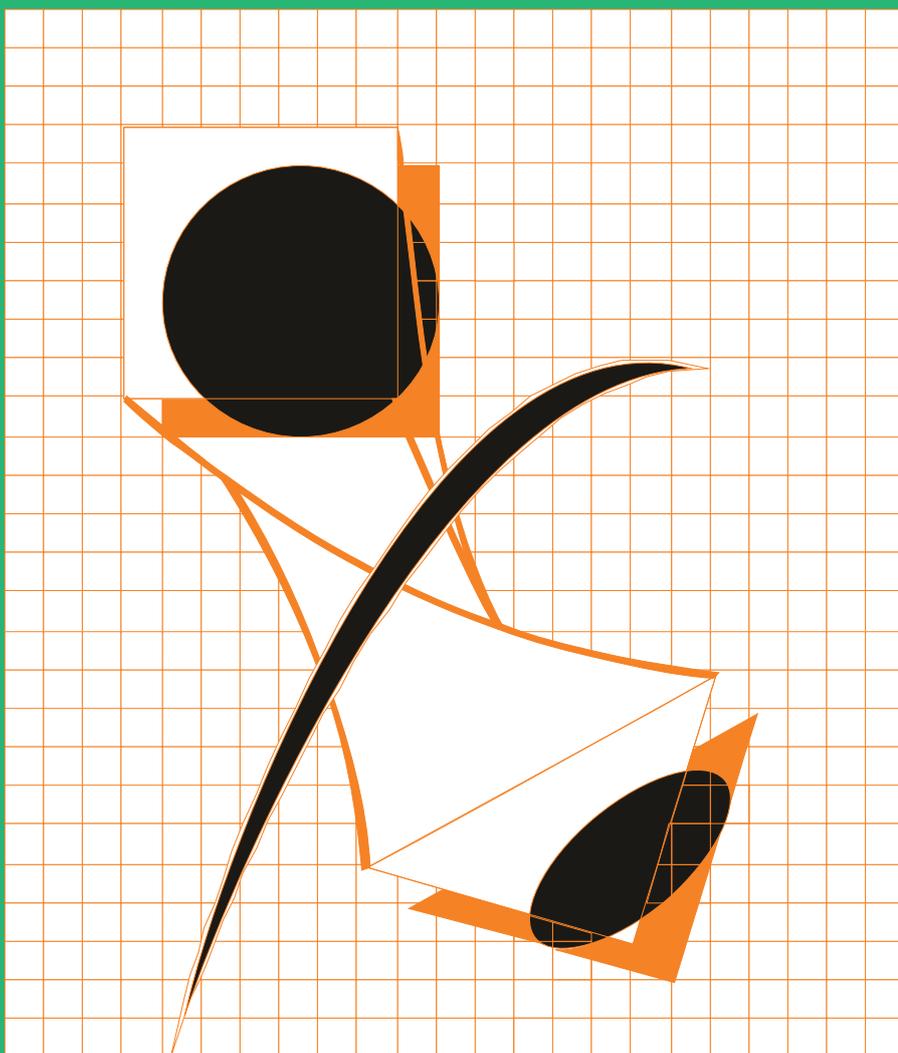


# ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

# И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT



**Наука**

**Экология**

**Технология**

**Оборудование**

**Печатные платы**

**Образование**

**Science**

**Environments**

**Processes**

**Equipment**

**PC boards**

**Training**



## Редакционная коллегия

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

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

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

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

Зав. редакцией Орехова Е.С.

Компьютерная верстка Царева Е. В.

125047, Москва, Миусская пл., д.9

Тел. редакции: 8(499)978-59-90,

факс:8(495)609-29-64

**E-mail: gtech@muctr.ru**

## Учредители

**Кудрявцев В.Н.**

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

## Спонсоры

Компания "Умикор Гальванотехник",  
Швабиш-Гмюнд, Германия

Перевод рефератов - проф. Кругликов С.С.

## Editorial Board

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

**Acting editor-in-chief prof. S. Kruglikov**

Mendeleev University of Chemical  
Technology of Russia, Moscow

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

125047, Moscow, Miuskaya Sq.9

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

Fax:7(495)609-29-64

**E-mail: gtech@muctr.ru**

## Founders

Kudryavtsev V.N.

Mendeleev University of Chemical Technology  
of Russia, Moscow

## Sponsors

"Umicore Galvanotechnik" GmbH,  
Schwaebisch Gmuend, Germany

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

**Интернет-сайт Российского общества гальванотехников [www.galvanicrus.ru](http://www.galvanicrus.ru)**

**Интернет-сайт журнала [www.galvanotehnika.info](http://www.galvanotehnika.info)**

# ГАЛЬВАНОТЕХНИКА и ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

Издаётся с 1992 г.

№ 3

2014 год

том XXII

## Содержание

|  |  |              |
|--|--|--------------|
| <i>Ответы<br/>на вопросы<br/>читателей</i> | <b>О предотвращении поглощения атмосферной влаги растворами электролирования никеля</b>  | <b>4</b>     |
|  | <b>Определение концентрации ионов меди в электролитах блестящего никелирования</b>   | <b>4</b>     |
|  | <b>Токоподвод к крупногабаритным листам из алюминиевого сплава при анодировании</b>  | <b>6</b>     |
|  | <b>О приготовлении раствора черного красителя для ванны анодирования алюминия</b>  | <b>6</b>     |
|  | <b>О периодичности замены промывной воды в ванне улавливания при цианистом кадмировании</b>  | <b>6</b>     |
|  | <b>Пористость покрытий сплавом Sn-Co на печатных платах</b>  | <b>7</b>     |
| <i>Электроосаждение металлов и сплавов</i> | <b>Успехи гальванотехники</b>  |              |
|  | <b>Обзор мировой специальной литературы за 2012-2013 годы</b><br><i>Елинек Т.В.</i>  | <b>17</b>    |
|  | <b>Нанесение покрытий методом селективного электронатрирования. Часть 1. Особенности процесса</b><br><i>Ившин Я.В., Кайдриков Р.А.</i>   | <b>34</b>    |
|  | <b>Нанесение покрытий методом селективного электронатрирования. Часть 2. Электролиты цинкования</b><br><i>Ившин Я.В., Кайдриков Р.А.</i>   | <b>40</b>    |
| <i>Экология</i>                            | <b>Анализ эффективности работы электрохимической, мембранной и сорбционной технологий очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов и органических примесей</b><br><i>Колесников А.В., Кисиленко П.Н., Графов Д.Ю., Ильин В.И.</i>   | <b>45</b>    |
| <i>Обмен опытом</i>                        | <b>Экспериментальная техника и методика проведения испытаний гальванических покрытий при переменных нагрузках</b><br><i>Венедиктов Н.Л., Ковенский И.М., Черноморченко В.И.</i>  | <b>54</b>    |
|  | <b>Использование анодов из неблагородных металлов в процессе электрохимической утилизации растворов для химического нанесения твердых покрытий Ni-P</b><br><i>Кругликов С.С., Некрасова Н.Е., Кругликова Е.С., Невмятуллина Х.А.</i> | <b>57</b>    |
|  | <b>Замена кадмиевого покрытия цинковым покрытием с хроматированием</b><br><i>Булгакова Ю.В., Колисниченко Е.А.</i>   | <b>59</b>    |
| <i>Стандартизация</i>                      | <b>Метрологическое обеспечение предприятий</b><br><i>Полякова Л.В., Аристов В.М., Архипова Т.А.</i>  | <b>62</b>    |
| <i>Печатные платы</i>                      | <b>Влияние состояния и подготовки поверхности на процесс электроосаждения тонких слоев меди на компоненты микроэлектронных структур</b><br><i>Тураев Д.Ю., Гвоздев В.А., Валеев А.С., Кругликов С.С.</i>                             | <b>65</b>    |
| <i>Информация</i>                          | <b>Учебник «Теоретическая электрохимия»</b>  | <b>8</b>     |
|  | <b>Курсы повышения квалификации</b>  | <b>76-77</b> |
|  | <b>Выставки, конференции, семинары. Книги</b>  | <b>75</b>    |

Интернет-сайт Российского общества гальванотехников

[www.galvanicrus.ru](http://www.galvanicrus.ru)

# ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT

Published since 1992

№ 3

2014

v. XXII

## Contents

|   |  |              |
|---|--|--------------|
| <i>Answers for reader questions</i>                       | <b>How to prevent absorption of vapor from atmosphere by nickel polishing solutions</b>  | <b>4</b>     |
|   | <b>Determination of Copper Ions as an Impurity in Bright Nickel Bath</b>   | <b>4</b>     |
|   | <b>Racking problems in anodizing of large Al parts (sheets 2000x8000 mm)</b>   | <b>6</b>     |
|   | <b>On the preparation of black die for Al anodizing</b>  | <b>6</b>     |
|   | <b>What's is appear limit for Cd ions in the reclaim tank in Cd plating from cyanide baths</b>   | <b>6</b>     |
|   | <b>Porosity of Sn-Co coatings deposited on PCBs</b>  | <b>7</b>     |
| <i>Electroplating of metals and alloys</i>                | <b>Advances in Metal Finishing - An Assessment of the International Literature 2012-2013</b>   |              |
|   | <b>Fortschritte in der Galvanotechnik - Eine Auswertung der internationalen Fachliteratur 2012-2013</b>  |              |
|   | <i>Jelinek T.W.</i>  | <b>17</b>    |
|   | <b>Selective Brush Plating. Part 1. Some Features of the Process</b>   |              |
| <i>Ivshin Yu.V., Kaidrikov R.A.</i>                       | <b>34</b>  |              |
| <b>Selective Brush Plating. Part 2. Zinc</b>              |  |              |
| <i>Ivshin Yu.V., Kaidrikov R.A.</i>                       | <b>40</b>  |              |
| <i>Environmental problems</i>                             | <b>Analysis of the Efficiency of Electrochemical, Membrane and Adsorption Methods for Wastewater Treatment Technology by Heavy Metal Ions and Organic Impurities</b> |              |
|   | <i>Kolesnikov A.V., Kisilenko P.N., Grafov D.Y., Il'in V.I.</i>  | <b>45</b>    |
| <i>Exchange of experience</i>                             | <b>Experimental Methods for Electrocoatings Tests under Varying Loads</b>  |              |
|   | <i>Venediktov N.L., Kovenskiy I.M., Chernomorchenko V.I.</i>   | <b>54</b>    |
|   | <b>The Use of Nonnoble Metal Anodes in the Process of Electrochemical Utilization of Electroless Nickel Plating Solutions</b>  |              |
|   | <i>Kruglikov S.S., Nekrasova N.E., Kruglikova E.S., Nevmyatullina Kh.A.</i>  | <b>57</b>    |
| <b>Chromated Zinc coating as a substitute for Cadmium</b> |  |              |
| <i>Bulgakova Yu.V., Kolisnichenko E.A.</i>                | <b>59</b>  |              |
| <i>Standart specification</i>                             | <b>Metrological Basis for Manufacturing Plants</b>   |              |
|   | <i>Polyakova L.V., Aristov V.M., Arkhipova T.A.</i>  | <b>62</b>    |
| <i>PC boards</i>  | <b>Pretreatment Operation in the Process of Copper Electrodeposition on the Components of Microelectronic Structures</b>   |              |
|   | <i>Turaev D.Yu., Gvozdev V.A., Valeev A.S., Kruglikov S.S.</i>   | <b>65</b>    |
| <i>Information</i>  | <b>On the training courses for plating engineers</b>   | <b>76-77</b> |
|   | <b>Congressess, Conferences, Meetings</b>  | <b>75</b>    |

Internet-site Russian Society of Platers  
[www.galvanicrus.ru](http://www.galvanicrus.ru)

## Ответы на вопросы

### О предотвращении поглощения атмосферной влаги растворами электролирования никеля

*How to prevent absorption of vapor from atmosphere by nickel polishing solutions*

**ВОПРОС:** На нашем предприятии эксплуатируются растворы электрополирования никеля (серная кислота плотностью 1,58-1,62 г/см<sup>3</sup>) и обезжиривания полиэтилена (калий двухромовокислый - 75 вес. частей, кислота серная - 1500 вес. частей, вода - 120 вес. частей).

С момента отключения отопления и ростом влажности воздуха растворы начали интенсивно впитывать влагу из атмосферного воздуха. Практически каждую неделю приходится вычерпывать из ванны 5-10 л раствора, корректировать ванну, а потом всё опять повторяется.

Подскажите, пожалуйста, как решить данную проблему?

**ОТВЕТ:** Накопление влаги в концентрированных растворах серной кислоты может происходить по двум причинам:

- занос воды в ванну электрополирования поверхностью влажных деталей после промывки;
- поглощение серной кислотой воды из окружающей среды.

Вместе с тем, в процессе электролиза вода частично теряется за счёт электролитического разложения на водород и кислород.

В летний период при повышенной влажности воздуха количество занесённой в электролит влаги может существенно превышать её разложение электрическим током.

Для предотвращения снижения плотности электролита за счёт влагопоглощения необходимо:

1) Погружать полируемые детали в ванну сухими.

2) Закрывать ванны электрополирования крышками. Особенно важно это делать в нерабочее время (в ночное время и в выходные дни);

3) С целью снижения влагопоглощения в рабочее и в нерабочее время «зеркало» электролита желателен укрывать плавающими полипропиленовыми или полиэтиленовыми дисками или шариками.

Необходимо отметить, что укрытие зеркала электролита желателен ещё и потому, что это существенно снижает унос тумана электролита в вентиляцию.

В отношении очистки полиэтилена в хромовой смеси рекомендации такие же.

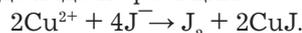
*К.т.н. Мамаев В.И.*

### Определение концентрации ионов меди в электролитах блестящего никелирования

*Determination of Copper Ions as an Impurity in Bright Nickel Bath*

**ВОПРОС:** Как количественно определить примесь меди в электролите блестящего никелирования. Состав электролита: сульфат никеля, хлорид никеля, борная кислота, серная кислота, блескообразователь.

**ОТВЕТ:** Количественное определение меди можно провести следующим образом: Вначале медь контактно высаживают на металлическом цинке, затем осадок меди растворяют в смеси азотной и серной кислот. Далее в полученный раствор  $\text{Cu}^{2+}$  вводят К.И. Ионы  $\text{Cu}^{2+}$  окисляют ионы йода до йода по реакции:



Далее йод в присутствии крахмала титруют тиосульфатом натрия.

Методика определения следующая:

В коническую колбу на 250 мл. переносят 50 мл. электролита, подкисляют 5 мл.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (плотность 1,84), бросают несколько кусочков металлического цинка и кипятят в течение 10 минут. При этом происходит контактное восстановление меди в виде бурых хлопьев.

Осадок меди отфильтровывают через неплотный фильтр. Во избежание окисления меди на фильтр кладут небольшой кусочек стружки цинка. Фильтр с осадком промывают холодной водой, затем медь растворяют на фильтре азотной кислотой (1:1), причём раствор фильтруют в ту же колбу, в которой производилось осаждение. После добавления 10 мл.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (плотность 1,84) раствор выпаривают до появления паров  $\text{SO}_3$ , причём для полного удаления азотной кислоты стенки колбы обмывают водой и вторично выпаривают. Далее раствор разбавляют водой до 100 мл, всыпают 2 г К.И, выдерживают в тёмном месте 5 минут и титруют выделившийся йод 0,05 Н раствором тиосульфата в присутствии крахмала. Содержание меди (г/л) подсчитывают по формуле

$$Cu = \frac{63,5 \cdot a \cdot n}{n},$$

где  $a$  – количество раствора тиосульфата, затраченное на титрование, мл;

$n$  – нормальность раствора тиосульфата;

63,5 – коэффициент пересчёта на медь;

$n$  – количество электролита, взятое на титрование, мл.

Колориметрический метод с применением диэтилдитиофосфата никеля. При колориметрическом методе с применением диэтилдитиофосфата никеля 5-10 мл электролита отфильтровывают от мути и переносят в градуированный цилиндр с притёртой пробкой ёмкостью 100 мл, добавляют 50 мл воды, 6 мл четырёххлористого углерода, 3 мл 0,001 Н раствора диэтилдитиофосфата никеля, закрывают пробкой и перемешивают в течение 2-3 минут. В подобный же цилиндр вводят такие же объёмы воды, четырёххлористого углерода, раствора диэтилдитиофосфата никеля, 1-2 мл 2 Н серной кислоты и прибавляют из микробюретки типовой раствор меди, содержащий в 1 мл 0,02 мг Cu до получения одинаковой интенсивности окраски органического слоя в обоих цилиндрах. Окраски сравнивают после прибавления каждой порции типового раствора меди. Объёмы органического растворителя в обоих цилиндрах должны быть строго одинаковы. Содержание меди (г/л) вычисляют по формуле

$$Cu = \frac{1000 \cdot a \cdot T_{Cu}}{n},$$

где а – объём раствора меди, затраченный на титрование, мл;

$T_{Cu}$  – титр раствора меди;

n – объём электролита, взятый для титрования, мл

Интенсивность окраски можно определять на фотоколориметре, так как растворы дитиофосфатов меди подчиняются законам Бера.

Для анализа электролита ванн никелирования используют также дитизон. Определение микрограммовых количеств меди на фоне больших содержаний никеля (220-240 г/л) основано на различии в областях рН экстрагирования окрашенных дитизонатов меди (рН 1) и никеля (рН 4).

Обычно количественно определяют концентрации только основных компонентов электролита, содержание которых необходимо поддерживать в строго определённом диапазоне концентраций. Аналитическое количественное определение концентраций примеси определяют, как правило, в исследовательских целях, так как методики количественного определения является достаточно сложными, длительными и трудоёмкими.

На предприятиях о присутствии примесей судят по снижению качества покрытий. В присутствии меди, например, на участках с меньшей плотностью тока (во впадинах и углублениях) появляются либо тёмные пятна, либо наблюдается общее потемнение.

Для того чтобы не допустить негативного проявления действия примесей электролит никелирования необходимо непрерывно или периодически очищать путём проработки на малых

плотностях тока на гофрированном катоде. Плотность тока выбирается в зависимости от степени загрязнения электролита и, как правило, не превышает 0,1÷0,2 А/дм<sup>2</sup>. Увеличение плотности тока не приводит к увеличению скорости очистки, т.к. скорость осаждения примесей на катоде, из-за их малой концентрации, зависит только от скорости подвода ионов примеси к катоду. Поэтому, для увеличения скорости очистки необходимо создавать условия для более быстрого подвода ионов примеси из глубины раствора к поверхности катода (интенсивное перемешивание, нагрев, увеличение поверхности катода).

Для увеличения поверхности катод делают гофрированным (гармошкой). Желательно гофры делать более крупные, с таким расчётом, чтобы по ширине гофрированный катод занимал не менее 20-30 % пространства между анодами. Угол перегиба нужно сделать не менее 90 градусов, а лучше 60 или даже 45. При такой конструкции катода он будет напоминать катод в ячейке Хулла.

На выступающих частях катода (ближних к аноду) плотность тока будет наибольшей и здесь может быть достигнут потенциал восстановления всех примесей, включая потенциал электроотрицательного цинка. Во впадинах плотность тока минимальна – там возможно восстановление только ионов меди.

Первоначально на гофрированном катоде осадок имеет грязно-серый цвет и содержит большое количество примесей. По мере очистки электролита осадок светлеет. Процесс очистки нужно проводить до получения светлых осадков на всей поверхности гофрированного катода.

В зависимости от степени загрязнённости электролита очистка может длиться от нескольких часов до нескольких суток. Перемешивание обязательно!

На предприятиях примеси меди в электролитах никелирования могут появиться по следующим причинам:

- неаккуратная зачистка анодных и катодных штанг и контактных поверхностей опор-ловителей;
- падение на дно ванны никелирования медных деталей или деталей из медных сплавов;
- некачественная промывка деталей после операции меднения при нанесении многослойных покрытий (медь-никель, медь-никель-хром);
- подвески с деталями находятся в ванне никелирования без тока;
- коррозионное растворение непрокрываемых участков на сложнопрофилированных деталях (отверстия, узкие пазы и т.п.).

Методики анализа, внесённые в Федеральный и отраслевые реестры, Вы можете посмотреть:

номер в Федеральном реестре ФР.1.31.2005.01587.  
Номер в специальном разделе Федерального реестра (в отраслевом реестре) РсФР 31.2005.00171.  
Обозначение методики 678790037.

*К.т.н. Мамаев В.И.*

**Токоподвод к крупногабаритным листам из алюминиевого сплава при анодировании.**

*Racking problems in anodizing of large Al parts (sheets 2000x8000 mm)*

**ВОПРОС:** По принятой технологии анодирования крупногабаритных листов из листов алюминиевого сплава 1163 (размеры до 2000x8000 мм) электроконтактные зажимы на детали располагаются через 800-1000 мм. Достаточно ли будет только двух зажимов по концам детали, происходит ли падение напряжения вдоль детали?

*Авиастар-СП*

**ОТВЕТ:** При оксидировании длиномерных деталей падение напряжения по длине детали происходит, несмотря на хорошую электропроводность алюминия. При подключении детали двумя зажимами качественное покрытие в сернокислотном растворе будет получаться только при малой толщине покрытия. В дальнейшем на разных участках детали может протекать формирование покрытия различной толщины и пористости, что приведет к ухудшению коррозионной стойкости покрытия и неравномерности окрашивания. Если один из контактов выйдет из строя, начнется локальный растрав покрытия, который приведет к браку. Поэтому требование стандарта о необходимости нескольких контактов, расположенных по длине детали, вполне оправданно. Возможно, расстояние между контактами можно несколько увеличить (до 1.2 - 1.5 м). Если проводить оксидирование в малоагрессивном растворе, например, хроматном, расстояние между контактами можно еще более увеличить, но ограничиваться двумя контактами все же рискованно.

*К.т.н. Скопинцев В.Д.*

**О приготовлении раствора черного красителя для ванны анодирования алюминия**  
*On the preparation of black die for Al anodizing*

**ВОПРОС:** На предприятии вышла из строя ванна с черным красителем.

Имеется: ванна емк. 350 л, нагревается водяной рубашкой; и краситель глубоко-черный светопрозрачный для алюминия (ТУ 6-14-702-84).

Нужно: приготовить раствор красителя для анодированного алюминия конц. 15 г/л (т.е. 5,25 кг красителя на 350 л раствора).

Вопрос: как готовить раствор красителя? Нужна дистиллированная вода или можно обойтись водопроводной? Нужно ли добавлять уксусную кислоту, если нужно, то сколько? (хотя бы приблизительно, сколько мл кислоты для данной концентрации и объема раствора? – добавлять уксусную малыми порциями и многократно измерять pH для нас проблематично, да и pH-метр потом не отмоешь)

При какой температуре и pH проводить окрашивание? На данный момент развели краситель в небольшой емкости (попробовать), уксусную не добавляли, раствор имеет не черный, а глубоко-синий цвет, и красит все, что угодно, кроме деталей – детали покрываются тонкой синей пленкой, которая потом довольно легко смывается водой)

Анодирование проводится в растворе серной кислоты 180-200 г/л, параметры процесса стандартные, охлаждение водяное, с ванной все в порядке.

*Инженер-технолог ОАО «МЗЭМА»*

**ОТВЕТ:** Краситель растворяют в отдельной емкости в горячей дистиллированной воде при перемешивании, доводят до кипения, выдерживают 3-5 минут и, охладив, отфильтровывают через бумажный или тканевый фильтр в рабочую ванну. Затем доводят pH раствором уксусной кислоты до 3,5 - 5 (оптимально pH 4,8, если промахнетесь, можно нейтрализовать избыточную кислотность раствором аммиака или соды) и добавляют до рабочего объема дистиллированную воду.

Концентрация красителя 10-15 г/л, температура 50-60 град., продолжительность выдержки 15- 30 мин. После окрашивания тщательно промыть детали и, не высушивая, уплотнить в кипящей дистиллированной воде, подкисленной уксусной кислотой до pH 6 - 6,5, в течение 30 минут.

*К.т.н. Скопинцев В.Д.*

**О периодичности замены промывной воды в ванне улавливания при цианистом кадмировании**

*What's is appear limit for Cd ions in the reclaim tank in Cd plating from cyanide baths*

**ВОПРОС:** Скажите, пожалуйста, при накоплении какого количества кадмия в ванне-уло-

вители в процессе цианистого кадмирования, необходимо менять электролит.

**ОТВЕТ:** Электролит кадмирования вообще менять не надо, его замена не зависит от накопления кадмия в ванне улавливания. А в самом электролите кадмирования накапливаются примеси и карбонаты. Карбонаты удаляют вымораживанием, а примеси – проработкой или очистителями.

Если же имелась в виду замена ванны улавливания, то есть несколько рекомендаций:

- применять ПЭМ (погружной электрохимический модуль), разработанный на кафедре ТЭП РХТУ им. Д. И. Менделеева для снижения концентрации загрязнителя в ванне улавливания;

- возвращать из ванны улавливания раствор в рабочую ванну, т.е. восполнять потери уровня при испарении электролита ванной улавливания, сам же уловитель пополнять дистиллированной водой;

- заменять ванну улавливания при накоплении концентрации кадмия в ней 5-7% содержания кадмия в самой гальванической ванне.

*Смирнов К.Н., к.т.н., доц. каф. ТЭП РХТУ*

### **Пористость покрытий сплавом Sn-Co на печатных платах**

*Porosity of Sn-Co coatings deposited on PCBs*

**ВОПРОС:** Прошу проконсультировать по вопросу пористости электролита олово-кобальт. Покрытие используется в качестве металлорезиста, в процессе изготовления печатных плат.

Суть проблемы в том, что периодически возникают протравленные участки меди печатных платах, имеющие вид кратеров, подъеденной гальванической меди. Когда стали разбираться с дефектом, провели эксперимент прокрыв заготовки только через ванну оловянирования, минуя ванну меднения (материал FR 4 с межной фольгой 35 мкм, подготовка поверхности, декапировка, оловянирование, травление меди, снятие олова), визуально по олову никаких дефектов не обнаружено, покрытие по цвету однородное. Но после травления оказалось, что есть протравы до текстолита, шириной 20-150 мкм, которые имеют

практически идеальную круглую форму, количество на заготовке 300 \*300 мм, может достигать 16 шт. Чтобы исключить, что виной дефекта является материал, брали материал разного производителя, также меняли способ подготовки поверхности (механическая, химическая подготовка поверхности). Отвозили заготовки на предприятие, которое тоже использует электролит олово-кобальт, получили тот же дефект. Проработка электролита производится 1 раз в месяц через угольную ткань.

Состав применяемого электролита:

Олово двуххлористое 30-50 г/л; соляная кислота рН 4,5-5,5 г/л; ОС-20 4-5 г/л; фтористый натрий 15-35 г/л; амоний хлористый 1-2 г/л; натрий хлористый 3-5 г/л; кобальт хлористый 7-8 г/л; плотность тока 1 А/дм<sup>2</sup>

*Инженер-технолог, г.Новосибирск*

**ОТВЕТ:** Судя по описанию, дефект связан с питтингом, что как раз характерно для таких электролитов. Рекомендую Вам после нанесения покрытия просмотреть его внимательно с 10х-ным увеличением, чтобы окончательно убедиться в этом.

Причиной же самого питтинга может быть загрязнение электролита посторонними примесями, недостаток смачивателя, слабое перемешивание или накопление метаоловянной кислоты.

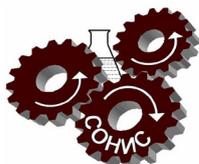
Меры борьбы:

- добавить препарата ОС-20;
- профильтровать электролит;
- очистить электролит флокулянтom и/или активированным углем;
- интенсифицировать циркуляцию электролита или качание катода.

Эти рекомендации надо выполнить последовательно, чтобы понять, какой из факторов имеет решающее значение (последовательность не принципиальна).

Кроме того, могу добавить, что применение в качестве металлорезиста блестящих, а не матовых покрытий на основе олова, значительно эффективнее, поскольку они коррозионно более стойкие и позволяют уменьшить толщину защитного покрытия.

*Смирнов К.Н., к.т.н., доц. каф. ТЭП РХТУ*



## 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](mailto: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

### 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](mailto:sales.student@mail.ru)**

## ВЫПРЯМИТЕЛИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ



### Повышенная надежность

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

### Управление и автоматизация

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

### Эффективность

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



### Новая модульная система

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

### Качество получаемого покрытия

- равномерное нанесение
- ровная форма тока

## Безупречная и бесперебойная работа при максимальных нагрузках!

### Особенности:

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



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

# 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.

«Юмикор Электролэйтинг» 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](http://www.umicore-galvano.com)



The world of noble  
and functional surfaces

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](http://www.umicore-galvano.com)



The world of noble  
and functional surfaces

Проблемы с качеством покрытий?

Проблемы с обработкой стоков?

Проблемы с очисткой?

Покупайте  
оборудование

**SERFILCO!**

Вертикальные насосы

Погружные системы фильтрации

Компактные системы фильтрации

Угольные и ионнообменные системы очистки

Насосы с магнитной муфтой

Насосы с прямым приводом

Многокартриджные системы фильтрации

Системы фильтрации

Самовсасывающие насосы

Портативные системы фильтрации

Дозирующие насосы

Гравитационные системы фильтрации

Насосы для бочек

Закажите полный каталог оборудования SERFILCO



**POPOV Consulting**

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



### ТЕХНОЛОГИИ И ХИМИКАТЫ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

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



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



### ТЕПЛОЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛИ

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



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

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



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

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

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

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

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

**Наш адрес:**

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

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

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

**БЫТЬ ПЕРВЫМ, СОЗДАВАЯ ЛУЧШЕЕ**



## 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](http://www.ecomet.ru), E-Mail: [info@ecomet.ru](mailto:info@ecomet.ru)

**ЭЛМА**  
торговый дом

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

**ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ БЫСТРО И КАЧЕСТВЕННО**

## Новые решения для Вашего производства

- **ТВЕРДОЕ ИЗНОСОСТОЙКОЕ ХРОМИРОВАНИЕ**
- **БЕСПОРИСТОЕ ХРОМИРОВАНИЕ**
- **МНОГОСЛОЙНОЕ ХРОМИРОВАНИЕ**

### Технологии и оборудование «под ключ»

а также любой этап цикла:  
проектирование, изготовление,  
авторский надзор, поставка,  
шефмонтаж, запуск в эксплуатацию,  
обучение персонала

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

**Нестандартные задачи и их решение - это наш профиль!**

**ГАЛЬВАНОХРОМ**  
GALVANOCHROME  
Санкт-Петербург



УДК 621

## Успехи гальванотехники\*

### Обзор мировой специальной литературы за 2012-2013 годы

Елинек Т.В.

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

2012-2013

Jelinek T.V.

### Fortschritte in der Galvanotechnik - Eine Auswertung der internationalen Fachliteratur 2012-2013

Jelinek T.W.

#### 6. Оборудование и приспособления

В настоящее время имеются, прежде всего, три проблемы, преимущественно влияющие на разработку в секторе оборудования. Возрастающее, ориентированное на заказчика, предложение по конструкционным вариантам оборудования, приспособлений и других устройств, должно и в области обработки поверхности также решаться применением гибкой и простой адаптированной техники. Поскольку эти разработки всегда рассчитаны на малые производственные серии, требуются небольшие установки, обладающие всеми преимуществами «больших» [23]. Наконец пробуют, прежде всего из соображений стоимости, увеличить интеграцию установок по обработки поверхности непосредственно в производственные линии [173, 174]. Важным моментом комбинирования ручных операций с автоматизированными является защита от возможных коллизий [539]. В гальванических установках такая интеграция упрощается компактной комплектацией отдельных узлов в одном модуле [294].

Преимущество заключается в возможности поддерживать малые объемы потребления воды

за счет водооборота, например, через ионообменник, а твердые отходы собирать в специальные емкости для отправки [585]. Для анодирования небольших партий хорошо зарекомендовала себя вертикальная установка с подачей раствора к анодируемым деталям [635]. При сушке покрываемых деталей, преимуществом может быть, например, замена горячего воздуха на конденсационную сушку [631] или использование горячего воздуха от солнечных коллекторов [632].

В области лакировальных установок выше указанные условия выполняет установленное в Китае современное оборудование, спроектированное по модульному принципу, в котором детали, после общей подготовительной обработки и грунтования, обрабатываются индивидуально в отдельных модулях [171]. При установке новой или обновлении существующих лакировальных установок всегда стоят на первом месте вопросы возврата тепла и сокращения эмиссии [59]. Для этого на установках монтируют устройства для улавливания избыточно распыленного лака, например фильтрами из гофрокартона, легко заменяемыми без остановки производства [170, 586, 610].

---

\* Продолжение. Перевод обзора из немецкого журнала Galvanotechnik, 2014, 105. -№1, С. 18-37.

При выборе решения о целевой пригодности определенной лакировальной установки, показателем может служить так называемое "ОЕЕ-Kennzahl"; это значение рассчитывается как продукт из готовности установки, степени производительности и темпа роста качества [380]. Возможно также использовать цифровое моделирование [682]. Решающим является изучение вклада в общую стоимость отдельных этапов процесса и устройств [254, 630].

Уничтожение непригодных к использованию лаков и химикатов, являющееся важным качественным и экономическим показателем, должно быть по возможности централизовано [240]. Для оптимизации расхода лака изучается механизм его распыления [293]. Системы сушки и сжигания лака должны быть подобраны в зависимости от типа и назначения лака [198, 587]. Требуется доработка процесса при замене ручных дозирующих устройств на электронные [21]. В агрессивной среде травильных установок хорошо зарекомендовали себя используемые 30 лет в непрерывном производстве трубы из поливинилиденфторида [182, 681]. При сооружении строительных конструкций нужно использовать полиэфирные - для кислых, эпоксидные - для щелочных сред, панели из стеклопластика - для нескользящего покрытия пола [477]. Опять видимо обнаружили преимущество круговых (оборотных) очистительных установок [563, 564].

Нанесение покрытий в чистых помещениях, например на изделия для медицины, только тогда имеет смысл, когда предварительная и последующая обработки выполняются с соблюдением аналогичных условий [97]. Аварийные выходы должны предусматриваться как важнейший элемент условий техники безопасности [103], вредные вещества складываются соответственно предписаниям техники безопасности и производственной санитарии [104].

### **7. Обработка поверхности алюминия и магния**

Как было уже упомянуто выше, возрастающий интерес к обработке поверхности алюминия, магния и сплавов этих металлов, в большей степени объясняется их возросшим применением для облегченных конструкций [578].

Часто в центре внимания находятся работы по замене хром (VI)-содержащих конверсионных покрытий на алюминии. Например известно, что недостаточно учитывается влияние предварительного травления алюминия на его коррозионную стойкость [55, 169]. Если требуется разрешение применения свободных от хрома (VI) растворов пассивирования в качестве предварительной обработки перед лакированием, то эти растворы должны испытываться по специально разработанной программе [167, 289, 360, 679].

Содержащие железо анодные оксидные слои на алюминии, обладающие такими дополнительными функциональными свойствами, как износостойкость, температурная устойчивость и магнетизм, получают плазменным окислением в щелочных электролитах с добавкой Fe-ЭДТА [10]. Высокую твердость поверхности и повышенную износостойкость имеют анодные слои, полученные в растворах сульфата магния с добавкой силиката циркония [88]. Коррозионную стойкость демонстрируют анодированные слои с малыми порами, полученные при низких напряжениях в сернокислых растворах с добавками нитрата церия и уксусной кислоты [291]. Необходимо всегда помнить, что результат обработки поверхности также зависит от типа сплава [581]. Твердое анодирование алюминиевых саморезов увеличивает срок их службы [290].

Чисто алюминиевые слои на алюминиевых сплавах осаждаются в расплаве  $Al_2O_3-NaCl-KCl$ , улучшая их сцепление предшествующим фосфатированием [142]. Образование полос на анодированных алюминиевых сплавах объясняется расширением границ кристаллов при окислении и образующимися там отложениями [378]. Для выявления текстуры поверхности при специальном щелочном травлении (E6-Beizen) существует новая, подробно не описанная добавка, способствующая устранению травильных полос и получению "замороженной" текстуры поверхности [475].

Пузырьки газа, лопающиеся при плазменно-электролитическом окислении алюминия и титана, используются для разрушения органических добавок; эти отработанные продукты усиливают защитные свойства оксида [476].

Измерения показывают, что выход по току при анодировании снижается с повышением температуры и увеличением продолжительности процесса [507].

Комбинацию алюминий - магний одновременно покрывают перед лакированием конверсионным титан-циркониевым слоем [165]. Соединяемые элементы, как например магниевые штанги и алюминиевые трубы защищают от контактной коррозии анодированием [179]. Соединения алюминия, магния и их сплавов одновременно успешно обрабатывают плазменно-электролитическим окислением [511].

Для магния имеется новое, не содержащее хром (VI) конверсионное покрытие, осаждением в водном растворе зеленоватых, самозалечивающихся слоев [160].

Хорошей коррозионной стойкостью обладают слои, получаемые плазменным окислением в щелочном растворе с последующим уплотнением [292, 508, 509, 510, 535, 582, 629]. Сравнение показало, что лучшей обработкой поверхности является нанесение: аморфного фосфатного слоя из щелочного, кристаллического - из кислого раствора и гальванического покрытия Cu-Ni-Cr [369]. Рост магниевых имплантантов при лечении сломанных костей ускоряется, если их поверхность состоит из фтористого магния, образующегося при обработке в растворе гидроксида натрия и фтористоводородной кислоты [370]. Стабильность в физиологическом растворе улучшает гидро-термическая обработка в щелочном растворе под давлением [628]. Коррозионную стойкость магния улучшают напылением слоя нержавеющей стали [16]. В случае требований к коррозионно- и износостойкости, подходящими являются покрытия химическим никелем, которым предшествует нанесение конверсионного ванадиевого слоя или трехступенчатая обработка, состоящая из травления и двойного активирования [164].

На титановых поверхностях плазменно-электролитическим окислением получают слои  $ZrO_2/TiO_2$  или  $ZrO_2/CeO_2$ , находящие применение в качестве высокотемпературных катализаторов в химии и металлургии [51].

## 8. Различные обработки поверхности

### 8.1. Конверсионные покрытия, покрытия из расплавов, напыление металлов

Коррозионную стойкость повышают заменой первоначального пассивного слоя конверсионным покрытием на основе органического комплекса [158]. Аморфные фосфатные слои должны быть также коррозионно устойчивы без хромирования [262]. Цирконатное пассивирование цинка должно заменить хромирование [363]. Тонкозернистые фосфатные слои получают включением в покрытие  $SiO_2$  [408]. Фосфатные покрытия лучше всего удаляются в солянокислом растворе [209, 329].

Предварительным окислением поверхности избегают дефектов горячего цинкования [163]. Исследуют причины коррозии уличных фонарей и аналогичных объектов, покрытых способом горячего цинкования [82, 698]. Изучают цинкование высоколегированных сталей [260]. Сравнительные испытания показывают, что бессвинцовый сплав Al-Ni-Mn-Sn имеет аналогичные со сплавом Zn-Pb свойства [371]. Сплавы Zn-Al имеют низкие температуры плавления и применяются для тонких покрытий при штучном цинковании [372]. Металлическое напыление на основе молибдена оправдывает себя в качестве средства защиты от коррозии [660].

### 8.4. PVD / CVD, диффузионные покрытия

Обзор [416] должен показать возможности применения PVD / CVD-покрытий. Спектрофотометрически контролируется равномерность осаждения износостойких PVD / CVD-покрытий [92, 233]. Истинный черный цвет PVD-слоев объясняется структурой нижнего слоя в многослойном покрытии [177, 234]. PVD-наноконпозиционные TiAlSiN-покрытия инструментов хорошо сочетают твердость и пластичность [591].

Недостатки вакуумного или мокрого химических способов при производстве функциональных покрытий избегают плазменным напылением, с подачей необходимых веществ непосредственно в форсунку [30].

### **9. Контроль качества**

При исследованиях применения гальванических и других покрытий в рамках основных исследовательских задач, должны также рассматриваться проблемы контроля качества и относящиеся к ним процессы. Как показывают публикации на эту тему в актуальном обзорном периоде, повышенный упор делается на известные процессы, что возможно объясняется недостаточным состоянием разработки новых технологий и процессов.

Система автоматического управления и контроля всех параметров 16-ти гальванических установок просчитывает одновременно производительность и передает информацию в виде электронных сообщений дальше, на предусмотренные контрольные пункты [20]. При исследовании античных металлических объектов и способов их обработки, хорошо зарекомендовали себя неразрушающие методы контроля [1, 330].

Проведение серьезного статистического анализа на постоянном (неизменяющемся) производстве позволяет экономить на дорогих анализах [42]. Тензиометрическим методом измерения поверхностного натяжения проверяют чистоту поверхности [208]. Описывают титрационные методы определения молибдена [205, 328], никеля и хрома [557]. С помощью соответствующего устройства можно определять скорость осаждения в гальванических ваннах в текущем времени [558]. Для анализа органических соединений производится предварительная обработка методами газовой хроматографии и пиролиза [653].

Методом газовой хроматографии разделяют и определяют органические составляющие лаков [64].

Описываются приборы для оценки эмиссии запахов [327] и для исследования действия пигментов [393].

Перечисляются существующие и вновь разработанные способы контроля функциональных свойств покрытий [40], более информативно описывается оптическая микроскопия [41]. Имеется новый прибор для проверки износостойкости [209, 520], сравнивают различные нормы контроля блеска [410, 652]. Действие нового прибора для проверки качества сцепления основывается на управля-

емой нагрузке и центробежной силе [445]. Точное повторение визуального измерения блеска лучше со светодиодным освещением [602], воспроизводимость инструментальных цветовых измерений требует точного поддержания всех параметров [603]. Для анализов поверхности тонких напыленных слоев существует модифицированная спектрометрия тлеющего разряда (GDOES) [655].

Методом импедансной спектроскопии не только обнаруживают поры в никеле, но и рассчитывают их размеры [38]. Растроэлектронным микроскопом определяют распределение наночастиц в дисперсионных слоях [43]. Разработан новый метод определения механических свойств медного покрытия в вертикальных электрических соединениях многослойных печатных плат испытаниями на растяжение-сжатие [39]. Измерительные приборы для определения различных характеристик лака монтируют в одном испытательном стенде [105, 243], сообщают о проверках адгезии методом решетчатых надрезов [332, 492, 607] и других исследований покрытий [333].

Ускоренные коррозионные испытания все чаще заменяют циклическими коррозионными исследованиями [106, 244, 483]. Разработаны уравнения для предварительной оценки поведения покрытий при атмосферной коррозии [548]. На случайных примерах показывают предпочтительность электрохимических методов исследований перед ускоренными коррозионными испытаниями [19], как например определение скорости коррозии в трехэлектродной ячейке [399]. Имеется специальное лабораторное оборудование для симуляции эрозии от дождевых капель со скоростью до 300 км/час на моторах ветряных установок [335] и способ определения трещин [654]. Изучается возможное взаимное влияние пластика и гальванических растворов, т. к. эти растворы циркулируют в пластиковых трубах [493, 556].

Техника безопасности является важной предпосылкой контроля качества [459], поэтому в лакировальных производствах соблюдается целый ряд законодательных и других предписаний по охране здоровья и технике безопасности [69]. Для пожарной безопасности существуют покрытия, образующие при высокой температуре тол-

стый слой пены, что может, например, продлить время до полного разрушения здания [70].

#### **10. Окружающая среда, сточные воды, отработанные газы**

По сравнению с предыдущими годами сравнительно незначительное число публикаций в обзорном периоде посвящено теме охраны окружающей среды в гальванике и на предприятиях по обработке поверхности [384, 401, 565]. Интересен американский опыт, принесший ощутимые экономические выгоды в результате тщательного разделения домашнего мусора и специальных отходов [109]. Как показывает пример с подвесками в лакировальных установках, их утилизация чаще дешевле, чем снятие лака [210]. Если в сточных водах содержится шестивалентный хром, то он должен перерабатываться на твердые отходы, поскольку их быстрее привести в соответствие измененным стандартам [604].

Постоянно дискутируется проблема охлаждающей жидкости для автомобилей [405]. Приносит экономию ограничение работы установок очистки воздуха конкретным рабочим местом [433]. Содержание фосфата, который является причиной роста водорослей в сточных водах, ограничено законодательно [459]. Изучается возможность производства метана из отработанных органических веществ, при их высоком содержании, с целью его дальнейшего сжигания [559]. Рациональным управлением сточными водами пытаются снизить их количество, например конденсат от сушки направлять на промывку подающих труб в лакировальных установках [108, 113, 337, 494].

Разработан автоматический УФ-прибор, разрушающий вредные вещества в сточных водах и регистрирующий степень их чистоты [22]. Рекомендована дистилляция с механической термокомпрессией [426]. Электрофлотация комбинируется с другими способами выведения вредных веществ из сточных вод [560, 605]. Подготовленные шламы служат абсорбентом для анионов [606]. Разработаны новые флокулянты [66].

Аналогичные размышления имеются также для отработанных газов. Решению проблемы переработки или сжигания отходов посвящено

множество публикаций [338], среди которых описан практический опыт работы с биологическими установками [339, 340, 404, 562, 701, 702]. Законодательные нормативы допускают содержание в отработанном воздухе до 10% неприятных и раздражающих запахов в жилых и до 15% - в промышленных районах [65, 204, 207, 327]. В случае, если концентрация направляемых на сжигание растворителей составляет 12 г/м<sup>3</sup>, должно применяться их концентрирование молекулярными ситами в сочетании с центрифугами [211, 656]. Установки очистки воздуха должны рассчитываться исходя из количества частиц [402, 561].

Описан ионообменный способ переработки разбавленных растворов с осаждением хромосульфата бария [341]. СО<sub>2</sub> возможно перерабатывать в подходящий полимерный материал [344]. Абразивные порошки, пропущенные сквозь сито и очищенные от магнитных частиц захоронивают, а извлеченные при очистке вещества направляют на переработку [449]. Никелевые растворы концентрируют ионным обменом, циркулирующий в трубах концентрат электролитически перерабатывается при высокой плотности тока [450]. Искусственные материалы могут перерабатываться различными способами с содержанием вторичного сырья до 35% [703].

#### **11. Коррозия и защита от коррозии**

Число научно-исследовательских проектов, связанных с проблемами коррозии, в этом обзорном периоде было, по сравнению с предыдущим, явно больше [95]. Это возможно, связано с необходимостью разработки новых направлений выбора коррозионной защиты, представленных в работах [96, 178]. Приводится свод правил по защите стальных конструкций [432] и способ замены двойных покрытий [490]. Исходя из разумных соображений, работа по защите конструкций от атмосферной коррозии должна начинаться уже на стадии разработки проекта [276, 386, 592] и продолжаться на всех его стадиях [391, 400].

Так называемая степень агрессивности среды при атмосферной коррозии устанавливается индивидуально для отдельных географических областей и, в связи с этим, разрабатываются многочисленные способы защиты от коррозии [139]. В

условиях атмосферной коррозии, стали с гладкими поверхностями меньше подвергнуты локальной коррозии, чем шероховатые [94]. Смещение потенциала коррозии за счет алюминия в Zn-Al-покрытиях из расплава, возможно увеличить незначительной добавкой стронция [14].

По результатам сравнительных исследований коррозионного поведения цинковых покрытий, нанесенных различными способами, лучшими являются диффузионные слои, в большей степени имеющие соединения, обладающие пассивирующим действием, как например ZnO, ZnFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и ZnFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [81, 252, 637]. Изучение образования окислов на гальванических покрытиях цинком и цинковыми сплавами показывает, что самый тонкий и в тоже время малопористый оксидный слой образуется на Zn-Ni-сплаве [18, 549]. Исследуют влияние поверхности материала основы на цинковые покрытия [627], к тому же представлена карта с географическим распределением коррозии цинка (в Польше) с соответствующими исследованиями [388, 389, 546]. Коррозионную стойкость магния увеличивает незначительная добавка цинка [431].

Хлоридная коррозия находящихся в земле конструкций, зависящая от концентрации хлоридов (внесенных с удобрениями), ингибируется нитритом или специально разработанными для этой цели синтетическими соединениями [84, 346, 597]. Если коррозия вызывается блуждающими токами, то нужно устранить образование подобных ячеек [185, 186, 187, 188]. Пленкой из кевлара устраняют течи в трубах [138]. Арматура в бетоне ржавеет преимущественно в присутствии хлоридов и влаги [184].

Наночастицы пентоксида ванадия в покрытиях являются хорошим защитным средством против окисления и обрастания, например корпусов кораблей, в морской атмосфере и морской воде [180]; подобная защита должна быть комбинирована с другими видами обработками поверхности [97, 189, 235, 301].

Коррозионная стойкость нержавеющей стали зависит от образования на поверхности пассивного слоя [306, 361] и диффузии хрома на поверхность [303]. Она может быть улучшена дополнительной термообработкой [357].

Сталь защищают от коррозии атомарными титановыми или танталовыми замещенными поверхностными слоями [305]. Защитное действие силиконовых покрытий улучшается их старением в коррозионной среде [304], коррозионную защиту химического никеля оптимизируют диспергированными в слое тефлоновыми наночастицами [355], а латуни - корректировкой растворимости цинка и меди [387]. Исследуют склонность к окислению различных сталей при высоких температурах [547]. Глюконат проявляет в воде ингибирующие свойства, однако, зависящие от состава воды [648]. На линиях травления, пластик, используемый в качестве конструкционного материала, также изнашивается [390]. Новые исследования дают другое представление о степени солевых загрязнений транспортных средств [593].

Такие или подобные коррозионные проблемы содержатся в целом перечне дальнейших публикаций [647, 654, 677, 690, 691, 692].

### **Literatur2013**

- [1] Panczyk, F. et al.: inżynieria powierzchni (2012), 2, S. 77-79
- [2] Anon.: galvano organo (2012), Nr.812, S. 25-26
- [3] Anon.: galvano organo (2012), Nr.812, S. 27-28
- [4] Masarsky, M. et al.: Products Finishing 76(2012)9, S. 24-26
- [5] Khorsand, S. et al.: Trans. IMF 90(2012)3, S. 149-155
- [6] Danilov, E. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 48(2012)3, S. 280-285
- [7] Tong, I. Z.: Trans. IMF 90(2012)3, S. 120-124
- [8] Pillai, A.M. et al.: Trans. IMF 90(2012)3, S. 143-148
- [9] Bartowska, A. et al.: inżynieria powierzchni 2012,2, S. 71-73
- [10] Rogov, A. B. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 48(2012)3, S.293-298
- [11] Seidel, C. et al.: Farbe und Lack 118(2012)7, S.30-34
- [12] Kirsten, S. et al.: PLUS 14(2012)7, S. 1620-1630
- [13] Andreoni, D.: trattamenti e finiture 11(2012)2, S. 26-30
- [14] Obidov, E.R.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 48(2012)3, S. 305-308

- [15] Sjugajew, A. W. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 48(2012)3, S. 299-304
- [16] Bikulčius.G.etal.:Trans. IMF90(2012)3,S. 125-128
- [17] Sudagar, let al: Trans. IMF 90(2012)3, S. 129-136
- [18] Ramnauskas, R. etal.:Trans. IMF 90(2012)3, S. 137-142
- [19] Kwiatkowski. Letal.: in ynieria powierzchni 2012,2, S. 64-70
- [20] Anon.: technik report (2012), 6, S. 48-60
- [21] Moe.M.: Products Finishing 76(2012)9, S. 20-23
- [22] Stegmann, S.: LABO (2012)3, S. 29
- [23] Lang, J. et al.: cav 44(2012)3, S. 46-17
- [24] Poschmann, H.: PLUS 14(2012)7, S. 1487-1497
- [25] Werners, A.: PLUS 14(2012)7, S. 1518-1528
- [26] Diepstraten,G. etal: PLUS 14(2012)7, S. 1566-1568
- [27] Bräuer, J. etal: PLUS 14(2012)7, S.1631-1637
- [28] Löwer, C: weiterrorn Das Fraunhofer Magazin (2012),3, S. 46-47
- [29] Nowottnick,M.etal.:PLUS 14(2012)7, S. 1638-1644
- [30] Koch, B.: weiterrorn Das Fraunhofer Magazin (2012)3, S. 38
- [31] Seibel, B. etal.: Farbe und Lack 118(2012)7, S. 19-23
- [32] Becker, J. et al.: Farbe und Lack 118(2012)7, S. 26-29
- [33] Horschig-Springe, J.: besser lackieren 14(2012) 11-12, S. 7
- [34] Becker-Willingen.C: besser lackieren 14(2012) 11-12. S. 11
- [35] Katz.T etal.: World of Mining 64(2012)3, S. 180-186
- [36] von der Linden. E.: Erzmetall World of Mining 64(2012)3, S. 189-193
- [37] Peter, W.: besser lackieren 14(2012) 11-12, S. 9
- [38] Juskowiak-Brzeska, A.etal.: Trans. IMF 90(2012)3, S. 156-160
- [39] Konstantin, G.etal.: PLUS 14(2012)7, S. 1544-1552
- [40] Jelenkowski, Let al.: inżynieria powierzchni (2012) 2, S. 3-8
- [41] Marchlewski. P. etal.: inżvnieriaDowierzchni (2012)2. S. 9-13
- [42] Krull. J.: Products Finishing 76(2012)7, S. 16-19
- [43] Hilt,M.:besserlackieren 14(2012)11-12.S.8
- [44] Lüers, K.: weiterrorn Das Fraunhofer Magazin (2012), 3, S. 50-51
- [45] Roczanski, O. et al.: Trans. IMF 90(2012)3, S. 361-368
- [46] Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)7-8, S.28-29
- [47] Eich, G.: besser lackieren 14(2012)11-12, S.12
- [48] Skinina, L. M. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 48(2012)4, S. 385-390
- [49] Holtmann, C: besser lackieren 14(2012)11-12, S. 6-7
- [50] Feist, S.: besser lackieren 14(2012)11-12, S. 7
- [51] Rudnew, W. A. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 48(2012)4, S. 391-397
- [52] Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)7-8, S.16-18
- [53] Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)7-8, S.22-23
- [54] Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)7-8, S. 30-31
- [55] Anon.: Aluminium 88(2012)7/8, S. 51
- [56] Münzberg, R.: PLUS 14(2012)8, S. 1764-1766
- [57] Stahr.A.etal.: PLUS 14(2012)8, S. 1815-1825
- [58] Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)7-8, S. 25-27
- [59] Fuhrmann, F.: besser lackieren 14(2012)11-13, S. 3
- [60] Kerntopf, R. et al.: besser lackieren 14(2012)11-13, S. 2
- [61] Denig, W. et al: besser lackieren 14(2012)11-13, S. 4
- [62] Degener.W.G.: besser lackieren 14(2012)11-13, S. 11
- [63] Oberender.Chr.: besser lackieren 14(2012)11-13, S. 16
- [64] Hilt, M. et al.: besser lackieren 14(2012)11-13, S. 8
- [65] Hübner, R.: besser lackieren 14(2012)11-13, S. 7
- [66] Das, Q. et al.: Aluminium 88(2012)7/8, S. 17-18
- [67] Kunicky, Z. et al.: Erzmetall World of Mining 64(2012)4, S.236-238
- [68] von Manteuffel, L.: BPUV 124(2012)7/8, S. 321-322

- [69] Schmon, E.: besser lackieren 14(2012)11-13, S. 10
- [70] Anon.: Lack im Gespräch 2012, Nr.1 12, S. 7
- [71] Schmidt, N.: JOT 52(2012)8, S. 40-42
- [72] Schulz, D.: JOT 52(2012)8, S. 43-47
- [73] Keller, J. et al.: JOT 52(2012)8, S. 26-28
- [74] Scheffels, G.: JOT 52(2012)9, S. 10-17
- [75] Schulz, Chr. et al.: JOT 52(2012)9, S. 33-34
- [76] Warta, H.: JOT 52(2012)9, S. 36-40
- [77] Reisinger, U. et al.: Schweißen und Schneiden 64(2012)7, S. 398-105
- [78] Pennington, T.: Products Finishing 76(2012)10, S. 18-20
- [79] Wheterald, J.: Metal Finishing 110(2012)4, S. 39-10
- [80] Du, Z. J. et al.: Trans. IMF 90(2012)4, S. 197-202
- [81] Proskurkin, E. W. et al.: stal 80(2012)7, S. 59-64
- [82] Krolikowska, A. et al.: ochrona przed korozja 53(2012)6, S.269-272
- [83] Kuziak, J. et al.: ochrona przed korozja 53(2012)6, S. 273-275
- [84] Klakocar-Cziespacz, M. et al.: ochrona przed korozja 53(2012)6, S.276-278
- [85] Reinemuth, J. et al.: email 60(2012)4, S. 50-55
- [86] Schrübbers, H. et al.: JOT 52(2012)9, S. 46-53
- [87] Anon.: JOT 52(2012)8, S. 22-24
- [88] Mubarak, A.M. et al.: Metal Finishing 110(2012)4, S. 224-225
- [89] Werners, A.: PLUS 14(2012)9, S. 1967-1980
- [90] Schmitz, S. et al.: PLUS 14(2012)9, S. 2013-2027
- [91] Borchard-Tuch, C.: Chemie+Chemische Rundschau 2012, 9, S. 25-27
- [92] Struppert, T. et al.: JOT 52(2012)9, S. 78-80
- [93] Hinzmann, D. et al.: Farbe und Lack 118(2012)9, S. 22-26
- [94] Alar, V et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 43(2012)8, S. 725-732
- [95] Zubielewicz, M.: ochrona przed korozja 53(2012)7, S. 307-313
- [96] van Rijsbergen, R.: JOT 52(2012)8, S. 30-31
- [97] Cimander, E. et al.: JOT 52(2012)8, S. 32-33
- [98] Denig, W.: JOT 52(2012)8, S. 34-35
- [99] Fingerle, J.: JOT 52(2012)9, S. 44
- [100] Burkhardt, G. et al.: JOT 52(2012)9, S. 64-65
- [101] Groß, O.: Farbe und Lack 118(2012)8, S. 32-33
- [102] Pennigton, T.: Products Finishing 76(2012)10, S. 12-17
- [103] Knopp, R.: besser lackieren 14(2012)14, S. 10
- [104] Anon.: GIT Labor 56(2012)8, S. 608-609
- [105] Eid, T.: JOT 52(2012)9, S. 58-60
- [106] Anon.: Products Finishing 76(2012)10, S. 22-26
- [107] Friedrich, J. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 43(2012)8, S. 705-710
- [108] Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)9, S. 29-31
- [109] Miller, W R.: Metal Finishing 110(2012)4, S. 21-31
- [110] Hilsenbek, U.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)9, S. 26-27
- [111] Winzenried, O. E., O.: Faszination Elektronik 12(2012)6, S. 12-14
- [112] Langner, R., et al.: Werkstoffe in der Fertigung 2012,4, S. 3
- [113] Lahr, R.: Werkstoffe in der Fertigung 2012,4, S. 4
- [114] Vergöhl, M.: JOT 52(2012)8, S. 54
- [115] Perrot, J.-F.: JOT 52(2012)9, S. 72-73
- [116] Jackson, D.: Metal Finishing 110(2012)6 S. 22-27
- [117] Milde, O.: besser lackieren 14(2012)15,2
- [118] Hilt, M. et al.: besser lackieren 14(2012)15,8
- [119] Kunz, U.: JOT 52(2012)10, S. 58-61
- [120] Büchter, E.: JOT 52(2012)10, S. 66-69
- [121] Schukz, D.: Products Finishing 76(2012)11, S. 16-40
- [122] Guagliano, M.: trattamenti e finiture 11(2012)3, S. 20-25
- [123] Yerti, J.etal.: Products Finishing 77(2013)1, S. 70-73
- [124] Felix, C.: Products Finishing 76(2012)11, S. 75-80
- [125] Komorowski, L.: ochrona przed korozja 53(2012)9, S. 380-385
- [126] Brandt, A.: ochrona przed korozja 53(2012)7, S. 317-319
- [127] Rokicki, R. et al.: Trans. IMF 90(2012)4, S. 188-196
- [128] Liu, F. et al.: Metal Finishing 110(2012)4, S. 203-208
- [129] Gruda, A.: Metal Finishing 110(2012)6, S. 10-12

- [130] Walker, C: Metal Finishing 110(2012)4, S. 43-44
- [131] Larson, C: Trans. IMF 90(2012)4, S. 179-184
- [132] Gutjahr, M.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)9, S. 25
- [133] Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)9, S. 37-39
- [134] Pasold, G.: Oberflächen Polysurfaces 53(2012)4, S. 16-17
- [135] Pennigton, T.: Products Finishing 76(2012)12, S. 12-18
- [136] Pennigton, T.: Products Finishing 76(2012)12, S. 20-23
- [137] Huber, A.: besser lackieren 14(2012)16, S. 4
- [138] Franczak, P. et al.: ochrona przed korozja 53(2012)9, S. 386-390
- [139] Krolikowska, A.: ochrona przed korozja 53(2012)9, S. 391-394
- [140] Straumann, U: Bulletin SEV/VSE: 2012,10, S. 40-42
- [141] Parker, M. et al.: AIFM Galvanotecnica e nuove finiture (Italien) 22/63 (2012)3, S. 140-146
- [142] Huang, W et al.: AIFM Galvanotecnica e nuove finiture (Italien) 22/63(2012)3. S. 148-151
- [143] Fels, C: AIFM Galvanotecnica e nuove finiture (Italien) 22/63 (2012)3, S. 152-154
- [144] Cavallotti, O. L.: AIFM Galvanotecnica e nuove finiture (Italien) 22/63 (2012)3, S. 158-162
- [145] Jelinek, T. W.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti (Russland) 20(2012)3, S. 26-33
- [146] Osipowa, M. L. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti (Russland) 20(2012)3, S. 35-41
- [147] Spitsina, A. A. et al.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti (Russland) 20(2012)3, S. 42-46
- [148] Ramanauskas, R. et al.: Trans. IMF 90(2012)5, S. 237-248
- [149] Cavallotti, P. L. et al: Trans. IMF 90(2012)5, S. 246-251
- [150] Kosta, I. et al.: Trans. IMF 90(2012)5, S. 252-268
- [151] Imaz, N. et al.: Trans. IMF 90(2012)5, S. 259-266
- [152] Pavlatou, E. A. et al.: Trans. IMF 90(2012)5, S. 267-273
- [153] Gyawali, G. et al.: Trans. IMF 90(2012)5, S. 277-280
- [154] Roy, B.: galvano organo (2012) Nr. 813, S. 47-49
- [155] Pennigton, T.: Products Finishing 77(2013)1, S. 22-26
- [156] List, B.etal.: Metal Finishing 110(2012)6, S. 12-16
- [157] Dunham, B.:Metal Finishing 110(2012)6, S. 18-21
- [158] Pießlinger-Schweiger, S.: Oberflächen Polysurfaces 53(2012)4, S.22-24
- [159] Kuc, A.: ochrona przed korozja 53(2012)7, S. 302-306
- [160] Bhargava, G. et al.: Metal Finishing 110(2012)6, S. 32-38
- [161] Kaluzny, K.: Metal Finishing 110(2012)6, S. 43-46
- [162] Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)4, S. 33-35
- [163] Norden, M. et al.: Stahl und Eisen 131(2012)9, S. 49-60
- [164] Tran, T. N. et al.: Metal Finishing 110(2012)4, S. 209-214
- [165] M hleisen, M.: lightweightdesign (2012), 5, S. 8-11
- [166] von Hazebrouk, M.: Stahl und Eisen 131(2012)9, S. 80-83
- [167] Mader, W.: besser lackieren 14(2012)14, S. 12
- [169] Frank, M.: besser lackieren 14(2012)16, S. 12
- [170] Anon.: JOT 52(2012)8, S. 36
- [171] Svejda, P.: JOT 52(2012)9, S. 18-21
- [172] Anon.: JOT 52(2012)9, S. 26-31
- [173] Koblenzer, G.: JOT 52(2012)10, S. 32-35
- [174] Anon.: JOT 52(2012)10, S. 50-53
- [175] Bremerkampf, E. et al.: PLUS 14(2012)10, S. 2252-2257
- [176] Medvedev, A. M. et al: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 20(2012)3, S. 47-52
- [177] Pennignton, T: Products Finishing 76(2012)10, S. 30-31
- [178] Maciewski, A.: ochrona przed korozja 53(2012)7, S. 314-316
- [179] Händel, M. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 43(2012)7, S. 596-600
- [180] Tremel, W. et al.: besser lackieren 14(2012)15, S. 16

- [181] Heinisch, L. P.: *lightweightdesign* (2012),5, S. 15-19
- [182] Sommer, H. J.: *corrosion news* (2012), 3, S. 4-6
- [184] Alström, J.: *corrosion news* (2012), 3, S. 8-9
- [185] Budnik, K. et al.: *ochrona przed korozja* 53(2012)8, S. 332-339
- [186] Fiedorowicz, M.: *ochrona przed korozja* 53(2012)8, S. 340-346
- [187] Jankowski, J. et al.: *ochrona przed korozja* 53(2012)8, S. 347-350
- [188] Sokolski, W.: *ochrona przed korozja* 53(2012)8, S. 351-355
- [189] Kaniak, T. et al.: *ochrona przed korozja* 53(2012)8, S. 358-360
- [190] Schneider, M. et al.: *MO Magazin für Oberflächentechnik* 66(2012)9, S. 18-20
- [191] Gfinther, J.: *K-IMPULSE* 55(2012)8, S. 6
- [192] Anon.: *Oberflächen Polysurfaces* 53(2012)4, S. 27-28
- [193] Hilt, M. et al.: *besser lackieren* 14(2012)14, S. 8
- [194] Barmbold, T.: *besser lackieren* 14(2012)14, S. 11
- [195] Gutmann, T. et al.: *besser lackieren* 14(2012)15, S. 1
- [196] Ort, C.: *Products Finishing* 77(2013)1, S. 16-20
- [197] Pennigton, T.: *Products Finishing* 77(2013)1, S. 28-32
- [198] Picke, S.: *Farbe und Lack* 118(2012)10, S. 16-19
- [199] Muth, M.: *Farbe und Lack* 118(2012)10, S. 22-25
- [200] Frey, G.: *Farbe und Lack* 118(2012)10, S. 36-37
- [201] Broszkowska, I. et al.: *ochrona przed korozja* 53(2012)9, S. 398-403
- [202] Sutter, D.: *Oberflächen Polysurfaces* 53(2012)4, S. 12-14
- [203] Dopheide, N.: *besser lackieren* 14(2012)14, S. 6
- [204] Toulon, A.: *besser lackieren* 14(2012)14, S. 9
- [205] Youssef G. I. et al.: *ochrona przed korozja* 53(2012)7, S. 298-301
- [206] Anon.: *Metall* 66(2012)7-8, S. 323-324
- [207] Hübner, R.: *besser lackieren* 14(2012)15, S. 9
- [208] Anon.: *JOT* 53(2012)10, S. 28-30
- [209] Winigradov, S. N. et al.: *galvanotechnika i obrabotka poverchnosti* 20(2012)3, S. 53-56
- [210] Kugelmeyer, B.: *besser lackieren* 14(2012)15, S. 6
- [211] Rafilenbeul, R.: *besser lackieren* 14(2012)15, S. 7
- [212] Heinzelmann, F.: *Oberflächen Polysurfaces* 53(2012)4, S. 18-19
- [213] Erhardt, O. et al.: *Chemie+Chemische Rundschau* 2012, 9, S. 21-23
- [215] Schulz, D.: *JOT* 52(2012)8, S. 40-47
- [217] Keller, J. et al.: *JOT* 52(2012)8, S. 26-28
- [218] Scheffel, G.: *JOT* 52(2012)9, S. 10-17
- [219] Schulz, Chr. et al.: *JOT* 52(2012)9, S. 32-34
- [220] Warta, H.: *JOT* 52(2012)9, S. 36-40
- [221] Wheterald, J.: *Metal Finishing* 110(2012)4, S. 39-40
- [222] Du, Z. et al.: *Trans. IMF* 90(2012)4, S. 197-207
- [223] Schrübbers, H. et al.: *JOT* 52(2012)9, S. 46-53
- [224] Anon.: *galvano organo* (2013) Nr. 820, S. 45-47
- [225] Anon.: *JOT* 52(2012)8, S. 22-24
- [233] Struppert, T. et al.: *JOT* 52(2012)9, S. 78-80
- [234] Pennigton, T.: *Products Finishing* 76(2012)10, S. 30-31
- [235] Hinzmann, D. et al.: *Farbe und Lack* 118(2012)9, S. 22-26
- [236] Alar, Y. et al.: *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik* 43(2012)8, S. 725-732
- [241] Burkhardt, G. et al.: *JOT* 52(2012)9, S. 64-65
- [243] Eid, T.: *JOT* 52(2012), S. 58-60
- [244] Anon.: *Products Finishing* 76(2012)10, S. 22-26
- [246] Sutter, D.: *Oberflächen Polysurfaces* 53(2012)4, S. 12-14
- [249] Winzenried, O.: *Faszination Elektronik*, 12(2012)6, S. 12-14
- [254] Reinemuth, J. et al.: *email* 60(2012)4, S. 50-55
- [257] Tran, T.N. et al.: *Metal Finishing* 110(2012)4, S. 209-214
- [258] List, B. et al.: *Metal Finishing* 110(2012)6, S. 12-16
- [260] Norden, M. et al.: *Stahl und Eisen* 131(2012)9, S. 49-60
- [263] Hein, J. P. et al.: *MO Magazin für Oberflächentechnik* 66(2012) 10, S. 24-27
- [264] Anon.: *MO special Reinigung in Produktion und Instandhaltung* (2012), 10, S. 12-14
- [265] *MO special Reinigung in Produktion und Instandhaltung* (2012), 10, S. 46-48
- [266] Busskamp, J.: *JOT* 52(2012)12, S. 46-48
- [267] Schulz, D.: *JOT* 52(2012)12, S. 50-51
- [268] Anon.: *JOT* 52(2012)12, S. 52-54

- [269] Schulze, I.: JOT 53(2013)1, S. 14-15
- [276] Brandt, A.: ochrona przed korozja 53(2012)7, S. 317-319
- [277] Klimecka-Tatar, D. et al.: ochrona przed korozja 53(2012)119, S. 505-508
- [278] Fischer, S.: Oberflächen Polysurfaces 53(2012)6, S. 12-13
- [279] Salacinska, A. et al.: ochrona przed korozja 53(2012) 11, S. 534-536
- [280] Hoyer, I. et al.: Schweissen und Schneiden 64(2012)11, S. 726-733
- [281] Hilt, M. et al.: besser lackieren 14(2012)20, S. 8
- [282] Klose, R.: EmpaNews 10(2012)38, S. 9
- [283] Himmeler, M.: real-time Ethernet special 2012, 5, S. 6-9
- [284] Anon.: Der Siebdruck 58(2012)11
- [285] Kriependorf, S.: Vuf Nachrichten (2012), 49, S. 3
- [286] Richter, M.: Vuf Nachrichten (2012), 49, S. 3
- [287] Jagminas, A. et al.: Trans. IMF 90(2012)6, S. 311-315
- [289] Mader, W.: besser lackieren 14(2012)14, S. 12
- [290] Sieber, M. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechn 43(2012)7, S. 661-667
- [291] Curioni, M. et al.: Trans. IMF 90(2012)6, S. 290-297
- [292] Kapuscinska, A. et al.: ochrona przed korozja 53(2012)1 S.3592-594
- [293] Hilt, M. et al.: besser lackieren 14(2012)21, S. 8
- [294] Anon.: Oberflächen Polysurfaces 53(2012)6, S. 10-11
- [295] Peters, D. et al.: global solar 5(2012)7, S. 6-9
- [296] Klose, R.: EmpaNews 10(2012)38, S. 4
- [297] Poschmann, H.: PLUS 14(2012)J2, S. 2592-2602
- [298] Riester, M.: PLUS 14(2012)12, S. 2703-2708
- [301] Schneider, R.E.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)11 S.22-23
- [302] Grobelny, M. et al.: ochrona przed korozja 53(2012)1 S.488-492
- [303] Jagiel, K.: ochrona przed korozja 53(2012)11, S. 491-494
- [304] Owczarek, E. et al.: ochrona przed korozja 53(2012)1 S. 528-53
- [305] Bergmann, E. et al.: Oberflächen Polysurfaces 53(2012)6, S. 25-3
- [306] Anon.: Stahl und Eisen 131(2012)12, S.126-131
- [307] Krolikowska, A. et al.: ochrona przed korozja 53(2012)12 S.432-437
- [308] Fingerle, J.: JOT 52(012)9, S. 44
- [315] Barmbold, T.: besser lackieren 14(2012)14, S. 11
- [316] Demmler, F.: besser lackieren 14(2012)20, S. 5
- [317] Favresse, Ph. et al.: Farbe und Lack 118(2012)12 S. 16-19
- [318] Scharfer, Ph. et al.: Farbe und Lack 117(2012)12, S. 322-25
- [319] Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)10, S. 14-15
- [320] Tiedje, O. et al.: JOT 52(2012)12, S. 28-30
- [321] Zollitsch, C.: JOT 52(2012)10, S. 44-45
- [322] Ramadan, F.: besser lackieren 14(2012)21, S. 10
- [323] Allmüller, S.: besser lackieren 14(2012)16, S. 12
- [324] Saubert, C. et al.: AIFM Galvanotecnica e nuove finiture (Italien) 22/63 (2012)5, S. 268-278
- [325] Honnacker, M.: BPUV 124(2012)12, S. 554-559
- [327] Toulon, A.: besser lackieren 14(2012)14, S. 9
- [328] Youssef, G. I. et al.: ochrona przed korozja 53(2012)7, S. 298-301
- [329] Anon.: Metall 66(2012)7-8, S. 323-324
- [330] Ehrenberger, C.: Chemie+Chemische Rundschau 2012, 11, S.32-37
- [331] Klinecky, M.: besser lackieren 14(2012)20, S. 10-11
- [332] Kalinna, C.: JOT 52(2012)12, S. 56-58
- [333] Anon.: JOT 52(2012)12, S. 58-61
- [334] Schumann, D.: Oberflächen Polysurfaces 53(2012)6, S. 19-21
- [335] Wilke, M.: besser lackieren 14(2012)21, S. 8
- [336] Runde, C.: besser lackieren 14(2012)20, S. 16
- [337] Hilsenbek, U.: MO Magazin für Oberflächentechnik 66(2012)4, S. 24-27
- [338] Hübner, R.: besser lackieren 14(2012)20, S. 9
- [339] Fischer, K.: JOT 52(2012) 12, S. 32-34
- [340] Hübner, R.: besser lackieren 14(2012)21, S. 9
- [341] Erlacher, N. et al.: Oberflächen Polysurfaces 53(2012)6, S. 14-16
- [342] Kamel, H. H. et al.: Metall 66(2012)12, S. 574-579
- [344] Anon.: Chemie+Chemische Rundschau (2012), 9, S. 65

- [345] Paschen, P.: *Erzmetall World of Mining* 64(2012)6, S. 380-384
- [346] Klakoczar-Cz iepacz, M. et al.: *ochrona przed korozja* 53(2012)6, S. 276-278
- [347] Kraus, H.etal.: *MO Magazin für Oberflächentechnik* 66(2012)1, S.10-12
- [348] Friednch, J.: *Metall* 66(2012)12, S. 568-573
- [350] Mulukutla, M. et Trans. IMF 90(2012)6, S. 316-323
- [351] Larson, C: Trans. IMF 90(2012)6, S. 285-287
- [352] Ispas, A. et al.: Trans. IMF 90(2012)6, S. 298-303
- [353] Monev, M. etal.:Trans. IMF90(2012)6, S. 305-310
- [354] Sekar, R. et al.: Trans. IMF 90(2012)6, S. 324-329
- [355] Kucharska, B. et al.: *ochrona przed korozja* 53(2012)11, S.522-524
- [356] Wykpi s, K. et al.: *ochrona przed korozja* 53(2012)11, S. 544-54
- [357] Kuc, A.: *ochrona przed korozja* 53(2012)7, S. 302-306
- [360] Anon.: *MO Magazin für Oberflächentechnik* 66(2012)4, S. 33-35
- [361] Pießlinger-Schweiger, S.: *Oberflächen Polysurfaces* 53(2012)4, S.22-25
- [362] Fachikov, I. et al.: Trans. IMF 90(2012)6, S. 330-333
- [363] Winiarski, J. et al.: *ochrona przed korozja* 53(2012)11, S. 536-540
- [364] Anon.: *JOT* 53(2013)1, S. 48-50
- [365] Hensel,U:*metallbau* 2013,1,S.42-44
- [366] Anon.: *JOT* 53(2013)1, S. 38-40
- [367] Anon.: *Metall* 66(2012)12, S. 561
- [368] Anon.: *JOT* 5X2011)1, S. 42-43
- [369] Kwiatkowski, I. et al.: *ochrona przed korozja* 53(2012)12, S. 418-426
- [370] Hoyer, P. et al.: *Materialwissenschaft und Werkstofftechr* 43(2012)12, S. 1067-1072
- [371] Wesolowski, J. et al.: *ochrona przed korozja* 53(2012)1, S. 438-442
- [372] Pinger,T: *Metall* 66(2012)12, S. 558-560
- [373] Prado.R. etal.: *Products Finishing* 77(2013)3, S. 14-15
- [374] Kurtz, O. et al.: *AIFM Galvanotecnica e nuove finiture* 22/63(2012)5, S. 280-287
- [375] Jelinek, T. W.: *galvanotecnika i obrabotka poverchnosti* 20(2012)4, S.13-28
- [376] Danilov, F. J. et al.: *galvanotecnika i obrabotka poverchnosti* 20(2012)4, S. 32-33
- [377] Przywoski,A. etal.: *ochrona przed korozja* 53(2012)4, S. 26-31
- [378] Ma,Y.etal.:*Trans.IMF91(2013)1*,S. 11-16
- [379] Funk, S.: *besser lackieren* 15(2013)2, S. 12
- [380] Barmbold,T. et al.: *JOT* 53(2013)1, S. 22-25
- [381] Werth.M.: *JOT* 53(2013)1, S. 26-28
- [382] Zepf N.etal.: *Bulletin SEV/VSE: 103(2012)12*, S. 6-9
- [383] Anon.: *besser lackieren* 15(2013)2, S. 6
- [384] Bridges, J.: *smt* 25(2012)12, S.16-17
- [385] Medwedev, A. M.: *galvanotecnika i obrabotka poverchnosti* 20(2012)4, S. 47-57
- [386] Stanuch, I.: *ochrona przed korozja* 53(2012)12, S. 418-426
- [387] Larin, V. et al.: *galvanotecnika i obrabotka poverchnosti* 20(2012)4, S. 34-39
- [388] Kobus,J.etal.:*ochrona przed korozja* 53(2012)4, S. 12-16
- [389] Kreislova, K. et al.: *ochrona przed korozja* 53(2012)4, S. 3-11
- [390] Rögener, F. etal.: *Stahl und Eisen* 132(2013)1, S. 34-39
- [391] Krolikowski, A.: *ochrona przed korozja* 53(2012)12, S. 572-575
- [392] Neundorf, M.: *JOT* 53(2013)1, S. 29-33
- [393] Cramer. W. R.: *Farbe und Lack* 119(2013)1, S.30-33
- [394] Vignola, C: *Farbe und Lack* 119(2013)1, S. 34-37
- [395] Hilt, M. et al.: *besser lackieren* 15(2013)1, S. 8
- [396] Friedrich, J.: *besser lackieren* 15(2013) 1, S. 12
- [397] Günther, J. etal.: *besser lackieren* 15(2013)1, S. 16
- [398] Kipfmüller, O.: *Farbeund Lack* 119(2013)2, S.22-25
- [399] Rudenok, V. A. et *galvanotecnika i obrabotka poverchnosti* 20(2012)4, S. 58-61
- [400] Ibled, A.: *galvano organo* (2012), Nr. 818, S. 38-40
- [401] Beucke, T.: *JOT* 53(2013)1,S. 16-18
- [402] Reisgen, U. et al.: *Schweissen und Schneiden* 64(2012)12, S. 788-796

- [403] Kruglikov, S. S. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 20(2012)4, S. 62-68 [404] Fischer, K.: JOT 52(2012)12, S. 32-34
- [405] Klose, R.: EmpaNews 11(2013)37, S. 5-7
- [406] Gagro, D.: Farbe und Lack 119(2013)1, S. 52-53
- [407] Gypen, I.: email 60(2012)6, S. 82-88
- [408] Abraschov, A. A. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 20(2012)4, S. 41-46
- [409] Schulz, D. JOT 52(2013)12, S. 50-51
- [410] Kuhn, A. et al.: Products Finishing 77(2013)4, S. 22-25
- [411] Hermanns, M.: JOT 53(2013)2, S. 40-41
- [412] Elsässer, J. et al.: Schweißen und Schneiden 65(2013)1-2, S. 34-39
- [413] Weightman, C: Products Finishing 77(2013)5, S. 24-27
- [414] Dise, R.: galvano organo (2012), Nr. 818, S. 52-54
- [415] Reinhold, B. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 44(2013)1, S. 58-69
- [416] Lampert, C. M.: Products Finishing 77(2013)5, S. 48-55
- [417] Vergason, C. et al.: Products Finishing 77(2013)5, S. 54-57
- [418] Wang, J. et al.: Metal Finishing 111(2013)1, S. 4-19
- [419] Tebbakh, S. et al.: Trans. IMF 91(2013)1, S. 17-23
- [420] Survikliene, S. et al.: Trans. IMF 91(2013)1, S. 24-31
- [421] Abdel-Rachman, A. A. et al.: Trans. IMF 91(2013)1, S. 32-43
- [422] Srinivasan, R. et al.: Trans. IMF 91(2013)1, S. 52-56
- [423] Anon.: Metall 67(2013)1-2, S. 20-21
- [425] Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2013)2, S. 8
- [426] Bums, R.: Products Finishing 77(2013)4, S. 30-33
- [427] Luccarini, F: besser lackieren 15(2013)3, S.9
- [428] Bossel, U: Bulletin SEV/VSE: 104(2013)2, S. 36-39
- [429] Münch-Alligne, C. et al.: Bulletin SEV/VSE: 104(2013)1, S. 41-45
- [430] Otto, T. et al.: PLUS 15(2013)2, S. 378-382
- [431] Hoyer, P. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 44(2013)1, S. 84-93
- [432] Bayer, F. et al.: JOT 53(2013)2, S. 26-29
- [433] Griessler, A.: besser lackieren 15(2013)2, S. 3
- [434] Schmidhuber, S.: besser lackieren 15(2013)2, S. 4
- [435] Kern, R.: JOT 52(2012)12, S. 14-16
- [436] Anon.: JOT 52(2012)12, S. 18-20
- [437] Berkei, M. et al.: JOT 52(2012)12, S. 24-26
- [438] Tiedje, O. et al.: JOT 52(2012)12, S. 28-30
- [439] Anon.: JOT 53(2013)2, S.16-17
- [440] Ritterbach, A.: JOT 53(2013)2, S. 18-19
- [441] Silberzahn, J.: JOT 53(2013)2 S. 46-48
- [442] Lawrence, S. E.: besser lackieren 15(2013)3, S. 1
- [445] Uhl, A.: besser lackieren 15(2013)3, S. 5
- [446] Anon.: JOT 53(2013)2 S. 20-21
- [447] Vick, E.: JOT 53(2013)2 S. 31-33
- [448] Br, K. O.: JOT 53(2013)2 S. 34-38
- [449] Anon.: JOT 53(2013)2 S. 34-38
- [450] Mankey, P.: Products Finishing 77(2013)5 S. 20-23
- [451] Gabe, D. R.: Trans. IMF 91(2013)1, S. 2-3
- [452] Bakry, M. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 44(2013)1, S. 22-28
- [453] Munkert, H. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 44(2013)1, S. 36-43
- [454] Offenberg, D. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2012), 6, S. 5
- [455] Studerus, A.: Bulletin SEV/VSE: 104(2013)1, S. 31-32
- [456] Ozyihmaz, T. et al.: Metal Finishing 111(2013)1, S. 44-51
- [457] Anon.: galvano organo (2012), Nr. 818 S. 36-37
- [458] Welzbacher, U.: BPUV 125(2013)2, S. 70-75
- [459] List, B. et al.: galvano organo (2013), Nr. 817, S. 34-36
- [460] Ederle, H. P.: Products Finishing 77(2013)6, S. 34-40
- [461] Davis, D.: Products Finishing 77(2013)6, The Fabricator S. 4-8
- [462] Helltom, T: Products Finishing 77(2013)6, The Fabricator S. 14-20
- [463] Nickel, H.: besser lackieren 15(2013)5, S. 4
- [464] Schulz, D.: JOT 53(2013)3, S. 44-46
- [465] Koblenzer, G.: JOT 53(2013)3, S. 48-51
- [466] Kurz, N. et al.: JOT 53(2013)3, S. 56-58
- [475] Weigelt, C: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)1, S. 10-12
- [476] Rudnev, W.S. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 49(2013)1, S. 91-103

- [477] Rohner, R.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)1, S. 28-30
- [478] Hilt, M. et al.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)1, S. 13-17
- [479] Sauer, E: Farbe und Lack 119(2013)3, S. 73-79
- [480] Lork, A. et al.: Farbe und Lack 119(2013)3, S. 86-91
- [481] Schellenberger, S. et al.: Farbe und Lack 119(2013)3, S. 92-97
- [482] Kunder, M. et al.: Farbe und Lack 119(2013)3, S. 102-196
- [483] Entenmann, M. et al.: Farbe und Lack 119(2013)4, S. 104-116
- [484] Götz, A. et al.: Farbe und Lack 119(2013)4, S. 117-122
- [485] Molhoek, L. et al.: Farbe und Lack 119(2013)4, S. 123-127
- [486] Klemann, G. et al.: besser lackieren 15(2013)5, S. 1/2
- [487] Harsch, M.: besser lackieren 15(2013)5, S. 8
- [488] Greimel, K.: besser lackieren 15(2013)5, S. 12
- [489] Dössel, K.-E: JOT 54(2013)3, S. 20-24
- [490] Meier, O: JOT 53(2013)3, S. 38-43
- [491] Wieder, J.: Werkstoffe in der Fertigung 7(2013) 1, S. 47-49
- [492] Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2013)5, S. 6
- [493] Popov, A. N. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)1, S. 47-51
- [494] Schmid, E: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)1, S. 20-22
- [495] Qureshi, M.: Products Finishing 77(2013)6, S. 26-31
- [496] Kögler, M.: besser lackieren 15(2013)5, S. 16
- [497] Anon.: oppervlaktetechnieken 52(2013)2, S. 42-45
- [498] Riss, F. et al.: lightweightdesign (2013), 1, S. 24-28
- [499] Menacher, M. et al.: lightweightdesign (2013), 1, S. 56-61
- [500] Wellness, C: Aluminium 89(2013)3, S. 16-21
- [501] Schabel, F. e. a.: Chemie+Chemische Rundschau (2013)3
- [502] Koch, C: email 61(2013)1, S. 4-10
- [503] H ckler, C. L.: email 61(2013)1, S. 15-19
- [504] Molz, R. J. et al.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)1, S. 6-9
- [505] Haupt, M.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)1, S. 23
- [506] Sacharov, N. A. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 49(2013)1, S. 88-94
- [507] Tomassi, P. et al.: inzynieria powierzchni (2013), 1, S. 32-35
- [508] Anon.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 53, (2013) S. 28-29
- [509] Bestetti, M. et al.: Trans. IMF 91(2013)2, S. 74-79
- [510] Chen, M. A. et al.: Trans. IMF 91(2013)2, S. 80-87
- [511] Baron-Wiechec, A. et al.: Trans. IMF 91(2013)2, S. 107-112
- [512] Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2013)6, S. 6
- [513] Mayer, B. et al.: lightweightdesign (2013), 2, S. 14-19
- [514] NON.: oppervlaktetechnieken 52(2013)3, S. 36-37
- [515] Schulz, G. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2013), 2, S. 8-9
- [516] Orben, S.: JOT 53(2013)4, S. 64-66
- [517] Anon: focus rostfrei 7, (2013) 627, S. 30-33
- [518] Anon: focus rostfrei 7, (2013), 627, S. 38-39
- [519] Brand, J.: lightweightdesign 2013,2, S. 54-55
- [520] Bogdanski, B. et al.: in ynieria powierzchni (2013), 1, S. 14-18
- [521] Anon.: bänder bleche rohre 54(2013)2, S. 76-77
- [522] Hallgren, J.: corrosion news (2013), 4, S. 6-8
- [523] Anon.: Werkstoffe in der Fertigung (2013), 2, S. 66-72
- [524] Schmalz, D. R.: JOT 53(2013)4, S. 48-60
- [525] Uhlmann, P.: JOT Special Kombinierte Oberflächen (Bundesrep. Deutschland) 53, (2013), S. 4-6
- [526] Dahlhaus, M.: JOT Special 53, (2013), S. 8.
- [527] Hansal. W.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 53, (2013), S. 10-12
- [528] Fischer, S. M.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 53, (2013) S.14-15
- [529] Mumme, F: JOT Special Kombinierte Oberflächen 53, 2013, S. 20-22
- [530] Bielinski, J.: inzynieria powierzchni 2013,1,S. 3-13
- [531] Kakarcka, A. S. et a): Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 49(2013)2, S. 230-236

- [532] Georgieva, M. et al.: Trans. IMF 91(2013)2, S. 96-100
- [535] Anon.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 53, (2013), S. 28-29
- [539] Anon.: Metall 67(2013)4, S. 143-146
- [540] Schieweck, J. et al.: Werkstoffe in der Fertigung (2013), S. 39-10
- [541] Ostendorf, E.: JOT 53(2013)4, S. 26-28
- [542] Kaus, D.: JOT 53(2013)4, S. 67-75
- [543] Kurtz, O. et al.: PLUS 15(2013)4, S. 710-720
- [544] Adam, J.: PLUS 15(2013)4, S. 734-739
- [545] Kurtz, O. et al.: PLUS 15(2013)4, S. 871-874
- [546] Kobus, J.: inzynieria powierzchni (2013), 1, S. 24-31
- [547] Dwoździk, M.: inzynieria powierzchni 2013,1, S. 36-39
- [548] Kobus, J. et al.: ochrona przed korozja 53(2012)3, S. 80-85
- [549] Narkevius, A. et al.: Trans. IMF 91(2013)2, S. 68-37
- [550] Tschumakov, W. I. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)1, S. 31-37
- [551] Grigorjan, N. S. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)1, S. 39-46
- [553] Ederer, W.: besser lackieren 15(2013)6, S. 9
- [554] Schrübbers, H. et al.: JOT 53(2013)4, S. 36-39
- [555] Miszczyk, A.: ochrona przed korozja 53(2012)3, S. 71-73
- [556] Popov, A. N. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)1, S. 47-51
- [557] Prekina, I. M. et al.: stal 81(2013)3, S. 28-29
- [558] Giebler, E.: JOT 53(2013)4, S. 80-91
- [559] Klemmer, X.: Chemie+Chemische Rundschau (2013), 4, S. 50-51
- [560] Charlamova, T. A. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)1, S. 54-61
- [561] Kukurugya, E. et al.: Metall 67(2013)4, S. 154-159
- [562] Schlachte, R. et al.: JOT 53(2013)4, S. 30-34
- [563] Heimerl, C.: JOT 53(2013)3, S. 54-55
- [564] Dürr-Krouzilak, R.: JOT 53(2013)2, S. 33-35
- [565] Diestler, T.: JOT 53(2013)5, S. 38-39
- [566] Kurz, U.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)2, S. 14-18
- [567] Ved, M. V. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)1, S. 25-30
- [568] Buczka, Z. et al.: inzynieria powierzchni (2013), 1, S. 19-23
- [569] Camargo, M.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 53, 2013, S. 18-19
- [570] Qu, N. S. et al.: Trans. IMF 91(2013)2, S. 88-95
- [571] Bekisch, Ju. N. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)1, S. 16-23
- [573] Uhlmann, P.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 53, (2013), S. 4-6
- [574] Dahlhaus, M.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 53, 2013, S. 8-9
- [575] Hansal, W.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 53, 2013, S. 10-12
- [576] Venz, R.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 53, 2013, S. 16-17
- [577] Mumme, F.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 53, 2013, S. 20-22
- [578] Anon.: Metall 67(2013)5, S. 202-205
- [579] camargo, M.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 53, 2013, S. 18-19
- [580] Caihen. Y. et al.: AIFM Galvanotecnica e nuove finiture (Italien) 23/64(2013)2, S. 85-89
- [581] Thate, W.: Aluminium 89(2013)5, S. 64-66
- [582] Ramm, M. et al.: Metall 67(2013)5, S. 204-207
- [583] Schulz, D.: JOT 53(2013)5, S. 16-17
- [584] Vick, E.: JOT 53(2013)2, S. 31-33
- [585] Anon.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)2, S. 30-31
- [586] Anon.: besser lackieren 15(2013)9, S. 7
- [587] Anon.: JOT 53(2013)2, S. 29-31
- [588] Adam, J.: PLUS 15(2013)5, S. 970-974
- [589] Schmitz, R. et al.: PLUS 15(2013)5, S. 1080-1083
- [590] Melamies, I. A.: JOT 53(2013)5, S. 31-32
- [591] Lukaszkwicz, K. et al.: AIFM Galvanotecnica e nuove finiture (Italien) 23/64(2013)2, S. 74-84
- [592] Bayex, F. et al.: JOT 53(2013)2, S. 26-29
- [593] Wiebeck, H.: JOT (Bundesrep, Deutschland) 53(2013)5, S. 68-72
- [594] Tschumakov, W. I. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)1, S. 31-37
- [595] Grigorjan, M. S. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)1, S. 39-46
- [596] Schilp, M.: JOT 53(2013)3, S. 26-28
- [597] Schelling, A.: JOT 53(2013)5, S. 22-24
- [599] Bär, K. G. O.: JOT 53(2013)2, S. 34-38

- [600] Dössel, K. F: JOT 53(2013)13 S. 20-24
- [602] Blackert, C. et al.: JOT 53(2013)3, S. 30-33
- [603] Schulze, H.-J.: JOT 53(2013)2, S. 70-71
- [604] Manzi, N.: galvano organo (2012), Nr. 819, S. 28-30
- [605] Charlamova, T. A. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)1, S. 54-61 [606] Bourgois, J. et al.: galvano organo (2013), Nr. 819, S. 31 -33
- [607] Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2012)8, S. 6
- [608] Anon.: MO Magazin fur Oberflächentechnik 67(2013)3, S. 34-37
- [609] Sahin, H, et al.: Farbe und Lack 119(2013)5, S. 30-33
- [610] Lugrin, G. et al.: Bulletin SEV/VSE: 104(2013)5, S. 39-42
- [611] Price, S.: JOT 53(2013)4, S. 66-67
- [612] Novotny, R.: Bulletin SEV/VSE: 104(2013)5, S. 35-37
- [613] Bragina, L. et al.: email 61(2013)2, S. 26-32
- [614] Kötze, T. et al.: besser lackieren 15(2013)2, S.8
- [615] Schmeider, J.: besser lackieren 15(2013)8, S. 3
- [616] Fenske, M. et al.: Schweißen und Schneiden 64(2012)05, S.271-274
- [617] Anon.: MO Magazin fur Oberflächentechnik 67(2013)5, S. 40-42
- [618] Anon.: MO Magazin fur Oberflächentechnik 67(2013)5, S. 44-45
- [619] Anon.: MO Magazin fur Oberflächentechnik 67(2013)5, S. 50-51
- [620] Konzok, D.: JOT 53(2013)6, S. 48-50
- [621] Rohner, M.: JOT 53(2013)6, S. 51-53
- [622] Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2013)10, S. 6
- [623] Muhleisen, M.: JOT Special Kombinierte Oberflächentechnik 53, (2013), S.24-24
- [624] Bekisch, Ju. N. et al.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 21(2013)1, S. 17-24
- [625] Sell, S. et al.: MO Magazin fur Oberflächentechnik 67(2013)3, S.20-22
- [626] Kubeil, C: JOT 53(2013)6, S. 42-43
- [627] Wegrzynkiewicz, S. et al.: ochrona przed korozja 54(2013)5, S.196-200
- [628] Zhang, H.X. et al.:Trans. IMF91(2013)3, S. 141-148
- [629] Naweart, G. et al.: ochrona przed korozja 54(2013)5, S. 239-242
- [630] Topp, M.: JOT 53(2013)6, S. 20-23
- [631] Kirst.S. et al.: JOT 53(2013)6, S.44-45
- [632] Penzkofer, M. et al.: besser lackieren 15(2013)19, S. 9
- [633] Motschmann.S.: besser lackieren 15(2013)10, S. 12
- [634] Becker,J.: JOT 53(2013)6, S. 36-37
- [635] Schweigerer, D. et al.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)3, S.8-11
- [636] Klimecka-Tatar, D. et al.: ochrona przed korozja 54(2013)5, S.187-190
- [637] Anon.: metallbau 2013, 1,S. 42-44
- [638] Anon.: galvano organo 2013, Nr. 820, S. 38-39
- [639] Larson,C. et al.: Trans. IMF 91(2013)3, S. 120-132
- [640] Braun, S.: MO Magazin fur Oberflächentechnik 67(2013)5, S. 24-25
- [641] Turk, A.: PLUS 15(2013)6, S. 1265-1267
- [642] Ansorge, F. et al.: PLUS 15(2013)6, S.1285-1289
- [643] Schreier-Alt,T. et al.: PLUS 15(2013)6, S. 1295-1304
- [644] Checmanovski, J. G. et al.: ochrona przed korozja 54(2013)5, S.205-208
- [645] Kaminski, J. et al.: ochrona przed korozja 54(2013)5, S. 213-216
- [646] Rumeau, E.: besser lackieren 15(2013)8, S. 5
- [647] Masendorf, R. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 44(2013)4, S. 311-318
- [648] Ivusi, E. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 44(2013)4, S. 319-329
- [649] Anon.: JOT 53(2013)5, S. 12-14
- [650] Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)5, S. 10-12
- [651] Albert, P: Farbe und Lack 119(2013)6, S. 17-19
- [652] Werling, S.: besser lackieren 15(2013)8, S. 10
- [653] Ehrenberger, C: Chemie+Chemische Rundschau 2013,5, S. 32-33
- [654] Anon.: MO Magazin fur Oberflächentechnik 67(2013)5, S. 21-22
- [655] Baak, M. et al.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)3, S. 22-23
- [656] Rohr, U et al.: Farbe und Lack 119(2013)6, S. 28-32
- [657] Owada, S.: Erzmetall World of Mining 66(2013)3, S. 154-160
- [658] Wang, H. et al.: Erzmetall World of Mining 66(2013)3, S. 161-167

- [659] Zhao, WS. et al.: Trans. IMF91(2013)3, S. 149-155
- [660] Hübsch, C. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 44(2013)4, S. 304-310
- [661] Frisch, E.: JOT 53(2013)6, S. 30-33
- [662] Anon.: Metall 67(2013)6, S. 268-271
- [663] ploum, R.: besser lackieren 15(2013)10, S. 8
- [664] Pichot, B.: Metal Finishing 110(2012)9, S. 28-31
- [665] Fischer, S.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)3, S. 6-7
- [666] Schulz, D.: Oberflächen Polysurfaces 54(2013)3, S. 17-19
- [667] Mitschele, M.: JOT Special Industrielle Teilereinigung 2013, S. 22-23
- [668] Götz, G.: JOT Special Industrielle Teilereinigung 2013, S. 40-41
- [669] Danilov, F.I. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 49(2013)3, S. 284-288
- [670] Lackner, I. M. et al.: Galvanotechnik 104(2013)6, S. 1208-1216
- [671] Wiskow, J.-H. et al.: Metall 67(2013)7-8, S. 339-344
- [672] Lanzinger, G. et al.: Trans. IMF91(2013)3, S. 133-140
- [673] Vijayacumar, J. et al.: Trans. IMF 91(2013)3, S. 165-168
- [674] Bekisch, Ju. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 49(2013)3, S. 305-314
- [675] Ostermann, D. et al.: Werkstoffe in der Fertigung 2013,3, S. 22
- [676] Nawrat, G. et al.: Galvanotechnik 104(2013)6, S. 1100-1116
- [677] Lemin, S. A. et al.: stal 81(2013)6, S. 77-79
- [678] Rudnev, W. S. et al.: Fyzikochimia poverchnosti I zaščita metallov 49(2013)3, S. 294-304
- [679] Elfes, H.: besser lackieren 15(2013)10, S. 4
- [680] Uhlmann, E. et al.: JOT Special Industrielle Teilereinigung 2013, S.6-7
- [681] Mehrl, I. et al.: Stahl und Eisen 132(2013)6, S. 84-85
- [682] Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2013)11, S. 6
- [683] Stubenrauch, J.: Chemie+Chemische Rundschau 2013, 6/7, S.24-25
- [684] Graf, M. et al.: PLUS 15(2013)7, S. 1491-1497
- [685] Corviseri, P.: PLUS 15(2013)7, S. 1455-1462
- [686] Anon.: PLUS 15(2013)7, S. 1479-1487
- [687] Sauler, P. et al.: PLUS 15(2013)7, S. 1498-1507
- [688] Lohrengel, M. M. et al.: Galvanotechnik 104(2013), S. 1299-1306
- [689] Mollmann, A. et al.: JOT 53(2013)7, S.24-28
- [690] Sartor, M.: Galvanotechnik 104(2013)6, S. 1128-1132
- [691] Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)6, S. 10-13
- [692] Scharf, S. et al.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)6, S.32-35
- [693] Goedicke, S. et al.: SMM 114(2013)13, S. 14-19
- [694] Reyer, R. et al.: Farbe und Lack 119(2013)7, S. 28-31
- [695] Herrmann, T.: besser lackieren 15(2013)11, S. 9
- [696] Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 67(2013)6, S. 18-19
- [697] Hilt, M. et al.: besser lackieren 15(2013)12, S. 6
- [698] Pinger, T.: JOT 53(2013)7, S. 30-31
- [699] Bender, S.: besser lackieren 15(2013)11, S. 11
- [700] Nazemi, H. et al.: Galvanotechnik 104(2013)7, S. 1322-1329
- [701] Pfisterer, M.: JOT 53(2013)7, S. 18-19
- [702] Birkenseer, M.: JOT 53(2013)7, S. 20-21
- [703] Anon.: Der Siebdruck 59(2013)6, S. 49-52
- [704] Fischwasser, K.: Galvanotechnik 104(2013)7, S. 1458-1463
- [705] Fischwasser, K.: Galvanotechnik 104(2013)6, S. 1240-1246
- [706] Gabe, D. R.: Trans. IMF 91(2013)3, S. 116
- [707] Moradi, E. et al.: Trans. IMF91(2013)3, S. 156-164

УДК 620.193.013

## **Нанесение покрытий методом селективного электронатирания**

**Ившин Я.В., Кайдриков Р.А.**

### **Часть 1. Особенности процесса**

**Ключевые слова:** процесс селективного электронатирания; электролиты для электронатирания; основные принципы создания электролитов.

Процесс нанесения покрытий способом электронатирания применяют для получения металлических осадков на локальных участках изделий. Он имеет широкое применение при восстановлении изношенных деталей машин и обладает рядом существенных преимуществ. Приведены особенности и основные принципы создания электролитов для электронатирания. Показано распределение покрытия по поверхности катода.

## **Selective Brush Plating**

**Ivshin Yu.V., Kaidrikov R.A.**

### **Part 1. Some Features of the Process**

**Key words:** selective brush plating, electrolytes for brush plating; major principles of brush plating

Brush plating is used for the restoration of worn parts, corroded areas of coatings and for plating selected areas on the surface of large parts. Its major advantages include: higher plating rate, wide thickness range, possibility to restore required size of the part with minimum mechanical treatment, absence of heating causing deformation of parts, possibility to repair parts on spot. The plating is accomplished by the anode immersed into the plating solution which impregnates some porous material (Fig.1). This material together with the anode is submerged periodically into the container with the plating solution. An alternative way is to use a pump to pass the solution through the porous material with the anode, then collecting the solution and returning it back into the process (Fig.2). Specific requirements to the plating solutions used for this process include high tolerance with respect to pH, impurities, etc. As a rule, two types of baths are necessary: one – to ensure good adhesion to the base metal and the other – to deposit successively thick layers (Tabl.1). The distribution of the metal on the surface of the part is not uniform (Fig.3) and can be improved by appropriate way of motion of the anode assembly with respect to the surface of the part.

Способ селективного электронатирания применяют для восстановления изношенных деталей машин, прокорродировавших участков покрытий и новых деталей с браком механической обработки, получения металлических покрытий на локальных участках больших изделий. Этот процесс часто используют для нанесения цинковых покрытий, широко применяемых при защите металлов от коррозии [1,2].

Ниже приведена лишь небольшая часть преимуществ, которые даёт способ селективного электронатирания.

- Высокая скорость нанесения покрытий – десятки микрометров в минуту.
- Широкий интервал толщин осаждаемых покрытий – за один прием от 0,2 до 250 мкм.
- Возможность восстановить деталь до нужных размеров, с минимумом или, во многих случаях, без потребности последующей механической обработки.
- Нарращивание металла без деформации от нагревания, что позволяет сохранить свойства металла – основы.

• Электронатиранием можно осаждают металл непосредственно на различные основы: литую сталь, алюминий, нержавеющую сталь, высокоуглеродистую сталь, монель-металл, титан, медь, латунь, цинк – практически на любые проводящие материалы, получая при этом очень хорошую адгезию покрытия к основе.

• Все оборудование и процессы для селективного нанесения покрытий электронатиранием спроектированы и реализованы в портативном исполнении. Так как для восстановления деталей не нужна гальваническая ванна, то работа может проводиться прямо на предприятии заказчика. Это существенно уменьшает время простоя оборудования и транспортные расходы.

• Возможность самостоятельно производить ремонт деталей непосредственно по месту их монтажа, что существенно упрощает процедуру ремонта.

• Экологичность, поскольку используются небольшие объемы электролитов.

Покрытие осаждают на поверхность изделия путем локального электроосаждения металла с помощью перемещающегося относительно покрываемой поверхности электрода-инструмента (рис.1).

Существуют, по крайней мере, два способа взаимного перемещения электрода инструмента и покрываемой поверхности. В первом способе тампон вручную двигают возвратно поступательно со скоростью 10 – 20 м/мин (рис.1.). Второй способ

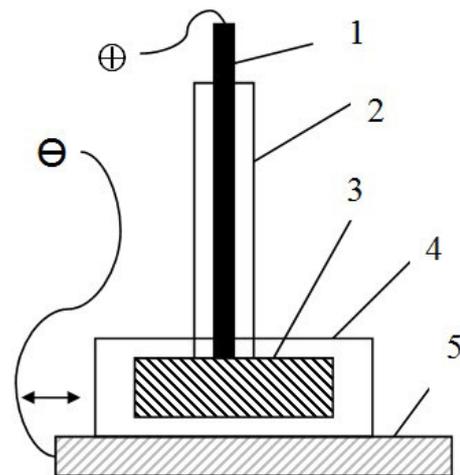


Рис. 1. Принципиальная схема установки осаждения покрытий способом селективного электронатирания. 1.-токоподвод; 2.- держатель; 3.- электрод – инструмент (анод); 4.- тампон; 5.- покрываемая поверхность (катод)

Fig.1. The installation scheme for brush plating. 1.-flexible wires; 2.- anode - handle; 3.- anode - wrapping; 5.- base metal

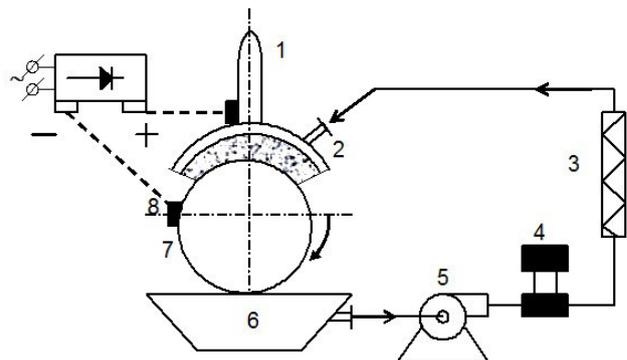


Рис. 2. Схема установки осаждения покрытий для ремонта изделий, имеющих форму тел вращения: 1.- держатель; 2.- электрод – инструмент; 3.- кондиционер; 4.- фильтр; 5.- насос; 6.- емкость для сбора электролита; 7.- покрываемая поверхность; 8.- щетка токоподвода к катоду

Fig.2. Installation scheme coating deposition for the repair of products shaped bodies of revolution: 1. - the holder; 2. - electrode - a tool; 3.-conditioner; 4. - filter; 5. - pump; 6. - collection capacity of the electrolyte; 7. - coverage; 8. - a brush current supply to the cathode

применим для ремонта изделий, имеющих форму тел вращения, при этом покрываемое изделие вращается с помощью внешнего привода относительно электрода – инструмента (рис.2).

Осаждаемый слой металла формируется на поверхности покрываемого образца, поляризуемого катодно. Электрод – инструмент представляет собой анод, обернутый пористым материалом (тампон). Смоченный электролитом тампон закреплен на рабочей поверхности анода, при этом удерживаемый в тампоне электролит периодически

чески обновляется. Для обновления электролита в межэлектродном пространстве, анод, обернутый пористым материалом, периодически окунают в емкость с электролитом. В случае нанесения толстых слоев металла электролит подается насосом сквозь анод и тампон с одновременным его сбором и рециркуляцией вытекающего раствора с возможностью фильтрации и подогрева или охлаждения (рис.2). Покрываемая деталь и анод с помощью токоподводов соединены с выходными клеммами стабилизированного источника постоянного тока, который имеет встроенный счетчик количества прошедшего электричества.

Правильный выбор электрода - инструмента имеет особую важность для подготовительных и основных операций, при наращивании толщины металла более чем 25 мкм и при нанесении покрытия на большую площадь. Электрод - инструмент состоит из рабочего электрода с прокладкой из пористого материала и токоподводящего держателя. Для удобства и безопасности работы стержень помещается в диэлектрическую рукоятку. Пористое покрытие рабочего электрода-инструмента изготавливают из адсорбирующего материала, практически не взаимодействующего с электролитами. В настоящее время нашли широкое применение тампоны (адсорбирующие материалы) с абразивом и без него, а также многослойные материалы. Применение абразива позволяет снизить вероятность образования дендритов, что позволяет осаждать более толстый слой за один прием. Тампон также играет роль изолятора, предотвращающего короткое замыкание между катодом и анодом. В настоящее время чаще всего используют лавсановый войлок или слой длинноволокнистого хлопка.

Материалом для анодов является плотный графит высокой чистоты (минимальная объемная плотность 1,74 г/см<sup>3</sup>, максимальный размер зерна 0,2 мм), платина, платинированный титан или сплав 90% платины и 10% иридия. При работе с нейтральными или щелочными электролитами так же могут быть использованы коррозионно - стойкие марки сталей. Аноды имеют форму, повторяющую профиль покрываемой поверхности. Держателем рабочего электрода служит стержень из нержавеющей стали. Электрод-инструмент прикрепляют к держателю при помощи резьбового соединения или штепселя. Большие держатели снабжены внутренними каналами для обеспечения поступления свежего электролита в зону осаждения металла.

Чаще всего процесс ремонта изделий происходит по классической схеме, мало зависящей от

материала основы, и включает подготовительные, основные и заключительные операции, с промежуточными промывками.

- Механическая очистка поверхности.
- Химическое и электрохимическое обезжиривание.
- Химическое и электрохимическое травление.
- Нанесение тонкого промежуточного слоя покрытия.
- Наращивание основного (толстого) слоя.
- Нанесение верхнего (функционального) слоя покрытия
- Сушка.
- Контроль качества и определение толщины покрытия.

Нанесение покрытия на поверхность, имеющую царапины, поры, риски, раковины, забоины требует особого внимания к этим дефектам. Острые края или наплыв металла вокруг этих дефектов следует удалять, например, галтованием. Дефекты поверхности, глубина которых больше ширины, могут представлять проблему, потому что металл покрывает дефект, не заполняя его полностью. Для избегания этого, такие дефекты следует сровнять с поверхностью, путём шлифования или формования ручным инструментом, обеспечив стачивание острых стенок дефекта и расширение его поверхности до величины, равной или большей, чем его двойная глубина.

В силу специфики процесса необходимы специальные электролиты, как правило, отличные по составу от применяемых в традиционной гальванотехнике. Электролиты должны обеспечивать высокую скорость осаждения металла (десятки мкм в минуту) и быть малочувствительными к примесям, поскольку использованные растворы не корректируются по составу и в большинстве случаев могут быть возвращены для повторного использования. За рубежом обычно выпускают электролиты готовые к использованию, составы их, как правило, не разглашаются.

Одной из паспортных характеристик пригодности каждого электролита к использованию является допустимое количество электричества на единицу объема. При осаждении покрытий с высокой поверхностной и объёмной плотностью тока, особенно при использовании малорастворимых анодов, велика роль сопряженных электродных реакций, поскольку они быстро выводят электролит из состояния баланса. Особенно жестко эти проблемы проявляются в случае селективного нанесения покрытий большой толщины, где используется небольшой объем электролита, высокая объёмная и поверхностная плотность тока, малорастворимый анод (чаще всего графитовый). Кроме того, к электролитам предъявляется ряд

других специфических требований: отсутствие разложения и выделения токсичных веществ, незначительная агрессивность к обрабатываемым изделиям, малая чувствительность к изменениям кислотности и состава, устойчивость при длительном хранении.

До настоящего времени в доступной литературе нет четких критериев, которые можно было бы использовать при разработке электролитов для процессов селективного электронатирания. Нам представляется, что одним из таких главных критериев могла бы быть буферная емкость электролита в самом широком понимании этого термина, т.е. его способность сохранять требуемые свойства в заданных пределах в различных условиях эксплуатации и процессе хранения.

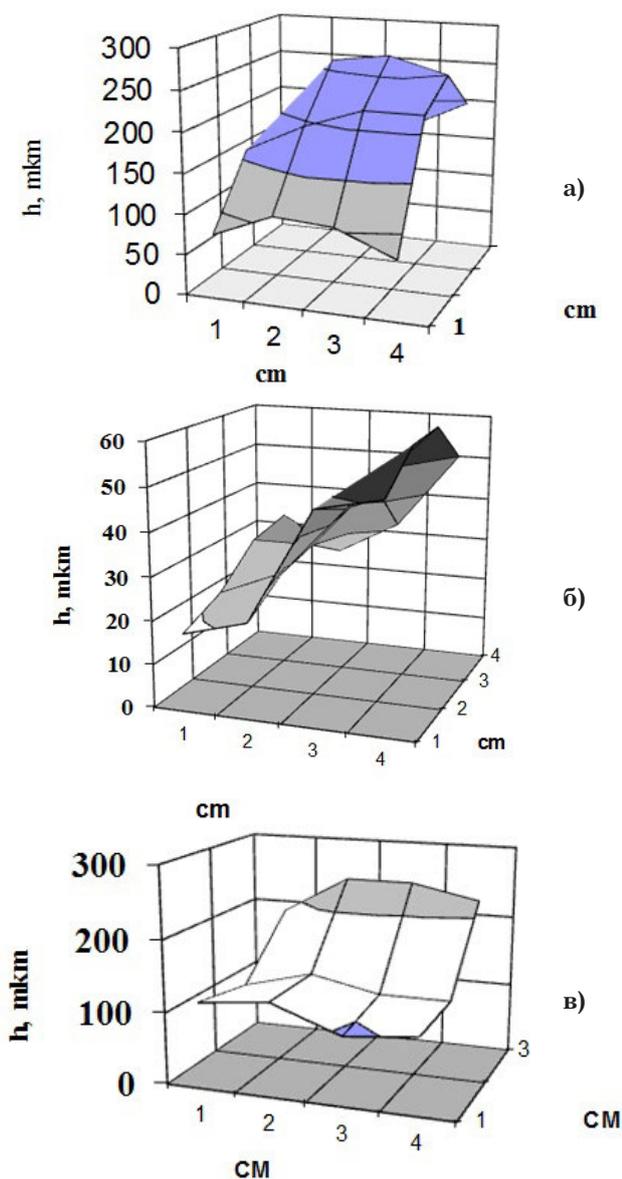
Цель исследования - разработка принципов создания электролитов для высокоскоростного осаждения металлов методом электронатирания. Электролиты, среди прочих требований, должны обеспечивать заданные физико-механические характеристики металлических осадков. Для комплексного решения проблемы ремонта изделий необходимо выполнить как минимум два условия: создание предварительного тонкого хорошо сцепленного с основой подслоя и нанесения толстых последующих слоев [3,4]. Достижение требуемого качества сцепления в процессах электронатирания достигается ужесточением условий подготовительных операций или осаждением тонкого промежуточного слоя перед нанесением основного толстого слоя. Вариант с осаждением тонкого промежуточного слоя для практики является более предпочтительным, поскольку один и тот же электролит (подслой) может быть, использован при обработке изделий с основой из различных металлов и сплавов.

Основным требованием к электролитам первой группы является хорошая адгезия осадка к основе независимо от природы металла. При этом скорость осаждения металла и выход по току имеют второстепенное значение. Многочисленные исследования показали, что при электроосаждении первого слоя покрытия, решающую роль играет кислотность электролита, обеспечивающая растворение оксидов и высокую буферную емкость раствора. Сопряженная реакция восстановления ионов водорода при этом не препятствует, а в некоторых случаях и способствует получению хорошо сцепленных осадков.

Вторая группа электролитов должна обеспечивать возможность осаждения толстых слоев металла с высокой скоростью, высоким выходом по току и с заданными физико-механическими

свойствами. При этом электролиты должны иметь высокую буферную емкость и иметь низкую чувствительность к загрязнениям. При осаждении толстых слоев покрытий, решающим фактором становится скорость осаждения при соблюдении заданных механических свойств осадка. Скорость осаждения определяется произведением двух параметров - плотности катодного тока и выхода металла по току. Исследования показали, что величина максимально возможной катодной плотности тока, в том числе, пропорциональна буферной емкости электролита по щелочи. Поскольку при использовании малорастворимого анода в процессе электролиза образуются ионы гидроксония, то электролит в процессе работы закисляется, что приводит к снижению выхода по току металла на катоде. Отсюда следует, что для обеспечения стабильно высокого выхода металла по току, электролит должен обладать также высокой буферной емкости по кислоте. Механические свойства осадков также определяются кислотностью электролита и наличием в нем примесей. Таким образом, для обеспечения осаждения покрытия хорошего качества с высокой скоростью, электролит должен обладать одновременно высокой буферной емкостью по щелочи, кислоте и загрязнениям.

Конечной практической целью исследования являлась разработка состав электролитов для высокоскоростного осаждения металлов методом электронатирания. В качестве объектов для решения поставленной задачи были выбраны электролиты, наиболее часто применяемые, при ремонте и защите от коррозии изделий методом селективного электронатирания, с учетом особенностей их эксплуатации. Основное требование к электролиту никелирования для осаждения предварительного подслоя - универсальность и малая зависимость сцепления никелевого осадка от свойств материала основы. Для электролитов меднения, предназначенных для заравнивания глубоких впадин и осаждения толстых слоев металла, важно обеспечение высокой скорости роста осадка, и большая электрохимическая емкость. Электролиты никелирования и осаждения сплава никель - кобальт, предназначенные для осаждения толстых слоев металла, должны обеспечивать заданные физико-механическими свойствами осадка (твердость, внутренние напряжения) при высокой скорости роста осадка. Электролиты цинкования, в том числе, должны обеспечивать возможность нанесения металла непосредственно на стальную и алюминиевую основы без промежуточного подслоя никеля. Для успешного решения поставленных задач, на основе априорной



**Рис. 3.** Распределение металла по поверхности катода в процессе селективного электронатирания в кислом электролите меднения. Сила тока, А: а. - 5; б. - 3; в. - 10. Продолжительность процесса - 10 мин

**Fig.3.** Metal distribution over the surface of the cathode during brush plating in acidic copper electrolyte. Current, A: а. - 5; б. - 3; в. - 10. Process duration - 10 min

информации и результатов предварительных исследований, особое внимание было уделено роли реакций, сопутствующих электрокристаллизации осаждаемого металла, использованию эффективных буферизирующих добавок, обеспечение высокой концентрации ионов осаждаемого металла в электролите путем правильного выбора анионного состава электролита.

Отдельные характеристики некоторых разработанных нами электролитов для осаждения металлов методом селективного электронатирания,

прошедших длительные пилотные испытания и внедренные в промышленную эксплуатацию, приведены в таблице.

Одной из проблем при нанесении покрытия методом селективного электронатирания является неравномерность распределения металла по поверхности катода. Рассмотрим, для примера, распределение медного покрытия на плоском катоде, что весьма актуально ввиду относительно большой толщины этого слоя в процессе ремонта (рис. 3). Покрытие наносили с помощью анода площадью 3 см<sup>2</sup>, обернутого полимерным войлоком, на латунные пластины размером 5х3 см при ручном постоянном возвратно – поступательном перемещении электрода – инструмента с частотой около 1 Гц. При этом траектория движения анода не выходила за пределы пластины. Эксперимент проводили при периодическом «окунании» тампона в емкость с электролитом объемом 25 см<sup>3</sup>, который в процессе опыта не обновлялся. Состав электролита после однократного или многократного применения не контролировали, как это обычно и имеет место в практике данной технологии.

Как можно заметить из представленных данных, распределение металла по поверхности катода может иметь самые разнообразные формы и зависит от множества факторов. Одним из определяющих моментов является равномерность движения и сила прижима электрода-инструмента при ручной реализации процесса. Следует также отметить, что увеличение силы тока сверх оптимальных значений (от 5 до 10 А, рис.3 а,в) не приводит к существенному росту скорости осаждения покрытия. Это связано с тем, что при значительном увеличении плотности тока происходит существенное уменьшение катодного выхода по току осаждения меди.

Достижение требуемых параметров равномерности осажденного осадка по поверхности может быть достигнуто различными методами, например, последующей механической обработкой покрытия, корректировкой траектории движения электрода инструмента, ограничением площади покрываемой поверхности. Последний прием используется наиболее часто и реализуется путем «выклеивания» покрываемого участка полимерной лентой.

В заключении можно сказать, что для обеспечения осаждения покрытия методом селективного электронатирания с высокой скоростью и требуемого качества, электролит должен обладать высокой буферной емкостью по щелочи, кислоте и загрязнениям. Большое значение также имеет соблюдение равномерной траектории дви-

**Таблица. Технологические характеристики некоторых электролитов для селективного электронатирования**

**Table. Operating characteristics of the baths used for brush plating**

| Тип электролита<br>Type of bath         | Содержание металла,<br>г/л<br>Metal content, g/l | Плотность тока, А/см <sup>2</sup><br>Current density, A/sm <sup>2</sup> | Скорость роста покрытия,<br>мкм/мин<br>Deposition rate, μm/min |
|---|--|---|--|
| Никель подслоя<br>Ni underlayer         | 100  | 0.5-1.0   | -  |
| Никель скоростной<br>High speed Ni bath | 90   | 0.4-0,9   | 15   |
| Никель твердый<br>Hard Ni               | 50   | 0.3-0,7   | 10   |
| Никель – кобальт<br>Ni-Co               | 90   | 0.3-0,7   | 15   |
| Медь щелочной<br>Alkaline Cooper        | 65   | 0.2-0,6   | 15   |
| Медь кислый<br>Acid Cooper              | 130  | 0.6-2,0   | 25   |
| Цинк кислый<br>Acid Zinc                | 100  | 0.5-1.0   | 20   |

жения и силы прижима электрода – инструмента относительно покрываемой поверхности.

**Литература  
References**

1. В.П.Ревякин, В.В.Шеффер, Е.А.Хару. Восстановление деталей электронатирани-ем. Тюмень: Изд-во Тюмен. гос. сель. Ин-та. – 1972. – 298 с.  
V.P.Revyakin, Sheffer V.V., Kharu E.A. Restoration of Parts by BrusPplating. Tumen State Agronomy Inst., -1972., -298 p.

2. Московец М.Н. Селективное осаждение покрытий натиранием // Гальванотехника и обработка поверхности. - 1993. - №3. - С.40 - 45.  
Moskovits M.N. Selective Brush Electroplating. Electroplating and Surface Treatment. - 1993. №3, v.X, p. 40-45.

3. Ившин Я.В., Кайдриков Р.А., Зильберг А.И. Экологически щадящий процесс нанесения бронзовых покрытий из разбавленных растворов // Сб. статей «Правовые и инженерные вопросы промышленной безопасности, охраны труда и экологии». Казань: КГТУ, 2004.С.111-116.  
Ivshin Ya.V., Kaidrikov R.A., Zilberg A.I. Environmentally Favorable Bronze Brush Plating from Diluted Solutions. Pross. Kazan State Technical University, 2004. p. 11-116.

4. Ившин Я.В., Кайдриков Р.А., Тараскин В.В. Высокоскоростное селективное электронати-

рование в практике ремонта технологического оборудования // Всероссийская научная конференция «Гальванотехника, обработка поверхности и экология в XXI веке»: Тез. докл. - Москва, 2003.-С.51-52.

Ivshin Ya.V., Kaidrikov R.A., Taraskin V.V. High-speed Brush Plating in the Reporing Practice of Industrial Equipment. Pros. Russian Conference. M., 2003. p.51-52.

**Сведения об авторах**

**Ившин Яков Васильевич** – д.х.н., профессор, Кафедра технологии электрохимических производств, Казанский государственный национальный исследовательский технологический университет. Тел. моб.; 8917 390 86 81, раб.:(843) 2314129, e-mail ivshin@kstu.ru.

**Кайдриков Рустем Алиевич** – д.т.н, профессор, заведующий кафедрой. Тел. Раб.: (843) 2 314 120, e-mail: krust@kstu.ru.

**Information about authors**

**Ivshin Yakov V.** – Dr. Sci., Professor, Dept.of Electrochemical Eng., Kazan State National Research Technology University, Russian Federation, 420015, Kazan, K.Marksa Str., 68. mob.tel.: 8917 390 86 81; (843) 2 314 129, E-mail: ivshin@kstu.ru.

**Kaidrikov Rustem A.** – Dr.Sci., Professor, Head of Dept. Tel.: (843) 2 314 120, E-mail: krust@kstu.ru.

## **Нанесение покрытий методом селективного электронатирания**

**Ившин Я.В., Кайдриков Р.А.**

### **Часть 2. Электролиты цинкования**

**Ключевые слова:** цинковое покрытие, селективное электронатирание, коррозия цинка, электролиты цинкования

Рассмотрены особенности нанесения цинковых покрытий способом селективного электронатирания. Изучено влияние состава и кислотности электролита на скорость нанесения и коррозии цинкового покрытия на стали. Показано, что наибольшая скорость формирования покрытия (около 20 мкм/мин), при его удовлетворительном качестве, реализуется в электролитах, в которых скорость коррозии цинка достаточно велика.

## **Selective Brush Plating**

**Ivshin Yu.V., Kaidrikov R.A.**

### **Part 2. Zinc**

**Key words:** zinc plating, selective brush plating, corrosion of zinc plating bath

Brush plating used on the parts with large plated surface area has demonstrated etching on the peripheral areas. This effect is caused by insufficient cathodic polarization of such areas. The deposition rate and properties of the coating depend on the bath composition, while the metal is distributed on the surface nonuniformly (Fig.1). Corrosion couple was simulated by means of steel and zinc electrodes immersed into the zinc plating solution (Fig.2). Amperograms obtained in various zinc plating solutions with equal zinc sulfate concentrations were analyzed (Table). Acidity of a bath and the presence in it of complexing agents was shown to play major role in zinc corrosion rate (Fig.3). Effect of additions of sulfuric acid demonstrated that corrosion rate is reducing proportionally to pH (Fig.4, 5). However, maximum deposition rate is observed in solution with relatively high corrosion rate. Coatings of good quality are formed in solutions with low deposition and corrosion rates. Certain additional measures may preserve high deposition rate and low corrosion rate.

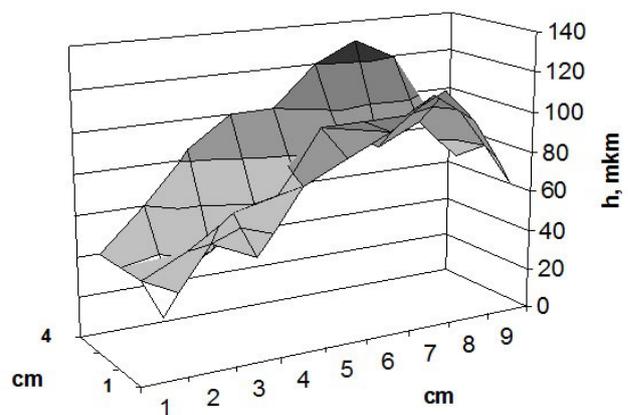
Важную роль при решении задач защиты металлов от коррозии играют защитные покрытия, использование которых позволяет повысить срок службы металлоконструкций и снизить потери металла от коррозии. Из металлических покрытий в мировой практике самое широкое применение нашли цинковые, часто получаемые гальваническим способом. Сегодня большое число фирм применяет способ селективного электронатирания для получения локальных участков покрытий на крупных изделиях или восстановления изношенных деталей машин [1]. Благодаря интенсивному обновлению электролита непосредственно у поверхности покрываемого изделия, процессы селективного электронатирания допускают применение высоких плотностей тока и, следовательно, позволяют достигать значительных скоростей формирования осадка (до 25 мкм/мин). Метод селективного электронатирания, в отличие от традиционной гальванотехники, не требует применения стационарных ванн, что позволяет производить обработку поверхностей крупногабаритных изделий непосредственно по месту их расположения.

При нанесении цинкового покрытия методом селективного электронатирания на стальную основу большой площади, было замечено существенное растравливание цинкового покрытия по краям. Это происходит в то время, когда электрод – инструмент находится далеко от края покрытия и этот участок мало поляризован катодно [2,3]. Действительно, цинковое покрытие на стальной основе представляет собой своеобразный гальванический элемент, где анодом служит цинк, а катодом – сталь. Цинк надежно защищает сталь от коррозии, но сам довольно быстро разрушается в присутствии электролита по механизму гальванической коррозии. Было отмечено, также, что на скорость коррозии цинка существенное влияние оказывает состав электролита. При цинковании широкое применение получили кислые, нейтральные и щелочные электролиты. Каждый из этих типов электролитов обладает своими преимуществами и недостатками.

Исследовали влияния состава электролита цинкования на скорость осаждения цинковых покрытий и кинетику процесса коррозии цинкового покрытия в электролитах цинкования вблизи зоны границы цинк-сталь. Для приготовления электролитов применяли дистиллированную воду и реактивы марки «х.ч.» и «ч.д.а.». Кислотность электролитов определяли с помощью прибора рН-150М. Подготовка цинковых и стальных пластин включала механическую обработку наждачной

бумагой, обезжиривание венской известью, травление 15%-ым раствором соляной кислоты, промывку дистиллированной водой. Цинковое покрытие наносили с помощью анода площадью 2 см<sup>2</sup>, обернутого полимерным войлоком, на пластины из малоуглеродистой стали размером 5×10 см при ручном постоянном возвратно – поступательном перемещении электрода – инструмента с частотой около 1 Гц. При этом траектория движения анода не выходила за пределы пластины. Эксперимент проводили при периодическом «окунании» тампона в емкость с электролитом объемом 25 см<sup>3</sup>, который в процессе опыта не обновлялся. Состав электролита после однократного или многократного применения не контролировали, как это обычно и имеет место в практике данной технологии.

Скорость осаждения цинкового покрытия и его характеристики существенно зависят от состава электролита. Также велика неравномерность распределения металла по поверхности катода, которое может иметь самые разнообразные формы и зависит от множества факторов. Одним из определяющих моментов является равномерность движения и сила прижима электрода-инструмента при ручной реализации процесса. Следует также отметить, что часто толщина покрытия убывает от центра к краю образца (рис.1), что обостряет последствия проблемы коррозии



**Рис. 1.** Распределение цинка по поверхности катода при селективном электронатирании в электролите, содержащем, г/л:  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  – 200,  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  – 30. Продолжительность процесса – 10 мин.

**Fig.1.** The distribution of the metal on the cathode surface during brush plating in electrolytes, containing, g/l:  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  200,  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  30. Process duration 10 min

цинка по краям зоны осадка.

На следующем этапе работы исследовали скорость коррозии цинкового покрытия в раз-

Таблица. Составы электролитов цинкования  
Table. Composition of zinc plating baths

| № электролита<br>Bath | Компоненты<br>Components   | Концентрация, г/л<br>Concentration, g/l | pH   |
|-----------------------|--|---|------|
| 1                     | ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O<br>Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·18H <sub>2</sub> O  | 400<br>30                               | 3,25 |
| 2                     | ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O<br>NH <sub>4</sub> HF <sub>2</sub>  | 400<br>30                               | 2,40 |
| 3                     | ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O<br>HCOOH<br>NH <sub>3</sub> (25 % p-p)<br>C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>                                  | 400<br>50<br>45<br>50                   | 7,40 |
| 4                     | ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O<br>CH <sub>3</sub> COOH<br>NH <sub>3</sub> (25 % p-p)   | 400<br>60<br>20                         | 3,47 |
| 5                     | ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O<br>Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·18H <sub>2</sub> O<br>K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | 400<br>30<br>5                          | 2,84 |
| 6                     | ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O<br>MgSO <sub>4</sub><br>Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>   | 400<br>60<br>70                         | 4,64 |

личных сульфатных электролитах цинкования (табл.). Более подробно исследован электролит цинкования (№1, табл.) с добавками серной кислоты для более детального изучения pH раствора на скорость коррозии цинка.

Коррозионную пару моделировали путем двух соединенных между собой через миллиамперметр стального и цинкового электродов площадью 13 см<sup>2</sup>, находящихся на расстоянии (L) друг от друга и погруженных в прямоугольную ячейку,

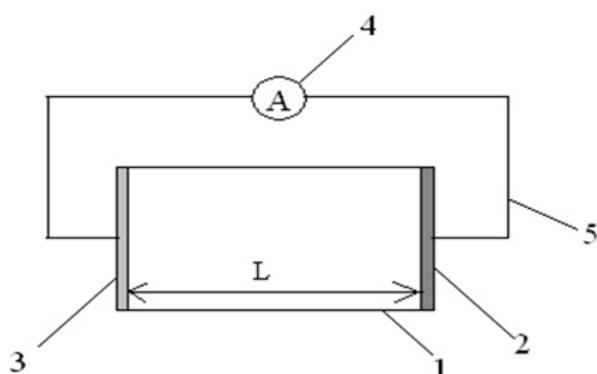


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для определения скорости коррозии цинкового покрытия. 1. – ячейка, 2. – цинковая пластина, 3. – стальная пластина, 4. – амперметр, 5. – соединительные провода; L – расстояние между электродами

Fig.2. The experimental setup to determine the corrosion rate of zinc coating. 1. - cell 2. - zinc plate, 3. - steel plate, 4. - ampere meter, 5. - wire connection; L - the distance between the electrodes

содержащую электролит цинкования объемом 0,5 дм<sup>3</sup> (рис.2).

Экспериментальные данные исследования скорости коррозии цинкового покрытия (рис.3) свидетельствуют, что уменьшение расстояния между цинковым и стальным электродами приводит к некоторому увеличению тока гальванической пары, которое объясняется уменьшением сопротивления электролита. Однако, общая картина в обоих случаях практически одинакова. Хроноамперограмма, полученная в электроли-

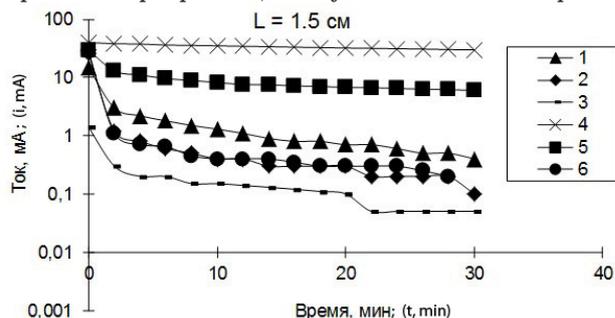


Рис. 3. Хроноамперограммы пары цинк-сталь в электролитах цинкования, содержащих 400 г/л ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O и дополнительно, г/л: 1.- 30 Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·18H<sub>2</sub>O; 2.- 30NH<sub>4</sub>HF<sub>2</sub>, 3.- 50 HCOOH, 45 NH<sub>3</sub>, 50 C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>; 4. - 60 CH<sub>3</sub>COOH, 20 NH<sub>3</sub>; 5. - 30 Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·18H<sub>2</sub>O, 5 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, 6. - 60 MgSO<sub>4</sub>, 70 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Fig.3. Chronoamperograms for zinc – steel couple in electrolytes containing 400 g/l ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O and additionally, g/l: 1.- 30 Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·18H<sub>2</sub>O; 2.- 30NH<sub>4</sub>HF<sub>2</sub>, 3.- 50 HCOOH, 45 NH<sub>3</sub>, 50 C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>; 4. - 60 CH<sub>3</sub>COOH, 20 NH<sub>3</sub>; 5. - 30 Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·18H<sub>2</sub>O, 5 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, 6. - 60 MgSO<sub>4</sub>, 70 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

те цинкования № 3, лежит ниже всех остальных (рис.3); это обусловлено тем, что рН данного электролита близок к нейтральному значению, поэтому ток очень мал (1 - 2 мА) и коррозионное разрушение протекает очень медленно.

Далее, в порядке возрастания, располагаются хроноамперограммы для электролитов № 6, 2, 1, которые находятся, примерно в одной области и отличаются лишь значениями начального тока. Коррозионный ток в них больше, чем в электролите №3, что, вероятно, связано с некоторым уменьшением рН электролитов. Значительное повышение коррозионного тока наблюдается в электролите №5, что связано, вероятно, с наличием в его составе сильного окислителя - бихромата калия. Наибольшее значение коррозионного тока наблюдается в электролите №4, хотя кислотность его (рН 3,47) не больше, чем у остальных. Вероятно, сильному коррозионному разрушению способствует наличие комплексообразующего агента - аммиака, который образует с ионами цинка достаточно прочные комплексы, что приводит к увеличению скорости анодной реакции. Таким образом, определяющими факторами скорости коррозии цинка являются кислотность электролита и наличие комплексообразующих агентов в растворе [4].

Для более детального определения влияния кислотности электролита на скорость коррозии цинкового покрытия был выбран электролит №1, в который для регулирования рН добавляли серную кислоту. Полученные в ходе эксперимента хроноамперограммы показаны на рис.4.

На основании хроноамперограмм были построены зависимости тока от концентрации кислоты (рис. 5). Как и ожидалось, с ростом концентрации серной кислоты скорость коррозии цинка увеличивается, на цинковом электроде происходит заметное восстановление волю. которое легко

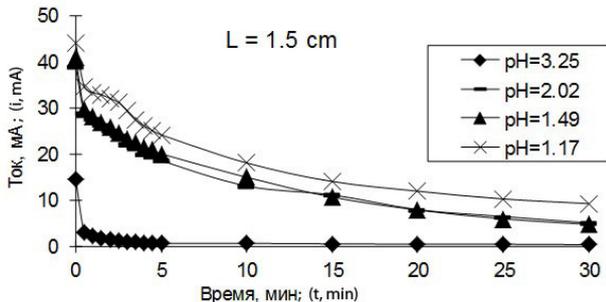


Рис. 4. Хроноамперограммы пары цинк-сталь в электролитах цинкования, содержащих 400 г/л  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  и 30 г/л  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  при различных значениях рН

Fig. 4. Chronoamperograms for zinc - steel in electrolytes containing 400 g/l  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  and 30 g/l  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  at different pH values

наблюдается по выделению пузырьков водорода. Очевидно, что с ростом рН в щелочную сторону ток падает, и наоборот.

В результате дальнейших сравнительных исследований выявлено некоторое противоречие в достижении цели. Показано, что наибольшая скорость формирования покрытия (около 20 мкм/мин), при его удовлетворительном качестве, реализуется в электролитах, в которых скорость коррозии цинка достаточно велика. Из электролитов, где скорость коррозии цинка относительно мала, как правило, формируются покрытия хорошего качества, но с малой скоростью осаждения. При этом необходимо учитывать, что скорость осаждения покрытия в данной технологии имеет ре-

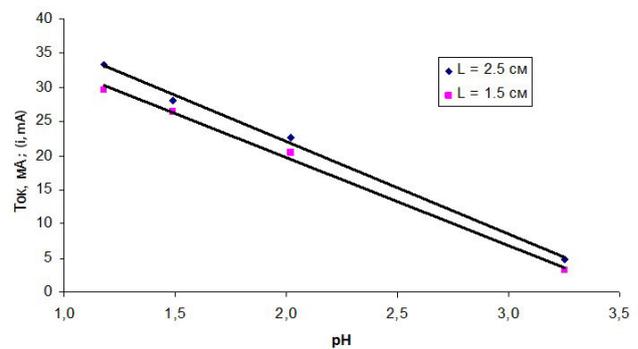


Рис. 5. Зависимость тока коррозии цинка от значения кислотности электролита цинкования

Fig. 5. Dependence of zinc corrosion current on the acidity of the electrolyte

шающее значение.

Поскольку разрешить противоречие между высокой скоростью коррозии цинка и низкой скоростью осаждения покрытия (и наоборот) путем подбора состава электролита не удалось, то были предприняты дальнейшие изыскания. Желаемый эффект снижения скорости коррозии цинка при одновременно высокой скорости осаждения покрытия был достигнут путем совершенствования технологического процесса, а именно за счет введения дополнительных операций, например, нейтрализации остатков электролита непосредственно после покрытия слабощелочным раствором, который не оказывает отрицательного действия на качество покрытия.

### Литература Reference

1. В.П.Ревякин, В.В.Шеффер, Е.А.Хару. / Восстановление деталей электролизом / ТГСИ – Тюмень, 1972. – 298 с.  
V.P.Revyakin, Sheffer V.V., Kharu E.A. Restoration of Parts by Brush Plating. Tumen State Agronomy Inst., -1972., -298 p.

2. Я.В. Ившин, Р.А.Кайдриков. Особенности процесса получения цинковых покрытий методом селективного электронатрирования. Тезисы докладов 9 –ой Международной конференции «Покрытия и обработка поверхности». Москва, 2012 с. 50-51.

Ya.V.Inshin, R.A.Kaidrikov. Same Features Zn Selective Brush Plating Process. Pross.9th Int. Conference “Coating and Surface Treatment”, M., 2012. p.50-51.

3. Ившин Я.В. Особенности электрохимических процессов нанесения цинкового покрытия //Вестник КГТУ, 2011, №22, с.132-137.

Inshin Ya.V. Some Features of Electromechanochemical Zn Plating. Trans. Kazan State Technology University. 2011, №22, p.132-137.

4. Ившин Я.В., Угрюмов О.В., Кайдриков Р.А., Иванов В.А. Исследование коррозионно-электрохимического поведения стали в модельных средах с ингибиторами коррозии: /Вестник Казан. гос. технолог. ун-та.- 2006.- №3.-С.140-145.

Inshin Ya.V., Ugrumov O.V., Kaidrikov R.A., Ivanov V.A. A Study of Corrosion Behaviour of

Steel in Simulated Media Containing Corrosion Inhibitors. Trans. Kazan State Technology University. 2006, №3, p.140-145.

#### **Сведения об авторах**

**Ившин Яков Васильевич** – д.х.н., профессор, Кафедра технологии электрохимических производств, Казанский государственный национальный исследовательский технологический университет. Тел. моб.; 8917 390 86 81, раб.:(843) 2314129, e-mail ivshin@kstu.ru.

**Кайдриков Рустем Алиевич** – д.т.н, профессор, заведующий кафедрой. Тел. Раб.: (843) 2 314 120, e-mail: krust@kstu.ru..

#### **Information about authors**

**Ivshin Yakov V.** – Dr. Sci., Professor, Dept.of Electrochemical Eng., Kazan State National Research Technology University, Russian Federation, 420015, Kazan, K.Marksa Str., 68. mob.tel.: 8917 390 86 81; (843) 2 314 129, E-mail: ivshin@kstu.ru.

**Kaidrikov Rustem A.** – Dr.Sci., Professor, Head of Dept. Tel.: (843) 2 314 120, E-mail: krust@kstu.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**  
**ЁМКОВОЕ 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 66.02

## **Анализ эффективности работы электрохимической, мембранной и сорбционной технологий очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов и органических примесей**

**Колесников А.В., Кисиленко П.Н., Графов Д.Ю., Ильин В.И.**

Ключевые слова: гальваническое производство, производство печатных плат, тяжёлые и цветные металлы, очистка сточных вод, электрокоагуляция, осаждение, сорбция, мембранное разделение, выпарка, возврат воды в технологический процесс.

Проведён анализ технологической схемы очистки сточных вод гальванического производства и участка производства печатных плат от ионов тяжёлых и цветных металлов (хром, медь, цинк, железо), в которой реализованы комбинированные методы: электрокоагуляционный, седиментативный, каскад механических фильтров с активной загрузкой (песок, активированный уголь), двухступенчатое обратноосмотическое обессоливание и выпарка. Обезвоживание осадка обеспечивается фильтр-прессом. Отмечена сложность схемы, отражены основные технологические недостатки при эксплуатации оборудования. Проблемы объясняются ошибочной совместной очисткой всех имеющихся в гальваническом процессе потоков. Кислотно-щелочной, хромсодержащий, цианистый, отработанные растворы, стоки и концентраты участка печатных плат электронной техники, содержащие аммиачные и тартратные комплексы меди и органический фоторезист, не позволяют обеспечить запланированный режим работы оборудования. Даны рекомендации по оптимизации и повышению эффективности процесса очистки.

## **Analysis of the Efficiency of Electrochemical, Membrane and Adsorption Methods for Wastewater Treatment Technology by Heavy Metal Ions and Organic Impurities**

**Kolesnikov A.V., Kisilenko P.N., Grafov D.Y., Il'in V.I.**

Key words: electroplating industry, printed circuit boards, heavy and non-ferrous metals, waste water treatment, electrocoagulation, sedimentation, adsorption, membrane separation, evaporation, water recovery in the process.

Analysis of technological scheme of the treatment of liquid wastes from electroplating and manufacture of PCBs from metal ions (chromium, copper, zinc, iron) is given (Fig.1,2). Combined methods were used: electrocoagulation, sedimentation, cascade of mechanical filters activated carbon, dust, two-stage reverse osmosis desalination and residue. Removal of water from the sludge is made by a filter-press. Disadvantages of the scheme and in the operation of the equipment are discussed. Problems are related with the trend to treat all kinds of waste in a single process. Acid-base, chromium and cyanide spent solutions from plating shop, waste water and spent solutions from PCBs manufacture containing ammonium, tartrate and copper complexes, organic photoresist do not allow effective operation of the equipment. Recommendations to optimize and improve the efficiency of the process are given.

### **Введение**

Для решения экологических проблем промышленных предприятий в РХТУ им. Д.И. Менделеева в 1994 г. при содействии Научно-исследовательской части РХТУ, основываясь на разработках и кадровом потенциале ведущих кафедр университета - Технологии электрохимических процессов, Технологии неорганических веществ, Промышленной экологии, и научных центров университета - был создан Технопарк «Экобизнес-2000+».

С 2000 г. подразделение занимается разработкой и внедрением электрофлотомембранной технологии и оборудования для очистки сточных вод и утилизации отработанных растворов (концентратов) гальванических производств и производства печатных плат, содержащих в основном взвешенные вещества, цветные металлы, поверхностно-активные вещества, масла, СОЖ. Опыт работы изложен в монографиях [1, 2, 3, 4].

За последние годы специалисты Технопарка РХТУ им. Д.И. Менделеева внедрили комплексные технические решения "под ключ", позволяющих обеспечить сброс очищенных сточных вод в систему городской канализации или вернуть воду в техпроцесс на следующих объектах: НПО Автоматики, г. Екатеринбург, Авитек; г. Киров, ОАО Авиацонная корпорация "Рубин", г. Балашиха; ОАО "Северный пресс", г. Санкт-Петербург; ОАО НИИДАР, г. Саранск; ОАО МКБ «Искра», г. Химки; ОАО "Прогресс" г. Протвино; а также предприятиях: ФГУП «Торий», ОАО «Завод Топаз», ОАО "НПП "САЛЮТ"; ФГУП НПП «Геофизика-Космос» (г. Москва) и др.

В 2013 г. в университете создана технологическая лаборатория с направлением - повышение эффективности современных электрофлотомембранных методов извлечения взвешенных веществ, ионов цветных металлов и поверхностно-активных веществ (ПАВ) из жидких техногенных отходов, возврат воды в технологический процесс.

Перед проведением реконструкции, подготовки технико-экономического обоснования (ТЭО) и проектных решений на объекте проводится осмотр гальванического производства и очистных сооружений, затем формируется перечень проблем, собирается и анализируется необходимая техническая документация по эксплуатации очистных сооружений и составам поступающей на очистку сточной воды. Далее происходит комплексный осмотр очистных сооружений и оборудования, анализируется принципиальная схема очистки. Различные подходы авторов к очистке

сточных вод гальванических производств представлены в публикациях. [5, 6, 7, 8]

В данной статье представлен анализ эффективности работы очистных сооружений одного из промышленных объектов, реконструкция которого намечена в 2015 г.

### **Основная часть**

В сточные воды этого предприятия входят "классические" гальваностоки: кислотнo-щелочные, хромсодержащие, циансодержащие, стоки от производства печатных плат электронной техники.

На рис.1 представлена принципиальная схема очистки этих стоков, из которой видно, что очистке подвергаются усредненные (смешанные) сточные воды.

Сточную воду гальванических производств и производства печатных плат после комплексной предварительной обработки, и стадий последующей доочистки (обессоливания), можно вернуть в технологический процесс (2 кат. ГОСТ 9.314.), тем самым значительно сократить затраты на водопотребление и полностью исключить образование жидких отходов, т.к. концентраты мембранной стадии могут впоследствии выпариваться до сухого остатка с применением установок высокоэффективного адиабатического испарения.

На основании анализа сведений собранных в результате обследования действующих очистных сооружений гальванического производства (ОСГП), протоколов результатов анализа сточной (поступаемой) и очищенной воды, а также результатов дополнительного химического анализа проб воды (при необходимости), выполняемых сертифицированной лабораторией "ХИМТЕСТ" РХТУ им. Д.И. Менделеева, специалисты проводившие обследование действующих ОСГП установили:

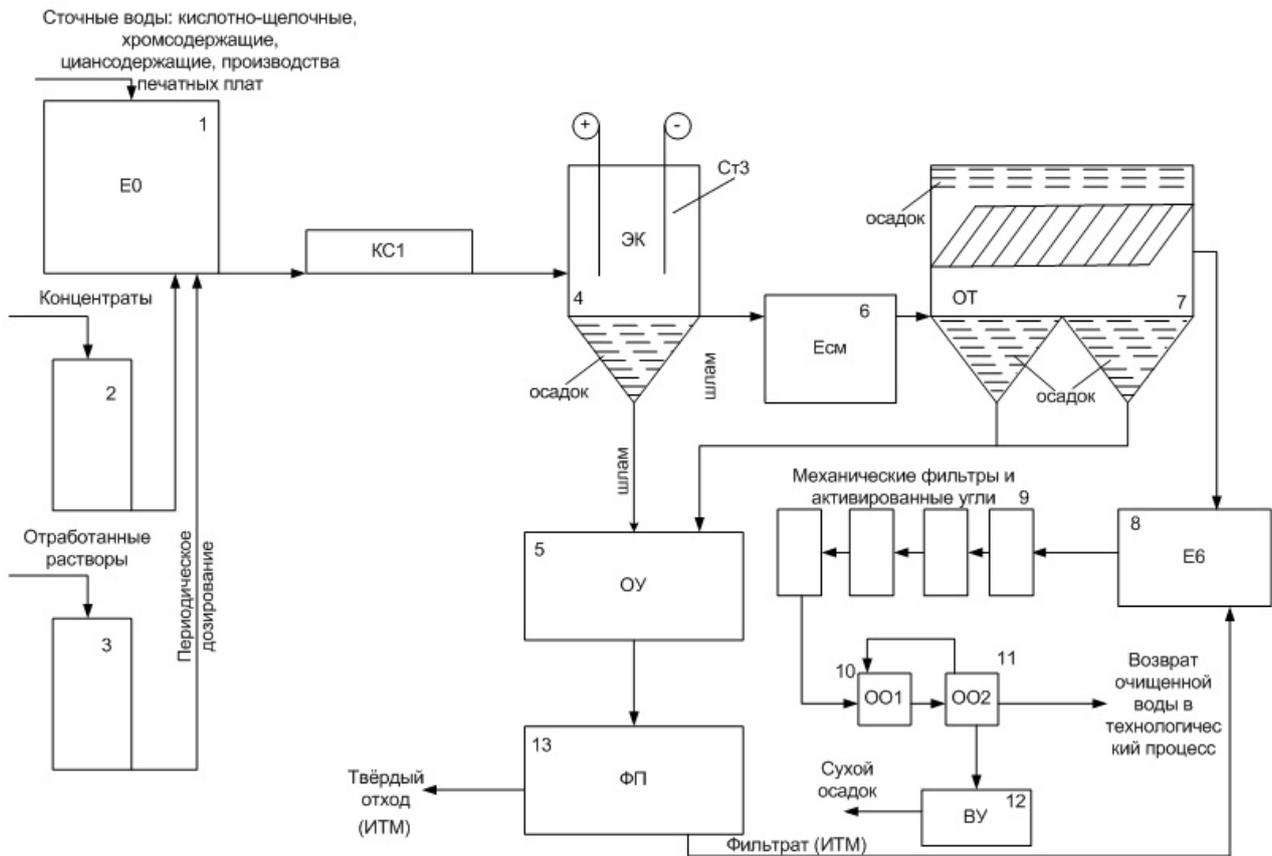
1.1. действующие ОСГП не позволяют получить проектную  $4,5 \text{ м}^3/\text{час}$  производительность по очищенной воде 2 кат. ГОСТ 9.314;

фактическая производительность по очищенной воде составляет лишь  $3,5 \text{ м}^3/\text{час}$ ;

1.2. объёмы жидких отходов, образующиеся в результате жизнедеятельности очистных сооружений, превышают проектные значения в 6-7 раз, твёрдых отходов в 2-3 раза;

1.3. производительность ОСГП по переработке отработанных концентрированных растворов ниже проектной в 4-5 раз;

1.4. периодичность механических, химических чисток, регенераций технологического оборудования ОСГП, объём расходных материалов, трудоёмкость работ превышают проектные данные в 3-5 раз;



**Рис. 1.** Принципиальная блок-схема переработки сточных вод и концентратов гальванического производства и участка производства печатных плат электронной техники: 1.- приёмник - усреднитель стоков; 2. – приёмник концентратов; 3. – приёмник отработанных растворов; 4. – электрокоагулятор со стальными электродами, 5. – осадкоуплотнитель; 6. – ёмкость смешения; 7. – тонкослойный конический отстойник; 8. – промежуточная ёмкость (Е6); 9. – каскад механических фильтров и фильтров с активированными углями; 10. – мембранная очистка (ступень обратного осмоса 1); 11. – мембранная очистка (ступень обратного осмоса 2); 12. – выпарная установка; 13. – фильтр-пресс

**Fig. 1.** Schematic block diagram of wastewater treatment and concentrates from electroplating and PCB manufacture area. 1. - sump for liquid waste; 2. – sump for concentrates; 3. – sump for spent solutions; 4. – electrocoagulator with steel electrodes, 5. – removal of rests of water; 6. – mixer; 7. – thin-layer conical container; 8. – intermediate container (Е6); 9. – cascade of mechanical filters with activated carbon; 10, 11. – membrane purification unit by reversed osmosis; 12. – evaporator; 13. – filter-press

1.5. физико-химические показатели гальваносточков, поступающих на ОСГП не соответствуют проектным значениям;

Анализ схемы и обследование, показал проблемы, которые есть на действующих сейчас очистных сооружениях, на стадии предварительной очистки, стадии мембранного обессоливания, стадии выпаривания. Рассмотрим некоторые из них.

1. Операция отстаивания сточных вод после электрокоагуляции:

На операции отстаивания сточных вод в отстойнике (ОТ – Поз. 7) происходит процесс разделения дисперсной фазы труднорастворимых соединений металлов (осаждение вниз) и органической фазы в виде масла, ПАВ, смазки с

операций обезжиривания поверхности от гальванического производства, фоторезиста с участка производства печатных плат (всплытие вверх).

Присутствие в сточных водах органической составляющей, сравнительно небольшой объём ОТ и недостаток его конструкции, не позволяют вести процесс отстаивания (осветления воды) до конца. Полное осаждение и образование осадка (гальваношлама) в ОТ происходит за время во много раз превышающее технологические возможности. Флокулянты, вводимые в ОТ ускоряют процесс осветления, но вызывают повсеместное осаждение налипания осадка, в т.ч. и в трубопроводах. Осадок образует конгломераты, не даёт возможности выходить самотёком шламу (на подобии цемент-

рования), вызывает "зарастание" труб, фильтруемость осадка на фильтр-прессе резко ухудшается, он получается сырой (более влажный) и как следствие увеличивается его объём.

Конструктивно из отстойника (ОТ) можно удалить (сбросить на фильтр-пресс) только нижнюю часть образующихся гальваношламов. Далее идёт просок по технологической схеме органических примесей (масла, ПАВ) представленных суспензией фоторезиста (веществ с повышенной плотностью) в осветлённой части обрабатываемой воды, поступающей далее на установку мембранного обратноосмотического обессоливания.

Операцию осветления (осаждение шлама) воды в ОТ можно ускорить и улучшить при увеличении дозирования коагулянта АураТ 10, но это очень большой расход химикатов и отрицательное влияние на мембранные процессы обессоливания.

В электрокоагуляторе (ЭК), далее в ОТ происходит сильное пенообразование, образуется критический объём пены, выбросы пены периодически происходят из ЭК и ОТ, снизить пенообразование дозированием пеногасителей нельзя из-за отрицательного влияния их на мембранные обратноосмотические элементы.

2. Операция сбора-усреднения промывных вод и отработанных концентрированных (электролиты, кислоты) рабочих растворов в ёмкость сборник – усреднитель (совместная переработка):

Промывные воды и отработанные концентрированные растворы производства печатных плат содержат трудноизвлекаемые соединения: медно-аммиачный и тартратный комплекс меди, которые дополнительно растворяют уже образовавшиеся на операции отстаивания осадки и далее идёт просок меди по технологической схеме, в результате чего происходит неполное удаление меди из обрабатываемой воды перед мембранным обессоливанием.

В технологии на гальванохимическом участке печатных плат для обезжиривания и чистки поверхности плат применяется зубной порошок, который повышает жёсткость в очищаемых сточных водах, попадающих на мембраны, и блокирует фильтрующий слой. Удаление солей жёсткости возможно, но с помощью внедрения дополнительного узла умягчения сточных вод, что может повлиять на баланс потоков.

Перед обратноосмотическими установками **ОТСУТСТВУЕТ** предварительная очистка подпиточной воды. Замена мембранных элементов происходит 1 раз в год.

3. Узел электрохимической обработки стоков (электрокоагуляция) с целью осаждения тяжёлых металлов:

В установленном ЭК (поз. 4) применяются растворимые стальные электроды. Технологическое значение рН 2-4., для снятия пассивации необходимы ионы  $Cl^-$ .

Обычно на практике применяют для образования гидроксида железа рН = 5 - 5.5, в процессе работы ЭК происходит увеличение значения рН на 0.5 - 1.0 ед. и необходимо дополнительное подщелачивание 50 - 100 мг/л. В данных условиях создаётся повышенная концентрация железа в обрабатываемой воде, в результате чего происходит вторичное загрязнение очищаемой воды (удаляя одни примеси, идёт загрязнение другими).

Образуется большое количество шлама, как в межэлектродном пространстве, так и в нижней части ЭК, вывести которое очень сложно, происходит пассивация поверхности электродов, снижается эффективность электрохимической очистки от ионов тяжёлых металлов.

При образовании шлама в ЭК, ОТ и неэффективном осветлении воды, требуется более частый сброс жидкого шлама с ОТ (до 7-8 м<sup>3</sup> за смену) в осадкоуплотнитель (ОУ) и далее на фильтр-пресс, в итоге всё это приводит к образованию избыточного объёма гальваношламов (твёрдых отходов). Объём гальваношламов от фильтр-пресса составляет 80-100 кг в смену (90% это наработанный в ЭК  $Fe(OH)_2$  и  $Fe(OH)_3$ .)

Заявленный режим для эксплуатации отстойника является крайне заниженным, необходимо отстойник в 2-3 раза большего объёма.

Т.к. все потоки чистятся вместе, при эксплуатации вынуждены дозировать много реагентов, в частности коагулянтов и получается много отходов. Отстойник по габаритам мал для такого количества твёрдых осадков.

В отстойнике недостаточно эффективно происходит сползание шлама в конусную часть, что не обеспечивает наиболее полный сброс шлама с отстойника. Так же в отстойнике за счёт наличия ПАВ в системе происходит самопроизвольная флотация органических примесей.

В ОТ установленного типа и не будет происходить сползание шлама. Для удаления (сползания) шлама необходимо перемешивание, для чего в ОТ устанавливаются скребки.

В результате неэффективного осветления (отстаивания) воды в ОТ, возникает необходимость в дополнительных промывках механических

ких песчаных фильтров, а это 1-2 раза в смену, что приводит к нарушению балансов потоков, увеличению объёмов воды в системе замкнутого цикла очистки стоков, и дополнительному сбросу загрязняющих веществ на повторную очистку.

Большое содержание органических соединений в стоках мешает удалить металлы до следовых концентраций перед мембранным обратноосмотическим обессоливанием. Сложной задачей является извлечение меди находящейся в сточных водах в виде аммиакатных и тартратных комплексов, которые затрудняют образование гидроксидных осадков.

Установленные сорбционные угольные фильтры - 2 единицы, плохо справляются с функцией удаления органики и требуется частая замена сорбента, и соответственно его расход превышает проектную норму примерно в 4 раза (загрузка угля меняется не менее 4-х раз в год). Сорбционные фильтры промываются 1-2 раза в смену, сброс воды на повторную очистку.

На узле предварительной очистки много дозируется дополнительных реагентов для корректировки стоков, коагуляции, что увеличивает содержание перед мембранным обессоливанием.

Физико-химические показатели воды, подаваемой на установку обратного осмоса, не соответствуют требованиям к составу воды для обратноосмотических установок, что связано в первую очередь с тем, что отсутствует разделение сточных вод по потокам. (кислотно-щелочные, хромсодержащие, фторсодержащие, промывные воды с участка печатных плат, отработанные концентрированные растворы) и предварительное обезвреживание каждого потока перед смешением и очисткой.

Отсутствует перед подачей на установку обратного осмоса ультрафильтрация для высокоэффективного удаления остаточных дисперсных веществ и растворимых высокомолекулярных органических веществ.

В качестве фильтра для удаления растворимых органических соединений и цветных металлов рекомендуется новая разработка технологической лаборатории РХТУ - «Фильтр с углеродными функционализированными наноматериалами», характеризующийся высокой удельной поверхностью:  $>1800 \text{ м}^2/\text{г}$ , малым насыпным весом:  $0,12-0,2 \text{ г}/\text{см}^3$ , удельным сопротивлением:  $0,04-0,06 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ , зольностью менее 0,5%; химическим составом:  $\text{C} > 95\%$ ,  $\text{O} 1-5\%$ ,  $\text{Cl} < 0,5\%$ . (для углеродных наночешуек – УНЧ)

При повышенной общей жёсткости воды в совокупности с наличием ионов фтора поверхность обратноосмотических мембран активно зарастает фторидом кальция.

Сверхвысокая степень концентрирования сточных вод более 90% (на практике лучше 60-70%), является нарушением принципов построения напорных обратноосмотических установок. В результате чего установка работает в нестационарном режиме, требуется проведение ежедневных 8-часовых (при норме раз в 2 недели) химических регенераций мембран.

В течение смены происходит снижение производительности мембранных элементов до 20 %, периодичность трудоёмких гидропромывок мембранных элементов достигает 0,25 часа.

Полная замена мембранных элементов установки обратного осмоса проводится 1 раз в год (полтора года).

Узел выпаривания не рассчитан на выпаривание, имеющегося на сегодняшний день химического состава и объёма концентрата обратного осмоса. Содержание органики, солей жёсткости, нитратов и т.п., приводит к быстрому образованию трудноудаляемых твёрдых отложений внутри выпарного оборудования, резко падает производительность узла, требуются дополнительные остановки оборудования для проведения механических чисток.

По причине быстрого зарастания солями оборудования проводятся химические промывки соляной кислотой с уротропином в течение 7 часов 1 раз в 2 недели. Химическая промывка неэффективна. Объём жидких отходов узла выпаривания составляет  $0,3-0,5 \text{ м}^3$  в смену.

Из-за того, что все потоки чистятся вместе, а так же идёт значительное добавление реагентов, отсутствует подготовка подпиточной воды обратноосмотических установок, поэтому они работают не эффективно.

4. Отбор проб воды на стадии предварительной очистки (до узлов фильтрации):

Анализ проб воды, проведён в лаборатории РХТУ им. Д.И. Менделеева методом атомно-адсорбционной спектроскопии на приборе однолучевой атомно-абсорбционный спектрометр «КВАНТ - АФА». Для определения кислотности среды использовали иономер лабораторный И-160МИ и профессиональный лабораторный рН, ОВП метр с магнитной мешалкой PHS-3D. Концентрации цветных металлов и значения кис-

## Гальванотехника и обработка поверхности

лотности среды, применительно к месту отбора пробы представлены в табл. 1.

Отбор проб воды осуществлялся: - проба №1 сборник - усреднитель - (только промывные воды) (ёмкость E0); проба №2 сборник - усреднитель (ёмкость E0) промывные воды с дозированием

кислых концентратов - 2 л/ч, и щелочных - 3 л/ч (перед ЭЖ); проба №3 - после электрокоагулятора (ЭЖ) перед отстойником (ОТ); проба №4 - после ОТ (осветлённая вода).

Анализ показывает, что концентрация  $Cr^{+6}$  на всех стадиях очистки примерно 0.2 мг/л, применение

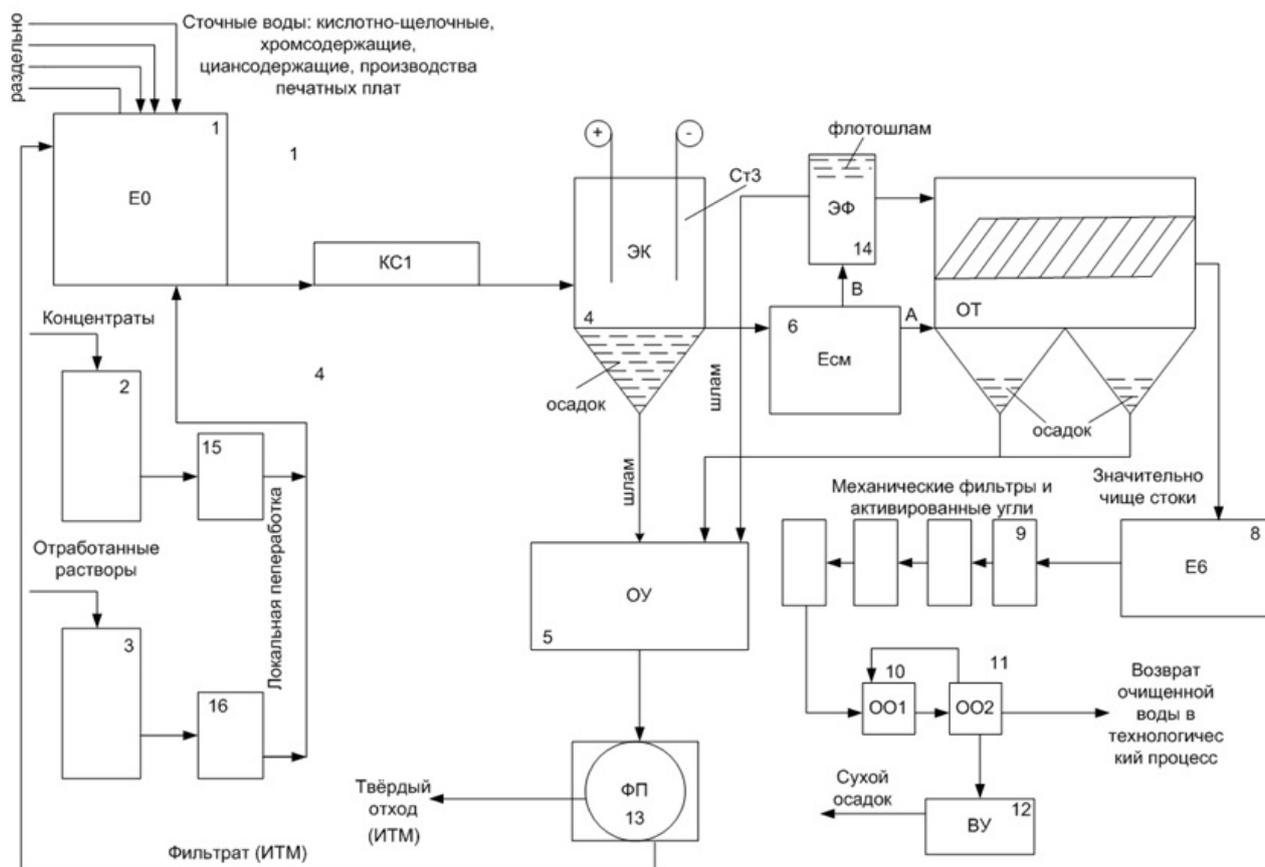
Таблица 1. Концентрации цветных металлов на разных ступенях предварительной очистки  
Table 1. Concentrations of non-ferrous metals at different stages of pre-treatment

| Элемент<br>Element | Место отбора проб воды Site for sampling   |   |  |  |
|--------------------|--|---|--|--|
|                    | Сборник-усреднитель (перед ЭЖ) только промывные воды<br>Sump for rinse water<br>pH = 2.6 | Сборник-усреднитель + концентраты (перед ЭЖ)<br>Sump for concentrates<br>pH = 4.4 | Перед ОТ (после ЭЖ)<br>Prior to collector after electrocoagulation<br>pH = 8.7 | После ОТ<br>After previous stage<br>pH=8.5 |
| Cu                 | 9.6  | 8.0   | 8.4  | 0.4  |
| Ni                 | 0.4  | 1.3   | 1.4  | 0.1  |
| Zn                 | 10.4   | 14.3  | 13.6   | 0.5  |
| Cr                 | 0.2  | 0.2   | 0.26   | 0.06                                       |
| Fe                 | 0.4  | 1.0   | 82.5   | 3.9  |

Таблица 2. Влияние pH на процесс электрофлотации фоторезиста из стока процессов проявление и снятия СПФ-ВЦ

Table 2. Effect of pH on the process of the removal photoresist by electroflotation processes manifestation and removal of the SMA VSCH

| pH   | Процесс<br>Process       | Оценочный параметр Values of parameters   |  |  |   |
|------|--------------------------|---|--|--|---|
|      |                          | ХПК<br>Oxygen-oxidized components   |  | Взвешенные частицы<br>Suspended particles                  |   |
|      |                          | Остаточное содержание, C ост, мгO <sub>2</sub> /л<br>Residual concn., mgO <sub>2</sub> /l | Степень извлечения, αХПК,%<br>Degree of removal, % | Остаточное содержание, C ост, мг/л<br>Residual concn. mg/l | Степень извлечения, αВЗ,%<br>Degree of removal, % |
| 2    | Проявление<br>developing | 178   | 78   | 1147   | 100   |
| 3    |                          | 108   | 64   | 1156   | 100   |
| 4    |                          | 286   | 43   | 880  | 100   |
| 5    |                          | 318   | 36   | 320  | 100   |
| 6    |                          | 318   | 36   | 110  | 100   |
| 7    |                          | 387   | 22   | -  | -   |
| 8-13 |                          | 500   | 0  | -  | -   |
| 2    |                          | Снятие<br>stripping   | 58   | 78   | 1136  |
| 3    | 160                      |   | 68   | 1112   | 100   |
| 4    | 214                      |   | 57   | 830  | 100   |
| 5    | 340                      |   | 32   | 300  | 100   |
| 6    | 364                      |   | 27   | 104  | 100   |
| 7    | 432                      |   | 14   | -  | -   |
| 8    | 455                      |   | 9  | -  | -   |
| 9-13 | 500                      |   | 0  | -  | -   |



**Рис. 2.** Принципиальная блок-схема переработки сточных вод и концентратов гальванического производства и участка производства печатных плат электронной техники после внедрения ЭФ модуля: 1. - приёмник - усреднитель стоков; 2. - приёмник концентратов; 3. - приёмник отработанных растворов; 4. - электрокоагулятор со стальными электродами; 5. - осадкоуплотнитель; 6. - ёмкость смешения; 7. - тонкослойный конический отстойник; 8. - промежуточная ёмкость (Е6); 9. - каскад механических фильтров и фильтров с активированными углями; 10. - мембранное обессоливание (ступень обратного осмоса 1); 11. - мембранное обессоливание (ступень обратного осмоса 2); 12. - выпарная установка; 13. - фильтр-пресс; 14. - электрофлотационный модуль; 15. - узел локальной переработки концентратов; 16. - узел локальной переработки отработанных растворов

**Fig. 2.** Schematic block diagram of wastewater treatment and concentrates, electroplating and PCB manufacturing site after the modernization by EF module. 1. - sump for liquid waste; 2. - sump for concentrates; 3. - sump for spent solutions; 4. - electrocoagulator with steel electrodes, 5. - removal of rests of water; 6. - mixer; 7. - thin-layer conical container; 8. - intermediate container (E6); 9. - cascade of mechanical filters with activated carbon; 10, 11. - membrane desalination reversed osmosis 1, 2; 12. - evaporator; 13. - filter-press; 14. - electroflotation module; 15, 16. - local sites to treat concentrates and spent solutions

ЭЖ с высокой электрокоагуляционной нагрузкой для получения  $Fe^{+2}$  не целесообразно до 80 мг/л.

В реальных сточных водах содержание ИТМ на уровне 1-15 мг/л избыток  $Fe^{+2}$  (50-100 мг/л) увеличивает количество твёрдых отходов в 10 раз.

Предложения и рекомендации по снижению нагрузки по основным загрязняющим компонентам на действующих сейчас очистных сооружениях на стадии предварительной очистки (до узлов фильтрации):

Вода после фильтр-пресса, которая содержит много загрязнений (взвешенных веществ) и вызывающая вторичное загрязнение очищаемой

воды направлена в ёмкость Е6. (Рис. 1. поз. 8.) - Рекомендуется возвращать эту воду в "голову" процесса (ёмкость Е0, поз.1.)

В виду относительно невысоких исходных концентраций хрома (во время отбора проб хром не дозировали, была уже переработана ёмкость, а обычно исход. концентрация хрома с дозированием концентрата 5л/час бывает 2-8 мг/дм<sup>3</sup>) и примесей других ионов тяжёлых металлов (ИТМ: медь, цинк, никель), а так же при наличии в поступающих сточных водах железа (железо добавляется ещё после промывок песчаных, угольных фильтров, промывок ёмкостного оборудования

и т.д.), в ходе ЭЖ процесса происходит наработка практически 8 - 10 ратного избытка по  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , который плохо выводится при отстаивании в отстойнике.

Рекомендуется уменьшить количество  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  в 2-3 раза за счёт изменения тока в ЭЖ, а так же требуется корректировка pH до 5-6, а лучше 8-8.5 для полного удаления ИТМ (Cu, Zn, Ni и др.) в схеме не предусмотрено дополнительное дозирование щёлочи.

По проектной технологии стоки со смесью ИТМ очищаются с помощью вводимого флокулянта "Праестол 2640" анионной природы, выбор которого обоснован экспериментальными работами проектантов и добавка 0,1 % раствора, которого составляет 5-8 л/час.

Рекомендуется уменьшить количество вводимого флокулянта "Праестол 2640" или попробовать флокулянт другой природы.

Так как, присутствующий в стоках избыток ионов  $\text{NH}_4^+$  растворяет осадки, в первую очередь меди и цинка, возможен прокок металлов по схеме очистки воды, которые в свою очередь поступают на установку обессоливания и снижают производительность мембран по пермеату, снижают ресурс работы мембранных элементов. Рекомендуется проработать вопрос по локальной системе переработки концентратов с медно - аммиачными комплексами (производство печатных плат).

Из опыта работы с фоторезистом (табл. 2, данные лаб. кафедры ТЭП РХТУ им. Д.И. Менделеева) [1] установлено, что дисперсная фаза извлекаемого фоторезиста образуется при pH 6-7, при  $\text{pH} > 8$  происходит растворение фоторезиста, и вторичное загрязнение стоков растворимой органикой, что увеличивает нагрузку на угольные фильтры.

С целью снижения нагрузки по основным загрязняющим компонентам на стадии предварительной очистки сточных вод (до узлов фильтрации) предлагается очищать весь поток поступающей воды за счёт внедрения последовательной электрофлотационной (ЭФ) технологии осветления стоков производительностью 5 м<sup>3</sup>/ч (один модуль) после узла электрокоагуляции, перед отстойником - "точечная модернизация" (рис. 2).

### **Заключение**

Проведенные исследования показали, что, несмотря на то, что для решения проблемы очис-

тки сточных вод и возврата воды в технологический процесс на предприятии применен комплекс современных методов они не позволяют добиться ожидаемого результата.

Это связано с тем, что обработке подлежит объединенный сток от двух производств, а именно от гальванического (ГП) и производства печатных плат (ПП), каждый из которых содержит большое количество загрязняющих компонентов.

Анализ показал, что улучшить работу очистных сооружений можно двумя путями.

Один из них связан с масштабной реконструкцией очистных сооружений, разделением потоков от ГП и ПП и их обработкой по отдельным технологическим цепочкам.

Другой путь связан с модернизацией существующей схемы за счет введения дополнительного системы очистки, например электрофлотационного модуля (ЭФ), установленного до фильтрационных установок, что позволит добиться степени очистки не менее 95 %.

Повышение степени очистки достигается за счет того, что при электрофлотации извлекается более мелкодисперсная фракция, а также фоторезист, масла и ПАВ.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по гранту № 14-29-00194 от 11.08.2014 г*

### **Список литературы**

#### **References**

1. Колесников В.А., Ильин В.И., Капустин Ю.И., Вараксин С.О., Кисиленко П.Н., Кокарев Г.А. Электрофлотационная технология очистки сточных вод промышленных предприятий. - М.: Химия. - 2007.- 175 с.  
Kolesnikov V.A., Il'in V.I., Kapustin Yu.I., Varaksin S.O., Kisilenko P.N., Kokarev G.A. Technology of industrial waste water purification by electroflotation. M., Chimia. -2007. 175 p.
2. Десятов А.В., Багров В.В., Казанцева Н.Н. и др. Вода: эффекты и технологии // М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2010. - 488 с.  
Desyatov A.V., Bagrov V.V., Kazantsev N.N., etc. Water: effects and technologies. M., "Engineer" Co., "Oniko-M" Co., 2010. -488 p.
3. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство./ Под. Ред. Проф. Кудрявцева.-М.:ПИП «Глобус», 1998.-302 с.  
Vinogradov S.S. Environmentally safe plating industry. M., Globus. 2002. - 302 p.
4. Меньшутина Н.В, Колесников В.А. Анализ, проектирование технологий и оборудования

для очистки сточных вод. - М.: ДеЛи принт, 2005. - 266 с.

Menshutina N.V., Kolesnikov V.A. Analysis and designing of processes and equipment for waster water treatment. М., DeLi print Co., 2005. -266 p.

5. Колесников В.А., Бродский В.А., Ильин В.И., Губин А.Ф., Кисиленко П.Н. Использование экспериментального электрофлотомембранного стенда с волновой установкой для разработки технологий очистки сточных вод промышленных предприятий от ионов тяжёлых и цветных металлов, нефтепродуктов и поверхностно-активных веществ // Химическая промышленность сегодня, 2012. – № 11. С. 44–50.

Kolesnikov V.A., Brodskiy V.A., Il'in V.I., Gubin A.F., Kisilenko P.N. The used of experimental electroflotomembrane device with ware forming part for the developing of the treatment of industrial waste water containing ions of heavy and non-ferrous metals, oil products and surfactants. Chemical industry today. 2012. №11. P.44-50.

6. Колесников В.А., Ильин В.И., Бродский В.А., Губин А.Ф. Электрофлотационный метод извлечения из водных сред дисперсной фазы малорастворимых соединений цветных и тяжелых металлов. Влияние состава водной среды на эффективность извлечения. // Российский химический журнал (Журнал РХО им. Д.И. Менделеева), 2013 – т. LVII, № 1, с. 60-68.

Kolesnikov V.A., Il'in V.I., Brodskiy V.A., Gubin A.F. Electroflotation process for the recovery of dispersed particles of insoluble compounds of heavy and non-ferrous metals from aqueous media. The role of media composition on the degree of recovery. J. Mendeleev Russian Chemical Society. 2013. v.LVII, №1, P.60-68.

7. Десятков А.В., Кубышкин А.П., Черкасов С.Г. Упрощенный подход к расчету изменения состава жидкой смеси при ее изотермическом испарении // Теплофизика высоких температур, 2009, том 47, №2. с.1-3.

Desyatov A.V., Kubyshkin A.P., Cherkasov S.G. Simplified approach to the calculation of liquid mixture composition in the coarse of its isothermic evaporation. Teplofizika of high temperature. 2009. v.47, №2, P.1-3.

8. Кручинина Н.Е., Десятков А.В., Тихонова И.О. Современные методы очистки сточных вод промышленных предприятий. Техника охраны окружающей среды (учебное пособие). М., ООО НИЦ «Инженер», 2012. -132 с.

Kruchinina N.E., Desyatov A.V., Tikhonova I.O. Modern methods for the purification of industrial waster water. "Engineer" Co., 2012. 132 p.

#### *Сведения об авторах*

**Колесников Артём Владимирович** - к.т.н., научный сотрудник, Технопарк «Экохимбизнес-2000+», Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, РФ, 125047, г. Москва, Миусская пл., 9., тел.: 8(985)243-46-46

**Кисиленко Павел Николаевич** - к.т.н., главный специалист, тел.: 7(499)978-61-70.

**Графов Дмитрий Юрьевич** - ведущий инженер, тел.: 7(499)978-61-70.

**Ильин Валерий Иванович** - к.х.н., ведущий научный сотрудник.

#### *Information about authors*

**Kolesnikov Artem Vladimirovich** - researcher, Technopark «Ecochembuisness-2000+», D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 125047, Moscow, Miusskaya Sq., 9. Tel: 8(985)243-46-46.

**Kisilenko Pavel Nikolaevich** - senior specialist, Sq., 9. Tel: 7(499)978-61-70.

**Grafov Dmitry Y'urievich** - senior engineer, tel: 7(499)978-61-70.

**Il'in Valery Ivanovich** - senior researcher, tel: 7(499)978-61-70.

УДК 621.357

## **Экспериментальная техника и методика проведения испытаний гальванических покрытий при переменных нагрузках**

**Венедиктов Н.Л., Ковенский И.М., Черноморченко В.И.**

**Ключевые слова:** гальванические покрытия, усталостные испытания, экспериментальная установка

Спроектирована и изготовлена экспериментальная установка для усталостных испытаний образцов с гальваническими покрытиями. Приведена кинематическая схема и рассмотрен принцип работы установки. Получены зависимости для определения параметров испытаний и разработана методика испытания образцов с покрытиями при переменных нагрузках.

## **Experimental Methods for Electrocoatings Tests under Varying Loads**

**Venediktov N.L., Kovenskiy I.M., Chernomorchenko V.I.**

**Key words:** electrodeposited coatings, fatigue testing, experimental equipment

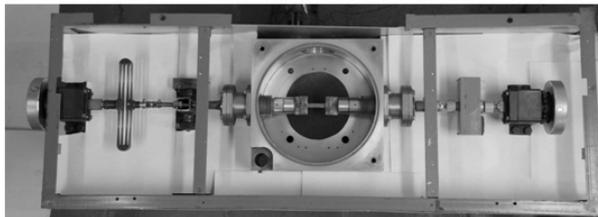
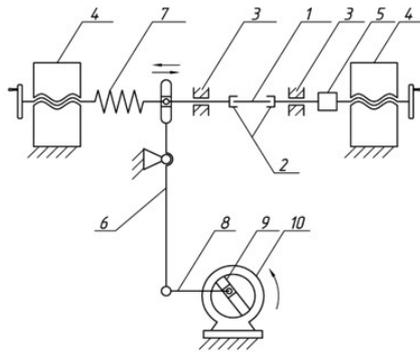
Fatigue tests were made for electrocoatings and special device was developed for this purpose. Alternating tensile load for plated specimens was accepted and corresponding device is shown in Fig.1. It includes fixing parts, etc., and is powered by an electric engine. Tensile load (Fig.2) produces stress and deformation in the specimen. Corresponding calculations for relationships between all parameters are given. They allow to find internal stress in the coating and in the substrate as a function of the load applied to the specimen (Fig.3). Examples for the nickel coatings on steel are given.

Способы оценки надежности и долговечности гальванических покрытий, эксплуатируемых при постоянных нагрузках, достаточно хорошо изучены [1-3]. Однако в процессе эксплуатации детали с покрытиями часто испытывают переменные нагрузки, которые не могут не влиять на качество и срок службы изделий в целом. Между тем, исследованию влияния переменных нагрузок на структуру и свойства покрытий посвящено ограниченное количество публикаций, не носящих системный характер. Такая ситуация во многом обусловлена отсутствием специализированного оборудования, позволяющего проводить усталос-

тные испытания образцов малого поперечного сечения. Поэтому цель настоящей работы состояла в разработке конструкции установки и методики испытаний образцов с покрытиями в режиме переменных нагрузок.

При проектировании установки учитывалось, что образец должен иметь толщину основы, соизмеримую с толщиной осажденного покрытия для корректной оценки взаимного влияния материалов основы и покрытия. Кроме того, нагружение образца должно производиться равномерно, чтобы материалы основы и подложки испытывали напряжения, постоянные по всей длине образ-

ца. Из известных схем нагружения [1] таким условиям в наибольшей степени удовлетворяет схема испытаний с повторно-переменным растяжением образца. В соответствии с этим была спроектирована и изготовлена установка для усталостных испытаний образцов с покрытиями при нагрузке до 5 кН (рис.1), которая прошла апробацию в лабораторных условиях.



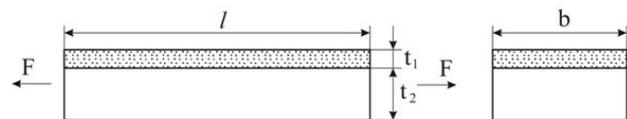
**Рис. 1.** Кинематическая схема (а) и общий вид (б) установки: 1. – образец; 2. – зажимы; 3. – направляющие; 4. – механизмы поступательного перемещения; 5. – динамометр; 6. – коромысло; 7. – пружина; 8, 9. – кривошип; 10. – электродвигатель

**Fig.1.** Kinematics scheme (a) and general view (b) of equipment: 1. – specimen; 2. – clamps; 3. – guides; 4. – mechanism of forward travel; 5. – dynamometer; 6. – rocker; 7. – spring; 8,9. – crank mechanism; 10. – electric motor

В установке образец с покрытием закреплен в зажимах, имеющих возможность возвратно-поступательного движения в направляющих. Один зажим соединен с механизмом поступательного перемещения через динамометр. Динамометр оборудован тензодатчиками, регистрирующими величину растягивающего усилия, прикладываемого к образцу. Сигнал с тензодатчиков через усилитель и аналого-цифровой преобразователь подается на компьютер, который с помощью специальной программы позволяет контролировать и регистрировать величину и амплитуду прикладываемой к образцу переменной нагрузки, частоту колебаний и число циклов нагружения.

Второй зажим соединен с коромыслом и через пружину с механизмом поступательного перемещения. При приложении растягивающей

нагрузки к образцу механизмами поступательного перемещения часть нагрузки компенсируется растягивающейся пружиной, а коромысло находится в нейтральном положении. С помощью кривошипно-коромыслового механизма задается амплитуда колебаний образца. Конструкция кривошипа позволяет изменять его размеры, за счет чего устанавливается необходимая для исследований амплитуда напряжений в образце. Благодаря разной длине плеч коромысла, на кривошип и электродвигатель действует нагрузка в несколько раз меньше, чем на образец, что увеличивает срок их службы и облегчает настройку параметров испытания. В установке использован электродвигатель постоянного тока с регулируемой частотой вращения, позволяющий возбуждать колебания с частотой до 30 Гц, значительно сокращая время



**Рис. 2.** Образец для испытаний  
**Fig 2.** Specimen for testing

проведения испытаний.

Прикладываемая растягивающая нагрузка  $F$  вызывает в образце для испытания (рис. 2) напряжение и деформацию, причем деформация покрытия и основы, в направлении приложения силы, одинакова по величине.

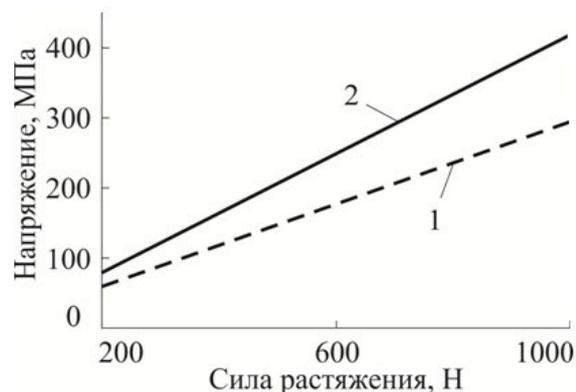
Так как свойства материала основы и покрытия, как правило, разные, то напряжение в покрытии и основе, вызванные нагрузкой, отличаются. Пользуясь обобщенным законом Гука для плосконапряженного состояния при одноосном растяжении, произведен расчет и установлены зависимости напряжений в покрытии  $\sigma_{x1}$  и основе  $\sigma_{x2}$  от прикладываемой силы, площадей поперечного сечения основы и покрытия, а также констант упругости (модуль Юнга  $E$  и коэффициент Пуассона  $\mu$ ) материалов основы и покрытия:

$$\sigma_{x1} = \frac{E_1 \cdot A \cdot B \cdot F}{E_1 \cdot A \cdot B \cdot b \cdot t_1 + E_2 \cdot C \cdot D \cdot b \cdot t_2},$$

$$\sigma_{x2} = \frac{E_2 \cdot C \cdot D \cdot F}{E_1 \cdot A \cdot B \cdot b \cdot t_1 + E_2 \cdot C \cdot D \cdot b \cdot t_2},$$

где  $t_1, t_2$  – толщина покрытия и основы, соответственно;  $b$  – ширина образца;  $F$  – сила растяжения;  $A=1+\mu_1^2$ ;  $B=(1-\mu_2)^2$ ;  $C=1+\mu_2^2$ ;  $D=(1-\mu_1)^2$ .

Установленные зависимости позволяют рассчитать с учетом взаимного влияния напряжения в покрытии и основе от прикладываемой растягивающей силы и назначить режимы усталостных испытаний в зависимости от характеристик контактирующих материалов.



**Рис. 3.** Зависимость напряжений в стальной основе (1) и никелевом покрытии (2) от величины растягивающей нагрузки ( $t_1 = 0,05$ ;  $t_2 = 0,3$ ;  $b = 10$  мм).  
**Fig 3.** Stresses in steel substrate (1) and in nickel coating (2) as a function of the force tensile ( $t_1 = 0,05$ ;  $t_2 = 0,3$ ;  $b = 10$  mm)

На рисунке 3 в качестве примера приведены расчетные значения для образца, представляющего собой стальную основу с осажденным никелевым покрытием.

Величина растягивающей переменной нагрузки определяется из условия, что при своем максимальном значении она не будет вызывать напряжения, превышающие предел прочности материала, имеющего минимальное значение этой характеристики в системе покрытие-основа, обеспечивая, тем самым, проведение испытаний в области упругой деформации. В данном случае, лимитирующими являются прочностные характеристики материала основы, с учетом которых оптимальные режимы усталостных испытаний реализуются приложением к образцу растягивающей переменной нагрузки с минимальным значением создаваемых напряжений в основе 80 МПа, максимальными – 200 МПа и амплитудой 20, 40 и 60 МПа. Испытания образцов при базовом числе циклов  $10^7$  показали корректность такого подхода.

### Список литературы Reference

1. Тушинский Л.И., Плохов А.В. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий. Новосибирск: Наука. – 1986. – 198с. Tushinskiy L.I., Plochov A.V. A Study of the Structure and Mechanical Characteristics of Coatings. Novosibirsk, Nauka, 1986. -198 p.
2. Ковенский И.М., Поветкин В.В. Методы исследования электролитических покрытий. М.: Наука. - 1994. – 234с. Kovenskiy I.M., Povetkin V.V. Methods for the Study of Electrocoatings. M., Nauka. -1994. -234 p.
3. Ковенский И.М., Поветкин В.В. Испытания гальванических покрытий. Справ. Изд. М.: Интермет Инжиниринг. – 2001. – 136с. Kovenskiy I.M., Povetkin V.V. Tests for Electrocoatings. Reference book., M. Intermet Engineering. -2001. -136 p.

### Сведения об авторах

**Венедиктов Николай Леонидович** - доцент, к.т.н., кафедра материаловедения и технологии конструкционных материалов; Тюменский государственный нефтегазовый университет; РФ, 625000, г.Тюмень, ул.Володарского, 38; тел.: +7(3452) 25-69-47; E-mail: mtkm5@tsogu.ru

**Ковенский Илья Моисеевич** - профессор, д.т.н., заведующий кафедрой; тел.: +7(3452) 25-69-09; E-mail: imkoven@tsogu.ru

**Черноморченко Владимир Иосифович** - доцент, к.т.н., кафедра прикладной механики. Тел.: +7(3452) 25-69-47; E-mail: mtkm5@tsogu.ru

### Information about authors

**Venediktov Nikolai L.** - docent, candidate of tech. sci., Tyumen State Oil and Gas University; Dept. of materials and technologies department. Russian Federation, 625000, Tumen, Volodarskiy Str., 38. Tel.: +7(3452) 25-69-47; E-mail: mtkm5@tsogu.ru

**Kovenskiy Ilya M.** - professor, doctor of tech. sci., Head of materials and technologies department. Tel.: +7(3452) 25-69-09; +7(3452) 25-69-47; E-mail: imkoven@tsogu.ru

**Chernomorchenko Vladimir I.** - docent, candidate of tech. sci., Dept. of applied mechanics. Tel.: +7(3452) 25-69-47; E-mail: mtkm5@tsogu.ru

УДК 621.357.7

## **Использование анодов из неблагородных металлов в процессе электрохимической утилизации растворов для химического нанесения твердых покрытий Ni-P**

**Кругликов С.С., Некрасова Н.Е., Кругликова Е.С.,  
Невмятуллина Х.А.**

Ключевые слова: мембранный электролиз, химическое никелирование, нерастворимые аноды, утилизация.

Платинированные аноды оказались недостаточно устойчивыми при проведении электрохимической утилизации отработанных растворов химического никелирования. Предложен новый вариант этого процесса, в котором используются свинцовые аноды, помещенные в заднюю камеру двухкамерного электрохимического модуля с двумя катионообменными мембранами, погруженного в утилизируемый раствор. В обеих камерах модуля содержится раствор серной кислоты, периодически заменяемый свежим. Сплав никель-фосфор осаждается на катоде, находящемся в емкости с утилизируемым раствором.

## **The Use of Nonnoble Metal Anodes in the Process of Electrochemical Utilization of Electroless Nickel Plating Solutions**

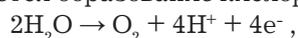
**Kruglikov S. S., Nekrasova N. E., Kruglikova E. S.,  
Nevmyatullina Kh.A.**

Key words: membrane electrolysis, electroless nickel plating, insoluble anodes, utilization

Platinized anodes turned to be unstable, when they were used in the electrochemical utilization of electroless nickel plating solutions. A new version of the process has been proposed, where lead anodes are placed into the rear chamber of the two-chamber electrochemical module with two cation exchange membranes, which is placed into the tank containing spent plating solution. Sulfuric acid solution is contained in both chambers of the module and is periodically replaced by a fresh one. Nickel-phosphorous alloy is deposited on the cathode suspended in the tank with spent solution.

Процессы химического никелирования позволяют получать твердые износостойкие покрытия сплавом никель-фосфор на деталях любой конфигурации. Однако при проведении процесса очистки сточных вод стандартным реагентным методом трудно обеспечить соблюдение норм ПДК в отношении ионов никеля. Причиной этого является наличие лигандов для образования комплексов с ионами отработанных растворов. Один из вариантов решения этой проблемы – предварительное извлечение ионов никеля из отработанного раствора путем электроосаждения на катоде.

Химический состав большинства растворов химического никелирования, используемых в промышленности, исключает возможность использования анодов из неблагородных металлов, и, следовательно, электрохимическая утилизация проводилась с анодами из платинированного титана. Аноды находились внутри электрохимического модуля с катионообменной мембраной, погруженного в емкость с утилизируемым раствором. Анолит – раствор серной кислоты. В процессе электролиза на катоде осаждается никель с примесью фосфора и выделяется водород. На аноде выделяется кислород. Перенос электрических зарядов через мембрану осуществляется ионами водорода, и поскольку единственной анодной реакцией является образование кислорода,



то содержание серной кислоты в анолите не изменяется в ходе электролиза.

В отличие от анолита, состав католита непрерывно изменяется, так как лишь часть ионов водорода, перешедших из анолита в католит, разряжается на катоде, а значительная доля тока расходуется на процесс электроосаждения сплава никель-фосфор. Следствием этого дисбаланса является непрерывное подкисление католита в процессе электролиза, приводящее к снижению выхода по току целевой реакции. Для предотвращения этого избыток ионов водорода в католите нейтрализуют каким-либо щелочным реагентом.

Электрохимическая утилизация позволяет извлечь из отработанного раствора свыше 95% содержащихся в нем ионов никеля. Существенным недостатком разработанного процесса, выявившимся только в ходе промышленной эксплуатации, является слишком короткий срок службы платинированных анодов, связанный, по-видимому, с проникновением через катионообменную мембрану фосфор-содержащих анионов и их воздействием на платиновое покрытие. Ввиду этого был разработан новый вариант процесса. В качестве анода вместо платинированного титана используют свинец, помещенный в заднюю камеру двухкамерного модуля с двумя катионо-

обменными мембранами. Анионы уксусной кислоты и других слабых кислот, присутствующие в католите – утилизируемом растворе, мигрируют в небольших количествах через внешнюю катионообменную мембрану, поскольку при высокой ионной силе растворов селективность катионообменных мембран не достигает 100%. Попадая во внешнюю камеру с раствором серной кислоты, эти анионы там образуют недиссоциированные молекулы и их дальнейшая миграция в направлении анода прекращается. Разумеется, небольшое количество этих молекул будет диффундировать через внутреннюю катионообменную мембрану и попадет во внутреннюю камеру, где находится свинцовый анод. Можно, однако, ожидать, что скорость этого процесса будет настолько мала, что время устойчивой работы свинцового анода окажется вполне приемлемым для практических целей. Опыт эксплуатации таких установок подтверждает этот прогноз. Замена растворов серной кислоты в камерах погружных анодных модулей, о необходимости которой сигнализирует появление признаков разрушения пленки диоксида свинца, потребовалась лишь после нескольких месяцев непрерывной эксплуатации установок.

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

#### **Сведения об авторах**

**Кругликов Сергей Сергеевич** – профессор, д.х.н. кафедра ТЭП, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская площадь, д. 9, тел.моб.8-916-616-96-99.

**Некрасова Наталия Евгеньевна** – доцент, к.т.н., каф.физической химии, тел.: 8-499-978-6184; e-mail: majerre@mail.ru

**Кругликова Елена Сергеевна** – доцент, к.т.н., МАМИ, Москва, 107023, Б.Семеновская ул., 38.

**Невмятуллина Хадия Абдурахмановна** – доцент, к.т.н., РХТУ им.Д.И.Менделеева.

#### **Information about authors**

**Dr. Sergey S. Kruglikov** – Dr.Sci., professor, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 125047, Moscow, Russian Federation, Miusskaya sq. 9., skruglikov@mail.ru; mob.tel.: 8-916-616-96-99.

**Nekrasova N.E.** – acc.prof., cand.Sci., Dept.of physical chemistry, tel.: 8-499-978-6184.

**Kruglikova E.S.** – acc.prof., cand.Sci; Moscow auto-mechanical Institute, B.Semenovskaya Str., 38, e-mail: 1321260@mail.ru

**Nevmyatullina Kh.A.** – acc.prof., cand.Sci., Mendeleev University of Chemical Technology of Russia.

УДК 620.197

## Замена кадмиевого покрытия цинковым покрытием с хроматированием

**Булгакова Ю.В., Колисниченко Е.А.**

Ключевые слова: цинковое покрытие, кадмиевое покрытие.

Исключение токсичного кадмия, как защитного покрытия, для изделий, эксплуатируемых в условиях морского климата, потребовало произвести поиск другого защитного покрытия, полностью заменяющего кадмиевое. Таким покрытием может быть электролитическое покрытие цинком, который является недорогим и малотоксичным металлом.

## Chromated Zinc coating as a substitute for Cadmium

**Bulgakova Yu.V., Kolisnichenko E.A.**

Key words: zinc plating, cadmium plating.

Cheaper chromated Zinc as a replacement for Cadmium coating was developed and tested. A new formulation for chromating solution was developed and tested successfully.

Целью данной работы явилось создание экономически выгодной системы антикоррозионной защиты для деталей и изделий, входящих в состав продукции, выпускаемой заводом «Фиолент», Республика Крым в настоящее время.

Таким покрытием может быть электролитическое покрытие цинком, который является недорогим и малотоксичным металлом. Гальваническое покрытие цинком позволяет создавать в присутствии влаги, диоксида углерода и химических примесей, имеющих в атмосфере, трудно растворимый основной карбонат цинка с составом, подобным  $ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$ . Карбонатные пленки плотные, хорошо сцеплены с цинком и действуют как защитные слои, препятствуя дальнейшему доступу коррозионных агентов к поверхности металла.

Цинковые покрытия защищают сталь механически, экранируя от доступа окружающей среды, и электрохимически, в местах повреждения покрытий и в порах, в которых цинк со сталью образует гальванопару. Цинк, как более отрицательный металл, разрушается. Железо (сталь) находится под катодной защитой и не корродирует до тех пор, пока в коррозионном процессе участвует цинковое покрытие.

Для увеличения срока службы цинкового покрытия, для увеличения его коррозионной стойкости, улучшения и сохранения внешнего вида цинковое покрытие, сразу после нанесения, подвергается дополнительной химической обработке в хроматном пассивирующем растворе.

Применяемая в настоящее время на предприятии технология получения защитного и защитно-декоративного покрытия на стали вместо покрытия кадмием состоит из химической обработки защитного гальванического цинкового покрытия, полученного из щелочного электролита, в хроматном пассивирующем составе с дополнительной обработкой в составе композиции «ЩИТ».

Разработанный состав для хроматирования является пассиватором, образующим при взаимодействии с поверхностью цинкового покрытия дополнительный барьерный слой, состоит из трудно растворимых соединений цинка, хрома и кобальта, с хорошей адгезией к основе, высокой декоративностью, ингибирующий коррозию цинка, обладает способностью к «самозалечиванию» в случае механического повреждения покрытия (вторичное образование пассивной пленки), высокой технологичностью, низкой себестоимостью его нанесения.

Состав применяется для хроматной пассивации цинковых покрытий, нанесенных на детали приборостроительной продукции (электроинструмент, изделия дискретной автоматики, системы корабельной автоматики, микромашины).

Известные составы хроматной пассивации («Голубизна», «Тривалент-120», «Ликонда» и др.), применяемые на предприятии ранее, не обеспечивали получение на деталях декоративное покрытие блестящего бесцветно-голубого цвета, устойчивое в атмосфере соляного тумана, имели высокую стоимость.

Состав для хроматной пассивации содержит бихромат натрия с пониженным содержанием хрома (VI), кислоту серную, кислоту азотную, соединения, содержащие фторид-ионы, соединения, содержащие ионы аммония и сульфат кобальта. Процесс хроматной пассивации проводится при pH 1 - 2, температуре 15 - 30°C, время 5...10 сек. Состав готовят последовательным смешением водных растворов.

Полученное покрытие имеет блестящий яркий голубой цвет, обеспечивает влагостойкость при относительной влажности 93% и температуре 40°C в течение 10 суток (покрытие выдержало испытания на коррозионную стойкость согласно ГОСТ15151-69 п.6.9 таблицы 4); обеспечивает высокую коррозионную стойкость при воздействии соляного тумана (5%-ный раствор хлористого натрия) в течение 7 суток при температуре 35°C и относительной влажности 98% (покрытие выдержало испытания на коррозионную стойкость согласно ГОСТ В 20.57.306-76 п.13, ГОСТ 9.302-88 приложение 8).

Проведены сравнительные испытания на коррозионную стойкость покрытий по обозначению Кд.9 хр. и Ц.9хр. бесцветно-голубое по инструкции ИДФР.25101.00003 (дополнительная обработка в составе «Щит») при воздействии климатических факторов согласно Программе испытаний для систем корабельной автоматики. Детали, покрытые кадмием, после испытаний, имели следы «красной» коррозии. На деталях, покрытых цинком по технологии, применяемой на предприятии, имелось незначительное потемнение покрытия в местах механических воздействий.

Проведены сравнительные испытания на коррозионную стойкость покрытий по обозначению Ц. 9хр. бесцветно-голубое с пассивацией в составе «Голубизна» (производитель - компания «Коламбия Кемикал», США) с дополнительной обработкой в составе «Щит», и с пассивацией в составе собственной разработки с аналогичной обработкой. Процент повреждения хроматных пленок для покрытий с пассиватором «Голубизна» составил 10...20%, для покрытий с пассиватором собственной разработки - 7...13%.

Применяемая на предприятии технология нанесения цинкового защитного покрытия обеспечивает требуемую коррозионную стойкость деталей и изделий благодаря наличию кобальта в составе пассиватора собственной разработки и дополнительной обработке в жидкой смеси водорастворимых смол и метасиликата натрия, входящих в состав композиции «ЩИТ», позволяет исключить кадмий в изделиях, получать покрытия блестящего бесцветно-голубого цвета на деталях приборостроительной продукции. Кроме того, использование разработанного на предприятии пассиватора позволило исключить импортный состав для пассивации из технологического процесса, что снизило себестоимость изделий.

### **Литература References**

1. Окулов В.В. Цинкование. Техника и Технология. М., «Глобус», 2008, -248 с.  
Okulov V.V. Zinc plating. Technique and Technology. M., Globus, 2008. - 248 p.
2. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. М., «Глобус», 2002. - 350 с.  
Vinogradov S.S. Environmentally safe plating industry. M., Globus. 2002. - 350 p.
3. ОСТ107.460092.001-86 Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Типовые технологические процессы. Карта 7.  
Metal and Non-metal Inorganic Coatings. Typical Processes. Sheet 7.
4. Композиция пленкообразующая противокоррозионная «ЩИТ 2X» «ZINC-CHRO-SHIELD 2X CONCENTRATE» ТУ 2499-003-CCC-02.  
Film-forming anti-corrosion compound "Shit 2X".

### **Сведения об авторах**

**Булгакова Ю.В.** - ведущий инженер-технолог ОГТ, ПАО «Завод «Фиолент», Республика Крым, г. Симферополь, 95017, ул.Киевская, 34/2, тел. +38(0652)27-60-57, e-mail: bristy@phiolent.com; www:phiolent.com

**Колисниченко Е.А.** - бакалавр, университет «Харьковский политехнический институт»; Украина, г.Харьков 61002, ул.Фрунзе, 21.

### **Information about authors**

**Bulgakova Yu.V.** - leading engineer-technologist, FIOLENT Plant, Krym, Simferopol, 95017, Kievskaya Str., 34/2, tel.: +38(0652)27-60-57, e-mail: bristy@phiolent.com; www:phiolent.com

**Kolisnichenko E.A.** - B.Sci., "Kharkov Polytechnic Institute", Ukraine, Kharkov, Frunze Str., 21.

**«Предприятие «РАДАН» (ООО)**

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

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

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

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

---

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

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

**Разработка проектов**

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

**Экспертные заключения**

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

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

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

**Ввод оборудования в эксплуатацию (пуско-наладочные работы)**

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

**Разработка эксплуатационной документации**

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

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

## **Метрологическое обеспечение предприятий**

**Полякова Л.В., Аристов В.М., Архипова Т.А.**

**Ключевые слова:** метрология, метрологическое обеспечение; государственные эталоны; государственная поверка; средства измерений

Метрологическое обеспечение (МО) – это установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Таким образом, метрологическое обеспечение имеет научную, техническую и организационную основы. Понятие метрологического обеспечения обширно и включает в себя все, начиная от проведения технических замеров до обеспечения их единства, в том числе и с точки зрения законодательства, и применяются к испытанию, измерениям и контролю в целом. Также допускается применение понятия МО технологического производства.

## **Metrological Basis for Manufacturing Plants**

**Polyakova L.V., Aristov V.M., Arkhipova T.A.**

**Key words:** metrology, metrological assurance, state verification, measuring devices

Metrological assurance (MA) - is the establishment and application of scientific and institutional framework, technical equipment, rules and regulations necessary to achieve uniformity and required accuracy of measurements. Thus, the metrological provision has scientific, technical and organizational basis. The idea of metrological provision is extensive and includes wide scope of items starting from conducting technical measurements to ensure their unification their legislation. There is also MA with respect to the production itself.

Технической основой метрологического обеспечения являются следующие системы:

- Система государственных эталонов единиц физических величин, обеспечивающая воспроизведение единиц с наивысшей точностью;

- Система передачи размеров единиц физических величин от эталонов всем средствам измерений;

- Система разработки, постановки на производство и выпуска в обращение рабочих средств измерений, обеспечивающих определение с требуемой точностью характеристик продукции, технологических процессов и других объектов;

- Система обязательных государственных испытаний средств измерений, предназначенных для серийного или массового производства;

- Система обязательной государственной и ведомственной поверки или метрологической аттестации средств измерений, обеспечивающая единообразие средств измерений при их изготовлении, эксплуатации и ремонте;

- Система стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов, обеспечивающая достоверными данными научные исследования, разработку кон-

трукции изделий и технологических процессов их изготовления и т. д.;

· Система разработки, стандартизации и аттестации методик выполнения измерений.

К основным задачам метрологического обеспечения относятся:

- обеспечение единства измерений при разработке, производстве и испытаниях продукции;

- анализ и установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений при контроле показателей качества продукции, параметров технологических процессов, контроле характеристик технологического оборудования;

- организация и обеспечение метрологического обслуживания средств измерений: учета, хранения, поверки, калибровки, юстировки, наладки, ремонта;

- разработка и внедрение в производственный процесс методик выполнения измерений, гарантирующих необходимую точность измерений;

- осуществление надзора за контрольным, измерительным и испытательным оборудованием в реальных условиях эксплуатации, за соблюдением установленных метрологических правил и норм;

- проведение метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации;

- организация и обеспечение метрологического обслуживания испытательного оборудования: учет, аттестация в соответствии с установленными требованиями, ремонт;

- организация и обеспечение метрологического обслуживания средств допускового контроля: учет, аттестация, ремонт;

- организация и обеспечение метрологического обслуживания измерительных каналов измерительных систем: учет, аттестация, поверка, калибровка, наладка;

- организация и выполнение особо точных измерений;

- обеспечение достоверного учета расхода материальных, сырьевых и топливно-энергетических ресурсов;

- внедрение современных методов и средств измерений, автоматизированного контрольно-измерительного оборудования, измерительных систем;

- оценивание технических и экономических последствий неточности измерений;

- разработка и внедрение нормативных документов, регламентирующих вопросы метрологического обеспечения;

- оценивание экономической эффективности.

Для обеспечения повышения эффективности работ по метрологическому обеспечению предприятия необходимо проводить ряд мероприятий, таких как ревизия и оптимизация парка контрольного, измерительного и испытательного оборудования, исходя из принципа «необходимо и достаточно»; замена парка морально устаревшего современным оборудованием, внедрение новых методов измерений; автоматизация измерительных процессов; оптимизация точности измерений по экономическому критерию; совершенствование процедур поверки, калибровки, ремонта СИ (внедрение новых эталонов, аккредитация метрологической службы и т.д.) с учетом экономической эффективности; организация на предприятии метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации; разработка и внедрение МВИ; повышение профессионального уровня персонала, занимающегося вопросами метрологического обеспечения; упорядочение структуры службы, занимающейся метрологическим обеспечением; разработка документов по метрологическому обеспечению производства (МОП) в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2011; оценка неточности, степени недостоверности получаемых результатов; преимущественное применение унифицированных, автоматизированных средств измерений, обеспечивающих требуемую точность измерений; систематическое повышение квалификации метрологов; активное использование электронной базы данных, снабженной гибкой системой поиска информации и автоматически актуализируемой по мере появления новой информации: о технических характеристиках средств измерений, внесенных в Госреестр и допущенных к обращению, о поверочных и ремонтных работах, проводимых государственными метрологическими службами и метрологическими службами юридических лиц, о нормативных и справочных документах в области метрологии, об эталонах и установках высшей точности, электронные каталоги выпускаемых приборов; мероприятия по повышению метрологического уровня специалистов других отделов (конструкторского, технологического, производственного, испытательного); тесное взаимодействие метрологической службы предприятия с региональным ЦСМ и метрологическими службами других организаций (предприятий).

Такое сотрудничество способствует улучшению метрологического обеспечения производс-

тва благодаря взаимной помощи и обмену опытом в решении возникающих метрологических проблем.

Метрологическая служба предприятия выполняет работы по обеспечению не только единства и требуемой точности измерений, но и качества выпускаемой продукции на всех стадиях ее жизненного цикла. Для этого помимо «Положения о метрологической службе» необходимо иметь:

- «Руководство по качеству метрологической службы», в котором описывается система качества метрологической службы предприятия; по каждому элементу системы качества устанавливаются цели деятельности, ответственные лица, отражается основная деятельность по управлению этими элементами в соответствии с ГОСТ Р 51672 и ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 п.4.1.5.

- стандарты предприятия (СТП), описывающие все виды деятельности по МОП (поверка и калибровка СИ, перечень применяемых СИ, метрологическая экспертиза технической документации, аттестация испытательного оборудования и т.д.), которые должны, с одной стороны, соответствовать требованиям Федерального закона от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» с изменениями на 2 декабря 2013 г.; нормативных документов по МОП, ГОСТ Р ИСО 9001-2011 «Системы менеджмента качества. Требования», и с другой стороны - учитывать специфику предприятия, которая может быть отражена в нормативной документации СТП.

При обеспечении эффективности измерений в технологических процессах большинство метрологических задач решаются приблизительно из-за ограниченности возможностей применения корректных метрологических методов и средств.

По этой причине в случаях, когда неточность оценок погрешности измерений может привести к существенным потерям, необходима оценка неточности, степени недостоверности получаемых результатов. Только с учетом этой информации принятые решения будут более справедливы, что приведет к повышению эффективности измерений.

Например, датчик измерительной схемы может иметь довольно высокие метрологические характеристики, но влияние погрешностей от его установки, внешних условий, методов регистрации и обработки сигналов приведет в итоге к большой погрешности измерений.

Основные факторы, влияющие на современное состояние метрологического обеспечения:

1. Состояние эталонной базы предприятий
2. Состояние парка средств измерений предприятий
3. Методологические принципы организации метрологического обеспечения предприятия
4. Кадровая политика предприятий
5. Нормативно-законодательная база метрологического обеспечения.

#### **Сведения об авторах:**

**Полякова Людмила Васильевна** - к.т.н., доцент, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, РФ, 125047, Москва, Миусская пл., д.9; e-mail: polyakova@muctr.ru; тел. +7-916-794-4821.

**Аристов Виталий Михайлович** – доктор физ.-мат. наук., профессор, проректор по учебной работе, e-mail: aristov@muctr.ru; тел. +7-499-978-8740.

**Архипова Татьяна Афанасьевна** - к.х.н., зав.лабораторией, кафедра Технологии электрохимических процессов, тел. +7-499-978-5990

#### *Information about authors*

**Polyakova Ludmila V.** – Candidate of Sci., associated professor, Mendeleev University Chemical Technology of Russia, Moscow, 125047, Russian Federation, Miusskaya Sq., 9; tel. +7-916-794-4821; e-mail: polyakova@muctr.ru.

**Aristov Vitalii M.** – Dr.Sci., Vice-Rector, e-mail: aristov@muctr.ru; tel.: 499-978-87-40.

**Arkhipova Tatyana A.** - Candidate of Sci., associated professor, Dept. Electrochemical Engineering. Tel.: +7-499-978-5990.

УДК 541.135

## **Влияние состояния и подготовки поверхности на процесс электроосаждения тонких слоев меди на компоненты микроэлектронных структур**

**Тураев Д.Ю., Гвоздев В.А., Валеев А.С., Кругликов С.С.**

**Ключевые слова:** подслои нитрида титана на кобальте, электроосаждение медных пленок, аммиачно-этилендиаминтетраацетатный электролит меднения, микроэлектронные структуры.

В производстве изделий микроэлектроники имеет важное значение проблема качества очистки вакуумно-плазменным методом поверхности тонкого слоя кобальта толщиной 50 нм от нанесенного на него слоя нитрида титана толщиной около 10 нм. Показано, что нитрид титана должен быть полностью удален с поверхности кобальта, которая после этого не должна проявлять гидрофобных свойств.

Предложен химический способ удаления слоя нитрида титана с поверхности кобальта в растворе, содержащем гидроксид натрия и пероксид водорода. Для улучшения смачиваемости поверхности кобальта электролитом меднения предложено вводить в него этиловый спирт и лаурилсульфат аммония. Электрохимический метод кратковременной анодной обработки поверхности нитрида титана в растворе гидроксида натрия может служить альтернативой химическому методу, поскольку позволяет модифицировать поверхность нитрида титана так, что при последующем электроосаждении меди получается тонкий медный слой хорошего качества на плоских образцах. Использование этих двух приемов позволило получить качественные пленки меди толщиной 300-400 нм на слое кобальта на плоских образцах.

Однако при осаждении меди на компоненты микроэлектронных структур, представляющих собой плоские образцы со слоем кобальта, покрытом сверху слоем нитрида титана и слоем органического полимерного фоторезиста, в которых выполнены микроканавки до слоя кобальта под будущие медные микропроводники, наблюдалось подтравливание слоя фоторезиста. Ввиду этого был разработан менее агрессивный раствор, содержащий органические добавки. При использовании этого раствора обнаружилось, что содержащиеся в нем органические вещества, адсорбируются на поверхности и при последующем электроосаждении меди изменяют профиль поперечного сечения медных микропроводников.

## **Pretreatment Operation in the Process of Copper Electrodeposition on the Components of Microelectronic Structures**

**Turaev D.Yu., Gvozdev V.A., Valeev A.S., Kruglikov S.S.**

**Keywords:** electrodeposition of copper on microelectronic structures, pretreatment operations, hydrofillization, cobalt substrate, metal submicrodistribution.

Surface cleaning plays an important role in the copper electrodeposition process on bright cobalt substrate covered by titanium nitride protective layer. Two versions of pretreatment operation were tested: 1 – dissolution of titanium nitride in an alkaline solution, containing hydrogen peroxide, and 2 – anodic treatment in an alkaline solution. Both methods turned to be suitable only for specimens without organic photoresist which was shown to be unstable in both solutions. Therefore another cleaning solution, free of sodium hydroxide was used for the specimens with photoresist. Unexpectedly the treatment in this solution produced strong effect on the distribution of copper in the trenches.

### **Введение**

В современной технологии изготовления микросхем используются вакуумно-плазменные технологии и вакуумное оборудование в различных процессах травления твердых моно- и многослойных поверхностей в газовой среде низкого давления для получения микропрофиля (микроранавок) прямоугольного сечения глубиной и шириной 300-800 нм, составляющих основу шаблонов компонентов микроэлектронных структур.

Эти канавки заполняются металлической медью, и тогда получаются медные проводники с поперечным сечением несколько сот нанометров. При использовании электрохимического способа для получения медных проводников необходимо, чтобы дно всех канавок представляло собой единую токопроводящую (металлическую) поверхность. В микроэлектронике для этих целей часто используют кобальт, как металл, нанесение и удаление которого вакуумно-плазменным методом не встречает трудностей.

Поверхность кобальта делается очень ровной для того, чтобы ее шероховатость не влияла на локальную толщину медных микропроводников. Глубина канавок под медные проводники ограничена высотой применяемого для их изготовления слоя органического фоторезиста; в то же время для обеспечения высокой удельной токовой нагрузки при работе микросхем, необходимо максимально возможное заполнение медью микроранавок по их высоте. В связи с этим толщина кобальтового слоя под будущие медные проводники обычно не превышает 50 нм.

На поверхность кобальта последовательно наносят слой нитрида титана (10 нм) и слой фоторезиста (300-800 нм). Вакуумно-плазменным методом в фоторезисте и нитриде титана вытравливают канавки до слоя кобальта. Таким образом, получают микротекстурные структуры, содержащие шаблоны под будущие медные микропроводники, представляющие собой заполненные медью микроранавки прямоугольного поперечного сечения со слоем кобальта на дне.

Цель настоящей работы – разработка методики очистки поверхности кобальтового слоя, обеспечивающей последующее получение качественного медного покрытия, как на плоских

образцах, так и на образцах с микроэлектронной структурой, т.е. в микроранавках.

### **Методика исследований**

Для приготовления электролита использовали реактивы квалификации ч.д.а. и х.ч. и дистиллированную воду. Анализ готового электролита на содержание меди проводили редоксонометрическим титрованием, контроль значения pH электролита осуществляли с помощью pH-метра марки ЭВ-74. Электролиз для получения медного покрытия вели в гальваностатическом режиме с медным анодом, используя потенциостат ПИ-50-1.1 совместно с программатором ПР-8. Контроль силы тока осуществляли с помощью цифрового мультиметра М-830. Время, необходимое для проведения электролиза, измеряли цифровым секундомером. Заготовки представляли собой плоские образцы с поверхностью кобальта, очищенной вакуумно-плазменным методом, плоские образцы с поверхностью кобальта, покрытой сверху слоем нитридом титана, а также плоские образцы со слоем кобальта, покрытом сверху слоем нитрида титана и слоем органического полимерного фоторезиста, в которых выполнены микроранавки до слоя кобальта под будущие медные микропроводники. Заготовки и готовые образцы фотографировали цифровым фотоаппаратом и исследовали под электронным микроскопом.

### **Результаты экспериментов**

Предварительное исследование образцов, с части поверхности которых вакуумно-плазменным методом был снят фоторезистивный слой и защитный слой нитрида титана до поверхности слоя кобальта, показало, что дистиллированная вода (рис. 1) очень плохо смачивает поверхность кобальта. Возможная причина этого – присутствие в газовой смеси, используемой для травления слоя фоторезиста и нитрида титана соединений фтора, образующих на поверхности тончайшую пленку фторопластов.

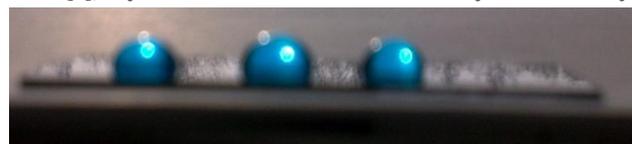
Аналогичные результаты для кобальтового слоя, очищенного вакуумно-плазменным методом от нитрида титана, были получены для электролита меднения на основе сульфата меди, аммиака и ЭДТУ (рис. 2).

Этот же электролит, но содержащий дополнительно этиловый спирт и лаурилсульфат аммония [1], лучше смачивает кобальтовую подложку,



**Рис.1.** Вода плохо смачивает кобальтовую подложку и собирается в каплю

**Fig. 1.** Water does not adhere to cobalt



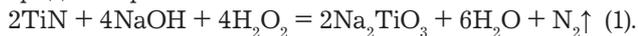
**Рис.2.** Электролит, содержащий 0,2М  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  + 0,4М ЭДТУ +  $\text{NH}_3$ , плохо смачивает кобальтовую подложку – капли электролита не растекаются по поверхности кобальта

**Fig. 2.** The electrolyte containing 0,2M  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  + 0,4M EDTY +  $\text{NH}_3$  does not attract to surface

тщательно очищенную при определенных режимах вакуумно-плазменным методом, и поэтому пригоден для осаждения на нее медного слоя [2]. Однако этот электролит плохо смачивает нитрид титана, находящийся на поверхности кобальта, что, соответственно, приводит к невозможности получения качественного медного покрытия.

Для улучшения смачиваемости поверхности кобальта или нитрида титана были разработаны два метода:

1) удаление слоя нитрида титана путем его окисления перекисью водорода в сильнощелочной среде с образованием титанат-анионов:

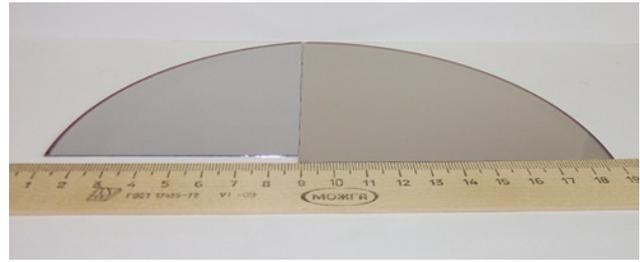


Параллельно протекает реакция самопроизвольного разложения пероксида водорода в щелочной среде, катализируемая многими соединениями тяжелых металлов, в частности, кобальта:



По мере удаления пленки нитрида титана обнажается поверхность кобальта, которая пассивируется в данной среде, поскольку в ней нет каких-либо комплексообразующих лигандов, например, аммиака.

Раствор для удаления слоя нитрида титана получают смешением его компонентов в следующих пропорциях: 80-100 мл NaOH 100 г/л + 20-30 мл H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% масс + 0-1,0 г/л лаурилсульфата натрия, t 18-20 °С. Лаурилсульфат натрия снижает поверхностное натяжение и обеспечивает образование более мелких пузырьков газов, выделяющихся при травлении и легкость отрыва газовых пузырьков от обрабатываемой поверхности. Ход процесса травления приведен в табл. 1, а фотографии образца до и после снятия нитрида титана на рис. 3.



**Рис.3.** Снятие слоя нитрида титана с кобальта в щелочном растворе. Время - 15-20 минут. Справа – исходный образец, слева – после снятия слоя нитрида титана

**Fig. 3.** Removal of titanium nitride from cobalt in an alkaline solution: 80-100 ml NaOH 100 g/l + 20-30 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> of 30 % by weight + 0-1,0 g/l sodium laurilsulfonate, t 18-20 °C, 15-20 minutes. On the right - the initial specimen, on the left - after removal of titanium nitride

После очистки поверхности кобальта от нитрида титана можно получить медное покрытие хорошего качества из электролита меднения следующего состава: 0,2М CuSO<sub>4</sub>×5H<sub>2</sub>O + 0,4М ЭДТУ + NH<sub>3</sub> до pH=10 + 20 мл/л этилового спирта и 1,0 г/л лаурилсульфата аммония, при режимах: h=0,66 мкм; 0,6 А/дм<sup>2</sup>; t=5 мин. [1].

2) Модифицирование слоя нитрида титана путем его анодной обработки в растворе NaOH (100 г/л) при комнатной температуре. Анодная обработка позволяет обеспечить последующую хорошую смачиваемость поверхности нитрида титана. Далее на модифицированную поверхность нитрида титана осаждали тонкий слой меди (табл. 2) [1].

Возможность осаждения качественного покрытия на слой нитрида титана, подвергнутого анодной обработке, вероятно, связана с тем, что при анодной поляризации нитрид титана посте-

Таблица 1. Определение оптимального времени травления для удаления слоя нитрида титана с поверхности кобальта

Table 1. Selection of optimum time for the removal of titanium nitride from cobalt layer

| Время травления, мин<br>Etching time, min | Цвет образца<br>Colour of specimen surface                     | Примечание<br>Notes   |
|---|--|---|
| 0   | Золотистый<br>Golden   | Начало травления<br>Etching Start   |
| 1   | Золотистый<br>Golden   |   |
| 5   | Золотисто-серебряный<br>Golden-silvery                         |   |
| 10  | Светло золотисто-серебряный<br>Bright golden-silvery           |   |
| 15-20                                     | Серебристый<br>Silvery   | Оптимальное время травления<br>Optimum time of etching  |
| >30                                       | Потускнение серебристого цвета<br>Tarnishing of silvery colour | Образец передержан – толщина кобальтового слоя уменьшается<br>The specimen is over etched – cobalt layer is touched |

Таблица 2. Модифицирование слоя нитрида титана в растворе щелочи при различной анодной плотности тока ( $i_{ан.}$ , А/дм<sup>2</sup>) в зависимости от времени обработки (t, мин).

Table 2. Modifying of bed of titanium nitride in alkali at various anodic current density ( $i_{ан.}$ , A/dm<sup>2</sup>) depending on processing time (t, min.)

| t, мин<br>Time, minutes | Цвет образца<br>Colour of the specimen | $i_{ан.}$ , А/дм <sup>2</sup><br>$i_{ан.}$ , A/dm <sup>2</sup> | Внешний вид медного покрытия<br>Appearance of copper surface |
|-------------------------|--|--|--|
| 0                       | Золотистый<br>Golden                   |  |  |
| 10                      | Золотисто-зеленый<br>Golden-green      | 1  | Неровное, пятнистое покрытие<br>Rough with spots             |
| 0                       | Золотистый<br>Golden                   |  |  |
| 20                      | Зеленый<br>Green                       | 3  | Ровный, плотный слой меди<br>Uniform copper layer            |

пенно окисляется до оксида титана (II), который обладает токопроводными свойствами и в тончайшем слое является бесцветным и прозрачным веществом. Изменение цвета окраски поверхности связано с оптическим эффектом (интерференцией) тонких прозрачных пленок.

Приведенные в табл. 2 режимы анодной обработки поверхности нитрида титана в указанных пределах времени электролиза затрагивают только часть слоя нитрида титана и не удаляют его полностью, т.к. последующая обработка отдельной партии таких образцов в растворе химического травления нитрида титана позволила полностью очистить поверхность вплоть до поверхности кобальта. Последующее электроосаждение тонкого слоя меди при  $i_k=0,4-0,8$  А/дм<sup>2</sup> не привело к получению некачественного покрытия.

Вышеописанные два способа обработки поверхности нитрида титана использованы для получения крупных образцов-заготовок для тестирования разрабатываемых электролитов меднения. Однако оба способа оказались непригодными для очистки образцов с микроэлектронными структурами, так как при концентрации щелочи 100 г/л, фоторезист из органического полимерного материала быстро разрушается.

В связи с этим был разработан новый раствор, неагрессивный по отношению к фоторезисту и пригодный для очистки поверхности кобальта на дне микроканалов на образцах с микроэлектронной структурой. Он содержит: лаурилсульфат аммония 1,0 г/л + C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ОН 20-50 мл/л + раствор NH<sub>3</sub> конц. 100 мл/л + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% 20-80 мл/л + 1 мл/л добавки «Д»\*. Время обработки – 1-3 мин.

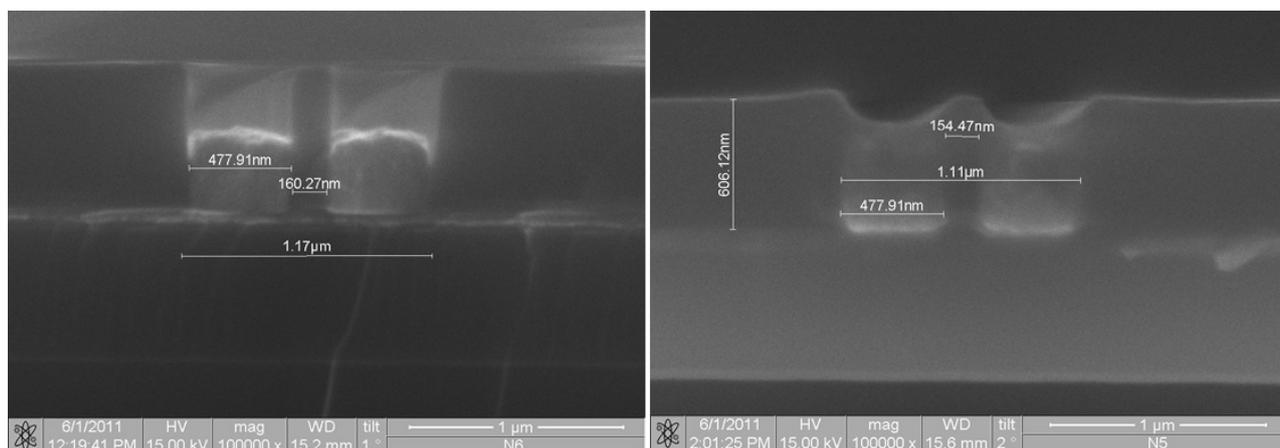


Рис.4. Поперечное сечение медных проводников полученных без применения предварительной обработки поверхности образцов (слева) и с применением после плазменного травления предварительной обработки поверхности образцов (справа)

Fig. 4. The Cross-section of copper conductors received without application of pretreatment of a surface of specimens (at the left) and with application after plasma pickling of pretreatment of a surface of specimens in aqueous solution of degreasing-etching before electrodeposition (on the right)

\* Добавка «Д» – это раствор, полученный длительным (2 недели) взаимодействием при комнатной температуре равных по массе количеств 30%-го раствора H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и порошкообразной анионообменной смолы марки ЭДЭ-10п, представляющей собой полимер, содержащий вторичные, третичные и четвертичные аминогруппы.

Микрофотография поперечного шлифа образца после очистки его поверхности в данном растворе и последующего меднения при  $i_k$  0,6 А/дм<sup>2</sup> показана на рис.4 (справа). Для сравнения показана микрофотография шлифа, не подвергнутого очистке перед меднением (рис.4, фото слева)

Следует отметить, что на левом образце верхние края медных проводников немного закруглены по краям и несколько отстают от стенок микроканавки. Отклонение полученного поперечного сечения медных проводников от строго прямоугольного возможно связано с гидрофибризацией стенок микроканавок при проведении вакуумно-плазменного травления исходных заготовок.

Профиль медного осадка (рис.4, справа) имеет характерные особенности: верхние края медного проводника несколько закруглены, но в противоположную сторону по отношению к фото (рис. 4, слева). Небольшая деформация верхних краев микроканавки из фоторезиста указывает на небольшое расклинивающее усилие со стороны меди по отношению к стенкам микроканавки из фоторезиста, т.е. на плотное заполнение профиля медью. Очевидно, часть поверхностно-активных веществ, входящих в состав добавки "Д", осталась прочно адсорбированными на поверхности микроканавок, несмотря на промывку образцов водой перед электроосаждением меди. В таком случае, избыточное закругление углов медного проводника можно уменьшить, уменьшая концентрацию добавки "Д" в растворе для очистки исходных заготовок с микроэлектронной структурой.

Из полученных результатов следует, что некоторые поверхностно-активные органические вещества, используемые в растворах для предварительной очистки поверхности исходных образцов с микроэлектронной структурой могут оказывать влияние на профиль поперечного сечения медных микропроводников, что может быть использовано для корректировки профиля поперечного сечения микропроводников.

### **Выводы**

1. Показано, что для успешного электроосаждения меди на слой кобальта с получением тонких пленок высокого качества, слой кобальта должен быть тщательно очищен от нитрида титана и гидрофилизирован.

2. Предложены химический и электрохимический способы предварительной обработки поверхности перед операцией меднения.

3. Показано, что некоторые органические вещества, используемые в растворах для химической очистки поверхности могут изменять профиль поперечного сечения электроосаждаемых медных проводников в микроэлектронных структурах.

Авторы выражают благодарность работникам ОАО "НИИМЭ и Микрон" и ФТИАН,

предоставившим исходные образцы и фотографии под электронным микроскопом.

### **Список литературы**

1. Электролит и способ осаждения меди на тонкий проводящий подслои на поверхности кремниевых пластин. Кругликов С.С., Валеев А.С., Тураев Д.Ю., Гвоздев В.А., Патент RU 2510631. Оpubл. 10.04.2014. Бюл. №10  
Electrolyte for the Electrodeposition of thin Layer conductive silicon plates. Kruglikov S.S., Valeev A.S., Turaev D.Yu., Gvozdev V.A. RU 2510631; 10.04.2014. Bul. №10
2. Тураев Д.Ю., Гвоздев В.А., Бундина В.А., Валеев А.С., Кругликов С.С. Электроосаждение тонких слоев меди из комплексного электролита на компоненты микроэлектронных структур. Гальванотехника и обработка поверхности, 2013, т. XXI, №3, стр. 50-54.  
Turaev D.Yu., Gvozdev V.A., Bundina V.A., Valeev A.S., Kruglikov S.S. Electrodeposition of thin copper layers from complex electrolyte on the components of microelectronic structures. Electroplating and Surface Treatment. 2013, v. XXI, №3, p. 50-54.

### **Сведения об авторах**

**Тураев Дмитрий Юрьевич** - н.с., к.т.н. докторант, кафедра ТЭП, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская площадь 9, 8-905-519-74-77.

**Гвоздев Владимир Александрович** - ведущий инженер – технолог; ОАО "НИИМЭ", 124460, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12. стр. 1., тел.: 229-72-75.

**Валеев Адиль Салихович** - гл. научный сотрудник; ОАО "НИИМЭ".

**Кругликов Сергей Сергеевич**, проф., д.х.н. кафедра ТЭП, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская площадь 9, 8-916-616-96-99.

### **Information about authors**

**Turaev Dmitry Yurevich**, scientist, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 125047, Moscow, Miuskaya sq. 9., membr\_electr@mail.ru, 8-905-519-74-77.

**Gvozdev Vladimir Aleksandrovich**, principal process engineer, MERI JSC 12/1, 1 st Zapadny pr., Zelenograd, Moscow, 124460, Russia, tel.: 229-72-75.

**Valeev Adil Salichovich**, main scientist, MERI JSC.

**Kruglikov Sergey Sergeevich**, Dr. Sci. professor, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, skruglikov@mail.ru 8-916-616-96-99.

## 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](mailto:gtech@muctr.ru)



**Процессы и материалы:**

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

**Оборудование:**

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

**Оснастка:**

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

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

[www.galvanotech.ru](http://www.galvanotech.ru)



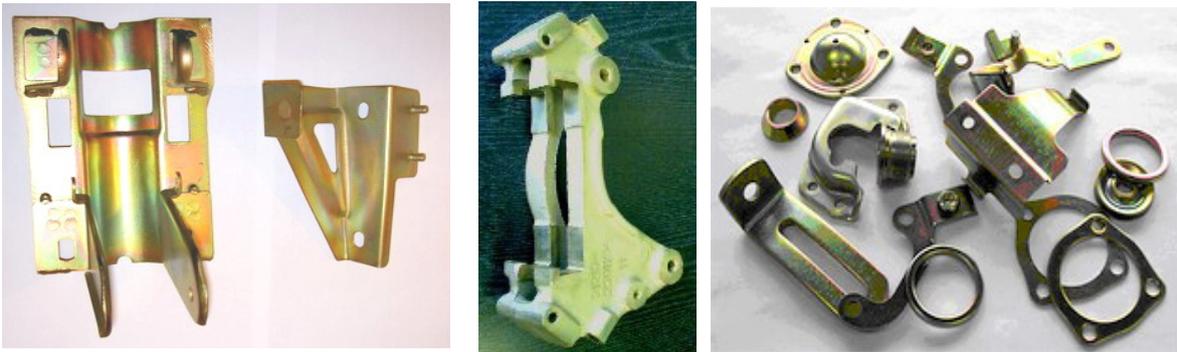
ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ

## 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](http://www.galvanicrus.ru)



Щелочное цинкование

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

Слабокислое цинкование

ЛГ-50(А,И) ЛГ-09(А,Б)

Цианистое цинкование

ДС-3

Осаждение сплавов

Цинкамин-ZF(цинк-железо)

Цинкамин-ZN(цинк-никель)

Никелирование

НХС-1,2,3



## Лучшая химия для гальванотехники



ХИМСИНТЕЗ

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

## **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:lns42@bk.ru  
E-mail: gtech@muctr.ru

## Научно-производственное предприятие "СЭМ.М"

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

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

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



**ЦКН**

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

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

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

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

## Календарь выставок, конференций и семинаров 2014 года Exhibitions, Conferences, Seminars

**1. 12-я** Международная выставка и конференция «**Покрытия и обработка поверхности**» 17-19 февраля 2015 года, Москва, КРОКУС ЭКСПО.

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

По вопросам выступления на конференции и публикации тезисов докладов по адресу: 125047, Москва, Миусская пл., д.9, РХТУ им.Д.И.Менделеева, кафедра ТЭП. Тел. (499)978-59-90; факс: (495)609-29-64. E-mail: gtech@muctr.ru

По вопросам посещения конференции, проживания и оплаты Оргвзноса и тезисов: МОО МХО им.Д.И.Менделеева, Богачев Николай Николаевич, e-mail: mxo@asvt.ru; www.mmxo.ru Тел.: (495) 625-86-00; 742-04-22; (495) 302-80-00 – Ябурова Галина Алексеевна

**2. 13-е** Международное научно-практическое совещание «**Оборудование цехов гальванического производства, очистка сточных вод, технологические процессы нанесения покрытий**», 12-13 ноября 2014 г., ООО «Гранит-М», 392036, г.Тамбов, ул.Лаврова, 5, тел./факс 8(4752)72-97-52.

**3. 15-е** Научно-техническое совещание «**Современное оборудования для гальванических покрытий, комплексы очистки стоков, вентиляционные системы. Технологические процессы. Проектирование цехов**», 15-16 октября 2014 года. ОАО «Тамбовгальванотехника имени С.И.Лившица», г.Тамбов, 392030, Моршанское шоссе, 21. Тел. 8(4752) 53-25-03; 53-70-73; факс: (4752) 55-04-14; e-mail: market@tagat.ru

## КНИГИ Books

**Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчет производства, нормирование.** Изд. 2-е, переработанное и дополненное. Под ред. В.Н. Кудрявцева. - М.: «Глобус», 2005. - 248 с. Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности». Электронная версия. Цена - 100 рублей.

**Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство.**

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

**Виноградов С.С. Промывные операции в гальваническом производстве**

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

**Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н. Электролитическое хромирование** (справочное пособие). М.: «Глобус», 2008. - 192с. Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности». Цена - 130 руб.

**Окулов В.В. ЦИНКОВАНИЕ. Техника и технология**

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

**Мамаев В.И., Кудрявцев В.Н. Никелирование.**

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

## **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, драг-металлов и их сплавов, многослойные и композиционные покрытия, а также нанесения оксидных, хроматных и фосфатных покрытий на металлы и сплавы.

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

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

### **Мастер-класс: обучение работе на ячейке Хулла.**

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

### **Курсы повышения квалификации специалистов в области аналитического контроля.**

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

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

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

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

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

**Слушателям выдаются государственные свидетельства о повышении квалификации**

Сроки проведения и условия участия во 2-м полугодии 2014 года

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

| Группа (шифр)         | Дата проведения         | Стоимость, руб. |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|
| Группа № 34 (КГ - 34) | 13 октября – 17 октября | 15400 – 00      |
| Группа № 35 (КГ - 35) | 10 ноября – 14 ноября   | 15400 – 00      |

**Курсы повышения квалификации специалистов в области аналитического контроля**

| Группа (шифр)          | Дата проведения          | Стоимость, руб. |
|------------------------|--------------------------|-----------------|
| Группа № 14 (АКГ - 14) | 20 октября – 24 октября* | 15300-00        |

\*\* Посещение 6-ой Международной выставки аналитического и лабораторного оборудования, лабораторной мебели и посуды, химических реактивов («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 2500 – 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. В заявке просим указать: реквизиты предприятия, кто подписывает договор (ФИО полностью) и на основании какого документа.

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](mailto:mxo@asvt.ru) ; <http://www.mmho.ru>

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

e-mail: [gtech@muctr.ru](mailto:gtech@muctr.ru); <http://www.galvanicrus.ru>

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

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

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

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

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

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

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

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

*Не допускается обозначать разные понятия одинаковыми символами.*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

К статье должны быть приложены сопроводительное письмо и экспертное заключение.

*Статья должна быть подписана всеми авторами.*

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

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

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

**Неправильно оформленные статьи не рассматриваются.**

Статьи, поступившие в редакцию, авторам не возвращаются.

## Журнал «Гальванотехника и обработка поверхности» К сведению подписчиков!

Подписка на журнал производится через местные почтовые отделения.

Журнал включен в Объединенный каталог «Пресса России» 2014/2; каталог стран СНГ 2014/2;  
Каталог Украины 2014/1; адресный каталог «Библиотечный каталог» 2014/2.

Агентство АРЗИ. Индекс **87867**.

**В редакции также можно приобрести:**

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

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

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

Интернет-сайт журнала: [www.galvanotekhnika.info](http://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<br><b>Банк получателя</b>      | БИК<br>Сч.№ | 044525225<br>30101810400000000225 |
| ИНН 7707284783 КПП 770701001<br>ООО «Гальванотех»<br><b>Получатель</b>        | Р/с         | 40702810838320101984              |
| <b>Назначение платежа: и Полный почтовый адрес предприятия (для рассылки)</b> |             |                                   |

*Интернет-сайт Российского общества гальванотехников: [www.galvanicrus.ru](http://www.galvanicrus.ru)*

## Адреса организаций и фирм, поместивших рекламу

### ООО "АРБАТ" (стр. 71)

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

### ЗАО "БМТ" (стр. 62)

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

### Гальванические технологии (стр. 70)

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

### ЗАО "ГАЛЬВАНОХРОМ" (стр. 16)

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. 44)

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

### РОPOV Consulting (стр. 12)

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

### НАВИКОМ (ПУЛЬСАР) (стр. 9)

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. 61)

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

### Компания "СОНИС" (стр. 8, 42)

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

### НПП СЭМ.М (стр. 74)

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

### ОАО "ТАГАТ" ТАМБОВГАЛЬВАНОТЕХНИКА

#### им. С.И. Лившица (стр. 14)

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. 10, 11)

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

### ООО "ХИМСИНТЕЗ" (стр. 72)

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

### НПП "ЭКОМЕТ" (стр. 15)

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. 73)

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; gtech@muctr.ru

### АО "ХИМСНАБ" (стр. 13)

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

### ТД "Элма" (стр. 16)

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

### РХТУ им. Д.И. Менделеева (стр. 70)

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

Информация для авторов журнала "Гальванотехника и обработка поверхности" размещена на сайте  
[www.galvanotehnika.info](http://www.galvanotehnika.info)

Заказ № 13766. Тираж 700 экз.

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



# EXPO Coating

12-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ

17-19  
ФЕВРАЛЯ 2015

Место проведения:

**МОСКВА**  
**КРОКУС ЭКСПО**



## ПОКРЫТИЯ И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

- ОЧИСТКА, ОСУШКА И ЗАЩИТА ПОВЕРХНОСТИ
- ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ
- ОБОРУДОВАНИЕ, СЫРЬЕ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛКМ
- ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Забронируйте стенд на сайте: [www.exposcoating.ru](http://www.exposcoating.ru)

Организаторы:  primexpo  ITE GROUP PLC

При участии:  РХТУ им. Д.И. Менделеева  
Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева  
Московское химическое общество им. Д.И. Менделеева  
Российское общество гальванотехников

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

0+