plating solution was studied (Figs. 1,2). The mechanism of the formation of a passive film on the anode surface and its composition (Fig.3) was studied. The effect of ultrasound on the throwing power (Fig.4) and on the morphology of copper coatings was studied (Fig.5). Ultrasound was shown to stimulate the discharge of copper ions and improves the throwing power of a citrate bath with respect to both current and metal. Ultrasound produce also positive effect on the dissolution of the anodes – it increases passivation current and allows to increase deposition rate by 1,5-1,6 times and to obtain uniform, smooth and fine-grained deposits.

Введение

Медные покрытия нашли широкое распространение в технике: для придания поверхности декоративного вида, а также ряда функциональных свойств – электропроводности, защиты от коррозии в многослойных покрытиях, от цементации, для обеспечения адгезии фрикционных композиций со стальной основой дисков сцепления автотракторной техники [1]. Для таких покрытий важными параметрами являются мелкокристал-

лическая структура полученного осадка, отсутствие пор и хорошая адгезия покрытия с поверхностью изделия.

При погружении железа в простые электролиты меднения в связи с большим различием окислительно-восстановительных потенциалов ($E^0_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,34 \text{ В}$, $E^0_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} = -0,44 \text{ В}$) наблюдается цементация меди на его поверхности [2]. Контактный осаждаемый слой меди имеет плохое сцепление с основным металлом, хрупкую и пористую

структуру. С целью смещения потенциала меди в электроотрицательную сторону и, следовательно, для предотвращения цементации используются комплексные электролиты меднения. Замещение молекулы воды аквакомплекса меди (II) в простом электролите на лиганды, образующие более прочную химическую связь с ионом меди, приводит к смещению стационарного потенциала в электроотрицательную сторону, что, в свою очередь, влияет на условия адсорбции лигандов и самих комплексных ионов. Эти эффекты оказывают значительное влияние на микроструктуру получаемых покрытий. Образованные комплексы должны соответствовать двум основным требованиям: быть прочными и лабильными. В электролитах, основу которых составляют такие комплексы, стадии разрушения комплексного иона должны протекать быстро, чтобы не возникало химического перенапряжения [3].

Данным требованиям соответствуют цианидные комплексы меди. Однако работа с цианидными электролитами сопряжена с рядом трудностей, прежде всего, из-за их токсичности [2].

Несмотря на обилие литературных сведений об электролитах меднения, проблема непосредственного меднения углеродистых сталей из бесцианидных электролитов не решена. Данная проблема обусловлена сложностью состава бесцианидных электролитов и их приготовления [4,5], токсичностью составляющих компонентов [6,7], недостаточной адгезией меди к подложке [8,9]. При этом представляются перспективными экологически безопасные цитратные электролиты, обладающие относительно высокой рассеивающей способностью, позволяющие получать мелкокристаллические покрытия удовлетворительного качества, хорошо сцепленные с основой. Цитрат-ионы связывают медь в прочные лабильные комплексы и позволяют таким образом исключить контактное осаждение меди на поверхности черных металлов [10–12].

Применение нестационарных токовых режимов и ультразвука (УЗ) дает возможность получать равномерные мелкокристаллические медные покрытия с высокими скоростями осаждения. Влияние УЗ на электрохимические процессы связано в первую очередь с кавитационными явлениями и чрезвычайно интенсивным перемешиванием. Поэтому применение ультразвука для электроосаждения меди из цитратного электролита представляется актуальным для интенсификации процесса меднения и получения медных покрытий с улучшенными характеристиками.

Методика эксперимента

Исследование проводили в электролите следующего состава, моль/л: соль меди (в пересчете на ионы металла) $0,4 \pm 0,6$; цитрат ионы $0,25 \pm 0,4$;

pH 7,0–9,5. Для увеличения электропроводимости электролита и поддержания ионной силы в электролит вводили сульфат и хлорид аммония. В качестве материала электродов для поляризационных измерений использовали медь марки М0 и сталь марки Ст 3. В качестве вспомогательного электрода использовали медную пластину марки М0. Поляризационные измерения проводили на потенциостате IPC-Pro M в стандартной трехэлектродной ячейке ЯСЭ-2. В качестве электрода сравнения применяли насыщенный хлоридсеребряный электрод. Потенциалы, представленные в статье, пересчитаны на шкалу стандартного водородного электрода. Диапазон плотностей тока, при которых получают покрытия удовлетворительного качества, определяли с помощью угловой ячейки Хулла объемом 250 см^3 . Рассеивающую способность электролита определяли согласно ГОСТ 9.309–86 в целевой ячейке Моллера с разборным катодом. Для исследования влияния УЗ воздействия использовали УЗ гальваническую ванну с донным расположением излучателя. Частота УЗ колебаний составляла 22 кГц.

Состав пассивной пленки определяли с помощью рентгенофазового анализа на приборе D8 Advance фирмы Bruker. Микрофотографии образцов получены на оптическом микроскопе Leica DFC Camera CD (DFC and DC500 Camera Software) Release Notes V 6.4.1 при увеличении $100\times$ с окуляром $10\times$.

Результаты и их обсуждение

Разность стационарных потенциалов медного и стального электрода в цитратном электролите составляет $\sim 0,1 \text{ В}$, что свидетельствует о том, что цементация меди на поверхности стали в данном электролите практически не протекает [9]. Ток контактного обмена отсутствует.

На рис.1 приведены катодные поляризационные кривые осаждения меди на образец Ст3 в стационарных условиях и с наложением ультразвукового поля.

При наложении ультразвукового поля уменьшается катодное перенапряжение и кривая смещается в электроположительную область, что свидетельствует об облегчении разряда ионов меди. При этом интенсифицируется процесс массопереноса в прикатодной области, уменьшаются диффузионные ограничения и увеличивается предельная и допустимая плотности тока.

На рис.2 представлены поляризационные кривые анодного растворения меди в стационарных условиях и при наложении ультразвукового поля.

При анодной поляризации электрода в области потенциалов $0,18\text{--}0,5 \text{ В}$ без и при воздействии ультразвукового поля поляризационные кривые практически не отличаются. При этом пик

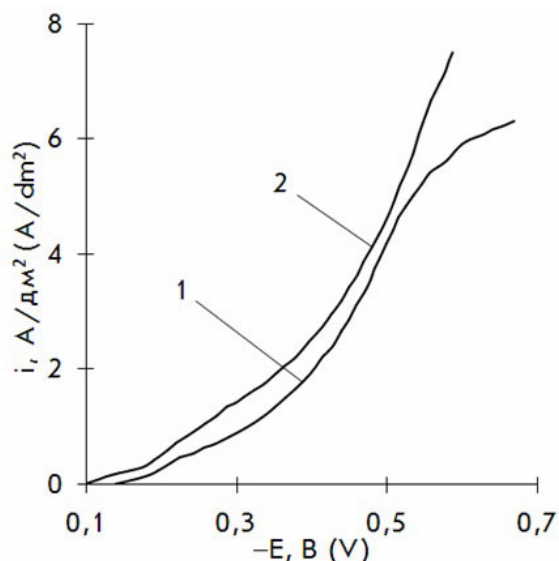


Рис.1. Катодные поляризационные кривые (скорость развертки потенциала 5 мВ/с): 1. – без наложения ультразвукового поля; 2. – с наложением ультразвукового поля
Fig.1. Cathodic polarization curves (scan 5 mV/s): 1. – without applying of ultrasound; 2. – with applying of ultrasound

тока при потенциале 0,33–0,36 В с амплитудой 1,5 А/дм² может быть связан с протеканием процесса ионизации меди с преимущественным образованием цитратных комплексов. По мере увеличения потенциала наблюдается пассивация анода, что может быть связано с недостатком лигандов в прианодной области.

Смещение потенциала в электроположительную сторону приводит к росту тока, что в первую очередь обусловлено ионизацией меди в виде Cu²⁺. Однако наблюдаемые при потенциале 0,54–0,56В перегибы на поляризационных кривых могут быть обусловлены началом процесса ионизации меди в виде Cu⁺. Это предположение подтверждается данными рентгенофазового анализа

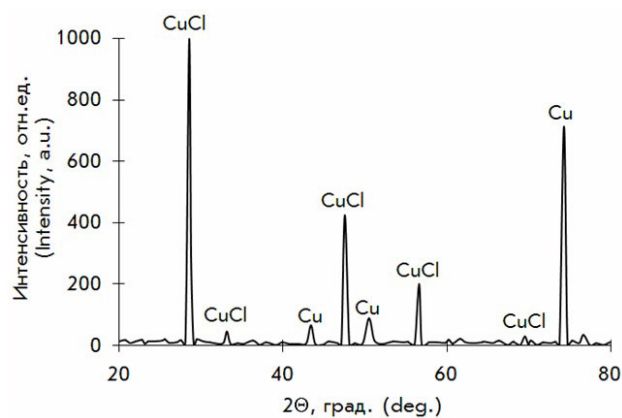


Рис.3. Рентгенограмма пассивной пленки, образованной на медном аноде
Fig.3. Picture of X-ray phase analysis of passive film formed on the copper anode

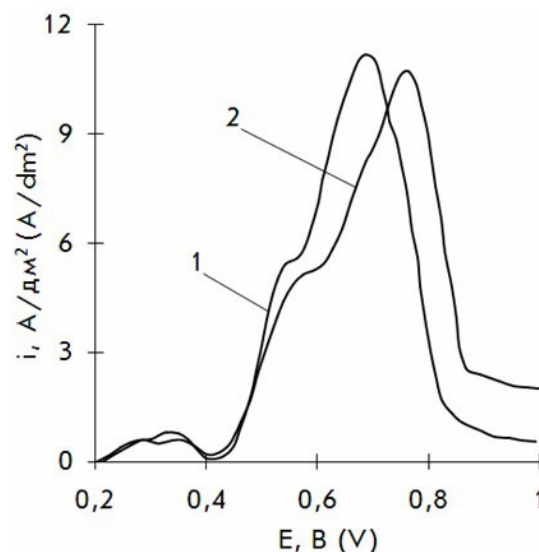


Рис.2. Анодные поляризационные кривые (скорость развертки потенциала 5 мВ/с): 1. – без наложения ультразвукового поля; 2. – с наложением ультразвукового поля
Fig.2. Anodic polarization curves (scan 5 mV/s): 1. – without applying of ultrasound; 2. – with applying of ultrasound

и визуального осмотра поверхности анода после электролиза при данных потенциалах. Так, в области потенциалов до 0,5 В на аноде не было обнаружено пассивных пленок. При поляризации электрода при потенциалах электроположительнее 0,5 В на поверхности анода были обнаружены соединения одновалентной меди в виде CuCl.

Вид поляризационной кривой при воздействии ультразвука не изменяется, однако при потенциалах электрода положительнее 0,5 В наблюдалось ее смещение в электроположительную сторону на ~50 мВ. Такое смещение может быть обусловлено выравниванием концентрации ионов двухвалентной меди у поверхности электрода и в объеме раствора. Концентрация ионов Cu²⁺ у поверхности электрода уменьшается, это приводит к увеличению анодного перенапряжения и как следствие к уменьшению скорости электродного процесса.

На обеих кривых максимальные пики тока практически равны и составляют 10,7–11,2 А/дм². Увеличение потенциала более 0,7–0,8 В приводит к уменьшению анодной плотности тока и появлению на поляризационной кривой области токов полной пассивации, которая обусловлена образованием на поверхности анода пассивирующей солевой пленки, состоящей в основном из CuCl. Присутствие на поверхности меди труднорастворимого соединения CuCl подтверждено рентгеноструктурными исследованиями (рис.3). Под воздействием ультразвука благодаря кавитационным явлениям происходит разрыв пленки,

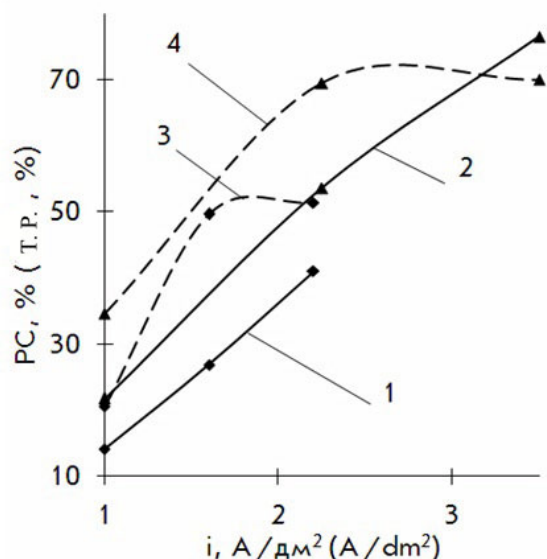


Рис.4. Зависимость рассеивающей способности электролита от плотности тока

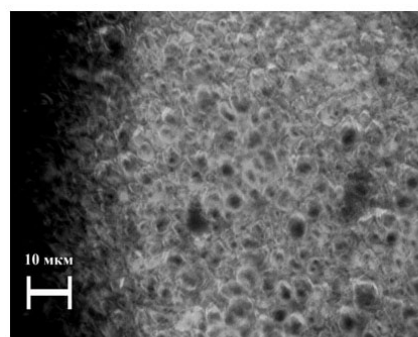
1,2. – РС по металлу; 3,4. – РС по току; 1,3. – без наложения ультразвукового поля; 2,4. – с наложением ультразвукового поля

Fig.4. Dependence of solution throwing power on current density
1,2. – throwing power of solution by the metal; 3,4. – throwing power of solution by the current; 1,3. – without applying of ultrasound; 2,4 – with applying of ultrasound

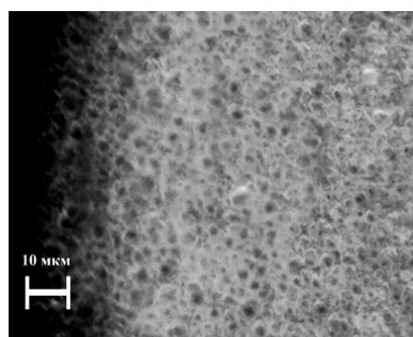
нарушение ее целостности, что приводит к увеличению тока полной пассивации более чем в 3 раза.

Таким образом при потенциалах электроположительнее 0,8 В наложение ультразвука приводит к значительной интенсификации процесса растворения меди.

Угловая ячейка Хулла позволяет достаточно быстро определить диапазон значений плотностей тока, при которых возможно получать качественные покрытия. Установлено, что без наложения УЗ качественные покрытия получаются при i 1,0÷2,2 А/дм². Проведение процесса в усло-



а)



б)

Рис.6. Микрофотографии медного покрытия, осажденного в стационарных условиях (а) и с наложением ультразвукового поля (б)

Fig.6. Microphotographs of copper coating deposited in steady-state conditions (a) and with applying of ultrasound (б)

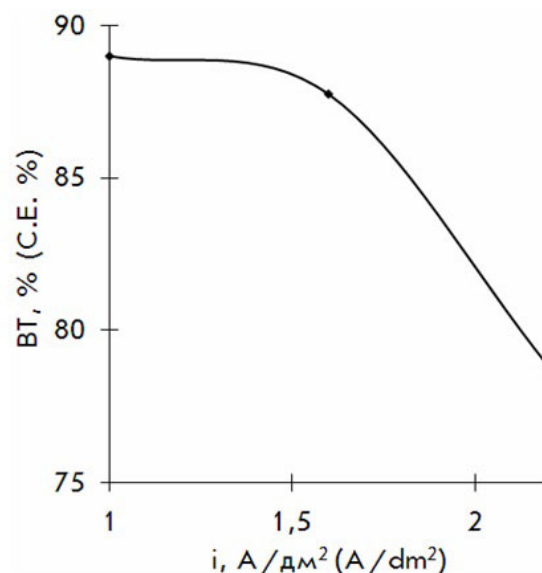


Рис.5. Зависимость выхода по току меди от плотности тока

Fig.5. Dependence of copper current efficiency on current density

виях воздействия УЗ поля позволяет расширить рабочий диапазон как в область низких, так и высоких плотностей тока (i 0,8÷3,5 А/дм²), что является важной технологической характеристикой при реализации процесса в производственных условиях. Увеличение верхнего предела рабочей плотности тока до 3,5 А/дм² позволяет интенсифицировать процесс в 1,6 раза.

На рис.4 представлена зависимость рассеивающей способности (РС) электролита от плотности тока.

РС как по току, так и по металлу увеличивается при УЗ воздействии. Первое связано с большей поляризуемостью в интервале рабочих плотностей тока и с увеличением электропроводности при наложении ультразвукового поля. Большая величина рассеивающей способности электролита по металлу, чем по току связана с падением выхода по току при увеличении плотности тока (рис.5). Таким образом, в исследуемом электролите распределение металла более равномерно, чем распределение тока.

На рис.6 представлены микрофотографии ($\times 1000$) медного покрытия, осажденного из цитратного электролита в стационарных условиях (а) и с наложением ультразвукового поля (б) при плотности тока 2 А/дм².

Наложение УЗ не только увеличивает рассеивающую способность и расширяет ра-

бочий диапазон плотностей тока, но и увеличивает равномерность распределения и размеров получаемых кристаллитов меди на поверхности электрода (рис.6). Без УЗ-воздействия размеры кристаллитов составляли около 2–4,5 мкм, а при воздействии УЗ преимущественные размеры составили 2–2,5 мкм при тех же технологических параметрах.

Таким образом, наложение ультразвукового поля облегчает процесс разряда ионов меди и увеличивает рассеивающую способность цитратного электролита как по току, так и по металлу, что позволяет осаждать равномерные покрытия на изделиях сложной конфигурации. Также УЗ положительно влияет на растворение анодов, увеличивая ток пассивации. УЗ позволяет интенсифицировать процесс осаждения меди из цитратного электролита в 1,5–1,6 раза и получать прочно сцеплённые с основой более равномерные гладкие и мелкокристаллические осадки.

Литература

1. Михедова Е.В., Черник А.А., Жарский И.М. Электрохимическое осаждение меди на стальную основу. / Труды БГТУ. Химия и технология неорганич. в-в. – 2011. – №3: – С. 8–11.
2. Кудрявцев, Н.Т. Электролитические покрытия металлами. – М.: Химия, 1979. – 352 с.
3. Шапник М.С. Комплексы в гальванотехнике. / Соросовский образовательный журнал. – 1996, - №9 – С. 64–71.
4. Милушкин А.С. Электролит блестящего меднения // Патент России № 2194097. 2002. Бюл. № 32.
5. Милушкин А.С. Электролит блестящего меднения для стальных подложек // Патент России № 2361969. 2009. Бюл. № 24.
6. Милушкин А.С. Электролит меднения стальных деталей // Патент России № 2237755. 2004. Бюл. № 19.
7. Сурвилене А., Сурвила А. Влияние температуры на образование оксидов в системе $\text{Cu}|\text{Cu}(\text{II})$ – этилендиамин с недостатком лиганда // Электрохимия. – 2002. – Т. 38, № 11. – С. 1345–1348.
8. Герасименко, А.А. Повышение адгезии медных электрохимических покрытий на стальной основе. I. Бесцианидные щелочные электролиты / А.А. Герасименко, М.П. Криворучко, В.В. Коржавина // Защита металлов. – 2000. – Т. 36, № 3. – С. 321–324.

9. Электрохимическое осаждение меди на стали из раствора диацидо1,3-пропилендиамин- N,N' -диацетато- N,N' -дипропеонотокрупрата(II) / М. Спасоевич, М. Цвиович, Л. Рыбич-Зеленович [и др.] // Журнал прикладной химии. – 2007. – Т. 80, вып. 4. – С. 579–583.
10. Alvarez, V. Determination of the charge of complex species that are reduced at the dme and of the coefficient of transfer, α , in the $\text{Cu}(\text{II})$ -aq. M citrate (M: Li^+ , Na^+ , K^+) system / V. Alvarez, S. Gonzalez, A. Arevalo // Electrochimica Acta. 1984. – Vol. 29, № 9. – P. 1186–1189.
11. Sanchez-Chacon A., Rade S., Matlosz M. Pulse reverse plating in citrate electrolytes for copper metallization high-aspect-ratio microstructures // Electrochemistry in Molecular and Microscopic Dimensions: Book of Abstracts of 53 Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (15–20 Sept. 2002). – Düsseldorf, 2002. – P. 116.
12. Electrodeposition of copper in citrate bath and its application in micro-electro-mechanical system / Wu Wei-Gang, Yang Fang-Zu, Luo Ming-Hui et al. // Actaphysica-chimica since. 2010. – Vol. 26, № 10. – P. 2625–2632.
13. Гинберг А.М., Федотова Н.Я. Ультразвук в гальванотехнике. М.: Металлургия, – 1969. – 208с.

Сведения об авторах:

Михедова Елена Викторовна, аспирант, Кафедра химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники, Белорусский государственный технологический университет, 220050, Минск, ул. Свердлова, 13а. тел.:(37517)-226-02-82. E-mail: mihedka@mail.ru

Черник Александр Александрович, доцент, к. х. н., 220050, Минск, ул. Свердлова, 13а. тел.:(37517)-226-02-82.

Жарский Иван Михайлович, профессор, Ректор, тел.:(37517)-226-02-82.

Mihedova Elena Viktorovna, post graduate student, Dept. of chemistry, electrochemical eng. and materials for electronics, Belorussian State Technological University, 220050, Minsk, Sverdlova str. 13a. phone:(37517)-226-02-82. E-mail: mihedka@mail.ru

Chernik Alexander Alexandrovich, Ass. Prof., PhD, phone: (37517)-226-02-82.

Zharsky Ivan Mikhailovich, professor, Rector, phone: (37517)-226-02-82.

УДК 621.359.3

Электроосаждение сплавов кобальт-никель из простых и комплексных электролитов

Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н.

Ключевые слова: сплав кобальт-никель; электроосаждение; рассеивающая способность; состав сплава.

Показана возможность получения доброкачественных электролитических сплавов кобальта и никеля из сульфатных, сульфаматных, оксалатных электролитов различного состава. Наилучшими характеристиками обладают сплавы, полученные из оксалатного электролита.

Electrodeposition of Ni-Co Alloys from simple and complex solutions

Shekhanov R.F., Gridchin S.N.

Electrodeposition of Co-Ni alloys from sulfate, sulfamate and oxalate solutions was studied. Deposition of highquality coatings from these baths was shown to proceed at c.d. 0,5 to 3 A/dm². The coatings have hardness 6,9-8,1 GPa and Ra 0,2-0,35 μm. Addition of compounds which form stable complexes with Co²⁺ and Ni²⁺ allows to expand operating pH range. Simulation of ionic equilibria in oxalate baths shows that the behaviour of Co²⁺-Ni²⁺-SO₄²⁻-C₂O₄²⁻-NH₃ system is determined mainly by complex-formation processes of C₂O₄²⁻ ions with Co²⁺ and Ni²⁺ (Fig.1). The electrodeposition proceeds with high cathode polarization (Fig.2), which helps to get good fine-grained coatings of Ni-Co alloy and the cathode polarization from this bath is much higher than for simple solutions. In all solutions Ni content in the deposits is increasing at higher c.d., so it is possible to control the alloy composition by varying c.d. Addition of ammonium to the bath results in the improvement in metal distribution, coatings appearance and their mechanical properties.

Введение

В сульфатных, сульфаматных, оксалатных электролитах потенциалы осаждения кобальта и никеля незначительно отличаются друг от друга, поэтому с электрохимической точки зрения возможно совместное выделение на катоде указанных металлов и получение соответствующих электролитических сплавов [1-5].

Вследствие высокой катодной поляризации и незначительного перенапряжения водорода процессы электроосаждения железа, никеля и кобальта очень чувствительны даже к небольшим изменениям кислотности. Наряду с разрядом ионов металла происходит разряд ионов водорода и в прикатодном слое заметно растет концентрация гидроксильных ионов, что может приводить к вы-

падению соответствующих гидроксидов металлов. Низкая растворимость гидроксидов кобальта(II) и никеля(II) существенно ограничивает область допустимых значений pH электроосаждения и вынуждает использовать кислые электролиты (pH<4), обладающие более низким выходом по току. Для поддержания малой кислотности электролитов к ним добавляют вещества, которые обладают буферными свойствами. Такими веществами являются слабо диссоциированные неорганические и органические кислоты (борная, уксусная, аминокислоты, муравьиная и др.) или их соли. В [6] показано, что буферные свойства электролитов никелирования значительно улучшаются также в присутствии насыщенных дикарбоновых кислот (янтарной, адипиновой, глутаровой). Во время

электролиза значение pH 3-4 как в объеме таких электролитов, так и вблизи катода сохраняется постоянным длительное время даже при высоких плотностях тока (до 15-25 А/дм²).

Перспективным способом увеличения рабочего интервала pH может служить введение в электролит солей дикарбоновых кислот, способных образовывать с ионами Co²⁺ и Ni²⁺ устойчивые комплексы и препятствовать выпадению соответствующих гидроксидов. На рис.1 приведены диаграммы долевого распределения кобальта(II) и никеля(II) в растворах 0.1M CoSO₄·7H₂O (NiSO₄·7H₂O) и 1M (NH₄)₂C₂O₄·H₂O при 25°C. Результаты расчёта ионных равновесий (выполнен-

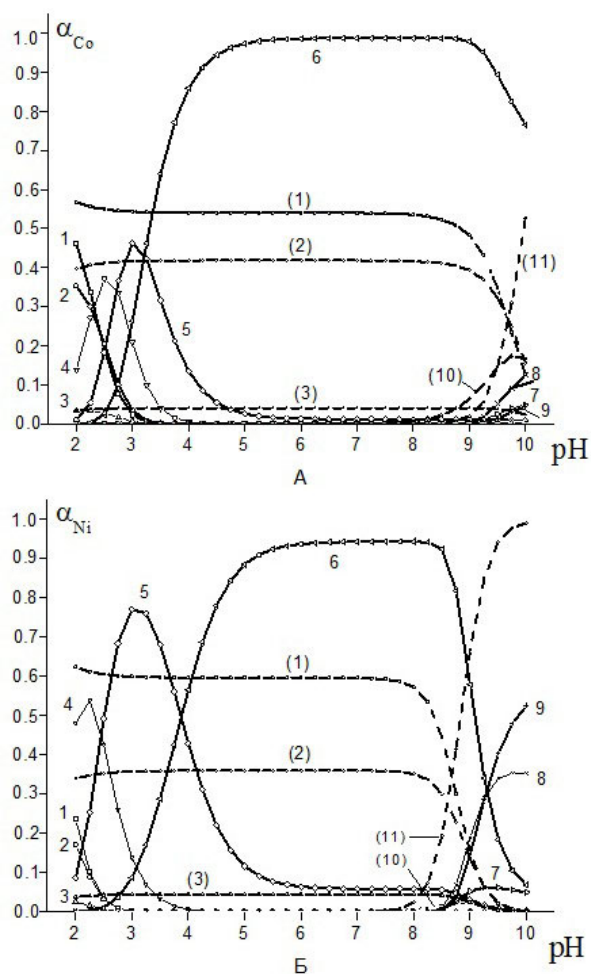


Рис.1. Диаграммы долевого распределения кобальта (А) и никеля (Б) в системе $M^{2+}-SO_4^{2-}-C_2O_4^{2-}-NH_3$ ($M=Co,Ni$): 1.- M^{2+} ; 2.- MSO_4 ; 3.- $M(SO_4)_2^{2-}$; 4.- MC_2O_4 ; 5.- $M(C_2O_4)_2^{2-}$; 6.- $M(C_2O_4)_3^{4-}$; 7.- $M(NH_3)_4^{2+}$; 8.- $M(NH_3)_5^{2+}$; 9.- $M(NH_3)_6^{2+}$; 10.- MOH^+ ; 11.- $M(OH)_2$; пунктирными линиями показано распределение металлов в отсутствие оксалата аммония.

Fig.1. Diagrams for a fractional distribution of cobalt (A) and nickel (B) in the system of $M^{2+}-SO_4^{2-}-C_2O_4^{2-}-NH_3$ ($M=Co,Ni$): 1.- M^{2+} ; 2.- MSO_4 ; 3.- $M(SO_4)_2^{2-}$; 4.- MC_2O_4 ; 5.- $M(C_2O_4)_2^{2-}$; 6.- $M(C_2O_4)_3^{4-}$; 7.- $M(NH_3)_4^{2+}$; 8.- $M(NH_3)_5^{2+}$; 9.- $M(NH_3)_6^{2+}$; 10.- MOH^+ ; 11.- $M(OH)_2$; the dot lines show the metal distribution in absence of ammonium oxalate

ного по алгоритму Бринкли [7] с использованием программы RRSU [8]) показывают, что поведение системы $Co^{2+}-Ni^{2+}-SO_4^{2-}-C_2O_4^{2-}-NH_3$ определяется, главным образом, процессами комплексообразования ионов $C_2O_4^{2-}$ с ионами Co^{2+} и Ni^{2+} , и при этом водорастворимые бис- и трис-комплексы оказываются доминирующими частицами в широкой области pH. В то же время, в отсутствие $(NH_4)_2C_2O_4$ основными металлосодержащими частицами являются ионы Co^{2+} и Ni^{2+} (точнее, аквакомплексы $Co(H_2O)_6^{2+}$ и $Ni(H_2O)_6^{2+}$). Образующиеся сульфатные комплексы никеля и кобальта характеризуются низкой устойчивостью, недостаточной для стабилизации раствора (распределение металлов в отсутствие оксалата аммония показано на рис.1 пунктирными линиями, а номера соответствующих частиц заключены в скобки).

Эффективность применения оксалата аммония для стабилизации электролита была продемонстрирована при получении электролитических осадков железа [9-13]. Достоинствами этого соединения являются также дешевизна и возможность разложения комплексов в сточных водах. Введение в электролит комплексообразующих соединений способствует также получению более мелкозернистой структуры покрытий и увеличению их твердости [14]. Кроме того, поскольку оксалатно-аммонийные растворы сами по себе обладают высокой буферной ёмкостью, отпадает необходимость использовать в качестве буферной добавки токсичную борную кислоту.

Методика эксперимента

Исследовали электроосаждение сплавов кобальт-никель из сульфатных, сульфаматных и оксалатных электролитов в области pH 2.5-6.0. Начальная концентрация $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ варьировалась от 0 до 135 г/л, $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ - от 0 до 300 г/л, $Ni(NH_2SO_3)_2 \cdot 4H_2O$ - от 0 до 380 г/л, $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$ - от 0 до 150 г/л, $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ - от 0 до 10 г/л, H_3BO_3 - от 0 до 38 г/л, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ - от 0 до 30 г/л, $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ - от 0 до 50 г/л, KCl - от 0 до 10 г/л. Электролиты готовили из реактивов марки "чда" на дистиллированной воде. Температуру растворов поддерживали $60.0 \pm 0.5^\circ C$. pH раствора корректировали добавлением 25% водного раствора аммиака или 50% раствора серной кислоты. Электроосаждение проводили в ячейке из органического стекла объёмом 120 мл, аноды из никеля и кобальта. Качество покрытий определяли по внешнему виду и сцеплению с основным металлом согласно ГОСТ 9.301-86 и ГОСТ 9.302-88. Рассеивающую способность электролитов определяли с использованием щелевой ячейки в соответствии с ГОСТ 9.309-86. Состав покрытия определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Установка для поляризационных исследований включала импульсный потенциостат ПИ-50-1, в качестве задатчика потенциала использовали программатор ПР-8. Исследования проводили в потенциостатическом режиме, площадь рабочего электрода 0.07 см². Электродом сравнения служил насыщенный хлорид-серебряный электрод ЭВЛ-1М1. Полученные значения потенциала пересчитывали относительно водородного электрода. Образцы покрытий для анализа состава, определения микротвердости и шероховатости осаждали в гальваностатических условиях. Для определения шероховатости поверхности использовали профилометр (модель 170622). Микротвердость покрытий определялась на приборе ПМТ-3.

Результаты и их обсуждение

Исследование процесса выделения сплава кобальт-никель на медных образцах показало, что при всех условиях, отвечающих стабильности растворов, возможно получение доброкачественных осадков в интервале плотностей тока от 0.5 до 3 А/дм². Для практического использования можно

рекомендовать ряд электролитов, состав которых представлен в Табл.1.

Покрытия получают полублестящие, с хорошим сцеплением с основой. Отсутствуют какие-либо признаки питтинга. Введение оксалата аммония в состав электролита приводит к увеличению рассеивающей способности. Электроосаждение протекает с большой катодной поляризацией (Рис.2), способствующей получению качественных мелкокристаллических покрытий сплавом, причём значение поляризации для комплексных электролитов намного больше, чем для простых.

Наибольшей рассеивающей способностью обладает электролит № 3 на основе оксалата аммония. Покрытия, осаждаемые из этого электролита, имеют сравнительно небольшую степень шероховатости. Ввиду высоких концентраций несвязанного в комплексы никеля в простых сульфатных электролитах содержание кобальта в соответствующих бинарных сплавах не превышает 65%, в то время как содержание кобальта в покрытиях, осаждаемых из комплексных электролитов, достигает 85% (при плотности тока 1 А/

Таблица 1. Составы электролитов для осаждения сплавов Co-Ni
Table 1. Solutions compositions for Co-Ni alloys deposition

Электролит (Solution №)	№ 1	№ 2	№ 3
Составы электролитов (Solutions compositions)			
Компонент (component)	Концентрация, г/л (Concentration g/l)		
NiSO ₄ ·7H ₂ O	300	–	20
CoSO ₄ ·7H ₂ O	29	–	20
(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ ·H ₂ O	–	–	150
CH ₃ COONa·3H ₂ O	–	–	7.5
H ₃ BO ₃	30	30	–
Ni(NH ₂ SO ₃) ₂ ·4H ₂ O	–	300	–
NiCl ₂ ·6H ₂ O	50	–	–
CoCl ₂ ·6H ₂ O	–	30	–
Рассеивающая способность, % (Throwing power, %)			
1.0 А/дм ²	7	4	28
Содержание Co/Ni в покрытии, % (Co/Ni in coating %)			
1.0 А/дм ²	65.2/34.8	85.2/14.8	84.4/15.6
2.0 А/дм ²	47.1/52.9	83.5/16.5	82.3/17.7
3.0 А/дм ²	46.4/53.6	78.2/24.8	70.1/29.9
Выход по току, % (C.E., %)			
1.0 А/дм ²	96.9	90.0	55.7
2.0 А/дм ²	95.7	84.7	46.1
3.0 А/дм ²	91.4	80.4	39.5
Микротвёрдость, ГПа (Hardness, GPa)			
1.0 А/дм ²	7.5	8.1	6.9
Шероховатость Ra, мкм (Roughness, Ra, μm)			
1.0 А/дм ²	0.35	0.20	0.33

дм²). Для всех исследованных электролитов повышение плотности тока сопровождается снижением содержания в сплаве кобальта и увеличением никеля. В частности, увеличение плотности тока с 1 до 2 А/дм² приводит к уменьшению содержания кобальта в покрытии на 2-17% в зависимости от состава электролита. Аналогичные закономерности наблюдались ранее и для некоторых других комплексных электролитов [4].

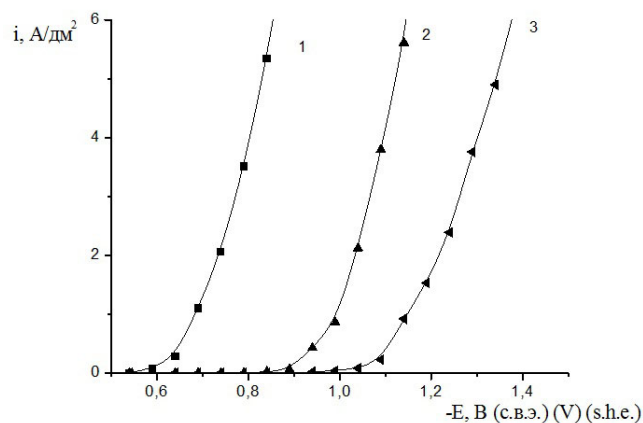


Рис.2. Катодные поляризационные кривые осаждения сплавов Co-Ni из электролитов №№ 1, 2 и 3
Fig.2. Cathodic polarization curves deposition Co-Ni alloys received from the electrolytes № 1, 2 and 3

Заключение

Введение в состав электролита комплексообразующих соединений, в частности оксалата аммония, значительно повышает равномерность сплава кобальт-никель и позволяет получить покрытия с лучшими декоративными и механическими свойствами, чем при использовании простых электролитов.

Список литературы

1. Шеханов Р.Ф., Яблоков П.С., Гридчин С.Н. Электроосаждение сплавов никель-кобальт // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. - 2007. - Т.50, №2. - С.47-49.
2. Торопов И.В., Шеханов Р.Ф., Юдина Т.Ф. Электроосаждение сплава кобальт-никель // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. - 2008. - Т.51, №7. - С.78-80.
3. Торопов И.В., Воробьев П.Г., Шеханов Р.Ф., Юдина Т.Ф. Сравнительная характеристика электролитов для нанесения сплава Co-Ni // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. - 2008. - Т.51, №9. - С.120-121.
4. Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н. Электроосаждение сплава кобальт-никель из сульфатно-оксалатного электролита // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. - 2011. - Т.54, №4. - С.68-71.

5. Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н. Внутренние напряжения в электролитических сплавах кобальт-никель // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. - 2012. - Т.55, №8. - С.66-68.
6. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами. - М.: Химия, 1979. - 352 с.
7. Бугаевский А.А., Дунай Б.А. Расчет равновесного состава и связанных с ним величин на цифровых вычислительных машинах. // Журнал аналитической химии. - 1971. - Т.26, №2. - С.205-209.
8. Васильев В.П., Бородин В.А., Козловский Е.В. Применение ЭВМ в химико-аналитических расчетах. - М.: Высш. школа, 1993. - 112 с.
9. Шеханов Р.Ф., Лукомский Ю.Я., Жуков Ю.А. Электроосаждение железа из оксалатных комплексов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. - 1996. - Т.39, №6. - С.72-75.
10. Шеханов Р.Ф., Лукомский Ю.Я., Жуков Ю.А., Москвина Р.М. Электроосаждение железа из оксалатных электролитов // Гальванотехника и обработка поверхности. - 1998. - Т.6, №1. - С.31-36.
11. Шеханов Р.Ф., Лукомский Ю.Я., Жуков Ю.А. Электроосаждение железа из оксалатных комплексов железа(III) // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. - 1999. - Т.42, №5. - С.51-53.
12. Лукомский Ю.Я., Шеханов Р.Ф., Кунина О.Л., Жуков Ю.А., Москвина Р.М. Электроосаждение сплава никель-железо из оксалатных электролитов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. - 2000. - Т.43, №4. - С.101-103.
13. Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н., Торопов И.В., Юдина Т.Ф., Семенов А.О. Электроосаждение сплава никель-железо из оксалатно-боратного электролита // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. - 2011. - Т.54, №6. - С.55-57.
14. Лайнер В.И. Защитные покрытия металлов. - М.: Металлургия, 1974. - 559 с.

Сведения об авторах:

Шеханов Руслан Феликсович, доцент, к.т.н., Ивановский государственный химико-технологический университет, 153000, Иваново, пр.Ф.Энгельса, 7. E-mail: ruslanfelix@yandex.ru

Гридчин Сергей Николаевич, старший научный сотрудник, к.х.н. E-mail: sergei_gridchin@mail.ru
Shekhanov Ruslan Felixovich, Assoc. prof., Ph.D., Ivanovo state university of chemistry and technology, Ivanovo, F.Engels, 7. E-mail: ruslanfelix@yandex.ru

Gridchin Sergei Nikolaevich, Senior scientist, Ph.D. E-mail: sergei_gridchin@mail.ru

Применение метода растворения анодов для приготовления и корректировки электролитов серебрения и золочения

Данилюк В.М., Агеев А.И.

Ключевые слова: Электролит, корректировка, цианистые ванны

Простая, с точки зрения технологии, методика растворения анодов позволяет проводить приготовление и корректировку цианидных электролитов серебрения и золочения, сократить время корректировки, снизить затраты. В основу приведенной методики легли эксперименты, проведенные специалистами ОАО «ТЕМП» на одном из предприятий Украины.

Exchange of experience

The Use of Soluble Anodes for the Make-up and Replenishments of Silver and Gold Plating Solutions

Daniljuk V.M., Ageev A.I.

Key words: cyanide baths; gold, silver; replenishments

A simple from technical point of view method of anodic dissolution of metal allows to make up and make replenishments of cyanide silver and gold plating baths, to reduce replenishment time and costs. Experiments made by the specialists from "ОАО "ТЕМП" at a single plant in the Ukraine have been a basis for the development of the process.

Введение

Золото и серебро обладают не только превосходными декоративными и защитными свойствами, но и высокой электропроводимостью. Эти свойства металлов нашли широкое применение в ювелирной промышленности, в приборостроении и бытовых изделиях для покрытия контактирующих деталей электрических схем. Наряду с этим золото и серебро, как драгметаллы, необходимо расходовать без потерь или с минимальными потерями.

В настоящей статье кратко описан метод анодного растворения металла при приготовлении цианистых электролитов золочения и серебрения, а также для корректировки дицианаргентатного электролита серебрения. Применяя этот метод, можно практически полностью избавиться от потерь драгметаллов при приготовлении и корректировке электролитов.

Описание метода

Принцип метода состоит в следующем: в гальваническую ванну золочения или серебрения на катодную штангу навешивают пористый, неглазурованный глиняный или фарфоровый цилиндрический сосуд. Диаметр сосуда 80 – 100 мм, высота 400 мм, (для ванн объемом 300 – 400 л). Для ванн другой емкости – сосуд должен быть соразмерен ванне. Перед навешиванием в ванну сосуд замачивают в деминерализованной воде на несколько часов. Затем заполняют раствором поташа (K_2CO_3) – 60 – 100г/л таким образом, чтобы уровень раствора поташа в сосуде превышал уровень электролита в ванне на 1 – 1,5 см. Раствор поташа выбран потому, что он присутствует в перечисленных электролитах и наиболее доступен и безопасен при работе. В пористый сосуд погружают стальную пластину и соединяют ее с катодной штангой. При прохож-

дении электрического тока металл с золотых или серебряных анодов переходит в раствор в виде комплекса $KAg(CN)_2$ или $KAu(CN)_2$. На катоде выделяется водород.

Площадь катода существенной роли не играет, но для равномерного растворения анодов желательно, чтобы площадь анодов была больше площади катодов.

Режимы электролиза при приготовлении и корректировке цианистых электролитов:

Золочение	i_a 0,8 – 1,5 А/дм ² ; напряжение 2 – 4 В; t 60-70°C; анодный выход по току (ВТа) 70 – 80%
Серебрение	i_a 0,3 – 0,8 А/дм ² ; напряжение 1 – 3 В; t 18-25°C; анодный выход по току (ВТа) 100%

Режимы электролиза при корректировке дицианаргентатного электролита серебрения: i_a 0,4 – 0,6 А/дм²; напряжение 2 – 6 В; t 18-25°C; анодный выход по току (ВТа) 100%.

Продолжительность электролиза:

$$\tau = \frac{m \cdot V}{I \cdot q \cdot VT_a}$$

где τ – время в час; m – количество металла, подлежащее растворению в г/л; V – объем электролита; I – ток в амперах, пропускаемый через ванну; q – электрохимический эквивалент; VT_a – выход по току.

Метод анодного растворения металлов значительно упрощает и облегчает процесс приготовления и корректировки цианидных ванн серебрения и золочения, причем насыщение электролита металлом можно контролировать не только аналитически, но и простым взвешиванием анодов до и после электролиза.

Для дицианаргентатных электролитов серебрения данный метод хорошо зарекомендовал себя при необходимости корректировки металла в ванне, причем вводя в электролит металл с помощью пористого сосуда, можно не только увеличить содержание металла в ванне, но и снизить содержание свободного цианида, который накапливается в ванне в процессе выработки серебра из электролита. Накопление свободного цианида происходит по различным причинам: недостаточная площадь серебряных анодов, подвешивание дополнительных нерастворимых анодов, нарушение режима электролиза и т.д.

Кроме того, пользуясь методом анодного растворения металла для дицианаргентатных электролитов серебрения, можно спокойно чувствовать себя при временном отсутствии соли серебра или анодов, необходимых для корректировки электролита или для работы. Для этого необходимо иметь нерастворимые аноды, перфорированные титано-

вые или полипропиленовые корзины, в которые загружают отходы серебряных анодов или электрохимически осажденное серебро со сборников ванн, или другие отходы серебра, которые не могут служить анодами, и пористый глиняный сосуд.

Однако следует отметить, что данный метод корректировки для дицианаргентатных электролитов не является основным, а лишь одним из методов доведения состава электролита до рабочего состояния. На сегодня лучшим вариантом всё же является применение анодов из платинированного титана или графитовых. На практике иногда применяют тщательно отполированные аноды из нержавеющей стали 12Х18Н9Т, что нежелательно, т.к. из этой стали может выщелачиваться хром и загрязнять электролит. Если же применяют такие стальные пластины, их надо менять, как только появляются первые признаки вытравливания.

Преимущество данного метода состоит в том, что процесс корректировки значительно упрощается. Не требуется затрат рабочего времени на растворение соли и фильтрацию электролита, т.к. растворение металла происходит в нерабочее время. Не требуется квалифицированный специалист, метод доступен рабочему гальванику средней квалификации.

Список литературы:

1. В.И. Лайнер и Н.Т. Кудрявцев – Основы гальваностегии, Москва: Металлургиздат, 1946 г., т.2.- 647 с.
2. А.М. Ямпольский – Электролитическое осаждение благородных и редких металлов, Ленинград: «Машиностроение», Библиотечка гальванотехника, выпуск 7, 1971 г.
3. Бартфаи Бела – Справочник гальваностегия/ перевод В.Ф. Терехов, Б.А. Потолицын – г. Москва: МАШГИЗ, 1960 г. – 396 с.

Сведения об авторах

Данилюк В.М., инженер-консультант, ОАО «ТЕМП»; Украина, 29015, г. Хмельницкий, пр-т Мира, 99-101, тел. 8-10-380382 63-04-85; temp-marketing@ukr.net.

Агеев А.И., Бренд-менеджер, ООО ПКФ «КЭМЗ СВАРКА» Представительство ОАО «ТЕМП» в России; РФ, Москва, ул. Плеханова, д.7, оф.18, тел./факс: +7-495-721-18-81/67/9; temp-moscow@yandex.ru

Daniljuk V.M., Engineer, "TEMP Company"; Ukraina, 29015, Khmel'nitskii, Mira Str., 99-101, 8-10-380382 63-04-85; temp-marketing@ukr.net

Ageev A.I., Brand Manager, representative office of "TEMP" in Russia; RF, Moscow, Plekhanova Str., 7, of. 18; +7-495-721-18-81/67/9; temp-moscow@yandex.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 «СЭМ.М»

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

в рамках решения этой задачи
НПП «СЭМ.М» осуществляет:

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

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

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

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

Мы поможем сделать Вашу гальванику лучше!

Контактная информация:

Т/факс (499)978-6195, 978-5651

<http://bestgalvanik.ru>

E-mail: semm@online.ru

производство выпрямителей

ПУЛЬСАР

Надежное оборудование для
современных технологий

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

Защищенность – герметичная, полностью экранированная конструкция позволяет устанавливать выпрямители непосредственно у ванны;

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

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

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

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

Эргономичность – интуитивно понятная система управления и индикации режимов работы.



Ведущие производители гальванических линий
выбрали выпрямители “Пульсар”

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

Телефон: (4852) 741-121, 741-567

e-mail: commerce@navicom.yar.ru

www.navicom.yar.ru



Бессточные гальванические производства. Мифы и реальность

Мамаев В.И., Шишкина С.В.

Ключевые слова: гальванические производства, балансовые расчеты, структура потерь химикатов, каскадные промывки

На основании результатов балансовых расчетов выявлена структура потерь цветных металлов в процессе полного цикла гальванохимической обработки. Показано, что унос соединений цветных металлов в промывные воды составляет не более половины суммарных потерь осаждаемых металлов, а остальные потери связаны с другими источниками. Поэтому даже полное извлечение соединений металлов из промывных вод не дает возможности решить проблему их потерь.

Wasteless Plating Shops. Myths and Reality

Mamaev V.I., Shishkina S.V.

Key words: plating shops, balance calculations, structure of lost chemicals, cascade rinsing

The use of multistage rinsing is discussed by the analysis of the transfer of heavy metals and their compounds in existing plating shops. Material balance for heavy metals in the coatings and solid and liquid wastes was made (Tables 1,2). Results obtained are given in Table 1 for a zinc plating line with production rate 20000 m²/year, coatings thickness 9 to 12 μm, bath concentration of Zn 8 g/l, average Zn stripping in the passivating tank 0,5 μm and current efficiency 70% are given in Table 1. In this process Zn loss into rinse water is equal to only 14% of total losses. Major losses are related with passivating tank (34%) and with metal stripping from nonisolated parts of racks (30,5%). For Ni plating with 20000 m²/year output, plate thickness 18μm, Ni content in the bath 70 g/l the loss into rinse water is less than 50% of total losses (Table 9). An increase in the number of rinsing stages above 3 gives only little effect in the consumption of rinse water (Table 3; curve 1, Fig.1), however it results in the increasing Ni concentration (Table 3; curve 2, Fig.1) and these results in the simplification of metal recuperation from rinse water as well as in expenses reduction. Thus, the use of multistage cascade rinses cannot decrease the losses essentially, since rinsing water is not the only and major accumulator of lost metal.

При проектировании гальванических линий и при разработке технологических процессов нанесения гальванохимических покрытий нередко встаёт вопрос о целесообразности использования многоступенчатых промывок. С целью снижения расхода воды и потерь химикатов в литературе [1] встречаются рекомендации по установке не только двух- и трёх-, но даже четырёх- и пяти-ступенчатых промывок, использование которых рассматривается как путь к созданию бессточных гальванохимических технологий.

С целью изучения целесообразности глубо-

кой рекуперации металла из промывных вод был проведен комплексный количественный анализ движения тяжёлых металлов в масштабах действующих гальванических цехов, участков и отдельных гальванических линий, начиная от склада анодов и химикатов и заканчивая работой очистных сооружений [3]. На основании результатов анализа были составлены материальные балансы, позволившие оценить процентное соотношение количеств тяжёлых металлов, пошедших на полезный процесс – в покрытие, и теряемых в виде жидких и твёрдых отходов при проведении техно-

Таблица 1. Результаты балансовых расчётов для процесса цинкования в цинкатном электролите.
Table 1. Calculations of zinc consumption including all losses

Расход цинка Zinc consumption	Общий расход, кг Total consumption, kg	Процент от общего расхода, % Per sent of total consumption, %	Процент от общих потерь Per cent of total losses
Всего израсходовано цинка Spent zinc, total	1733	100	
На покрытие (толщина Zn покрытия 9-12 мкм) For the formation of the coating (coating thickness 9-12 μm)	1500	86,7	
Покрытие контактных крючков - (поверхность крючков 5%) Coating on contact hooks (hooks surface area 5%)	75	4,3	32,0
Потери при пассивации (съём цинка при пассивации 0,5 мкм) Losses related with passivation (stripping of Zn during the passivation 0,5 μm)	71	4,0	30,5
Унос в промывные воды (норматив 0,2 л/м ²) Disposal to rinse water (accepted amount 0,2 l/m ²)	32	1,8	14,0
Унос в вентиляцию (при выходе по току 70%) Drain to ventilation system (accepting current efficiency 70%)	8	0,5	3,4
Снятие бракованных покрытий (брак 0,5%) Stripping of rejectal coatings (0,5 %)	7	0,4	3,0
Сверхнормативные потери (разбаланс) Nonpredictable losses (disbalance)	40	2,3	17,1
Суммарные потери: Total losses	233	13,3	100

логических операций.

Количество израсходованного металла в виде анодного материала и химикатов определялось на основании лимитно-заборных карт и журнала корректировок в течение календарного года. Оценка количества металла, расходуемого на полезный процесс и теряемого при проведении технологических операций, проводилась как расчётным путём на основании усредненных экспериментальных нормативов [2], так и на основании проведенных экспериментов и анализов. Определение расхода металлосодержащих материалов проводилось с учетом остатков анодов, химикатов и анодного скрапа на начало и конец расчетного периода.

При составлении балансов для каждого конкретного металла учитывались все возможные статьи расхода металла:

- на покрытие;
- потери при промывке;
- потери при снятии бракованных покрытий;
- потери при снятии покрытия с неизолированных частей подвесных приспособлений;
- потери при фильтрации электролита (про-

мывка фильтровальных чехлов, смена фильтровальных картриджей);

- потери с отработанным активированным углем;
- потери при стирке анодных чехлов;
- потери при пассивации цинковых покрытий;
- потери металла при очистке (проработке) на гофрированном катоде;
- потери, связанные с истиранием покрытия в барабанных ваннах, следующих за ванной покрытия, например, в ваннах промывки, пассивации;
- потери в вентиляцию;
- сверхнормативные потери (разбаланс), включающие погрешность расчётов, потери при мытье ванн, полов и оборудования вблизи ванн покрытия, потери электролита, остающегося на дне ванны после его слива, а также закristаллизовавшегося электролита на стенках ванны и бортовых отсосах при промывке ванны, потери при взятии пробы для химического анализа, утечки электролита через сальники насосов, случайные и неучтённые потери и др.

В качестве примера в таблице 1 приведены результаты балансовых расчётов по цинку для линии цинкования в щелочном цинкатном элект-

Таблица 2. Результаты балансовых расчётов для процесса никелирования в сульфатном электролите.
Table 2. Results of material calculations for nickel plating in the sulfate bath

Расход никеля Ni consumption	Общий расход, кг Overall consumption	Процент от общего рас- хода, % Per cent of the overall consumption	Процент от общих потерь, % Per cent the total loss
Всего израсходовано никеля Total Ni consumption	3807	100	
В покрытие (средняя толщина никелевого покрытия 18 мкм) Ni in the coating (av. Ni thickness 18 μm)	3200	84,0	
Унос в промывные воды (норматив 0,2 л/м ²) Input into rinse water (0.2 g/m ² is a norm)	280	7,4	46,0
Потери при фильтрации (норматив 0,065 дм ³ /м ²) Filtration losses (0,065 dm ³ /m ² is a norm)	91	2,4	15,0
Покрытие контактных крючков (пов-ть крючков 5%) Spent as a coating on contact rooks (Rocks surface 5%)	160	4,2	26,5
Снятие бракованных покрытий (брак 0,5%) Stripping from rejects (0,5%)	16	0,4	2,7
Сверхнормативные потери (разбаланс) Uncalculated losses	60	1,6	9,8
Суммарные потери (Overall losses)	607	16	100

ролите с производительностью 20000 м²/год. Толщина цинкового покрытия 9-12 мкм, концентрация цинка в электролите 8 г/л, выход по току 70% (при 3 А/дм²), съём цинка в процессе пассивации составляет 0,5 мкм.

Из таблицы 1 видно, что унос цинка в промывные воды, который предлагают минимизировать с помощью многоступенчатых каскадных промывок, составляет всего лишь 14 % от суммарных потерь цинка в данном технологическом процессе. Основная доля потерь цинка приходится на растворение цинкового покрытия при пассивации и при снятии цинка с контактных крючков подвесных приспособлений в ванне травления.

Необходимо отметить, что, в конечном счёте, весь теряемый цинк оказывается на очистных сооружениях.

Доля металла, уносимого с деталями в промывные воды после операции нанесения покрытия, в первую очередь зависит от концентрации данного металла в электролите. Результаты балансовых расчётов для процесса никелирования, где используется один из наиболее концентрированных растворов, приведены в таблице 2.

Производительность линии никелирования 20000 м²/год. Средняя толщина никелевого покрытия 18 мкм. Концентрация солей никеля в элек-

тролите никелирования (в пересчёте на металл) составляет 70 г/л.

Из таблицы видно, что даже для концентрированных электролитов никелирования потери при проведении операции промывки составляют менее 50% от суммарных потерь никеля в данном технологическом процессе. Это говорит о том, что даже при извлечении 100% металла из промывных вод невозможно решить проблему создания бессточных технологий, а идея полного исключения уноса металла в промывные воды путём применения многоступенчатых каскадных промывок оказывается бессмысленной и экономически невыгодной.

В таблице 3 и на рисунке 1 представлены результаты расчётов эффективности различных схем многоступенчатых промывок после операции никелирования.

Видно, что значительное снижение расхода воды дает только вторая и, в меньшей степени, третья ступень промывки. Применение каскадных промывок с количеством ступеней выше трёх даёт лишь очень незначительный эффект снижения расхода воды, но приводит к существенному увеличению габаритов гальванической линии со всеми вытекающими из этого экономически негативными последствиями.

Таблица 3 . Результаты расчёта влияния числа ступеней промывки на величину расхода воды и концентрацию никеля в промывной воде.

Table 3. The results of calculation of the influence of the number of rinsing stages on the consumption of water and on nickel concentration in rinsing water

Число ступеней промывки Number of rinsing stages	1	2	3	4	5	6
Расход воды на 1 м ² поверхности детали, л Water consumption for 1 m ² of parts, l	1400	16	3,8	1,8	1,2	0,8
Концентрация никеля в промывной воде, г/л Concentration of nickel in rinsing water, g/l	0,01	0,8	3,6	7,7	12	16

С увеличением числа ступеней промывок более трёх происходит существенное увеличение концентрации никеля (кривая 2). Это позволяет удешевить и упростить рекуперацию металла из промывных вод.

Таким образом, использование многоступенчатых каскадных промывок не может быть средством существенной минимизации потерь, так как промывные воды не являются единственным и главным носителем теряемого металла.

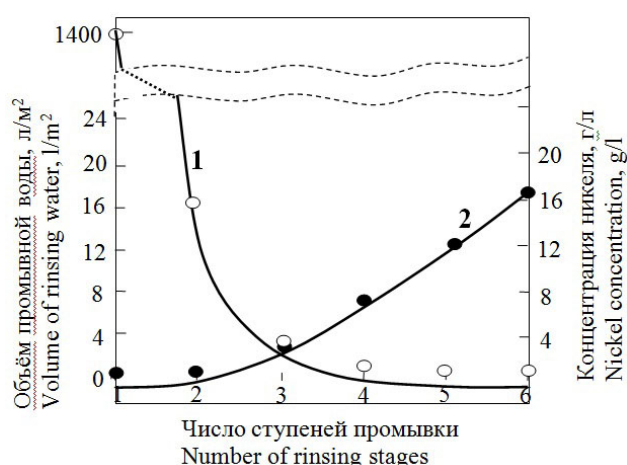


Рис. 1. Удельный объём промывной воды (кривая 1) и эффект концентрирования никеля (кривая 2) в зависимости от числа ступеней в каскадной ванне промывки.

Fig.1. Specific volume of rinsing water (curve 1) and the effect of concentrating nickel (curve 2) as a function of the number of stages in a cascade rinsing tank

Список литературы

1. Виноградов С.С. Промывные операции в гальваническом производстве. - М.: Глобус, 2007. - 157с.
2. Вайнер Я.В., Дасоян М.А. Технология электрохимических покрытий. - 2-е изд.- Л.: Машиностроение, 1972.- 464 с.
3. Шишкина С.В., Хранилов Ю.П., Мамаев В.И., Карасёв В.Ю., Гуцина Е.В. Балансовые расчёты движения токсичных металлов в гальванохимических производствах // Гальванотехника и обработка поверхности. 1999. -Т. VII № 1. - С. 40-46

Сведения об авторах

Мамаев Владимир Иванович, доцент, к.т.н., кафедра ТЭП, Вятский государственный университет, 610000, Киров, ул. Московская, 36. E-mail: vgu_tep@mail.ru

Шишкина Светлана Васильевна, профессор, ктн., зав кафедрой ТЭП. E-mail: vgu_tep@mail.ru

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

Shishkina Svetlana, PhD, Professor, Head of Dept. vgu_tep@mail.ru

УДК 621.357:628.3:661.185.1

Зависимость эффективности электрофлотационного извлечения малорастворимых соединений меди из сточных вод от природы дисперсной фазы и солевого состава среды

Бродский В.А., Колесников В.А.

Ключевые слова: электрофлотация, дисперсная фаза, медь, растворы электролитов, размер частиц, электрокинетический потенциал

Исследованы физико-химические характеристики и электрофлотационная активность частиц малорастворимых соединений меди в зависимости от природы дисперсной фазы и солевого состава среды. Отмечено, что в растворах с повышенным солесодержанием существует высокая вероятность образования соединений нестехиометрического состава. Это приводит к изменению значений электрокинетического потенциала и среднего гидродинамического диаметра частиц, а также к изменению их электрофлотационного поведения.

Dependence of efficiency of copper sparingly soluble compounds extraction from sewage by electroflotation on the nature of dispersed phase and waste water salt maintenance

Brodskiy V.A., Kolesnikov V.A.

Keywords: electroflotation, dispersed phase, copper, solutions of electrolytes, size of particles, electrokinetic potential

It was shown, that particles of dispersed phase of copper sparingly soluble compounds, formed in the solutions containing CO_3^{2-} , PO_4^{3-} and S^{2-} ions, have smaller average hydrodynamic diameter d_{av} (fig. 1) and higher negative charge (ζ -potential) than that of particles, formed in solution, containing only OH^- ions. Electroflotation behavior of sparingly soluble copper compounds of different nature was studied. Analysis of data obtained (table 1) allowed to show, that efficiency of the electroflotation process depends of size and charge of particles. Efficiency of the recovery of dispersed phase from solutions based on CO_3^{2-} and OH^- is same, maximum recovery degree α_{max} approaching 96-97%. This effect is stipulated because dispersion characteristic and ζ -potential of particles are nearly same. The presence of PO_4^{3-} ions cause a decrease in the efficiency of the process ($\alpha_{max} \leq 77\%$) because of difficulties arising in the recovery of fine-dispersed particles with negative charge (-44 mV). Low efficiency of electroflotation recovery process for copper sulphide from aqueous solutions obviously is related with high negative charge of particles (-51 mV), which can prevent their coagulation.

Addition of electrolytes NaCl, NaNO_3 и Na_2SO_4 (100 g/l) to solutions containing dispersed phase of $\text{Cu}(\text{OH})_2$ leads to the reduction of average hydrodynamic diameter of particles (fig. 3). Maximum reduction in the average value is observed in the presence of Cl^- ions: from 54 μm in the absence of salts to 29 μm in NaCl solution. Addition of salts to solutions leads to a reduction in degree of recovery α and to a retardation of electroflotation process (fig. 4). Minimum efficiency is observed in NaCl and NaNO_3 solutions ($\alpha_{max} 87 - 88\%$). Analysis of data obtained (table 2) lead to a conclusion, that major factor determining efficiency of electroflotation recovery of copper compounds from the solutions of electrolytes is the particles size and content of fine-dispersed phase. The particle charge here is suppressed, and does not effect on the efficiency of the process.

Введение

Снижение отрицательного воздействия гальванохимических производств на окружающую среду связано со многими факторами, но определяющим из них является эффективная очистка сточных вод от токсичных ионов металлов [1].

Помимо ионов металлов сточные воды гальванохимических производств могут содержать значительное количество фосфат- и карбонат-ионов. Характерная особенность этого вида стоков – образование малорастворимых сложных карбонатов и фосфатов металлов на стадиях, предшествующих удалению металлов из сточных вод.

Другая категория сточных вод электрохимических производств – концентрированные водные растворы электролитов [1, 2]. Растворы подобного состава могут образовываться при обезвреживании и концентрировании сточных вод с использованием химических, мембранных и сорбционных способов водоочистки. Характерной особенностью стоков данного вида является наличие примесей минеральных солей, таких как NaCl, NaNO₃, Na₂SO₄ и др. (с концентрацией до 100 г/л и более), являющихся компонентами исходных технологических растворов. Наличие в сточных водах растворённых солей может осложнять процесс очистки сточных вод от ионов металлов.

В настоящее время широкое распространение получил электрофлотационный метод очистки сточных вод. Первая ступень электрофлотационного процесса очистки сточных вод от ионов металлов заключается в корректировке pH среды. Это приводит к образованию взвешенных частиц малорастворимых соединений металлов, значительную часть которых составляют гидроксиды.

Наличие в растворах анионов (например CO₃²⁻, PO₄³⁻ и S²⁻), способных вступать во взаимодействие с ионами металлов с образованием различных малорастворимых соединений, или анионов, способных включаться в состав дисперсной фазы малорастворимых соединений металлов (например, Cl⁻, NO₃²⁻ и SO₄²⁻), может приводить к образованию частиц дисперсной фазы с различными электрокинетическим потенциалом ζ (мВ) и средним гидродинамическим диаметром частиц d_{cp} (мкм). Наличие анионов может привести к протеканию побочных электрохимических реакций на инертных электродах электрофлотационного аппарата. В концентрированных растворах солей может происходить сжатие диффузионной части ДЭС частиц дисперсной фазы, в результате чего величина их заряда будет стремиться к нулю. Это должно благоприятствовать процессу флотации, т.к. частицы с небольшим по абсолютной величине зарядом эффективно извлекаются как положительно заряженными пузырь-

ками кислорода, так и отрицательно заряженными пузырьками водорода [3].

Целью работы было определение зависимости физико-химических свойств частиц дисперсной фазы и их электрофлотационной активности от природы дисперсной фазы в растворах с различным содержанием на примере малорастворимых соединений меди. Были исследованы два типа растворов:

1. Модельные растворы, имитирующие сточные воды гальванохимических производств и содержащие наряду с катионами Cu²⁺ эквимолярное количество анионов CO₃²⁻, PO₄³⁻ и S²⁻.

2. Модельные растворы, имитирующие концентрированные водные растворы электролитов и содержащие, наряду с катионами Cu²⁺, примеси растворимых минеральных солей, таких как NaCl, NaNO₃, Na₂SO₄, с концентрацией до 100 г/л.

Методическая часть

В качестве объекта исследований использовали модельные растворы, содержащие катионы Cu²⁺ с концентрацией 50 мг/л.

Для имитации сточных вод гальванохимических производств, содержащих анионы, способные вступать во взаимодействие с ионами меди с образованием малорастворимых соединений, в модельные растворы вводили растворы Na₂CO₃, Na₃PO₄ и Na₂S до достижения массового соотношения ионов [Cu²⁺]/[An^{m-}] – 1/1. После введения в модельные растворы растворов солей происходило образование дисперсной фазы малорастворимых соединений меди. Для повышения электропроводности, в растворы вводили 1 г/л Na₂SO₄, затем корректировали pH среды раствором NaOH.

При исследовании влияния концентрированных электролитов на процесс электрофлотации, в модельные растворы при тщательном перемешивании вносили по 100 г/л NaCl, NaNO₃ и Na₂SO₄. Перевод ионов Cu²⁺ в форму малорастворимых соединений и корректирование pH среды осуществляли раствором NaOH.

В качестве раствора сравнения, который позволял оценить изменение физико-химических свойств и электрофлотационной активности дисперсной фазы малорастворимых соединений меди в растворах с повышенным содержанием, использовался раствор, содержащий катионы Cu²⁺ и 1 г/л Na₂SO₄. Перевод катионов в форму малорастворимых соединений осуществлялся корректированием pH среды раствором NaOH.

Исследования проводили в интервале pH 8,5 – 10,5, при плотностях тока 0,2 – 0,4 А/л.

Электрофлотационную активность малорастворимых соединений меди оценивали по степени извлечения α (%), которую рассчитывали как

отношение разницы между исходным и конечным содержанием меди в растворе к её исходному содержанию (с учётом ионной и дисперсной форм):

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

Массовую концентрацию меди в растворах определяли по стандартизированной методике на атомно-абсорбционном спектрометре КВАНТ-АФА. Размер частиц дисперсной фазы определяли с помощью лазерного анализатора частиц «AnalysetteNanoTec». Величину дзета-потенциала частиц измеряли на лазерном анализаторе характеристик частиц субмикронного и нано-диапазона «MalvernZetasizerNano».

Работы проведены с использованием экспериментального стенда «Экстракционно-электрохимический стенд для выделения цветных металлов из твёрдых и жидких техногенных отходов».

Результаты и обсуждение

1. Зависимость электрофлотационной активности малорастворимых соединений меди от их физико-химических характеристик в растворах, содержащих OH^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} и S^{2-} ионы.

При наличии в растворе конкурирующих анионов, способных реагировать с ионами меди с образованием малорастворимых соединений, в первую очередь образуются соединения с меньшим значением произведения растворимости (ПР). В случае конкуренции гидроксид-ионов с фосфат- и сульфид-ионами, происходит образование фосфатов и сульфидов меди, в случае конкуренции гидроксид-ионов с карбонат-ионами, дисперсная фаза будет представлена гидроксидом меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$, что подтверждается данными о ПР соответствующих соединений [4]. В то же время, рентгенофазные исследования показали, что в присутствии CO_3^{2-} ионов вероятность образования простых карбонатов меди невелика, существует высокая вероятность образования соединений нестехиометрического состава, например, $\text{Cu}(\text{OH})_{2-x} \cdot x(\text{CO}_3)$ [5, 6].

Проведённое авторами исследование влияния pH среды на растворимость, физико-химические свойства и электрофлотационную активность гидроксида меди показало, что выбор pH процесса электрофлотационной очистки сточных вод от ионов меди на основе данных о растворимости дисперсной фазы её гидроксида не является оптимальным. Установлено, что полнота и эффективность процесса очистки зависит от размера и заряда частиц дисперсной фазы [7].

Поэтому важно изучить зависимость размера, заряда и электрофлотационной активности малорастворимых соединений меди от их природы.

На основании интегральных кривых распределения частиц дисперсной фазы по размерам

(рис. 1) установлено, что введение в раствор избытка карбонат-ионов не приводит к существенному изменению размера частиц дисперсной фазы меди по сравнению с их размером в растворе, содержащем OH^- -ионы. В обоих случаях средний гидродинамический диаметр частиц $d_{ср}$ находится в диапазоне 51 – 54 мкм (рис. 1, крив. 1, 2). В то же время, в присутствии карбоната возрастает содержание мелкодисперсной фазы с размером частиц до 10 мкм (< 10 мкм, %) – с 1 до 2,3%. В растворах, содержащих ионы PO_4^{3-} , наблюдается снижение среднего гидродинамического размера частиц до 37 мкм (рис. 1, крив. 3), содержание частиц мелкодисперсной фазы с размером до 10 мкм возрастает до 5,7%. Установлено, что в присутствии OH^- , CO_3^{2-} и PO_4^{3-} ионов растворы не содержат частиц с размером менее 1 мкм (< 1 мкм, %).

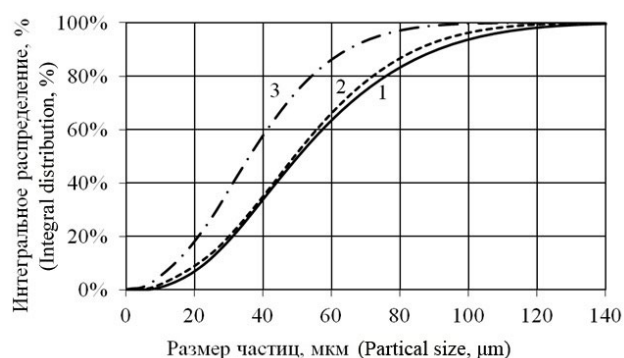


Рис. 1. Интегральные кривые распределения частиц дисперсной фазы меди по размерам в присутствии анионов различной природы: 1. – OH^- ; 2. – CO_3^{2-} ; 3. – PO_4^{3-}

Fig. 1. Integral curves distribution of copper disperse particles sizes at presence of the various anions nature:

1. – OH^- ; 2. – CO_3^{2-} ; 3. – PO_4^{3-}

Введение избытка сульфида натрия в раствор, содержащий ионы Cu^{2+} , приводит к изменению цвета раствора с прозрачного до темно-коричневого. Визуально различимых частиц не образуется. Дисперсионный анализ раствора позволил установить, что характерную коричневую окраску раствору придают частицы сульфида меди размером до 0,05 мкм (50 нм). Корректировка pH раствора и введение флокулянтов различных типов не приводит к укрупнению частиц. Поэтому наличие в растворах сульфид-ионов может оказывать негативное влияние на процесс электрофлотационного извлечения меди из водных растворов.

Установлена зависимость электрокинетического потенциала малорастворимых соединений меди от природы дисперсной фазы. В присутствии OH^- -ионов ζ -потенциал частиц дисперсной фазы составляет -13 мВ. Введение в раствор карбонат-ионов приводит к незначительному снижению электрокинетического потенциала (до

-16 мВ), введение фосфат- и сульфид-ионов приводит к снижению значений ζ -потенциала частиц – до -44 и -51 мВ соответственно.

Для оценки зависимости электрофлотационной активности частиц малорастворимых соединений меди от их размера и заряда, получены кинетические характеристики процесса электрофлотационного извлечения малорастворимых соединений меди из растворов, содержащих избыток OH^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} и S^{2-} ионов (рис. 2).

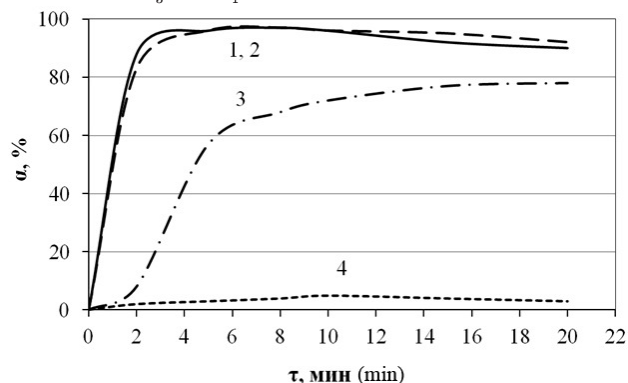


Рис. 2. Кинетические зависимости степени электрофлотационного извлечения частиц дисперсной фазы меди в присутствии анионов различной природы:

1. – OH^- , 2. – CO_3^{2-} , 3. – PO_4^{3-} , 4. – S^{2-}

Fig. 2. Kinetic dependences of copper compounds extraction degree by electroflotation at presence of the various anions nature: 1. – OH^- , 2. – CO_3^{2-} , 3. – PO_4^{3-} , 4. – S^{2-}

Электрофлотационное поведение дисперсной фазы в присутствии CO_3^{2-} и OH^- -ионов практически одинаково (рис. 2, крив. 1, 2). В обоих случаях максимальная степень извлечения меди $\alpha_{\text{макс}}$ достигает 96 – 97% через 5 – 8 минут после начала процесса, остаточная концентрация по иону Cu^{2+} не превышает 1,5 – 2 мг/л. Через 10 – 15 минут

после начала процесса степень извлечения начинает снижаться вследствие частичного разбиения пенного слоя восходящим потоком электролитического газа. В растворе, содержащем PO_4^{3-} ионы, наблюдается существенное торможение электрофлотационного процесса – $\alpha_{\text{макс}}$ не превышает 77% (рис. 2, крив. 3). Использование электрофлотации для извлечения дисперсной фазы меди из растворов, содержащих S^{2-} ионы, не представляется возможным в силу крайне малого размера частиц – вне зависимости от продолжительности процесса, укрупнения дисперсной фазы не наблюдается, пенный слой не образуется.

Анализ и сопоставление полученных данных (таблица 1) позволили выделить основные факторы, от которых зависит эффективность и полнота процесса электрофлотационного извлечения дисперсной фазы меди.

Показано, что минимальная растворимость частиц дисперсной фазы меди не может использоваться для прогнозирования их электрофлотационного поведения. Экспериментально установлено, что ключевое влияние на кинетику электрофлотационного процесса оказывают дисперсность и заряд частиц.

Совпадение кинетических характеристик процесса извлечения дисперсной фазы меди в присутствии карбонат и гидроксид-ионов очевидно обусловлено значительным совпадением дисперсных характеристик и зарядов частиц в обоих растворах. В растворе с фосфат-ионами эффективность процесса существенно ниже ($\alpha_{\text{макс}} \leq 77\%$). Это может быть вызвано затруднениями в извлечении значительного количества мелкодисперсной фазы с отрицательным зарядом (-44 мВ). Крайне низкая эффективность процесса электрофлотационного извлечения частиц сульфида меди

Таблица 1. Влияние природы дисперсной фазы на физико-химические характеристики и электрофлотационную активность частиц малорастворимых соединений меди

Table 1. Effect of the nature of disperse phase on physical and chemical characteristics and electroflotation activity of hard soluble copper compounds particles

Параметр Parameter	Cu^{2+}			
	OH^-	CO_3^{2-}	PO_4^{2-}	S^{2-}
ПР / K_{sp}	$5,6 \cdot 10^{-20}$	$2,36 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-37}$	$4 \cdot 10^{-38}$
d_{cp} , мкм / d_{av} , μm	54	51	37	< 1
< 10 мкм, % / < 10 μm , %	1,0	2,3	5,7	–
< 1 мкм, % / < 1 μm , %	0,0	0,0	0,0	100
ζ , мВ / mV	-13	-16	-44	-51
α , % (τ 2 мин / min)	86	88	8	0
α , % (макс / max)	97	96	77	< 10

из водных растворов, по всей видимости, связана с высоко отрицательным зарядом частиц (-51 мВ), который может препятствовать их коагуляции.

2. Зависимость электрофлотационной активности малорастворимых соединений меди от их физико-химических характеристик в концентрированных растворах NaCl, NaNO₃ и Na₂SO₄.

Результаты исследований методом ИК-спектроскопии показали, что перед началом электрофлотационного процесса в растворах, содержащих 100 г/л Na₂SO₄ при pH 9,2 – 9,5 образуется осадок в виде двух фаз сульфгидроксида и оксида меди CuSO₄(OH)₆·CuO. В растворах, содержащих NaCl, образуется гидроксохлорид меди CuCl₂·3Cu(OH)₂, в то время как в присутствии NaNO₃ образуется Cu₂(OH)₃·NO₃. То есть, происходит включение электролитов в дисперсную фазу. Кроме того, в присутствии сульфат-ионов могут образовываться сложные соединения нестехиометрического состава, например Me(OH)^{2-x}(SO₄)_x, где величина x зависит от концентрации SO₄²⁻ ионов [6].

Исследование зависимости размера частиц труднорастворимых соединений меди от природы электролитов позволило установить, что в концентрированных растворах NaCl, NaNO₃ и Na₂SO₄ происходит снижение среднего гидродинамического диаметра частиц по сравнению с диаметром в растворе сравнения (рис. 3).

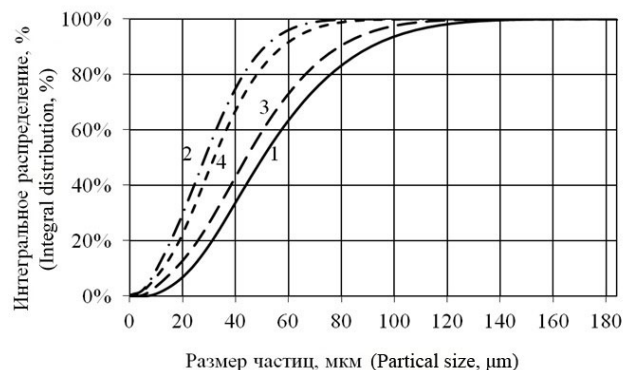


Рис. 3. Интегральные кривые распределения частиц дисперсной фазы меди по размерам в зависимости от природы электролита:

1. – без электролита; 2. – NaCl; 3. – NaNO₃; 4. – Na₂SO₄

Fig. 3. Integral curves distribution of copper disperse particles sizes depending on the nature of electrolyte: 1. – without electrolyte; 2. – with NaCl; 3. - with NaNO₃; 4. - with Na₂SO₄

В растворе, содержащем Cl⁻ ионы, средний гидродинамический диаметр частиц не превышает 29 мкм, то есть, происходит снижение значения d_{cp} по сравнению с раствором без фоновых солей на 46% (Δd_{cp}). Содержание частиц мелкодисперсной фазы с размером до 10 мкм в этом растворе повышается в 9,5 раз, с 1% до 9,5 % (рис. 3, крив. 2).

В присутствии SO₄²⁻ и NO₃⁻ ионов средний гидродинамический диаметр дисперсной фазы снижается на 35,2 и 19,3 %, содержание мелкодисперсных частиц с размером до 10 мкм не превышает 6,9 и 3,6 % соответственно (рис. 3, крив. 3, 4).

Как было отмечено выше, в отсутствие электролитов дисперсная фаза труднорастворимых соединений меди не содержит частиц с размером менее 1 мкм. В концентрированных растворах электролитов частицы данного размера удаётся определить. Наибольшее их содержание наблюдается в растворе NaCl – 0,5 %, что может оказывать негативное влияние на кинетику процесса электрофлотационного извлечения соединений меди.

Таким образом, можно предположить, что образование комплексных соединений меди в результате включения электролитов в дисперсную фазу препятствует укрупнению (коагуляции) частиц дисперсной фазы.

Установлена зависимость электрокинетического потенциала труднорастворимых частиц дисперсной фазы меди от природы солей. В концентрированных растворах NaCl и NaNO₃ (100 г/л) ζ-потенциал частиц дисперсной фазы совпадает и составляет -2 мВ, в то время как в модельном растворе с фоном (Na₂SO₄ 1 г/л) электрокинетический потенциал частиц составляет -13 мВ. Следовательно, в концентрированных растворах NaCl и NaNO₃ происходит сжатие диффузионной части ДЭС, величина заряда частиц стремится к нулю. В концентрированном растворе Na₂SO₄ (100 г/л) значение ζ-потенциала частиц дисперсной фазы меди составляет -10 мВ, что может быть связано с повышенной сорбционной активностью сульфата: значение сорбции иона SO₄²⁻ составляет ~7·10⁻⁴ М/г, сорбционная способность Cl⁻ и NO₃²⁻ ионов в первом приближении на два порядка ниже и практически не зависит от природы адсорбента.

Исследовано электрофлотационное поведение труднорастворимых соединений меди в концентрированных растворах солей (рис. 4).

Введение солей в растворы приводит к снижению значений степени извлечения и торможению процесса на начальном этапе по сравнению с раствором без солей (рис. 4, крив. 1). В присутствии SO₄²⁻ ионов максимальная степень извлечения не превышает 94 % ($\tau_{эф}$ 9 – 15 мин.), остаточная концентрация по ионам металла – не менее 3 мг/л (рис. 4, крив. 4). Введение в растворы хлорида и нитрата натрия приводит к более существенному снижению степени извлечения, $\alpha_{макс}$ не превышает 88% (рис. 3.43, крив. 2, 3). При этом в присутствии хлорид-ионов извлечение дисперсной фазы меди в первые 4 – 6 минут после начала процесса протекает наименее эффективно.

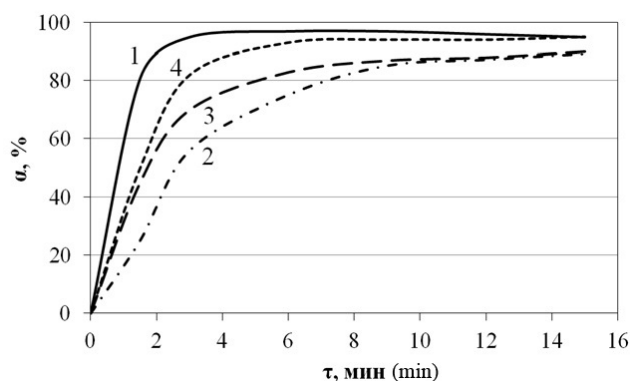


Рис. 4. Кинетические зависимости степени электрофлотационного извлечения частиц дисперсной фазы меди в зависимости от природы электролита:

1. – без электролита; 2. – NaCl; 3. – NaNO₃; 4. – Na₂SO₄

Fig. 4. Kinetic dependences of copper compounds extraction degree by electroflotation depending on the nature of electrolyte:

1 – without electrolyte; 2 – NaCl; 3 – NaNO₃; 4 – Na₂SO₄

Анализ полученных данных (табл. 2) позволяет сделать вывод, что основным фактором, от которого зависит эффективность процесса электрофлотационного извлечения соединений меди из концентрированных растворов электролитов, является размер частиц. Заряд частиц, формирующийся под действием адсорбированных на поверхности дисперсной фазы ионов электролитов, играет второстепенную роль.

Так, максимальная степень извлечения дисперсной фазы в концентрированном растворе Na₂SO₄ практически совпадает со степенью извлечения частиц в растворе без солей. В то же время, в начальные 2 – 4 минуты процесса извлечение затруднено, что может быть вызвано меньшим размером частиц дисперсной фазы. Тор-

можение процесса на начальном этапе и низкую эффективность извлечения частиц дисперсной фазы меди из раствора NaCl можно объяснить максимальным содержанием мелкодисперсных частиц. Общее снижение эффективности процесса извлечения в присутствии Cl⁻ и NO₃²⁻ ионов, по сравнению с раствором без солей и раствором Na₂SO₄ также может быть связано с протеканием побочных электрохимических реакций на электродах аппарата. Так, в процессе электрофлотации в растворе NaCl при pH > 9 на аноде выделяется газообразный хлор, который затем растворяется с образованием хлорноватистой кислоты, реагирующей с присутствующими в растворе ионами OH⁻ с образованием гипохлорит-иона ClO⁻, в то время как при электролизе NaNO₃ идёт катодное восстановление нитрат-иона NO₃²⁻ до нитрит иона NO₂⁻. Таким образом, общее количество выделяемого на электродах газа как в первом, так и во втором случае падает, что приводит к снижению газонаполнения растворов и уменьшению эффективности электрофлотационного процесса.

Заключение

1. Показано, что частицы дисперсной фазы меди, образующиеся в растворах, содержащих CO₃²⁻, PO₄³⁻ и S²⁻ ионы, обладают меньшим средним гидродинамическим диаметром и большим отрицательным значением ζ-потенциала по сравнению с частицами, образующимися в растворе, содержащем избыток OH⁻ ионов. Наименьший размер частиц наблюдается в присутствии анионов PO₄³⁻ и S²⁻. В растворах, содержащих эти анионы, частицы дисперсной фазы обладают высоким отрицательным зарядом. Это приводит к снижению эффективности процесса электрофлотационного

Таблица 2. Влияние природы электролита на физико-химические характеристики и электрофлотационную активность частиц дисперсной фазы меди

Table 2. Influence of the nature of electrolyte on physical and chemical characteristics and electroflotation activity of hard soluble copper compounds particles

Параметр Parameter	Cu(OH) ₂			
	Без электролита Without electrolyte	NaCl	NaNO ₃	Na ₂ SO ₄
d _{ср} , мкм / d _{ав} , μm	54	29	44	35
Δ d _{ср} , % / Δ d _{ав} , %	-	-46,3	-18,5	-35,2
< 10 мкм, % / < 10 μm, %	1,0	9,5	3,6	6,9
< 1 мкм, % / < 1 μm, %	0,0	0,5	0,06	0,3
ζ, мВ / mV	-13	-2	-2	-10
α, % (τ 2 мин / min)	86	36	58	64
α, % (макс / max)	97	87	88	94

извлечения дисперсной фазы малорастворимых соединений меди.

2. В концентрированных растворах NaCl, NaNO₃ и Na₂SO₄, содержащих малорастворимые соединения меди, минимальная эффективность извлечения дисперсной фазы наблюдается в растворе, содержащем хлорид-ионы, что объясняется наименьшим размером частиц дисперсной фазы. Протекание побочных электрохимических реакций с участием NO₃⁻ и Cl⁻ ионов на электродах электрофлотационного аппарата также приводит к снижению эффективности электрофлотационного процесса за счёт снижения газонаполнения растворов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Госконтракта № 14.518.11.7057 от 20 июля 2012 г. по мероприятию 1.8 ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы».

Список литературы

1. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство / С.С. Виноградов; под ред. В.Н. Кудрявцева. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: «Глобус», 2002. – 352 с. (Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности»).
2. Ильин В.И. Интенсификация электрофлотационных процессов извлечения загрязняющих веществ из техногенных жидких отходов / В.И. Ильин. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. – 128.
3. Бродский В.А., Колесников В.А., Губин А.Ф., Ильин В.И. Механизм формирования заряда дисперсных частиц труднорастворимых соединений металлов в водных растворах / Химическая физика, 2012, - т.31, №10, - С. 46 – 51.

4. Кумок В.Н. Произведения растворимости / В.Н. Кумок, О.М.Кулешова, Л.А. Карабин. – Новосибирск: Наука, 1983. – 267 с.

5. Колесников В.А. Электрофлотационная технология и аппараты для извлечения ионов тяжелых металлов и органических загрязнителей из жидких отходов электрохимических производств с утилизацией ценных компонентов и водооборотом: Дис. ... докт. техн. наук / Рос. хим.-технол. ун-т им. Д.И. Менделеева.-М., 1993.-459 с.

6. Электрофлотационная технология очистки сточных вод промышленных предприятий / В.А. Колесников, В.И. Ильин, Ю.И. Капустин и др.: Под ред. В.А. Колесникова. – М.: Химия, 2007. – 304 с.

7. Бродский В.А., Колесников В.А. Оптимизация электрофлотационного процесса извлечения труднорастворимых соединений меди из сточных вод путём регулирования рН среды. / Гальванотехника и обработка поверхности. – М., 2011. – Т. XIX, № 3. – С. 35–41.

Сведения об авторах

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

Колесников Владимир Александрович, д.т.н., профессор, ректор, E-mail: rector@muctr.ru
Brodskiy Vladimir, PhD, Electrochemical Eng. Dept., D. Mendeleev University of Chemical Technology, 125047, Russia, Moscow, Miusskaya sq. 9, tel. 8(499)978-61-70, 8(916)207-71-99, E-mail: vladimir_brodsky@mail.ru

Kolesnikov Vladimir, Doctor of Technical Science, Professor, Rector, E-mail: rector@muctr.ru



ОАО «ТЕМП»

Украина, 29015, г.Хмельницкий, пр -т Мира 99-101
+38-0382-6304-85, 63-08-51
temp-marketing@ukr.net



ООО ПКФ «КЭМЗ СВАРКА»

Представительство в России
111141, г. Москва, ул. Плеханова, 7, оф. 18
Тел.: (495) 721-18-81/67/97
E-mail: temp-moscow@yandex.ru

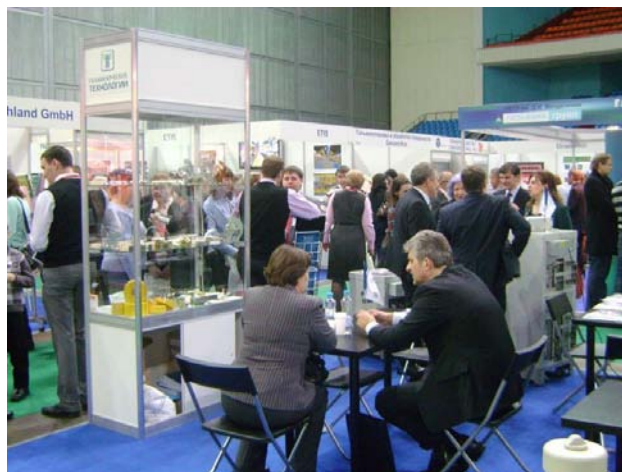
10-я Юбилейная международная выставка и конференция «Покрyтия и обработка поверхности» - ExpoCoating 26-28 марта 2013, Москва, СК «Олимпийский»

С 26 по 28 марта 2013 года, в Москве, в СК «Олимпийский» успешно прошла 10-я Юбилейная Международная выставка «ExpoCoating - Покрyтия и обработка поверхности».

В выставке приняли участие 78 компаний из 10 стран - Германии, Италии, Финляндии, Великобритании, Швеции, Польши, Турции, Чехии, Украины и России, площадь выставки выросла на 6% по сравнению с 2012 годом. В этом году ее посетили 4299 специалиста.

В рамках Выставки состоялась Юбилейная конференция «Покрyтия и обработка поверхности. Последние достижения в технологиях, экологии и оборудовании».

К конференции были изданы тезисы докладов, которые получили все участники и докладчики. Всего в конференции приняли участие около 90 человек из 78 организаций, среди них слушатели курсов повышения квалификации по гальванотехнике и по антикоррозионным лакокрасочным материалам. На конференцию приехали представители из более чем 30 городов России, Украины, Белоруссии, Германии, Латвии и Литвы. Среди промышленных предприятий и организаций, приславших своих представителей, были: ОАО «ОКБМ им. Африкантова» (Н.Новгород), ОАО «Автодизель» (Ярославль), ОАО «Дальприбор» (Владивосток), Концерн «Созвездие» (Воронеж), ОАО НПК «Уралвагонзавод» (Н.Тагил), ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (СПб), ООО «Микролит» (МО), ООО «Камышинский машзавод» (Камышин), ООО «СЕЛЕН-С» (Ульяновск), ООО НПП «Прима» (Н.Новгород), ЗАО «Орбита» (Воронеж) и др.



На конференции было заслушано 19 докладов. Из них **6 докладов** были посвящены разработкам новых электрохимических технологий нанесения покрытий металлами и сплавами. **Чумаков В.И.** (ООО «Химсинтез», г. Дзержинск Нижегородск. Обл.) и **Юозас Даукшас** (Атотех – Хемета, Россия-Литва-Германия) рассказали о технологиях нанесения цинк-ламельных покрытий и их свойствах; **Вакуленко В.М.** (ГВУЗ «УГХТУ», Днепропетровск, Украина) доложил о технологии получения антифрикционных гальванопокрытий на основе свинца из метансульфоновых электролитов; в докладе **Кима В.Е.** (ЗАО «ГальваноХром», С-Петербург) было сообщено о новом способе получения нового сплава хром-вольфрам; **Черник А.А.** (БГТУ, Минск, Белоруссия) представил процессы нанесения латунных и медных покрытий из новых электролитов в условиях наложения ультразвукового поля на стальные детали с высокой степенью адгезии; новому в России методу гальванопластики для ЛИГА-технологии был посвящён доклад **Резниковой Е.Ф.** (Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск).



Смирнов К.Н. (РХТУ им.Д.И.Менделеева, Москва) рассказал о применении ячейки Хулла для контроля гальванических процессов, а **Солодкова Л.Н.** (ИФХиЭ РАН, Москва) о методе и приборе для определения концентрации органических добавок в гальванических растворах.

Два доклада были посвящены вопросам применения полимерных материалов в производстве гальванического оборудования: **Подрядов Д.А.** (ООО «Рёхлинг Инжиниринг Пластикс», С-Петербург) рассказал о современных полимерных ма-

териалах для гальванического производства и сравнил их характеристики. **Попов А.Н.** (РХТУ им. Д.И. Менделеева) представил новый метод исследования химической устойчивости конструкционных полимеров в гальванических растворах.

В пяти докладах затрагивались вопросы, связанные с гальваническим оборудованием и с решением экологических проблем гальванического производства. В докладе **Мазур В.А.** (ООО «Предприятие «РАДАН», Санкт-Петербург) были рассмотрены практические решения организации современных цехов гальванохимических покрытий и очистных сооружений. **Харламова Н.А.** (ООО "НТК "Процесс", Санкт-Петербург) привела примеры эффективного решения экологических проблем гальванохимических комплексов. **Перелыгин Ю.П.** (ПГУ, Пенза) остановился на особенностях применения реагентных методов очистки отработанных растворов. **Мамаев В.И.** (ФГОУ ВПО «ВГУ», Киров) обоснованно подверг критике целесообразность применения многоступенчатых (более трех) каскадных промывок. **Васильевский В.В.** (ЗАО «ГальваноХром», г. С-Петербург) дал сравнительный анализ технологий и оборудования для хромирования крупногабаритных деталей. **Полякова Л.В.** (РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва) рассказала о современном состоянии проблемы безопасности химической продукции.

Доклад **Орловой Е.А.** (ОАО "ЦТСС", С-Петербург) был посвящен путям решения проблемы получения качественных покрытий на деталях, изготовленных методом порошковой металлургии. **Г-жа Сабин Зингел** (Атотех, Германия) рассказала об инновационных решениях в области коррозионной защиты.

Кудрявцев В.Н. (РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва) дал обзор современному состоянию и перспективам развития гальванотехники в России и за рубежом.

Конференция прошла в атмосфере взаимного профессионального интереса авторов докладов и участников. Возникавшие вопросы и дискуссии обсуждались как непосредственно после заслушивания докладов, так и в перерывах после конференции.

Одновременно с выставкой «**ExpoCoating – Покрытия и обработка поверхности**» проходила 12-я Международная выставка "NDT Russia - **Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности**". Многие участники конференции посетили эти выставки и отметили, что совмещение выставок совершенно правильное решение, т.к. это дало им возможность ознакомиться с новинками оборудования и современными методами контроля характеристик и свойств покрытий.

Окулов В.В., Кудрявцев В.Н.

International exhibition and Conference "ExpoCoating"

10th year Jubilee International Exhibition and Conference "ExpoCoating" and Surface Finishing" took place in "Olympiisky Sport Complex" Moscow from March 26 to 28, 2013.

78 companies from 10 countries: Germany, Italy, Finland, UK, Sweden, Poland, Turkey, Czech Rep., Ukraine and Russia were among exhibitors.

Exhibition area was increased by 6% against 2012 and number of visitors reached 4299.

Simultaneously 12th "NTD-Russia – Non-distractive control and diagnostics in industry" international exhibition was held.

Conference «Coatings and Surface treatment. Recent developments in the technology, equipment and environment protection» was organized by Russian society of platers and Mendeleev Chemical society of Russia. There were about 90 attendees from 78 companies. Attendees of training courses on plating and surface treatment were also among the audience. Representatives from 30 cities of Russia, Ukraine, Belorussia, Germany, Latvia and Lithuania were among the listeners. 19 papers were presented from Russian, Ukraine, Belorussia and Germany.

Okulov V.V., Kudryavtsev V.N.

18-20 февраля 2014 года в Москве, в СК Олимпийский традиционно состоится 11-я Выставка «Покрытия и обработка поверхности – ExpoCoating»

Организаторы – ООО «ПРИМЭКСПО» и ITE Group Plc (Великобритания).

При участии:

РХТУ им. Д.И. Менделеева

Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева

Московское химическое общество им. Д.И. Менделеева

За дополнительной информацией, пожалуйста, обращайтесь в Оргкомитет выставки:

Тел.: +7 812 380 6002/00

Факс: +7 812 380 6001

E-mail: coating@primexpo.ru; www.expocoating.ru

Рецензия на «Сборник практических материалов для технологов»

Reference book for platers was reviewed by Prof. Marjan Yaskula

«Сборник практических материалов для технологов-гальваников, экологов, специалистов в области обработки поверхности и защиты металлом от коррозии» - это книга объемом в 400 страниц, изданная под редакцией проф. Кудрявцева В. Н. и к.т.н. Окулова В. В., включающая в себя избранные труды, которые были опубликованы в журнале «Гальванотехника и обработка поверхности» и ответы на вопросы, поступившие в журнал и на интернет-сайт galvanicrus.ru.

Книга включает в себя также объявления и рекламы, в которых разные предприятия и научно-технические центры представляют свои разработки и новости в области аппаратов и оборудования гальванических цехов и предложения нанесения различных покрытий. Эти объявления дают возможность как специалистам гальванотехники, так и представителям других направлений ознакомиться с новостями в области исследований с возможностью найти партнера для сотрудничества и реализации задуманных планов.

Первый раздел сборника (с. 27-207) включает в себя 134 вопроса и ответа, сгруппированных в 19 подразделов, и посвящен специальным темам, таким, как техническое регулирование, контроль качества, оборудование и приборы, защита от коррозии, общетеchnические вопросы, процессы гальванического осаждения некоторых металлов (Zn, Ni, Cr, Sn и благородных металлов) и обработки поверхности (фосфатирование, хроматирование, химические покрытия и другие).

Представленные здесь вопросы (и ответы) были выбраны редакторами сборника из более, чем 1000 вопросов, которые пришли в редакцию Российского общества гальванотехники и которые представляют собой наиболее общий практический интерес для специалистов. Важно отметить, что ответы достаточно четкие и часто со ссылками на книги или статьи, в которых эти проблемы обсуждены более подробно.

Второй раздел книги (с. 208-383) состоит из 20 выбранных статей, опубликованных в журнале «Гальванотехника и обработка поверхности» и двух дискуссий из сайта Российского гальванического общества. Первая из этих дискуссий посвящена вопросам применения методов электрокоагуляции и гальванокоагуляции для очистки стоков, особенно тех, которые содержат б-вален-

тный хром (Cr^{6+}). Жаль, что в результате технической ошибки эта дискуссия не была закончена (с. 377), хотя её легко можно найти на сайте в разделе «Дискуссии». Вторая короткая дискуссия касается выяснения значения терминов «кроющая способность» и «рассеивающая способность» растворов электролитов и связи между ними. Публикация этих дискуссий дает возможность читателю найти способы решения проблемы, показывает разницу между взглядами специалистов и уже существующими предложенными методами.

Последний третий короткий раздел «Приложения» являет собой сбор таблиц с множеством практических расчетных данных, нужных для гальванотехника (как например, некоторые свойства металлов, содержание металлов в солях (%), применяемых в гальванотехнике, содержание наиболее известных технических сплавов, скорость осаждения металлов при разных плотностях тока, температурах, выходах по току и другие).

Этот сборник очень ценный и удачно проведенный труд. Он может быть очень полезным для специалистов, которые занимаются научными аспектами гальванотехники, а также и для работников, которые из-за часто меняющихся требований вынуждены приспосабливаться к постоянным модификациям процессов гальванического осаждения металлов и их сплавов и обработки поверхности.

Следует отметить ценность инициативы редакции к сбору вопросов, которые касаются поточных проблем промышленных технических процессов. На эти вопросы отвечают квалифицированные специалисты. Это хороший пример сотрудничества между учеными и практиками.

Поздравляю редакцию по поводу издания такой книги. Желаю последующих таких изданий также и в форме отдельных публикаций, доступных более широкому кругу читателей и в больших тиражах, адресованных не только подписчикам журнала.

*Марьян Яскула,
Профессор физической химии и электрохимии Ягеллонского университета в Кракове (Польша),
Профессор электрометаллургии Технического университета в Ахене (Германия).*

**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, расплавленными, 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



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

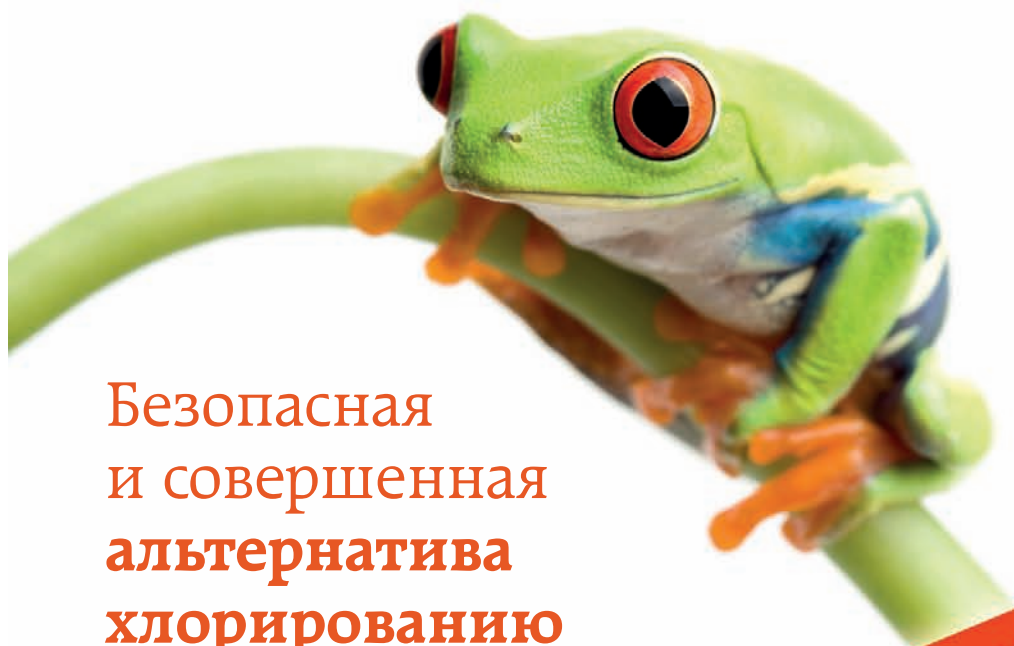
*Мы помогаем
цеховым
технологам
находить
оптимальные
решения!*



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



Безопасная и совершенная альтернатива хлорированию

Воспользуйтесь програм-
мой замены устаревшего
оборудования*

АКВАХЛОР-М

Получение раствора оксидантов

25%↑

производительность
по оксидантам
увеличена на 25% **



безреагентная самоочистка
электрохимических
реакторов **

20%↓

расход исходного сырья
снижен на 20% **



система автоматического
управления параметрами
эксплуатации и подачи
концентрации раствора
оксидантов в обеззаражи-
ваемую воду ***

Сертифицировано:



*замена установок серии «Аквахлор» любого производителя на установки серии «Аквахлор-М»
со скидкой 50%

** данные приведены по сравнительным характеристикам установок «Аквахлор-500» и «Аквахлор-500М»

*** СКОРО! Для систем производительностью от 2 кг/ч



www.vbinstitute.ru
www.delfin-aqua.com | +7 (495) 993 46 46

Delfin
a q u a





ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЛИНИИ И ПОДВЕСКИ

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ «ПОД КЛЮЧ»



buffoli Impianti s.r.l.

Via Provinciale, 23/c
25050 Rodengo Saiano
(Brescia) Italy
Tel. ++39 030 6811062
Fax ++39 030 6811061
e-mail: info@buffoligroup.com

buffoli group

www.buffoligroup.com
www.buffoligroup.ru

Buffoli Impianti s.r.l.

Mosca - Москва

117036 Москва, Россия
ул.Профсоюзная, д.3, офис 314
Тел./Факс: +7 (495) 781 34 53
e-mail: info-rus@buffoligroup.com
<http://www.buffoligroup.ru>



ITALPLANT S.r.l.
УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ ВОДЫ

**ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА**

**ВАКУУМНО-ВЫПАРНЫЕ УСТАНОВКИ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ,
ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА**

Более 20 лет мы разрабатываем, производим и устанавливаем технологические системы очистки промышленных вод, специализируясь на стоках, поступающих с гальванического, лакокрасочного и других участков обработки поверхности изделий.

С момента основания компании мы проводим исследования, направленные на создание методов и технологий очистки, позволяющих выпускать эффективное, надежное и удобное в эксплуатации оборудование.

Сегодня мы готовы предложить заказчику комплексные решения, позволяющие устранить любые проблемы, связанные с очисткой воды.

ITALPLANT S.r.l. · Via Dell'agricoltura, 10 - 25032 CHIARI (BS) ITALY
Tel. +39 030.710 18 30 · Fax +39 030.710 18 43 · www.italplant.it · commerciale@italplant.it
Офис в России: 117036 Москва, ул.Профсоюзная, д.3, офис 314 · Тел./Факс: +7 (495) 781 34 53

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 во 2-м полугодии 2013 года

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

Группа (шифр)	Дата проведения	Стоимость, руб.
Группа № 29 (КГ - 29)	14 октября – 18 октября	13300 - 00
Группа № 30 (КГ - 30)	18 ноября – 22 ноября	13300 - 00

Курсы повышения квалификации специалистов в области аналитического контроля

Группа (шифр)	Дата проведения	Стоимость, руб.
Группа № 12 (АКГ - 12)	28 октября – 1 ноября*	13300 - 00

* Посещение 5-ой Международной выставки «Аналитическое и лабораторное оборудование. Лабораторная мебель и посуда» («ХИМ – ЛАБ – АНАЛИТ»).

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 2000-4000 руб. в сутки.

- в студ. общежитии РХТУ. **Проезд:** м. «Планерная», далее авт. № 88 или № 96 до ост. «97-я поликлиника» (Стоимость проживания от 700 до 1000 руб./сутки).

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

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

В графе «назначение платежа» следует указать соответствующий шифр.

Прибывшие на курсы должны предоставить копию платежного поручения с отметкой банка об оплате.

Об участии в курсах следует заявить по телефону не позднее, чем за 3 дня до начала занятий, указав потребность в гостинице, дату и время приезда.

Телефоны для подачи заявок и справок:

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

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

e-mail: mxo@asvt.ru ; <http://www.mmho.ru>

(499) 978-59-90 – РХТУ им. Д.И. Менделеева

e-mail: gtech@muctr.ru; <http://www.galvanicrus.ru>

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Руководитель предприятия
Главный технолог

Пальцев Владимир Алексеевич
Мазур Валентина Алексеевна

Календарь выставок, конференций и семинаров 2013 года Exhibitions, Conferences, Seminars

1. 3-я Научно-Практическая конференция «Покрытия и обработка поверхности», Санкт-Петербург- 24-25 июня 2013. Организатор: ООО «Примэкспо».

По вопросам участия в Выставке обращаться в ООО «Примэкспо», т. (812) 380-60-17; (812) 380-60-01; E-mail: coating@primexpo.ru; www.exprocoating.ru

2. Специализированная экспозиция и конференция «Покрытия и обработка поверхности» в рамках Международной промышленной выставки-форума «IDES Siberia - Развитие инфраструктуры Сибири», Новосибирск, 1-4 октября 2013. Организатор ООО «Примэкспо».

По вопросам участия в Выставке и Конференции обращаться в ООО «Примэкспо», т. (812) 380-60-17; (812) 380-60-01; E-mail: coating@primexpo.ru; www.exprocoating.ru

3. 14-е Научно-техническое совещание "Современное оборудование и технологии гальванопокрытий, очистка сточных вод" 9-10 октября 2013 г., ОАО "Тамбовгальванотехника" г. Тамбов, тел. 8 (4752) 53-25-03; 53-70-03; факс: 8 (4752) 55-04-14; e-mail: market@tagat.ru

4. 12-е Международное научно-практическое совещание «Оборудование цехов гальванического производства, очистка сточных вод, технологические процессы нанесения покрытий», ноябрь 2013 г., ООО «Гранит-М», 392036, г.Тамбов, ул.Лаврова, 5, тел./факс 8(4752)72-97-52.

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 - 130 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.

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

М.: «Глобус», 2008. - 157 с. Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности». Цена - 130 рублей.

Кудрявцев В.Н., Окулов В.В. Сборник практических материалов для технологов

Изд. центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 398с. Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности». Цена - 250 рублей.

ВОДОПОДГОТОВКА И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Более 20 лет на рынке свыше 2000 внедренных установок

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



Проектирование Изготовление Монтаж Сервис

г. Владимир, ул. Элеваторная, 6
Тел.: (4922) 52-23-43, 52-23-53
Факс: (4922) 52-23-52, 52-23-14
E-mail: vladimir@vladbmt.ru

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

ЗАО "БМТ"

г. Владимир



Процессы и материалы:

- обезжириватели марки КХ;
- композиции для фосфатирования КЦФ®, 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



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

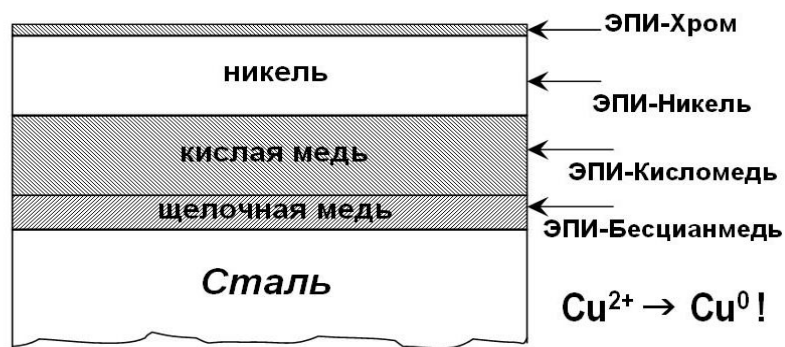
Бесцианистое щелочное меднение нового поколения

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, нержависталь, 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



Новые решения для Вашего производства

ГАЛЬВАНОХРОМ
GALVANOCHROME
Санкт-Петербург



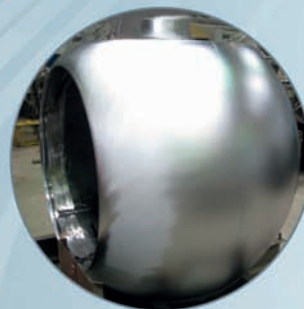
- ТВЕРДОЕ ИЗНОСОСТОЙКОЕ ХРОМИРОВАНИЕ
- БЕСПОРИСТОЕ ХРОМИРОВАНИЕ
- МНОГОСЛОЙНОЕ ХРОМИРОВАНИЕ

Технологии и оборудование «под ключ»

а также любой этап цикла:

проектирование, изготовление,
авторский надзор, поставка,
шефмонтаж, запуск в эксплуатацию,
обучение персонала

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



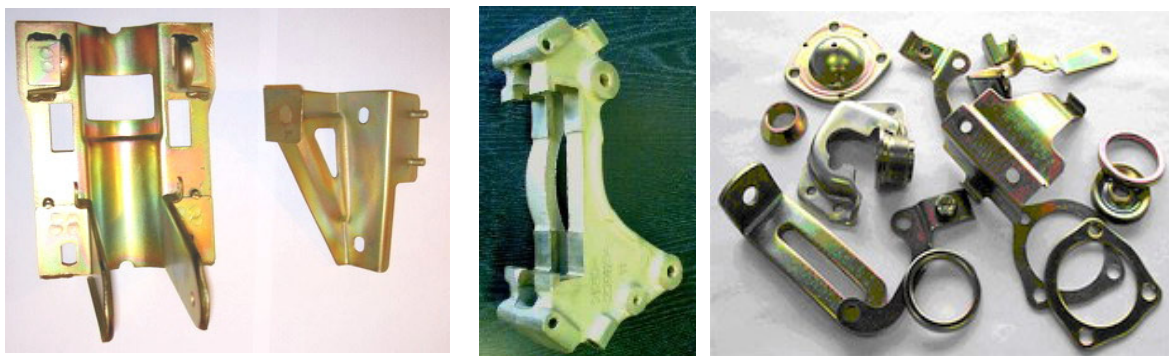
Нестандартные задачи и их решение - это наш профиль!

ООО «АРБАТ»

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

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ, БЛЕСКООБРАЗУЮЩИЕ ДОБАВКИ, ХИМИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ

Примеры гальванических покрытий для автомобилестроения:



Цинкование в щелочном и слабокислом электролитах



Хромирование без Cr(VI)

Механическое цинкование

Наша химическая продукция:

НТЦ-Р - блескообразующая добавка для щелочного цинкования,

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

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

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

Смесь БФЦ-А для хромирования алюминия;

Фосфатирующие концентраты

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

Другие химические продукты для машиностроения - более 30 видов

Свыше 40 предприятий применяют продукцию фирмы «АРБАТ»

Подробнее на: www.galvanicrus.ru



Промышленные выпрямители
для гальваники фирмы
Kraffelektronik (Швеция)

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



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

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

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 электролите 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

Журнал «Гальванотехника и обработка поверхности» К сведению подписчиков!

Подписка на журнал производится через местные почтовые отделения.

Журнал включен в Объединенный каталог «Пресса России» 2013/2; каталог стран СНГ 2013/2;
Каталог Украины 2013/2; адресный каталог «Библиотечный каталог» 2013/2.

Агентство АРЗИ. **Индекс 87867.**

В редакции также можно приобрести:

Журнал "Гальванотехника и обработка поверхности" и книги	Цена, руб
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
2007 год (4 номера)	572
2006 год (4 номера)	528
Цинкование. Техника и технология. Окулов В.В.	170
Фосфатирование. Григорян Н.С., Акимова Е.Ф., Ваграмян Т.А.	130
Электролитическое хромирование. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н.	130
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. <i>Виноградов С.С. Электронная версия.</i>	100
Сборник практических материалов для технологов <i>Составители: Кудрявцев В.Н., Окулов В.В.</i>	250

Все цены включают стоимость пересылки; НДС не облагается.

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

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

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

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

Интернет-сайт журнала: www.galvanotekhnika.info

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

Банк плательщика

Московский банк Сбербанка России ОАО, г.Москва Банк получателя	БИК Сч.№	044525225 30101810400000000225
ИНН 7707284783 КПП 770701001 ООО «Гальванотех» Получатель	Р/с	40702810838320101984
Назначение платежа: и Полный почтовый адрес предприятия (для рассылки)		

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

Адреса организаций и фирм, поместивших рекламу

Аквалор-М (стр. 60)

www.vbinstitute.ru; www.delfin-aqua.com

ООО "АРБАТ" (стр. 68)

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. 66)

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

ООО "ГАЛЬВАНИТ" (стр. 69)

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

ГальваноТехник Лейпциг ГмБХ (стр. 9)

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

Гальванические технологии (стр. 66)

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

ЗАО "ГАЛЬВАНОХРОМ" (стр. 67)

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. 29)

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

КАЛОРПЛАСТ. CALORPLAST (стр. 8)

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

РОПОВ Consulting (стр. 41)

Официальный дилер компании SERFILCO
International LTD., Англия; тел/факс 8(499)259-24-
55; ropov@ropovconsulting.com;
www.serfilcoequipment.ropovconsulting.com

НАВИКОМ (ПУЛЬСАР)(стр. 43)

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. 64)

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

Buffeli Italplant (стр. 61)

117036 Москва, ул. Профсоюзная, д.3, офис
314; тел/факс (495) 781-34-53; E-mail: commerciale@
italplant.it

РХТУ им. Д.И. Менделеева

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

Компания "СОНИС" (стр. 59, 66)

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

ОАО "ТЕМП"(стр. 55)

Представительство в России 111141, Мос-
ква, ул. Плеханова 7, оф.18, код 495, Тел./факс:
721-18-81; E-mail: temp-moscow@yindex.ru

НПП СЭМ.М (стр. 42)

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

ОАО "ТАГАТ" ТАМБОВГАЛЬВАНОТЕХНИКА им. С.И. Лившица (стр. 12)

392030, Тамбов, Моршанское шоссе,
21.; Тел./факс:8(4752)53-25-03 (приемная); Тел.:
8(4752)53-70-03, 53-18-89; Факс:8 (4752)45-04-15;
E-mail: market@tagat.ru; office@tagat.ru ; http://
tagat.pф; http://www.tagat.ru

"УМИКОР ГАЛЬВАНОТЕХНИК" (стр. 6, 7)

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

ООО "ХИМСИНТЕЗ" (стр. 10)

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

ЗАО "ЭКОМЕТ" (стр. 11)

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. 70)

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

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

Заказ № 11410. 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



1-4 Октября 2013
г. Новосибирск
МВК «Новосибирск Экспоцентр»

специализированная выставка и конференция
«ExpoCoating - Покрытия и Обработка поверхности»

1-4 октября 2013 в Новосибирске в рамках Международной промышленной недели «Развитие инфраструктуры Сибири – IDES 2013*» состоится специализированная выставка и конференция «ExpoCoating - Покрытия и Обработка поверхности». Одновременно пройдет Специализированная выставка и «NDT Siberia – Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности».

Выставка **ExpoCoating Siberia** - часть бренда **ExpoCoating в Москве**, имеющего 12-летнюю историю развития. Проект **ExpoCoating**, посвященный одному из наиболее прогрессивно-развивающихся научно-технических направлений - покрытиям и обработке поверхности, ежегодно собирает на своей площадке в Москве профессионалов со всего мира. Выставка **ExpoCoating** является крупнейшей в России в области электрохимических, химических, антикоррозионных, полимерных и других покрытий, очистки и предварительной обработки металлических покрытий, экологии химических производств, и имеет репутацию одного из ведущих событий в сфере оборудования и технологий обработки поверхности.

Выставка **ExpoCoating Siberia** предоставит участникам и посетителям уникальную возможность для обмена передовыми идеями и информацией, демонстрации современных ориентиров развития техники и технологий в отрасли покрытий и обработки поверхности.

Среди разделов выставки - оборудование и технологии обработки поверхностей:

- Процессы, технологии и покрытия (гальванические, химические, иммерсионные, из расплавов)
- Покрытия в электронике и для печатных плат
- Альтернативные виды нанесения покрытий (CVD, PVD, плазменная и лазерная обработка поверхностей, термическое напыление, термодиффузионное цинкование, МДО процесс)
- Обработка алюминия, титана, магния и их сплавов, цинкового литья
- Химикаты и материалы для: очистки поверхности; предварительной, промежуточной и окончательной обработки; нанесения покрытий; решения экологических проблем
- Оборудование для: очистки и подготовки поверхности; нанесения покрытий; регенерации растворов и электролитов, очистки сточных вод; обработки и утилизации твердых отходов
- Вспомогательное оборудование и комплектующие
- Контрольно-измерительная аппаратура
- Полимерные покрытия
- Лакокрасочные покрытия
- Аноды для гальванических производств
- Методы, технологии и оборудование для защиты от коррозии

В рамках выставки **ExpoCoating Siberia** состоится научно-практическая конференция «**Покрытия и обработка поверхности. Последние достижения в технологиях, экологии и оборудовании**». Конференция предоставляет для специалистов Сибирского региона возможность профессионального общения и обмена опытом со специалистами ведущих технических ВУЗов страны, а также со специалистами из Центрального региона России, что немаловажно для стимулирования и развития автомобильной, авиационной, энергетической отраслей в регионе. Событие будет представлять интерес для специалистов по гальванотехнике, электрохимии, гальванопластике, специалистов лакокрасочных цехов. Без преувеличения конференцию можно назвать приоритетным мероприятием для профессионалов отрасли. Помимо этого, оно представляет интерес и для специалистов, работающих в смежных областях, где производство связано с технологиями нанесения покрытий и обработки поверхности. Организатором конференции выступают **Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (РХТУ), Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирский Государственный Технический Университет**. Участие в мероприятии принимают как российские, так и зарубежные специалисты.

*«Развитие инфраструктуры Сибири / IDES 2013» – это отраслевой проект, охватывающий основные направления экономики города и региона. Международная промышленная неделя «Развитие инфраструктуры Сибири / IDES 2013» включает шесть специализированных выставок, каждая из которых посвящена отдельной инфраструктурной тематике: «Энергетика и ресурсосбережение - EPIS», «ЖКХ: Сети, коммуникации, чистая вода - ECIS», «Экологические технологии - ECOS», «Нефтяное оборудование. АЗС и АГЗС - PETROLEUM», «Газовое и теплоэнергетическое оборудование - GAS SIBERIA», «Промышленная химия».



Тел.: +7 812 380 6002/00
Факс: +7 812 380 6001
E-mail: coating@primexpo.ru
Web: www.expocoating.ru

EXPO Coating SIBERIA

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
И КОНФЕРЕНЦИЯ

**ПОКРЫТИЯ
И ОБРАБОТКА
ПОВЕРХНОСТИ**

1-4 ОКТЯБРЯ 2013

Место
проведения

**НОВОСИБИРСК,
МВК «НОВОСИБИРСК ЭКСПОЦЕНТР»**

Технологии, процессы, оборудование • Экология • Защита от коррозии

Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC



ufi



УИИРСВЯ

При участии:



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

Тел. +7 (812) 380 6002/00,
факс +7 (812) 380 6001
coating@primexpo.ru

WWW.EXPOCOATING.RU