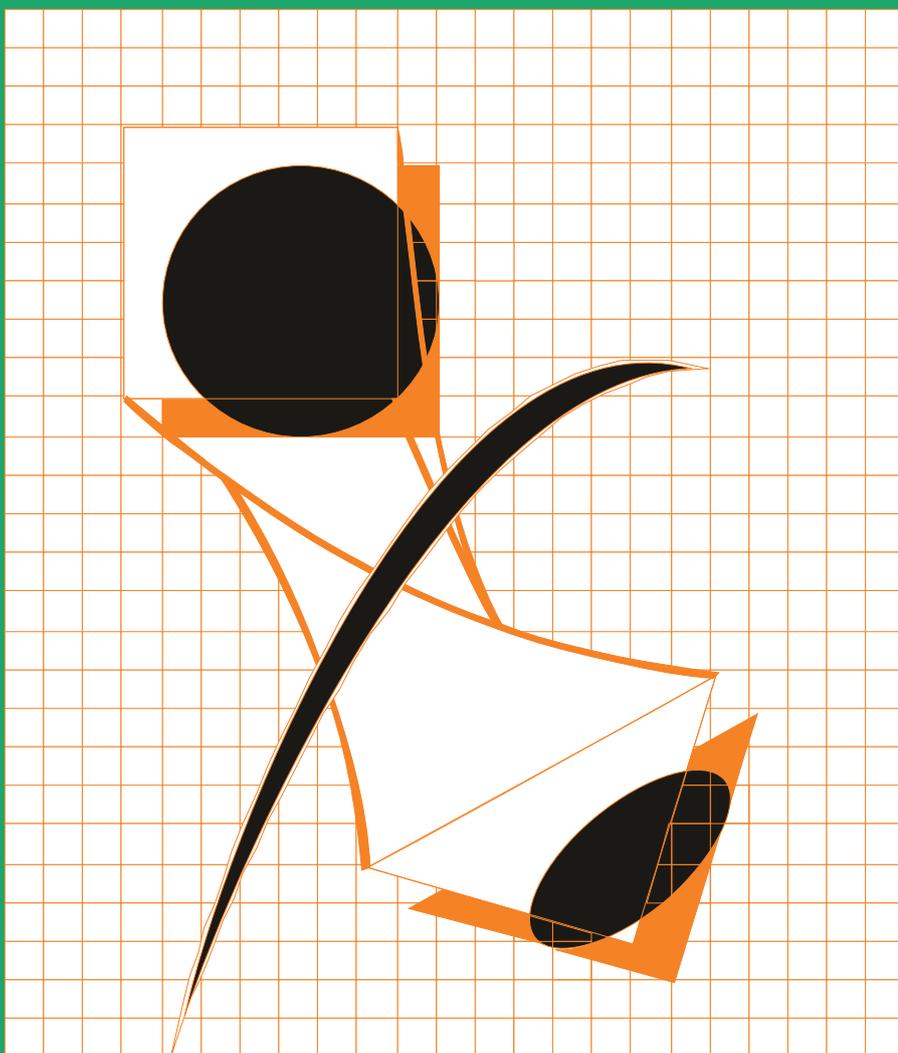


ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT



Наука
Экология
Технология
Оборудование
Печатные платы
Образование

Science
Environments
Processes
Equipment
PC boards
Training



Сделано в России

PTC  RTS
инжиниринг



- ✓ Разработка и производство современных гальванических линий;
- ✓ Комплексное оснащение гальванических производств;
- ✓ Поставка отдельных единиц оборудования и комплектующих устройств;
- ✓ Изготовление вентиляционных систем из пластика с очисткой воздуха;
- ✓ Модернизация гальванических линий;
- ✓ Разработка, изготовление и запуск АСУ технологическими процессами.



Сертификат ISO 9001

Декларация соответствия EAC

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>

Редакционная коллегия

Гл. редактор д.х.н. Кругликов С.С.

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

Зам. гл. редактора д.х.н. Винокуров Е.Г.,
Москва, vin-62@mail.ru

д.х.н. Байрачный Б.И., Харьков, Украина;
Prof. Basu A., Rourkela, India;

д.т.н. Ваграмян Т. А., Москва, Россия;

д.х.н., Гольдин М. М., США

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.т.н. Колесников В.А., Москва, Россия;

д.х.н. Кузнецов В.В., Москва, Россия;

к.т.н. Мамаев В.И., Киров, Россия;

д.х.н. Парфенюк В. И., Иваново, Россия;

д.т.н. Скопинцев В.Д., Москва, Россия;

к.т.н. Смирнов К.Н., Москва, Россия;

д.х.н. Целуйкин В.Н., Саратов, 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

Vinokurov E.G., Moscow, Russia,
vin-62@mail.ru

Bajrachnyj B.J., Charkov, Ukraina;

Prof. Basu A., Rourkela, India;

Danilov F.I., Dnepropetrovsk, Ukraina;

Davydov A.D., Moscow, Russia;

Goldin M. M., USA

Grigoryan N.S., Moscow, Russia;

Kolesnikov V.A., Moscow, Russia;

Kuznetsov V.A., Moscow, Russia;

Mamaev V.I., Kirov, Russia;

Parfenuk V.I., Ivanovo, Russia;

Schischkina S.V., Kirov, Russia;

Skopintsev V.D., Moscow, Russia;

Smirnov K.N., Moscow, Russia;

Tseluikin V.N., Saratov, Russia;

Vagramyan T.A., Moscow, Russia;

Zharskii I.M., Minsk, Belorussia

125047, Moscow, Miusskaya 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.

Российское общество гальванотехников www.galvanicrus.ru

Журнал www.galvanotehnika.info

ГАЛЬВАНОТЕХНИКА и ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

Издаётся с 1992 г.

№ 3

2021 год

том 29

Содержание

<i>Электроосаждение металлов и сплавов</i>	Новый электролит никелирования с блескообразующей добавкой А. Т. Баркова, А. Н. Попов, В. А. Колесников	4
	Очистка гальванических стоков от ионов тяжелых металлов сорбционным методом С.Н. Гладких	13
	О возможности формирования супергидрофобных хромовых покрытий из растворов Cr(III) И.Г. Ботрякова, А.В. Афанасьева, В.Г. Глухов, Н.А. Поляков	20
<i>Экология и ресурсосбережение</i>	Безотходный процесс цинкования из хлоридных электролитов И.В. Одинокова, Е.С. Кругликова, Д.А. Федулов	33
<i>Персоналии</i>	Памяти профессора Колесникова В.А.	38
<i>Информация</i>	Курсы повышения квалификации	40
	Выставки, конференции, семинары	27
	Информация для авторов	41-46

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT

Published since 1992

№ 3

2021

v. 29

Contents

<i>Electroplating of metals and alloys</i>	New electrolyte for the Electrodeposition of Nickel with Brightener <i>A. T. Barkova, A. N. Popov, V. A. Kolesnikov</i>	4
	Purification of electroplating effluents from heavy metal ions by sorption method <i>S.N. Gladkikh</i>	13
	On the possibility of forming superhydrophobic chromium coatings from Cr(III) solutions <i>I.G. Botryakova, A.V. Afanas'eva, V.G. Glukhov, N.A. Polyakov</i>	20
<i>Environment and Resources Saving</i>	Closed-loop Zinc Plating in Chloride-Based Solutions <i>Irina V. Odinkova, Elena S. Kruglikova, Daniil A. Fedulov</i>	33
<i>Personal</i>	Dr. Vladimir Kolesnikov passed away	38
<i>Information</i>	On the training courses for plating engineers Congressess, Conferences, Meetings	40 27

DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_3_4

УДК 621.357.7

Новый электролит никелирования с блескообразующей добавкой

© 2021 А. Т. Баркова, А. Н. Попов, В. А. Колесников

Российский химико–технологический университет им. Д.И. Менделеева, 125047,
Москва, Миусская пл., 9. Тел. +7(903)9681049; e–mail: popov@rusobr.ru

В данной статье исследована блескообразующая добавка B19 (соединение трифенилметанового ряда, имида и хлорид никеля) для электроосаждения блестящих никелевых покрытий, применяемых в качестве подслоя при изготовлении заготовок интегральных микросхем и выводов кабелей. Определены оптимальная концентрация добавки B19 в сульфат–хлоридном электролите никелирования и допустимый интервал катодных плотностей тока. Исследована зависимость выхода по току от катодной плотности тока. Пластичность покрытий определялась на основе данных по сгибанию образцов лент под углом 90°, и, косвенно, по микротвёрдости покрытий. Авторы исследовали катодную поляризацию никелевого электрода и сопоставили её с поляризацией катода в обычном электролите типа Уоттса.

Основной задачей исследований было подтверждение, что разработка новой блескообразующей добавки B19 позволит несущественно увеличить микротвёрдость покрытий никелем, по сравнению с электролитом без органических добавок. Вместе с тем, в задачи исследования входило получение электролита, который позволял бы осаждать блестящие, качественные покрытия при высоких плотностях тока, при этом сохраняя пластичность никелевых покрытий. Причём, пластичность должна быть такой, чтобы вывода в отштампованной ленте сгибались на 90° и не трескались. Это свойство важно для отштампованной ленты, поскольку некоторые типы лент претерпевают такой изгиб после нанесения всех слоёв покрытий и деструкция одного из слоёв, в данном случае никеля, не допустима. В электролите типа Уоттса микротвёрдость покрытий варьируется от 1,3 до 1,7 ГПа (при 1 А/дм²), а у электролита с добавкой B19 микротвёрдость покрытий составляет величины от 1,4 до 2,6 ГПа. Плотности же тока в этом электролите достигают 19 А/дм². При плотности тока 3 А/дм², микротвёрдость составляет в среднем 1,96 ГПа.

Ключевые слова: блескообразующая добавка, электроосаждение, никелевые покрытия, микроэлектроника, высокоскоростной электролит

New electrolyte for the Electrodeposition of Nickel with Brightener

© 2021 A. T. Barkova, A. N. Popov, V. A. Kolesnikov

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, 125047,
Miusskya Sq., 9. Phone: +7(903)9681049, e–mail: popov@rusobr.ru

In this article, the brightener additive B19 (triphenylmethane series compounds, imides and nickel chloride) for the electrodeposition of bright nickel coatings, used as underlayer for the creation of outputs of integrated circuits and cables was studied. Optimum B19 brightener concentration and operating current density range in sulfate – chloride electrolytes for nickel plating have been determined as well as the effect of current density on nickel current efficiency current efficiency. The plasticity of electroplated coatings of Nickel, obtained of B19 bath was determined by bending of contacts by 90° and, indirectly, in micro-hardness studies of above mentioned coatings. Authors studied cathodic polarization of nickel electrode and compared it vs polarization in Watts's bath.

The main purpose of present research was a confirmation of small influence of new bath with B19 brightener on micro-hardness of nickel coatings in comparing with the electrolyte without organic additives. At the same time, we aimed to increase permissible current densities in the new bath with B19 brightener, with ability to deposit coatings with low micro-hardness and high plasticity. Plasticity should be as high, as contacts, after bending on 90°, should not crack. This property is very important in tapes with contacts, since tapes were endured with such bend, and if some interlayer will be distracted, the tape will be unfit. The coatings, obtained in Watts type electrolyte have microhardness from 1,3 to 1,7 GPa (at 1 A/dm²), and in electrolyte with B19 brightener, microhardness of coatings is from 1,4 to 2,6 GPa. Current density is up to 19 A/dm² in electrolyte with B19 brightener. At current density of 3 A/dm² microhardness is about 1,96 GPa in electrolyte with B19 brightener.

Keywords: brightener, electrodeposition, nickel coatings, microelectronics, high speed electrolyte

Введение

Электролитические никелевые покрытия одни из самых распространённых в гальванотехнике видов покрытий, которые используются при получении защитных многослойных покрытий, функциональных покрытий, в том числе, где слой никеля располагается на слое меди, а на никелевый слой наносятся, например, слои палладия, селективно наносимого золота и селективно наносимого сплава олово-свинец или олово-висмут. Такие покрытия применяются при изготовлении микросхем с небольшим количеством выводов или при производстве выводов кабелей и т.д. [1, 2].

Никелевые покрытия хорошего качества осаждают из простых электролитов для защитно-декоративных покрытий и для технологий получения многослойных покрытий на выводы интегральных микросхем и кабелей. Для получения блестящих покрытий используют одну или две блескообразующие добавки. Введение блескообразующих добавок практически не влияет на состав сплава, однако значительно улучшает внешний вид покрытия [2].

Слой оксида на никелевых покрытиях является одним из причин высокого перенапряжения никеля. Из-за этого никель получается хрупким, но твердость его достаточно высока. Если при осаждении защитных и защитно-декоративных покрытий хрупкость менее важна, то при осаждении никеля на контакты и заготовки микросхем хрупкость неприемлема.

Самые пластичные покрытия получают из сульфатных электролитов, которые используются, например, при изготовлении мастер-мат-

риц в голографии. Но такие электролиты дороги и обычно не должны содержать органических добавок. Таким образом, мы вынуждены использовать другой электролит, причём с блескообразующей добавкой, которая, в то же время должна незначительно увеличивать хрупкость покрытия, по сравнению с электролитом без блескообразующих добавок. На интегральные схемы и контакты кабелей наносят блестящие покрытия, так как они определяют качество финишного покрытия. В свою очередь финишные покрытия представляют собой блестящие покрытия, поскольку блеск определяет коррозионную стойкость, и, соответственно, длительное сохранение паяемости финишных покрытий сплавом олова. .

Целью настоящей работы была разработка электролита никелирования для нанесения на заготовки интегральных микросхем и вывода кабелей, где никелевое покрытие является промежуточным слоем. Обычно выводы покрывают в линиях «Reel-to-Reel» [3]. В нашем случае мы используем пятислойное функциональное покрытие на заготовки выводов, покрываемых по технологии «Reel-to-Reel», где никель следует за слоем меди. Слой никеля наносят на толщину 10–12 мкм. После никелевых покрытий наносится слой палладия и селективно два слоя: золото на палладий и электролитический припой олово-висмут или олово-свинец тоже на палладий, но на расстоянии от золотого покрытия 1–2 мм, чтобы избежать растворения золота в свинце. На золото идёт разварка золотыми нитями контактов на кристалл кремния, а пайка другого конца вывода осуществляется на печатную плату [4–10], при

Таблица 1. Состав оптимального электролита с блескообразующей добавкой Б19
Table 1. Composition of the optimal electrolyte with brightener additive B19

Компонент Component	Концентрация, г/л Concentration, g/l
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	230
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	26
Янтарная кислота Succinic acid	30
Б19 мл/л B19 ml/l	2,5–100
SILIZIN 03/ ZP-60	60

Таблица 2. Состав электролита типа Уоттса
Table 2. Composition of the Watts's type electrolyte

Компонент Component	Концентрация, г/л Concentration, g/l
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	350
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	30
H_3BO_4	30

этом промежутке между сплавом олова и золотом позволяет вскрыться никелю, если он хрупок, поскольку на никель наносится очень тонкий слой палладия (0,5–1 мкм), что не защищает хрупкий никель от разрушения.

Мы выбрали сульфат-хлоридный электролит никелирования [22] с буферной добавкой, обеспечивающий высокие скорости осаждения (до 20 А/дм² и выше) – янтарную кислоту [10–12,14–17].

В настоящее время существует много блескообразующих добавок [23, 24, 25], но создание новой блескообразующей добавки, которая позволяет осаждать покрытия именно с повышенной пластичностью с минимальным увеличением микротвёрдости покрытия, по сравнению со стандартным электролитом никелирования без органических добавок всё ещё актуально.

Материалы и методы исследования

Для приготовления раствора применялись: соль никеля $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, ч. – РЕАХИМ, соль никеля $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, ч. – РЕАХИМ, Янтарная кислота, ч. – РЕАХИМ, дистиллированная вода. рН электролита равен 4.

Опыты проводились в стеклянных электролизёрах объёмом 250 мл.

Для сравнения с нашим новым электролитом использовался электролит типа Уоттса. В нём использовались те же соли, что описаны выше и H_3BO_4 , ч. – РЕАХИМ.

Для разработки электролита и его исследования использовали схему с осаждением покрытий с выпрямителем MASTECH NY1803D, Китай.

Были проведены исследования микротвёрдости никелевых покрытий [12, 13]. Микротвёрдость измерялась на микротвёрдомере DIGITAL DISPLAY MICROHARDNESS TESTER MODEL HVS-1000.

Поляризационные измерения проводились на потенциостате Р-30J (ЭЛЛИНС, Россия).

Микротвёрдость измерялась, при нанесении никеля на стальные образцы на толщину 20 мкм. Оценка качества покрытия определялась по 12-ти бальной шкале: 0–3 – блестящее покрытие, 3–6 – полублестящее покрытие, 6–9 – светлое матовое покрытие, 9–12 – тёмное матовое покрытие.

Определение выхода по току (ВТ%) проводилось на установке с последовательным подключением электролизёра и медного кулонометра. В табл.1 и табл.2 приведены составы исследованных электролитов.

Поляризационные кривые снимали в потенциодинамическом режиме [9,18,19]. Скорость развёртки потенциала составляла 2 мВ/с. В качестве вспомогательного электрода использовали никелевый электрод, электродом сравнения служил хлоридсеребряный электрод. Рабочим электродом служили образцы из меди площадью 0,01 дм². Перед началом измерений катод покрывали слоем никеля толщиной 20 мкм. При построении графи-

ков значения потенциала выражали относительно нормального водородного электрода.

В электролите с блескообразующей добавкой Б19 были сняты кривые при различных её концентрациях.

Результаты и их обсуждение

Была разработана новая блескообразующая добавка, которая позволяет осаждать покрытия с повышенной пластичностью в сочетании с современными, эффективными добавками, позволяющие осаждать покрытия с высокой скоростью. В исследованиях использовался электролит состав, которого представлен в табл.1.

Для выбора оптимальной концентрации добавки Б19 опыты проводили при катодной плотности тока $i_k = 6 \text{ А/дм}^2$, температуре $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Результаты по качеству образцов в зависимости от концентрации блескообразующей добавки приведены на рис. 1.

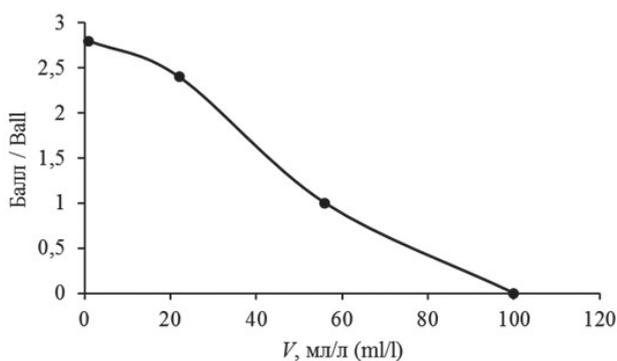


Рис. 1. Зависимость качества покрытий от количества введённой добавки Б19, $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, состав электролита приведён в табл.1. Плотность тока 6 А/дм^2

Fig. 1. Dependence of the quality of coatings on the amount of additive B19, $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, composition of electrolyte – tabl.1. Current density – 6 А/дм^2

Таким образом, оптимальная концентрация блескообразующей добавки Б19 составила 100 мл/л .

Далее исследовалось влияние катодной плотности тока на качество получаемых в оптимальном электролите покрытий. Опыты проводились при катодных плотностях тока от 1 до 37 А/дм^2 . При значении плотности тока более 37 А/дм^2 покрытие теряло блеск. Результаты по качеству образцов с оптимальной концентрацией блескообразующей добавки Б19 при различных плотностях тока приведены на рис. 2.

Таким образом, мы получили оптимальный состав электролита никелирования и допустимые интервалы катодных плотностей тока, при которых осаждаются блестящие покрытия никелем. Состав этого электролита представлен в табл.1.

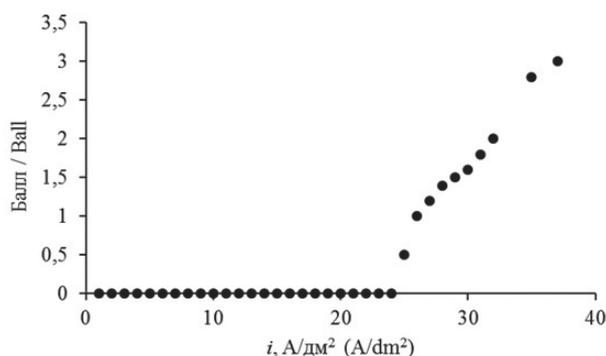


Рис. 2. Зависимость качества покрытий от катодной плотности тока, $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, состав электролита приведён в табл.1. Концентрация добавки Б19 – 100 мл/л

Fig. 2. Dependence of coating quality on cathodic current density, $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, composition of electrolyte – tabl.1. Concentration of brightener B19 – 100 ml/l

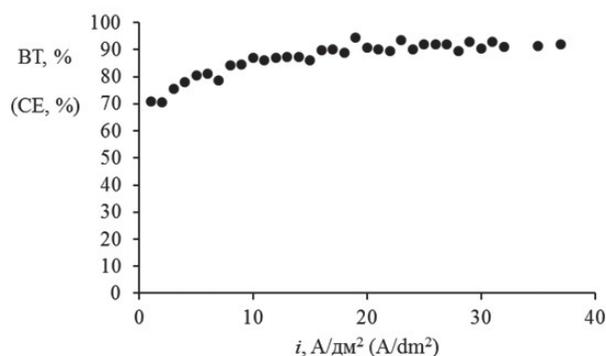


Рис. 3. Зависимость выхода по току от плотности тока в электролите с блескообразующей добавкой Б19, $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, состав электролита в табл.1

Fig. 3. Dependence of the current efficiency on the current density in electrolyte with brightener B19, $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, composition of electrolyte – tabl.1

Были проведены исследования зависимости $\text{VT}\%$ от плотности тока в электролите с блескообразующей добавкой Б19 оптимального состава (табл.1). Результаты исследований приведены на рис. 3.

Выход по току достаточно высок и составляет $70\text{--}90\%$, в сравнении не уступает другим электролитам никелирования [20, 21].

Пластичность покрытий, полученных из электролита оптимального состава, оценивалась перегибанием образцов покрытий на бериллиевой бронзе площадью $0,012 \text{ дм}^2$ до 90° . Ниже приведена фотография, образца при плотности тока – 6 А/дм^2 .

Полученные покрытия не ломаются при перегибании образца, а изгибаются равномерно без дефектов.

Также косвенным фактором пластичности служила микротвёрдость покрытий. Образцы покрытий для исследования микротвёрдости получали при температуре $60 \text{ }^\circ\text{C}$. На рис. 5 приве-



Рис. 4. Образец ленты, полученной в электролизёре (табл.1) при плотности тока: 6 А/дм², температура электролита 60 °С

Fig. 4. Sample of the tape, obtained in the electrolyte (tabl.1) at a current density: 6 A/dm², the electrolyte temperature is 60 °C

дена зависимость значений микротвёрдости от плотности тока. Образцы для измерения микротвёрдости получали в диапазоне плотностей тока от 1 до 20 А/дм². При плотностях тока выше 20 А/дм² покрытие уже визуально было некачественным.

Таким образом, нам удалось разработать электролит никелирования, который позволяет осаждать блестящие, относительно пластичные осадки (в сравнении с электролитом типа Уоттса), которые не ломаются при сгибании элементов ленты на 90 градусов, при этом их микротвёрдость не существенно отличается от микротвёрдости осадков никеля полученного из электролита типа Уоттса – в нём микротвёрдость покрытий варьируется от 1,3 до 1,7 ГПа (при 1 А/дм²), а у электролита с добавкой Б19 микротвёрдость покрытий составляет величины от 1,4 до 2,6 ГПа. Плотности же тока в этом электролите достигают 19 А/дм². При плот-

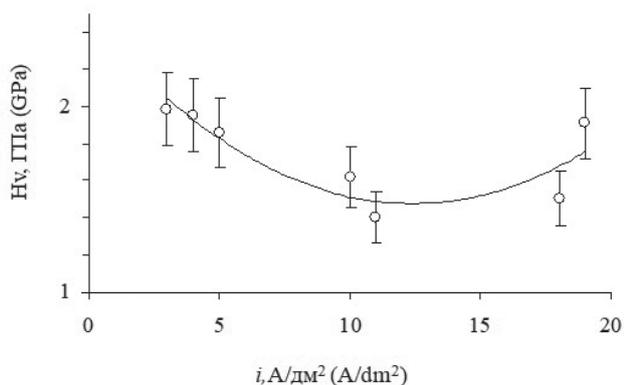


Рис. 5. Зависимость значений микротвёрдости покрытий от катодной плотности тока, полученных электролита (табл.1), t = 60 °С

Fig. 5. Dependence of micro-hardness values of coatings vs cathode current density (tabl.1), t = 60 °C

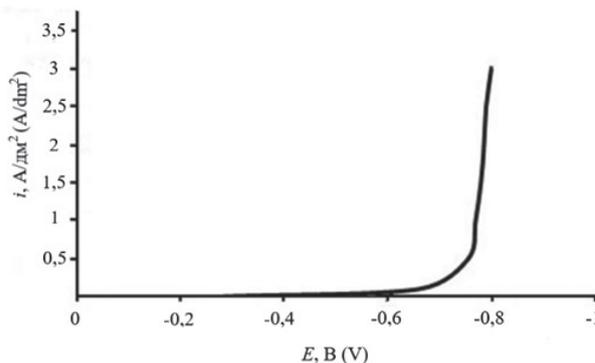


Рис. 6. Поляризационная кривая в электролите типа Уоттса, t = 60 °С, скорость развёртки потенциала 2 мВ/с

Fig. 6. Polarization curve in Watts's type electrolyte, t = 60 °C, potential sweep speed 2 mV/s

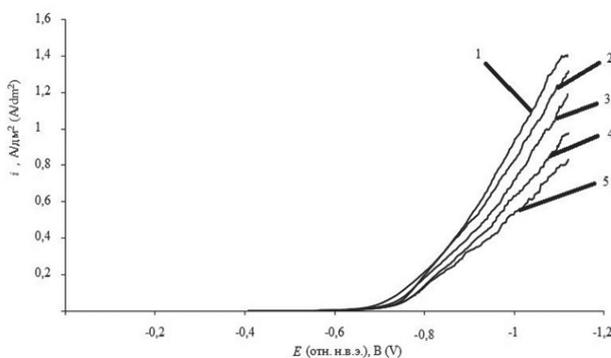


Рис. 7. Поляризационные кривые в электролите (t = 60 °С) с различной концентрацией (мл/л) блескообразующей добавкой Б19: 1–2,5, 2–25, 3–50, 4–100, 5–200., Скорость развёртки потенциала 2 мВ/с

Fig. 7. Polarization curves in electrolyte (t = 60 °C) with different concentration (ml/l) of brightening additive B19: 1–2.5, 2–25, 3–50, 4–100, 5–200., Potential sweep rate 2 mV/s

ности тока 3 А/дм², микротвёрдость покрытий составляет в среднем 1,96 ГПа.

При этом покрытия, полученные без перемешивания в электролите с добавкой Б19, не ломаются и вполне могут использоваться в качестве подслоя на выводы микросхем и контактов кабелей.

Были проведены поляризационные измерения в обоих электролитах – с блескообразующей добавкой Б19 и в электролите Уоттса. В электролите с блескообразующей добавкой были сняты 5 кривых при различных концентрациях блескообразующей добавки Б19. Результаты исследований приведены на рис. 6, рис. 7.

Как видно из кривых на рис. 7 с увеличением концентрации блескообразующей добавки угол наклона кривых увеличивается, что говорит о том, что увеличение концентрации добавки увеличивает ингибирующий эффект на процесс осаждения никеля. Причём наиболее оптимальной является 4 кривая. Именно это концентрация

обеспечивает оптимальный блеск поскольку на рис. 1 наибольший блеск.

Заключение

Новый электролит для осаждения блестящих покрытий никелем с добавкой B19 позволяет осаждать никель с большими скоростями (до 20 – 30 А/дм²). Полученные покрытия не ломаются, в отличие от большинства покрытий с блескообразующими добавками при больших плотностях

тока. Микротвёрдость покрытий, получаемых из электролита с блескообразующей добавкой B19, несущественно увеличивается, по сравнению с электролитом типа Уоттса. Таким образом, разработанный электролит может быть использован для нанесения блестящих покрытий никелем при изготовлении выводов интегральных микросхем и выводов кабелей, в качестве компонента многослойного покрытия.

Литература

1. Гамбург Ю.Д., Зангари Дж. Теория и практика электроосаждения металлов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 438 с.
2. Адудин И.А., Орлова К. А., Шелухин М.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А. Исследование влияния блескообразующих добавок в щелочном электролите на характеристики покрытия сплавом цинк-никель // *Успехи в химии и химической технологии*. 2020. Т. 34, № 12. С. 65 – 66.
3. Скубко С.В., Попов А.Н., Колесников В.А., Подсевный А.И., Сaitова Н.Г. Разработка высокоскоростного электролита оловянирования с блескообразующей добавкой SA-317 // *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2020. Т. 28, № 1. С. 20 – 27. doi: 10.47188/0869-5326_2020_28_1_20.
4. Попов А.Н., Асеева А.В. Разработка электролитов для производства компонентов в микроэлектронике // *Химическая технология*. 2013. Т. 14, № 6. С. 324 – 330.
5. Блескообразующие добавки и специальные композиции [Электронный ресурс] / URL: http://echemistry.ru/assets/files/katalog_npp_semm_2017.pdf (дата обрац. 07.06.2018)
6. Патент № 2032775 РФ, МПК C25D 3/00 (1995.01). Блескообразующая добавка в кислые электролиты для осаждения сплава олово – свинец : № 5000268/26: заявл. 15.08.1991: опубл. 10.04.1995 / Кудрявцев В.Н., Тютин К.М., Попов А.Н., Зонин В.А., Максименко С.А.
7. Ямпольский А.М., Ильин В.А. Краткий справочник гальванотехника. Л.: Машиностроение, Ленингр. Отделение, 1981. 269 с.

References

1. Hamburg Yu.D., Zangari J. Teoriya i praktika elektroosazhdeniya metallov [Theory and practice of electrodeposition of metals]. Moscow, BINOM. Laboratoriya znaniy, 2015. 438 p.
2. Adudin I.A., Orlova K.A., Shelukhin M.A., Grigoryan N.S., Vahramyan T.A. Issledovanie vliyaniya bleskoobrazuyushchikh dobavok v shchelochnom elektrolite na kharakteristiki pokrytiya splavom tsink-nikel' [Investigation of the effect of brightener additives in an alkaline electrolyte on the characteristics of a zinc-nickel alloy coating]. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*, 2020, vol. 34, no. 12. pp. 65 – 66. (in Russian)
3. Skubko S.V., Popov A.N., Kolesnikov V.A., Podsevny A.I., Saitova N.G. Razrabotka vysokoskorostnogo elektrolita olovyanirovaniya s bleskoobrazuyushchey dobavkoy SA-317 [Development of a high-speed tin-plating electrolyte with a brightener additive SA-317]. *Galvanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*, 2020, vol. 28, no. 1, pp. 20 – 27. doi: 10.47188/0869-5326_2020_28_1_20. (in Russian)
4. Popov A.N., Aseeva A.V. Razrabotka elektrolitov dlya proizvodstva komponentov v mikroelektronike [Development of electrolytes for the production of components in microelectronics]. *Khimicheskaya tekhnologiya*, 2013, vol. 14, no. 6, pp. 324 – 330. (in Russian)
5. Bleskoobrazuyushchie dobavki i spetsial'nye kompozitsii [Brightener additives and special compositions] (Electronic resource) / URL: http://echemistry.ru/assets/files/katalog_npp_semm_2017.pdf (date of request. 07.06.2018)
6. Patent № 2032775 of the Russian Federation, IPC C25D 3/00 (1995.01). Bleskoobrazuyushchaya dobavka v kislye elektrolity dlya osazhdeniya splava olovo – svinets [Brightening agent in acid electrolytes for the deposition of tin alloy – lead free] : № 5000268/26: Appl. 15.08.1991: publ. 10.04.1995 / Kudryavtsev V.N., Tyutin K.M., Popov A.N., Zonin V.A., Maksimenko S.A.

8. Винокуров Е.Г., Бондарь В.В. Динамика развития тематической области «Электроосаждение сплавов» // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2009. Т. 45, № 3. С. 334 – 336.
9. Юдин А.С., Попов А.Н., Колесников В.А. Исследование электроосаждения сплава олово–висмут с блескообразующей добавкой SA–317 // Гальванотехника и обработка поверхности. 2018. Т. 26, № 4. С. 45 – 50. doi: 10.47188/0869-5326_2018_26_4_45.
10. Кудрявцев Н.Т. Прикладная электрохимия. М.: Химия, 1975. 552 с.
11. Кудрявцев Н.Т., Цупак Т.Е., Пшилуски Я.Б. Электролитическое покрытие никелем при высоких плотностях тока // Защита металлов. 1967. Т. 3, № 4. С. 447 – 453.
12. Цупак Т.Е., Попова Л.И., Кудрявцев Н.Т., Попов А.Н. Влияние антипиттинговых добавок на процесс электроосаждения никеля // Новейшие достижения в области электрохимической обработки поверхности металлов. Труды МХТИ. 1977. Т. 95. С. 53 – 60.
13. 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. doi: 10.7868/S0044185616040136
14. Цупак Т.Е., Попов А.Н., Кудрявцев Н.Т. О физико-механических свойствах осадков никеля, полученных из электролитов с эффективными буферными добавками // Новейшие достижения в области электрохимической обработки поверхности металлов. Труды МХТИ. 1977. Т. 95. С. 60–63
15. Makeev E. S., Tsupak T. E. Исследование сульфатно-хлоридного электролита никелирования с буферизирующей добавкой - аспарагиновой кислотой // Успехи в химии и химической технологии. 2018. Т. 32, № 3. С. 116 – 117.
16. Кабанова Е.С., Цупак Т.Е. Электроосаждение никеля из сульфатно- глицинатно-хлоридного электролита в присутствии индифферентных катионов // Успехи в химии и химической технологии. Т. 32, № 3. С. 93 – 95.
7. Yampolsky A.M., Ilyin V.A. Kratkiy spravochnik gal'anotekhnika [Quick reference of electroplating equipment]. Leningrad, Mashinostroenie, Leningr. Otdelenie, 1981. 269 p. (in Russian)
8. Vinokurov E.G., Bondar V.V. Dinamika razvitiya tematicheskoy oblasti «Elektroosazhdenie splavov» [Dynamics of the development of the thematic area "Electrodeposition of alloys"]. *Fizikokhimiya poverkhnosti i zashchita materialov*, 2009, vol. 45, no. 3, pp. 334 – 336. (in Russian)
9. Yudin A.S., Popov A.N., Kolesnikov V.A. Issledovanie elektroosazhdeniya splava olovo–vismut s bleskoobrazuyushchey dobavkoy SA–317 [Investigation of electrodeposition of the tin–bismuth alloy with brightener additive SA–317]. *Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*, 2018, vol. 26, no.4, pp. 45 – 50. doi: 10.47188/0869-5326_2018_26_4_45. (in Russian)
10. Kudryavtsev N.T. Prikladnaya elektrokimiya [Applied electrochemistry]. Moscow, Khimiya, 1975. 552 p. (in Russian)
11. Kudryavtsev N.T., Tsupak T.E., Prziluski Ya.B. Elektroliticheskoe pokrytie nikelom pri vysokikh plotnostyakh toka [Electrolytic nickel coating at high current densities]. *Zashchita metallov*, 1967, vol. 3, no. 4, pp. 447 – 453. (in Russian)
12. Tsupak T.E., Popova L.I., Kudryavtsev N.T., Popov A.N. Vliyanie antipittingovih dobavok na proces elektroosazhdeniya nikelya [Influence of anti-pitting additives on electrodeposition of Nickel]. *Noveyshie dostizeniya v oblasti elektrokhimicheskoy obrabotki poverkhnosti metallov. Trudi MKHTI*, 1977, vol. 95, pp. 53–60 (in Russian)
13. Gorelov S.M., Tsupak T.E., Vinokurov E.G., Nevmyatullina H. A., Yarovaya O. V. Poluchenie i svoystva nanokompozitsionnykh pokrytiy nikel'-dioksid tsirkoniya [Preparation and properties of nanocomposition coatings nickel-zirconium dioxide]. *Fizikokhimiya poverkhnosti i zashchita materialov*, 2016, vol. 52, no. 4, pp. 386–390. doi: 10.7868/S0044185616040136 (in Russian)
14. Tsupak T.E., Popov A.N., Kudryavtsev N.T., O fiziko-mekhanicheskikh svoystvah osadkov nikelya, poluchennih iz elektrolitov s effektivnimi bufernimi dobavkami [Physicochemical properties of Nickel coatings, obtained at Electrolytes of effective buffer additives]. *Noveyshie dostizeniya v oblasti elektrokhimicheskoy obrabotki poverkhnosti metallov. Trudi MKHTI*, 1977, vol. 95, pp. 60–63 (in Russian)
15. Makeev E. S., Tsupak T. E. Issledovanie sulfatno-hloridnogo elektrolita nikelirovaniya s

17. Медведев Г.И., Макрушин Н.А., Дубенков А.Н. Электроосаждение сплава олово-висмут из сульфатного электролита с органическими добавками // Защита металлов. 2003. Т. 39, № 4. С. 381 – 384.
18. Кругликов С.С. О некоторых особенностях использования потенциостатического режима при электроосаждении металлов и сплавов // Гальванотехника и обработка поверхности. 2016. Т. 24, № 1. С. 40 – 47. doi: 10.47188/0869-5326_2016_24_1_40.
19. Бояринцева А.А., Петрушова О.Ю., Цупак Т.Е. Влияние хлорид-иона на электроосаждение никеля и сплава никель-фосфор из сульфатно-глицинатно-хлоридных электролитов // Успехи в химии и химической технологии. 2015. Т. 29, № 3. С. 53 – 55.
20. Бояринцева А.А., Цупак Т.Е., Жуликов В.В. Электродные процессы при электроосаждении сплава никель-фосфор с различными фосфоросодержащими компонентами // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31, № 6. С. 28 – 30.
21. Пащенко М.С., Двойных И.Г., Коровкин А.В., Цупак Т.Е. Электроосаждение блестящих никелевых покрытий из сульфатно-сукцинатно-хлоридного электролита в присутствии ПАВ компонентами // Успехи в химии и химической технологии. 2007. Т. 21, № 9. С. 49 – 53.
22. Кичигин Д.М., Балакай В.И. Влияние состава и условия приготовления электролита на процесс электроосаждения никеля: сб. статей Современные тенденции развития науки и производства. Новочеркасск, 2016. С. 115 – 118.
23. Абилхаиров А.И., Гиладжов Е.Г., Куанышев Б. И. Получение блескообразователя для блестящего никелирования // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2008. № 2. С. 229 – 231.
24. Сосновская Н.Г., Иванова А.О., Никитин И.В., Чернышева Г.Н., Руссавская Н.В., Данченко И.А., Истомина Н.В., Корчевин Н.А. Производные трихлорэтиламидов - новый тип блескообразователей при электрохимическом нанесении никелевых покрытий // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8, bufernoi dobavkoi – asparginovoi kislotoi [Study of Sulfate – Chloride Nickel Electrolyte with buffer additive - aspartic acid]. *Uspekhi v Khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2018, vol. 32, no. 3, pp. 116-117 (in Russian)
16. Kabanova E. S., Tsupak T. E. Electroosazdenie nikelya is sulfatno-glicirratno-khlordnogo elektrolita v prisutstvie indifferentnih kationov [Electrodeposition of Nickel of Sulfate-glycerate-chloride Electrolyte in presence of indifferent cations]. *Uspekhi v Khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2018, vol. 32, no. 3, pp. 93-95 (in Russian)
17. Medvedev G.I., Makrushin N.A., Dubenkov A.N. Elektroosazhdenie splava olovo-vismut iz sul'fatnogo elektrolita s organicheskimi dobavkami [Electrodeposition of alloy tin-bismuth from sulfate electrolyte with organic additives]. *Zashchita metallov*, 2003, vol. 39, no. 4, p. 381 – 384. (in Russian)
18. Kruglikov S.S. O nekotorykh osobennostyakh ispol'zovaniya potentsiostaticheskogo rezhima pri elektroosazhdenii metallov i spлавov [On some features of the use of the potentiostatic mode in the electrodeposition of metals and alloys]. *Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*, 2016, vol. 24, no.1, pp. 40 – 47. doi: 10.47188/0869-5326_2016_24_1_40. (in Russian)
19. Boyarintseva A.A., Petrushova O.Yu., Tsupak T.E. Vliyanie khlordnogo iona na elektroosazhdenie nikelya i splava nikel'-fosfor iz sul'fatno-glitsinatno-khlordnykh elektrolitov [Influence of the chloride ion on the electrodeposition of nickel and the nickel-phosphorus alloy from sulfate-glycinate-chloride electrolytes]. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*, 2015, vol. 29, no. 3, pp. 53 – 55. (in Russian)
20. Boyarintseva A.A., Tsupak T.E., Zhulikov V.V. Elektrodnye protsessy pri elektroosazhdenii splava nikel'-fosfor s razlichnymi fosforosoderzhashchimi komponentami [Electrode processes during electrodeposition of nickel-phosphorus alloy with various phosphorus-containing components]. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*, 2017, vol. 31, no. 6, pp. 28-30. (in Russian)
21. Paschenkova M.S., Dvoynikh I.G., Korovkin A.V., Tsupak T.E. Elektroosazhdenie blestyashchikh nikel'evykh pokrytiy iz sul'fatno-suktsinatno-khlordnogo elektrolita v prisutstvii PAV komponentami [Electrodeposition of shiny nickel coatings from a sulfate-succinate-chloride electrolyte in the presence of surfactants by components]. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*, 2007, vol. 21, no. 9, pp. 49-53. (in Russian)

№ 1. С. 106 – 114. doi: 10.21285/2227-2925-2018-8-1-106-114

25. Березин Н.Б., Межевич Ж.В. Развитие теории блескообразования // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19, № 9. С. 60 – 63.

22. Kichigin D.M., Balakai V.I. Vliyanie sostava i usloviya prigotovleniya elektrolita na protsess elektroosazhdeniya nikelya [Influence of the composition and conditions of electrolyte preparation on the process of nickel electrodeposition]: *collection of articles Modern trends in the development of science and production. Novocherkassk*, 2016, pp. 115-118. (in Russian)

23. Abilkhairov A.I., Gilazhov E.G., Kuanyshev B.I. Poluchenie bleskoobrazovatelya dlya blestyashchego nikelirovaniya [Obtaining a gloss-forming agent for shiny nickel plating]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2008, no 2, pp. 229-231. (in Russian)

24. Sosnovskaya N. G., Ivanova A. O., Nikitin I. V., Chernysheva G. N., Russavskaya N. V., Danchenko I. A., Istomina N. V., Korchevin N. A. Proizvodnye trikhloretilamidov - novyy tip bleskoobrazovatelyey pri elektrokhimicheskom nanesenii nikelovykh pokrytiy [Derivatives of trichloroethylamides - a new type of gloss-forming agents for electrochemical deposition of nickel coatings]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 106-114. doi: 10.21285/2227-2925-2018-8-1-106-114 (in Russian)

25. Berezin N.B., Mezhevich Zh.V. Razvitie teorii bleskoobrazovaniya [Development of the theory of gloss formation]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2016, vol. 19, no. 9, pp. 60-63. (in Russian)

Сведения об авторах

Баркова Айнур Тариеловна – магистр.

Попов Андрей Николаевич – д.х.н., профессор, e-mail: popov@rusobr.ru.

Колесников Владимир Александрович – д.т.н., профессор, e-mail: kolesnikov@muctr.ru.

Information about authors

Barkova Ainur Tarielovna – master's student.

Popov Andrey Nikolaevich – doctor of chemistry, professor, e-mail: popov@rusobr.ru.

Kolesnikov Vladimir Aleksandrovich – doctor of technical Sciences, professor, e-mail: kolesnikov@muctr.ru.

Для цитирования

А. Т. Баркова, А. Н. Попов, В. А. Колесников. Новый электролит никелирования с блескообразующей добавкой // Гальванотехника и обработка поверхности. 2021. Т. 29. № 3. С. 4-12.

DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_3_4

For citation

A. T. Barkova, A. N. Popov, V. A. Kolesnikov. New electrolyte for the Electrodeposition of Nickel with Brightener. *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*, 2021, vol. 29, no. 3, pp. 4-12.

DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_3_4

УДК: 504.4.504.001.5

Очистка гальванических стоков от ионов тяжелых металлов сорбционным методом

© С.Н. Гладких

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, Великий Новгород, Россия; 173003, Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41
Тел. +7-921-729-81-97, e-mail: gl_svetlana53@mail.ru

Предложен метод сорбции с применением активированного, состоящего из трех компонентов адсорбента. Активация осуществлялась магнетитом и доломитом. Полученный алюмосиликатный сорбент, обладает высокими сорбционными свойствами, высокой механической прочностью, что позволяет использовать его длительное время. Такая модификация предпочтительнее, потому что исключается дополнительная технологическая операция по восстановлению Cr^{6+} до Cr^{3+} (табл. 1). Рассмотрен механизм процесса сорбции на полученном адсорбенте. Существенным преимуществом предлагаемого метода очистки является возможность подавать на очистку стоки с содержанием хрома и кислотно-щелочные совместно. Приведенные данные (табл. 1,2) свидетельствуют об эффективном извлечении ионов хрома, никеля адсорбентом из стока. Предложена математическая модель процесса динамики сорбции ионов тяжелых металлов. Разработанный метод позволяет получить высокий и устойчивый эффект очистки воды с последующим использованием её в замкнутой системе водопользования. Дешевизна и доступность природных глинистых адсорбентов позволяют предложить его в качестве промышленного сорбента.

Ключевые слова: гальваническое производство; ионы тяжелых металлов; сорбция; алюмосиликатный адсорбент.

Purification of electroplating effluents from heavy metal ions by sorption method

© S.N. Gladkikh

Yaroslav the Wise Novgorod State University. 41, Bolshaya St. Petersburg St., Veliky Novgorod, Russia, 173003, e-mail: gl_svetlana53@mail.ru

A sorption method using activated adsorbent consisting of three components has been proposed. Activation was carried out by magnetite and dolomite. The resulting aluminosilicate sorbent has high sorption properties, high mechanical strength, which allows it to be used for a long time. This modification is preferable, because an additional technological operation to reduce Cr^{6+} to Cr^{3+} is excluded (Table 1). The mechanism of the sorption process on the resulting adsorbent is considered. A significant advantage of the proposed treatment method is simultaneous treatment of waste containing chromium and acid-base

together. The gdata given in Tables 1 and 2 demonstrate effective removal of both chromium and nickel ions by the adsorbent. A mathematical model of the dynamics of sorption of heavy metal ions is proposed. The developed method makes it possible to obtain a high and stable effect of water purification with its subsequent use in a closed water use system. The low cost and availability of natural clay adsorbents allow us to offer it as an industrial sorbent.

Keywords: electroplating production; heavy metal ions; sorption; aluminosilicate adsorbent.

Введение

Загрязнение биосферы солями тяжелых металлов (ТМ) из-за их токсичности, способности накапливаться в организме, приводит к серьезным последствиям, как для окружающей среды, так и для человека [1]. Поэтому, требования к степени очистки стоков должно быть самым высоким.

Методы очистки сточных вод должны быть простыми, надежными, с высоким качеством очистки, способные полностью исключить возможность загрязнения водоёмов токсичными отходами производства [2]. Прежде всего, это касается разработки новых методов, которые исключают сброс стоков в городскую канализацию.

Нашли применение различные методы очистки: механические, биологические, физико-химические и другие [3].

Существующие технологии, в большинстве своем, не обеспечивают высокого качества очистки, которое требуется для замкнутых циклов. Такую возможность дают сорбционные методы очистки с применением алюмосиликатного адсорбента [4]. Дешевые природные сорбенты, способные обеспечить высокую степень очистки, делают актуальной проблему разработки инновационных методов очистки стоков, содержащих ионы тяжелых металлов (ИТМ).

Сорбционный метод - один из высокоэффективных. Сорбентами могут служить активированный уголь, отходы различных производств [5-16].

Основная масса предлагаемых адсорбентов практически не регенерируются, и вместе с сорбированными загрязнениями их утилизируют. Авторами [17] был разработан адсорбент для длительного использования, сорбционную активность которого можно восстанавливать регенерацией в установке для фильтрации. Адсорбент создан из глинистого минерала. Он отличается высокой сорбционной активностью и высокой емкостью поглощения ИТМ.

Цель работы - исследование динамики сорбционной активности адсорбента.

Методическая часть

Объектом исследования являлся алюмосиликатный адсорбент, состоящий из трех компонентов. Исследование осуществлялось на модельных растворах и реальных производственных стоках.

Изготавливается сорбент из каолинита с различными активирующими добавками [17]. Каолинит смешивают с модификатором, а образовавшаяся суспензия гранулируется, обжигается. Структура кристаллической решетки каолинита, позволяет вводить в него различные добавки. В нашем случае это добавки, содержащие соединения кальция и магния [18].

С целью достижения высокоэффективной очистки экспериментально был подобран оптимальный состав адсорбента. Для извлечения ИТМ более эффективной оказалась активация доломитом и магнетитом в количестве 15% от массы глины (адсорбент из трех компонентов). Как показали исследования, такая активация адсорбента позволяет исключить операцию по восстановлению Cr^{6+} в Cr^{3+} в отличие от адсорбента с одной из указанных добавок.

Полученный алюмосиликатный сорбент, обладает высокими сорбционными свойствами, высокой механической прочностью. Его истираемость не превышает 15% [2], что позволяет использовать его длительное время.

Активация адсорбента осуществляется в фильтре циркулирующей 3% раствора кальцинированной соды в течение 30-35 минут [18].

При проведении экспериментов использовались статические, термодинамические и кинетические методы исследования процессов сорбции; рН - потенциометрия. Измерение концентрации ИТМ проводили электрохимическим способом (анализ вольтамперных характеристик).

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Многочисленными исследованиями установлено, что активированный алюмосиликатный адсорбент (ААА) имеет положительный электрокинетический потенциал и способен создавать слабощелочную среду [18]. ИТМ вступают в ре-

акцию с группой OH- и образуют гидроксиды и в последствии формируют мицеллы с отрицательным зарядом. Вследствие этого они прикрепляются к гранулам адсорбента, поскольку последние обладают положительным потенциалом. Образующийся комплекс формирует внутри фильтрующей среды гелеобразную структуру [18].

Наши теоретические и экспериментальные исследования показали, что физико-химическая сущность процесса очистки стоков от ИТМ складывается из нескольких этапов, что подтверждается также исследованиями авторов [4].

Извлечение ИТМ из проходящих через ААА сточных вод начинается с диффузионных процессов, имеющих разный характер и противоположную направленность. Из внешней среды происходит диффузия ИТМ к поверхности структурных компонентов адсорбента. Параллельно с этим внутри субстрата ААА ионы двухвалентных металлов (Ca^{2+} и Mg^{2+}) смещаются к его поверхности. На основе диссоциации молекул воды вокруг зоны их дислокации формируется щелочная среда, и мицеллы гидроксидов ТМ концентрируются у поверхности зерен в приграничном слое жидкости.

Образующиеся в результате указанного процесса мицеллы гидроксидов ТМ располагаются в приграничном слое жидкости у поверхности зерна и затем закрепляются в этом месте дислокации. Постепенно размеры коллоидных структур гидроксидов увеличиваются и заполняют пространство, как между зернами сорбента, так и внутри них, занимая устья мезо- и макропор.

Наши исследования, показали, что процесс удаления ИТМ можно описать математической моделью, которую предложил Веницианов Е.В. [19].

$$a(x, t) = \frac{2\alpha(1-m)}{d^2} \cdot \int_0^{\frac{d}{2}} a(r, x, t) \cdot r^2 \cdot dr; \quad (1)$$

$$\frac{\partial a}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(D \cdot r^2 \cdot \frac{\partial a}{\partial r} \right); \quad (2)$$

$$-v \cdot \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial a}{\partial t} + m \frac{\partial c}{\partial t} = 0; \quad (3)$$

$$\frac{\partial a}{\partial t} \cdot D \cdot \frac{6}{d} \cdot (1-m) \cdot \frac{\partial a^{(s)}}{\partial r} \Big|_{r=\frac{d}{2}} = \beta \left[c - f^{-1} \left(a^{(s)} \Big|_{r=\frac{d}{2}} \right) \right] \quad (4)$$

$$\frac{\partial a^{(s)}}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0 \quad (5)$$

где $0 \leq r \leq d/2$

Она позволяет проанализировать динамику процесса сорбции в смешанно-диффузионной области кинетики.

В приведенной системе приняты следующие обозначения:

(1) – связь между концентрациями в зерне:

– локальной $a^{(s)}(r, x, t)$;

– усредненной $a(x, t)$.

(2) – уравнение для описания внутренней диффузии.

(3) – показывает параметры баланса сорбируемого компонента.

(4) – условие для формулы (3) для поверхности зерна – уравнение внешней диффузии.

(5) – условие, которое формируется в зерне.

Для краевых условий фронтальной динамики сорбции на чистой загрузке:

$$c(0, t) = C_0, a^{(s)}(r, x, 0) = a(x, 0) = 0 \quad (6)$$

Изотерма адсорбции рассчитывалась для трехкомпонентного адсорбента. Установлено, что извлечение ИТМ осуществляется по линейной изотерме. Решение для нее по представленной выше математической модели известно [19]. Оно выполнено на базе цифровых методов для компьютерных программ и может быть представлено в виде семейства теоретических кривых:

$$U = U(X, T, H) \quad (7)$$

где

– концентрация сорбируемого загрязнения в растворе (безразмерная):

$$U = C/C_0 \quad (8)$$

– высота слоя адсорбента (безразмерная):

$$X = x \cdot (\beta/v) \quad (9)$$

– длительность сорбционного процесса (безразмерная):

$$T = t \cdot (\beta/r) \quad (10)$$

– критерий Био (характеризует внешне диффузионный и внутри диффузионный вклад массопереноса)

$$H = (\beta \cdot R^2)/(D \cdot r) \quad (11)$$

где v – скорость фильтрации, $\text{см} \cdot \text{с}^{-1}$;

β – внешне диффузионный коэффициент, с^{-1} ;

D – коэффициент внутренней диффузии, $\text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$;

R – радиус зерен адсорбента, см ;

Γ – безразмерный коэффициент распределения (коэффициент Генри):

$$\Gamma = a_0/C_0 \quad (12)$$

где a_0 – концентрация адсорбированного вещества, равновесная с начальной концентрацией этого вещества C_0 в воде.

Математическая модель процесса динамики сорбции может использоваться при расчете технологического процесса очистки.

Исследования динамики очистки проводились на коротком слое активированного адсорбента в лабораторных и опытно-производственных условиях. Эффективность и динамика процесса очистки стока определялись для трехкомпонентного ААА.

Лабораторная установка для фильтрации: бутыль Мариотта ёмкостью 10 л; фильтровальная колонка диаметром 28 мм, длиной 500 мм; толщина слоя загрузки адсорбента 300 мм, крупность

зёрен 0,5 ... 1,0 мм. Скорость фильтрования составляла 3 - 5 м/ч.

Провели 2 серии испытаний. Первая серия проводилась на лабораторной установке: фильтровались стоки, содержащие один компонент загрязнений: Cr^{6+} , Ni^{2+} . Вторая серия проводилась на опытно-промышленной установке: фильтровался смешанный сток.

Исследования проводились по методике, предложенной Е.В. Венициановым [19]. Исследовались модельные растворы и реальные сточные воды.

Проводилось по три серии экспериментов. Для исключения погрешности измерений брались средние значения. Фильтрат отбирался каждые 30 минут.

Результаты фильтрования исследуемых стоков представлены в таблицах 1,2.

Здесь, u - проскоковая концентрация ИТМ в фильтрате, мг/л:

$$u = C_f / C_i \quad (13)$$

где, C_f - концентрация ИТМ в фильтрате, мг/л; C_i - концентрация ИТМ в исходной воде, мг/л.

Очистка хромсодержащего стока (табл. 1) происходит без предварительного восстановления Cr^{6+} до Cr^{3+} , так как трехкомпонентный ААА позволяет исключить эту операцию. Из приведенных данных (табл.1, 2) следует, что ААА эффективно извлекает ИТМ из стока. О достаточно высокой емкости поглощения загрязнения адсорбентом

свидетельствует небольшая скорость продвижения фронта их концентраций.

Технологические испытания проводилась на опытно-промышленной установке, изготовленной на очистных сооружениях участка гальванопокрытий завода Центрального Научно-Исследовательского Института имени академика А.Н. Крылова (г. Санкт Петербург).

Установка состояла из бака со сточной водой ёмкостью 4000 л, из него через водоотборный кран сток поступал на фильтр с загрузкой из ААА. Фильтр изготовлен из оргстекла. Его диаметр 100 мм, высота - 3000 мм. Высота фильтрующей загрузки - 150 см, размер гранул - 0,8 -1 мм, скорость фильтрования -3 м/ч. В ходе испытаний определялись концентрации ионов тяжелых металлов, рН.

Фильтровался сток, взятый из резервуара - усреднителя, куда он поступает с гальванического участка и содержит ИТМ и кислотно-щелочные воды. Предварительной реагентной обработке стоки не подвергались. Состав стоков, мг/л: $\text{Cr}^{3+} = 10,1$, $\text{Ni}^{2+} = 8,3$, $\text{Zn}^{2+} = 11,6$, $\text{Cu}^{2+} = 8,3$, $\text{Fe}^{3+} = 13,2$, рН = 5,5. Спустя 70 часов фильтрования ИТМ обнаружены не были, рН=7,5. Еще через 70 часов фильтрования их концентрация в фильтрате была значительно ниже норм ПДК для сброса в городскую канализацию. Качество очищенной вода позволяет использовать ее на технологические

Таблица 1. Результаты испытаний по удалению Cr^{6+} из стоков
Table 1. Test results for the removal of Cr^{6+} from wastewater

Время, мин Time, min	Концентрация Cr^{6+} в модельном растворе, мг/л Concentration of chromate ions in the solution mg/l								
	8,7			17,3			29,7		
	Скорость фильтрования, м/ч Filtration rate, m/hr								
	3	4	5	3	4	5	3	4	5
	Проскоковая концентрация иона хрома, u Residual chromium concentration, u								
	Номер опыта Experiment number								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0,00	0,01	0,02	0,04	0,05	0,03	0,05	0,02	0,04
60	0,00	0,00	0,06	0,07	0,09	0,06	0,09	0,05	0,10
90	0,05	0,05	0,10	0,11	0,14	0,12	0,13	0,12	0,17
120	0,08	0,09	0,15	0,16	0,20	0,19	0,20	0,19	0,22
150	0,12	0,12	0,21	0,22	0,23	0,22	0,24	0,25	0,26
180	0,17	0,17	0,26	0,26	0,28	0,27	0,29	0,30	0,31
210	0,21	0,22	0,30	0,31	0,33	0,34	0,36	0,36	0,37
240	0,25	0,26	0,36	0,34	0,36	0,38	0,41	0,42	0,43

Таблица 2. Результаты испытаний по удалению Ni²⁺ из стоков
Table 2. Test results for the removal of Ni²⁺ from wastewater

Время, мин Time, min	Концентрация Ni ²⁺ в модельном растворе, мг/л Concentration of nickel in the solution, mg/l								
	8,7			17,3			29,7		
	Скорость фильтрования, м/ч Filtration rate, m/hr								
	3	4	5	3	4	5	3	4	5
	Проскоковая концентрация иона никеля, мг/л Residual concentration of nickel ions, mg/l								
	Номер опыта Experiment number								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0,06	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10
60	0,10	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,12	0,14
90	0,16	0,16	0,18	0,19	0,21	0,24	0,21	0,20	0,22
120	0,18	0,21	0,24	0,22	0,25	0,28	0,21	0,25	0,25
150	0,29	0,33	0,34	0,34	0,40	0,43	0,34	0,38	0,37
180	0,45	0,49	0,51	0,41	0,48	0,52	0,55	0,49	0,49
210	0,56	0,58	0,63	0,61	0,59	0,62	0,66	0,66	0,67
240	0,68	0,63	0,72	0,71	0,69	0,68	0,69	0,72	0,72

нужды в замкнутых системах водопользования предприятия.

Предлагаемый метод очистки позволяет очищать хромсодержащие и кислотно-щелочные стоки совместно. Результаты испытаний по очистке стоков от ИТМ, проведённые на опытно-промышленной установке, показали высокую степень очистки на протяжении длительного времени, что говорит о ее надежности и высоком качестве.

Заключение

Разработан безреагентный метод очистки стока от ионов тяжелых металлов путем фильтрации через активированный алюмосиликатный адсорбент с целью повторного использования воды на технологические нужды в замкнутых системах водопользования.

Литература

1. Вахнюк И.В., Кириченко К.Ю., Голохваст К.С., Шабалина Е.Г. Обзор исследований воздействия факторов гальванического производства на человека и окружающую среду// Гальванотехника и обработка поверхности. 2021. Т. 29, № 1. С. 9-22. doi: 10.47188/0869-5326_2021_29_1_9

Установлено, что наилучшей сорбционной способностью обладает алюмосиликатный адсорбент, активированный добавкой доломита и магнетита в количестве 15% от массы глины.

Результаты производственных испытаний, показали высокую степень очистки стоков. Достоинство предлагаемой технологии состоит в том, что хромсодержащие и кислотно-щелочные стоки можно очищать совместно.

Дешевизна и доступность природных глинистых адсорбентов позволяют предложить его в качестве промышленного сорбента.

Создание на промышленных предприятиях замкнутого цикла водопользования без выпуска стоков в водоемы является наиболее рациональным решением экологической проблемы.

References

1. Vakhnyuk I. V., Kirichenko K. Yu., Golokhvast K. S., Shabalina E. G. Review of studies of the impact of factors of electroplating production on humans and the environment. *Galvanotekhnika i Obrabotka Poverkhnosti*, 2021, vol. 29, no. 1, pp. 9-22. doi: 10.47188/0869-5326_2021_29_1_9. (in Russian)

2. Гладких С.Н., Гладких Ю.Н. Исследования по очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов сорбционным методом // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печерские чтения: Тез. докл. Международной научно-практической конференции. – Пермь, 2020. – С. 68-71.
3. Филатова Е.Г. Обзор технологий очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, основанных на физико-химических процессах // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. № 2 (13). С.97-109.
4. Петров Е. Г., Заикин А. Е. Глубокая очистка хромсодержащих стоков алюмосиликатным адсорбентом // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 10. С. 33-36.
5. Мосин О. В. Природный фильтрующий материал шунгит // Вода и экология: проблемы и решения. 2011. № 2. С. 60–68.
6. Cho Y., Kim P., Park H., Komarneni P., Hong Y. Removal of inorganic pollutants in rainwater by a peat-derived porous material //journal of Porous Materials. 2014. V. 21. P. 365-377.
7. Zhang Y., Zheng R., Zhao J. Biosorption of zinc from aqueous solution using chemically treated rice husk // Biomed Res Int. 2013. V. 3, № 4. P. 134-139.
8. Cheraghian G. Evaluation of clay and fumed silica nanoparticles on adsorption of surfactant polymer during enhanced oil recovery//journal of the Japan Petroleum Institute . 2017. V. 60, № 2. P. 85–94.
9. Никифоров А.Ф., Кутергин А.С., Низамов А.Ф., Фоминых И.М., Трифонов К.И. Сорбция тяжелых цветных металлов из водных растворов зернистыми фильтрующими материалами на основе кремнистых пород // Водное хозяйство России. 2018. № 2. С. 92-109.
10. Обуздина М.В., Руш Е.А., Шалунц Л.В. Решение экологических проблем очистки сточных вод путем создания сорбента на основе цеолита // Экология и промышленность России. 2017. № 8. С. 20-25.
11. Rodrigues D., Rocha-Santos T. A. P., Freitas A. C., Gomes A. M. P., Duarte A. C. Strategies based on silica monoliths for removing pollutants from wastewater effluents: A review // Science of The Total Environment. 2013. V. 461–462, № 9. P.126–138.
12. Annap Krishnan K., Sreejalekshmi K.G., Vimexen V., Dev Vinu V. Evaluation of the adsorption properties of sulfurized activated carbon for efficient and cost-effective removal of Zn (II) from aqueous solutions // Ecotoxicology and environmental safety. 2016. V.124. P. 418- 425.
2. Gladkikh S. N., Gladkikh Yu. N. Studies on wastewater treatment from heavy metal ions by sorption method. Geoekologiya, inzhenernaya geodinamika, geologicheskaya bezopasnost'. Pecherskie chteniya: Tez. dokl. Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Perm', 2020. pp. 68-71.
3. Filatova E. G. Review of wastewater treatment technologies from heavy metal ions based on physico-chemical processes. Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya, 2015, no. 2 (13), pp. 97-109.
4. Petrov E. G., Zaikin A. E. Deep cleaning of chromium-containing effluents with an aluminosilicate adsorbent. Vodospabzhenie i sanitarnaya tekhnika, 2006, no. 10, pp. 33-36.
5. Mosin O. V. Natural filter material shungit. Voda i ekologiya: problemy i resheniya, 2011, no. 2, pp. 60-68.
6. Cho Y., Kim P., Park H., Komarneni P., Hong Y. Removal of inorganic pollutants in rainwater by a peat-derived porous material. Journal of Porous Materials, 2014, vol. 21, pp. 365-377.
7. Zhang Y., Zheng R., Zhao J. Biosorption of zinc from aqueous solution using chemically treated rice husk. Biomed Res Int., 2013, vol. 3, no. 4, pp. 134-139.
8. Cheraghian G. Evaluation of clay and fumed silica nanoparticles on adsorption of surfactant polymer during enhanced oil recovery. Journal of the Japan Petroleum Institute, 2017, vol. 60, no. 2, pp. 85-94.
9. Nikiforov A. F., Kutergin A. S., Nizamov A. F., Fominykh I. M., Trifonov K. I. Sorption of heavy non-ferrous metals from aqueous solutions by granular filter materials based on siliceous rocks. Vodnoe hozyajstvo Rossii, 2018, no. 2, pp. 92-109.
10. Obuzdina M. V., Rush E. A., Shalunts L. V. Solving environmental problems of wastewater treatment by creating a zeolite-based sorbent. Ekologiya i promyshlennost' Rossii, 2017, no. 8, pp. 20-25.
11. Rodrigues D., Rocha-Santos T. A. P., Freitas A. C., Gomes A. M. P., Duarte A. C. Strategies based on silica monoliths for removing pollutants from wastewater effluents: A review. Science of The Total Environment, 2013, vol. 461-462, no. 9, pp. 126-138.
12. Annap Krishnan K., Sreejalekshmi K.G., Vimexen V., Dev Vinu V. Evaluation of the adsorption properties of sulfurized activated carbon for efficient and cost-effective removal of Zn (II) from aqueous solutions. Ecotoxicology and environmental safety, 2016, vol. 124, pp. 418- 425.

13. Vukčević M., Pejić B., Kalijadis A., PajićLijaković I., Kostić M., Laušević Z., Laušević M. Carbon materials from waste short hemp fibers as a sorbent for heavy metal ions – Mathematical modeling of sorbent structure and ions transport // *Chemical Engineering Journal*. 2014. V. 235, № 1. P. 284–292.
14. Nowak B., Aschenbrenner P., Winter F. Heavy metal removal from sewage sludge ash and municipal solid waste fly ash // *Fuel Processing Technology*. 2013. V. 105, № 1. P. 195–217.
15. Фокина А. И., Олькова А. С., Будина Д. В., Скугорева С. Г., Береснева Е. В., Даровских Л. В., Зыкова Ю. Н. Изучение потенциала торфа как сорбента ионов Cu(II) и Pb(II) из водных растворов // *Вода и экология: проблемы и решения*. 2017. № 3. С. 67–81.
16. Беляк А. А., Смирнов А. Д., Ходырев В. М. Оценка возможности использования цеолитсодержащего трепела в системе очистки ливневых стоков // *Вода и экология: проблемы и решения*. 2015. № 4. С. 44–55.
17. Патент №1152650, МПК В01J 20/02, С02F 1/28, С02F 101/30, С02F 103/00. Способ получения гранулированного материала / Петров Е.Г., Дикаревский В. С., Фадеев А.Ф., Виноградов Н.И., Левитин С.М., заявл.17.02.1984, опубл. 30.04.1985. Бюл. №30.
18. Петров Е. Г., Кричевский Д. С. Сорбционная технология очистки промышленных и поверхностно-ливневых стоков // *Водоснабжение и санитарное оборудование*. 2005. № 6. С. 34–37.
19. Веницианов Е. В., Рубинштейн Р. Н. Динамика сорбции из жидких сред. – М.: Наука, 1983. – 240 с.

Сведения об авторах

Гладких Светлана Николаевна - кандидат технических наук, доцент кафедры Экология, география и природные ресурсы; Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, Великий Новгород, Россия; E-mail: gl_svetlana53@mail.ru т.+7-921-729-81-97

Для цитирования

С.Н. Гладких. Очистка гальванических стоков от ионов тяжелых металлов сорбционным методом // *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2021. Т.29, №3. С. 13–19.

13. Vukčević M., Pejić B., Kalijadis A., PajićLijaković I., Kostić M., Laušević Z., Laušević M. Carbon materials from waste short hemp fibers as a sorbent for heavy metal ions – Mathematical modeling of sorbent structure and ions transport. *Chemical Engineering Journal*, 2014, vol. 235, no.1, pp. 284–292.
14. Nowak B., Aschenbrenner P., Winter F. Heavy metal removal from sewage sludge ash and municipal solid waste fly ash. *Fuel Processing Technology*, 2013, vol. 105, no. 1, pp. 195–217.
15. Fokina A. I., Olkova A. S., Budina D. V., Skugoreva S. G., Beresneva E. V., Darovskikh L. V., Zykova Yu. N. Studying the potential of peat as a sorbent of Cu(II) and Pb(II) ions from aqueous solutions. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya*, 2017, no. 3, pp. 67–81.
16. Belyak, A. A., Smirnov, A.D., Khodyrev, V. M. Evaluation of the possibility of using zeolite-containing trepel in the storm water treatment system. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya*, 2015, no. 4, pp. 44–55.
17. Patent N. 1152650, IPC B01J 20/02, C02F 1/28, C02F 101/30, C02F 103/00. Method for obtaining granulated material / Petrov E. G., Dikarevsky V. S., Fadeev A. F., Vinogradov N. I., Levitin S. M., application.17.02.1984, publ. 30.04.1985. Byul. N. 30.
18. Petrov E. G., Krichevsky D. S. Sorption technology of industrial and surface-storm water treatment. *Vodosnabzhenie i sanitarnoe oborudovanie*, 2005, no. 6, pp. 34–37.
19. Venitsianov E. V., Rubinstein R. N. Dynamics of sorption from liquid media. – Moscow: Nauka, 1983. – 240 p.

Information about authors

Svetlana N. Gladkikh - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology, Geography and Natural Resources Yaroslav the Wise Novgorod State University

For citation

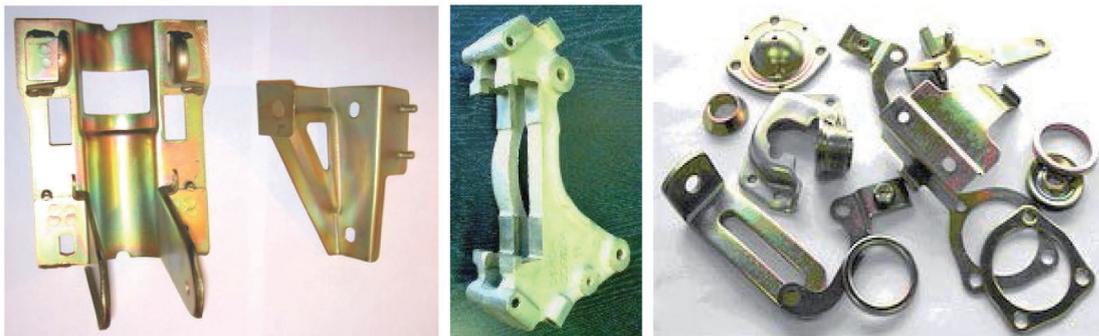
S.N. Gladkikh, Purification of electroplating effluents from heavy metal ions by sorption method. *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*. 2021. vol. 29, no. 3, pp. 13–19.

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



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»



Щелочное цинкование

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

Слабокислое цинкование

ЛГ-50(А,И) ЛГ-09(А,Б)

Цианистое цинкование

ДС-3

Осаждение сплавов

Цинкамин-ZF(цинк-железо)
Цинкамин-ZN(цинк-никель)

Никелирование

НХС-1,2,3

Лучшая химия для гальванотехники



ХИМСИНТЕЗ

Пассивирующие концентраты (CrVI-free)
Финишная обработка покрытий

Ирида-ХромТри(А,В,АF,ВF,К)

Ирида-СилХром

Силатек-08(top-coat)

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



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



Schlötter

Galvanotechnik

ЛИДЕР В ГАЛЬВАНОТЕХНИКЕ

Гальванические линии
 Гальванические технологии
 Защитные антикоррозионные покрытия
 Функциональные покрытия
 Декоративные покрытия
 Технологии и химикаты для производства печатных плат



**РАСТВОР ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ
 ОТ КОМПАНИИ SCHLOETTER ИМЕЕТ
 СРОК СЛУЖБЫ ДО ДВУХ МЕСЯЦЕВ.
 А КАК ЧАСТО СВОЙ РАСТВОР
 ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ МЕНЯЕТЕ ВЫ?**

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЛИНИИ



Линии гальванических покрытий
 Линии для различных технологических процессов изготовления печатных плат



ИННОВАЦИОННЫЕ НАСОСЫ И ТЕХНОЛОГИИ ФИЛЬТРОВАНИЯ

Центробежные насосы с магнитной муфтой
 Погружные центробежные насосы
 Фильтрующие станции и оборудование,
 фильтрующие элементы

RENNER
 INNOVATIVE PUMP
 AND FILTER TECHNOLOGY



MAZURCZAK
 THERMOPROZESSE

НАГРЕВ · БЕЗОПАСНОСТЬ · КАЧЕСТВО



Погружные нагреватели
 ROTKAPPE® / GALMATHERM® / GALMAFORM®
 Оборудование контроля и регулирования температуры и уровня
 – Датчики температуры
 – Поплавковые датчики уровня
 – Электропроводные стержневые датчики уровня
 – Контроллеры температуры и уровня
 Теплообменники SINOTHERM®



Официальный представитель в России
 компания «ХИМСНАБ», г. Казань
 +7 (843) 214-52-25 / info@chemp.ru / www.chemp.ru

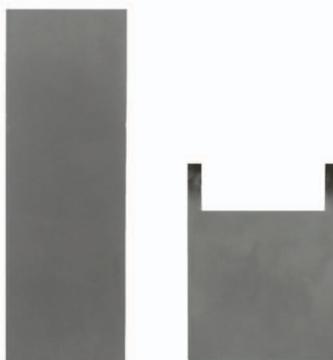


Научно-производственное предприятие «ЭКОМЕТ»

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 • Интернет: www.ecomet.ru или ecomet.ru



**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

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГАЛЬВАНИКИ

НАСОСЫ ФИЛЬТРЫ НАГРЕВАТЕЛИ МЕШАЛКИ

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



Баромембранная
технология

ВОДОПОДГОТОВКА И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

- Глубокая очистка сточных вод до нормативных показателей ГОСТ 9.314-90, кат. 1, 2, 3 "Единая система защиты от коррозии и старения". Вода для гальванического производства и схемы промывок. Общие требования для создания экологически чистого производства с замкнутым циклом по воде.
- Очистка сточных вод от тяжелых металлов до требуемых нормативов ПДК для слива в канализацию.
- Очистка сточных вод от тяжелых металлов до требуемых нормативов ПДК для слива в канализацию.
- Регенерация отработанных травильных растворов кислот и электролитов.
- Переработка СОЖ, очистка моющих и обезжиривающих растворов.
- Очистка сточных вод станций нейтрализации.
- Промышленная водоподготовка.
- Модернизация и реконструкция существующих и строительство новых очистных сооружений.
- Создание безотходных технологий, обеспечивающих замкнутый цикл по воде и рабочим растворам.
- Внедрение инновационных ресурсов и энергосберегающих технологий.



Реализовано
более

150

локальных и
комплексных
очистных
сооружений



ООО «БМТ» является членом СРО А МОИИС, Ассоциации "ОПВО", СРО и Ассоциации СРО "ОСВО" на допуск к: строительно-монтажным, проектным и инженерно-изыскательным работам. Собственное производство оборудования по стандарту ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (ISO 9001:2015) и система экологического менеджмента ГОСТ Р ИСО 14001-2016 (ISO 14001:2015). Декларация о соответствии Техническому регламенту Таможенного союза ЕврАзЭС

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!

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



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.rf

Календарь выставок, конференций и семинаров 2021 года Exhibitions, Conferences, Seminars

1. **28-30 сентября 2021 года** - 14-я Международная специализированная выставка технологий и оборудования "**Термообработка - 2021**". "Экспоцентр", Москва, Павильон №7, зал 1.

2. **26-28 октября 2021 года** - 19-я Международная выставка материалов и оборудования для обработки поверхности, нанесения покрытий и гальванических производств **Expo Coating 2021**. МВЦ "Крокус Экспо", Павильон №3.

СОВРЕМЕННОЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ



ООО «ГРАНИТ-М»

Россия, 393462, Тамбовская обл., г. Уварово, ул. Большая Садовая, 29,

Тел./факс в г. Уварово: 8(47558) 4-67-17, 4-68-98, 4-67-15

Тамбовское представительство: 392036 г. Тамбов, ул. Лаврова, д.5 кв.1

Тел./факс в г. Тамбов: 8(4752) 72-97-52

E-mail: oোগranitm68@granit-m.ru • granit@tamb.ru • bark@granit-m.ru

www.granit-m.ru

УДК 621.793

О возможности формирования супергидрофобных хромовых покрытий из растворов Cr(III)

© **И.Г. Ботрякова, А.В. Афанасьева, В.Г. Глухов, Н.А. Поляков**

Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН
119071 Москва, Ленинский проспект 31, корп. 4.
Тел.: +7-916-233-96-59, e-mail: grottopna@mail.ru

В работе показана принципиальная возможность формирования супергидрофобных покрытий на основе композиционных электрохимических хромовых покрытий с электропроводящими нанодисперсными частицами нитридов ниобия и тантала. Композиционные покрытия наносились из электролитов Cr(III). Поверхность покрытий становится супергидрофобной после обработки в спиртовом растворе стеариновой кислоты. Угол смачивания таких покрытий достигает 164° и сохраняется длительное время в атмосферных условиях.

Ключевые слова: хромирование, композиционные покрытия, супергидрофобные покрытия

UDC 621.793

On the possibility of forming superhydrophobic chromium coatings from Cr(III) solutions

© **I.G. Botryakova, A.V. Afanas'eva,
V.G. Glukhov, N.A. Polyakov**

Frumkin Institute of Physical chemistry and Electrochemistry, Russian Academy of Sciences;
Leninsky prospect 31, bld.4, Moscow, 119071 Russia, e-mail: grottopna@mail.ru

The paper shows the possibility of forming superhydrophobic coatings based on composite electrochemical chromium coatings with electrically conductive nanodispersed particles of niobium and tantalum nitrides. Composite coatings were applied from Cr (III) electrolytes. The surface of the coatings becomes superhydrophobic after treatment in stearic acid solution. The wetting angle of such coatings reaches 164° and remains constant for a long time in atmospheric conditions.

Keywords: chromium plating, composition coatings, superhydrophobic coatings

Введение

Одним из наиболее динамично развивающихся научных направлений в области обработки поверхности является супергидрофобизация различных поверхностей, в том числе с целью защиты от коррозии [1-4]. Как известно, супергидрофобные свойства материалу придаёт микро и нанощероховатость поверхности в сочетании с обработкой веществами, понижающими поверхностное натяжение. Идея таких материалов пришла из живой природы и получила название «эффект лотоса» [5]. Одним из способов формирования покрытий с необходимой шероховатостью является электрохимический. Шероховатость, достигнутая методом электроосаждения, должна удовлетворять требованиям полимодальности поверхности (для обеспечения режима смачивания Касси-Бакстера). В большинстве работ, в которых супергидрофобные поверхности формируют с применением электрохимических методов, используют режимы электролиза, при которых в условиях диффузионных ограничений осаждаются дендритные структуры [6-9]. Такие покрытия позволяют получать высокие краевые углы смачивания и обладают хорошими коррозионными характеристиками, см. например [9], но не стойки к минимальному абразивному воздействию. В этой связи поиск путей получения электрохимическими методами механически прочных супергидрофобных покрытий является актуальной задачей.

Интересной альтернативой в получении супергидрофобных электрохимических покрытий могут быть композиционные покрытия, которые в зависимости от используемых для их получения дисперсных частиц могут иметь довольно развитую поверхность, обладающую супергидрофобными свойствами [10]. Такие покрытия обладают большей стойкостью к механическим воздействиям, чем образованные дендритными структурами.

В этой связи, в работе ставилась цель исследовать принципиальную возможность формирования супергидрофобных покрытий на основе композиционных электрохимических хромовых покрытий из электролитов Cr(III). Механизм электроосаждения самих покрытий подробно был описан ранее в [11].

Методики экспериментов

Супергидрофобное покрытие получали в два этапа. На первом, из электролита трёхвалентного хромирования с добавлением дисперсных частиц в гальваностатическом режиме осаждали шероховатое композиционное хромовое покрытие. На втором, проводили гидрофобизацию полученного покрытия.

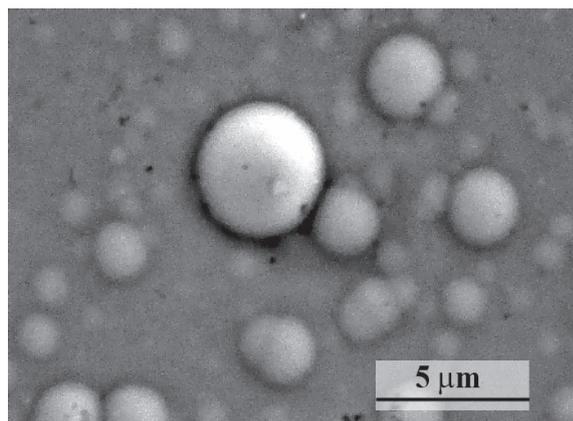
Для нанесения покрытия использовали электролит следующего состава [12-14], г/л: $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 125; $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ – 40; Na_2SO_4 – 125; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ – 110; NaF – 17 (0,4). Электролит готовили на бидистиллированной воде, реактивы применяли квалификации хч или чда. В качестве дисперсных частиц вводили нанодисперсные частицы смеси (1:1) нитридов ниобия и тантала, полученные плазмохимическим синтезом, в количестве – 5 г/л, исходный размер частиц ~70 нм [3].

Электроосаждение покрытий толщиной ~5-10 мкм вели при плотности тока 40-80 А/дм² в течение 1-3 минут при механическом перемешивании, pH 1,1-2,0 и температуре 40-45°C. Для предотвращения агломерации нанодисперсных частиц в сильных электролитах проводили периодическую ультразвуковую обработку электролитов-суспензий в течение 15 минут. Покрытия наносили на подложку из медной фольги, которую предварительно последовательно травил в 50% HNO_3 и активировали в 10% HCl . В качестве анодов использовали платиновую проволоку. Расположение анодов относительно катода подбирали с тем, чтобы минимизировать неравномерность первичного распределения тока.

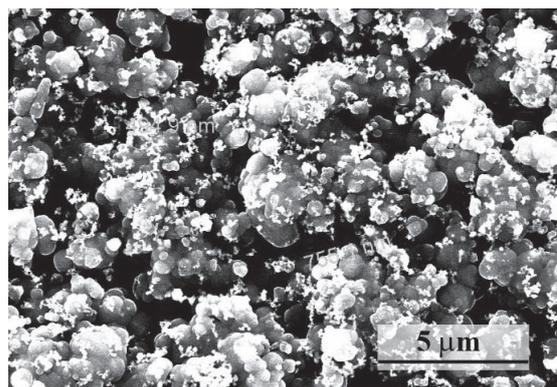
Полученные покрытия необходимой шероховатости на следующем этапе обрабатывали гидрофобизатором. В качестве гидрофобизатора была выбрана стеариновая кислота, основными достоинствами которой являются низкая стоимость, простота нанесения при сравнительно высокой эффективности. Для гидрофобизации использовался раствор стеариновой кислоты концентрацией 10 ммоль/л в этиловом спирте. Образцы с покрытием погружались в раствор на 15 мин, а затем высушивались в потоке воздуха при температуре 60°C.

Измерение угла смачивания проводили следующим образом. Капля дистиллированной воды объемом ~10-20 мкл помещалась на горизонтально закреплённый образец с помощью механического дозатора. После чего производилась фотосъёмка капли с помощью лабораторного цифрового комплекса при увеличении до $\times 400$. Окончательная обработка изображений и измерения углов проводились в каком-либо графическом редакторе векторной графики. Для каждого покрытия проводилось 5-7 измерений на различных участках образца. Рассчитывалось среднее значение угла и стандартное среднеквадратичное отклонение.

Морфология поверхности покрытий и их химический состав исследовались на сканирующем электронном микроскопе JSMU3 с анализатором WINEDS (Германия). Кроме того, морфологию поверхности осадков изучали при помощи сканирующего зондового микроскопа "SolverPro"



а



б

Рис. 1. СЭМ-изображения поверхности хромового осадка без частиц (а) и композиционных покрытий с частицами нитридов ниобия и тантала (б), увеличение $\times 10000$

Fig. 1. SEM images of chromium coatings (a) and composite chromium coatings (b)

(НТ-МДТ, Россия), в режиме атомно-силового микроскопа (АСМ) на воздухе. Для АСМ-измерений использовали контактный режим с использованием контактных кантилеверов марок CSG 11 и CSG 10/Au с золотым напылением.

Результаты и их обсуждение

Основной целью введения электропроводящих дисперсных частиц нитридов ниобия и тантала в электролит хромирования было получения компактных покрытий с развитой морфологией поверхности, обладающих при этом сравнительно высокими физико-механическими характеристиками. Формирование таких покрытий обусловлено ростом хромового покрытия, в том числе, на самих дисперсных частицах или их агрегатах, в результате чего происходит увеличение истинной площади поверхности осадка [11].

На рис. 1. Представлена характерная морфология хромового покрытия без частиц и композиционного хромового покрытия с частицами нитридов ниобия и тантала. На снимках отчетливо видно развитие поверхности осадка при соосаждении с хромом дисперсных частиц. Подобная морфология поверхности композиционного покрытия характерна для всех компактных осадков, полученных в диапазоне плотностей токов $40\text{--}80\text{ А/дм}^2$. Причем на поверхности присутствуют, в том числе, агрегаты нанодисперсных частиц субмикронного размера. Количество дисперсных частиц в поверхностных слоях осадков, оцененное методом локального энергодисперсионного анализа, достигает $5\text{--}7\text{ масс.}\%$, что хорошо согласуется с ранее полученными данными [11].

На рис. 2 представлено характерное 3D АСМ-изображение поверхности композиционного покрытия. Из анализа изображения можно сказать, что поверхность осадка представлена полимо-

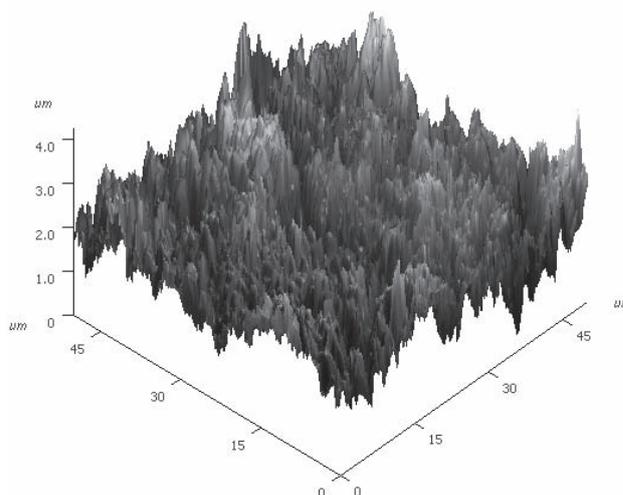


Рис. 2. АСМ-изображение поверхности композиционного покрытия с частицами нитридов ниобия и тантала
Fig. 2. AFM images of composite chromium coatings

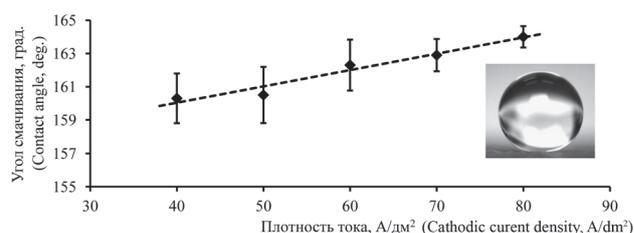


Рис. 3. Зависимость угла смачивания композиционных покрытий от катодной плотности тока
Fig. 3. Dependence of the contact angle of composite coatings on the cathodic current density

дальными структурами, наличие которых может обеспечивать супергидрофобные свойства покрытий.

Действительно обработка таких композиционных покрытий в 10 мМ спиртовом растворе стеариновой кислоты придает им супергидрофобные свойства (рис. 3). Причем угол смачивания линей-

но возрастает во всем диапазоне исследованных катодных плотностей токов. Соответственно наибольшим углом смачивания 164° обладают покрытия полученные при 80 А/дм^2 . Причем с течением времени при выдержке покрытий на воздухе в условиях помещения деградации угла смачивания практически не происходит, как минимум, в течение 1,5 лет.

Таким образом, показана принципиальная возможность формирования супергидрофобных покрытий на основе композиционных электрохимических хромовых осадков с электропроводящими нанодисперсными частицами нитридов ниобия и тантала, обработанных стеариновой кислотой. Угол смачивания таких покрытий достигает 164° и сохраняется длительное время в атмосферных условиях.

Литература

1. E. Vazirinasab, R. Jafari, G. Momen. Application of superhydrophobic coatings as a corrosion barrier: A review // *Surf. Coatings Technol.* 2018. V.341. P. 40–56. doi: 10.1016/j.surfcoat.2017.11.053.
2. H. Yang, Y. Gao, G.S. Frankel, W. Qin, T. Li, Z. Huang, L. Wu. Robust superhydrophobic surface with reinforced skeletons for corrosion protection // *Appl. Surf. Sci.* 2020. V. 499. 143916. doi: 10.1016/j.apsusc.2019.143916.
3. M. Ran, W. Zheng, H. Wang. Fabrication of superhydrophobic surfaces for corrosion protection: a review // *Mater. Sci. Technol.* (United Kingdom). 2019. V. 35. P. 313–326. doi: 10.1080/02670836.2018.1560985.
4. E. Kobina, D. Kobina, X. Lv, B. Liu, X. Xiao. Recent development in the fabrication of self-healing superhydrophobic surfaces // *Chem. Eng. J.* 2019. V. 373. P. 531–546. doi: 10.1016/j.cej.2019.05.077.
5. Z. Guo, W. Liu, B.L. Su. Why so strong for the lotus leaf? // *Appl. Phys. Lett.* 2008. V. 93. doi: 10.1063/1.3036535.
6. R. Jain, R. Pitchumani. Fabrication and characterization of zinc-based superhydrophobic coatings // *Surf. Coatings Technol.* 2018. V. 337. P. 223–231. doi: 10.1016/j.surfcoat.2018.01.014.
7. B. Zhang, S. Lu, W. Xu, Y. Cheng. Controllable wettability and morphology of electrodeposited surfaces on zinc substrates // *Appl. Surf. Sci.* 2016. V. 360. P. 904–914. doi: 10.1016/j.apsusc.2015.11.083.
8. X. Zhang, J. Liang, B. Liu, Z. Peng. Preparation of superhydrophobic zinc coating for corrosion protection // *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* 2014. V. 454. P. 113–118. doi: 10.1016/j.colsurfa.2014.04.029.
9. Polyakov N.A., Botryakova I.G., Glukhov V.G., Red'kina G.V., Kuznetsov Yu.I. Formation and anticorrosion properties of superhydrophobic zinc coatings on steel // *Chemical Engineering Journal* 2021. V.421. 127775. doi: 10.1016/j.cej.2020.127775
10. Ботрякова И.Г., Алиев А.Д., Поляков Н.А. Морфология и химический состав композици-

References

1. E. Vazirinasab, R. Jafari, G. Momen, Application of superhydrophobic coatings as a corrosion barrier: A review. *Surf. Coatings Technol.*, 2018, vol. 341, pp. 40–56. doi: 10.1016/j.surfcoat.2017.11.053.
2. H. Yang, Y. Gao, G.S. Frankel, W. Qin, T. Li, Z. Huang, L. Wu, Robust superhydrophobic surface with reinforced skeletons for corrosion protection. *Appl. Surf. Sci.*, 2020, vol. 499, 143916. doi: 10.1016/j.apsusc.2019.143916.
3. M. Ran, W. Zheng, H. Wang, Fabrication of superhydrophobic surfaces for corrosion protection: a review. *Mater. Sci. Technol. (United Kingdom)*, 2019, vol. 35, pp. 313–326. doi: 10.1080/02670836.2018.1560985.
4. E. Kobina, D. Kobina, X. Lv, B. Liu, X. Xiao, Recent development in the fabrication of self-healing superhydrophobic surfaces. *Chem. Eng. J.*, 2019, vol. 373, pp. 531–546. doi: 10.1016/j.cej.2019.05.077.
5. Z. Guo, W. Liu, B.L. Su, Why so strong for the lotus leaf? *Appl. Phys. Lett.*, 2008, vol. 93, doi: 10.1063/1.3036535.
6. R. Jain, R. Pitchumani, Fabrication and characterization of zinc-based superhydrophobic coatings. *Surf. Coatings Technol.*, 2018, vol. 337, pp. 223–231. doi: 10.1016/j.surfcoat.2018.01.014.
7. B. Zhang, S. Lu, W. Xu, Y. Cheng, Controllable wettability and morphology of electrodeposited surfaces on zinc substrates. *Appl. Surf. Sci.*, 2016, vol. 360, p. 904–914. doi: 10.1016/j.apsusc.2015.11.083.
8. X. Zhang, J. Liang, B. Liu, Z. Peng, Preparation of superhydrophobic zinc coating for corrosion protection. *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, 2014, vol. 454, pp. 113–118. doi: 10.1016/j.colsurfa.2014.04.029.
9. Polyakov N.A., Botryakova I.G., Glukhov V.G., Red'kina G.V., Kuznetsov Yu.I. Formation and anticorrosion properties of superhydrophobic zinc coatings on steel. *Chemical Engineering Journal*, 2021, vol. 421. 127775. doi: 10.1016/j.cej.2020.127775
10. Botryakova I.G., Aliev A.D., Polyakov N.A. Morfologiya i khimicheskiy sostav

онных электрохимических покрытий Zn-Al₂O₃ и Zn-политетрафторэтилен // Практика противокоррозионной защиты. 2020. Т. 25, № 1. С. 59–63. doi: 10.31615/j.corros.prot.2020.95.1-8

11. Polyakov N.A. Formation of chromium composite electrochemical coatings from sulfate oxalate solutions based on Cr(III). // Russ J Electrochem. 2016. V. 52, 858–872. doi: 10.1134/S1023193516090081

12. Edigaryan A.A., Polukarov Yu.M. Electroplating from concentrated Cr(III) sulfate solutions and the properties of chromium deposits. // Prot. Met. 1998. V. 34. P. 95.

13. Едигарян А.А., Полукаров Ю.М. Электроосаждение хрома и его сплавов из сульфатных растворов Cr(III) // Гальванотехника и обработка поверхности. 2001. Т. 9. № 3. С. 17–24.

14. Safonova O.V., Vykhodtseva L.N., Polyakov N.A., Swarbrick J.C., Sikora M., Glatzel P., Safonov V.A. Chemical composition and structural transformations of amorphous chromium coatings electrodeposited from Cr(III) electrolytes // Electrochimica Acta. 2010. V. 56. Iss. 1. P. 145–153. doi: 10.1016/j.electacta.2010.08.108

kompozitsionnykh elektrokhimicheskikh pokrytiy Zn-Al₂O₃ i Zn-politetraftoretalen [Morphology and chemical composition of composite electrochemical coatings Zn-Al₂O₃ and Zn-PTFE]. *Theory and Practice of Corrosion Protection*, 2020, vol. 25, no. 1, pp. 59–63. doi: 10.31615/j.corros.prot.2020.95.1-8

11. Polyakov, N.A. Formation of chromium composite electrochemical coatings from sulfate oxalate solutions based on Cr(III). *Russ J. Electrochem*, 2016, vol. 52, pp. 858–872. doi: 10.1134/S1023193516090081

12. Edigaryan, A.A. and Polukarov, Yu.M. Electroplating from concentrated Cr(III) sulfate solutions and the properties of chromium deposits. *Prot. Met*, 1998, vol. 34, pp. 95.

13. Edigaryan, A.A. and Polukarov, Yu.M. Elektroosazhdeniye khroma i yego splavov iz sul'fatnykh rastvorov Cr (III) [Electrodeposition of chromium and its alloys from sulfate solutions of Cr (III)]. *Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*, 2001, vol. 9, pp. 17–24

14. Safonova O.V., Vykhodtseva L.N., Polyakov N.A., Swarbrick J.C., Sikora M., Glatzel P. and Safonov V.A. Chemical composition and structural transformations of amorphous chromium coatings electrodeposited from Cr(III) electrolytes. *Electrochimica Acta*, 2010, vol. 56, no. 1, pp. 145–153. doi: 10.1016/j.electacta.2010.08.108

Сведения об авторах

Ботрякова Инна Геннадьевна — к.х.н., старший научный сотрудник

Афанасьева Анна Владимировна — лаборант

Глухов Вячеслав Геннадьевич — аспирант

Поляков Николай Анатольевич — к.х.н., заведующий лабораторией

Information about authors

Botryakova I.G. - Cand. Sci., Senior Researcher

Afnas'eva A.V. - Laboratory Assistant

Glukhov V.G. - Postgraduate Student

Polyakov N.A. - Cand. Sci., Head of Laboratory

Для цитирования

И.Г. Ботрякова, А.В. Афанасьева, В.Г. Глухов, Н.А. Поляков. О возможности формирования супергидрофобных хромовых покрытий из растворов Cr(III). 2021. Т.29, №3, С. 28–32.

For citation

I.G. Botryakova, A.V. Afnas'eva, V.G. Glukhov, G.V. N.A. Polyakov. On the possibility of forming superhydrophobic chromium coatings from Cr(III) solutions. *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*. 2021. vol. 29, no. 3, pp. 28–32.

DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_3_33

УДК 621.357.7

Closed-loop Zinc Plating in Chloride-Based Solutions

Irina V. Odinkova¹, Elena S. Kruglikova², Daniil A. Fedulov¹

¹ Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, 64, Leningradsky prospect, Moscow, Russia, e-mail; odinkova_iv@mail.ru

² Moscow Polytechnic University, 38, Bolshaya Semyonovskaya str., Moscow, 107023, Russia

Conventional treatment of waste water from zinc plating line is not efficient due to the formation of ammonia complexes soluble in alkaline media. A new approach is based on the removal of 98–99% zinc ions directly from the reclaim tank by plating out at low cathode current density. Platinized titanium is used as an anode and is placed into a membrane half-cell with a cation-exchange membrane which prevents the discharge of chloride ions and the evolution of chlorine gas. Zinc deposited at the cathode is returned into the plating tank by periodic anodic stripping.

Keywords: zinc, chloride-based solutions, electromembrane electrolysis, electrochemical processes, regeneration, plating industry

Безотходный процесс цинкования из хлоридных электролитов

И.В. Одинокова¹, Е.С. Кругликова², Д.А. Федулов¹

¹ Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет
125319, Москва, Ленинградский проспект, 64. *e-mail; odinkova_iv@mail.ru

² Московский политехнический университет,
107023, Москва, Большая Семеновская, 38,

Обычная очистка сточных вод с линии цинкования неэффективна вследствие образования аммиачных комплексов, растворимых в щелочных средах. Предлагаемый новый подход основан на удалении 98–99% ионов цинка непосредственно из регенерационного резервуара путем нанесения покрытия при низкой плотности катодного тока. В качестве анода используется платинированный титан, который помещают в ячейку с катионообменной мембраной, что предотвращает перенос хлорид-ионов и выделение газообразного хлора. Цинк, осажденный на катоде, возвращается в электролизер для нанесения покрытий путем периодического анодного стравливания.

Ключевые слова: цинк, электролиты цинкования, мембранный электролизер, регенерация, электрохимические процессы

Introduction

Plating baths containing ammonium salts are widely used in industry. A typical example is zinc plating bath which contain about 200g/l of ammonium chloride. Its major advantages are high deposition rate, good throwing power and high quality of zinc deposits achieved in the presence of proprietary organic additives.

On the other hand, these baths are responsible for certain problems related with the treatment of rinse water. Conventional technology based on the precipitation of zinc hydroxide after the addition of alkali to waste water is not effective in the presence of appreciable amounts of ammonium compounds due to the formation of ammonia complexes with zinc ions which are stable and soluble in alkaline media. Preliminary removal of ammoniac from waste water after the addition of alkali needs additional operations, equipment and the consumption of energy. Therefore more economical approach to the whole problem is desirable especially for zinc plating lines with not very large output.

Removal of zinc ions from rinse water by the electrodeposition (i.e. by plating out) can be considered as one of possible ways to prevent the access of zinc to waster treatment units. However there are two following obstacles:

1) Zinc ions practically are not discharged at the cathode, if their concentration is in the range of milligrams or tens of milligrams per liter.

2) Major anode process is the formation of oxygen-chlorine mixture.

Therefore removal of zinc ions should be made at a stage, where their concentration is sufficient for their discharge. Such a stage may be the rinsing of zinc-plated parts in a reclaim tank. In order to prevent the discharge of chloride ions the anode should be separated from the rinse water in the reclaim tank by a cation-exchange membrane, so the anolyte may be maintained continuously free of chlorides.

Experimental Procedure

Experiments were made with following solutions:

1. Zn^{2+}	50 g/l
NH_4Cl	220 g/l
H_3BO_3	20 g/l
Organic additive	40 g/l
2) Zn^{2+}	1-3 g/l
NH_4Cl	220 g/l
H_3BO_3	20 g/l
Organic additive	40 g/l

Solution 1 is a typical example of a bath used in industry. Solution 2 can be considered as "rinse water" in the reclaim tank in the zinc plating line where the solution 1 is used in zinc plating tank. Fig. 1 illustrates the formation of the composition of the solution in the reclaim tank.

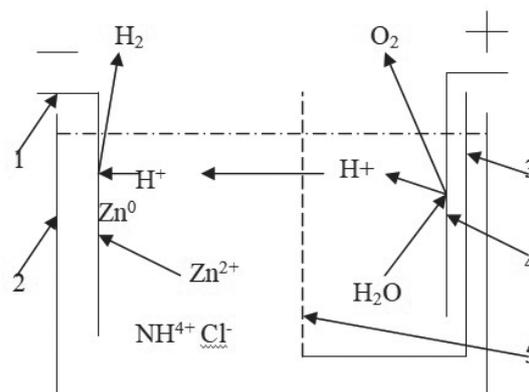


Fig.1. Operation of the reclaim tank in zinc plating line. (1, cathode; 2, reclaim tank; 3, anodic cell; 4, anode; 5, cationic membrane)

According to the principle of a steady-state process a continuous input of the solution dragged from the plating tank into the reclaim tank will result in a gradual increase in the concentrations of all components which are not consumed in the course of the electrolysis. These components include ammonium chloride, boric acid and organic additive. Their concentrations continue to rise up until they approach corresponding values in the plating tank.

These considerations are not valid for zinc ions. In a steady-state process the input of them is equal to the rate of their consumption by the discharge at the cathode. Depending on the efficiency of the cathodic discharge the steady-state concentration of zinc ions in the reclaim tank may be higher or lower. Therefore a particular value of 1-3 g/l was taken for the experiments, representing the conditions in the reclaim tank.

Experiments with solutions 1 and 2 were carried out in a two-chamber cell with a cationic membrane. Before the electrolysis a 200-230 ml portion of solution 1 or 2 was placed into the cathode chamber and same amount of sulfuric acid (200 g/l) was placed into the anode chamber. Platinized titanium was used as an anode. A nickel plate with 50 cm² area was used as a cathode and in some experiments with solution # 2 the cathode made of thin stainless steel wire (0.2 mm in diameter) was also used with an overall surface area of about 1 dm².

Results and Discussion

The process of gradual removal of zinc ions from the solution #1 is represented in Fig.2.

Since the initial concentration of zinc ions is high, the initial parts of the curves in Fig.2 are rectilinear and suggest that higher current density allows to reduce the time necessary for the removal of 50% of zinc ions from the solution. However complete removal needs nearly same time (20-30 hrs) both at high and low current densities. This apparent contradiction is explained by the curves in Fig.3: at higher current densities the specific deposition rate is lower than at lower ones.

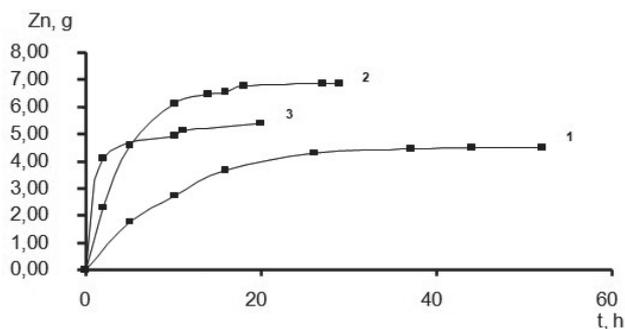


Fig.2. Amount of zinc deposited at the cathode, g.
1. $i = 0,6 \text{ A/dm}^2$; 2. $i = 2 \text{ A/dm}^2$; 3. $i = 6 \text{ A/dm}^2$

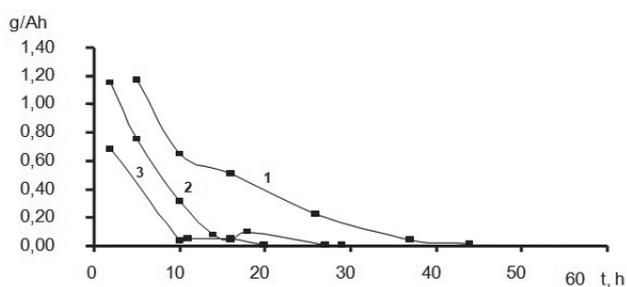


Fig.3. Specific zinc deposition rate, g/Ah
1. $i = 0,6 \text{ A/dm}^2$; 2. $i = 2 \text{ A/dm}^2$; 3. $i = 6 \text{ A/dm}^2$

Similar relationships are observed for zinc current efficiency (Fig.4).

A number of experiments (Table 1) were made with the solution #2 which represents conditions existing in the reclaim tank in a steady-state process, i.e. when the rate of zinc ions input is equal to the rate of their removal by the discharge at the cathode. Wire cathode with large surface area allows to achieve relatively high current per unit volume of

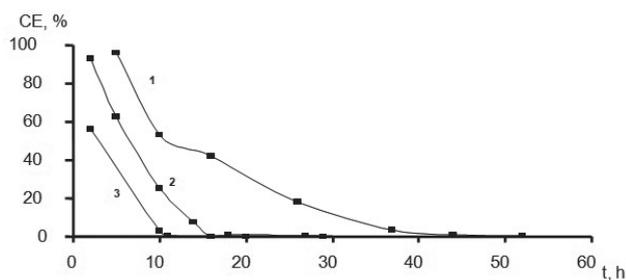


Fig.4. Current efficiency of zinc (%) as a function of time (h)
1. $i = 0,6 \text{ A/dm}^2$; 2. $i = 2 \text{ A/dm}^2$; 3. $i = 6 \text{ A/dm}^2$

the solution (up to 5 A/l) even at low cathode current density (0.2 A/dm^2). Thus in spite of low current efficiency the removal rate is high enough and will allow to maintain low concentration of zinc ions in the reclaim tank. Therefore the input of zinc ions into waste water can be reduced by 98-99%. Zinc deposited at the cathode can be periodically stripped in the plating tank. Waste water from closed-loop zinc plating line will contain mainly non-metal components of plating bath, i.e. ammonium chloride, boric acid and organic additives.

Few units based on this method are now in operation in plating shops in Russia.

Conclusions

1. A membrane cell can be used for the removal of zinc ions from reclaim tanks in zinc plating lines.
2. Cationic membrane reduces to a minimum the anodic discharge of chloride ions.
3. Cathodes with large surface area are preferred to increase the efficiency of the process.

Table 1. Current Efficiency at Lower Concentrations of Zn^{2+} (solution #2)

Zn^{2+} concentration, g/l	Cathode current density, A/dm^2	Current Efficiency, %
Flat cathode		
2.2	0.2	4.2
Wire cathode		
2.7	0.2	38
2.7	0.5	16
1.1	1	9.7
1.1	1	6.8

Сведения об авторах

Ирина В. Одинокова – к.х.н., доцент, e-mail: odinokova_iv@mail.ru

Елена Сергеевна Кругликова – к.т.н., доцент

Даниил А. Федулов – студент

Information about authors

Irina V. Odinkova – Cand. Sci. (Chem.), Prof., e-mail: odinokova_iv@mail.ru

Elena S. Kruglikova – Cand. Sci. (Eng.), ass. Prof.

Daniil A. Fedulov – student

Для цитирования

И.В. Одинокова, Е.С. Кругликова, Д.А. Федулов. Безотходный процесс цинкования из хлоридных электролитов // Гальванотехника и обработка поверхности. 2021. Т. 29, № 3. С. 33-35.

DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_3_33

For citation

Irina V. Odinkova, Elena S. Kruglikova, Daniil A. Fedulov. Closed-loop Zinc Plating in Chloride-Based Solutions. *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*. 2021, vol. 29, no. 3, pp. 33-35.

DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_3_33



Погружной Электрохимический Модуль

ПЭМ – решение экологических проблем гальванического цеха:

- прекращение сброса отработанных растворов благодаря их регенерации
- создание замкнутых технологических циклов

ПЭМ – не требует ни одного квадратного метра дополнительной площади:

- устанавливается непосредственно в рабочую ванну для регенерации раствора
- устанавливается в ванну улавливания для извлечения из промывной воды ионов, заносимых в неё с деталями

ПЭМ – начальные затраты в 50-500 раз ниже, чем в других методах:

- стоимость одного ПЭМ с комплектующими – от 34 тысяч рублей
- для питания пригодны простейшие источники тока мощностью 0,2-2 кВт

ПЭМ – низкие эксплуатационные расходы:

- электроэнергия – 1-5 кВт·ч в сутки
- трудозатраты на обслуживание – 0,5 ч в неделю

ПЭМ – срок окупаемости – 3-4 месяца



Запросы направлять проф. Кругликову Сергею Сергеевичу
Тел. моб.: 8-916-616-96-99

Email: skruglikov@mail.ru

Научно-производственное предприятие "СЭМ.М"

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

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

- 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
- патинирование 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>

Памяти профессора Колесникова В.А.



4 августа 2021 г. ушел из жизни Владимир Александрович Колесников, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии неорганических веществ и электрохимических процессов Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева. Всю свою жизнь он посвятил изучению электрохимических процессов, разработке и внедрению новых электрохимических технологий. Его имя широко известно как на родине в России, так и за её пределами.

Его интерес к науке возник в 1969 году, когда он поступил на первый курс Московского химико-технологического института имени Д.И. Менделеева (МХТИ им. Д.И. Менделеева), в настоящее время это Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д.И. Менделеева), для обучения по специальности «Технология электрохимических производств». В те годы кафедрой заведовал выдающийся советский электрохимик, крупный специалист в области гальванотехники профессор Николай Тихонович Кудрявцев. На кафедре преподавали профессора Михаил Яковлевич Фиошин и Сергей Сергеевич Кругликов, доценты: Калерия Максимовна Тютютина, Нина Габриэловна Бахчисарайцян, Геннадий Александрович Кокарев, Татьяна Евгеньевна Цупак, Раиса Герасимовна Головчанская, Михаил Михайлович Ярлыков. Сотрудники кафедры со студентами занимались научной работой, направленной на разработку новых и более совершенных процессов, используемых в промышленности.

Молодой и энергичный студент В.А. Колесников привлек к себе внимание, как на кафедре, так и в институте. Его доброжелательное отношение к однокурсникам и организаторские способности способствовали тому, что он неоднократно избирался секретарем комитета комсомола факультета, участвовал в работе студенческих строительных отрядов, принимал активное участие в спортивных мероприятиях, проводимых в институте.

В 1974 году В.А. Колесников окончил институт, и в 1975 году поступил в аспирантуру. Диссертационная работа Владимира Александровича была посвящена изучению строения двойного электрического слоя на электродах из двуокиси свинца, которую он успешно защитил в 1978 году на ученом совете Института электрохимии им. А.Н. Фрумкина АН СССР, где и выполнял часть своих исследований.

В период с 1978 по 1983 годы он ассистент кафедры технологии электрохимических производств. Им продолжены работы по исследованию электрохимических свойств оксидно-рутениевых, оксидно-иридиевых, оксидно-кобальтовых электродов, участвует в исследованиях электрохромных явлений на оксидных электродах. Наиболее интересные экспериментальные результаты были опубликованы в журнале «Электрохимия», получены авторские свидетельства на изобретения.

В 1983 году Владимир Александрович был направлен для работы в Анабинский университет Алжира. В эти годы он начал самостоятельные исследования, посвященные изучению применимости электрофлотации для извлечения гидроксидов металлов из водных сред. После возвращения в 1986 году его избирают на должность доцента и в этом же году назначают заместителем проректора по научной работе МХТИ. В 1992 году В.А. Колесников – проректор университета по финансово-экономической деятельности (в 1992 институт был преобразован в РХТУ им. Д.И. Менделеева).

Административная работа не помешала В.А. Колесникову продолжить исследования по разработке технологий очистки сточных вод гальванических и других производств методом электрофлотации. Он является научным руководителем целого ряда диссертационных работ, посвященных как теоретическим

ким исследованиям, так и практическому использованию технологий. Им создано новое направление, заключающееся в разработке физико-химических основ интенсификации и повышения эффективности электрофлотомембранных процессов извлечения дисперсных соединений и эмульсий из жидких техногенных отходов. В январе 1994 года Владимир Александрович защищает диссертацию по двум специальностям «Электрохимия» и «Экология» на соискание ученой степени доктора технических наук. В этом же году был избран на должность профессора кафедры Технологии электрохимических производств, а в 2001 году был назначен на должность проректора по научной работе РХТУ. В 2005 году избран на альтернативной основе ректором университета, а в 2011 году переизбран на второй срок.

Колесников В.А. продолжал вести педагогическую деятельность и заниматься научными исследованиями. Разрабатываемое им научное направление успешно развивается и является основой для создания ресурсосберегающих экологически безопасных технологий извлечения ценных металлов, неорганических и органических дисперсных соединений. Выполнены фундаментальные исследования по развитию теоретических представлений о роли межфазных явлений на границах раздела фаз и установлены физико-химические закономерности электрофлотационного извлечения дисперсной фазы неорганических соединений гидроксидов, карбонатов, фосфатов, сульфидов, оксидов таких

металлов как: медь, никель, цинк, кадмий, железо, марганец, алюминий, хром, свинец, а также дисперсной фазы соединений органической природы.

Разработаны технологические решения интенсификации и повышения эффективности электрофлотомембранного процесса, разработаны новые ресурсосберегающие экологически безопасные технологии извлечения ценных металлов, неорганических и органических дисперсных соединений из жидких техногенных отходов. Под руководством В.А. Колесникова внедрены в промышленность новые современные электрофлотомембранные технологии, аппараты и системы водоочистки более чем на 80 промышленных предприятий РФ, США, Италии и Канаде.

Им опубликовано более 430 научных работ, 10 учебных пособий, 3 монографии, получен 21 патент, подготовлено более 120 инженеров-технологов, 21 кандидат наук и 2 доктора наук. Он Лауреат Премии Президента РФ в области образования (2003 г); награжден Грамотой Комитета по образованию и науке Государственной думы «За большой вклад в развитие образования, науки и техники Российской Федерации» (2007 г); Лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники (2008 г).

Жизнь Владимира Александровича Колесникова оказалась прерванной в расцвете сил и творческих замыслов, и его кончина стала горькой утратой для его учеников, коллег, сотрудников, и всех кто его знал.

Коллектив кафедры ТНВиЭП

Dr. Vladimir Kolesnikov passed away

Dr. Vladimir Kolesnikov passed away on August 4th, 2021. During last few years Dr. Kolesnikov has been a head of the Dept. of Inorganic and Electrochemical Technology at the Mendeleev University of Chemical Technology of Russia and for a number of previous years he was a Vice-Rector and Rector of the University. His scientific career was closely related with the creation and implementation of new processes used for the prevention of the contamination of the environment by plating industry, using the removal of metal compounds and other contaminants from spent process solutions and rinse water.

Numerous new processes were implemented in 80 mainly plating shops in Russia, United States, Canada and Italy.

Dr. Kolesnikov has published 3 monographies, 10 textbooks and 430 papers. Dr. Kolesnikov is an author of 21 patents.

His achievements were awarded by «Presidents Prize», and «Government Award».

Colleagues in the Dept. of Inorganic & Electrochemical Engineering

СРОКИ ПРОВЕДЕНИЯ И УСЛОВИЯ УЧАСТИЯ В 2021 ГОДУ

Курсы: «Гальванотехника и гальвано — химическая обработка поверхности металлов»

Группа (шифр)	Дата проведения	Стоимость, руб.
Группа № 69 (КГ - 69)	18 октября – 27 октября*	40300 – 00
Группа № 70 (КГ - 70)	15 ноября – 19 ноября	33700 – 00

*Посещение 19-й Международной выставки технологий, оборудования и материалов для обработки поверхности и нанесения покрытий «ExpoCoating Moscow 2021»

Курсы: «Аналитический контроль в гальваническом производстве»

Группа (шифр)	Дата проведения	Стоимость, руб.
Группа № 28 (АКГ - 28)	11 октября – 15 октября	33500 – 00

** Посещение 19-ой международной выставки лабораторного оборудования и химических реактивов «Аналитика Экспо 2021»

Стоимость обучения НДС не облагается. Оплата перечислением.

Регистрация слушателей день начала курсов с 10-00 до 11-00 часов в МХО им. Д.И. Менделеева по адресу: Москва, Колокольников переулок, 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 414 корпуса «Вега» (4 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. В заявке просим указать: реквизиты предприятия, кто подписывает договор (ФИО полностью) и на основании какого документа.

Телефон для подачи заявок и справок:

тел/факс: (495) 625-86-00, (495)742-04-22,
(977) 543-49-01 — МХО им. Д.И. Менделеева
e-mail: mosmho@yandex.ru http: www.mmho.ru

Шаблон для авторов

DOI:

УДК 544.6;546.56;546.742

Заголовок статьи, отражающий ее содержание
(Шриф Times New Roman, 14, п/ж, выравнивание по центру)

(Пустая строка)

© 2020 А. А. Автор¹, Б. Б. Автор², В. В. Автор³, и т.д.

(Пустая строка)

¹ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., 9. Тел. +7*****, e-mail: *****

² Всероссийский институт научной и технической информации РАН, 125190 Москва, ул. Усиевича, 20 Тел. +7*****, e-mail: *****

³ Ивановский государственный химико-технологический университет, 153000 Иваново, Шереметевский проспект, 7

(пустая строка)

Аннотация

Текст аннотации, в котором должно содержаться не менее 150-250 слов. В аннотации подчеркивается цель работы и полученные фактические, в том числе количественные, результаты.

(пустая строка)

Ключевые слова: 5-10 слов или словосочетаний (не более 2-х слов в словосочетании)

(пустая строка)

Далее следует текст на английском языке

UDC 544.6;546.56;546.742

Title of the article

© 2021 A. A. Author¹, B. B. Author², V. V. Author³, ...

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, 125047, Miusskya Sq., 9. Phone: +7(***)*****, e-mail: *****

²All-Russian Institute for Scientific and Technical Information of Russian Academy of Sciences, 20, ul. Usievich, Moscow, A-190, Russian Federation

³Ivanovo State University of Chemistry and Technology, 7, Sheremetievskiy ave., Ivanovo, 153000, e-mail: np0920@yandex.ru

(пустая строка)

Abstract

Текст аннотации на английском языке, в котором должно содержаться не менее 150-250 слов. В аннотации подчеркивается цель работы и полученные фактические, в том числе количественные, результаты.

(пустая строка)

Keywords: electroflotation, wastewater treatment, copper, nickel, organic compositions, purifying liquid, penetrant, solvent, varnish

Введение

Данный шаблон содержит правила и примеры оформления рукописи для представления в журнал «Гальванотехника и обработка поверхности».

Весь текст набирается шрифтом Times New Roman, 14 и выравнивается «по ширине». Подписи к рисункам, таблицам делают тем же шрифтом, но с размером 12. Размер всех полей устанавливают 20 мм.

Во ВВЕДЕНИИ отражают актуальность, современное состояние проблемы, описывают кратко достигнутые другими исследователями и авторами настоящей статьи результаты, обозначаются нерешенные проблемы. Введение заканчивают описанием цели и задач исследования. Объем ВВЕДЕНИЯ не должен превышать 2,5 страниц (Шрифт Times New Roman, 14, выравнивание по ширине).

Описывая современное состояние рассматриваемой проблемы необходимо цитировать оригинальные работы, опубликованные в отечественных непереводных [1], переводных [2] и зарубежных [3] журналах, книгах на русском [4] или иностранном языке [5], а также индексируемые в международных базах данных WoS или Scopus материалы конференций [6]. Список литературы и правильность выбора цитируемых источников должны составляться с учетом их доступности для отечественных и зарубежных читателей. Список литературы и его аналог на английском языке (REFERENCES) прилагается в конце статьи. Библиографическое описание указанных типов работ различное для раздела ЛИТЕРАТУРА (ГОСТ Р 7.0.5-2008) и REFERENCES, в которых и отражены примеры для соответствующих типов цитируемых источников. Списки литературы (References), обрабатываются (размечаются) в наукометрических базах данных (РИНЦ, Scopus, WoS) автоматически, поэтому все перечисленные данные необходимо представлять в том порядке и по правилам с сохранением указанной пунктуации и форматирования, которые указаны в примерах, что позволит их корректно обработать.

Как правило, рекомендуемое количество цитируемых работ составляет 25-60, в зависимости от области исследования, в том числе российских авторов (~40-50%). Для объективного отражения современного состояния и актуальности решаемой в статье проблемы с последующим определением цели работы, в списке литературы должно быть не менее 15-20 цитируемых источников за последние 10-15 лет (более ранние ссылки и ссылки на материалы конференций не должны превышать 10%). Ссылки на статьи авторов или статьи, опубликованные в журнале «Гальванотехника и обработка поверхности» (самоцитирование), не должны превышать 30%.

Ссылки на неопубликованные работы (диссертации, авторефераты) или не индексируемые в международных базах данных труды, сборники тезисов докладов конференций или учебные пособия и т.п. не допускаются.

Ссылки на ГОСТ даются в тексте статьи (ГОСТ 6.301-79) и не приводятся в списке литературы.

Цитирование книг, монографий следует ограничить (не более 10% в списке литературы).

В статье должны использоваться физические единицы и обозначения, принятые в Международной системе единиц: СИ (ГОСТ 9867-61). В качестве исключения, допускается использование распространенных внесистемных единиц (электрон-Вольт (эВ) или литр (л) и т.п.), если это способствует ясности изложения материала.

Точка не ставится после: «УДК», заглавия статьи, авторов, адресов, заголовков и подзаголовков, названий таблиц, размерностей (с – секунда, г – грамм, мин – минута, сут – сутки, град – градус, Дж, Кл).

Пробел не ставится перед знаком « % » (40%), при указании валентности (хром(III)) и при указании температуры (15 °С).

Заряд иона обозначается надстрочными символами, а обозначение химического элемента всегда прямым шрифтом (Cu^{2+}).

Между цифрами и словами ставится знак « – ». Например, U изменяется в диапазоне 3–18 (не 3-18).

Формулы следует набирать с помощью редакторов формул, встроенных в текстовую программу. Предпочтительно использование стандартного редактора формул - MS Equation или редактора MathType.

$$E = E^{\circ} + \frac{2,3RT}{nF} \lg a_{\text{Cu}^{2+}} \quad (1)$$

Все формулы должны быть пронумерованы цифрами в круглых скобках. Ссылки на формулы указываются цифрами в круглых скобках, например, уравнение (1).

Большинство обозначений физических величин следует набирать курсивным (наклонным) шрифтом, а не прямым (j – плотность тока, U – напряжение, E – электродный потенциал и т.п.). Исключения составляют символы математических функций \exp , \lg , \ln , \lim , \sin , и т.д., а также греческие символы (λ , τ , γ , Φ , κ , Σ) и индексы, образованные от фамилий: E_F , (от Fermi), θ_D (от Debye) и т.д., или от сокращений слов: $Q_{\text{дж}}$ (от Joule), ВТ (от «выход по току»), СЕ (от «current efficiency») и т.д.

Материалы и методы исследования

В этом разделе в первую очередь описываются исходные реактивы, материалы и составы растворов. При описании реактивов, использовавшихся при выполнении экспериментальной работы, необходимо указать квалификацию реактива (ос.ч., х.ч., ч.д.а. ч., техн.). Описать необходимо все реактивы, использованные в работе, в том числе вспомогательные (растворители, газы, кислоты и щелочи и т.д.). Если использованные реагенты очищали в лабораторных условиях перед проведением эксперименты, указывают метод очистки.

Для различных смесей, добавок, материалов и т.п. указывают производителя продукта, ТУ или ГОСТ, которым соответствует данная продукция. Например, «...была проведена дополнительная фильтрация раствора с помощью обеззоленных фильтров «Синяя лента» с диаметром пор 1 мкм (ТУ 2642-001-13927158-2003) или «В качестве блескообразующей добавки использовали ЦКН-01 (ТУ 2499-002-40195348, НПП СЭМ.М)».

Далее в деталях описываются экспериментальные методы, способы, которые использовались для получения образцов, результатов. Обычно сначала дается общая схема экспериментов/исследования, затем они представляются настолько подробно и с таким количеством деталей, чтобы любой компетентный специалист мог воспроизвести их, пользуясь лишь текстом статьи. В случаях, когда методика проведения эксперимента, синтеза соединения не является оригинальной, а описана ранее, достаточно указать общую схему проведения исследования и дать ссылку в индексируемом журнале на работу, содержащую его описание.

Описание экспериментов приводят подробно, чтобы сделать возможным их воспроизведение.

Затем описываются физико-химические и/или физико-механические и/или аналитические методики, использованные для получения экспериментальных результатов. Необходимо указать, марку, модель задействованного оборудования и условия проведения опытов. При описании приборной базы указывают название модели прибора и производителя.

Статистические процедуры представляются кратко, поскольку в большинстве случаев используются либо хорошо известные способы статистического анализа, либо их модификации.

Если статья посвящена теоретическому исследованию, то название этого раздела заменяется на «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ» или «МЕТОДЫ РАСЧЕТА».

В теоретической работе в разделе «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ» или «МЕТОДЫ РАСЧЕТА» приводят математические выкладки с такой степенью подробности, чтобы можно было легко воспроизвести их и проверить правильность полученных результатов. Включите все необходимые данные, формулы, уравнения, назовите, какие преобразования над ними совершались.

Результаты и обсуждение

Раздел «РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ» должен содержать экспериментальные или теоретические данные, полученные в ходе исследования. Результаты даются в виде таблиц, графиков, диаграмм, уравнений, фотографий, рисунков. Все способы представления результатов количественного исследования (текст, таблицы и рисунки) должны дополнять, а не повторять друг друга. В этом разделе приводятся факты и их интерпретация, сопоставление с данными других исследователей (если есть такая возможность), предположения о полученных фактах.

Рисунки. Рисунки должны быть в черно-белом (не сером и не цветном) исполнении, отображать разумное количество информации и не быть перегруженными (рис. 1, 2). На подписях к осям обозначения переменных отделять от единиц измерения запятой (V , м/с (m/s)). Подписи к осям обязательно приводятся на русском и английском языках. Метки делений на осях располагают наружу. Все символы и надписи на рисунках должны быть четко видны и выполнены с использованием шрифта Times New Roman, размером 12. Все кривые нумеруются и расшифровываются в подрисуночной подписи, которая приводится на русском и английском языках. Разрешение рисунков должно быть не менее 600 точек на дюйм. Все рисунки должны быть пронумерованы и иметь подписи. Допускается использование цветных рисунков. В электронной версии статьи цветные рисунки бесплатны. В печатной версии статьи цветные рисунки по умолчанию печатаются бесплатно в градациях серого цвета или за дополнительную плату издательству в цветном. Ссылки на рисунки в тексте даются как рис.1, рис.2.

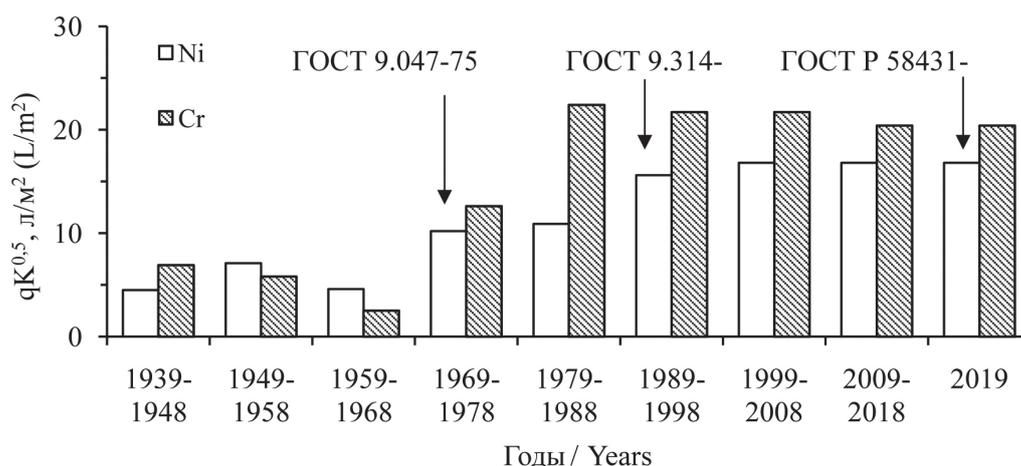


Рис. 1. Динамика удельного потребления воды на промывки ($qK^{0.5}$) после никелирования и хромирования
Fig. 1. Dynamics of specific washing water consumption ($qK^{0.5}$) after Nickel and Chromium plating
(пустая строка)

Каждый график, каждая таблица должны быть представлены и описаны в тексте.

Обычно текстовое описание иллюстрационного материала состоит из трех элементов. Первый указывает, что именно представлено в виде графика (таблицы и т.п.), и где это можно найти в статье. Второй описывает наиболее важные черты этого графика, а третий уже комментирует.

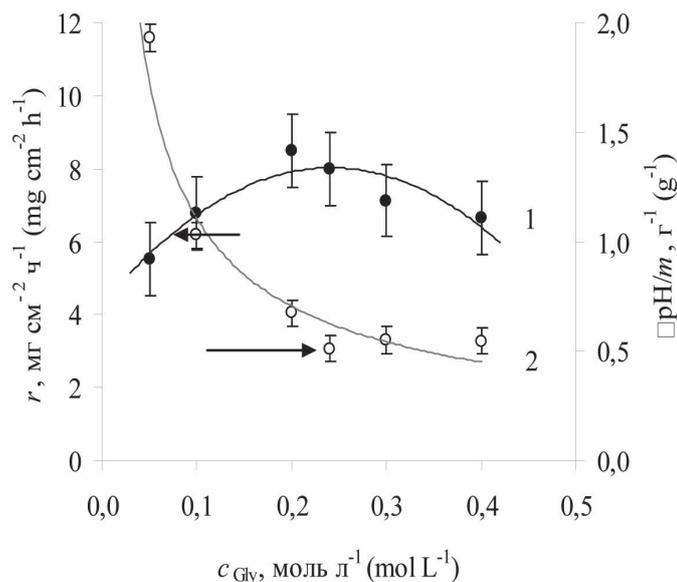


Рис. 2. Влияние концентрации глицина на скорость осаждения (1) и удельное изменение pH раствора после осаждения покрытий (2). Состав (моль/л) раствора: $NiSO_4 - 0.12$, $NaH_2PO_2 - 0.36$, $HGly - 0.05 - 0.40$, $H_2Succ - 0.2$, $Pb^{2+} - 10^{-5}$; pH – 5.8.

Fig. 2. Effect of the glycine concentration on the deposition rate (1) and the specific change in the pH of the solution after deposition of the coatings (2). Composition (mol/L) of the solution: $NiSO_4 - 0.12$, $NaH_2PO_2 - 0.36$, $HGly - 0.05 - 0.40$, $H_2Succ - 0.2$, $Pb^{2+} - 10^{-5}$; pH – 5.8.

(пустая строка)

Таблицы должны быть пронумерованы и снабжены подписями на русском и английском языках. Все графы в таблицах должны иметь заголовки на русском и английском языках и быть разделены вертикальными и горизонтальными линиями. Сокращения слов в таблицах не допускаются. Ссылки на таблицы даются следующим образом: табл.1, табл.2 и т.д.

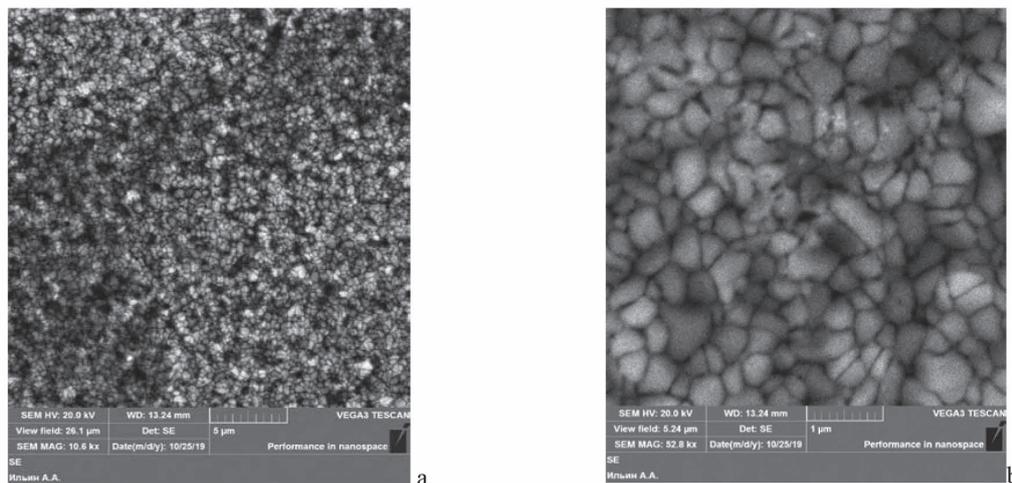


Рис. 3. СЭМ изображения поверхности серебряного электрода при различных увеличениях/ Масштаб: а – 5 мкм, б – 1 мкм.

Fig. 3. SEM images of the silver electrode surface at different magnifications Scale: a – 5 μm, b – 1 μm.

(пустая строка)

Таблица 5. Затраты электроэнергии на извлечение суммы тяжелых металлов
Table 5. Electricity consumption for the extraction of the amount of heavy metals

Номер пробы Sample number	Время извлечения, ч Retrieval time, h	j , А/дм ² j , A/dm ²	Удельные затраты электроэнергии Specific power consumption	
			кВт·ч/м ³ kW·h/m ³	кВт·ч/г kW·h/g
Проба I Sample No. 1	0,5	5	2,2	0,022
		10	4,3	0,042
Проба II Sample No. II	1,5	10	9,8	0,010

(пустая строка)

В этом разделе можно:
перечислить основные результаты, независимо от того, поддерживают или опровергают они проверяемую гипотезу, находятся в согласии или в противоречии с данными других исследователей;

- обобщить результаты;
- сравнить результаты с данными других исследователей;
- привести возможные объяснения сходства и противоречий с другими исследованиями;
- напомнить о цели и гипотезе исследования;
- обсудить соответствуют ли полученные результаты гипотезе исследования;
- указать на ограничения исследования и обобщения его результатов;
- предложить практическое применение;
- предложить направление для будущих исследований.

Заключение

Заключение должно содержать главные идеи основного текста статьи. Эту часть раздела надо тщательно отредактировать, чтобы не повторять формулировки, приведенные в предыдущих разделах. Желательно сравнить полученные результаты с теми, которые планировалось получить, а также показать их новизну и практическую значимость, прописать ограничения, с которыми столкнулись в ходе работы. В конце приводятся выводы и рекомендации, определяются основные направления дальнейших исследований в данной области.

Благодарности (если необходимо)

Работа выполнена в рамках РНФ (темы НИР и т.п.) № 0226-2019-0052.

Работа выполнена при финансовой поддержке РХТУ им. Д.И. Менделеева (проект № 3-2020-004).

Авторы благодарят д.х.н., профессора И. О. Фамилия за проведение консультаций, И О. Фамилия – за предоставление качественных фотографий образцов, выполненных с использованием растрового электронного микроскопа и т.п.

Литература

(Оформление по ГОСТ Р 7.0.5-2008 + doi: если есть)

Статья в отечественном непереводном журнале

1. Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н., Балмасов А.В. Электроосаждение цинк-никелевых покрытий из растворов оксалата аммония // Гальванотехника и обработка поверхности. 2019. Т. 27, № 1. С. 4 – 12. doi: 10.47188/0869-5326_2019_27_1_4

Статья в отечественном переводном журнале (ссылка на русскоязычную версию)

2. Винокуров Е.Г. Вероятностно-термодинамическая модель выбора лигандов при разработке составов растворов для электроосаждения сплавов и мультивалентных металлов // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2010. Т. 46, № 5. С. 543–547.

Статья в зарубежном журнале

3. Oliveira A.L.M., Costa J.D., Sousa M.B. de, Alves J.J.N., Campos A.R.N., Santana R.A.C., Prasad S. Studies on electrodeposition and characterization of the Ni-Fe alloys coatings. Journal of Alloys and Compounds. 2015. V. 619, № 1. P. 697-703. doi: 10.1016/j.jallcom.2014.09.087.

или

Oliveira J. A. M., Raulino A. M. D., Raulino J. L. C, Campos A. R. N., Prasad S., Santana R. A. C. de. Effect of Current Density and pH in Obtaining the Ni-Fe Alloy by Electrodeposition. Revista Materia. 2017. V. 22, № 1. e11773. doi: 10.1590/S1517-707620170001.0105.

Книга на русском языке

4. Колесников В.А., Меньшутина Н. В., Десятков А. В. Оборудование, технологии и проектирование систем очистки сточных вод. М. : ДеЛи плюс, 2016. 289 с.

Книга на английском (иностранном) языке

5. Gruhn G., Kafarov V.V., Meshalkin V.P., Neumann W. *Zuverlässigkeit von Chemieanlagen*, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1979. 257 p.

Glasman-Deal H. *Science Research Writing for Non-Native Speakers of English*. Imperial College London, UK, 2010, 127 p.

Тезисы докладов, статья в материалах индексируемой конференции

6. Kudryavtsev V.N., Vinokurov E.G., Schachameyer S.R., Azarko O.E., Kuznetsov V.V.. [Engineering properties of hard chromium coatings electrodeposited from Cr(III) bath]. *Proceedings of the 83rd AESF Annual Technical Conference*. Cleveland, 1996, pp. 433-438.

References

Статья в отечественном непереводном журнале

1. Shekhanov R.F., Gridchin S.N., Balmasov A.V. Elektroosazhdenie tsink-nikelevykh pokrytiy iz rastvorov oksalata ammoniya [Electrodeposition of Zn-Ni Coatings from Ammonium Oxalate Bath]. *Galvanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*, 2019, vol. 27, no. 1, pp. 4 – 12. doi: 10.47188/0869-5326_2019_27_1_4. (in Russian).

Статья в отечественном переводном журнале (ссылка на англоязычную версию)

2. Vinokurov E.G. Thermodynamic Probability Model of Ligand Selection in Solutions Designed for Electrodeposition of Alloys and Multivalent Metals. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 2010, vol. 46, no. 5, pp. 615-619. doi:10.1134/S2070205110050205.

Статья в зарубежном журнале

3. Oliveira A.L.M., Costa J.D., Sousa M.B. de, Alves J.J.N., Campos A.R.N., Santana R.A.C., Prasad S. Studies on electrodeposition and characterization of the Ni-Fe alloys coatings. *Journal of Alloys and Compounds*, 2015, vol. 619, no. 1, pp. 697-703. doi: 10.1016/j.jallcom.2014.09.087.

или

Oliveira J. A. M., Raulino A. M. D., Raulino J. L. C., Campos A. R. N., Prasad S., Santana R. A. C. de. Effect of Current Density and pH in Obtaining the Ni-Fe Alloy by Electrodeposition. *Revista Materia*, 2017, vol. 22, no. 1, e11773. doi: 10.1590/S1517-707620170001.0105.

Книга на русском языке

4. Kolesnikov V.A., Menshutina N.V., Desyatov A.V. *Oborudovaniye, tekhnologii i proyektirovaniye sistem ochistki stochnykh vod* [Equipment, processes and design of wastewater treatment systems]. Moscow, DeLi Plus, 2016. 289 p. (in Russian)

Книга на английском (иностранном) языке

5. Gruhn G., Kafarov V.V., Meshalkin V.P., Neumann W. *Zuverlässigkeit von Chemieanlagen*, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1979. 257 p.

Glasman-Deal H. *Science Research Writing for Non-Native Speakers of English*. Imperial College London, UK, 2010, 127 p.

Тезисы докладов, статья в материалах индексируемой конференции

6. Kudryavtsev V.N., Vinokurov E.G., Schachameyer S.R., Azarko O.E., Kuznetsov V.V.. [Engineering properties of hard chromium coatings electrodeposited from Cr(III) bath]. *Proceedings of the 83rd AESF Annual Technical Conference*. Cleveland, 1996, pp. 433-438.

Сведения об авторах

Аунг Пьяе – аспирант, e-mail: aungpyae05@gmail.com (автор, ответственный за переписку)

Хейн Тху Аунг – к.т.н., e-mail: spiritlay@yandex.ru

Колесников Артём Владимирович – к.т.н., доцент e-mail: artkoles@list.ru

Винокуров Евгений Геннадьевич – профессор, д.х.н., e-mail: vin-62@mail.ru

Information about authors

Aung Pyae – Postgraduate student, e-mail: aungpyae05@gmail.com

Hein Thu Aung – Ph.D., e-mail: spiritlay@yandex.ru

Kolesnikov A. V. – Cand. Sci. (Eng.), Senior researcher, e-mail: artkoles@list.ru

Vinokurov Evgeny G. – Professor, Dr.Sci (Chem.), e-mail: artkoles@list.ru

Журнал «Гальванотехника и обработка поверхности» К сведению подписчиков!

Подписка на журнал производится через местные почтовые отделения.

Журнал включен в Объединенный каталог «Пресса России» 2021/1; каталог стран СНГ 2021/1;
Каталог Украины 2021/1; адресный каталог «Библиотечный каталог» 2021/1.

Агентство АРЗИ. Индекс **87867**.

В редакции также можно приобрести:

Журнал "Гальванотехника и обработка поверхности" и книги	Цена, руб
2020 год (4 номера)	1000
2019 год (4 номера)	900
2018 год (4 номера)	900
2017 год (4 номера)	900
2016 год (4 номера)	900
2015 год (4 номера)	800
2014 год (4 номера)	800
Фосфатирование. (Изд. 2-е, дополн. и перераб.) Григорян Н.С., и др.	300
Цинкование. Техника и технология. Окулов В.В. (Электронная версия)	100
Электролитическое хромирование. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н.	300
Организация гальванического производства. Оборудование, расчет производства, нормирование. Виноградов С.С. Электронная версия.	100
Экологически безопасное гальваническое производство. (Изд. 2-е, дополн. и перераб.) Виноградов С.С. Электронная версия.	100
Промывные операции в гальваническом производстве. Виноградов С.С. Электронная версия.	100
Никелирование. Мамаев В.И., Кудрявцев В.Н.	300
Оксидирование алюминия и его сплавов. Скопинцев В.Д.	300

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. Главный редактор **Кругликов С.С.**

Тел: (499) 978-59-90; **E-mail:** gtech@muctr.ru

Интернет-сайт журнала: www.galvanotehnika.info

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

Банк плательщика

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

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

Адреса организаций и фирм, поместивших рекламу**ООО "АРБАТ" (стр. 20)**

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. 25)

600033 г. Владимир, ул. Элеваторная 6;
E-mail: vladimir@vladbmt.ru, www.vladbmt.ru;
(4922) 522343, 522348, факс (4922)522314

Гальванические технологии (стр. 24)

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. 27)

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

НАВИКОМ (стр. с3)

150007, г. Ярославль, ул. Университет-
ская д.21;тел (4852)741-121, 741-567;E-mail:
commerce@navicom.yar.ru;www.navicom.yar.ru

РТС Инжиниринг (стр. с2)

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 "СОНИС" (стр. 26)

108841, г. Троицк, ул. Полковника Куроч-
кина, 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. 37)

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

ООО "ХИМСИНТЕЗ" (стр. 21)

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

НПП "ЭКОМЕТ" (стр. 23)

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

ЗАО "ХИМСНАБ" (стр. 22)

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

ТД "Элма" (стр. 24)

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

Заказ № 1619. Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии ООО «АльфаСтайлС»
107023, г. Москва, ул. Электrozаводская, дом 21, этаж 3,
помещение СХИХ, комната 157,160



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:

- 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)
- Управление параметрами работы:
 - ✓ Ток
 - ✓ Напряжение
 - ✓ Полярность
 - ✓ Запуск/останов
 - ✓ Запуск программы
- Просмотр и редактирование программ (как встраиваемых в АВ, так и хранимых в ПК).
- Протоколирование выбранных пользователем параметров АВ.
- Ведение архива протоколов (хранение, визуализация, экспорт в файл, вывод на печать).
- Работа с диагностическими данными (сбор, хранение, визуализация, экспорт в файл для целей удаленной диагностики, импорт из файла).
- Возможность управления несколькими АВ одновременно.
- Несколько уровней пользователей: оператор, технолог, администратор; управление доступом к функциональным блокам программы.



Способы коммуникации:

- Подключение к АВ по выбору пользователя:
 - RS-485
 - TCP/IP
- 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./факсе: (4852) 74-11-21, 74-15-67 или на e-mail: 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/>.



Expo
Coating
MOSCOW

19-я Международная
выставка материалов
и оборудования
для обработки
поверхности,
нанесения покрытий
и гальванических
производств

26|27|28
ОКТАБРЯ
2021

Москва, Крокус Экспо



Организатор — компания MVK
Офис в Санкт-Петербурге

MVK Международная
Выставочная
Компания

+7 (812) 380 6000
expocoating@mvk.ru

Подробнее о выставке:
expocoating-moscow.ru

12+