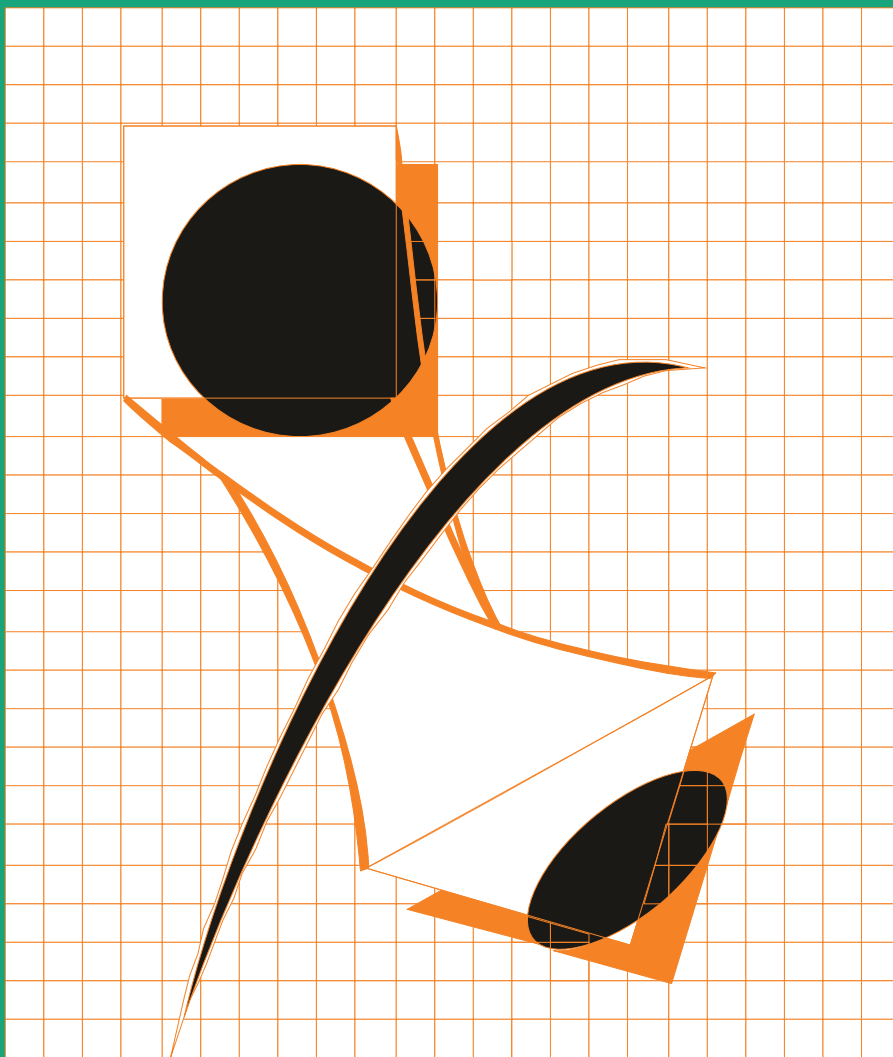


# ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

# И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT



**Наука**

**Экология**

**Технология**

**Оборудование**

**Печатные платы**

**Образование**

**Science**

**Environments**

**Processes**

**Equipment**

**PC boards**

**Training**



## **Редакционная коллегия**

**Гл. редактор 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;  
д.х.н. Винокуров Е.Г., Москва, Россия  
к.х.н. Григорян Н.С., Москва, Россия;  
д.х.н. Данилов Ф.И., Днепропетровск,  
Украина;  
д.х.н. Давыдов А.Д., Москва, Россия;  
к.х.н. Жарский И.М., Минск, Белоруссия;  
д.х.н. Кайдриков Р.А., Казань, Россия;  
д.т.н. Колесников В.А., Москва, Россия;  
д.х.н. Кузнецов В.В., Москва, Россия;  
к.т.н. **Окулов В.В.**, Тольятти, Россия;  
д.х.н. Парфенюк В. И. Иваново, 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**

## **Основатель журнала**

Кудрявцев Владимир Николаевич,  
д.х.н., профессор  
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. 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;  
Parfenuk V.I., Ivanovo, Russia;  
Schischkina S.V., Kirov, Russia;  
Skopintsev V.D., Moscow, Russia;  
Smirnov K.N., Moscow, Russia;  
Vinogradov S.S., Moscow, Russia;  
Vinokurov E.G., Moscow, Russia  
Zharskii I.M., Minsk, Belorussia

125047, Moscow, Miususkaya 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

2017 год

том XXV

## Содержание

|  |   |              |
|--|---|--------------|
| <i>Ответы на<br/>вопросы<br/>читателей</i>               | <b>О введении Cl<sup>-</sup>-ионов в электролит никелирования в виде хлоридов никеля и натрия</b>   | <b>4</b>     |
|  | <b>О плотности серной кислоты в растворе для удаления никелевого покрытия</b>   | <b>4</b>     |
|  | <b>О введении в состав электролитов никелирования солей Na и Mg</b>   | <b>5</b>     |
|  | <b>О возможности применения ТЭНов из циркония для нагрева электролитов сернокислого никелирования</b>   | <b>7</b>     |
| <i>Электро-<br/>осаждение<br/>металлов и<br/>сплавов</i> | <b>Успехи гальванотехники. Обзор мировой специальной литературы за 2015-2016 годы</b><br>Елинек Т.В.  | <b>8</b>     |
|  | <b>Применение композиции ЦКН-60Ti для никелирования титановых сплавов</b><br>Смирнов К.Н., Одинокова И.В., Архипов Е. А.,<br>Жирухин Д.А., Кувшинов В.В.                    | <b>22</b>    |
| <i>Анодные<br/>процессы</i>                              | <b>Анодные материалы для электролиза хроматно-нитратных растворов</b><br>Кругликов С.С., Тележкина А.В., Капустин Е.С., Кравченко Д.В.                                      | <b>37</b>    |
| <i>Композиционные<br/>покрытия</i>                       | <b>Химическое осаждение композиционных покрытий никель-фосфор-графит</b><br>Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А., Невмятуллина Х.А.,<br>Пряничникова П.М., Аснис Н.А. | <b>41</b>    |
| <i>Обмен опытом</i>                                      | <b>Технология нанесения хромового покрытия на детали из титановых сплавов</b><br>Юркевич С.Н., Полякова Т.Л., Ващенко И.М., Андриенко К.Г.,<br>Аблажей Н.М.                 | <b>48</b>    |
| <i>Информация</i>  | <b>Курсы повышения квалификации</b>   | <b>58-59</b> |
|  | <b>Выставки, конференции, семинары</b>  | <b>55</b>    |

# ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT

Published since 1992

№ 3

2017

v. XXV

## Contents

|  |   |              |
|--|---|--------------|
| <i>Answers for reader questions</i>        | <b>On the Use of Nickel and Sodium Chlorides in Nickel Baths</b>  | <b>4</b>     |
|  | <b>On the Concentration of Sulfuric Acid (expressed in its density) in the Stripping Solution for Ni Coatings</b>   | <b>4</b>     |
|  | <b>On the Use of Sodium and Magnesium Sulfates as additives to Ni baths Increasing their Conductivity</b>   | <b>5</b>     |
|  | <b>On the Use of Zirconium Heaters in Nickel and Copper Plating Tanks</b>   | <b>7</b>     |
| <i>Electroplating of metals and alloys</i> | <b>Advances in Metal Finishing - An Assessment of the International Literature 2015-2016</b><br><i>Jelinek T. V.</i>  | <b>8</b>     |
|  | <b>New Pretreatment for Titanium Alloys before Nickel Plating</b><br><b>Smirnov K.N., Odinkova I.V., Arkhipov E.A.,</b><br><b>Zhirukhin D.A., Kuvshinov V. V.</b>   | <b>22</b>    |
| <i>Anodic Processes</i>                    | <b>Anode Materials for the Electrolysis of Chromate-Sulfate Solutions</b><br><i>Kruglikov S. S., Telezhkina A. V., Kapustin E.S., Kravchenko D. V.</i>  | <b>37</b>    |
| <i>Composition materials</i>               | <b>Electroless Plating of Composite Coatings</b><br><b>Nickel-Phosphorus-Graphite</b><br><i>Abrashov A.A., Grigoryan N.S., Vagramyan T.A.,</i><br><i>Nevmyatullina H.A., Pruyanichnikova P.M., Asnis N.A.</i> | <b>41</b>    |
| <i>Exchange of experience</i>              | <b>Process of Chromium Plating on Parts Made of Titanium Alloys</b><br><i>Yurkevich S.N., Polyakova T.L., Vashenko I.M.,</i><br><i>Andrienok K.G., Ablazhei N.M.</i>  | <b>48</b>    |
| <i>Information</i>                         | <b>On the training courses for plating engineers</b>  | <b>58-59</b> |
|  | <b>Congresses, Conferences, Meetings</b>  | <b>55</b>    |

**О введении  $\text{Cl}^-$ -ионов в электролит никелирования в виде хлоридов никеля и натрия**

*On the Use of Nickel and Sodium Chlorides in Nickel Baths*

**ВОПРОС:** В серноокислом электролите Уоттса (с нафталиндисульфокислотой, плотностью тока 0,8-2 А/дм<sup>2</sup>, температурой 20-45°C) какова должна быть концентрация никеля двуххлористого взамен натрия хлористого (концентрация 7-15г/л), достаточно ли 15-40 г/л или эквивалентная замена? В ГОСТ 9.305 в случаях в примечании пишут допускается заменить хлористый натрий эквивалентным количеством двуххлористого никеля, в других составах концентрация никеля двуххлористого составляет 40-60 г/л вместо 10-15г/л хлористого натрия при плотности тока от 2 А/дм<sup>2</sup> и выше.

**ОТВЕТ:** Никелевые аноды чрезвычайно склонны к пассивации. Пассивация анодов приводит к дисбалансу анодного и катодного выходов по току, в результате чего концентрация ионов никеля в растворе снижается.

В качестве активаторов анода в электролит никелирования вводят ионы хлора в виде  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{NaCl}$  в эквивалентном количестве.

Под эквивалентным количеством следует понимать такое количество этих солей, в котором содержание ионов хлора одинаковое.

Поскольку молекулярная масса шестиводного хлорида никеля в 4 раза больше, чем молекулярная масса хлорида никеля, но в хлориде никеля ионов хлора 2, то по массе хлорида никеля нужно брать в 2 раза больше, чем хлорида натрия.

Таким образом, с точки зрения эквивалентности соотношение 40-60 г/л  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  взамен 10-15 г/л  $\text{NaCl}$  является завышенным.

Введение хлорида никеля более предпочтительно, так как и катион и анион этой соли являются необходимыми компонентами электролита.

Иногда с целью удешевления электролита взамен хлорида никеля вводят эквивалентное количество более дешевого хлорида натрия. По сути, ионы натрия являются балластом в электролите никелирования и приводят к некоторому снижению растворимости никель-содержащих солей. Единственное положительное влияние ионов натрия заключается в том, что за счёт более высокой подвижности они несколько повышают электропроводимость электролита.

Диапазон оптимальных концентраций хлорида никеля составляет от 30 до 60 г/л.

Выбор конкретной концентрации хлорида никеля определяется величиной анодной плотности тока. Чем выше анодная плотность тока, тем выше вероятность пассивации анода и тем выше, соответственно, должна быть концентрация ионов хлора.

Хлорид никеля обычно вводят в минимальном количестве, обеспечивающем активацию анодов при данной плотности тока (но не менее 30 г/л). Введение в электролит хлорида никеля более 60 г/л нежелательно по следующим причинам:

- электролит становится более коррозионно-агрессивным в отношении оборудования и упавших на дно деталей;
- при высоких плотностях тока возможно выделение на аноде хлора, что является опасным с экологической точки зрения;
- увеличение концентрации ионов хлора приводит к некоторому снижению поляризации, что негативно сказывается на мелкокристалличности осадков;
- удорожание электролита из-за более высокой стоимости хлорида никеля.

К.т.н. Мамаев В.И.

**О плотности серной кислоты в растворе для удаления никелевого покрытия**

*On the Concentration of Sulfuric Acid (expressed in its density) in the Stripping Solution for Ni Coatings*

**ВОПРОС:** Подскажите, максимально и минимально допустимую плотность серной кислоты в электролите для удаления никелевого покрытия (состав: серная кислота – 1 л, глицерин 10 г/л, температура 15-25°C, плотность тока 3-8 А/дм<sup>2</sup>). В тех. процессе указана плотность кислоты 1,74 г/см<sup>3</sup>, в тех. литературе 1,63 или 1,61, встречается 1,52, в ОСТе в составе нет глицерина, только серная кислота плотность 1.84. Читала, что если плотность электролита ниже 1,52 г/см<sup>3</sup>, то детали могут «затравиться».

**ОТВЕТ:** При указании составов электролитов, содержащих кислоты, вначале всегда приводят концентрацию кислоты, которая использу-

ется для приготовления раствора, затем ГОСТ, который характеризует её качество и, наконец, её концентрацию в растворе.

Например,  $H_2SO_4$  ГОСТ 4204-77 ( $\rho = 1,84$ ) ..... 720 г/л.

Такая запись означает, что в одном литре раствора содержится 720 грамм концентрированной серной кислоты с плотностью  $\rho = 1,84$ .

Таким образом, 1,84 это плотность исходной кислоты, а не плотность рабочего раствора.

В приведённом вами составе указан объём (1 литр) кислоты, но не указана её концентрация. Судя по последующему тексту, можно предположить, что плотность этой кислоты 1,74. Кислота с такой плотностью выпускается башенным способом, она, как правило, низкого технического качества и для снятия никеля не подходит.

Электролит для снятия никеля готовится на основе серной кислоты марки «химически чистая» или «аккумуляторная». Очень важно отсутствие в электролите ионов хлора, так как они способны активировать основу. По этой причине техническая серная кислота для приготовления электролита для снятия никелевых покрытий непригодна.

Кроме того, в своём вопросе вы не указали материал основы, т.е. с какого металла нужно снимать никелевое покрытие. Дело в том, что плотность раствора и режимы электролиза будут зависеть от марки стали, с которой снимается никель. Это объясняется тем, что разные марки стали пассивируются по-разному.

Для снятия никелевого покрытия со стали и меди довольно широкое распространение нашёл способ анодной обработки в растворах серной кислоты.

|  |
|--|
| Кислота серная $H_2SO_4$ ( $r=1,84$ ), г/л ..... 720 |
| Глицерин, г/л ..... 30÷50                            |
| Анодная плотность тока, А/дм <sup>2</sup> ..... 5÷10 |
| Температура, °С ..... 15÷25                          |
| Напряжение, В ..... ≈ 6                              |
| Плотность электролита ..... ( $\rho=1,63$ )          |
| Скорость растворения, мкм/ч ..... 120                |
| Материал катода ..... Свинец                         |

В этом составе указана плотность ( $r=1,63$ ), это значение, на которое нужно ориентироваться при приготовлении электролита.

С целью снижения вероятности растравливания металла основы в серную кислоту вводят глицерин или этиленгликоль, повышающие вяз-

кость раствора, и ингибиторы (триэтиламин, трибутиламин).

Плотность и вязкость раствора может снижаться из-за разбавления водой, находящейся на поверхности влажных деталей, поэтому для предотвращения разбавления электролита рекомендуется детали загружать в ванну снятия никеля сухими. Вместе с тем, нужно иметь ввиду, что по мере эксплуатации электролита его плотность будет увеличиваться за счёт насыщения солями никеля.

Температура раствора должна быть (18÷20°С), допустимо превышение до 30 °С. При более высоких температурах железо не пассивируется, что приводит к растравливанию основы.

В химически чистой кислоте плотность тока должна быть не ниже 5÷7 А/дм<sup>2</sup>, а в аккумуляторной кислоте - не ниже 10÷15 А/дм<sup>2</sup>. Верхний предел плотности тока ограничен опасностью разогрева электролита за счёт выделения джоулева тепла (объемная плотность тока не должна превышать 0,5÷0,75 А/л).

По мере того как никелевое покрытие снимается и обнажается железо, оголенные стальные участки пассивируются и на них начинается выделение кислорода, поэтому перетравливания детали, как правило, не происходит. Определить полноту снятия никеля по интенсивности газовыделения затруднительно, по этой причине приходится периодически вынимать детали для осмотра, что, как правило, никаких существенных нарушений процесса не вызывает. Оголенные участки стальной основы и оставшееся на поверхности детали никелевое покрытие имеют различные оттенки (поверхность запассивированной стали обычно более темная).

С меди и медного подслоя никель снимается тем же способом, который описан для его снятия со стали. Необходимо иметь ввиду, что медь на аноде в серной кислоте пассивируется при значительно более высокой плотности тока. При работе в аккумуляторной серной кислоте плотность тока должна быть не меньше 30÷35 А/дм<sup>2</sup>.

Первоначально нужно опытным лабораторным путём подобрать наиболее оптимальные режимы для каждого конкретного случая.

**К.т.н. Мамаев В.И.**

**О введении в состав электролитов  
никелирования солей Na и Mg**  
*On the Use of Sodium and Magnesium  
Sulfates as additives to Ni baths  
Increasing their Conductivity*

**ВОПРОС:** Добрый день уважаемые коллеги, прошу Вас, если это возможно, дать подробный ответ с практической рекомендацией по эксплуатации на следующий вопрос:

В книге "Никелирование" В.И. Мамаева и В.Н. Кудрявцева на стр 39-40 - (Другие компоненты) , в двух строчках написано: -"для увеличения электропроводности иногда вводят  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ . Сульфат натрия обладает значительно большей электропроводностью, однако магний включается в никелевые покрытия, при этом они становятся более мягкими и светлыми."

Вопрос именно о введении, количестве г/л, и практической пользе сульфата магния в кислом электролите никелирования "Уоттса" с блескообразующими добавками. Если ввести данную соль магния в уже используемый нами электролит, какие положительные свойства мы получим при толщине осаждения одного слоя никеля до 50 мкм.

Поменять электролит на другой тип для получения мягких осадков, например сульфаминовокислый, не представляется возможным на данный момент...

Спасибо Вам и администраторам портала "Российское общество гальванотехников и специалистов в области обработки поверхности"

ООО "Соллер"

**ОТВЕТ:** В своём вопросе Вы не совсем точно процитировали фразу из раздела «Другие компоненты». Там нигде не сказано, что магний включается в никелевое покрытие. Дело в том, что восстановление магния на катоде невозможно из-за высокой электроотрицательности магния. Влияние магния на пластичность никелевых осадков обусловлено главным образом адсорбционными явлениями.

Если рассматривать исторически, то сульфат магния являлся первой добавкой к электролиту Уоттса. Добавка сульфата магния делает никелевые осадки более светлыми и несколько менее хрупкими. Некоторое повышение пластичности обусловлено изменением условий разряда ионов никеля и измельчением структуры.

В дальнейшем, в связи с появлением высокоэффективных органических блескообразователей появилась возможность получения блестящих никелевых покрытий даже на матовой поверхности. Но, к сожалению, органические добавки, включаясь в кристаллическую структуру покрытия, приводят, как правило, к увеличению внутренних напряжений растяжения, к снижению пластичности, повышению хрупкости и повышению пористости. Для снижения внутренних напряжений растяжения блестящих покрытий стали вводить другие добавки (сахарин, хлорамин), которые дают незначительный блеск, но дают достаточно высокие обратные по знаку напряжения сжатия. В совокупности обе добавки позволяют получать покрытия с низкими внутренними напряжениями. Таким образом, влияние сульфата магния на фоне органических добавок становится практически незаметным и его перестали вводить в состав электролита. Тем не менее, на некоторых предприятиях и в настоящее время традиционно используют электролиты никелирования, включающие небольшие количества сульфата магния. Электролит с сульфатом магния даже включён в ГОСТ 9.305-84.

Введение сульфата магния в ваш электролит с блескообразующими добавками может привести к некоторому улучшению механических свойств никелевых покрытий и даже к небольшому повышению рассеивающей способности, но ожидать существенного повышения качества покрытий не стоит, тем более при такой большой толщине покрытия.

В том случае, если блеск не имеет существенного значения, то для снижения внутренних напряжений и повышения пластичности покрытий лучше пойти по пути снижения концентраций блескообразующих добавок. В этом случае эффект от добавки сульфата магния проявится в большей мере.

В качестве примера можете посмотреть ГОСТ 9.305-84, таблица 35, состав 9.

|                                      |                   |
|--------------------------------------|-------------------|
| Никель сернокислый .....             | 130 – 180 г/л     |
| Натрий хлористый .....               | 8 – 15 г/л        |
| Натрий сернокислый .....             | 50 – 80 г/л       |
| Магний сернокислый 7-водный .....    | 15 – 25 г/л       |
| Кислота борная .....                 | 30 – 40 г/л       |
| Сахарин .....                        | 0,3 – 2,0 г/л     |
| 1,4 бутиндиол(100%) ..               | 0,027 – 0,135 г/л |
| Блескообразователь НИБ-3 (20%) ..... | 6 – 10 г/л        |



Блескообразователь НИБ-12 (100%) .... 0,003 - 0,015 г/л  
рН ..... 3 - 5  
t° ..... 50 - 60 °С  
i<sub>к</sub> ..... 0,5 - 3,0 А/дм<sup>2</sup>  
Скорость осаждения ..... 0,5 - 3,0 мкм/ч

Для получения более пластичных, но матовых покрытий в этом электролите можно отказаться от добавок НИБ-3 и НИБ-12 и даже от 1,4 бутиндиола, оставив только сахарин. Изменение состава желательно проводить постепенно путём отмены корректировок по вышеуказанным добавкам. В таком случае, если что-то пойдёт не так, проведя корректировку, вы всегда сможете вернуться к исходному составу.

Вместе с тем, необходимо отметить, что данный электролит из-за низкого содержания ионов никеля имеет невысокую производительность. Максимальная скорость покрытия 0,6 мкм/час. Низкая концентрация никеля в этом электролите сделана с целью увеличения рассеивающей способности.

Если в вашем случае покрываемые детали имеют несложную конфигурацию можно увеличить концентрацию сульфата никеля до 300 г/л, а хлорид натрия заменить на хлорид никеля.

Судя по очень высокой толщине никелевого покрытия можно предположить, что ваши процессы связаны с гальванопластикой. В этом случае (с разрешения конструктора) целесообразно основную толщину покрытия наносить в виде медного слоя, так как медные покрытия имеют более высокую пластичность и меньшую пористость. Далее поверх меди можно нанести никелевое покрытие для придания необходимых вам функциональных свойств.

Возможен и другой вариант. Вначале посадить никель, а затем для придания жёсткости конструкции осадить более толстый слой меди.

*К.т.н. Мамаев В.И.*

**О возможности применения ТЭНов из циркония для нагрева электролитов сернокислого никелирования**  
*On the Use of Zirconium Heaters in Nickel and Copper Plating Tanks*

**ВОПРОС:** Подскажите, пожалуйста, возможно ли применять ТЭНов из циркония для на-

грева электролитов сернокислого никелирования (состав: никель сернокислый, никель двуххлористый, борная кислота, рН 5.2-5.8), меднения (медный купорос, калий пиррофосфорнокислый, лимонная кислота, рН 8,3-8,7). Хотели приобрести ТЭНов из фторопласта, установить по бокам ванны, но чтобы обеспечить заданную температуру необходимо 3 витка из фторопласта, что приведет к уменьшению внутреннего размера ванны. Завод-изготовитель предлагает ТЭНов из циркония. В интернете приведены характеристики ТЭНов из циркония, указано, что "боится" некоторых хлоридов и в тоже время высокая стойкость к соляной кислоте, к фосфорной кислоте (10-85%) стойкость от очень высокой до средней. Применяют ли на предприятиях циркониевые ТЭНов в указанных электролитах?

*Технолог АО "НИИ СВТ", г. Киров*

**ОТВЕТ:** ТЭНов из циркония в электролитах никелирования и пиррофосфатного меднения применять, конечно же, можно, но, скорее всего, не нужно. Причина нецелесообразности применения циркониевых ТЭНов в их более высокой стоимости. Естественно, что заводу-изготовителю выгоднее продать вам что-нибудь подороже. В том случае, если для вашего предприятия цена ТЭНов не имеет значения, то вариант приобретения ТЭНов из циркония можно считать лучшим.

Электролиты никелирования и пиррофосфатного меднения не обладают высокой коррозионной агрессивностью. Обычно для таких электролитов с успехом применяют либо титановые ТЭНов, либо ТЭНов из аустенитных нержавеющей сталей.

Если вас лимитирует рабочий объём ванны, то можно применить выносные теплообменники и включить их в контур непрерывной фильтрации. В этом случае электролит забирается из ванны никелирования, проходит через теплообменник, фильтровальную установку и возвращается обратно в ванну.

Нужно иметь в виду, что такой способ применим только при условии наличия непрерывной фильтрации, (что для электролита никелирования очень желательно).

*К.т.н. Мамаев В.И.*

УДК 621

**Успехи гальванотехники\***  
**Обзор мировой специальной литературы**  
**за 2015-2016 годы**

**Елинек Т.В.**

**Advances in Metal Finishing - An Assessment of the  
International Literature  
2015-2016**

**Jelinek T.V.**

**Fortschritte in der Galvanotechnik - Eine Auswertung der  
internationalen Fachliteratur 2015-2016**

**Jelinek T.W.**

**5. Химическое осаждение металлов**

Основными причинами применения покрытий химическим никелем являются его высокая твердость и целый ряд свойств (например, коррозионная стойкость), получаемые в результате последующей термообработки [238, 239, 355]. Слои со средним содержанием никеля снижают износ и повышают коррозионную стойкость гидравлических цилиндров [195]. Дорогие нержавеющие стали заменяют углеродистой сталью с Ni-P-W-покрытиями [196, 354].

Внутренние напряжения в никелевых слоях уменьшают многослойной комбинацией с содержанием в них фосфора от 1,5 до 14,5% или до-

бавкой соединения иттрия [129]. Согласно новым исследованиям механизм дисперсионного осаждения носит не электрохимический характер [236]. Дисперсионные слои с наноалмазами хорошо зарекомендовали себя особо высокой стойкостью к истиранию [467]. Производительность никелевого электролита с гипофосфитом улучшают повышенным количеством порционно подаваемого восстановителя [14, 78]. Регулированием параметров снижают температуру глициносодержащих электролитов со 100°C [194, 391]. При производстве металлических губок, например для катализаторов, на полиуретановую губку химическим способом

---

\* Перевод обзора из немецкого журнала *Galvanotechnik*, 2017, 108. - №1, С. 50-66. Продолжение.

осаждают медь [130]. Сообщается о модифицировании поверхностей золь-гель-слоями [135] и химическом оловянировании [424].

## **6. Оборудование и приспособления**

### **6.1. Гальванические установки**

При выборе искусственных материалов для ванн исходят из результатов предварительно проведенных испытаний, согласно требуемым условиям [29]. Часто пренебрегают очень большими потерями растворов, возникающими из-за отсутствия герметичности и которые должны быть сокращены своевременной заменой ванн [483, 527]. Обработку неудобных маленьких деталей выгодно вести в вибрационных емкостях [202]. В отличие от мембранных, перистальтические дозирующие насосы в гальванических установках не нуждаются в обслуживании [25]. Для маленьких деталей энергоэкономичной является конденсационная сушка с обдувом горячим воздухом [288].

Многоступенчатую очистительную установку конструируют как ячеечные роботы [210]. Продуманная техника подвески деталей является важным качественным и стоимостным фактором [515, 526], например подвеска малых деталей и других точных работ с помощью робота-ассистента [511].

### **6.2. Лакировальные установки**

Представлено детальное планирование и конструирование лакировальных установок [247, 447, 448]. На лакировальных установках для больших деталей энергия экономится включением вентиляторов только в присутствии обслуживающего персонала [22], также промежуточным включением теплообменников при воздухоотсосе [289] или установкой микротурбин [88]. Эффективная сушка требует красный свет определенной длины волны [26]. Можно экономить на осушителях сжатого воздуха, если учитывать их конкретную функцию [290]. Пылевые фильтры для отработанного воздуха должны конструироваться в зависимости от актуальных размеров частиц [433]. В [440] показано, как незначительными мероприятиями снизить стоимость погружной электроустановки и как выглядит оптимальная подъемная техника в лакировальной установке для тяжелых деталей [441]. В установках горячего цинкования операции при высоких температурах выполняются роботами [287, 342]. Современная установка воронения стали оснащена подвесным транспортом [426].

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

Ряд публикаций посвящен замене хромирования алюминия. Одним из решений является аморфное фосфатирование в растворе гидрогенфосфата и молибдата натрия с конечным нанесением тонкого слоя анодной обработкой в жидком стекле [21]. Рекомендуют не содержащие хрома пассивирующие растворы, в которых соблюдаются технические особенности способа [82, 84, 141, 143]. Решением является также покрытия алюминия не нуждающимися в предварительной обработке магнием и цинковыми ламелями [200, 359] или разрешенное для строительных профилей предварительное анодирование с толщиной слоя порядка 8 микрон [469].

Для процесса жидкофазной диффузионной сварки (Transient liquid Phase Diffusion bonding - TLPDB) деталей из алюминиевых сплавов естественный оксидный слой заменяют медным покрытием [81, 140]. Исследования анодирования медь- или кремнийсодержащих алюминиевых сплавов показывают возможности повышения скорости этого процесса [201, 360]. Для склеивания алюминиевые сплавы подвергают сначала струйной, а затем обработке в фторсодержащем сернокислотом растворе [223, 414]. Алюминий возможно парциально анодировать, предварительно обклеив искусственной пленкой [54, 245, 394, 489].

Исследуют влияние параметров анодирования на структуру слоев [430]. Самые толстые твердые анодные слои на дюралюминии получают добавкой уксусной кислоты к сернокислому электролиту при низких температурах [468]. Выцветание окрашенных анодных слоев чаще всего является следствием недостаточного закрытия пор [506]. Сравнение различных способов снятия лака с автомобильных дисков показывает, что они все практически одинаковы [507]. Поверхность анодированного алюминия с микропорами используют для синтеза углеродных нанотрубок [64]. Анодные оксидные слои на титане, полученные в органическом растворе имеют перпендикулярно к поверхности расположенные поры [83].

Магниевые сплавы анодно оксидируют пульсирующим током [20]. Титановые поверхности делают коррозионно-стойкими микроплазмой обработкой в электролитах [56], дополнительно рекомендуют применение фторсодержащего электролита с органическими растворителями [142].

## **8. Другие обработки поверхности**

### **8.1. Конверсионные покрытия, цинк-ламель, покрытия в расплавах**

Заменой фосфатирования на титан-цирконий-содержащие растворы хотят снизить высокое содержание фосфатов в природных водах [79, 243, 505]. Марганцевое фосфатирование в замкнутом цикле безопасно для окружающей среды [284]. Коррозионную защиту без водородной хрупкости высокотвердых пружинных материалов обеспечивают цинк-ламельные слои [31]. Исследуют влияние материала основы на рост слоя при горячем цинковании [136, 336]. Коррозионную стойкость повышают наличие висмута и свинца [244].

### **8.2. Органические покрытия**

Предполагается решить дальнейшее развитие органических покрытий, относящихся к важнейшим проблемам программы "Индустрия 4,0", вновь разработанными лаками для поверхностей из различных металлов и новым поколением модульных лакировальных установок [148, 162, 429, 525, 547]. В области актуальных вопросов находятся новые типы лаков и покрытий для специальных применений. Например, растворимые для временной защиты от коррозии [38], полиуретановые пленки для электролитического осаждения [51], оптимизированные декоративные прозрачные лаки [118], устойчивые для транспорта лаки на водной основе [119] и антипригарные покрытия [497]. Исследуют лаки на основе биополимеров [259]. При технологических проблемах занимаются вопросами оптимизации техники и экономики [36, 85, 96, 122, 171, 323, 504, 523], предварительной обработкой жидкими лаками [301], улучшением адгезии на искусственных материалах [1] и способами снятия лака [522]. Селективное покрытие на дисплеях из искусственных материалов осуществляют струйным принтером [35]. В особенно большом количестве публикаций сообщается об уменьшении, избегании появления и использования излишков лака [33, 34, 164, 335]. Оптимизация ведут вручную, изучая картину распыления [437] и образующиеся структуры лаковых пленок [478]. Постоянно возрастает применение роботов при аппликации лаков и их транспортировке [168, 398].

Сообщается о контроле [264, 265, 442] и поисках дефектов [94, 95, 170, 481]. В публикациях [37, 163, 165, 166, 172, 191, 219, 258, 299, 350, 524, 525] освещается большое количество проблем порошкового напыления.

### **8.3. Эмалирование, физические методы обработки поверхности**

REACH затрагивает эмалирование в поисках безникелевых и безкобальтовых процессов [2]. Публикация [240] посвящена ремонту эмалированных деталей, а работы [242, 358] – коррозии эмали в емкостях для воды и разработки новой марки стали, пригодной для эмалирования [504].

Полученные ионным напылением тонкие хромовые слои делают сталь устойчивой против окисления [93], медный порошок на вращающихся дисках для улучшения работоспособности и стойкости покрывают слоем Fe-Cr-Ni [134]. Возможно осаждение твердых слоев на искусственные материалы при превышении температуры ионного напыления за счет модифицированного тока выше 80°C [197, 237, 319, 392, 393] и углеродных алмазоподобных слоев [427]. Модифицированной плазмой наносят функциональные покрытия на датчики [285].

## **9. Контроль качества**

Постоянно дополняется количество способов контроля качества за счет ускоренных корреляционных измерений параметров и свойств [156, 375, 452]. Комплексные передвижные системы позволяют измерения многих участков тяжелых деталей [173]. Оценку качества золотых покрытий вследствие их значения в электронике сейчас относят к отдельной области [261, 305, 374]. Сравнительные трибологические испытания ведут к оптимизации структур поверхности, например при изготовлении копии жука-скарабея [297]. Пример с алюминием показал, что анализ чистоты поверхности является пригодным для определения свойств покрытий [338, 446, 449]. Возрастает количество предлагаемой экспертной помощи контроля качества [263]. Полярографический анализ капаящим ртутным электродом 56 лет назад был отмечен Нобелевской премией [50, 146]. Для определенных свойств все большее значение имеют действующие стандарты [399, 487, 528].

Лаборатория контроля обработки поверхности выигрывает наличием ряда новых способов и приборов [43, 528]. Для суммарного определения параметров имеется безреагентный тест в кюветках [174]. В фокусе новых разработок находится оптимальная корреляция различных аналитических методов [304]. Сообщается [266, 444] о возможных ошибках при проведении титриметрического метода анализа.

На поверхностях под покрытия измеряют важную для смачивания/растекания и сцепления

поверхностную энергию [41, 300, 303]. Пленочные загрязнения могут быть определены количественно и качественно [209, 377], оценка частиц проводится вручную по так называемому „Тесту частиц“ - проверки на чистоту по количеству частиц [262, 378]. Существуют специальные приемы для оценки поверхности после струйной обработки [445].

Многие физические свойства поверхностных слоев на рулонах и других деталях определяют одновременно через взаимосвязи со сканированными в различных местах структурами [40, 443, 445, 448, 482]. Датчики круглой формы позволяют точное определение цветов даже на профилях [175]. Для неразрушающего контроля толщины в многослойных системах существуют специальные спектральные приборы [176] и ультразвуковые приспособления [208]. Толщины и составы нанослоев измеряют методом рентгеновской флуоресценции [270]. Существует аналитический способ определения состава лаковых слоев [302].

### **10. Окружающая среда, охрана окружающей среды**

Руководства по чистой воде, чистому воздуху, вторично используемым отходам и максимальному сокращению их количества на депонирование уже много лет являются действующими стандартами в гальваноиндустрии. Целый ряд внедренных способов доказал, что охрана окружающей среды и экономика не противопоставляют себя друг другу [272, 401, 530]. Поскольку сегодня редки разработки новых технологий, то мало и публикаций в области подготовки производств. Напротив большое количество, и не в последнюю очередь востребованные программой „Индустрия 4,0“, разработок в области переработки вторичного сырья и замкнутых технологических циклов.

#### **10.1. Сточные воды, выхлопные газы**

На сокращение объема переноса раствора из гальванических ванн положительно влияют малые добавки поверхностно-активного вещества и медленное поднятие деталей из раствора ванн [211, 381, 451, 484, 533]. Большое соотношение поверхность / объем расширяет применение наноразмерных материалов в фильтровании, реакциях и осаждении [48]. Кислица может служить биологическим средством удаления цинка из сточных щелочных цианистых вод [98, 450].

Большая поверхность связанных в пучок электродов делает возможной эффективное электрохимическое обеззараживание сточных вод [306].

Электронные производства возможно до определенной степени очищать от кремниевой пыли, рециклируя ее в микроволновой технике [307]. Для очистки ионообменника для промывных вод Cr(III)-электролитов необходима его двухступенчатая регенерация в соляной и серной кислотах [380].

Сообщается о бессточном анодировании [532]. Исследуют полисахариды как ионообменник [534, 535], адсорбцию тяжелых металлов на силикатах [536]. Органические вещества в отходящем воздухе лакировальных производств должны особенно экономично разлагаться биологическим [379] или двухстадийным способами [485].

#### **10.2. Переработка отходов**

В мембранном адсорбере с интегрированными в мембраны химикатами-адсорбентами фильтруют тончайшие частицы с одновременным выделением специфических веществ из сточных вод [46]. Сконструирована мембранная фильтрационная установка для разделения частиц различного размера [271]. В механической обработке применяют смазочные и масла для волочения в замкнутом с сепараторами цикле [274]. Переработка отходов, например, пластмасс, является экономичной, если их количество возрастает до оптимального с точки зрения технологии количества добавкой исходного сырого материала [340].

Сообщается о новой инструкции и разработках проблем охраны труда на рабочем месте [149, 150, 151, 153, 178, 181, 248, 325, 326]. Актуальной проблемой является защита „в интернете“ от хакеров [152]. В статьях [182, 383] разбирается опыт обращении с асбестом.

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

Покрyтия цинком и цинковыми сплавами являются, как и прежде, важнейшей металлической защитой от коррозии; 60% производимого цинка расходуется на защиту стали, примерно 15% - на литье под давлением [343, 498]. Исследуются причины брака, например образование пузырей на деталях с порошковым цинковым покрытием, следствием которого является белая ржавчина [28]. Коррозия электролитических ванн часто возникает недалеко от мест прокладки трубопроводов [161], аналогично у сварных швов на неподходящих уплотнительных местах [206, 296, 370]. Износо- и коррозионная стойкость азотированных поверхностей объясняются (FeN<sub>4</sub>)-структурной фазой [198, 199, 356, 357, 412, 476, 521].

Против биогенной коррозии трубопроводов в сернокислой среде особенно помогают выращенные колонии бактерий [334]. Коррозия магния является, вероятно, результатом каталитической реакции анодных микроэлементов [246], при пескоструйной обработке стали часто связана с загрязнением песка [333]. Толстые  $\text{NiS}_2$ -слои защищают нержавеющую сталь от коррозии [16]. Керамические и строительные материалы в присутствии серной кислоты могут подвергаться биологической коррозии распространенными в этой среде бактериями [374]. Силикатное покрытие защищает имплантаты, подверженные коррозии биологическими жидкостями человека [477], серебряные или медные покрытия хорошо зарекомендовали себя против образования плохо удаляемых биологических пленок [519].

Коррозионную стойкость твердохромовых покрытий, например автомобильных бамперов, улучшают предварительным химическим никелированием [32, 207]. В емкостях для сточных вод устанавливают катодную коррозионную защиту [436].

Способ проверки анодной коррозии в щелочном растворе с нанесением на поверхность сетки царапин более доказателен испытанием в атмосфере солевого тумана для оценки качества лаковых слоев [39]. При ускоренных испытаниях должно учитываться взаимовлияние механической нагрузки и коррозии [92]. Изучают корреляции между долгосрочным поведением и ускоренными методами испытаний [256]. Многослойные лаковые покрытия не только защищают от коррозии, но и выполняют декоративную функцию [225, 257, 260], двойная защита, как и прежде, предпочтительнее при высоких нагрузках [317, 371, 397]. Изучают коррозионные процессы, протекающие при испытании в атмосфере солевого тумана [520] и влияние окружающей среды на различные материалы в лабораторных условиях [529, 372].

### **Литература References**

1. Hilt, M. et al.: besser lackieren 17(2015)1, S. 6
2. Buskamp, B.: JOT 56(2015)7, S. 14-15
3. Schmied, F.: JOT 56(2015)7, S. 18-19
4. Rakotoson, V.: galvano organo (2015)839, S. 30-31
5. Ruhland, C.: JOT 56(2015)8, S. 58-81
6. Kuhn, A.: Galvanotechnik 106(2015)7, S. 1382-1390
7. Song, J. et al: PLUS 17(2015)7, S. 1431-1441
8. Walsh, E. C. et al: Trans. IMF 93(2015)3, S. 142-156
9. Sekar, R. et al: Trans. IMF 93(2015)3, S. 133-138
10. Macej, A. et al: ochronaprzedkorozyja 58(2015)5, S.180-184
11. Kurtz, O. et al: PLUS 17(2015)7, S. 1442-1449
12. Bhat, R. S. et al: Trans. IMF 93(2015)3, S. 157-163
13. Szmigielska, K. et al: inzynieria powierzchni (2015)2, S. 26-29
14. Muraliraja, I. et al: Trans. IMF 93(2015)3, S. 126-132
15. Liebich, J. et al: Galvanotechnik 106(2015)7, S. 1378-1381
16. Verdian, M. M. et al: Trans. IMF 93(2015)3, S. 164-168
17. Dowling, D. P. et al: Trans. IMF 93(2015)3, S. 119-125
18. Kern, M.: weiter vorn Das Fraunhofer Magazin (2015)3, S. 46
19. Gilewicz, A.: inzynieria powierzchni (2015)2, S. 15-23
20. Nawrat, G. et al: ochronaprzedkorozyja58(2015)5, S. 157-163
21. Kapuscinska, A. et al: inzynieria powierzchni (2015)2, S. 41-46
22. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)6, S. 20-21
23. Schwarze, M. et al: GIT 59(2015)6, S. 24-26
24. Remund, J. et al: Bulletin SEV/VSE(2015)5, S. 20-23
25. Anon.: Oberflächentechnik Polysurfaces 56(2015)3, S. 6-7
26. Bopp, M.-L.: JOT 56(2015)7, S. 22-25
27. Anon.: besser lackieren 17(2015)12', S. 7
28. Podewills, J.: besser lackieren 17(2015)11, S. 9
29. Rogener, F. et al: Galvanotechnik 106(2015)7, S. 1370-1377
30. Hajduga, M. B. et al: ochronapraedkorozyja 58(2015)5, S. 198-202
31. Faciner, A.: JOT 56(2015)3, S. 32-34
32. Bauer-Troßmann, K. et al: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 46(2015)2, S. 98-109
33. Barnbold, T.: besser lackieren 17(2015)09, S. 8
34. Zelch, D.: products finishing 79(2015)8, S. 22-25
35. Sticker-Joachim, I.: Oberflächentechnik Polysurfaces 56(2015)3, S. 12-13
36. Harsch, M.: besser lackieren 17(2015)11, S. 3
37. Doege, T.: besser lackieren 17(2015)11, S. 12
38. Holz, M.: JOT 56(2015)7, S. 26-28

39. Kalinna, G.: JOT 56(2015)3, S. 76-78
40. Wollmair, P. et al: GIT 59(2015)5, S. 27-29
41. Hilt, M. et al: besser lackieren 17(2015)12, S. 6
42. Passiel, C.: besser lackieren 17(2015)12, S. 12
43. Kipfer, M.: galvano organo (2015)839, S. 38-10
44. Gülbas, M.: Galvanotechnik 106(2015)7, S. 1362-1368
45. Bergmann, H. et al: Galvanotechnik 106(2015)7, S. 1508-1517
46. Anon.: Galvanotechnik 106(2015)7, S. 1518-1519
47. Robinson, J.: besser lackieren 17(2015)09, S. 16
48. Hartmann, J.: Galvanotechnik 106(2015)6, S. 1299-1308
49. Anon.: JOT 56(2015)7, S. 40-42
50. Gabe, D. R.: Trans. IMF 93(2015)3, S. 116
51. Caramia, V et al: Trans. IMF 93(2015)3, S. 139-146
52. Groteliischen, F.: weiter vorn Das Fraunhofer Magazin (2015)3, S. 48-49
53. Obuchowicz, Z. et al: inżynieria powieKchni (2015)2, S. 10-14
54. Anon.: Technische Rundschau 107(2015)7, S. 42-44
55. Anon.: Metall 69(2015)5, S. 173
56. Völlrath, K.: Metall 69(2015)5, S. 180-185
57. Schmidt, M.: besser lackieren 17(2015)10, S. 7
58. Weber, H.: Umformtechnik 49(2015)4, S. 56-57
59. Rakotoson, V: galvano organo (2015)838, S. 49-51
60. Hofer, S. et al: Metall 69(2015)6, S. 240-244
61. Anon.: products finishing 79(2015)8, S. 32-33
62. Knuth, I.: lightweight.design (2015)3, S. 20-25
63. Ellert, T. et al: lightweightdesign (2015)3, S. 48-53
64. Anoop, S. et al: Galvanotechnik 106(2015)6, S. 1145-1150
65. Langner, R. et al: Werkstoffe in der Fertigung (2015)4, S. 3
66. Temmler, A. et al: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 46(2015)7, S. 692-703
67. Anon.: JOT 56(2015)8, S. 68-69
68. Ukar, E. et al: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 46(2015)7, S. 661-667
69. Nawrat, G. et al: Galvanotechnik 106(2015)8, S. 1569-1584
70. Fischer, S. et al: besser lackieren 17(2015)13, S. 8-9
71. Nelujkin, W.N. et al: Fizikochimia powerchnosti i zaschtschita materialov 51(2015)3, S. 334-336
72. Heitmffller, S.: Galvanotechnik 106(2015)8, S. 1586-1590
73. Fheng-Zhan, Ren et al: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 25/66(2015)3, S. 144-152
74. Kamel, M. M. et al: Metall 69(2015)7-8, S. 286-291.
75. Krauß, S. et al: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 46(2015)2, S. 190-106
76. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)7-8, S. 12-13
77. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)7-8, S. 14-15
78. Murahraja, L. et al: Trans. IMF 93(2015)3, S. 126-132
79. Dunham, B. et al: AIFM GalvanoTecnica e nuove fmiture 25/66(2015)3, S. 154-159
80. Spange, S. et al: Gavanotechnik 106(2015)8, S. 1666-1674
81. Schällibaum, J. et al: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 46(2015)7, S. 661-667
82. Hofstätter, J. et al: besser lackieren 17(2015)13, S. 5
83. Inasaridse, J. et al: Fizikochimia powerchnosti i zaschtschita materialov 51(2015)4, S. 375-378
84. Eickhoff-Mülhause, J.: besser lackieren 17(2015)14, S. 4
85. Hilt, M. et al: besser lackieren 17(2015)13, S. 6
86. Guittet, M. et al: Bulletin SEV/VSE (2015)8, S. 22-26
87. Anon.: Metall 69(2015)7-8, S. 285
88. Krüger, P. et al: Galvanotechnik 106(2015)8, S. 1627-1635
89. Kolbe, J.: PLUS 17(2015)8, S. 1627-1635
90. Möller, E. et al: PLUS 17(2015)8, S. 1636-1646
91. Härter, S. A, et al: PLUS 17(2015)9, S. 1846-1856
92. Bauer-Troßmann, K. et al: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 46(2015)2, S. 98-109
93. Drożdż, M. Et al: ochrona przed korozja58(2015)7, S. 254-258
94. Timmermann, E.-H.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)7-8, S. 9
95. Timmermann, E.-H.: besser lackieren 17(2015)13, S. 12
96. Edelvik, E. et al: besser lackieren 17(2015)13, S. 16
97. Amasteel, E.: JOT 56(2015)8, S. 64-65
98. Benouali, D. et al: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 25/66 (2015)3, S. 138-142
99. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)7-8, S. 11
100. Hasbashi, F.: Metall 69(2015)7-8, S. 292-296
101. Geiger, M.: Technische Rundschau 197(2015)12, S. 14-17

102. Anon.: oppervlaktetechnieken 59(2015)7/8, S. 12
103. Spange, S. D. et al: Galvanotechnik 106(2015)9, S. 1872-1876
104. Walsh, F. C. et al: Trans. IMF 93(2015)4, S. 203-204
105. Niemczewski, A. et al: Trans. IMF 93(2015)4, S. 205-208
106. Gebhard, P. T.: products finishing 79(2015)11, S. 23-29
107. Reinke, J.: products finishing 79(2015)11, S. 32-33
108. Koblenzer, G.: JOT 56(2015)9, S. 76-78
109. Kanegsberg, E. et al: products finishing 79(2015)11, S. 43
110. Schulz, D.: JOT 56(2015)9, S. 80-82
111. Anon.: Aluminium 91(2015)7/8, S. 50-52
112. Anon.: JOT 56(2015)10, S. 40-42
113. Anon.: Oberflächentechnik Polysurfaces 56(2015)4, S. 4
114. Anon.: SMM 116(2015)19, S. 52-56
115. Meschut, G. et al: lightweight.design (2015)4, S. 50-56
116. Whittington, C. M. et al: Trans. IMF 93(2015)4, S. 176-179
117. Vitkov, A.: JOT 56(2015)9, S. 32-35
118. Rothbarth, F.: JOT 56(2015)9, S. 42-46
119. Minka, P.: JOT 56(2015)9, S. 50-52
120. Tebbakh, S. et al: Trans. IMF 93(2015)4, S. 196-204
121. Pennigton, T.: products finishing 79(2015)11, S. 18-23
122. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)9, S. 40-41
123. Idermark, S. et al: Galvanotechnik 106(2015)9, S. 1754-1762
124. Danilov, F. I. et al: Fizikochimiraia powerchnosti i zaschtschita materialov 51(2015)5, S. 522-526
125. Kurtz, O. et al: products finishing 79(2015)12, S. 18-22
126. Dittberger, G. et al: Galvanotechnik 106(2015)10, S. 1951-1954
127. Wagner, T.: besser lackieren 17(2015)16, S. 4
128. Nazemi, N. et al: Galvanotechnik 106(2015)10, S. 1955-1964
129. Sun, W.-C. et al: Trans. IMF 93(2015)4, S. 180-185
130. Fathi Dekhargani, A. M. et al: Trans. IMF 93(2015)4, S. 186-189
131. Kühn, W.: email 63(2015)4, S. 64-68
132. Bormnhöf, H. et al: email 63(2015)4, S. 58-64
133. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)9, S. 24-27
134. Stefaniak, A. et al: aochrona przed korozja 58(2015)7, S. 260-263
135. Tölke, T. et al: Galvanotechnik 106(2015)9, S. 1884-1887
136. Kania, H. et al: ochrona przed korozja 58(2015)7, S. 246-253
137. Jacob, S. P. et al: Galvanotechnik 106(2015)10, S. 1988-1993
138. Maacare, M.: Oberflächentechnik Polysurfaces 56(2015)4, S. 10-12
139. Rudnev, W. S. et al: Fizikochimiraia powerchnosti i zaschtschita materialov 51(2015)5, S. 522-526
140. Schällibaum, J. et al: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 46(2015)7, S. 661-667
141. Hofstatter, J. et al: besser lackieren 17(2015)13, S. 5
142. Inasaridse, L. N. et al: Fizikochimiraia powerchnosti i zaschtschita materialov 51(2015)4, S. 375-378
143. Eickhoff-Müllhause, J.: besser lackieren 17(2015)14, S. 4
144. Brühl, F. et al: Stahl und Eisen 134(2015)8, 10, S. 59-86
145. Marx, T. et al: T. et al: Stahl und Eisen 134(2015)8, S. 74-79
146. Cobley, A. J. et al: Trans. IMF 93(2015)4, S. 171-175
147. Wietholter, D. et al: Galvanotechnik 106(2015)9, S. 1748-1752
148. Hilt, M. et al: besser lackieren 17(2015)16, S. 6
149. Klar, M. et al: BPUV 12(2015)9, S. 375-385
150. Herold, M.: BPUV 12(2015)9, S. 390-393
151. Kilian, S. et al: BPUV 12(2015)9, S. 397-402
152. Rothe, L. et al: BPUV 12(2015)16 Sonderausgabe Innovation, S. 1-2
153. Kauer, M.: Galvanotechnik 106(2015)10, S. 1946-1950
154. Anon.: JOT 56(2015)10, S. 36-37
155. Endres, M.: JOT 56(2015)10, S. 14-17
156. Lemke, A. et al: PLUS 17(2015)9, S. 1841-1847
157. Dietrich, G. et al: Schweißen und Schneiden 67(2015)08, S. 456-457
158. Ernst, D. et al: PLUS 17(2015)10, S. 2073-2083
159. Re, S. et al: Trans. IMF 93(2015)4, S. 190-195
160. Clark, M.: PLUS 17(2015)9, S. 2049-2063
161. Jankowski, J. et al: ochrona przed korozja 58(2015)8, S. 286-291
162. Dössel, K.-F.; JOT 56(2015)9, S. 14-20
163. Powell, M.: products finishing 79(2015)11, S. 14-17



164. Svejda, P.: JOT 56(2015)9, S. 22-26
165. Hilt, M. et al: besser lackieren 17(2015)14, S. 6
166. Anon.: Oberflächentechnik Polysurfaces 56(2015)4, S. 4
167. Hilt, M. et al: besser lackieren 17(2015)15, S. 6
168. Gottwald, S. et al: besser lackieren 17(2015)14, S. 8-9
169. Anon.: JOT 56(2015)10, S. 18-21
170. Pudewills, J.: besser lackieren 17(2015)16, S. 7
171. Hilt, M. et al: besser lackieren 17(2015)17, S. 6
172. Witter, M.: besser lackieren 17(2015)17, S. 9
173. Löwer, C.: weiter vorn Das Fraunhofer Magazin (2015)4, S. 20-21
174. Gallor, S. et al: GIT 59(2015)8, S. 30-31
175. Hüber, J.: JOT 56(2015)9, S. 60-61
176. Januscheit, J.: JOT 56(2015)9, S. 62-64
177. Hauser, H.: besser lackieren 17(2015)14, S. 6
178. Friedrichkeit, H.-J.: Galvanotechnik 106(2015)10, S. 2072-2077
179. Nuber, R. et al: Galvanotechnik 106(2015)10, S. 2078-2079
180. Freudenberger, D. et al: Werkstoffe in der Fertigung (2015)5, S. 3
181. Pennigton, T.: products finishing 79(2015)12, S. 24-26
182. Beckenlechner, R. et al: lightweight.design (2015)5, S. 38-43
183. Müller, R.: weiter vorn Das Fraunhofer Magazin (2015)4, S. 18-19
184. Prescher, V: lightweightdesign (2015)5, S. 32-36
185. Koblenzer, W.: JOT 56(2015)11, S. 16-19
186. Jelinek, T. W.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 23(2016)3, S. 10-23
187. Kopylov, Ju. R.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 23(2016)3, S. 24-29
188. Smirnov, K. N. et al: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 23(2016)3, S. 30-34
189. Cieslak, G. et al: inzinieria powierzchni (2015)3, S. 44-47
190. Anon.: MB Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 26-29
191. Herrmann, T. et al: JOT 56(2015)11, S. 38-43
192. Anon.: Draht 5(2015), S. 28-29
193. Anon.: Draht 5(2015), S. 32-33
194. Vinokurov, W. G. et al: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 23(2016)3, S. 140
195. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 32-33
196. Ploof, I.: products finishing 80(2015)1, S. 18-22
197. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 30-32
198. Wach, P. et al: inzinieria powierzchni (2015)3, S. 37-43"
199. Anon.: MO Magazin für für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 34-35
200. Rohr, U.: JOT Special Korrosionsschutz 56(2015), S. 14-16
201. Tomassi, P. et al: inzinieria powierzchni (2015)3, S. 48-55
202. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 20-21
203. Jacob, S. P.: Galvanotechnik 106(2015)1, S. 2199-2203
204. Gasch, M.: PLUS 17(2015)11, S. 2220-2228
205. Biener, M. et al: PLUS 17(2015)11, S. 2230-2239
206. Gehrke, J.: JOT Special Korrosionsschutz 56(2015), S. 18-24
207. Anon.: Schweissen und Schneiden 67(2015)108, S. 26-27
208. Korngiebel, H.: messtec drives automation 23(2015)10, S. 50-51
209. Worsch, C. et al: JOT 56(2015)11, S. 24-27
210. Seeberger, J.: JOT 56(2015)11, S. 31-33
211. Fadina, S. V et al: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 23(2016)3, S. 47-52
212. Gleinitz, W. et al: Draht 5(2015), S. 22-24
213. Jost, N: GIT 59(2015)8, S. 38-40
214. Chris, F.: products finishing 80(2015)2, S. 30-31
215. Gottof, D.: products finishing 80(2015)2, S. 32-36
216. Kanegsberg, B. et al: products finishing 80(2015)2, S. 41
217. Winkler, T.: JOT 56(2015)12, S. 36-39
218. Anon.: oppervlakteteclmieken 39(2015)11, S. 14-17
219. Reisinger, L.: JOT 56(2015)12, S. 41-45
220. Anon.: JOT 56(2015)12, S. 50-53
221. Vieweger, U.: Galvanotechnik 106(2015)12, S. 2409-2417
222. Dietterle, M.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 16-19 .
223. Pries, H. et al: Schweissen und Schneiden 67(2015)10, S. 594-691
224. Pott, H.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 30-31
225. Mandel, M. et al.: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 46 (2015)10, S. 1039-1045
226. Glass, T.: products finishing 80(2015)1, S. 31
227. Frey, T.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2176-2188
228. Erhardt, C, et al.: Galvanotechnik 106(2015)12, S. 2396-2404

229. Lackner, J, M. et al: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2288-2303
230. Pießlinger-Schweiger, S.: Werkstoffe in der Fertigung (2015)6, S.28-29
231. Anon.: JOT 56(2015)12, S. 16-17
232. Melamies, A.: Oberflächen Polysurfaces 56(2015)5, S. 10-13
233. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)12, S. 36
234. Laszczinska, A. et al: ochrona przed korozja 58(2015)11, S. 407-410
235. Trzaska, M. et al: ochrona przed korozja 58(2015)11, S. 404-406
236. Nanis, L.: Galvanotechnik 106(2015)12, S. 2403-2408
237. Bickel, J. et al: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2268-2273
238. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)12, S. 34-35
239. Trzaska, M. et al: ochrona przed korozja 58(2015)11, S. 426-429
240. Reinemuth, J.: email 63(2015)6, S. 86-90
241. Maciej, A. et al: ochrona przed korozja 58(2015)11, S. 400-403
242. Voss, E.: email 63(2015)5, S. 70-75
243. Winiarski, J. et al: ochrona przed korozja 58(2015)11, S. 384-387
244. Komorowski, L. et al: ochrona przed korozja 58(2015)10, S. 350-357
245. Kolb, M.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2147-2150
246. Nowak, P. et al: ochrona przed korozja 58(2015)11, S. 371-377
247. Hilt, M. et al: besser lackieren 17(2015)20, S. 6
248. Kauer, M.: Oberflächen Polysurfaces 56(2015)5, S. 6-9
249. Jacob, S. et al: JOT 56(2015)12, S. 8-9
250. Vogel, B.: Bulletin SBV/VSE(2015)11, S. 37-39
251. Fresner, J. et al: Galvanotechnik 106(2015)12, S. 2518-2526
252. Rücker, J. et al: PLUS 17(2015)12, S. 2472-2474
253. Gin Ghee Neo et al: PLUS 17(2015)11, S. 2246-2258
254. Witke, K. et al: PLUS 17(2015)12, S. 2530-2537
255. Gumprecht, T. et al: PLUS 17(2015)12, S. 2538-2546
256. Heyn, A.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2161-2174
257. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 56(2015)5, S. 14-15
258. Hilt, M. et al: besser lackieren 17(2015)19, S. 6
259. Zubielewicz, M. et al: ochrona przed korozja 58(2015)9, S. 311-318
260. Jost, D.: JOT 56(2015)12, S. 14-15
261. Dill, S. et al: Galvanotechnik 106(2015)12, S. 2384-2394
262. Anon.: JOT 56(2015)11, S. 34-35
263. Hilt, M. et al: besser lackieren 17(2015)18, S. 6
264. Anon.: besser lackieren 17(2015)18, S. 6
265. Doege, T.: besser lackieren 17(2015)18, S. 12
266. Haider, C.: GIT 59(2015)10, S.1
267. Friedrich, B.: Erzmetall 69(2016)2, S. 81
268. Koblenzer, G.: JOT 56(2016)9, S. 74-76
269. Tiedje, O. et al: JOT 54(2014)S. 14-19
270. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 56(2015)5, S. 24-25
271. Gülbas, M.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2151-2160
272. Schappacher, M.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2310-2314
273. Häbel, M.: Galvanotechnik 106(2015)7, S. 2315-2317
274. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)12, S. 32-33
275. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 10-13
276. Freudenberg, D. et al: Werkstoffe in der Fertigung (2015)6, S. 3
277. Schulte, T. et al: lightweightdesign (2015)6, S. 38-43
278. Becker, D. et al: lightweightdesign (2015)5, S. 56-63
279. Dzedzie, J. et al: ochrona przed korozja 58(2015)10, S. 362-365
280. Dirks, E. et al: besser lackieren 17(2015)21, S. 11
281. Wiens, O. et al: Stahl und Eisen 134(2015)12, S. 87-98
282. Anon.: Metall 69(2015)12, S. 494
283. Jelinek, T. W.: Galvanotechnik 107(2016)1, S. 42-57
284. Freund, J.: Oberflächen Polysurfaces 56(2015)5, S. 16-17
285. Bandorf, R.: JOT 57(2016)1, S. 42-44
286. Bischof, U. et al: besser lackieren 17(2015)21, S. 7
287. Boldt, K.: Stahl und Eisen 134(2015)12, S. 605
288. Schumacher, J.: Galvanotechnik 107(2016)1, S. 166-173
289. Anon.: JOT 57(2016)7, S. 16-17
290. Buchholz, K.: JOT 57(2016)7, S. 18-19
291. Hagemann, C.: PLUS 18(2016)1, S. 132-134
292. Friedrichkeit, H.-J.: PLUS 18(2016)1, S. 61-63
293. Biehl, W.: PLUS 18(2016)1, S. 135-137

294. Accogli, A. et al: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 25/66 (2015)3, S. 266-274
295. Anon.: oppervlaktetechnieken 59(2015)12, S. 36-38
296. He, B. et al: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 46(2015)11, S. 1077-1087
297. Tilman, W. et al: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 46 (2015)11, S.1096-1104
298. Anon.: besser lackieren 18(2016)4, S. 4-5
299. Hilt, M. et al: besser lackieren 18(2016)1, S. 6
300. Riestler, M.: besser lackieren 18(2016)1, S. 8
301. Neudorf, M. JOT 57(2016)1, S. 11-15
302. Doege, T.: besser lackieren 17(2015)21, S. 12
303. Kuhn, A.: Galvanotechnik 107(2016)1, S. 29-41
304. Scherer, C. et al: Galvanotechnik 107(2016)1, S. 58-63
305. Dill, S. et al: Galvanotechnik 107(2016)1, S. 64-69
306. Rheindorf, A. et al: Galvanotechnik 107(2016)1, S. 78-89
307. Mai, J. P.: Metall 69(2015)12, S. 418-4129
308. Pichler, R.: research Forschungsjournal der TU Graz 2(2015)14, S. 21-25
309. Lüers, K.: weitevorn Das Fraunhofer Magazin (2016)1, S. 30-31
310. Hand, K.: products finishing 80(2015)3, S. 24-27
311. Brzezinski, M. F. et al: inzynieriapowierzchni (2015)4, S. 19-24
312. Anon.: Metall 70(2016)1-2, S. 23
313. Tammer, C. et al: JOT 57(2016)2, S. 34-35
314. Cuncik, M. et al: JOT 57(2016)2, S. 52-53
315. Loto, C. A. et al: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 25/66 (2015)5, S. 275-282
316. Bötthner, B. et al: Erzmetall World of Metallurgy 68(2015)6, S. 348- 363
317. Pennington, T.: products finishing 80(2015)3, S. 25-28
318. Hähnel, D.: JOT 57(2016)2, S. 60-63
319. Gilewicz, A. et al: inzynieria powierzchni (2015)4, S. 11-18
320. Piroskova, A. et al: Metall 70(2016)1-2, S. 28-32
321. Skalski, K. et al: inzynieria powierzchni (2015)4, S. 30-37
322. Günther, J. et al: GIT 60(2016)1, S. 18-20
323. Anon.: JOT 57(2016)1, S. 22-25
324. Anon.: weiter vorn Das Fraunhofer Magazin (2016)1, S. 26-27
325. Meyer-Wulf, K.: Erzmetall World of Metallurgy (Deutschland) 68 (2015)6, S. 336-341
326. Magiera, C.: Betriebliche Prävention 128(2016)02, S. 81-85
327. Jacob, S. P. et al: Galvanotechnik 107(2016)2, S. 294-299
328. Kern, K.: PLUS 18(2016)2, S. 273-278
329. Wacker, K.: mikroelektronikNachrichten 61(2015), S. 7
330. Poschmann, H.: PLUS 18(2016)2, S. 232-241
331. Rahn, A.: PLUS 18(2016)2, S. 262-268
332. Walls, C.: PLUS 18(2016)2, S. 319-325
333. Fernandez-Campa, E. et al: JOT 57(2016)2, S. 56-59
334. Wack, H. et al.: GIT 60(2016)1, S. 15-17
335. Gehrning, R.: JOT 57(2016)1, S. 36-37
336. Bozorgia, B. et al: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 47(2016)1, S. 5-11
337. Sonderegger, B.: research Forschungsjournal der TU Graz 2(2015)14, S. 11-13
338. Schlatter, M.: Galvanotechnik 107(2016)2, S. 239-250
339. Maruskinova, G. et al: Metall 70(2016)1-2, S. 24-27
340. Mai, P. et al: Erzmetall World of Metallurgy 68(2015)6, S. 359-364
341. Geier, B. et al: Stahl und Eisen 135(2016)1, S. 53-58
342. Jacob, C.: weiter vorn Das Fraunhofer Magazin (2016)1, S. 42-43
343. Rollez, D. et al: Erzmetall World of Metallurgy 68(2015)6, S. 354- 368
344. Wächter, A.: besser lackieren 18(2016)2, S. 12
345. Stepanov, S. et al: besser lackieren 18(2016)2, S. 10
346. Koblenzer, W.: JOT 56(2015)11, S. 16-19
347. Driesenaar, D.: Galvanotechnik 107(2016)2, S. 352-368
348. Anon.: JOT 56(2016)9, S. 12-14
349. Jehnek, T.W.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 23(2015)3, S. 10-23
350. Herrmann, T. et al: JOT 56(2015)11, S. 38-43
351. Smimov, K. N. et al: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 23(2016)3, S. 30-34
352. Cieslak, G. et al: inzynieria powierzchni (2015)3, S. 44-47
353. Kopylov, Ju. R.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 23 (2016)3, S. 24-29
354. Winokurov, E. G. et al: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 23(2016)3, S. 140
355. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 32-33
356. Wach, P. et al: inzynieria powierzchni (2015)3, S. 37
357. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 34-35

358. Voss, E.: email 63(2015)5, S. 70-75  
359. Rohr, U.: JOT Special Korrosionsschutz 56(2015), S. 14-16  
360. Tomassi, P. et al: inzinieria powierzchni (2015)3, S. 48-56  
361. Oossononen, T.: oppervlaktetechnieken 60(2016)1, S. 22-23  
362. Starzmann, O.: JOT 57(2016)3, S. 303-214  
363. Bergmann, H.: Bulletin SEWVSE(2016)2, S. 9-11  
364. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 20-21  
365. Sherman, A.: PLUS 18(2016)2, S. 326-330  
366. Bohme, C. et al: PLUS 18(2016)2, S. 331-333  
367. Gasch, M.: PLUS 17(2015)11, S. 2220-2228  
368. Biener, M. et al: PLUS 17(2015)11, S. 2230-2239  
369. Din-Ghee, Neoh et al: PLUS 17(2015)11, S. 2256-2258  
370. Gehrke, J.: JOT Special Korrosionsschutz 56(2015), S. 18-24  
371. Anon.: Schweissen und Schneiden 67(2015)10, S. 26-27  
372. Heyn, A.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2161-2174  
373. Kuhn, A.: Galvanotechnik 107(2016)2, S. 251-259  
374. Dill, S. et al: Galvanotechnik 107(2016)2, S. 278-287  
375. Korngiebel, H.: messetec drives automation 23(2015)10, S. 50-51  
376. Seeberger, J.: JOT 56(2015)11, S. 31-33  
377. Worsch, C. et al: JOT 56(2015)11, S. 24-27  
378. Anon.: JOT 56(2015)11, S. 34-35  
379. Hübner, R.: JOT 57(2016)1, S. 22-26  
380. Schwarz, R. et al: Galvanotechnik 107(2016)2, S. 394-402  
381. Fadina, S. V et al: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 23 (2016)3, S. 47-53  
382. Gülbas, M.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2151-2160  
383. Schaad, W.: Bulletin SEV/VSE(2016)1, S. 24-25  
383a. Permington, T.: products finishing 80(2015)3, S. 14-17  
384. Hasenpusch, W.: Galvanotechnik 107(2016)2, S. 263-277  
385. Gleinitz, V. et al: Draht 5(2015), S. 22-24  
386. Jost, N.: GIT 59(2015)8, S. 38-40  
387. Netz, A. et al: Reinraumtechnik 18(2016)2, S. 28-29  
388. Pennington, T.: products finishing 80(2016)6, S. 14-19  
389. Anon.: Draht 5(2015), S. 28-29  
390. Anon.: Draht 5(2015), S. 32-37  
391. Ploof, L.: products finishing 80(2015)1, S. 18-22  
392. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 30-32  
393. Bickel, J. et al: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2268-2273 .  
394. Kolb, M.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 3147-2150  
395. Jacob, S. P.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2199-2203  
396. Ziebart, R. et al: Galvanotechnik 107(2016)4, S. 704-707  
397. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 70(2016)4, S. 10-11  
398. Anon.: JOT 57(2016)4, S. 38-41  
399. Hilt, M. et al: besser lackieren 17(2015)18, S. 6  
400. Gülbas, M.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2151-2160  
401. Schappacher, M.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2310-2315  
402. Häbel, M.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2315-2317  
403. Egetenmeyer, A. et al: Galvanotechnik 107(2016)4, S. 675-684  
404. Schulz, D.: Reinraumtechnik 18(2016)2, S. 30-31  
405. Keen, J. B.: products finishing 80(2016)6, S. 30-32  
406. Straub, B.: products finishing 80(2016)6, S. 34-37  
407. Nebiola, W.: products finishing 80(2015)5, S. 24-29  
408. Kanegsberg, B. et al: products finishing 80(2016)2, S. 32-366  
409. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 70(2016)4, S. 53-55  
410. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 26-29  
411. Dietterle, M.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 16-19  
412. Mandel, M. et al: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 46 (2015)10, S. 1039-1045  
413. Pott, H.: MO Magazin für Oberflächentechnik 69(2015)11, S. 30-31  
414. Pries, H. et al: Schweissen und Schneiden 67(2015)10, S. 594-601  
415. Frey, T.: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2176-2188  
416. Glass, T.: products finishing 80(2015)1, S. 31  
417. Lackner, J. M. et al: Galvanotechnik 106(2015)11, S. 2288-2303  
418. Donner, C. et al: PLUS 18(2016)4, S. 761-777

419. Wedj, M. W. et al: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 24(2016)1, S. 14-21  
420. Kruglikov, S. S. et al: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 24(2016)1, S. 22-25  
421. Waschina, E. A. et al: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 24(2016)1, S. 26-30  
422. Loginova, O. Yu. et al: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 24(2016)1, S. 31-36  
423. Kruglikov, S.S.: galvanotekhnika i obrabotka poverchnosti 24(2016)1, S. 46-47  
424. Rahn, A.: PLUS 18(2016),S.1167-1173  
425. Paulikowski, D. et al: Galvanotekhnika 107(2016)4, S. 670-674  
426. Pennington, T.: products finishing 80(2015)5, S. 20-23  
427. Münz, W.-D.: Galvanotekhnika 107(2016)4, S. 774-782  
428. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 70(2016)4, S. 14-15  
429. Sakow, D.: JOT 57(2016)4, S. 106-107  
430. Dudarewa, N. Yu. et al: Fizikokhimiya poverchnosti i zaschtschita materialov 52(2016)1, S. 100-104  
431. Crumm, S.: Werkstoffe in der Fertigung 3(2016)5, S. 20  
432. Hage, R. lightweightdesign 3(2016)5, S. 66-68  
433. Meißner, S.: PLUS 18(2016)4, S. 775-779  
434. Farchmin, F. et al: PLUS 18(2016)6, S. 1344-1346  
435. Wittke, K. et al: PLUS 18(2016)4, S. 755-760  
436. Brodnan, M.: ochrona przed korozja 59(2016)2, S. 53-55  
437. Oberthür, A.: JOT 57(2016)4, S. 52-54  
438. Seiler, H.-H.: besser lackieren 18(2016)5, S. 3  
439. Anon.: besser lackieren 18(2016)5, S. 4  
440. Taylor, J.: products finishing 80(2016)5, S. 14-18  
441. Keinath, J.: besser lackieren 18(2016)6, S. 1-4  
442. Anon.: besser lackieren 17(2015)18, S. 12  
443. Dogge, T.: besser lackieren 17(2015)18, S. 12  
444. Haider, C.: GIT 59(2015)10, S. 5  
445. Bender, J. et al: JOT 57(2016)4, S. 110-113  
446. Bojen, R.: besser lackieren 18(2016)5, S. 7  
447. Hilt, M. et al: besser lackieren 18(2016)6, S. 6  
448. Brettschneider, M. et al: email 64(2016)2, S. 18-22  
449. Schlatter, M.: Galvanotekhnika 107(2016)4, S. 686-693  
450. Korherr, U.: JOT 57(2016)6, S. 68-69  
451. Baßler, C. et al: Galvanotekhnika 107(2016)6, S. 1284-1293  
452. Lischke, T.: Reinraumtechnik 18(2016)2, S. 38-39  
453. Kluge, M.: lightweightdesign (2016)2, S. 10-14  
454. Lippky, K. et al: lightweightdesign (2016)2, S. 59-63  
455. Pennington, T.: products finishing 80(2016)8, S. 10-21  
456. Anon.: JOT 57(2016)6, S. 30-33  
457. Anon.: SMM 19(2014), S. 8-12  
458. Olbrich, S.: JOT 57(2016)6, S. 50-53  
459. Shapell, M.: products finishing 80(2016)8, S. 34-36  
460. Grün, R.: Galvanotekhnika 107(2016)6, S. 1162-1174  
461. Celujkin, W. N.: Fizikokhimiya poverchnosti i zaschtschita materialov 52(2016)2, S. 171-184  
462. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 57(2016)7, S. 6-7  
463. Dietz, A. et al: JOT 57(2016)6, S. 78-83  
464. Kurtz, O.etal:PLUS 18(2016)6, S. 1153-1166  
465. Schulz, D.: Oberflächen Polysurfaces 57(2016)7, S. 8-10  
466. Bani, M.: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 26/67 (2016)2, S. 80-90  
467. Farmer, G. et al: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 26/67 (2016)2, S.92-95  
468. Nawrat, G. et al: ochrona przed korozja 59(2016)2, S. 154-159  
469. Anon.: oppervlaktetechnieken 60(2016)5, S. 16-18  
470. Wüst, F.-F. et al: lightweightdesign (2016)3, S. 70-72  
471. Babel, N.: lightweightdesign (2016)3, S. 78-81  
472. Zimmer, M. M.: Galvanotekhnika 107(2016)6, S. 1223-1226  
473. Imensek-Matko, F.: besser lackieren 18(2016)10, S. 1-3  
474. Talgner, F. et al: JOT Special Kombinierte Oberflächen 57(2016), S. 12-13  
475. Ziebart, R. et al: PLUS 18(2016)6, S. 1053-1056  
476. Winiarski, J. et al: ochrona przed korozja 59(2016)4, "S. 94-97  
477. Mazur.A. et al: ochrona przed korozja 59(2016)5, S. 160-168  
478. Hilt, M. et al: besser lackieren 18(2016)10, S. 6  
479. Albano, S.: JOT 57(2016)6, S. 70-73  
480. Wiesing, R.: JOT 57(2016)5, S. 62-64  
481. Timmermann, E.-H.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 57(2016), S. 20-21  
482. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 57(2016)7, S. 24-25

483. Goad, C.: products finishing 80(2016)8, S. 24-27
484. Bäßler, C. et al: Galvanotechnik 107(2016)6, S. 1284-1293
485. Korherr, U.: JOT 57(2016)6, S. 68-69
486. Anon.: Werkstoffe in der Fertigung 3(2016)3, S. 24
487. Gürtler, S. et al: SMM 116(2015)6, S. 18-20
488. Franz, A.: Werkstoffe in der Fertigung 3(2016)43, S. 6
489. Freudendahl, D. et al: Werkstoffe in der Fertigung 3(2016)3, S. 3
490. Anon.: Oberflächen Polysurfaces 57(2016)7, S. 11
491. Sandor, R.: products finishing 80(2016)9, S. 30-32
492. Boskamp, B.: JOT 57(2016)7, S. 36-37
493. Carmann, L. et al: products finishing 80(2016)9, S. 33-35
494. Baumann, I.: Umformtechnik 3(2016), S. 31
495. Dalinger, B. et al: besser lackieren 18(2016)10, S. 4
496. Kawalla, R. et al: lightweightdesign (2016)3, S. 24-28
497. Glaubitt, W.: IOT 57(2016)6, S. 84-85
498. Anon.: oppervlaktetechnieken 60(2016)5, S. 34-37
499. Rico-Oller, B. et al: Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 47(2016)5-6, S. 500-508
500. Jelinek, T. W.: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 24(2016)2, S.14-21
501. Maneschina, W. W. et al: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti 24(2016)2, S. 22-27
502. Wasiljewa, E. A. et al: Fizikochimia powerchnosti i zaschtschitamaterialov 52(2016)3, S. 331-336
503. Urlberger, H. H.: Galvanotechnik 107(2016)7, S. 1355-1365
504. Gousselot, F. et al: email 64(2016)3, S. 34-40
505. Abraschov, A. A. et al: Galvanotechnik 107(2016)2, S. 28-34
506. Stevenson, M. products finishing 80(2016)9, S. 26
507. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 70(2016)5, S. 44-47
508. Bagehorn, S. et al: Galvanotechnik 107(2016)6, S. 1145-1153
509. Downing, J. et al: lightweightdesign (2016)3, S. 12-16
510. Unruh, J.: Galvanotechnik 107(2016)6, S. 1154-1181
511. Anon.: SMM 116(2015)12, S. 19-20
512. Hilt, M. et al: besser lackieren 18(2016)12, S. 6
513. Hilt, M. et al.: besser lackieren 18(2016)11, S. 6
514. Luccarini, F.: besser lackieren 18(2016)11 S. 16
515. Pennington, T.: products finishing 80(2016)10, S. 36-40
516. Jablonski, M.: besser lackieren 18(2016)12, S. 3
517. Kirsonowa, O. W. et al: galvanotechnika i obrabotka poverchnosti.24(2016)2, S. 39-44
518. Schwarzenbolz, M.: PLUS 18(2016)7, S. 1317-1321
519. Reuter, S.: Galvanotechnik 107(2016)6, S. 1274-1277
520. Blakeley, A.: AIFM GalvanoTecnica e nuove finiture 26/67(2016)2\* S. 74-78
521. Zemanova, M. et al; Galvanotepchnik 107(2016)7, S. 1349-1357
522. Mattheij, S. et al: besser lackieren 18(2016)10, S. 7
523. Jablonski, R.: JOT 57(2016)7, S. 14-15
524. Hustert, H.: JOT 57(2016)7, S. 24-27
525. Herrmann, T. besser lackieren 18(2016)10, S. S
526. Lindstedt, J.: products finishing 80(2016)8, S. 30-33
527. Erkens, G.: JOT Special Kombinierte Oberflächen 57(2016),S. 16-17
528. Odinokowa, L. W. et al: Galvanotechnik 107(2016)2, S. 45-47
529. Riedl, A.: JOT 57(2016)7, S. 20-23
530. Anon.: MO Magazin für Oberflächentechnik 70(2016)6, S. 30-31
531. Koblenzer, G.: MO Magazin für Oberflächentechnik 70(2016)4, S. 42-43
532. George, P. et al: products finishing 80(2016)9, S. 20-25
533. Kanegsberg, B. et al: products finishing 80(2016)9, S. 38
534. Nikoforowa, W. E. et al: Fizikochimia powerchnosti i zaschtschita materialov 52(2016)3, S. 243-271
535. Filatova, E, G. et al: Fizikochimia powerchnosti i zaschtschita materialov 52(2016)3, S. 285-289
536. Anon.: oppervlaktetechnieken 60(2016)6, S. 30-31
537. Jaromi, M. S. et al: Metall 70(2016)7-8, S. 202-300
538. Jung, W.: SMM 117(2016)14, S. 50-52
539. Jacob, S.P. et al.: Galvanotechnik 107(2016)7, S. 1407-1415
540. Koblenzer, G.: JOT 56(2016)9, S. 74-76

**С 24 по 26 октября 2017 года в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо»  
состоится 15-я Международная выставка технологий,  
оборудования и материалов для обработки поверхности  
и нанесения покрытий ExpoCoating Moscow**

Более **70 компаний-участников** продемонстрируют на выставке современное оборудование и материалы для обработки поверхности и нанесения покрытий для различных объектов:

- Авиастроения
- Автомобилестроения
- Аэрокосмической промышленности
- Военно-промышленного комплекса
- Железнодорожного машиностроения
- Приборостроения
- Робототехники
- Сельскохозяйственного машиностроения
- Станкостроения
- Судостроения и судоремонта
- Тяжёлого машиностроения
- Электронной и электротехнической промышленности
- Энергетического машиностроения и других отраслей

Посещение выставки **ExpoCoating Moscow** позволит:

- выбрать необходимое оборудование и материалы для обработки поверхности и нанесения покрытий
- получить профессиональные консультации технических директоров, инженеров и разработчиков на стендах компаний-участников
- заключить договоры на поставку оборудования на более выгодных условиях

Выставка **ExpoCoating Moscow** состоится одновременно с международными промышленными выставками **NDT Russia, Testing&Control, PCVExpo, FastTec, MashexMoscow, PowerElectronics** и **HEAT&POWER**, что позволит выбрать необходимое оборудование и материалы для разных этапов производственного процесса.

Обращаем ваше внимание, что посещение выставки возможно только при наличии **электронного билета!** Для его получения вам необходимо пройти регистрацию на сайте выставки – **expocoating-moscow.ru**. Внимание: без электронной регистрации стоимость входного билета на выставку составляет **500 рублей**.

**Организатор:**  
**ПРИМЭКСПО / ITE Санкт-Петербург**  
**+7 (812) 380 60 02 / 00**  
**coating@primexpo.ru**  
**www.expocoating-moscow.ru**

УДК 621.357.7

## **Применение композиции ЦКН-60Ti для никелирования титановых сплавов**

**Смирнов К.Н., Одинокова И.В.,  
Архипов Е. А., Жирухин Д.А., Кувшинов В.В.**

Ключевые слова: покрытие, никелирование, титан и его сплавы, адгезия, сетка царапин, термошок.

В работе исследовано влияние предварительной химической обработки титанового сплава VT1-0 на адгезию никелевого покрытия. Химическая обработка проводилась в растворе композиции ЦКН-60Ti, представляющей собой нейтральный или слабокислый (pH 3-7) водный раствор фторида аммония и органической кислоты.

## **New Pretreatment for Titanium Alloys before Nickel Plating**

**Smirnov K.N., Odinkova I.V., Arkhipov E.A.,  
Zhirukhin D.A., Kuvshinov V.V.**

Key words: nickel coating, titanium and its alloys, nickel plating, adhesion

The use of TSKN-60Ti solution for the pretreatment prior to nickel plating of VT1-0 titanium alloy has been studied. Efficiency of pretreatment process was evaluated on the basis of adhesion measurements. TSKN-60Ti formulation is a neutral or slightly acidic (pH 3-7) aqueous solution of ammonium fluoride and an organic acid. Nickel coating deposited on polished titanium after such pretreatment is stable under the action of thermal shock, shows no exfoliation after scratching. At the same time the pretreatment process has no negative effect on the surface roughness (Figs. 1 to 3). Nickel coating obtained by new process can serve as a final finish or to be an under layer for other coatings.

### **Введение**

Титан и его сплавы отличаются высокой прочностью, небольшой плотностью (4.5 г/см<sup>3</sup>), жаропрочностью при температурах эксплуатации до 500–600°C и высокой коррозионной стойкостью в промышленной атмосфере, морской воде и окислительных средах. Благодаря этим свойствам он нашел применение в следующих областях:

- химическая промышленность: его стойкость практически ко всем агрессивным средам,

кроме органических кислот, позволяет изготавливать сложное оборудование с хорошими показателями безремонтного срока службы;

- производство транспортных средств: причина – небольшая удельная масса и механическая прочность, из него делают каркасы или несущие элементы конструкций;

- медицина: для особых целей применяется специальный сплав – нити-нол (титан и никель), его отличительное свойство – память формы, для



уменьшения нагрузки пациентов и минимизации вероятности негативного воздействия на организм многие медицинские шины и подобные им устройства делают из титана;

- в промышленности металл применяется для изготовления корпусов и отдельных элементов оборудования;

- ювелирные украшения из титана обладают уникальным внешним видом и эксплуатационными качествами;

- в радиоэлектронной промышленности в качестве материала несущих конструкций таких элементов как частотные фильтры, волноводы.

К сожалению, кроме полезных свойств этот конструкционный материал имеет и ряд существенных недостатков. Это высокий коэффициент трения, низкая тепло- и электропроводность, плохая паяемость, сильное взаимодействие при высокой температуре с кислородом, азотом, углеродом, галоидами и серой. При высоких температурах водород образует с титаном гидриды. Нанесение на титан гальванических покрытий позволяет улучшить его свойства.

Однако нанесение гальванических покрытий на титан и его сплавы сопряжено со значительными трудностями, так как на его поверхности всегда имеется трудно удаляемая оксидная пленка, которая быстро и легко восстанавливается на воздухе и в различных растворах. Кроме этого, в титан легко диффундирует водород; скапливаясь на границе между титаном и покрытием, он может вызывать отслаивание последнего [1, 2].

В технической литературе предложено большое количество способов предварительной подготовки титана и его сплавов для последующего нанесения гальванических покрытий (основные виды обработки приведены в [2]), но все они сопряжены со значительными трудностями различного характера, например:

- создание гидридной пленки для последующего осаждения хрома производят в чрезвычайно агрессивных и опасных растворах: концентрированная соляная кислота при 50°C, обработка в течение 1 часа или в течение 5-8 часов при комнатной температуре; на хром же чрезвычайно трудно наносить другие покрытия;

- травление в смеси 75-50 % концентрированной серной с 25-50% концентрированной соляной кислот, после чего возможно нанесение медного покрытия из аммиачного раствора; здесь имеют место опасность при приготовлении раствора и вредные испарения при его эксплуатации;

- анодное оксидирование в концентрированной серной кислоте, после которого возможно нанесение цинкового или кадмиевого покрытия; в данном случае необходимо дополнительное обо-

рудование для оксидирования, кроме того на слой цинка можно наносить только медное покрытие из цианидного электролита;

- контактное осаждение цинка (цементация цинком) из раствора, содержащего фтористые соединения цинка, плавиковую кислоту и этиленгликоль с последующим нанесением подслоя меди опять же из цианидного раствора;

- контактное осаждение никеля (никелевая цементация) из раствора, содержащего фтористый калий, глицин и сернокислый никель, с последующим нанесением химического никеля.

Данная работа посвящена совершенствованию технологии нанесения гальванического никелевого покрытия на титан марки ВТ1-0, которое может выступать как в роли самостоятельного покрытия, так и в качестве подслоя для нанесения каких-либо других покрытий. Для предварительной подготовки титана применялась композиция ЦКН-60Ti, разработанная производственной компанией «НПП СЭМ.М» и представляющая собой нейтральный или слабокислый (рН 3-7) водный раствор фторида аммония и органической кислоты.

#### **Методика эксперимента**

Все электролиты и вспомогательные растворы готовились с применением дистиллированной воды по ГОСТ6709-72 и химических реактивов квалификации не ниже «ч.».

В качестве образца применялась платина из титана ВТ1-0 размером 25×90 мм, полированная с одной стороны ювелирной бумагой с размером зерна 1200 единиц на 1 мм. Образец обезжиривался в стандартном растворе (тринатрийфосфат 30 г/л; карбонат натрия 30 г/л; едкий натр 30 г/л) при температуре 70-80°C в течение 10-15 минут. После промывки половина образца подвергалась обработке в растворе композиции ЦКН-60Ti в течение 1-2 минут.

Никелевое покрытие наносили из электролита Уотта с добавкой 2 г/л сахарина при температуре 50±5°C и катодной плотности тока 4 А/дм<sup>2</sup> в течении 10 минут (толщина приблизительно 9 мкм).

Проверка адгезии осуществлялась термшоком (прогрев в течение 1 часа при 150°C и погружение в холодную воду) и методом нанесения сетки царпин.

Фотографирование состояния поверхности на всех этапах исследований проводилось при помощи цифровой фотокамеры Nikon Coolpix S7000 и металлографического микроскопа МБС-2.

#### **Обсуждение результатов**

Адгезия покрытий к основе зависит от многих факторов – химической природы, физико-химической и физической. Один из физических факторов – степень микрошероховатости или

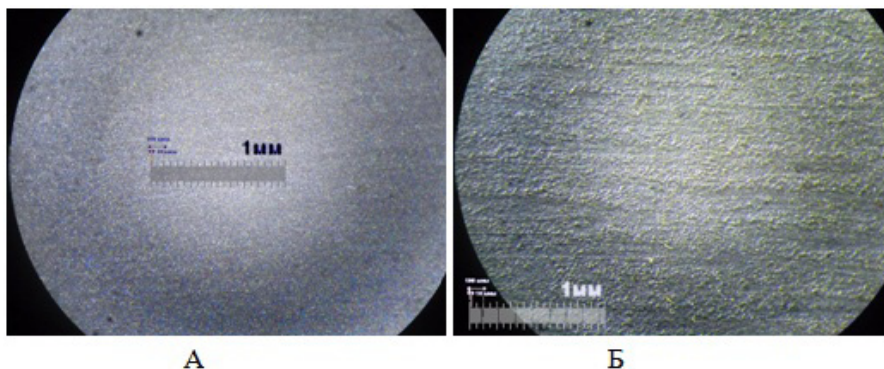


Рис. 1. Микрофотография поверхности титанового образца с полировкой (А) и без полировки (Б)  
Fig.1. Microphoto of polished (A) and nonpolished (B) titanium surface

развитости поверхности, которая способствует прочности сцепления. По этой причине образец титана был полирован с одной стороны, чтобы исследовать влияние фактора шероховатости. На рис. 1 представлены микрофотографии исходной поверхности титанового образца с полировкой (А) и без полировки (Б). Необходимо отметить, что после обезжиривания и промывки образца, наблюдалось отсутствие смачиваемости поверхности титана в связи с наличием на ней плотной оксидной пленки.

Для исследования влияния химической обработки в композиции ЦКН-60Ti на адгезию гальванического никелевого покрытия образец частично (примерно на половину высоты) погружался на 1 минуту в соответствующий раствор при комнатной температуре и pH 3. После обработки и промывки в проточной воде образец был визуально осмотрен и сфотографирован. Обработанная часть поверхности приобрела более темный оттенок и хорошую смачиваемость – вода равномерно растекается по всей обработанной части. Вероятно, это связано с образованием на поверхности титана тонкого гидридно-фторидного слоя. На необработанной поверхности вода собирается в каплю, т.е. она остается гидрофобной (фото на рис. 2).

Микрофотография полированной поверхности титана после химической обработки показывает, что последняя не сказывается на мик-



Рис. 2. Общий вид образца, наполовину обработанного в растворе ЦКН-60Ti  
Fig.2. General view of treated (left) and non-treated (right) surface of titanium

рорельефе и не снижает чистоты механической обработки, что может иметь важное значение при изготовлении деталей (рис. 3).

После осмотра и фотографирования на образец было нанесено никелевое покрытие толщиной приблизительно 9 мкм. В дальнейшем внимание уделялось только полированной стороне образца, как поверхности с заведомо худшей адгезией.

Визуальный осмотр покрытия показал, что оно легло равномерно и ровно по всему образцу. После испытания образца термошоком на поверхности, не обработанной в растворе ЦКН-60Ti, наблюдаются отслоения никелевого покрытия от основы в виде пузырей, которые видны невооруженным глазом и явно выражены на микрофотографии. Для наглядности одно из вздутий вскрыто стальной иглой (рис.

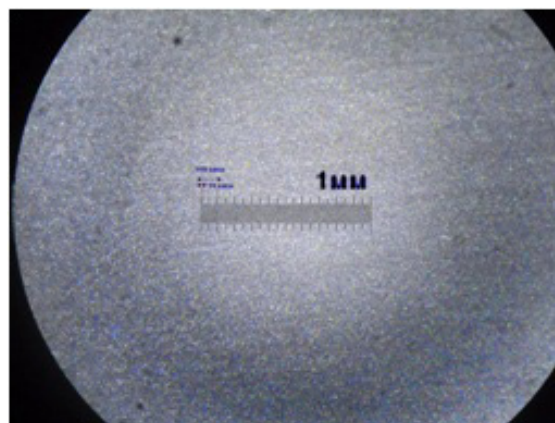


Рис. 3. Микрофотография поверхности полированного титанового образца после химической обработки  
Fig.3. Microphoto of polished titanium specimen after the chemical treatment

4). На химически обработанной поверхности титана отслоений покрытия не отмечено.

Далее на образце с покрытием был применен метод нанесения сетки царапин – покрытие было прорезано скальпелем до основы в несколько перпендикулярных полос на расстоянии примерно 1 мм друг от друга. На поверхности, предварительно необработанной, никелевое покрытие отслоилось практи-

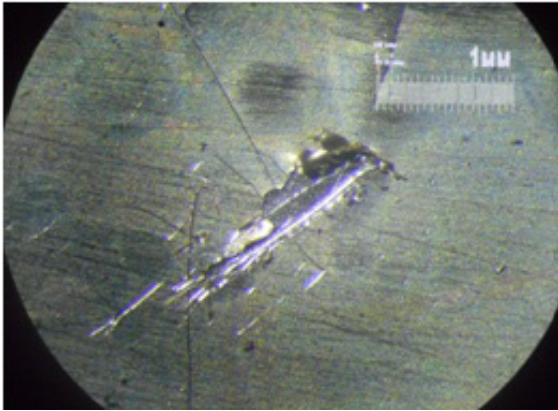


Рис. 4. Микрофотография поверхности никелированного титанового образца без предварительной химической обработки

Fig.4. Microphoto of titanium surface after direct plating of nickel without any pretreatment

чески полностью, а на обработанной не наблюдается не только отслоений, но даже задигов покрытия (фотографии на рис. 5 А и Б соответственно).

#### Выводы

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- химическая обработка поверхности титанового сплава ВТ1-0 в растворе композиции ЦКН-60Ti позволяет наносить на него гальваническое никелевое покрытие с хорошей прочностью сцепления;
- химическая обработка поверхности титанового сплава ВТ1-0 в растворе композиции ЦКН-60Ti не снижает чистоты механической обработки, что имеет важное значение для изделий, требующих полированных поверхностей;
- никелевое покрытие может являться как самостоятельным функциональным, так и подслоем для нанесения каких-либо других покрытий.

#### Заключение

Процесс нанесения никелевого покрытия под пайку с применением обработки в растворе

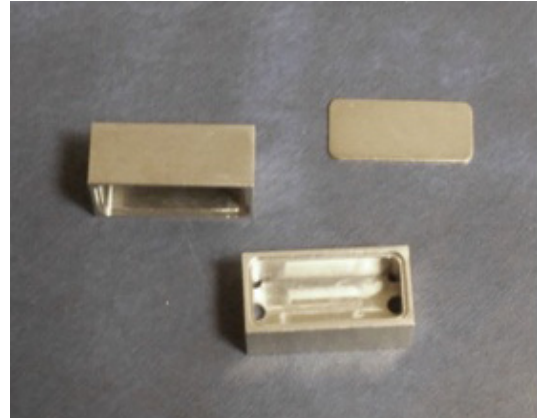


Рис. 6. Корпуса и крышка частотных фильтров, выполненные из ВТ1-0 и никелированные

Fig.6. Boxes of frequency filters made of titanium subjected to pretreatment and plated by nickel

композиции ЦКН-60Ti опробован промышленно на изделиях из титана марки ВТ1-0 – корпусах и крышках корпусов частотных фильтров, разработанных и изготовленных ООО «Радиокомп» (г. Москва). Фотографии никелированных корпусов и крышки представлены на рис. 6.

#### Литература References

1. <http://ismith.ru/metal/svoystva-titana-i-ego-splavov/>;
2. Ф.Ф.Ажогин и др. Гальванотехника. Справочник под ред. А.М.Гинберга, Москва, «Металлургия», 1987.  
F.F.Azhogin. Galvanotechnology. Reference Book. M., Metallurgy, 1987.

#### Сведения об авторах

Смирнов Кирилл Николаевич – главный технолог, ООО Научно-производственное предприятие «СЭМ.М», Москва, 119049, ул.Крымский

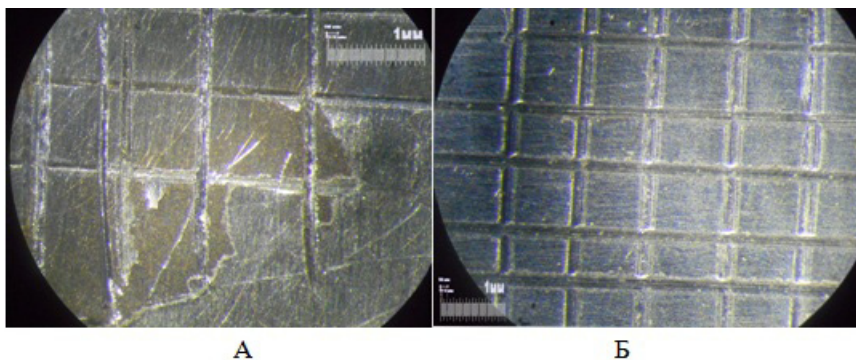


Рис. 5. Микрофотография поверхности никелированного титанового образца с нанесенной сеткой царапин (без предварительной химической обработки А и с обработкой Б)

Fig.5. Microphoto of scratched titanium plated with nickel without (A) and with (B) pretreatment

вал., 8; e-mail: npp-semm@yandex.ru , тел. 8 (495) 978-94-42

**Одиноква Ирина Вячеславовна** – к.т.н., доцент, кафедра «Детали машин и теория механизмов», МАДИ, Москва, Ленинградский пр-т, 64; odinokova\_iv@mail.ru

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

**Жирухин Денис Александрович** – аспирант; кафедра ТНВиЭП, ФГОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»;

**Кувшинов Вадим Владимирович** – начальник производственного отдела, к.т.н., ООО «Радиокомп», 111024 Москва, Авиамоторная ул., д. 8а, тел.: (495) 957-7745, E-mail: sales@radiocomp.ru

*Information about authors*

**Smirnov Kirill N.** – senior technologist; ООО NPP "SEM.M", Moscow, 119049, ul. Krymskiy Val., 8; npp-semm@yandex.ru; tel.: 8-495-978-9442

**Odinokova Irina V.** – acc.prof., Cand Sci., Dept. "Detail of Machine and Mechanisms"; MADl, Moscow, Leningradskiy Pr., 64.

**Arkhipov Evgeniy A.** – general director, ООО NPP "SEM.M", Moscow, 119049, ul. Krymskiy Val., 8; npp-semm@yandex.ru; tel.: 8-495-978-9442

**Zhirukhin Denis A.** – graduate student; Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Dept. of Inorganic Technology and Electrochemical Engineering; 125947, Moscow, Miusskaya Sq., 9.

**Kuvshinov Vadim V.** – Cand Sci., head of production Department; ООО "Radiokomp"; 111024, Moscow. Aviamotornaya Str., 8a; tel.: 8-495-957-7745; sales@radiocomp.ru

**ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГАЛЬВАНИКИ**  
**НАСОСЫ    ФИЛЬТРЫ    НАГРЕВАТЕЛИ    МЕШАЛКИ**

Advertisement for ELMA auxiliary equipment for electroplating. The background is green with a hexagonal pattern and chemical symbols (H, CH, OH, N(CH)). The equipment shown includes: a blue and white vertical pump; a white cylindrical filter; a blue and white heater; a blue and white stirrer; a red and black pump; a blue and yellow heater; and a white and grey stirrer. The ELMA logo and company information are at the bottom.

ООО «ТД «Элма» Санкт-Петербург, пр. Просвещения 85  
тел./факс: (812) 490-75-03; моб. тел.: (911) 921-48-02  
www.td-elma.ru; info@td-elma.ru



### ТЕХНОЛОГИИ И ХИМИКАТЫ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

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



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

## 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:

- 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)
- кадмирование бесцианистое
- никелирование блестящее и матовое
- никелирование из сульфатных электролитов
- никелирование химическое блестящее
- хромирование
- свинцевание
- оловянирование и нанесение сплавов олова
- меднение из кислых и щелочно-тарtratных электролитов
- меднение печатных плат
- патимирование меди и ее сплавов
- травление и химическое оксидирование алюминия
- холодное чернение сталей
- фосфатирование
- адгезионное оксидно-титановое покрытие под ЛКП



**ЦКН**

зарегистрированный товарный знак  
Научно-производственного предприятия "СЭМ.М"

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

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

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

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

**TAGAT.RU**



Современный модернизированный комплекс  
АО «ТАГАТ» им. С.И. Лившица. 2016-2017 г.

АО «ТАГАТ» им. С.И. Лившица: единственное в стране специализированное предприятие по проектированию и изготовлению оборудования для нанесения гальванических, химических и анодизационных покрытий и систем очистки сточных вод от гальваностоков. С февраля 2012 года АО «ТАГАТ» им. С.И. Лившица входит в группу компаний «АРТИ».

**Гальваническое оборудование  
любой сложности  
«под ключ»**



**ПЛАНИРОВАНИЕ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

**ПРОИЗВОДСТВО**

**РЕЗУЛЬТАТ**

**ПОДДЕРЖКА**

**АО «ТАГАТ» им. С.И. Лившица предлагает :**

- Линии автооператорные автоматические и механизированные
- Линии кареточные овалыные подвесочные, конвейерного типа
- Комплексы для очистки сточных вод 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



392030, Россия, г. Тамбов, Моршанское шоссе, 21  
Тел.: +7 (4752) 53 70 03, +7 (4752) 53 25 03;  
Факс: +7 (4752) 45 04 15  
115088, Россия, г. Москва,  
ул. Шарикоподшипниковская, д.13, ст.2  
Тел.: +7 (495) 797 85 67, +7 (495) 797 85 68  
Факс: +7 (495) 642 05 78  
www.tagat.ru office@tagat.ru



Сделано в России

РТС  РТС  
инжиниринг



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



Сертификат ISO 9001

Декларация соответствия  
Таможенного союза

Свидетельство СРО

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





ООО «НАВИКОМ» представляет

программное обеспечение «СМАРТ-Контроль»



Программное обеспечение «СМАРТ-Контроль» позволяет осуществлять управление выпрямительными агрегатами «ПУЛЬСАР» с удаленного персонального или промышленного компьютера.

**Функциональные возможности:**

1. Сбор, отображение и хранение (архивирование и выгрузка) данных о работе агрегата выпрямительного (АВ), в том числе следующих параметров:
  - ✓ Ток
  - ✓ Напряжение
  - ✓ Полярность
  - ✓ Время
  - ✓ Режим работы (ручной/по программе)
2. Управление параметрами работы:
  - ✓ Ток
  - ✓ Напряжение
  - ✓ Полярность
  - ✓ Запуск/останов
  - ✓ Запуск программы
3. Просмотр и редактирование программ (как встраиваемых в АВ, так и хранимых в ПК).
4. Протоколирование выбранных пользователем параметров АВ.
5. Ведение архива протоколов (хранение, визуализация, экспорт в файл, вывод на печать).
6. Работа с диагностическими данными (сбор, хранение, визуализация, экспорт в файл для целей удаленной диагностики, импорт из файла).
7. Возможность управления несколькими АВ одновременно.
8. Несколько уровней пользователей: оператор, технолог, администратор; управление доступом к функциональным блокам программы.

RS-485/ Ethernet/ Modbus



**Способы коммуникации:**

1. Подключение к АВ по выбору пользователя:
  - RS-485
  - TCP/IP
2. Подключение к нескольким агрегатам (в том числе входящим в состав выпрямительного комплекса).

**Программное обеспечение «СМАРТ-Контроль» имеет демонстрационную и лицензированную версии!**

Доступность полного функционала программы определяется наличием в файле-лицензии серийного номера агрегата (модуля управления). Вы можете приобрести ПО и лицензии как для управления одним выпрямителем, так и несколькими выпрямителями.

**Уровни доступа пользователей**

| Функционал   | Демо-версия | Лицензированная версия |          |               |
|--|-------------|------------------------|----------|---------------|
|  |             | Оператор               | Технолог | Администратор |
| Редактирование списка выпрямителей                                 | +           | -                      | -        | +             |
| Редактирование списка пользователей                                | -           | -                      | -        | +             |
| Просмотр данных с выпрямителей                                     | +           | +                      | +        | +             |
| Просмотр данных с силовых блоков                                   | -           | -                      | -        | +             |
| Выгрузка накопленных данных в файл во внутреннем формате программы | +           | +                      | +        | +             |
| Выгрузка накопленных данных в файл в форматах txt/dbf/xls          | -           | +                      | +        | +             |
| Прямое управление выпрямителями                                    | -           | +                      | +        | +             |
| Управление запуском программ                                       | -           | +                      | +        | +             |
| Редактирование программ  | -           | -                      | +        | +             |
| Изменение настроек выпрямителя                                     | -           | -                      | -        | +             |

Заказать программное обеспечение «СМАРТ-Контроль» возможно, указав данную потребность при заполнении опросного листа или обратившись в ООО «Навиком» по тел./факс: (4852) 74-11-21, 74-15-67 или на e-mail: [commerce@navicom.org](mailto:commerce@navicom.org).

Получить информацию о возможностях программного обеспечения, ознакомиться с интерфейсом программы, скачать демо-версию ПО «СМАРТ-Контроль» и «Краткие рекомендации по настройке ПО «СМАРТ-Контроль» Вы можете в соответствующем разделе сайта нашей компании <http://www.navicom.org/>.



Щелочное цинкование

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

Слабокислое цинкование

ЛГ-50 (А, И) ЛГ-09 (А, Б)

Цианистое цинкование

ДС-3

Осаждение сплавов

Цинкамин-ZF (цинк-железо)

Цинкамин-ZN (цинк-никель)

Никелирование

НХС-1, 2, 3

## Лучшая химия для гальванотехники



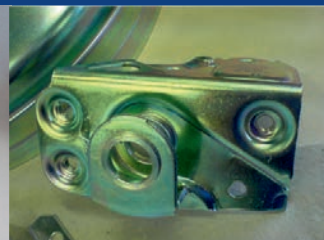
Пассивирующие концентраты (CrVI-free)  
Финишная обработка покрытий

Ирида-ХромТри (А, В, АF, ВF, К)

Ирида-СилХром

Силатек-08 (top-coat)

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



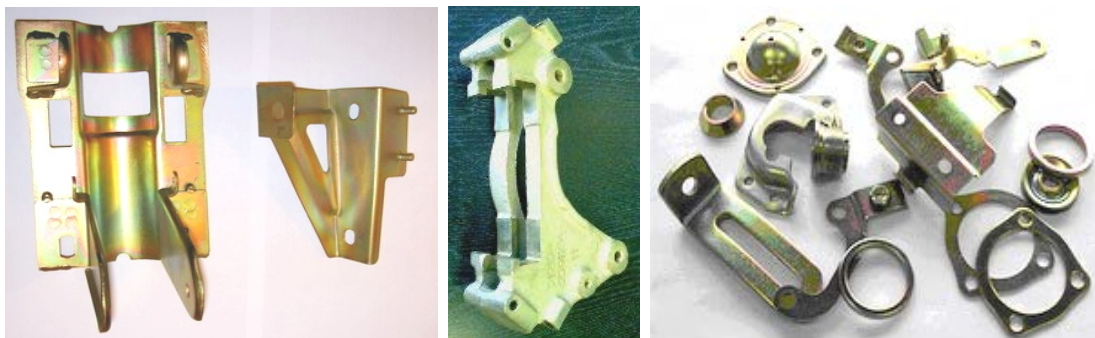
606008, г. Дзержинск, Нижегородская обл., а/я175; тел/факс: (8313) 25-23-46, +7-951-902-91-65  
E-mail: igor@chimsn.ru http: www.chimsn.ru

## ООО «АРБАТ»

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

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, БЛЕСКООБРАЗУЮЩИЕ ДОБАВКИ,  
ХИМИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ,  
ХРОМИТИРОВАНИЕ без Cr(VI)

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



Цинкование в щелочном и слабокислом электролитах



Хромирование без Cr(VI)

Механическое цинкование

### Наша продукция:

Блескообразующие композиции **НТЦ-Р** для щелочного цинкования,

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

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

Композиции **Хромит-1А и Хромит-2А** для бесцветного и радужного пассивирования (хромирования) цинковых покрытий, не содержит Cr(VI);

**Смесь БФЦ-А** для хромирования алюминия;

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

**Фирма «АРБАТ» производит более 30 химических продуктов для машиностроения**

### Наши партнеры:

**Свыше 40 предприятий применяют продукцию фирмы «АРБАТ»**

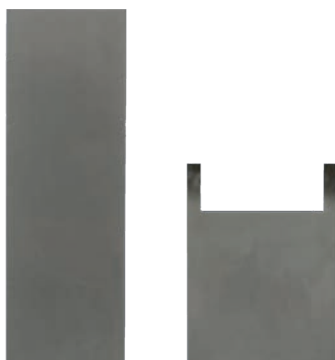
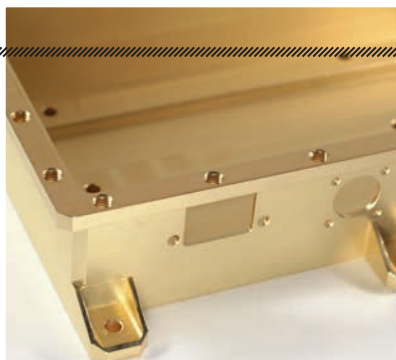


## Научно-производственное предприятие «ЭКОМЕТ»

Технологии и оборудование для гальванических производств

### Химические продукты от Российского производителя

- подготовка поверхности
- добавки для гальванических процессов
  - цинкование
  - меднение
  - никелирование
  - оловянирование
  - хромирование и пр.
- обработка алюминия и его сплавов
- электролиты золочения и серебрения
- лаковые покрытия (катафорез)
- травление, активация и электрополирование
- временная консервация и пассивация деталей



### Услуги

- внедрение технологических процессов
- нанесение серебра, золота и его сплавов
- изготовление платинированных титановых анодов
- химический анализ гальванических растворов



### Гальваническое оборудование

- фильтровальные установки Мефиаг
- фильтровальные материалы
- химически стойкие насосы
- выпрямители ФлексКрафт
- пластиковые теплообменники Калорпласт
- ячейки Хулла

Почтовый адрес: 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 31, корпус 4, ИФХЭ РАН, «ЭКОМЕТ»  
Тел./факс: (495) 955-45-54, 955-40-33, 954-86-61  
Электронная почта: [info@ecomet.ru](mailto:info@ecomet.ru) • Интернет: [www.ecomet.ru](http://www.ecomet.ru) или [ecomet.ru](http://ecomet.ru)

## ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ХИМИКО-ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ И ПОДГОТОВКИ ПЕРЕД ОКРАШИВАНИЕМ от ООО «СОНИС»

- ОБЕЗЖИРИВАНИЕ
- ТРАВЛЕНИЕ
- ЦИНКОВАНИЕ
- ХРОМАТИРОВАНИЕ
- МЕДНЕНИЕ
- НИКЕЛИРОВАНИЕ
- ХРОМИРОВАНИЕ
- ФОСФАТИРОВАНИЕ
- ХОЛОДНОЕ ЧЕРНЕНИЕ

Мы помогаем цеховым  
технологам находить  
оптимальные решения!



Современные блескообразующие добавки  
для цинкования

**Качество выше – затраты ниже!**

| <b>«Колцинк АЦФ-2»</b>  | <b>«Колсид АР-НТ»</b>   |
|---|---|
| <b>Бесцианистый щелочной</b>  | <b>Аммонийно-хлоридный</b>  |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Высокая рассеивающая способность- процесс идеален для цинкования сложнопрофилированных изделий</li><li>2. Высокоблестящие нетемнеющие покрытия без "пузырей" осаждаются в широком диапазоне параметров</li><li>3. Толщину покрытий можно увеличивать до 35 мкм и выше</li><li>4. Покрытия пластичные – выдерживают ударные нагрузки, развальцовки, изгибы и т.д.</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. При разогреве электролита до 55 °С и выше качество покрытий сохраняется</li><li>2. Электролит пенится мало</li><li>3. Цинковать можно в барабанах и на подвесках</li><li>4. Покрытия получаются без пригаров на выступающих частях и отлично поддаются хромированию</li><li>5. Шелушение покрытий отсутствует до значительных толщин (25 мкм и выше)</li><li>6. Работает при высоком содержании железа в ванне</li></ol> |



Начиная с 1995 года, более 500 предприятий России и стран СНГ перешли на цинкование с добавками от **ООО «СОНИС»**

Ждём Ваших обращений!

Тел.: (495) 545-76-24

517-46-51

info@sonis-co.ru

[www.ooo-sonis.ru](http://www.ooo-sonis.ru)

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

ООО "БМТ"   
г. Владимир

### Технологические решения:

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

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



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

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



## ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Добавки для гальваники  
LIKONDA, КЕММИКС
- Выпрямительные агрегаты  
FlexKraft с пультами ДУ
- Фильтровальные установки  
Mefiag
- Электронагреватели  
SCANDYMET
- Проектирование и изготовление  
оснастки для гальваники
- Изоляция подвесочных  
приспособлений



Тел.: (831) 275-82-60, 275-82-61, 275-82-62

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

УДК 541.135

## **Анодные материалы для электролиза хроматно-нитратных растворов**

**Кругликов С.С., Тележкина А.В., Капустин Е.С.,  
Кравченко Д.В.**

Для электрохимической регенерации раствора пассивирования кадмиевых покрытий с повышенной концентрацией азотной кислоты (до 20 г/л) испытаны титановый анод с покрытием диоксидом иридия и а также с дополнительно нанесенным на него слоем диоксида свинца. Измерения анодных потенциалов показали наличие необходимых качеств у анода с двойным покрытием. Не отмечено износа такого анода после прохождения через него 4,8 А·ч/см<sup>2</sup>.

## **Anode Materials for the Electrolysis of Chromate-Sulfate Solutions**

**Kruglikov S. S., Telezhkina A.V., Kapustin E.S., Kravchenko D.V.**

Preliminary tests of three anode materials for the electrolysis of chromate-sulfate solutions containing nitric acid or nitrates at high concentrations (above 15 g/l) were made. Titanium anode with iridium dioxide coating was stable; however in cadmium passivating solutions anodic potential is insufficient for the oxidation of trivalent chromium. This anode with additional lead dioxide coating has more positive anodic potential (by 200 mV), so it becomes sufficient for the oxidation of trivalent chromium (See Fig.). Passivating solution for cadmium-plated parts was regenerated using this anode. After passing 4.8 Ahr/cm<sup>2</sup> the anode has shown no corrosion or any weight loss. In the course of the electrolysis cadmium ions migrated into the catholyte through the membrane and were discharged at the cathode and trivalent chromium was oxidized into the chromate. An alternative anode – titanium with thick layer of lead dioxide will be destructed due the corrosion at lead dioxide/metal interface.

### **Введение**

В гальванотехнике растворы на основе хромовой кислоты применяются для пассивирования меди и ее сплавов, пассивирования оцинкованных и кадмированных деталей, для электрополировки, анодирования алюминия и наполнения анодных пленок на алюминии, для травления пластмасс, а также для снятия недоброкачественных покрытий. Большинство из этих растворов имеет ограниченный срок эксплуатации вследствие постепенного накопления в них продуктов взаи-

модействия раствора с поверхностью обрабатываемых изделий (ионов трехвалентного хрома и ионов металлов, обрабатываемых в хроматном растворе). Однако, в принципе любой хроматный раствор можно регенерировать, устранив таким образом необходимость его периодической замены. Благодаря регенерации сокращается расход химикатов не только на приготовление новых растворов и на обезвреживание отработанных, но и на корректировку действующих.

Электрохимическая регенерация представляет собой обработку отработанного раствора в анодной камере двухкамерного электролизера. На нерастворимом аноде ионы трехвалентного хрома окисляются до шестивалентного состояния, а ионы других металлов мигрируют в катодную камеру и таким образом удаляются из хроматного раствора. В качестве анодного материала в хроматно-сульфатных растворах успешно использовался свинец, на котором в процессе электролиза формировалась пленка диоксида свинца [1]. Позднее для промышленных установок регенерации растворов, содержащих помимо хроматов и сульфатов ионы нитрата и ацетата, в качестве анодного материала стали использовать платинированный титан и ниобий [2-6]. Начиная с 1993 г., ряд таких установок успешно эксплуатируется в гальванических цехах России, ФРГ и США для регенерации растворов пассивации оцинкованных деталей [7].

Однако в процессе промышленной эксплуатации таких установок выяснилось, что по мере увеличения концентрации нитрат-ионов ускоряется износ платинового покрытия и при концентрации свыше 15 г/л применение платинированных анодов становится экономически нецелесообразным. Однако и для растворов с концентрацией нитрат-ионов ниже 15 г/л замена платинового покрытия более дешевым или более стойким была бы весьма желательной, поскольку она позволила бы снизить стоимость оборудования для регенерации. Известно много попыток разработки конструкции и способа изготовления анодов путем электроосаждения относительно толстого слоя диоксида свинца на материалы, устойчивые к воздействию агрессивных растворов. Общим недостатком таких анодов является ограниченный срок их службы в агрессивных растворах, обусловленный развитием коррозионных процессов в порах слоя диоксида свинца [8].

Свинцовые аноды используются для регенерации хроматно-сульфатных растворов только в тех случаях, когда в растворе отсутствуют другие анионы. Типичным примером является раствор, содержащий хромовую и серную кислоты и применяемый для обработки меди и ее сплавов на отечественном предприятии судостроения. Этот раствор успешно регенерируют, используя свинцовые аноды.

В настоящее время особо остро стоит проблема предотвращения попадания ионов кадмия в сточные воды гальванических цехов, использующих процесс кадмирования. Одним из основ-

ных источников ионов кадмия в стоках являются отработанные растворы пассивирования и вода, поступающая из ванны проточной промывки после этой операции. Следует отметить, что растворы пассивирования кадмированных деталей могут содержать до 100 г/л азотной кислоты, хотя в настоящее время чаще используют менее агрессивные растворы с концентрацией азотной кислоты до 20 г/л.

Самыми простым и экономически эффективным методом многократного снижения количества ионов кадмия, попадающих в стоки от операции пассивирования, является непрерывное извлечение этих ионов из ванны пассивирования. При этом одновременно идет процесс регенерации самого раствора пассивирования – анодное окисление ионов трехвалентного хрома. Следует отметить, что анодное окисление ионов трехвалентного хрома в кислых растворах идет только при высоких анодных потенциалах, так как равновесный потенциал системы Cr(VI)/Cr(III) для таких растворов составляет приблизительно +1,3 В, а сама реакция окисления ионов Cr(III) является необратимой и характеризуется высоким перенапряжением (в особенности при использовании платинового или платинированного анода).

В данной работе проведена предварительная оценка пригодности платиновых анодов, титановых анодов с диоксидно-иридиевым покрытием, а также титановых анодов с диоксидно-иридиевым покрытием, на который наносили слой диоксида свинца. Для сравнения диапазонов анодных потенциалов всех трех электродов в хроматном растворе были проведены поляризационные измерения, а для проверки пригодности нового анодного материала – титана с двухслойным покрытием проведены его испытания в растворе пассивирования кадмированных деталей.

### **Методика экспериментов**

Эксперименты по регенерации проводили с раствором следующего номинального состава:  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  10-25 г/л,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  10-20 г/л,  $\text{HNO}_3$  10-20 г/л. Раствор уже был в эксплуатации, поэтому в нем присутствовали ионы кадмия и трехвалентного хрома. Перед началом опыта 400 мл раствора помещали в анодную камеру двухкамерной ячейки. В катодную камеру, отделенную от анодной мембраной М-40-ИЛ, помещали 400 мл 2%-ного раствора серной кислоты. Электролиз вели при комнатной температуре с периодическими перерывами, на время которых анолит переливали в стакан для предотвращения диффузии компо-



нентов через мембрану. Анодом служила титановая пластинка с рабочей поверхностью 5 см<sup>2</sup> с диоксидно-иридиевым покрытием (около 200 мг/м<sup>2</sup>), на которое был нанесен диоксид свинца (слой толщиной около 10 мкм) путем электроосаждения из раствора, содержащего 0,15 моль/л нитрата свинца и 1,5 моль/л азотной кислоты, при анодной плотности тока 0,06 А/см<sup>2</sup>.

Катодом служила титановая пластинка с площадью поверхности 60 см<sup>2</sup>. Электролиз вели при анодной плотности тока 0,1 А/см<sup>2</sup>. Суммарная продолжительность электролиза составила 48 час, что соответствует прохождению через анолит 60 А·ч/л. В ходе проработки раствора в анодную и катодную камеры добавляли воду для компенсации потерь, вызванных испарением раствора и образованием аэрозоля.

В процессе электролиза основным анодным процессом было образование кислорода, и лишь небольшая доля тока расходовалась на анодное окисление ионов трехвалентного хрома ввиду высокой анодной плотности тока и невысокой концентрации ионов трехвалентного хрома, для которой была бы достаточной анодная плотность тока 0,005–0,01 А/см<sup>2</sup>. Выбор режима электролиза был продиктован необходимостью максимальной интенсификации процесса износа комбинированного оксидного покрытия. Благодаря выбору такого режима количество электричества, прошедшего через анодную поверхность за время опыта составило 4,8 А·ч/см<sup>2</sup> (т. е. почти 500 А·ч/дм<sup>2</sup>).

Поляризационные кривые снимали с помощью цифрового потенциостата IPC-PRO L в стандартной трехэлектродной ячейке относительно хлорид-серебряного электрода сравнения (на поляризационных кривых потенциалы приведены относительно стандартного водородного электрода). Измерения проводили в потенциодинамическом режиме при скорости развертки потенциала 1 мВ/с.

### Результаты и их обсуждение

Анодные поляризационные кривые для трех электродов приведены на рисунке. Их характерная особенность – отсутствие области потенциалов, общей для любой пары кривых и, тем более – общей для всех трех. Титан с диоксидом иридия охватывает область 1500–1700 мВ, тот же анод с дополнительным покрытием диоксидом свинца – от 1700 до 2100 мВ, а платиновый анод – от 2100 до 2500 мВ.

Таким образом, области анодных потенциалов, заведомо достаточной для анодного окисления ионов трехвалентного хрома, соответствуют

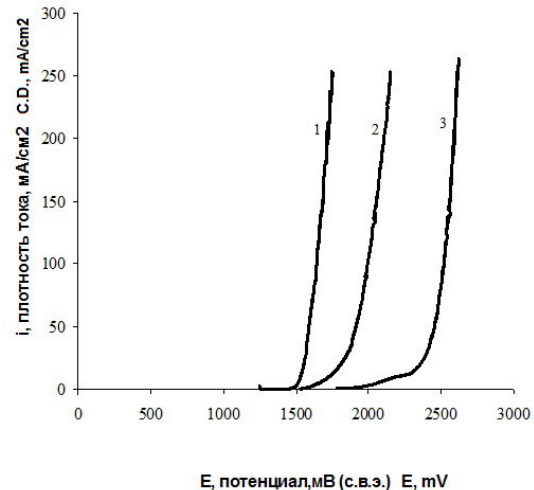


Рис. 1. Анодные поляризационные кривые для трёх электродов: 1. – Ti/Ir; 2. – Ti/Ir/PbO<sub>2</sub>, 3. – Pt

Fig.1. Anodic polarization curves (с.д., mA/cm<sup>2</sup>, vs anode potential, mV) for three anodes: 1. – Ti/Ir; 2. – Ti/Ir/PbO<sub>2</sub>; 3. – Pt

только два анода – диоксид свинца и платина. Это согласуется с имеющимися сведениями об использовании анода с диоксидом иридия в электролитах хромирования на основе солей трехвалентного хрома, где анод находится непосредственно в электролите хромирования и на нем выделяется кислород, а образования ионов хромата не происходит.

Ввиду ожидаемой непригодности анода с диоксидом иридия для электрохимического окисления ионов трехвалентного хрома длительные эксперименты по регенерации раствора пассивирования проводили только с анодом, имеющим дополнительное покрытие диоксидом свинца. В процессе электролиза наблюдалось изменение окраски раствора, указывающее на окисление ионов трехвалентного хрома. Параллельно происходило осаждение кадмия на катоде в виде черного порошка. Таким образом, можно констатировать успешное протекание процесса электрохимической регенерации раствора пассивирования.

После прохождения через анод 4,8 А·ч/см<sup>2</sup> не отмечено изменений массы и внешнего вида диоксидно-свинцового покрытия. Следует, однако, отметить, что в условиях промышленного производства всегда возможно нарушение целостности слоя диоксида свинца, например, в результате образования коротко-замкнутой пары с катодом. Поэтому была проверена возможность повторного осаждения слоя диоксида свинца на анод с частично восстановленным покрытием, которая дала положительный результат.

Результаты испытаний титанового анода с комбинированным покрытием подтвердили его при-

годность в качестве анодного материала, устойчивого в хроматно-сульфатных растворах, содержащих азотную кислоту, в то время как анод из диоксида свинца с токоподводом, выполненным из какого-либо неблагородного металла будет неизбежно разрушаться в результате коррозионных процессов [8].

Механизм развития коррозионных процессов, возникающих на границе контакта диоксида свинца с токоподводом из неблагородного металла, связан с наличием пор в диоксиде свинца. В процессе электроосаждения в диоксиде свинца возникают внутренние напряжения [9], приводящие к образованию пор. По порам электролит, в котором эксплуатируется анод, получает доступ к месту контакта с металлическим токоподводом, в результате чего возникает коррозионная пара: катод – диоксид свинца, анод – металл токоподвода.

### **Заключение**

Аноды на основе титана с покрытием диоксид иридия + диоксид свинца могут оказаться более эффективными (по цене и долговечности), чем платинированные. Кроме того, их, возможно, удастся использовать в таких растворах, для которых пока не существовало подходящих анодных материалов, например, в кислых растворах с концентрацией ионов нитрата свыше 15 г/л.

### **Литература References**

1. Хомяков В.Г., Машовец В.П., Кузьмин Л.Л., Технология электрохимических производств. Л.: Госхимиздат, 1989.–676 с  
Khoromyakov V.G., Mashovets V.P., Kuzmin L.L. Technology of Electrochemical Processes. L.: Goskhimizdat, 1989. -676 p.
2. Kruglikov S.S., Yurchuk T.Y., Bergmann H., Verfahren der elektrochemischen Umweltschutztechnik am Beispiel der Regenerierung chromathaltiger Baeder der Galvanotechnik, Chemie-Ingenieur-Technik. 1997. T. 69. № 9. С. 43-44.
3. Kruglikov S.S., Bergmann H., Yurchuk T.Y., Die Elektrochemische Regenerierung von Lösungen zur Passivierung von Zink und Zinklegierungen. Galvanotechnik. 1997. Bd. 88. № 12. С. 3964-3971
4. Yurchuk T.Y., Bergmann H., Kruglikov S.S., Regenerierungsverfahren für chromhatige Electrolyte in der Oberflächentechnik, Postervertag zur fachkongress "Energie und Umwelt"97", Chemnitz, 1997.
5. Kruglikov S.S., Reduction of water consumption & quantities of solid wastes by means of

Immersed electrochemical Modules. Proc. SUR/FIN'98, Minneapolis, 22-25.06.1998, p.733-738.

6. Патент РФ № 2481424. Способ регенерации раствора черного хроматирования цинковых покрытий.

Patent RF № 2481424. Method for the Regeneration of Black Chromating Solution.

7. Kruglikov S.S., Kruglikova E.S. Operation of passivation solutions without periodic dumping. Industrial experience. Proceeding, NASF, SUR/FIN'2011, 14-17 June, Rosemont, IL, USA, p.837-844

8. Патент РФ № 2 318 080. Способ изготовления электрода из диоксида свинца.

Patent RF № 2318080. Method of Preparation of Lead Dioxide Anode.

9. Джафаров, Э. А. Электроосаждение, свойства и применение двуокиси свинца / - Баку: Изд-во АН Аз ССР, 1967. - 101

Jafarov E.A. Electrodeposition, Characteristics and Applications of Lead Dioxide Electrodes. Baku, Az.SSR Acad.Sci Publ.Hause. 101 p.

### **Сведения об авторах**

**Кругликов Сергей Сергеевич** – доктор химических наук, профессор, кафедра ТНВиЭП, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская площадь, д. 9; e-mail skruglikov@mail.ru; телефон: 89166169699.

**Тележкина Алина Валерьевна** - аспирантка; e-mail: Cianic-acid@yandex.ru; телефон 89254172342

**Капустин Егор Сергеевич** – аспирант; кафедра Общей и неорганической химии, РХТУ им. Д.И. Менделеева, E-mail: egorkapus@gmail.com; телефон 89998296860

**Кравченко Дмитрий Владимирович** – аспирант; кафедра ТНВиЭП, РХТУ им. Д.И. Менделеева, телефон: 89099543024

### **Information about authors**

**Kruglikov S.S.**, Dr. Sci., Prof., Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Dept. of Inorganic Technology and Electrochemical Engineering; 125947, Moscow, Miusskaya Sq., 9. e-mail skruglikov@mail.ru; tel.: 89166169699.

**Telezhkina Alina V.**, post-graduate student, Mendeleev University, ibid.

**Kapustin Egor S.**, post-graduate student.

**Kravchenko Dmitry V.**, post-graduate student.

УДК 620.197.2: 621.794.61

## **Химическое осаждение композиционных покрытий никель-фосфор-графит**

**Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А.,  
Невмятуллина Х.А., Пряничникова П.М., Аснис Н.А.**

Предложен новый состав электролита для электроосаждения композиционных покрытий никель-фосфор-графит. Электролит перед электроосаждением обрабатывали ультразвуком, что способствует включению графита в осадок. Количество включенного графита сильно зависит от его концентрации в электролите. Полученные покрытия являются шероховатыми и имеют повышенную твердость и износостойкость, которые обнаруживают сильную зависимость от концентрации графита в электролите. Термообработка покрытий при 220–300°C в течении 5–8 часов существенно повышает твердость и износостойкость покрытий.

## **Electroless Plating of Composite Coatings Nickel-Phosphorus-Graphite**

**Abrashov A.A., Grigoryan N.S., Vagramyan T.A.,  
Nevmyatullina H.A., Pruyanichnikova P.M., Asnis N.A.**

A new formulation has been developed for the electrodeposition of composite coatings Ni-P-C. The bath is pretreated by ultrasound to ensure the incorporation of graphite (Fig.1). Graphite content in the deposits depends on its concentration in the bath (Fig.2). Coatings obtained have rough appearance under the magnification of  $\times 3000$  (Figs. 3, 4). Hardness and wear resistance of the coatings are effected strongly by changing concentration of graphite in the bath (Figs 5, 6). Thermal treatment of the coatings at 220–300°C for 5–8 hrs increased coatings hardness and wear resistance.

### **Введение**

Химическое осаждение металлов широко применяется для получения медных [1, 2], никелевых [3], серебряных [4] и др. металлических и композиционных покрытий. Химические покрытия сплавом никель-фосфор характеризуются высокой твердостью и износостойкостью (после термообработки), коррозионной стойкостью и малой пористостью. Они востребованы во многих отраслях промышленности в качестве износостойких, антифрикционных, защитных или защитно-декоративных покрытий.

Химическое никелирование по сравнению с гальваническим имеет такие преимущества как:

- возможность нанесения равномерных по толщине покрытий на изделия сложного профиля;
- возможность нанесения покрытий непосредственно на диэлектрики;
- более низкая концентрация компонентов в растворах химического никелирования по сравнению с гальваническим и, как следствие, меньшее их содержание в промывных и сточных водах.

В ряде случаев требуются никелевые покрытия, обладающие наряду с высокими трибологическими характеристиками высокой коррозионной стойкостью и способностью к самосмазыванию. Перспективным способом достижения указанных характеристик является осаждение композиционных покрытий, что достигается введением дисперсных частиц в раствор для химического осаждения покрытий никель фосфор.

Включение частиц дисперсной фазы в никель-фосфорную матрицу в процессе химического осаждения позволяет получать композиционные покрытия, обладающие повышенной износостойкостью, твердостью, коррозионной стойкостью, каталитической активностью и способностью к самосмазыванию [5-15].

Целью настоящей работы являлось исследование процесса получения композиционного покрытия никель-фосфор-графит.

### **Методика эксперимента**

Для осаждения композиционных покрытий никель-фосфор-графит использовался стандартный раствор химического никелирования, содержащий, г/л: хлорид никеля ( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) – 22,5; Гипофосфит натрия ( $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) – 20,0;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  – 10; молочная кислота ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ) молочная кислота – 40; тиомочевина ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$ ) тиомочевина – 0,001 [8]. Для доведения pH раствора до рабочих значений, равных 4,6-4,8 единиц, использовали 25% раствор аммиака. Плотность загрузки покрываемых деталей составляла 1,0-1,5  $\text{дм}^2/\text{л}$ . Осаждение покрытий осуществляли при температуре рас-

твора 90-92 °С в условиях термостатирования [16]. Порошок графита марки ГК-3 с размером частиц до 6 мкм присутствовал в растворе в виде дисперсной фазы. Концентрация порошка варьировалась в диапазоне 0,01 - 0,2 г/л, а равномерность распределения частиц в растворе достигалась механическим перемешиванием и предварительной ультразвуковой обработкой в течение 5-30 минут в ультразвуковой ванне Ultrasonic washing unit HD500 при частоте 38 кГц и мощности  $\leq 20 \text{ Вт/см}^2$ . Для поддержания частиц графита во взвешенном состоянии применяли два способа перемешивания раствора: барботирование раствора воздухом и механическое перемешивание (скорость вращения мешалки – 150 об/мин).

Износостойкость покрытий определяли на ротационном абразиметре Taber Elcometer модели 5135 методом определения потери массы образца вследствие абразивного износа. Для этого производили истирание поверхности образцов с помощью абразивных кругов Н-18 из плотнеспешейся глины с нагрузкой 500 г и частотой вращения 60 об/мин в течение 100 циклов.

Морфология поверхности изучалась с помощью сканирующего электронного микроскопа (Центр коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева). 3-D изображения поверхности покрытий получали с помощью атомно-силового микроскопа INTEGRA Prima (NT-MDT, Россия). Режим сканирования – полуконтактный, кантилевер – HA\_NC Etalon (NT-MDT, Россия).

Шероховатость покрытий определяли на профилометре Mitutoyo SurfTest SJ-310 с помощью щупа с алмазным наконечником по стандарту определения параметров шероховатости. Блеск покрытий измеряли с помощью блескомера серии Elcometer 480. Для определения блеска световой луч направляется под углом 60° на поверхность образца. Регистрируемая прибором интенсивность отраженного света пересчитывалась в единицы блеска согласно специальной шкале GU (Gloss Unit – единиц блеска).

Термическая обработка полученных покрытий никель-фосфор-графит проводилась в интервале температур 220-400 °С продолжительностью от 10 мин до 8 часов.

Твердость покрытий определялась по методу Виккерса с помощью микротвердомера ПМТ-3.

### **Экспериментальные результаты и их обсуждение**

Было установлено, что в отсутствие предварительной ультразвуковой стабилизации раствора формирующиеся покрытия имеют массу около 53-55  $\text{г/м}^2$ , а после предварительной ультразвуковой

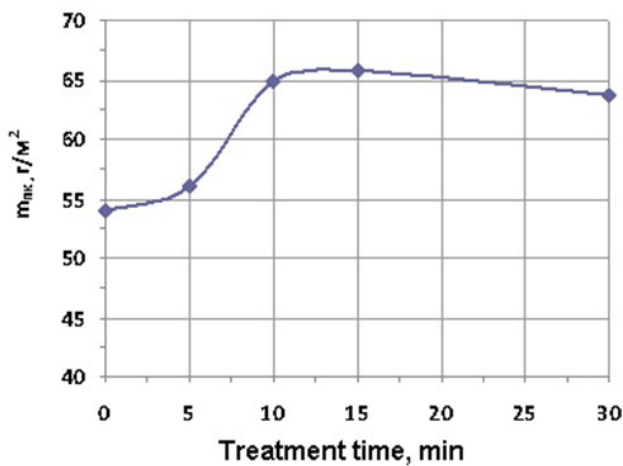


Рис. 1. Влияние продолжительности обработки раствора ультразвуком на массу получаемых покрытий: pH 4,7;  $t$  90°C;  $\tau$  30 мин,

Fig.1. Effect of the duration of ultrasound treatment on the mass of the coatings obtained: pH 4,7;  $t$  90°C,  $\tau$  30 min

вой обработки дисперсии в течение 10 минут в нем формируются покрытия с массой 63–65 г/м<sup>2</sup> (рис. 1)

Кроме того, установлено, что при одной и той же продолжительности осаждения масса покрытий возрастает с увеличением концентрации дисперсной фазы в растворе (рис. 2). Было выявлено, что наиболее качественные однородные по

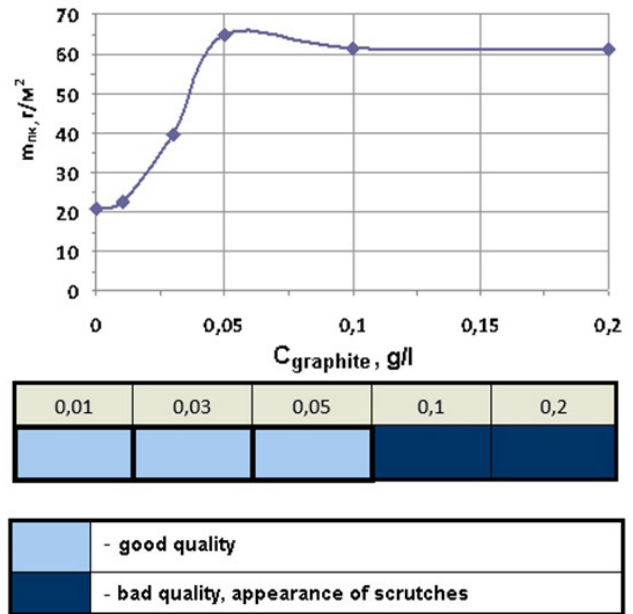


Рис. 2. Зависимость массы и качества покрытий от концентрации графита: pH 4,7;  $t$  90°C;  $\tau$  30 мин

Fig.2. Effect of graphite concentration in the bath on the mass and quality of the coatings: pH 4,7;  $t$  90°C;  $\tau$  30 min

поверхности покрытия осаждаются при содержании в растворе 0,05 г/л графита. При увеличении концентрации дисперсной фазы до 0,1 и 0,2 г/л незначительно снижается масса формирующе-

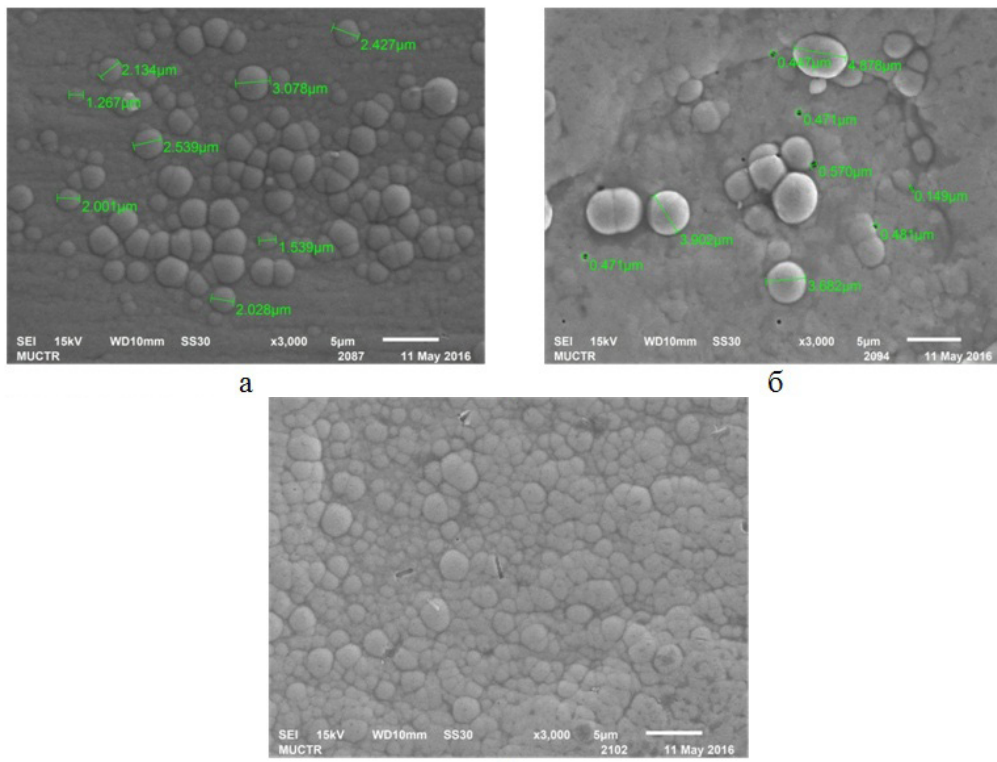
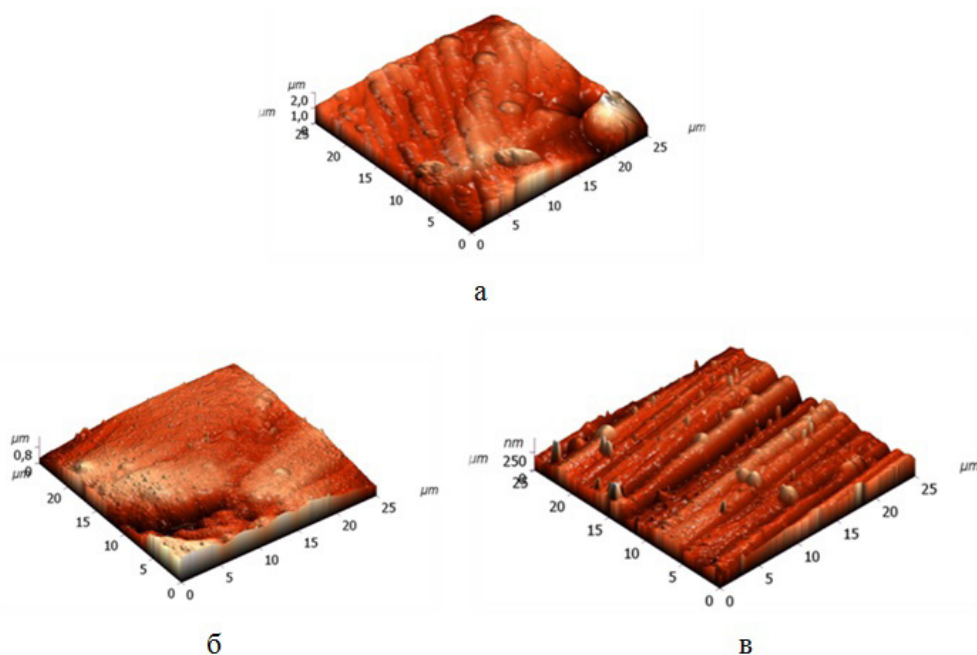


Рис. 2. Электронные фотографии поверхности покрытий, концентрация графита в растворе: 0 г/л (а); 0,05 г/л (б); 0,2 г/л (в) pH 4,7;  $t$  90°C;  $\tau$  30 мин

Fig.3. Electronic microphoto of coatings surface. Graphite content in the solution: а. – 0 г/л; б. – 0,05 г/л; в. – 0,2 г/л; pH 4,7;  $t$  90°C;  $\tau$  30 min



**Рис. 4.** 3-D изображения поверхности покрытий (атомно-силовой микроскоп) концентрация графит: 0 г/л (а); 0,05 г/л (б); 0,2 г/л (в). pH 4,7;  $t$  90°C;  $\tau$  30 мин

**Fig.4.** 3-D image of coatings surface; graphite concentration the bath: а. 0 g/l; б. – 0,05 g/l; в. – 0,2 g/l. pH 4,7;  $t$  90°C;  $\tau$  30 min

гося покрытия, однако, наряду с этим происходит некоторое ухудшение качества покрытия, проявляющееся в увеличении шероховатости и неоднородности покрытий. Приведенные на рис. 3б электронные фотографии поверхности покрытий свидетельствуют, что в присутствии в растворе 0,05–0,1 г/л дисперсной фазы осаждаются кристаллические слои с включением частиц графита размером 0,4–0,5 мкм (на рис. 3б – в виде черных точек). Дальнейшее увеличение концентрации графита в растворе до 0,2 г/л приводит к появлению дефектов структуры в виде небольших царапин на поверхности (рис.3 в).

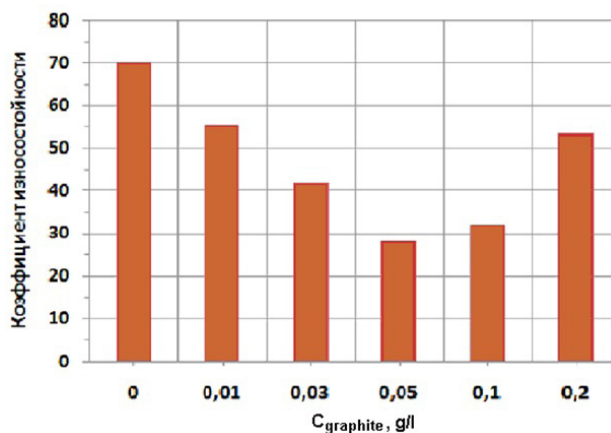
Усугубление шероховатости покрытий с ростом концентрации дисперсной фазы в растворе хорошо видно на 3-D изображениях поверхности покрытий, полученных с помощью атомно-силового микроскопа (рис.4.)

Измерения показали, что при введении в раствор 0,05 и 0,2 г/л графитового порошка шероховатость покрытий Ra возрастает от 1,02 до 1,07 и 1,2 мкм соответственно, а их блеск снижается с 95 до 85 и 53 единиц блеска (GU)

Включение частиц графита в никель-фосфорную матрицу, как и ожидалось, благоприятно сказалось на износостойкости и твердости покрытий. Как видно из рис. 5, 6 при содержании в

растворе 0,05 г/л графита, формирующиеся в нем композиционные покрытия обладают наибольшей износостойкостью и твердостью.

Наряду с этим было установлено, что покрытия, сформированные в растворе, содержащем 0,05 г/л графитового порошка, обладают наименьшей пористостью. Кроме того было установлено, что в этом случае беспористое покрытие можно получить за 30–40 минут, в то время как Ni-P покрытие становится беспористым через 60 мин.



**Рис. 5.** Зависимость износостойкости покрытий от концентрации графита в растворе: pH 4,7;  $t$  90°C;  $\tau$  30 мин

**Fig.5.** Wear resistance of the coatings at different graphite concentration in the bath: pH 4,7;  $t$  90°C;  $\tau$  30 min

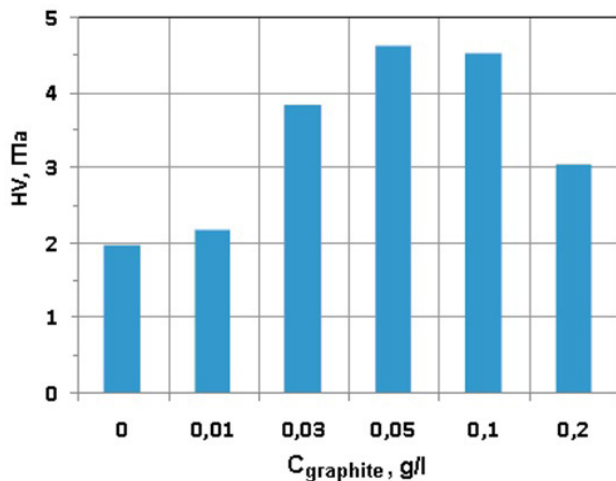


Рис. 6. Зависимость твердости покрытий от концентрации графита в растворе: pH 4,7;  $t$  90°C;  $\tau$  30 мин,  
Fig.6. Hardness of the coatings at different graphite concentration in the bath. pH 4,7;  $t$  90°C;  $\tau$  30 min

С учетом полученных результатов за оптимальное содержание графитового порошка в растворе было выбрано значение 0,05 г/л.

Известно, что механические характеристики композиционных Ni-P-C покрытий улучшаются после термообработки. Наши исследования подтвердили, что последующая термообработка позволяет повысить твердость и износостойкость покрытий (таблицы 1 и 2). Наибольшей твердостью и износостойкостью обладают покрытия, подвергшиеся после формирования нагреванию при температуре 220-300 °С в течение 5-8 часов (HV = 8,7-9,0 ГПа, коэффициент износостойкости 35-41 единиц).

### Выводы

Разработан раствор, содержащий, г/л:  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  - 22,5;  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  - 20,0;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  - 10,0;  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  - 40,0;  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$  - 0,001; графит - 0,05, позво-

ляющий при температуре 90°C, pH 4,6 осаждать в течение 30 мин твердые, износостойкие, покрытия никель-фосфор-графит массой 63-65 г/м<sup>2</sup>.

Выявлено, что для получения устойчивой суспензии частиц графита марки ГК-3 (дисперсность < 6 мкм) в растворе химического никелирования требуется предварительная обработка раствора ультразвуком в течение 10-15 мин.

Показано, что с увеличением продолжительности продолжительности обработки раствора ультразвуком улучшается равномерность распределения мелкодисперсных частиц графита.

Установлено, что с ростом концентрации графитового порошка в растворе от 0 до 50 мг/л удельная масса покрытия возрастает от 20 до 65 г/м<sup>2</sup>.

Установлено, что увеличение доли дисперсной фазы в растворе приводит к снижению блеска покрытий и повышению износостойкости и твердости покрытий.

Показано, что последующая термообработка покрытий при температуре 220-300°C в течение 5-8 ч повышает их твердость и износостойкость.

### Благодарность

Исследование выполнено при поддержке Российского Научного Фонда (проект № 15-13-00126).

Авторы выражают благодарность руководителю проекта профессору Е.Г Винокурову за активное участие в обсуждении результатов исследований при подготовке статьи.

### Литература

#### References

1. Сербиновский М.Ю., Васильева Н.А., Попова О.В. О комплексообразовании в процессах хи-

Таблица 1. Твердость покрытий (HV, ГПа) в зависимости от температуры и продолжительности термообработки

Table 1. Coatings hardness (HV, GPa) as a function of treatment temperature and time

| Продолжительность термообработки, мин<br>Treatment time, min | Температура термообработки, °С<br>Treatment temperature, °C |     |     |     |     |
|--|---|-----|-----|-----|-----|
|  | 220   | 250 | 300 | 350 | 380 |
| 10   | 4,7   | 4,7 | 4,8 | 4,8 | 4,8 |
| 30   | 5,6   | 5,6 | 5,7 | 5,8 | 5,8 |
| 60   | 5,9   | 6,0 | 6,1 | 6,9 | 6,8 |
| 120  | 6,3   | 6,7 | 6,9 | 6,9 | 6,8 |
| 180  | 7,7   | 7,8 | 7,9 | 7,2 | 7,7 |
| 300  | 8,7   | 8,8 | 8,9 | 7,4 | 7,5 |
| 480  | 8,9   | 8,9 | 9,0 | 7,6 | 7,4 |

Таблица 2. Коэффициент износостойкости в зависимости от температуры и продолжительности термообработки  
Table 2. Wear resistance coefficient as a function of the temperature and treatment time

| Продолжительность термообработки, мин<br>Treatment time, min | Температура термообработки, °С<br>Treatment temperature, °С |     |      |     |     |
|--|---|-----|------|-----|-----|
|  | 220   | 250 | 300  | 350 | 380 |
| 10   | 30  | 35  | 38   | 40  | 40  |
| 30   | 30  | 35  | 39   | 40  | 41  |
| 60   | 30  | 35  | 36,9 | 40  | 43  |
| 120  | 31  | 36  | 36   | 42  | 52  |
| 180  | 33  | 37  | 38   | 49  | 60  |
| 300  | 35  | 38  | 40   | 60  | 75  |
| 480  | 36  | 39  | 41   | 70  | 80  |

мического меднения из содержащих поливинилпирролидон растворов //

Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2017. Т.60. № 2. С. 26-32.

Serbinovskiy M.Yu., Vasil'yeva N.A., Popova O.V. On complexation in process of chemical copper plating from solutions containing polyvinylpyrrolidone // Russian journal of chemistry and chemical technology. 2017. Vol.60. № 2. P. 26-32

2. ГОСТ 23770-79 Платы печатные. Типовые технологические процессы химической и гальванической металлизации.

GOST 23770-79 Printed circuit boards. Standard processes of chemical and galvanic metallization.

3. Graham A.H., Lindsay R.W., Read H.J. The Structure and Mechanical Properties of Electroless Nickel // J. Electrochem. Soc. 1965. Vol. 112, №4. P. 401-413.

4. Спешилов И.О., Вартанян М.А., Абрашов А.А., Ваграмян Т.А. Химическое серебрение керамических диэлектриков на основе оксида алюминия // Стекло и керамика. 2015. № 12. С. 19-22.

Speshilov I.O., Vartanyan M.A., Makarov N.A., Grunskii V.N., Abrashov A.A., Vagramyan T.A. Chemical silvering of ceramic dielectrics based on aluminum oxide // Glass and Ceramics. 2016. Vol. 72. № 11. P. 451-453.

5. Целуйкин В.Н., Толстова И.В., Соловьева Н.Д. и др. Свойства композиционных покрытий никель – фуллерен C60 // Гальванотехника и обработка поверхности. 2006. Т. XIV. № 1. С. 28-31. Tseluikin V.N., Tolstova I.V., Solov'yova N.D., Gun'kin I.F. Properties of Composite Nickel – Fullerene C60 Coatings // Electroplating & Surface Treatment. Vol. XIV. № 1. P. 28-31.

6. Сайфуллин Р.С. Комбинированные электрохимические покрытия и материалы. - М.: Химия, 1972. 168 с.

Saifullin, R.S., Kombinirovannye elektrokhimicheskie pokrytiya i materialy (Combined Electrochemical Coatings and Materials), Moscow: Khimiya, 1972.

7. Целуйкин В.Н., Соловьева Н.Д., Яковлев А.В. и др. Электроосаждение и свойства композиционных покрытий никель-графит // Перспективные материалы. 2009. №2. С. 85-87.

Tseluikin V.N., Solov'eva N.D., Yakovlev A.V., Tseluikina G.V. Electrodeposition and properties of nickel-graphite compound coatings // Perspektivnyye materialy. 2009. №2. P. 85-87.

8. Фомина Р.Е., Мингазова Г.Г., Водопьянова С.В. и др. Никелевые покрытия с высокодисперсной фазой технического углерода // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 21. С. 306-308.

Fomina R.E., Mingazova G.G., Vodop'yanova et al. Nickel coatings with finely dispersed phase of carbon // Herald of Kazan Technological University. 2013. Vol. 16. № 21. P. 306-308.

9. Mananth Kumar, Ramesh Chandra Agarwala, Vijaya Agarwala. Synthesis and characterization of electroless Ni-P coated graphite particles // Bull. Mater. Sci. 2008. Vol. 31. № 5. P. 819-824.

10. Дровосеков А.Б., Иванов М.В., Полякова О.А., Цупак Т.Е. Коррозионные свойства и защитная способность химико-каталитических Ni-P покрытий // Гальванотехника и обработка поверхности. 2011. Т. XIX. № 4. С. 41-46.

Drovosekov A.B., Ivanov M.V., Polyakova O.A., Tsupak T.E. Corrosion Properties and Protective Power of Ni-P Coatings // Electroplating & Surface Treatment. 2011. Vol. XIX. № 4. P. 41-46.

11. Горелов С.М., Цупак Т.Е., Винокуров Е.Г., Невмятуллина Х.А., Яровая О.В. Получение и



свойства нанокomпозиционных покрытий никель-диоксид циркония. // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2016. Т. 52. № 4. С. 386-390.

Gorelov S.M., Tsupak T.E., Vinokurov E.G., Nevmyatullina K.A., Yarovaya O.V. Preparation and properties of nickel-zirconia nanocomposite coatings // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. 2016. Vol. 52. № 4. P. 622-626.

12. Skopintsev V.D., Vinokurov E.G., Firsova T.D. Metal-plated carbon and basalt fabrics for shielding of electromagnetic radiation // Russian journal of applied chemistry. 2015. Vol. 88, № 12. P. 1976-1980.

13. Мышкин Н.К., Григорьев А.Я., Гуцев Д.М. Триботехнические свойства тонких гальванических и химически осажденных Ni-P покрытий на меди // Трение и износ. 2010. Т. 31. № 6. С. 544-551.

Myshkin N.K., Grigoriev A.Y., Gutsev D.M., Ignat M., Chainet E., Grandvallett V., Sautel J. Tribological behavior of thin electroplated and chemically deposited Ni-P coatings on copper substrates // Journal of Friction and Wear. 2010. Vol. 31. № 6. P. 413-418.

14. Винокуров Е.Г., Моргунов А.В., Жигунов Ф.Н., Скопинцев В.Д. Осаждение химических покрытий никель-фосфор и никель-фосфор-медь из глицинатных растворов // Гальванотехника и обработка поверхности. 2015, Т. XXIII, № 3. С.40-46.

Vinokurov E.G., Zhigunov F.N., Morgunov A.V., Scopintsev V.D. Effect of Temperature on the Kinetics of Electroless Nickel Plating from Glycinate Solutions // Electroplating & Surface Treatment. 2015, Vol. XXIII, № 3. P.40-46.

15. Vinokurov E.G., Morgunov A.V., Skopintsev V.D. Compositional optimization of chemical copper-doped nickel-phosphorus coatings // Inorganic Materials. 2015. Т. 51. № 8. С. 788-792.

16. ГОСТ 9.305-84. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий.

GOST 9.305-84 Unified system of corrosion and ageing protection. Metal and non-metal inorganic coatings. Technological process operations for coating production

17. ГОСТ Р ИСО 4287-2014. Геометрические характеристики изделий (GPS). Структура поверхности. Профильный метод. Термины, определения и параметры структуры поверхности.

GOST R ISO 4287-2014 Geometrical Product Specifications (GPS). Surface texture. Profile method. Terms, definitions and surface texture parameters

**Сведения об авторах:**

**Абрашов Алексей Александрович** - к.т.н., доцент, кафедра инновационных материалов и защиты от коррозии», РХТУ им. Д.И.Менделеева, 125047 Москва, Миусская пл., д.9., тел. 8(499)978-94-51, E-mail: abr-aleksey@yandex.ru

**Григорян Неля Сетраковна** - к.х.н., доцент, E-mail: ngrig108@mail.ru

**Ваграмян Тигран Ашотович** - профессор, д.т.н., заведующий кафедрой, тел. 8(499)978-95-42, E-mail: vagramyan@muctr.ru

**Невмятуллина Хадия Абдрахмановна** - доцент, к.т.н., кафедра стандартизации и инженерно-компьютерной графики

**Пряничникова Пелагея Михайловна** - студентка

**Аснис Наум Аронович** - к.т.н., ведущий научный сотрудник

**Information about authors**

**Abrashov Aleksey** - Associate Professor, Cand.of Sci., Dept. «Innovative materials and corrosion protection», Mendeleev University of Chemical Technology, 125047 Moscow, Miusskaya sqv. 9, tel. 8(499)978-94-51, E-mail: abr-aleksey@yandex.ru

**Grigoryan Nelya** - Associate Professor, Cand. of Sci.; E-mail: ngrig108@mail.ru

**Vagramyan Tigran** - professor, Doctor of technical science, Head of Dept. «Innovative materials and corrosion protection», tel. 8(499)978-95-42, E-mail: vagramyan@muctr.ru

**Nevmyatullina Kh.A.** - acc.prof., cand.Sci., the Department of standardization and engineering computer graphics.

**Pryanichnikova Pelageya** - student

**Asnis Naum** - Cand.of Sci., leading researcher

УДК 621.793:620:22

## **Технология нанесения хромового покрытия на детали из титановых сплавов**

**Юркевич С.Н., Полякова Т.Л., Ващенко И.М.,  
Андриенко К.Г., Аблажей Н.М.**

Ключевые слова: хромирование, титановые сплавы, причины брака, исправление дефектов

В работе показана возможность получения хромового покрытия на деталях из титановых сплавов с высокой макрозернистостью после модификации поверхности. Разработаны методики определения и частичного устранения прижогов, защиты от загрязнений.

## **Process of Chromium Plating on Parts Made of Titanium Alloys**

**Yurkevich S.N., Polyakova T.L., Vashenko I.M.,  
Andrienok K.G., Ablazhei N.M.**

Key words: chromium plating, titanium alloys rejects prevention.

A complex of measures was developed for the prevention or elimination of rejects which are typical for the processes of chromium plating of parts made of titanium alloys is described in detail (fig.1, 2; Table 1). For example, surface defects, burns, etc., are removed by polishing (Fig. 3, 4; Table 1).

Детали из титановых сплавов широко применяются в авиационной технике. При сравнимой прочности они гораздо легче стальных деталей. Однако уступают стальным деталям по износостойкости. С целью повышения износостойкости и поверхностной твердости авиационных деталей из титановых сплавов, проводится их хромирование или никелирование. Электроосаждение хрома на титановые сплавы сопряжено со значительными трудностями. Одной из них является невозможность нанесения хромового покрытия на детали с макробалльностью, по разным источникам, от 7 и более баллов и 5 и более баллов. То же самое и с никелевым покрытием. В настоящее время приобретаемый (особенно на биржах) сортамент часто имеет макробалльность выше 6 баллов. При проведении обычных механических испытаний на твердость и временное сопротивление разрыву отличий между материалом с высокой и низкой макробалльностью нет, и материал с высокой макробалльностью попадает для изготовления титановых деталей с хромовыми и никелевыми покрытиями. Обнаруживается отклонение по макробалльности, как правило, лишь после отслоения покрытия, т.е. после проведения череды дорогостоящих и длительных операций. Поскольку структура формируется на стадии проката и отклонения по балльности являются следствием нарушения его режимов, то и исправлять структуру необходимо при той же или большей температуре, а это не менее 1300 °С. Печи с такой температурой есть не везде, и при исправлении структуры уходят размеры.

Другой трудностью является образование прижогов после механической обработки. Титановые сплавы чувствительны к нарушениям режимов механической обработки, и при малейшем отклонении от оптимальных значений скорости вращения детали или подачи инструмента образуются прижоги. Причем образуются не только при шлифовании, но и при других видах механической обработки. Прижоги не всегда заметны визуально, а хромовое и никелевое покрытия на места прижогов не ложатся.

Кроме выше указанного, на хромирование деталей из титановых сплавов влияют загрязнения, не удаленные до термической обработки (диффузионного отжига). Загрязнения при нагреве до 740 °С изменяют химсостав поверхностного слоя металла, и покрытия на места загрязнений не ложатся.

В работе описаны результаты исследований по хромированию деталей из титановых сплавов.

### Подготовка поверхности деталей перед нанесением хромового покрытия

Определяющим фактором при нанесении гальванопокрытий на детали из титановых сплавов является подготовка поверхности. Как отмечалось выше, имеются три момента, оказывающих существенное влияние на получение качественного хромового покрытия: наличие загрязнений при предварительной термообработке, наличие прижогов, наличие макроструктуры с зерном более 5-7 баллов. Рассмотрим решение этих проблем.

#### Загрязнения

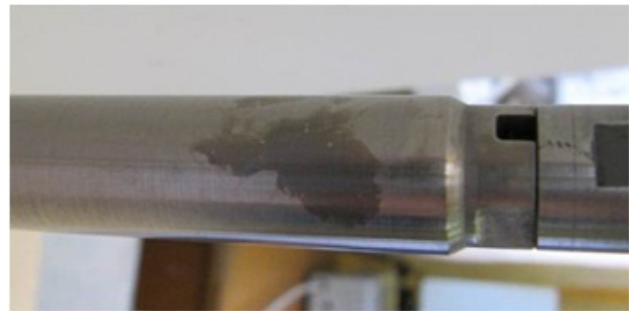


Рис. 1. Образец штока с загрязнением поверхности.  
Fig. 1. Rod with contaminated surface

Загрязнения поверхности проявляются после термической обработки (термодиффузионного отжига) в виде темных пятен (рис. 1).

Для обеспечения защиты от загрязнений необходимо вводить операцию обезжиривания после механической обработки и упаковку в полиэтиленовые мешочки для передачи на термодиффузионный отжиг. В случае проявления такого рода загрязнений, возможно их устранение полированием в пределах допуска на размер.

#### Определение и устранение прижогов

Не допустить прижоги на деталях из титановых сплавов возможно только при неукоснительном соблюдении оптимальных режимов механической обработки.

Прижоги на деталях из титановых сплавов образуются при механической обработке, в основном при шлифовании, вследствие локального разогрева поверхности в зоне контакта с инструментом в присутствии кислорода. Прижог, таким образом, можно рассматривать как локальную закалку материала или насыщение поверхности

**Таблица 1. Характеристика прижогов  
Table 1. Characteristics of burns**

| Характеристика прижогов<br>Type of burns                                 | 1 тип<br>Низкотемпературный<br>Low-temperature   |   | 2 тип<br>Высокотемпературный<br>High-temperature  |
|--|--|---|---|
| Цвет поверхности пленки<br>Color of surface                              | темно-серый<br>dark-grey   |   | от соломенного до коричнево-оранжевого<br>ranging from yellow to brownish-orange  |
| Морфология<br>Morphology   | Отдельные штрихи<br>stripes  | Группы штрихов, полосы<br>Groups of stripes | Группы штрихов, полосы, пятна<br>Groups of stripes, spats   |
| Проявление на травленной поверхности<br>Appear on pickled surface        | В виде серовато-белых участков по форме прижога<br>As grey spots of the shape of burns   |   | В виде белых участков по форме прижога<br>As white spots of the shape of burns  |
| Строение прижога<br>Type of burn   | Состоит из двух зон:<br>- поверхностных пленок (окисных),<br>- измененной β-фазы<br>Consists of two areas: surface films (oxides) and changed β-phase.   |   | Состоит из трех зон:<br>- поверхностных пленок (нитридных, окисных)<br>- так называемой «белой зоны», которая может быть представлена:<br>α - твердым раствором, α-фазой α'-фазой; глубина зоны (10-20) мкм<br>- измененной β-фазы; глубина зоны (50-100) мкм, Минимальное значение глубины зоны относится к прижогу в форме групп штрихов, максимальное – к прижогу в форме полос, пятен.<br>Consists of three areas: surface films (nitrides, oxides); so-called “white area”, which may be α-hard solution, α-phase, or α'-phase of depth 10-20 μm; changed β-phase of depth 50-100 μm. Minimum depth – for stripes groups, maximum – for barns. |
| Общая глубина дефектного слоя, мкм<br>Total depth of defect layer, μm    | До 10 мкм<br>Below 20 μm   | До (20-50) мкм<br>Up to 20-50 μm            | (60-120) мкм<br>60-120 μm   |
| Наличие трещин в зоне прижога<br>Presence of cracks in the area of burns | Трещин в зоне прижога не образуется<br>No cracks   |   | Может сопровождаться образованием трещин; зоной зарождения является «белая зона»<br>Cracks may appear in “white areas”  |
| Предел усталости плоских образцов<br>Tensile strength                    | Снижает предел усталости на:<br>Is lowered by:   |   | Снижает предел усталости на:<br>Is lowered by:  |
|  | 20%  | (50-60) %                                   |   |
| Заключение о дефекте / Conclusion of the defect                          |  |   |   |
|  | Данный дефект может быть устранен при удалении слоя дву- и однократной глубины при обработке соответственно методами чистового шлифования или методом гидропескоструйной обработки.<br>May be removed by polishing or hydro-san blasting |   | Детали с прижогом 2-го типа должны быть отнесены к окончательному браку. Для восстановления прочностных характеристик сплава до уровня исходных требуется удаление слоя шести-семикратной глубины альфированного слоя с включениями<br>Parts with burns of second type should be rejected. For the restoration defected surface layer should be completely removed by polishing   |

кислородом. Склонность к прижогам весьма велика вследствие низкой теплопроводности титана, его высокой химической активности при повышенной температуре и способности образовывать с кислородом твердые растворы.

Прижог характеризуется: фазово-структурным изменением исходного состояния материала, морфологией (формой) дефектных участков и глубиной распространения. Прижоги резко снижают характеристики сопротивления повторным и знакопеременным нагрузкам.

После любой механической обработки, в том числе и перед термической или гальванической обработкой, необходимо проводить контроль на прижоги.

Для обнаружения прижогов применяются:

- визуальный осмотр поверхности;
- дефектоскопическое травление поверхности травильным раствором;
- анализ микроструктуры поверхностного слоя, в спорных случаях выборочно.

Порядок проведения контроля для выявления прижогов:

- 1) обезжиривание детали;
- 2) травление;
- 3) промывка деталей
- 4) сушка
- 5) контроль.

В процессе проведения контроля не разрешается брать руками детали за места, подверженные контролю.

Прижоги проявляются:

- на поверхности в виде отдельных штрихов, групп штрихов, полос с интерференционной окраской от серого и соломенного до коричнево-оранжевого цвета;
- на поверхности после дефектоскопического травления в виде участков соответствующей морфологии белого и темно-серого цвета.

Из опыта работы с титановыми сплавами, хром не ложится на места, отмеченные на фото-

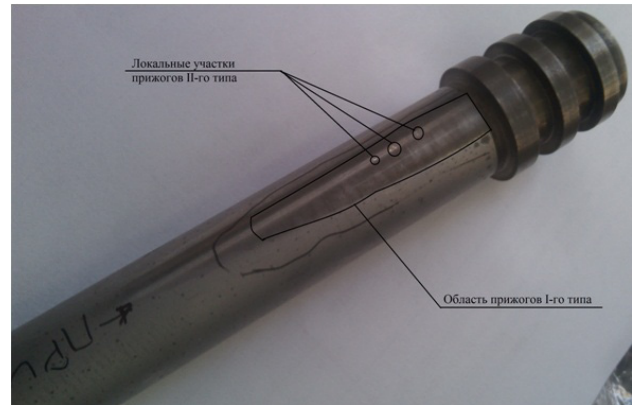


Рис. 2. Деталь с прижогами после травления  
Fig.2. Part with a burn after pickling

графиях деталей как прижоги или подозрения на прижоги.

На рисунке 2 представлена деталь с прижогами после травления.

Модификация поверхности деталей для исправления макроструктуры

Есть выход и из ситуации с высокой макробалльностью. Это модификация поверхности детали для получения равномерного осажденного герметичного хромового покрытия на изделиях из титановых сплавов (BT3-1, OT4, OT4-1, BT5-1, BT5Л, BT6 (BT6C), BT9, BT22, BT23).

Исследования проводились на забракованных штоках из BT6C.

Проведены измерения толщины покрытия, размера макрозерна у края поверхности и в сердцевине четырех образцов штоков с маркировками № 1-№ 4 из титанового сплава BT6C.

Съемку макроструктуры исследуемых образцов проводили с помощью цифрового фотоаппарата Canon. Макроразмер зерна оценивали по ГОСТ 26492-85 "Прутки катаные из титана и титановых сплавов. Технические условия". Результаты представлены на рисунке 1, размер макрозерна штока составляет: шток с маркировкой № 1 – 5 балл зерна, № 2 (сечение 1-3) – 6 балл зерна,

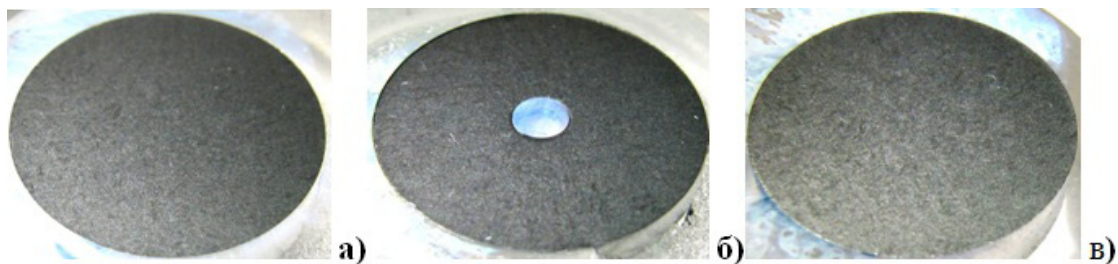


Рис. 3. Макробалльность зерна (Образец № 2):  
а) 10 мм от торца, б) центр, в) 10 мм от края

Fig.3. Size of surface grains:  
а) – 10 μm from the edge; б) – in the center; в) – 10 μm from the edge






|  |  |
|--|--|
| Образец № 2  |  |
| Механическое упрочнение поверхности.<br>Mechanical treatment of the surface. |    |
| 1-й термодиффузионный отжиг<br>1 <sup>st</sup> thermo-diffusion heating      |  |
| Молочное хромирование<br>Milky chromium plating                              |    |
| 2-й термодиффузионный отжиг<br>2 <sup>nd</sup> thermo-diffusion heating      |   |
| Твердое хромирование<br>Hard chromium plating                                |  |
| Шлифование<br>Polishing  |  |

Рис. 4. Внешний вид образца №2 в процессе проведения операций по нанесению хромового покрытия  
Fig.4. Appearance of a specimen №2 in the successive steps of chromium plating process

к поверхности уменьшается до 4 баллов; № 3 – 6, 7 балл зерна, № 4 – 5 балл зерна.

Анализ представленных данных показывает следующее:

Введение дополнительной операции механического упрочнения (образец №2) перед 1-м диффузионным отжигом позволило уменьшить макробалльность поверхности до 4-х баллов и по-

лучить качественное хромовое покрытие на образце, имеющем макробалльность 6-7 баллов.

Термодиффузионный отжиг не измельчает размер зерна. Измельчение зерна на поверхности образца №2 (макробалльность до 4 баллов) произошло в результате упрочнения поверхности механическим упрочнением.

*Процесс нанесения хромового покрытия  
на детали из титановых сплавов*

Хромирование деталей из титановых сплавов проводится с целью повышения их износостойкости и поверхностной твердости.

Технологический процесс хромирования деталей из титановых сплавов состоит в нанесении комбинированного двухслойного покрытия хром молочный – хром твердый с промежуточным термодиффузионным вакуумным отжигом, улучшающим прочность сцепления покрытия с основой. Обязательными операциями технологии хромирования деталей из титановых сплавов являются шлифование твердого хромового покрытия, позволяющее контролировать прочность сцепления покрытия с поверхностью деталей и предварительное упрочнение поверхности перед 1-м термодиффузионным отжигом.

Твердое хромирование можно проводить в стандартном сернокислом электролите.

Технологический процесс нанесения хромового покрытия состоит из следующих стадий:

- контроль на прижоги;
- упрочнение (модификация) поверхности;
- обезжиривание;
- первый термодиффузионный отжиг в вакуумной печи;
- пескоструйная обработка поверхности;
- гидридная обработка поверхности;
- молочное хромирование;
- обезжиривание;
- второй термодиффузионный отжиг в вакуумной печи;
- пескоструйная обработка поверхности;
- электрохимическая активация;
- твердое хромирование;
- шлифование твердого хромового покрытия.

В отличие от требований к деталям с покрытиями из традиционных сплавов, сталей и алюминиевых сплавов, процесс изготовления деталей из титановых сплавов с хромированием требует повышенного внимания к соблюдению требований инструкции, более высокой культуры производства и более тщательного контроля ОТК по следующим причинам:

- процесс более чувствителен к нарушениям и отклонениям от установленных технологических режимов;
- в случае нарушения покрытия в процессе эксплуатации, работоспособность узла трения значительно снизится из-за пониженных антифрикционных свойств титановых сплавов.

**Заключение**

1. Модифицирование поверхности деталей из титановых сплавов путем изменения механической обработкой макробалльности поверхностного слоя позволяет наносить качественные покрытия на детали со структурой, имеющей макробалльность от 5 и более баллов.

2. Представляется возможным использовать для изменения балльности поверхностного слоя обработку ультразвуком, обкатку роликами, шариком, алмазное выглаживание, магнито-импульсную обработку и иную.

3. Разработана методика определения и частичного устранения прижогов и методы недопущения и удаления загрязнений.

4. Разработана технология нанесения хромового покрытия на детали авиационной техники из титановых сплавов.

**Сведения об авторах**

**Юркевич Сергей Николаевич** - начальник технологического бюро изготовления и ремонта деталей авиационной техники; ОАО «558 Авиационный ремонтный завод»; 225415 Республика Беларусь, Брестская обл., г. Барановичи, ул. 50 лет ВЛКСМ, 7;

**Полякова Тереса Леонардовна** - ведущий инженер-технолог

**Вашенко Иван Михайлович** - инженер-технолог

**Андриёнок Константин Геннадьевич** - инженер-технолог; drizdifil@gmail.com; тел.: +375-29-80-80-693

**Аблажей Надежда Михайловна** - инженер-технолог

*Information about authors*

**Yurkevich Sergey N.** – Head of technol. Dept. for aircraft manufacture; ОАО 558 Aviazionnyi remontnyi zavod; Belarus, Baranovichi, 50 let VLKSM, 7.

**Polyakova Teresa L.** – leading engineer-technologist

**Vashenko Ivan M.** - engineer-technologist

**Andrienok Konstantin G.** - engineer-technologist; drizdifil@gmail.com; tel.: +375-29-80-80-693

**Ablazhei Nadezhda M.** - engineer-technologist



**Конференция «Фундаментальные и  
прикладные вопросы электрохимического  
и химико-каталитического осаждения  
металлов и сплавов»,  
памяти чл.-корр. Ю.М. Полукарова  
Москва, 28-29 ноября 2017 г.**



*Уважаемые коллеги!*

Оргкомитет Конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения металлов и сплавов», посвященной 90-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН Ю.М. Полукарова, приглашает Вас и Ваших коллег принять участие в работе Конференции, которая будет проводиться 28-29 ноября 2017 г. в Москве на базе Института физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина РАН.

На конференции планируется работа следующих секций.

1. Фундаментальные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения металлов и сплавов
2. Прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения металлов и сплавов
3. Защита металлов и обработка поверхности
4. Приборы и методы исследований.

Сжатые сроки подготовки Конференции вынуждают Оргкомитет просить Вас прислать заявку на участие и ориентировочное название доклада по адресу [polukarov90-konf@mail.ru](mailto:polukarov90-konf@mail.ru) до 12 июня 2017 г. Крайний срок подачи тезисов докладов для включения в сборник – 01 ноября 2017 г. Требования к оформлению тезисов будут сообщены дополнительно после получения от Вас заявки.

Ждем Вас в Москве!

**Оргкомитет**

Сопредседатели: академик А.Ю. Цивадзе (*Научный руководитель ИФХЭ РАН*)  
проф., д.х.н. А.К. Буряк (*Директор ИФХЭ РАН*)

Зам. председателя д.х.н. Ю.И. Кузнецов (*ИФХЭ РАН*)

Зам. председателя к.х.н. Н.А. Поляков (*ИФХЭ РАН*)

Ученый секретарь Е.Б. Молодкина (*ИФХЭ РАН*)

д.х.н. Ю.Д. Гамбург (*ИФХЭ РАН*)

д.х.н. А.Д. Давыдов (*ИФХЭ РАН*)

д.х.н. В.А. Сафонов (*МГУ им. М.В.Ломоносова*)

д.х.н. А.В. Введенский (*ВГУ, Воронеж*)

д.т.н. Т.А. Ваграмян (*РХТУ им. Д.И. Менделеева*)

д.х.н. В.В. Кузнецов (*РХТУ им. Д.И. Менделеева*)

д.т.н. В.А. Колесников (*РХТУ им. Д.И. Менделеева*)

д.т.н. Ю.П. Перельгин (*ПГУ, Пенза*)

д.х.н. А.И. Маслий (*ИХТТМ СО РАН, Новосибирск*)

д.х.н. Ф.И. Данилов (*УГХТУ, Днепрпетровск, Украина*)

чл.-корр. АН Молдовы А.И. Дикусар (*ИПФ АН Молдовы, Кишинев*)



## Календарь выставок, конференций и семинаров 2017 года Exhibitions, Conferences, Seminars

1. **15-я Международная Выставка технологий, оборудования и материалов для обработки поверхности и нанесения покрытий. 24 – 26 октября 2017 года, Москва, КРОКУС ЭКСПО.**

По вопросам участия обращаться в ООО "Примэкспо", тел. +7 812 380-60-17; 380-60-01, e-mail: coating@primexpo.ru; www.expocoating.ru

2. **5-я Международная Выставка и Конференция "Алюминий-21/Обработка поверхности и отделка". 3-5 октября 2017 г. Отель "Palmira Buisness Club", Москва. Тел. (495)785-20-05; e-mail: main@alusil.ru; www.apral.org**

3. **Конференция «Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения металлов и сплавов», посвященная 90-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН Ю.М. Полукарова, 28-29 ноября 2017 г., Москва, на базе Института физической химии и электрохимии им. А.Н.Фrumкина РАН; polukarov90-konf@mail.ru**



# ГРАНИТ-М

## СОВРЕМЕННОЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ АВТООПЕРАТОРНЫЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЛИНИИ**

**ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ К НИМ**

**КОЛОКОЛЬНЫЕ И БАРАБАННЫЕ УСТАНОВКИ**

**ЗАПОРНАЯ АРМАТУРА И НАСОСЫ ДЛЯ АГРЕССИВНЫХ СРЕД**

**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



# оборудование **SERFILCO**

**НАСОСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

**СИСТЕМЫ ФИЛЬТРАЦИИ**

**НАГРЕВАТЕЛИ**



**ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**



**ЭЖЕКТОРНЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ**



**КАМЕРЫ ФИЛЬТРАЦИИ**

**ФИЛЬТРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ**



**POPOV Consulting**

ИП Попов Андрей Николаевич

Официальный дилер компании

**SERFILCO** International Ltd., Англия

тел./факс: (495) 968-10-49, (499) 259-24-55

(495) 495-21-57, доб.5102

e-mail: [popov@popovconsulting.com](mailto:popov@popovconsulting.com)

[www.serfilcoequipment.popovconsulting.com](http://www.serfilcoequipment.popovconsulting.com)

[www.popovconsulting.com](http://www.popovconsulting.com)

## 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 26 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.**

## **МОСКОВСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА**

*Главному инженеру предприятия*

Приглашаем Вас принять участие в работе курсов повышения квалификации

### **ГАЛЬВАНОТЕХНИКА И ГАЛЬВАНО - ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ**

**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 в 2-м полугодии 2017 года

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

| Группа (шифр)         | Дата проведения          | Стоимость, руб. |
|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| Группа № 49 (КГ - 49) | 16 октября – 26 октября* | 26600 – 00      |
| Группа № 50 (КГ - 50) | 20 ноября – 24 ноября    | 18100 – 00      |

\*Посещение Международной выставки технологий, оборудования и материалов для обработки поверхности и нанесения покрытий «ExpoCoating Moscow 2017»

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

| Группа (шифр)          | Дата проведения            | Стоимость, руб. |
|------------------------|----------------------------|-----------------|
| Группа № 20 (АКГ - 20) | 23 октября – 27 октября ** | 17900 – 00      |

\*\*Посещение 9-ой Международной выставки аналитического и лабораторного оборудования, лабораторной мебели и посуды, химических реактивов «ХИМ-ЛАБ-АНАЛИТ» в рамках 20-ой международной выставки химической промышленности и науки «ХИМИЯ-2017»

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 в МХО имени Д.И. Менделеева по адресу: 107045, г. Москва, Колокольников пер., д.17. Проезд: м. «Сухаревская» и далее пешком по ул. Сретенка в сторону центра до Колокольников переулка.

Участникам курсов бронируются места:

- в гостинице «Вега» (Измайловский гостиничный комплекс). Проезд: м. «Партизанская». Поселение в гостиницу в комнате 609 корпуса «Вега» (6 этаж). Стоимость одного места проживания составит 2000 – 4000 руб. в сутки.

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

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

В графе «назначение платежа» следует указать соответствующий **шифр.**

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

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

**Телефон для подачи заявок и справок:**

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

**e-mail: [mxo@asvt.ru](mailto:mxo@asvt.ru) <http://www.mmxo.ru>**

**тел/факс: (499) 978-59-90 – <http://www.muctr.ru>**

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

### КОРИАН – 3

#### АНАЛИЗАТОР ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК В ЭЛЕКТРОЛИТАХ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

АНАЛИЗАТОР «КОРИАН-3» ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ:

- измерения концентрации органических добавок (в том числе и многокомпонентных) в электролитах для нанесения гальванических покрытий;
- измерения концентрации сульфатов в электролитах хромирования (время 5 – 10 мин., ошибка –5%).
- *Анализатор* работает на принципе циклической вольтамперометрии. «КОРИАН-3» обладает высокой чувствительностью (0.1 мл/л) и позволяет за 5 –10 мин с ошибкой, не превышающей 5%, определять в различных типах электролитов концентрации разнообразных по природе органических добавок. Результаты анализа выдаются в цифровом виде и графически.

В КОМПЛЕКТ АНАЛИЗАТОРА ВХОДЯТ:

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

-набор 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;*
  - *подбор оптимального соотношения концентраций добавок в многокомпонентных системах;*
- контроль уровня загрязнения электролита примесями органического происхождения;*
- определение стабильности и эффективности действия органической добавки*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗАТОРА ПОЗВОЛИТ:

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

**Измерение концентрации конкретных органических добавок осуществляется по специальным программам. 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 ТНВиЭП,  
тел.: 8(499)978-59-90, факс: 8(495)609-29-64; E-mail: gtech@muctr.ru; lns42@bk.ru

# CRS

INDUSTRIAL POWER EQUIPMENT



- ▣ Реверс полярности
- ▣ Импульсный режим (PED)
- ▣ Программируемое изменение режима работы
- ▣ Функциональный встроенный или выносной пульт управления

— Гарантия 2 года —

- > Точность управления и высокая стабильность выходных параметров
- > Независимая стабилизация по току или напряжению
- > Низкая пульсация выходного тока (1%)
- > Высокая эффективность (КПД 92%)
- > Минимальное время отклика (1 мс.)
- > Высокий коэффициент мощности (0,95)
- > Модульная архитектура
- > Защищенность
- > Компактность



Серия Quasar – это современные выпрямители, разработанные для использования в гальванике, в процессах электрохимического извлечения металлов или очистки воды. Применение техники широтно-импульсной модуляции и IGBT транзисторов обеспечивает более высокую эффективность и производительность, а также компактность и сниженный вес по сравнению с обычными выпрямителями. 20-летний опыт компании CRS – лидера европейского рынка промышленных выпрямителей – гарантирует надежность работы, простоту управления и удобство обслуживания оборудования. Модульная архитектура, широкая линейка выходных параметров и увеличенный гарантийный срок позволяют оптимизировать затраты и снизить себестоимость продукции.

| ХАРАКТЕРИСТИКИ                 |  | Q100  | Q300  | Q500  |
|--------------------------------|--|---|---|---|
| Входные параметры              |  | 3 × 400 В ± 10%, 50 – 60 Гц   |   |   |
| Номинальные выходные параметры | Напряжение, В  | 5, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 50, 60, 100, 160   | 10, 12, 16, 20, 25, 30, 50, 60, 80, 90, 100, 130, 160, 250, 360, 400  | 5, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 130, 150, 160, 200, 235, 250, 360, 400, 450   |
|                                | Ток, А   | 10, 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 450, 500                                  | 25, 30, 40, 50, 75, 80, 90, 120, 140, 150, 210, 240, 250, 280, 300, 400, 420, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1800 | 100, 154, 200, 264, 300, 360, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000, 11250, 12000, 13500, 15000, 15750, 18000 |
| Диапазон регулирования         | 2 – 100% от номинального значения тока<br>5 – 100% от номинального значения напряжения |   |   |   |
| Стабильность                   | 99% во всем диапазоне регулирования  |   |   |   |
| Интерфейсы и протоколы         |  | RS232, RS 485, Ethernet / Modbus-RTU, Profibus DP, Modbus/TCP, Profinet, EthernetIP |   |   |

От единичного модуля в 10 А—50 А...



...до силового агрегата в 32 000 А!



## Galvex

ООО «ГАЛЬВЭКС» — эксклюзивный поставщик промышленного силового оборудования CRS S.r.l в России [www.galvex.ru](http://www.galvex.ru), Тел. 8 (495) 108 0727, [sales@galvex.ru](mailto:sales@galvex.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@rcu.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» 2017/2; каталог стран СНГ 2017/2;  
Каталог Украины 2017/2; адресный каталог «Библиотечный каталог» 2017/2.

Агентство АРЗИ. Индекс 87867.

В редакции также можно приобрести:

| Журнал "Гальванотехника и обработка поверхности" и книги  | Цена, руб |
|---|-----------|
| 2016 год (4 номера)   | 900       |
| 2015 год (4 номера)   | 800       |
| 2014 год (4 номера)   | 800       |
| 2013 год (4 номера)   | 760       |
| 2012 год (4 номера)   | 680       |
| 2011 год (4 номера)   | 640       |
| 2010 год (4 номера)   | 620       |
| <b>Цинкование. Техника и технология. Окулов В.В. (Электронная версия)</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       |
| <b>Оксидирование алюминия и его сплавов. Скопинцев В.Д.</b>   | 250       |

Все цены включают стоимость пересылки; НДС не облагается.

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

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

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

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

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

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

Банк плательщика

|   |             |                                  |
|---|-------------|----------------------------------|
| Сбербанк России ПАО, г. Москва<br><b>Банк получателя</b>                      | БИК<br>Сч.№ | 044525225<br>3010181040000000225 |
| ИНН 7708253114; КПП 770801001<br>ООО «Гальванотех»<br><b>Получатель</b>       | Р/с         | 40702810738000034332             |
| <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. 33)

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

### ООО "БМТ" (стр. 36)

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

### Гальванические технологии (стр. 36)

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

### ООО "ГРАНИТ-М" (стр. 55)

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

### РОПОВ Consulting (стр. 56)

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

### НАВИКОМ (стр. 31)

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. 57)

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

### РТС Инжиниринг (стр. 30)

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

### ООО "Гальвэкс" (стр. 63)

Тел. 8(495)1080727, www.galvex.ru; E-mail:  
sales@galvex.ru

### Компания "СОНИС" (стр. 35)

108841, г. Троицк, ул. Полковника Курочки-  
на, д. 19, пом. 12  
тел:(495)545-76-24, 517-46-51; факс: 8(499)272-24-  
08; E-mail:bmb@sonis-co.ru; www.sonis-co.ru

### ООО ПК "НПП СЭМ.М" (стр. 28)

1125047, Москва, Миусская пл., д. 9; тел/  
факс: 8(495)978-94-42, +7(901)517-94-42: npp-semm@  
yandex.ru; www.bestgalvanik.ru

### АО "ТАГАТ" ТАМБОВ ГАЛЬВАНОТЕХНИКА им. С.И. Лившица (стр. 29)

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

### ООО "ХИМСИНТЕЗ" (стр. 32)

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. 34)

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. 64)

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

### АО "ХИМСНАБ" (стр. 27)

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

### ТД "Элма" (стр. 26)

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

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

Заказ № 19253. 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



# ExpoCoating Moscow

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

**24–26  
октября  
2017**

Москва,  
Крокус Экспо



Организаторы:



+7 (812) 380 6002/00  
coating@primexpo.ru

Получите электронный билет

**expocoating-moscow.ru**

12+