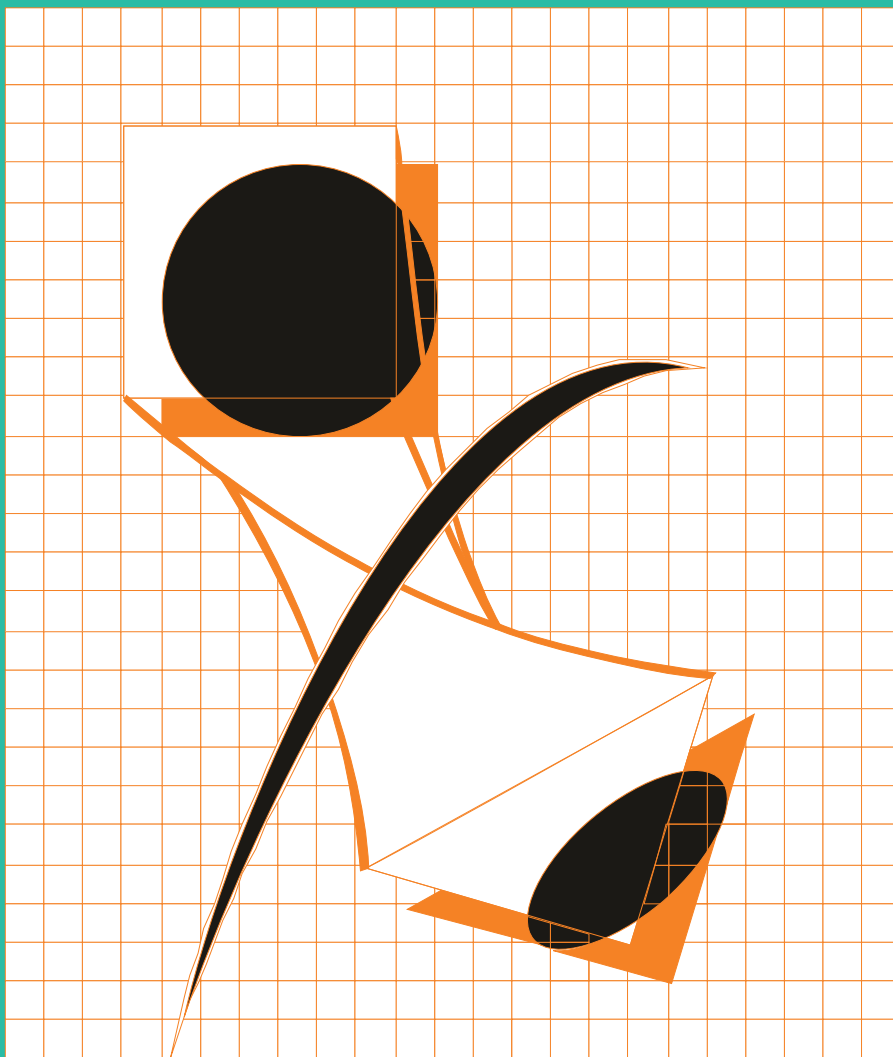


ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT



Наука
Экология
Технология
Оборудование
Печатные платы
Образование

Science
Environments
Processes
Equipment
PC boards
Training

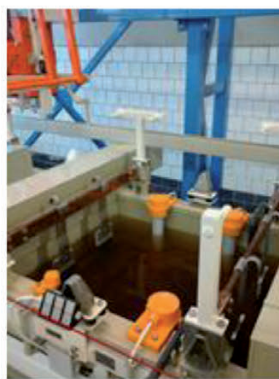


Сделано в России

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.

№ 2

2021 год

том 29

Содержание

<i>Коррозия и защита материалов</i>	Исследование электрохимических свойств покрытия на основе натриевого жидкого стекла, наполненного фосфатом цинка Л. Х. Куан, К. Н. Линь, М. В. Минь, Н. В. Чи, Н. К. Куанг, Д. В. Киен	4
<i>Электроосажде- ние металлов и сплавов</i>	Электрохимическая модификация поверхности серебра в хлоридсодержащих растворах В. С. Белова, А. В. Балмасов 11 Электроосаждение покрытий цинк-железо из растворов оксалата аммония Р. Ф. Шеханов, С. Н. Гридчин 19 Исследование гибридных материалов для электрохимической энергетики, полученных с использованием переменного асимметричного тока А.В. Храменкова, А.И. Изварин, О.А. Финаева, Е.А. Яценко 34	
<i>Персоналии</i>	Эпоха Кудрявцева Е.Н. Будрейко 44	
<i>Информация</i>	Курсы повышения квалификации 56 Выставки, конференции, семинары 31 Информация для авторов 57-62	

ELECTROPLATING & SURFACE TREATMENT

Published since 1992

№ 2

2021

т. 29

Contents

<i>Corrosion and material protection</i>	Research of electrochemical properties of zinc phosphatefilled coating based on sodium liquid glass <i>L. H. Kuan, K. N. Lin, M. W. Min, N. W. Chi, N. K. Quang, D. W. Kien</i>	4
<i>Electroplating of metals and alloys</i>	Electrochemical modification of silver surface in chloride-containing solution <i>V. S. Belova, A. V. Balmasov</i>	11
	Electrodeposition of zinc-iron coatings from ammonium oxalate baths <i>R. F. Shekhanov, S. N. Gridchin</i>	19
	Research of hybrid materials obtained using alternating asymmetric current for electrochemical power industry <i>A. V. Khramenkova, A.I. Izvarin, O.A. Finaeva, E.A. Yatsenko</i>	34
<i>Personal</i>	ERA of Kudryavtsev <i>Ekaterina N. Budreyko</i>	44
<i>Information</i>	On the training courses for plating engineers	56
	Congressess, Conferences, Meetings	31

DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_4

УДК 691-419.8.620-193

Исследование электрохимических свойств покрытия на основе натриевого жидкого стекла, наполненного фосфатом цинка

© 2021 Л. Х. Куан, К. Н. Линь, М. В. Минь, Н. В. Чи, Н. К. Куанг, Д. В. Киен

Российско-Вьетнамский тропического центр, Вьетнам,
г. Ханой, Нгия До, Кау Зай, ул. Нгуен Ван Хуен, д. 63
Тел. + (04) 37562282, e-mail: zgurskaya_spgu@bk.ru

Было проведено множество исследований по использованию ингибиторов коррозии фосфата цинка в органических красках, однако существует мало исследований его эффективности в красках на основе натриевого жидкого стекла. Поэтому, целью данного исследования явилось изучение влияния фосфата цинка на защитные свойства силикатных покрытий (условное название SILIZIN 03) с использованием метода электрохимического импеданса (EIS). Изучение электрохимических свойств покрытия является важной основой для оценки эффективности антикоррозионной защиты, а также совершенствования технологии производства этих материалов. Исследование посвящено оценке коррозионно-защитных свойств покрытия, содержащего в качестве наполнителя фосфат цинка $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ (условное название SILIZIN 03), а в качестве связующего – высокомодульное натриево жидкое стекло. Применялись методы электрохимической импедансной спектроскопии (EIS) с использованием потенциостата-гальваностата AutoLab PGSTAT204N. Измерительная система состояла из трех электродов: электрода сравнения Ag/AgCl в растворе 3М KCl; вспомогательного электрода – Pt (8x8 мм) и рабочих электродов для определения потенциала коррозии (Ecorr) и расчета эквивалентных электрических цепей, используемых для объяснения результатов измерения импеданса. Показано, что электрохимический метод эффективен для изучения коррозионных характеристик покрытия SILIZIN 03 на стали. Результаты свидетельствуют о том, что покрытие на основе натриевого жидкого стекла, содержащее фосфат цинка, ингибирует коррозионные процессы на поверхности стали и обеспечивает эффективную защиту при содержании пигмента 50% и 60% по массе.

Ключевые слова: коррозия, цинк-фосфатные покрытия, силикатные лакокрасочные материалы, электрохимические свойства, высокомодульное натриево жидкое стекло

Research of electrochemical properties of zinc phosphate-filled coating based on sodium liquid glass

© 2021 L. H. Kuan, K. N. Lin, M. W. Min, N. W. Chi, N. K. Quang, D. W. Kien

Russian-Vietnamese Tropical Center, Vietnam,
Hanoi, Ngia Do, Kau Zai, st. Nguyen Van Huen, 63
Tel. + (04) 37562282, e-mail: zgurskaya_spgu@bk.ru

There have been many studies on the use of zinc phosphate corrosion inhibitors in organic paints, but there is little research on its effectiveness in soda water glass paints. Therefore, the purpose of this study was to study the effect of zinc phosphate on the protective properties of silicate coatings (code name SILIZIN 03) using the electrochemical impedance method (EIS). The study of the electrochemical properties of the coating is an important basis for assessing the effectiveness of anti-corrosion protection, as well as improving the production technology of these materials. The study is devoted to the evaluation of the corrosion-protective properties of the coating containing zinc phosphate $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ as a filler (conditional name SILIZIN 03), and as a binder – high-modulus sodium liquid glass. Electro-chemical impedance spectroscopy (EIS) methods were used using an AutoLab PGSTAT204N electro-galvanostat. The measuring system consisted of three electrodes: an Ag/AgCl reference electrode in a 3M KCl solution; The auxiliary electrode – Pt (8x8 mm) and the working electrodes for determining the corrosion potential (E_{corr}) and calculating the equivalent electrical circuits used to explain the results of the impedance measurement. It is shown that the electrochemical method is effective for studying the corrosion characteristics of the SILIZIN 03 coating on steel. The results indicate that the coating based on sodium liquid glass containing zinc phosphate inhibits corrosion processes on the steel surface and provides effective protection at a pigment content of 50% and 60% by weight.

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

Введение

В настоящее время силикатные покрытия на основе натриевого жидкого стекла широко применяются в промышленности вследствие их экологической безопасности, нетоксичности, негорючести и высокой защитной эффективности. Силикатные лакокрасочные материалы представляют собой суспензии водных растворов силикатов натрия или калия, модифицированные ультрадисперсными пигментами и наполнителями. При отверждении силикатного покрытия, а именно силикат-натриевого (калиевого) связующего, образуется соль кремниевой кислоты, которая быстро разлагается и образует пористое покрытие, состоящее из оксида кремния. Поверхности наполнителей, пигментов, а также минеральной подложки взаимодействуют с кремниевой кислотой с последующим формированием окрасочного покрытия [1-4].

Силикатные покрытия используются для защиты металлов благодаря их хорошей адгезии, высокой стойкости к растворителям, улучшенным механическим свойствам. Механизм защиты стали силикатными покрытиями сводится к формированию прочного барьерного слоя, содержащего ингибирующие пигменты и препятствующего контакту агрессивной среды со стальной подложкой [5-6].

Пигменты на основе свинца и хрома обладают превосходными ингибирующими свойствами, но они являются токсичными для окружающей среды. Для замены токсичных пигментов был разработан и предложен целый ряд экологически безопасных пигментов, например фосфатов [7, 8], ферритные пигменты [9, 10].

Фосфат цинка (ZP) представляет собой синтетический неорганический пигмент белого цвета, предназначенный для производства антикоррозионных

лакокрасочных материалов на основе алкидных, эпоксидных, акриловых смол, как на водной основе, так и на основе органических растворителей. Механизм антикоррозионного действия ZP включает диссоциацию соединения под действием воды, проникающей в покрытие, и образование комплексной кислоты. Комплексная кислота или ее комплексы с пленкообразователем реагируют с ионами железа на микроанодных участках коррозионной ячейки с образованием стабильного, прочно удерживаемого комплексного ингибитора коррозии [11,12].

Материалы и методы исследования

В работе использовали натриево-силикатное жидкое стекло с кремниевым модулем $M = 4,78$ в качестве связующего и фосфат цинка PZ - 20 ($Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ (производство Франция).

Покрытие SILIZIN 03 состоит из двух компонентов: компонент А - связующее (водный раствор высокомолекулярного жидкого стекла); компонент В - наполнитель (порошок фосфата цинка, мел технический, пигмент оксид железа синий изготовленный по специальной технологии для данного типа связующего).

Для электрохимических исследований были подготовлены образцы с покрытием SILIZIN 03 с различным содержанием фосфата цинка по массе, составы которых представлен в табл. 1.

Испытуемыми образцами являлись стальные пластины Ст3 с размером $100 \times 150 \times 2$ мм. Углеродистая сталь с поверхностной обработкой Ra 2,5. Стальные образцы были окрашены кистью краской SILIZIN 03 в 2 слоя, общей толщиной 110 ± 5 мкм. После нанесения покрытия на стальные пластины образцы хранились при комнатной температуре в течение 7 дней и затем выставлялись на испытания.

Таблица 1. Состав покрытий SILIZIN 03 с различным содержанием фосфата цинка
Table 1. Composition of SILIZIN 03 coatings with different contents of zinc phosphate

Покрытия SILIZIN 03	Содержание фосфат цинка в компоненте В, % (по массе)
SILIZIN 03/ ZP-30	30
SILIZIN 03/ ZP-40	40
SILIZIN 03/ ZP-50	50
SILIZIN 03/ ZP-60	60



Рис. 1. Схема электрохимической ячейки
Fig. 1. Diagram of an electrochemical cell

Поляризационные измерения проводили в трех-электродной электрохимической ячейке с хлоридсеребряным электродом сравнения с использованием потенциостата-гальваностата AutoLAB PGSTAT204N. Скорость развертки потенциала составляла 1 мВ/с в интервале потенциалов от -1 В до 1 В относительно потенциала разомкнутой цепи (ОСР). Электрохимическую импедансную спектроскопию (EIS) проводили в диапазоне частот от 10^{-1} Гц до 10^5 Гц. Амплитуда переменного сигнала составляла 5 мВ, площадь рабочего электрода 1 см^2 в прижимной ячейке с 3,5% раствором NaCl. Для проведения длительных коррозионных испытаний использовали автоматизированную систему сбора данных.

Фото электрохимической ячейки представлена на рис. 1.

Результаты и их обсуждение

Коррозионный потенциал (E_{corr}). Изменение значения потенциала свободной коррозии покрытия SILIZIN 03 на стали во время экспозиции в растворе 3,5% NaCl показана на рис. 2.

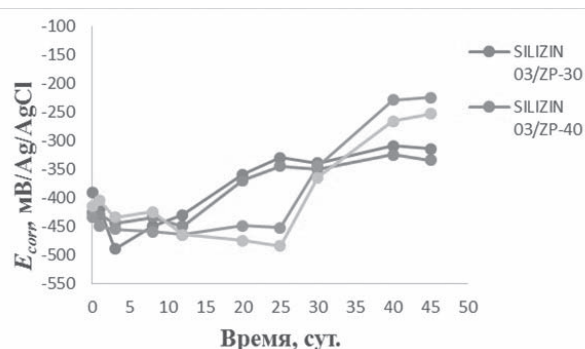


Рис. 2. Изменение значения потенциала коррозии покрытия SILIZIN 03 на стали Ст3 во время экспозиции в растворе NaCl (3,5%)

Fig. 2. Change in the value of the corrosion potential of the coating SILIZIN 03 on steel St3 during exposure to NaCl solution (3.5%)

Как показывают данные, представленные на рис. 2, E_{corr} SILIZIN 03/ZP-40 увеличивается до -335 мВ после 45 суток погружения в солевой раствор. Значения E_{corr} SILIZIN 03/ZP-30 снижаются с -392 мВ до минимального значения -450 мВ после 12 суток погружения, а затем медленно увеличиваются до -315 мВ после 45 суток погружения. Значения E_{corr} SILIZIN 03/ZP-50 увеличиваются до -225 мВ после 45 суток погружения, а значения E_{corr} SILIZIN 03/ZP-60 снижаются до -254 мВ после 45 суток погружения. Изменение значений E_{corr} в положительную область указывает на то, что покрытие SILIZIN 03, содержащее фосфат цинка ингибирует коррозионные процессы.

Электрохимическая импедансная спектроскопия (EIS). На рис. 3 представлены данные электрохимической импедансной спектроскопии покрытий SILIZIN 03 с разным содержанием фосфата цинка в зависимости от времени погружения в 3,5% растворе NaCl.

В таблице 2 представлены значения модуля импеданса при частоте 0,1 Гц ($Z_{0,1}$ Гц), это альтернативный параметр для оценки защитных свойств покрытий.

Согласно значениям, приведенным в табл. 2, уменьшение импеданса покрытий SILIZIN 03/ZP-30 и SILIZIN 03/ZP-40 при увеличении времени погружения указывает на увеличение площади,

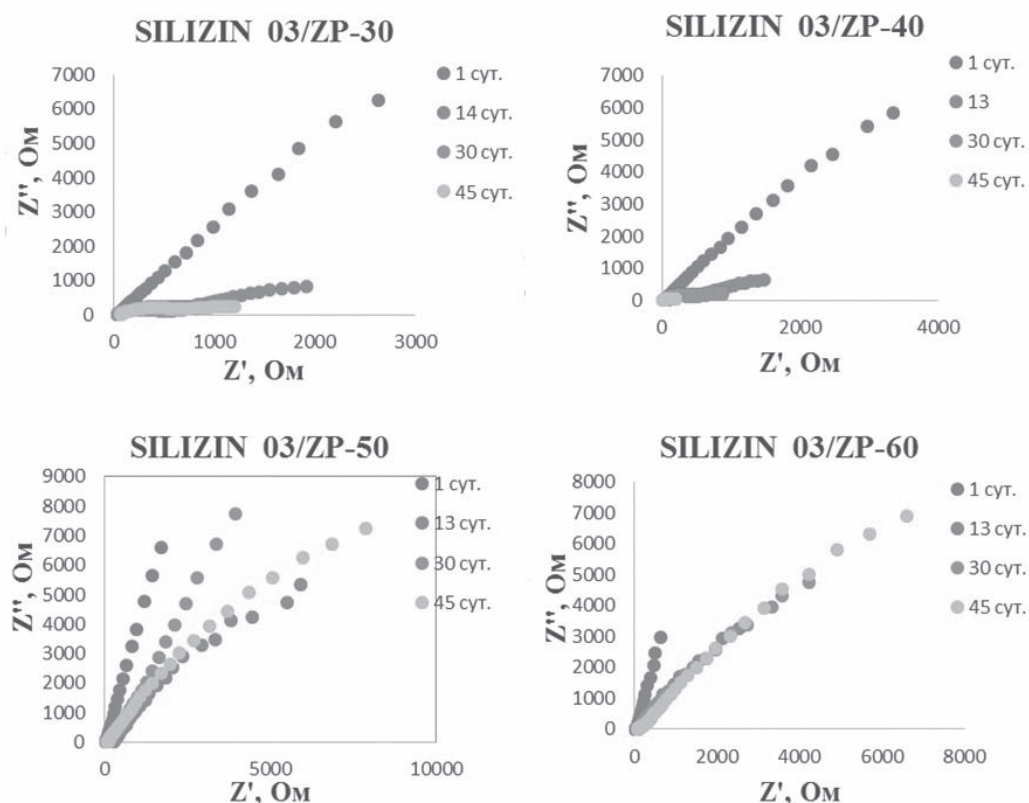


Рис. 3. Диаграммы Найквиста покрытий SILIZIN 03 с различным содержанием фосфата цинка в зависимости от времени экспозиции в растворе NaCl (3,5%)

Fig. 3. Nyquist diagrams of SILIZIN 03 coatings with different zinc phosphate content depending on the exposure time in NaCl solution (3.5%)

Таблица 2. Значение модуля импеданса при частоте 0,1 Hz
Table 2. The value of the impedance modulus at a frequency of 0.1 Hz

Время, сут.	Z _{0,1 Hz}			
	SILIZIN 03/ZP-30	SILIZIN 03/ZP-40	SILIZIN 03/ZP-50	SILIZIN 03/ZP-60
1	7273	7253	6810	3045
13	2094	1650	7977	4145
30	928	894	8709	6356
45	1233	205	10695	9569

на которой происходит коррозия, значения импеданса покрытий SILIZIN 03/ZP-50 и SILIZIN 03/ZP-60 увеличиваются после 45 суток экспозиции. Таким образом, покрытия SILIZIN 03/ZP-50 и SILIZIN 03/ZP-60 более эффективно защищают стальную поверхность в солевом растворе, чем покрытия SILIZIN 03/ZP-30 и SILIZIN 03/ZP-40.

Модель эквивалентной схемы измерения EIS была получена с помощью программы "Fit and Simulation" и представлена на рис. 4. Она может быть использована для представления электрохимического поведения образцов после погружения в раствор 3,5% NaCl. В этой схеме: $R_{рас.}$ – сопротивление электролита ($\text{Ом}\cdot\text{см}^2$); $CPE_{покрытия}$ – емкость покрытия; $CPE_{двойного\ слоя}$ – емкость ДЭС;

$R_{пор}$ – сопротивление поры; $R_{перенос\ заряд}$ – сопротивление переносу заряда.

Схема моделирования первого полукруга, характеризующего процесс смачивания покрытия электролитом, показана на рис. 4а. Появление второй постоянной времени на диаграммах импеданса можно оценить из второго полукруга на диаграммах Найквиста. Рис. 4б моделирует спектр импеданса для дефектного покрытия. На рис. 5 показана диаграмма Найквиста экспериментального и после редактирования с помощью программы "Fit and Simulation" для покрытия SILIZIN 03/ZP-40. Модель эквивалентной схемы хорошо совпадает с экспериментальными результатами в широком диапазоне частот.

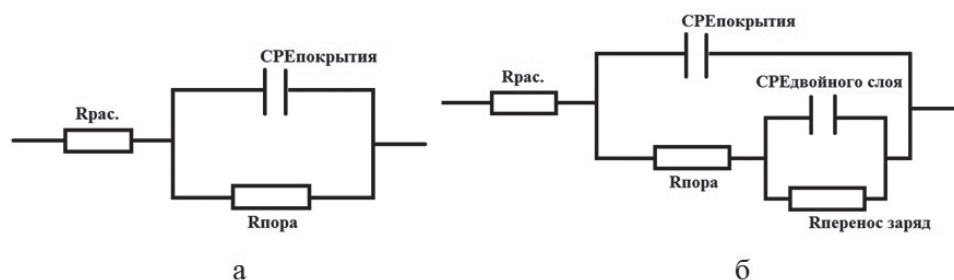


Рис. 4. Модель эквивалентной схемы: а – один полуокруг; б – два полуокруга
 Fig. 4. Model of the equivalent circuit: a - one semicircle; b - two semicircles

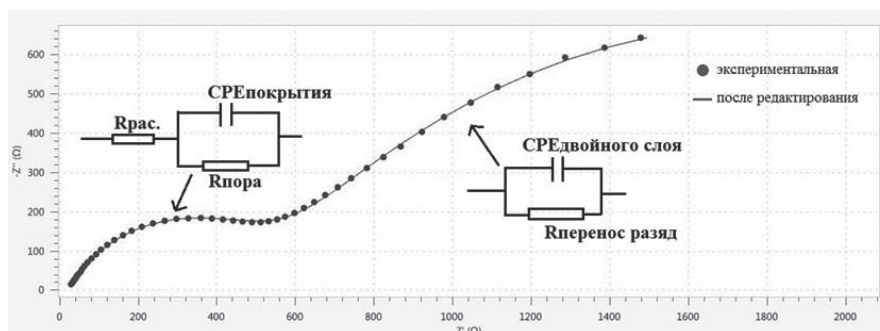


Рис. 5. Диаграмма Найквиста экспериментального и после редактирования с помощью программы "Fit and Simblation" для покрытия SILIZIN 03/ZP-40
 Fig. 5. Nyquist diagram of the experimental and after editing with the "Fit and Simblation" program for the coating SILIZIN 03 / ZP-40

Как показывают данные, значения сопротивлений $R_{пор}$ покрытий SILIZIN 03/ZP-30 и SILIZIN 03/ZP-40 уменьшаются со временем погружения в растворе NaCl, что подтверждает снижение их защитных свойств. Уменьшение значений $R_{пор}$ указывает на то, что электролит проникает в покрытие через поры. Значения сопротивлений $R_{пор}$ покрытий SILIZIN 03/ZP-50 и SILIZIN 03/ZP-60 увеличиваются со временем экспозиции в солевом растворе, что подтверждает хорошие антикоррозионные и барьерные свойства покрытий SILIZIN 03/ZP-50 и SILIZIN 03/ZP-60.

Из данных, представленных на рис. 7 видно, что значения емкости (CPE) покрытий SILIZIN 03/ZP-50 и SILIZIN 03/ZP-60 меняются незначительно и практически стабильны во время экспозиции. Это указывает на то, что на границе покрытие/металл не формируется коррозионных участков. Значения емкости (CPE) покрытий SILIZIN 03/ZP-30 и SILIZIN 03/ZP-40 увеличиваются со временем экспозиции, что указывает на проникновение воды в покрытия и потерю их защитных свойств.

Коррозионные испытания покрытий SILIZIN 03 с надрезом в растворе 3,5% NaCl. На рис. 8 представлены фото покрытий SILIZIN 03/ZP-30, SILIZIN 03/ZP-40, SILIZIN 03/ZP-50 и SILIZIN 03/ZP-60 с надрезом, которые также испытывали в растворе 3,5% NaCl.

Для образцов с содержанием 30% и 40% фосфата цинка (SILIZIN 03/ZP-30 и SILIZIN 03/ZP-40)

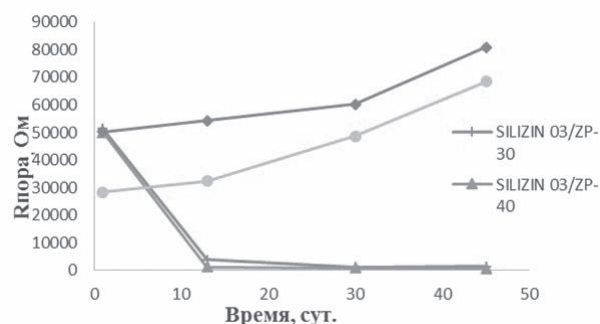


Рис. 6. Изменение значений $R_{пора}$ покрытий с разным содержанием фосфата цинка в зависимости от времени экспозиции в 3,5% растворе NaCl.

Fig. 6. Change in $R_{пора}$ values of coatings with different zinc phosphate content depending on the exposure time in 3.5% NaCl solution

образование красновато-коричневой ржавчины, отслоения и пузырей после 45 суток экспозиции наблюдалось не только в области надреза, но и на всей поверхности образца (рис. 8 а, б). Это указывает на плохую адгезию между покрытиями и стальной поверхностью.

На образцах с содержанием 50% и 60% фосфата цинка (SILIZIN 03/ZP-50 и SILIZIN 03/ZP-60) продукты коррозии, отслоения и пузыри отсутствуют в области надреза (рис. 8 в, г).

Результаты коррозионных испытаний покрытий SILIZIN 03 с надрезом в растворе 3,5% NaCl подтверждают, что цинк фосфат-наполненные

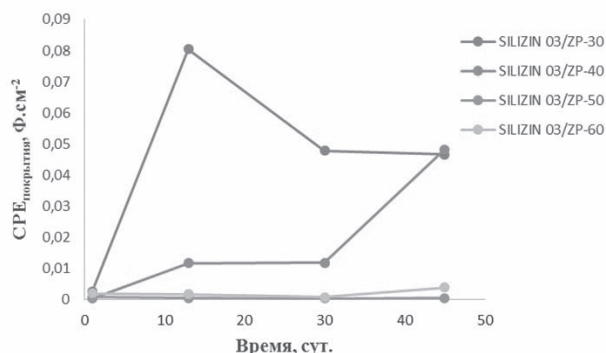


Рис. 7. Изменение значений CPE покрытий с разным содержанием фосфата цинка в зависимости от времени экспозиции в 3,5% растворе NaCl

Fig. 7. Change in CPE values of coatings with different zinc phosphate content depending on the exposure time in 3.5% NaCl solution

силикатные покрытия, содержащие 50% и 60% фосфата цинка (SILIZIN 03/ZP-50 и SILIZIN 03/ZP-60), обладают наилучшими антикоррозионными и барьерными свойствами.

Заклучение

Результаты проведенного исследования показали, что силикатное покрытие SILIZIN 03 (цинк фосфат-наполненное покрытие на основе натриевого жидкого стекла) может обеспечить хорошую антикоррозионную защиту при содержании фосфата цинка (ZP) в покрытии 50% и 60% по массе. Результаты электрохимической импедансной спектроскопии свидетельствуют, что покрытия SILIZIN 03/ZP-50 и SILIZIN 03/ZP-60, отличающиеся высокими значениями импеданса, обладают эффективными барьерными свойствами.

Литература

1. Лукин Е. Г. Способ и устройство для получения высокомодульного жидкого стекла, как связующего для цинксилкатных составов, Патент № 0002538830, 2015.
2. Ле Хонг Куан, Нгуен Ван Чи, Май Ван Минь, Нонг Куок Куанг, Донг Ван Киен. Исследование электрохимических свойство цинк-наполненного покрытия на основе натриевого жидкого стекла // Практика противокоррозионной защиты. 2019. Т.24, №4. С. 51-58, doi:10.31615/j.corros.prot.2019.94.4-6
3. Ле Хонг Куан, Нгуен Ван Чи, Май Ван Минь, Нонг Куок Куанг, Донг Ван Киен, Као Нят Линь. Исследование эффективности защиты от коррозии цинк-наполненными покрытиями на основе натриевого жидкого стекла // Практика противокоррозионной защиты. 2020. Т.25, №4. С. 32-39. doi: 10.31615/j.corros.prot.2020.98.4-4.

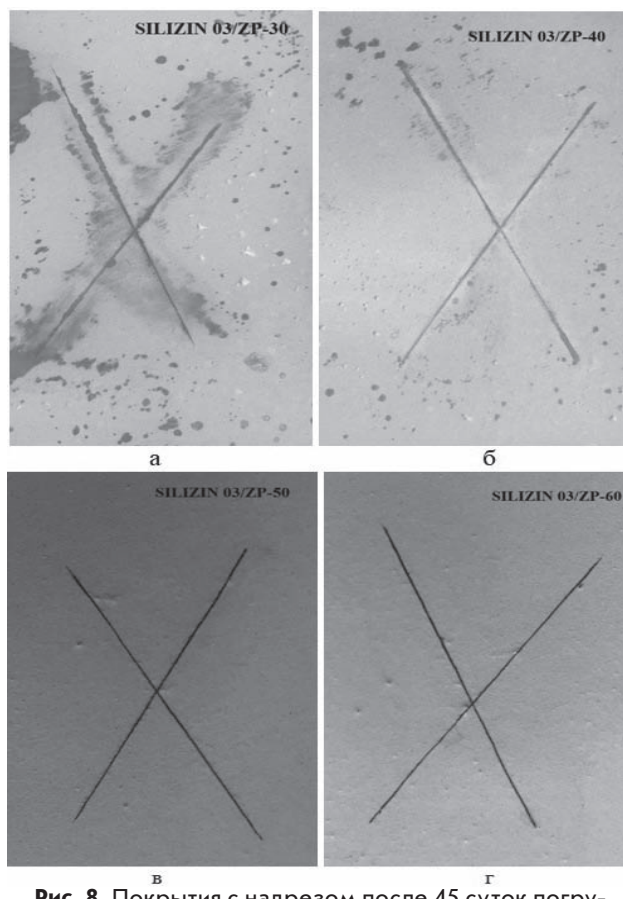


Рис. 8. Покрытия с надрезом после 45 суток погружения в растворе 3,5% NaCl: а - SILIZIN 03 / ZP-30; б - SILIZIN 03 / ZP-40; в - SILIZIN 03 / ZP-50; г - SILIZIN 03 / ZP-60

Fig. 8. Notched coatings after 45 days immersion in 3.5% NaCl solution: a - SILIZIN 03 / ZP-30; b - SILIZIN 03 / ZP-40; c - SILIZIN 03 / ZP-50; g - SILIZIN 03 / ZP-60

References

1. Lukin Ye. G. Sposob i ustroystvo dlya polucheniya vysokomodul'nogo zhidkogo stekla, kak svyazuyushchego dlya tsinksilikatnykh sostavov [Method and device for obtaining high-modulus liquid glass as a binder for zinc silicate compositions]. Patent № 0002538830, 2015. (in Russian).
2. Le Khong Kuan, Nguyen Van Chi, May Van Min', Nong Kuok Kuang, Dong Van Kiyen. Issledovaniye elektrokhimicheskikh svoystvo tsink-napolnenogo pokrytiya na osnove natriyevogo zhidkogo stekla [Investigation of the electrochemical property of a zinc-filled coating based on sodium water glass]. *Praktika protivokorroziionnoy zashchity*, 2019, vol. 24, no. 4, pp. 51-58. doi:10.31615/j.corros.prot.2019.94.4-6 (in Russian).
3. Le Khong Kuan, Nguyen Van Chi, May Van Min', Nong Kuok Kuang, Dong Van Kiyen, Kao Nyat Lin'. Issledovaniye effektivnosti zashchity ot korrozii tsink-napolnenymi pokrytiyami na osnove natriyevogo zhidkogo stekla [Investigation

4. Greenfield D., Scantlebury D. The protective action of organic coatings on steel: a review // *Journal of Corrosion Science and Engineering*, 2000, vol. 3, 25 p.
5. Adrian Thomas. Water-borne Silicates in Coatings and Construction Chemicals // *Surface Coatings Australia*, 2009, P. 10-18.
6. Francis R. A., Ellis D., Walker A. L. Repair of Single Coat Inorganic Zinc Silicate Coatings // Corrosion Control 007 conference in Sydney, 2007.
7. Bethencourt M., Botana F.J., Marcos M., Osuna R.M., Sánchez-Amaya J.M. Inhibitor properties of "green" pigments for paints // *Prog. Org. Coat.*, 2003, № 46, P. 280–287.
8. Blustein G., Deyá M.C., Romagnoli R., Amo B.d. Three generations of inorganic phosphates in solvent and water-borne paints: a synergism case // *Appl. Surf. Sci.*, 2005, № 252, P. 1386–1397.
9. Kalendová A. Anticorrosive spinel-type pigments of the second generation // *Pigm. Resin Technol.* 1998, № 27, P. 225–230.
10. Hao Y., Liu F., Han E. Inhibitive behavior and mechanism of a ferrite inhibition pigment in epoxy paints // *Electrochem. Soc.* 2012, № 159, P. 403–410.
11. Shao Y., Jia C., Meng G., Zhang T., Wang F. The role of a zinc phosphate pigment in the corrosion of scratched epoxy-coated steel // *Corros. Sci.* 2009, № 51, P. 371–379.
12. Rossenbeck B., Ebbinghaus P., Stratmann M., Grundmeier G. Corrosion protection of Zn-phosphate containing water borne dispersion coatings on steel: Part 1: design and analysis of model water based latex films on iron substrates // *Corros. Sci.*, 2006, № 48, P. 3703–3715.

Сведения об авторах

- Ле Хонг Куан**, Научный сотрудник, Российско-Вьетнамский Тропический центр, г. Ханой, Вьетнам.
- Као Ньят Линь**, Научный сотрудник, Российско-Вьетнамский Тропический центр, г. Ханой, Вьетнам.
- Май Ван Минь**, Научный сотрудник, Российско-Вьетнамский Тропический центр, г. Ханой, Вьетнам.
- Нгуен Ван Чи**, Научный сотрудник, Российско-Вьетнамский Тропический центр, г. Ханой, Вьетнам.
- Нонг Куок Куанг**, Научный сотрудник, Российско-Вьетнамский Тропический центр, г. Ханой, Вьетнам.
- Донг Ван Киен**, Научный сотрудник, Российско-Вьетнамский Тропический центр, г. Ханой, Вьетнам.

Для цитирования

Л. Х. Куан, К. Н. Линь, М. В. Минь, Н. В. Чи, Н. К. Куанг, Д. В. Киен. Исследование электрохимических свойств покрытия на основе натриевого жидкого стекла, наполненного фосфатом цинка // *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2021. Т. 29, № 2. С. 4-10. DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_4

- of the effectiveness of protection against corrosion by zinc-filled coatings based on sodium water glass]. *Praktika protivokorroziionnoy zashchity*, 2020, vol.25, no. 4, pp. 32-39. doi: 10.31615/j.corros.prot.2020.98.4-4. (in Russian).
4. Greenfield D., Scantlebury D. The protective action of organic coatings on steel: a review. *Journal of Corrosion Science and Engineering*, 2000, vol. 3, 25 p.
 5. Adrian Thomas. Water-borne Silicates in Coatings and Construction Chemicals. *Surface Coatings Australia*, 2009, pp. 10–18
 6. Francis R. A., Ellis D., Walker A. L. Repair of Single Coat Inorganic Zinc Silicate Coatings. Corrosion Control 007 conference in Sydney, 2007.
 7. Bethencourt M., Botana F.J., Marcos M., Osuna R.M., Sánchez-Amaya J.M. Inhibitor properties of "green" pigments for paints. *Prog. Org. Coat.*, 2003, no. 46, pp. 280–287.
 8. Blustein G., Deyá M.C., Romagnoli R., Amo B.d. Three generations of inorganic phosphates in solvent and water-borne paints: a synergism case. *Appl. Surf. Sci.*, 2005, no. 252, pp. 1386–1397.
 9. Kalendová A. Anticorrosive spinel-type pigments of the second generation. *Pigm. Resin Technol.*, 1998, no. 27, pp. 225–230.
 10. Hao Y., Liu F., Han E. Inhibitive behavior and mechanism of a ferrite inhibition pigment in epoxy paints. *Electrochem. Soc.*, 2012, no. 159, pp. 403–410.
 11. Shao Y., Jia C., Meng G., Zhang T., Wang F. The role of a zinc phosphate pigment in the corrosion of scratched epoxy-coated steel. *Corros. Sci.*, 2009, no. 51, pp. 371–379.
 12. Rossenbeck B., Ebbinghaus P., Stratmann M., Grundmeier G. Corrosion protection of Zn-phosphate containing water borne dispersion coatings on steel: Part 1: design and analysis of model water based latex films on iron substrates. *Corros. Sci.*, 2006, no. 48, pp. 3703–3715.

Information about authors

- Le Hong Quan**, Research assistant, Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Vietnam.
- Cao Nhat Linh**, Research assistant, Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Vietnam.
- Mai Van Minh**, Research assistant, Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Vietnam.
- Nguyen Van Chi**, Research assistant, Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Vietnam.
- Nong Quoc Quang**, Research assistant, Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Vietnam.
- Dong Van Kien**, Research assistant, Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Vietnam.

For citation

L. H. Kuan, K. N. Lin, M. W. Min, N. W. Chi, N. K. Quang, D.W. Kien. Research of electrochemical properties of zinc phosphate-filled coating based on sodium liquid glass. *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*, 2021, vol. 29, no. 2, pp. 4-10. DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_4

DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_11

УДК: 544.6

Электрохимическая модификация поверхности серебра в хлоридсодержащих растворах

© 2021 В. С. Белова, А. В. Балмасов

Ивановский государственный химико-технологический университет, 153000 Иваново, Шереметевский проспект, 7, e-mail: valeria_bel@mail.ru, balmasov@isuct.ru

Представлены результаты исследования анодного окисления серебра в растворах 0,9 % NaCl и 0,5 % HCl. Установлено, что при низких плотностях тока в начальный момент наблюдается снижение потенциала вследствие образования на поверхности электрода слоя хлорида серебра. В кислой среде этот процесс протекает более интенсивно, о чем свидетельствует большее снижение потенциала серебра и увеличение протяженности области спада потенциала в растворе HCl по сравнению с нейтральным раствором хлорида натрия (рис. 1). Увеличение плотности тока с 2 до 5 мА/см² (рис. 1 а) приводит к сокращению протяженности участка спада потенциала с 30 до 10 с. Повышение плотности тока до 10 мА/см² приводит к исчезновению области спада потенциала (рис. 1 б) вследствие быстрого формирования сплошного слоя хлорида серебра. При этом наряду с процессом образования хлорида серебра становится возможным образование оксида серебра, о чем свидетельствует повышение анодного потенциала до значений более 1 В. Поэтому применение для анодной обработки серебра плотностей тока более 5 мА/см² представляется нецелесообразным. В ходе последующей выдержки в растворе хлорида натрия электродов, обработанных в кислом растворе, в начальный момент времени имеет место снижение потенциала на 3 – 5 мВ, после чего измеряемые значения стабилизируются (рис. 2). Учитывая, что время стабилизации потенциала игольчатых электромиографических электродов должно быть менее 1 с, применение для анодной модификации поверхности серебра раствора хлорида натрия представляется более предпочтительным. На EDX спектрах образцов, обработанных в растворе HCl, помимо серебра и хлора присутствует небольшой пик кислорода (рис. 3), содержание кислорода в поверхностном слое составляет 2,5% масс. Это свидетельствует о том, что при анодной модификации электродов из серебра кислых растворах на их поверхности формируется оксидно-хлоридный слой.

Ключевые слова: электрохимическое поведение серебра, электрод, потенциометрия, хронопотенциометрия, анодная обработка, электрохимическая модификация, серебро.

Electrochemical modification of silver surface in chloride-containing solution

©2021 V. S. Belova, A. V. Balmasov

Ivanovo State University of Chemistry and Technology, 7, Sheremetievskiy ave.,
Ivanovo, 153000, e-mail: valeria_bel@mail.ru, balmasov@isuct.ru

The results of a study of anodic oxidation of silver in solutions of 0.9% NaCl and 0.5% HCl are presented. It was found that at low current densities at the initial moment, a decrease in potential is observed due to the formation of a layer of silver chloride on the electrode surface. In an acidic medium, this process proceeds more intensively, as evidenced by a greater decrease in the potential of silver and an increase in the length of the region of the potential decay in the HCl solution as compared with a neutral solution of sodium chloride (Fig. 1). An increase in the current density from 2 to 5 mA/cm² (Fig. 1a) leads to a reduction in the length of the potential drop from 30 to 10 s. An increase in the current density to 10 mA/cm² leads to the disappearance of the potential decay region (Fig. 1b) due to the rapid formation of a continuous layer of silver chloride. In this case, along with the formation of silver chloride, the formation of silver oxide becomes possible, as evidenced by an increase in the anodic potential to values of more than 1 V. Therefore, the use of current densities of more than 5 mA/cm² for the anodic treatment of silver seems inappropriate. During the subsequent exposure of electrodes treated in an acidic solution in a sodium chloride solution, at the initial moment of time there is a decrease in the potential by 3 - 5 mV, after which the measured values are stabilized (Fig. 2). Considering that the stabilization time of the potential of needle electromyographic electrodes should be less than 1 s, the use of sodium chloride solution for the anodic modification of the silver surface seems to be preferable. In the EDX spectra of the samples treated in HCl solution, in addition to silver and chlorine, there is a small oxygen peak (Fig. 3), the oxygen content in the surface layer is 2.5 wt%. This indicates that during the anodic modification of silver electrodes in acidic solutions, an oxide-chloride layer is formed on their surface.

Keywords: electrochemical behavior of silver, electrode, potentiometry, chronopotentiometry, anodic treatment, electrochemical modification, silver.

Введение

Концентрические игольчатые электроды применяются в медицинской электромиографической диагностике для регистрации биопотенциалов. Они представляют собой полую иглу (канюлю) из нержавеющей стали, внутри которой расположен тонкий изолированный от канюли проводник диаметром 0,08–0,15 мм, изготовленный из коррозионно-стойкого материала. Как правило, в качестве материала центрального элемента концентрических игольчатых электродов используют сплавы драгоценных металлов или индивидуальные драгоценные металлы, такие как платина, палладий, родий, золото, реже используется нержавеющая сталь [1-4].

Стабильность работы микроэлектродов может быть повышена путем физикохимической обработки их поверхности. При записи биоэлектрических сигналов большое значение имеет снижение электродного импеданса. В частности, Джонсон с коллегами [5] показали, что импеданс иридиевых микроэлектродов может быть уменьшен после электролитической обработки. Авторами [5] показано, что электрохимическая обработка игольчатых электродов из нержавеющей стали способствует уменьшению импеданса электродов. В исследовании [7] установлено изменение импеданса после использования двух типов игольчатых электродов для катодной терапии.

Авторами [4] установлено, что биосовместимый оксид иридия (IrO₂), с учетом его текстуры, явля-

ется одним из лучших материалов, обеспечивающих снижение электродного импеданса. Оксид иридия играет важную роль в тех случаях, когда требуется электрическая стимуляция [8, 9], поскольку он представляет собой электроактивный материал, то есть образует окислительно-восстановительную систему с быстрым переносом заряда на поверхности электрода.

Одним из перспективных материалов для изготовления рабочих элементов концентрических игольчатых электродов является серебро. Поверхностные серебряные электроды с нанесенным на них слоем хлорида серебра уже давно успешно применяют для снятия электрокардиограмм и электроэнцефалограмм, где они показывают высокую стабильность даже при многократном использовании. При этом стоимость серебра значительно ниже стоимости металлов подгруппы платины. Закономерности анодного окисления серебра, сопровождающегося образованием на его поверхности труднорастворимых соединений, достаточно подробно исследованы в работах [10-14].

Результаты исследований, приведенные в [15], свидетельствуют о возможности применения серебра для изготовления рабочих элементов концентрических электродов при условии создания на их поверхности электроактивного слоя. Использование электродов, поверхность которых подвергается только механической обработке, не обеспечивает высокой точности регистрации био-

потенциалов вследствие дрейфа измеряемых значений и высокого уровня шумов, искажающих получаемую информацию. Для повышения точности измерений потенциалов двигательных единиц необходима модификация поверхности металла, из которого изготовлен центральный проводник игольчатого электрода. Наиболее перспективным способом формирования потенциалопределяющего слоя на рабочей поверхности электрода является электрохимическая модификация.

Данные потенциометрических и хроновольтамперометрических исследований, свидетельствуют о возможности формирования на поверхности серебряного электрода при контакте с раствором хлорида натрия электроактивного слоя хлорида серебра, причем начальная стадия этого процесса протекает без наложения внешней поляризации вследствие протекания обменной реакции между металлом и раствором. Однако малая толщина формирующегося слоя не обеспечивает необходимую продолжительность регистрации потенциалов двигательных единиц. При наложении внешнего тока процесс модификации поверхности ускоряется. За счет этого толщина поверхностного слоя может быть увеличена, что обеспечивает меньшую зависимость результатов электромиографических измерений от внешних факторов [15].

Материалы и методы исследования

В качестве основного метода модификации поверхности электродов была выбрана анодная электрохимическая обработка. В зависимости от состава электролита и условий поляризации на поверхности металлического анода могут происходить процессы растворения металла или формирования нерастворимого соединения с компонентами электролита, в том числе с кислородом воды. Анионный состав электролита оказывает существенное влияние на соотношение скоростей этих процессов, часто протекающих одновременно. Для формирования электроактивных потенциалопределяющих покрытий необходимо, чтобы скорость образования труднорастворимых соединений превышала скорость анодного растворения металла.

Учитывая, что игольчатые миографические электроды предназначены для инвазивного применения, необходимо, чтобы в составе электролита, используемого для электрохимической модификации их рабочей поверхности, отсутствовали вредные для человека вещества. С этой точки зрения наиболее целесообразным представляется использование в качестве электролита водных хлоридсодержащих растворов – нейтральных растворов хлорида натрия или малоконцентрированных растворов хлористоводородной кислоты. Анионы хлора обладают высоким активирующим

действием по отношению к большинству металлов, кроме того, они всегда присутствуют в биологической среде человека.

Изучение электрохимического поведения серебра осуществляли в стеклянной ячейке. В качестве электролитов использовали 0,9% раствор хлорида натрия, моделирующий биологическую среду человека, и 0,5% раствор хлористоводородной кислоты. Для приготовления растворов использовали реактивы марки х.ч. и деионизованную воду. При измерениях бестоковых потенциалов использовали двухэлектродную схему подключения, при хронопотенциометрических исследованиях при пропускании тока – трехэлектродную. Регулирование тока, протекающего в ячейке, и регистрацию потенциала рабочего электрода осуществляли при помощи потенциостата P-30J Elns, работающего в гальваностатическом режиме под управлением персонального компьютера. Температура раствора во всех экспериментах составляла 25°C.

В качестве материала рабочего электрода использовали серебро марки Sp 99,99. Использовали электроды в виде диска с контролируемой поверхностью, снабженного токоотводом и запрессованного во фторопластовую оболочку. Рабочей поверхностью электрода являлся торец диска, площадь которого составляла 0,08 см². Перед проведением измерений рабочую поверхность полировали с использованием полировальной пасты на основе оксида алюминия «DIALUX BLANC», затем промывали дистиллированной водой и обезжиривали этиловым спиртом.

Вспомогательным электродом служила платиновая проволока, электродом сравнения – насыщенный хлоридсеребряный электрод. Измеренные значения потенциалов затем пересчитывали относительно водородного электрода.

Состав поверхностного слоя, формирующегося на электроде в процессе выдержки в растворе хлорида натрия, исследовали с помощью электронного микроскопа Tescan Vega 3 SBH с приставкой для энергодисперсионного рентгеновского микроанализа (EDX). Элементный состав определяли с помощью детектора по спектру характеристического рентгеновского излучения, возникающего при взаимодействии электронного пучка и атомов объекта.

Результаты и их обсуждение

Хронопотенциограммы, полученные на серебряных электродах при различных плотностях тока, представлены на рисунке 1. При низких плотностях тока в начальный момент наблюдается снижение потенциала, что связано с образованием на поверхности электрода слоя хлорида серебра по реакции $\text{Ag} + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} + \bar{e}$, стандартный

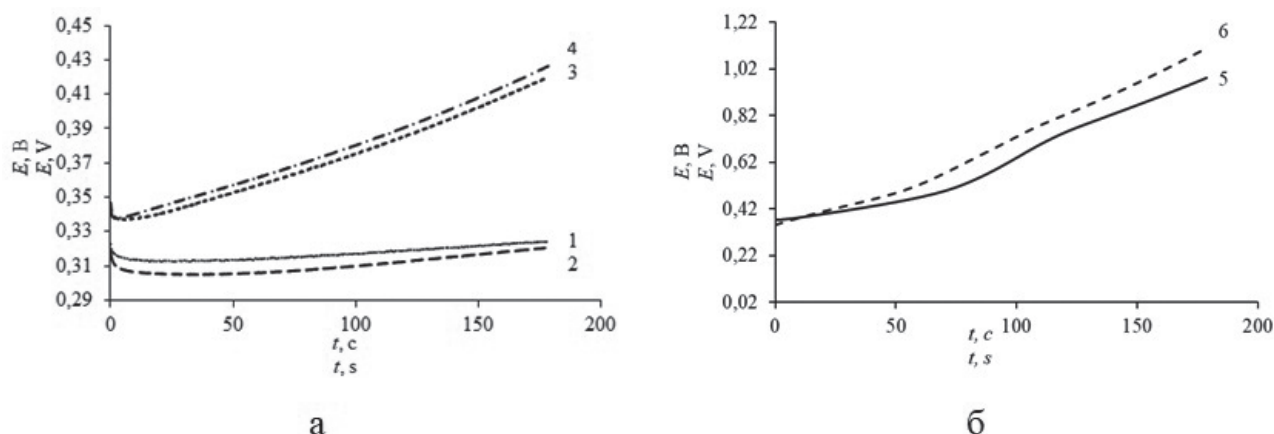


Рис. 1. Зависимость потенциала серебряного электрода от продолжительности анодной обработки в растворах 0,9 % NaCl (1, 3, 5) и 0,5 % HCl (2, 4, 6) при плотностях тока, mA/cm²: 2 – 1, 2; 5 – 3, 4; 10 – 5, 6. $t = 25^\circ\text{C}$
Fig. 1. Dependence of the potential of the silver electrode on the duration of anodic treatment in solutions of 0.9% NaCl (1, 3, 5) and 0.5% HCl (2, 4, 6) at current densities, mA/cm²: 2 – 1, 2; 5 – 3, 4; 10 – 5, 6. $t = 25^\circ\text{C}$

потенциал которой отрицательнее потенциала металлического серебра и составляет 0,222 В.

В кислой среде этот процесс протекает более интенсивно, о чем свидетельствует большее снижение потенциала серебра и увеличение протяженности области спада потенциала в растворе HCl по сравнению с нейтральным раствором хлорида натрия (рис. 1). Увеличение плотности тока с 2 до 5 mA/cm² (рис. 1 а) приводит к сокращению протяженности участка спада потенциала с 30 до 10 с.

После области спада потенциала наблюдается его линейный рост, связанный началом процесса образования на поверхности электрода сплошного резистивного слоя хлорида серебра. Увеличение толщины этого слоя приводит к пропорциональному нарастанию потенциала электрода.

Повышение плотности тока до 10 mA/cm² приводит к исчезновению области спада потенциала (рис. 1б) вследствие быстрого формирования сплошного слоя хлорида серебра. При этом на хронопотенциограммах можно выделить три участка с разным наклоном, что может быть связано с изменением состава поверхностного слоя при увеличении продолжительности анодного процесса. Повышение плотности тока может привести к тому, что наряду с процессом образования хлорида серебра становится возможным образование оксида серебра по реакции $2\text{Ag} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e}$, стандартный потенциал которой составляет 0,345 В [16].

Таким образом, при увеличении анодной плотности тока становится возможным образование смешанного оксидно-хлоридного слоя на поверхности серебра. Учитывая, что приведенный в [16] стандартный потенциал образования оксида соответствует рН 14, а увеличение кислотности раствора приводит к смещению равновесного потенциала реакции образования Ag_2O в область

положительных значений на 59 мВ/ед. рН, в нейтральной среде равновесный потенциал оксидно-серебряного электрода составляет 0,758 В. Такая высокая окислительная способность может приводить к повреждению тканей организма человека, непосредственно контактирующих с поверхностью электрода. Поэтому применение для анодной обработки серебра плотностей тока более 5 mA/cm² представляется нецелесообразным.

Следующим этапом работы было изучение зависимости бестоковых потенциалов электродов с покрытиями, сформированными при анодной поляризации, от продолжительности выдержки в 0,9% растворе хлорида натрия, моделирующем биологическую среду человека. Результаты этих исследований представлены на рис. 2.

Следует отметить, что независимо от плотности тока, применяемой для анодного окисления поверхности, потенциал серебра после обработки в растворе HCl имел значения более положительные, чем после обработки в растворе хлорида натрия; разница составляла 5 – 7 мВ. Причина этого может быть связана с увеличением содержания оксида серебра в составе поверхностного слоя.

В ходе последующей выдержки в растворе хлорида натрия электродов, обработанных в кислом растворе, в начальный момент времени наблюдалось снижение потенциала на 3 – 5 мВ, после чего измеряемые значения стабилизировались. Однако, согласно требованиям, предъявляемым к концентрическим игольчатым электродам, время стабилизации их потенциала должно быть менее 1 с. С учетом этого, более предпочтительным представляется применение для анодной модификации поверхности серебра раствора хлорида натрия.

При проведении электромиографических исследований важное значение имеет минимальный

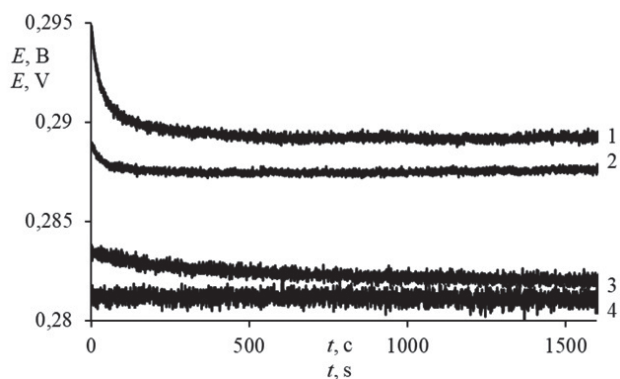


Рис. 2. Зависимость потенциала электрода из серебра от времени выдержки в 0,9 % растворе хлорида натрия после анодной обработки в растворах HCl (1, 2) и NaCl (3, 4) при плотностях тока 2 мА/см² (2, 4) и 10 мА/см² (1, 3)
Fig. 2. Dependence of the potential of the silver electrode on the exposure time in 0.9% sodium chloride solution after anodic treatment in solutions of HCl (1, 2) and NaCl (3, 4) at current densities of 2 mA/cm² (2, 4) and 10 mA/cm² (1, 3)

уровень шумов электродной системы. Уровень осцилляций потенциала через 30 минут с момента погружения в раствор хлорида натрия несколько отличался в зависимости от вида обработки – после анодной поляризации в кислом растворе он не превышал 0,6 – 0,8 мВ, а после обработки в нейтральном растворе при плотностях тока 2, 5 и 10 мА/см² он составлял 2,5 1,3 и 1,2 мВ соответственно. Учитывая, что применение повышенных плотностей тока для анодной обработки серебра является нецелесообразным из-за возможного включения в состав хлоридного слоя оксида серебра, оптимальная плотность тока составляет 5 мА/см².

Результаты, полученные в ходе хронопотенциометрических исследований, свидетельствуют о формировании на поверхности серебряного электрода при анодной поляризации в растворах хлорида натрия и хлористоводородной кислоты электро-

активного слоя хлорида серебра. Непосредственное доказательство формирования такого слоя было получено методом энергодисперсионного анализа.

EDX спектры поверхностных слоев, формирующихся на серебряном электроде после разных способов обработки, приведены на рис. 3, а результаты количественного анализа их состава – в табл. 1. До погружения в раствор на исходной поверхности электрода помимо серебра обнаруживается только незначительное количество кислорода.

В процессе анодной обработки серебряного электрода в 0,9 % растворе хлорида натрия при плотности тока 5 мА/см² в течение 3 минут на его поверхности образуется слой хлорида серебра, обеспечивающий формирование электрода второго рода, имеющего стабильный и хорошо воспроизводимый потенциал.

На EDX спектрах образцов, обработанных в растворе хлористоводородной кислоты, помимо серебра и хлора присутствует небольшой пик кислорода (рис. 3б), содержание кислорода в поверхностном слое составляет 2,5% масс. Это находится в соответствии с высказанными ранее предположениями о возможности образования оксида серебра Ag₂O при использовании для анодной обработки поверхности кислых растворов. Именно присутствием Ag₂O в составе хлоридного слоя объясняется обнаруженное ранее увеличение потенциала серебряных электродов после их анодной обработки в растворе HCl по сравнению с раствором хлорида натрия.

Заключение

Использование в качестве электролита для электрохимической модификации поверхности серебра нейтрального водного раствора хлорида натрия и раствора хлористоводородной кислоты позволяет получить достаточно близкие результаты. Однако предпочтение следует отдать обработке в растворе хлорида натрия. Электроды,

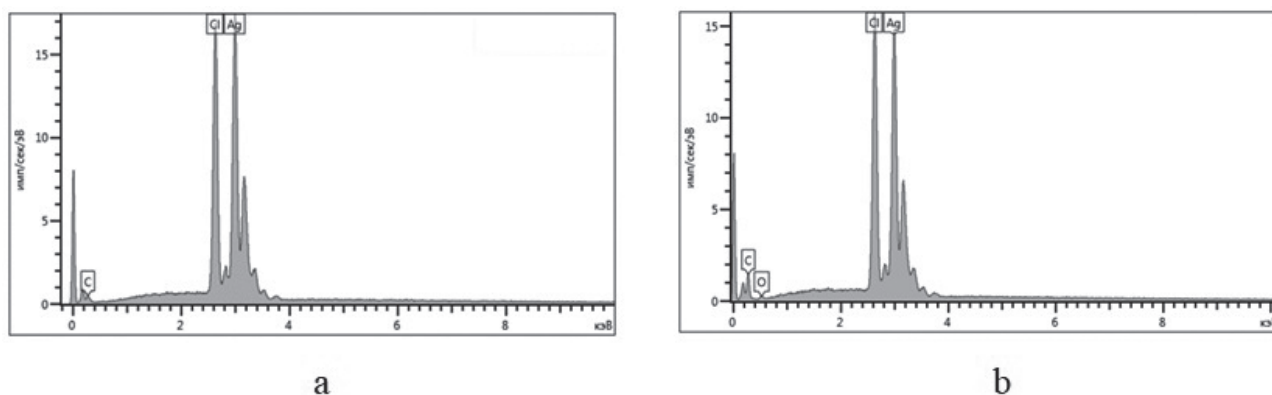


Рис. 3. EDX спектры поверхности серебряного электрода после 3 минут анодной обработки при плотности тока 5 мА/см² в растворах: а - 0,9% NaCl, б - 0,5% HCl

Fig. 3. EDX spectra of the silver electrode surface after 3 minutes of anodic treatment at a current density of 5 mA/cm² in solutions: a - 0.9% NaCl, b - 0.5% HCl

Таблица 1. Результаты количественного анализа поверхности серебряного электрода после анодной обработки при плотности тока 5 mA/cm^2 в растворах 0,9% NaCl и 0,5 % HCl

Table 1. Results of a quantitative analysis of the surface of a silver electrode after anodic treatment at a current density of 5 mA/cm^2 in solutions of 0.9% NaCl and 0.5% HCl

Состав раствора для обработки серебра Composition of the silver treatment solution	Элемент Element		
	Ag	Cl	O
	Содержание, масс. % Content, wt. %	Содержание, масс. % Content, wt. %	Содержание, масс. % Content, wt. %
0,9% NaCl	78.23 ± 0.17	21.77 ± 0.17	-
0,5% HCl	74.74 ± 0.34	22.76 ± 0.19	2.50 ± 0.38

рабочая поверхность которых была подвергнута анодной модификации в нейтральном электролите, характеризуются большей стабильностью потенциала. При анодной обработке серебряных электродов в растворах хлористоводородной кислоты в состав поверхностного слоя хлорида серебра включается оксид серебра, что приводит к снижению стабильности регистрируемых потенциалов. Кроме того, в отличие от растворов хлористоводородной кислоты, электролиты на основе хлорида натрия удобнее в эксплуатации, т.к. безвредны для человека и окружающей среды.

Таким образом, с точки зрения обеспечения воспроизводимости измерений и стабильности потен-

циала во времени, применение в качестве рабочего элемента концентрических игольчатых электромиографических электродов из серебра, поверхность которых была модифицирована с помощью анодной электрохимической обработки в растворах хлорида натрия, представляется перспективным.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-33-90203.

Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ФГБОУ ВО «ИГХТУ».

Литература

1. Kim J.-E., Seok J. M., Ahn S.-W., Yoon B.-N., Lim Y.-M., Kim K.-K., Kwon K.-H., Park K. D., Suh B. C. Basic concepts of needle electromyography // *Ann. Clin. Neurophysiol.* 2019. V. 21, № 1. P. 7-15. DOI: 10.14253/acn.2019.21.1.7
2. Fontes M.B.A. Electrodes for bio-application: Recording and stimulation // *Journal of Physics: Conference Series.* Institute of Physics Publishing, 2013. V. 421, № 1. P. 11-19. DOI: 10.1088/1742-6596/421/1/012019
3. Albulbul A. Evaluating major electrode types for idle biological signal measurements for modern medical technology // *Bioengineering.* MDPI AG, 2016. V. 3, № 3. P. 2371-2382. DOI: 10.3390/bioengineering3030020
4. Mills K.R. The basics of electromyography // *Neurology in Practice.* 2005. V. 76, № 2. P. 32-35. DOI: 10.1136/jnnp.2005.069211
5. Johnson M.D., Otto K.J., Williams J.C., Kipke D.R. Bias voltages at microelectrodes change neural interface properties in vivo // *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.* 2004. V. 26, №6. P. 4103-4106. DOI: 10.1109/IEMBS.2004.1404145
6. Kalvøy H., Tronstad C., Nordbotten B. J., Grimnes S., Martinsen Ø. G. Electrical impedance of stainless steel needle electrodes // *Ann.*

References

1. Kim J.-E., Seok J. M., Ahn S.-W., Yoon B.-N., Lim Y.-M., Kim K.-K., Kwon K.-H., Park K. D., Suh B. C. Basic concepts of needle electromyography. *Ann. Clin. Neurophysiol.*, 2019, vol. 21, no. 1. pp. 7-15. DOI: 10.14253/acn.2019.21.1.7.
2. Fontes M.B.A. Electrodes for bio-application: Recording and stimulation. *Journal of Physics: Conference Series.* Institute of Physics Publishing, 2013, vol. 421, no. 1. pp. 11-19. DOI: 10.1088/1742-6596/421/1/012019.
3. Albulbul A. Evaluating major electrode types for idle biological signal measurements for modern medical technology. *Bioengineering.* MDPI AG, 2016, vol. 3, no. 3, pp. 2371-2382. DOI: 10.3390/bioengineering3030020.
4. Mills K.R. The basics of electromyography. *Neurology in Practice*, 2005, vol. 76, no. 2, pp. 32-35. DOI: 10.1136/jnnp.2005.069211.
5. Johnson M.D., Otto K.J., Williams J.C., Kipke D.R. Bias voltages at microelectrodes change neural interface properties in vivo. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2004, vol. 26, no. 6, pp. 4103-4106. DOI: 10.1109/IEMBS.2004.1404145.
6. Kalvøy H., Tronstad C., Nordbotten B. J., Grimnes S., Martinsen Ø. G. Electrical impedance of stainless steel needle electrodes. *Ann. Biomed.*

Biomed. Eng. 2010. V. 38, № 7. P. 2371–2382. DOI: 10.1007/s10439-010-9989-2

7. Kalvøy H., Frich L., Grimnes S., Martinsen Ø. G., Hol P. K., Stubhaug A., Impedance-based tissue discrimination for needle guidance // *Physiol. Meas.* 2009. V. 30, № 2. P. 129–140. DOI: 10.1088/0967-3334/30/2/002

8. Weiland J.D., Anderson D.J. Chronic neural stimulation with thin-film, iridium oxide electrodes // *IEEE Trans. Biomed. Eng. IEEE*, 2000. V. 47, № 7. P. 911–918. DOI: 10.1109/10.846685

9. Meyer R.D., Cogan, S. F., Nguyen, T. H., Rauh, R. D. Electrodeposited iridium oxide for neural stimulation and recording electrodes // *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.* 2001. V. 9, № 1. P. 2–11. DOI: 10.1109/7333.918271

10. Birss V.I., Smith C.K. The anodic behavior of silver in chloride solutions-I. The formation and reduction of thin silver chloride films // *Electrochim. Acta.* 1987. V. 32, № 2. P. 259–268.

11. Giles R.D. The anodic behaviour of silver single crystal electrodes in concentrated chloride solutions // *J. Electroanal. Chem.* 1970. V. 27, № 1. P. 11–19.

12. Гришина Е.П., Удалова А.М., Румянцев Е.М. Анодное окисление серебра в концентрированных растворах серной кислоты // *Электрохимия.* 2003. Т. 39, № 8. Стр. 1003–1007.

13. Балмасов А.В., Чашина Е.Н. Анодное поведение сплава серебра с медью в водно-органических растворах тиоцианата калия // *Изв. высш. учебн. заведений. Химия и хим. технология.* 2009. Т. 52, № 2. С. 57–61.

14. Семенов В. Е., Балмасов А.В. Пассивация серебра и сплава SrM925 серосодержащим ингибитором // *Изв. высш. учебн. заведений. Химия и химическая технология.* 2011. Т. 54, №11. С. 77–80.

15. Белова В. С., Балмасов А. В. Исследование электрохимического поведения серебра в хлорид содержащих растворах // *Гальванотехника и обработка поверхности.* 2020. Т. 28, № 4. С. 20–26.

16. Справочник по электрохимии / Под ред. А. М. Сухотина. Л.: Химия. 1981. С.125.

Eng., 2010, vol. 38, no. 7, pp. 2371–2382. DOI: 10.1007/s10439-010-9989-2.

7. Kalvøy H., Frich L., Grimnes S., Martinsen Ø. G., Hol P. K., Stubhaug A., Impedance-based tissue discrimination for needle guidance. *Physiol. Meas.*, 2009. vol. 30, no. 2, pp. 129–140. DOI: 10.1088/0967-3334/30/2/002.

8. Weiland J.D., Anderson D.J. Chronic neural stimulation with thin-film, iridium oxide electrodes. *IEEE Trans. Biomed. Eng. IEEE*, 2000, vol. 47, no. 7, pp. 911–918. DOI: 10.1109/10.846685.

9. Meyer R.D., Cogan, S. F., Nguyen, T. H., Rauh, R. D. Electrodeposited iridium oxide for neural stimulation and recording electrodes. *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, 2001, vol. 9, no. 1, pp. 2–11. DOI: 10.1109/7333.918271.

10. Birss V.I., Smith C.K. The anodic behavior of silver in chloride solutions-I. The formation and reduction of thin silver chloride films. *Electrochim. Acta*, 1987, vol. 32, no. 2, pp. 259–268.

11. Giles R.D. The anodic behaviour of silver single crystal electrodes in concentrated chloride solutions. *J. Electroanal. Chem.*, 1970, vol. 27, no. 1. pp. 11–19.

12. Grishina E.P., Udalova A.M., Rumyantsev E.M. Anodic oxidation of silver alloys in silver alloys in concentrated sulfuric acid solutions. *Russian Journal of Electrochemistry*, 2003, vol. 39, no. 8, pp. 903–906.

13. Balmasov A.V., Chashina E.N. Anodic behavior of a silver-copper alloy in aqueous-organic solutions of potassium thiocyanate *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.*, 2009, vol. 52, no. 2, pp. 57–61. (in Russian)

14. Semenov V.E., Balmasov A.V. Passivation of silver and alloy SrM925 with a sulfur-containing inhibitor. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.*, 2011, vol. 54, no. 3, pp. 77–80. (in Russian)

15. Belova V.S., Balmasov A. V., Study of the electrochemical behavior of silver in chloride-containing solutions. *Galvanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*, 2020, vol. 28, no. 4, pp. 20–26. (in Russian)

16. Spravochnik po electrochimii. Ed. A.M. Sukhotin. L.: Chemistry. 1981.p. 125. (in Russian)

Сведения об авторах

Белова Валерия Сергеевна – аспирантка, e-mail: valeria_bel@mail.ru.

Балмасов Анатолий Викторович – д.т.н., профессор, e-mail: balmasov@isuct.ru

Для цитирования

Белова В. С., Балмасов А. В. Электрохимическая модификация поверхности серебра в хлоридсодержащих растворах // *Гальванотехника и обработка поверхности.* 2021. Т.29, №2. С. 11–17.

DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_1_11

Information about authors

Belova Valeriya S. – Postgraduate student, e-mail: valeria_bel@mail.ru.

Balmasov Anatoliy V. – Doctor of technical sciences, Professor, e-mail: balmasov@isuct.ru

For citation

V. S. Belova, A. V. Balmasov, Electrochemical modification of silver surface in chloride-containing solutions. *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti.* 2021. vol. 29, no. 2, pp. 11–17.

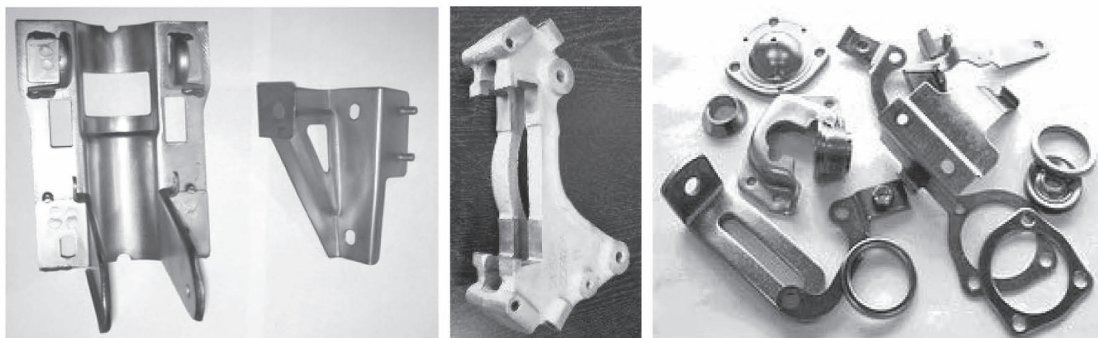
DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_1_11

ООО «АРБАТ»

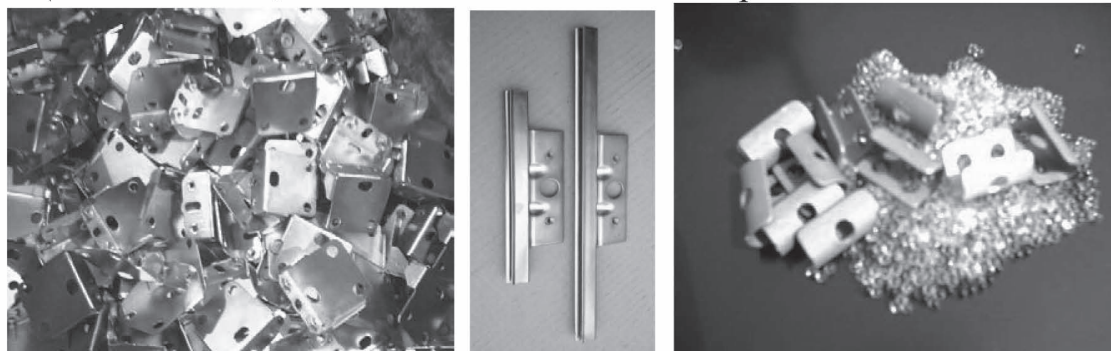
445017, г. ТОЛЬЯТТИ, Молодежный бульвар 22-110,
тел/факс 8482-254632, факс 8482-220352

**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»

DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_19

УДК 544.65

Электроосаждение покрытий цинк-железо из растворов оксалата аммония

© 2021 Р. Ф. Шеханов, С. Н. Гридчин

Ивановский государственный химико-технологический университет, 153000 Иваново,
Шереметевский проспект, 7. e-mail: ruslanfelix@yandex.ru

В статье обсуждаются кинетические закономерности электроосаждения цинка, железа и сплавов цинк-железо из оксалатно-аммонийных электролитов. При электроосаждении цинка из оксалатно-аммонийного электролита на поляризационных кривых присутствуют площадки предельного тока, имеющего диффузионную природу. С ростом температуры предельная плотность тока диффузионного процесса возрастает с 1 до 1.5 А/дм², а поляризация уменьшается. Электроосаждение железа из оксалатно-аммонийных электролитов происходит без диффузионных ограничений. Повышение температуры от 25 до 70°C приводит к смещению потенциала осаждения железа в область более положительных значений. Поляризационные кривые, характеризующие совместное электроосаждение цинка и железа, занимают промежуточное положение между поляризационными кривыми для индивидуальных металлов. Уменьшение концентрации цинка в оксалатно-аммонийном электролите приводит к незначительному снижению катодной поляризации при осаждении сплавов. По мере увеличения концентрации ионов железа в растворе возрастает его содержание в покрытии, вследствие чего усиливается склонность сплава к пассивации. Установлено, что при увеличении концентрации сульфата железа в электролите с 10 до 20 г/л его содержание в покрытии возрастает от 1,2 до 9,7 ат.%. Скорость коррозии покрытий замедляется пассивацией образцов в растворах, содержащих соединения трёх- и шестивалентного хрома. Цель работы – определение возможности применения оксалатно-аммонийных электролитов для электроосаждения сплавов цинк-железо. Легирование цинка железом способствует снижению скорости коррозии цинк-железных покрытий и облегчает их пассивацию.

Ключевые слова: сплавы Zn-Fe; электроосаждение сплавов; коррозионная стойкость; защитные покрытия.

Electrodeposition of zinc-iron coatings from ammonium oxalate baths

© 2021 R. F. Shekhanov, S. N. Gridchin

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

The article discusses the kinetic regularities of the electrodeposition of zinc, iron, and zinc-iron alloys from oxalate-ammonium electrolytes. It is established that during the electrodeposition of zinc from an oxalate-ammonium electrolyte, there are areas of the limiting current having a diffusive nature on the polarization

curves. With increasing temperature, the limiting current density of the diffusion process increases from 1 to 1.5 A/dm², and the polarization decreases. Electrodeposition of iron from oxalate-ammonium electrolytes occurs without diffusion restrictions. An increase in temperature from 25 to 70°C leads to a shift in the iron deposition potential to the region of more positive values. The polarization curves that characterize the joint electrodeposition of zinc and iron occupy an intermediate position between the polarization curves for individual metals. A decrease in the concentration of zinc in the oxalate-ammonium electrolyte leads to a slight decrease in the cathodic polarization during the deposition of alloys. With an increase in the concentration of iron ions in the solution, its content in the coating increases, which increases the tendency of the alloy to passivation. It was found that with an increase in the concentration of iron sulfate in the electrolyte from 10 to 20 g/l, its content in the coating increases from 1.2 to 9.7 at.%. The corrosion rate of coatings is slowed down by passivation of samples in solutions containing tri- and hexavalent chromium compounds. The results obtained indicate the possibility of using oxalate-ammonium electrolytes for electrodeposition of zinc-iron alloys. Alloying zinc with iron facilitates the passivation of coatings.

Keywords: Zn-Fe alloy, electrodeposition, corrosion resistance, protective coatings.

Введение

Для защиты черных металлов от коррозии традиционно применяются гальванические покрытия изделий цинком, кадмием, оловом. При этом введение в состав антикоррозионных покрытий металлов подгруппы железа (железо, кобальт, никель) позволяет существенно увеличить срок их защитного действия против коррозии, поскольку соответствующие бинарные сплавы характеризуются более высокой коррозионной стойкостью, чем указанные индивидуальные металлы [1]. Перспективным направлением при разработке новых составов растворов для электроосаждения металлов и сплавов является использование соединений, образующих растворимые комплексы с ионами осаждаемых металлов [2–9]. Одним из наиболее эффективных комплексообразующих компонентов электролита, в частности, является оксалат аммония, характеризующийся также возможностью разложения образуемых комплексов в сточных водах. Эффективность применения этого соединения для стабилизации электролита была продемонстрирована нами ранее при электроосаждении защитных покрытий сплавами цинк-кобальт [10–11], цинк-никель [11–14], олово-никель [11,15,16] и олово-кобальт [11]. Целью настоящей работы является исследование возможности использования оксалатно-аммонийных электролитов для получения гальванических покрытий цинк-железо.

Материалы и методы исследования

Растворы электролитов готовили из реактивов марки "ч.д.а." на дис-тиллированной воде путем растворения каждого компонента электролита в отдельном объеме с последующей фильтрацией и сливом растворов в общую ёмкость. Корректировку

кислотности раствора осуществляли добавлением 25% водного раствора аммиака или 50% раствора серной кислоты. Покрытия осаждали с помощью лабораторного источника тока MPS-3005L-3 Matrix на предварительно подготовленные (обезжиренные и активированные) образцы из стали 08кп. Процесс осаждения проводили при температуре 20–70°C и катодной плотности тока 1–5 А/дм². Качество покрытий определяли по внешнему виду и сцеплению с основным металлом соответственно согласно ГОСТ 9.301-86 и ГОСТ 9.302-88. Потенциодинамические катодные поляризационные кривые снимали с использованием потенциостата Р-30J при температуре 20–70°C со скоростью развертки потенциала 5 мВ/с. Электродом сравнения служил насыщенный хлоридсеребряный электрод ЭВЛ-1М1, вспомогательным – платиновый. Полученные значения потенциала пересчитывали относительно стандартного водородного электрода (с.в.э.). Для измерения pH использовали иономер И-160МП. Отрицательный показатель убыли массы коррозионного процесса рассчитывали в соответствии с рекомендациями [17]. Коррозионные испытания полученных образцов проводили в 3% растворе NaCl при температуре 25°C. Коррозионную стойкость покрытий исследовали путем построения коррозионных диаграмм и определения плотности тока коррозии. Элементный анализ покрытий проводили методом EDX.

Результаты и их обсуждение

Исследование процесса электроосаждения сплава цинк-железо из оксалатно-аммонийных электролитов (табл. 1) показало, что возможно получение доброкачественных осадков сплава в интервале плотностей тока от 1 до 5 А/дм².

Покрытия, осаждаемые из указанных электролитов, получают равномерные, имеющие хорошее

Таблица 1. Состав электролитов для осаждения сплавов Zn-Fe и свойства полученных покрытий.
Table 1. The electrolyte compositions for Zn-Fe alloys and some properties of the coatings obtained

Электролит Bath	№ 1	№ 2	№ 3
Состав электролита Bath composition			
Компонент Component	Концентрация, г/л Concentration, g/l		
$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	80	80	80
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20	15	10
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10	15	20
Плотность тока коррозии, мА/см ² Corrosion current density, mA/cm ²			
без пассивации without passivation	0,251	0,222	0,217
с последующей пассивацией в растворе «Тривалент» with passivation in "Trivalent" solution	0,213	0,211	0,199
с последующей пассивацией в растворе Cr(VI) with passivation in the solution containing Cr(VI)	0,194	0,214	0,186
Содержание железа в покрытии, % Iron content coatings, %			
для покрытий, полученных при плотности тока 1 А/дм ² coatings deposited at c.d. 1 A/dm ²	1,24	4,17	9,74

сцепление с основой. Электроосаждение протекает с большой катодной поляризацией, способствующей получению качественных мелкокристаллических покрытий цинк-никелевого сплава.

При электроосаждении цинка из оксалатно-аммонийного электролита на поляризационных кривых наблюдались площадки предельного тока (рис. 1), имеющего диффузионную природу. С увеличением температуры предельная плотность тока диффузионного процесса увеличивалась с 1 до 1.5 А/дм², а поляризация при осаждении цинка уменьшалась. В отличие от катодного осаждения цинка, электроосаждение железа из оксалатно-аммонийных электролитов происходит без диффузионных ограничений (рис. 2). Повышение температуры от 25 до 70°C приводит к смещению потенциала осаждения железа в область более положительных значений. Поляризационные кривые, характеризующие совместное электроосаждение цинка и железа, занимают промежуточное положение между поляризационными кривыми осаждения индивидуальных металлов (рис. 3). На поляризационных кривых для сплавов цинк-железо отсутствуют площадки предельного тока. Электроосаждение железа начинается при потенциале -850 – -900 мВ, а затем потенциал начала осаждения цинка составляет - 950 мВ. Поляризация при осаждении уменьшается с ростом температуры, при этом происходит смещение потенциалов осаж-

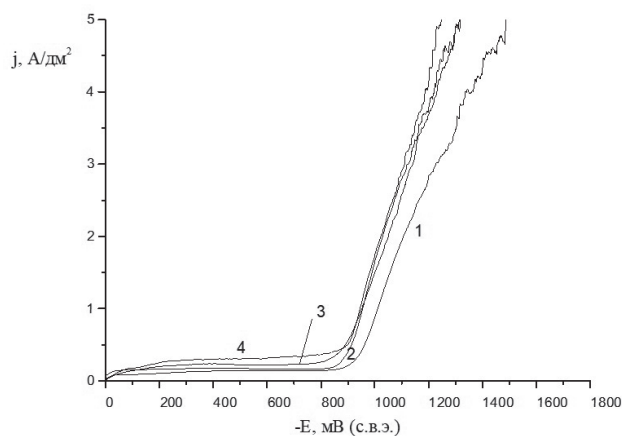


Рис. 1. Катодные поляризационные кривые осаждения цинка при температурах 25°C (1), 40°C (2), 55°C (3) и 70°C (4). Состав (г/л) раствора: $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 80, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 30

Fig.1. Cathodic polarization curves for the deposition of zinc at temperatures of 25°C (1), 40°C (2), 55°C (3) and 70°C (4). Composition (g/L) of the solution: $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 80, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 30

дения железа, цинка и их сплавов в область более положительных значений. Уменьшение концентрации цинка в оксалатно-аммонийном электролите приводит к незначительному снижению катодной поляризации при осаждении сплавов.

Защитные свойства осаждаемых покрытий существенно зависят от условий последующей обработки поверхности. Поэтому в рамках настоящего

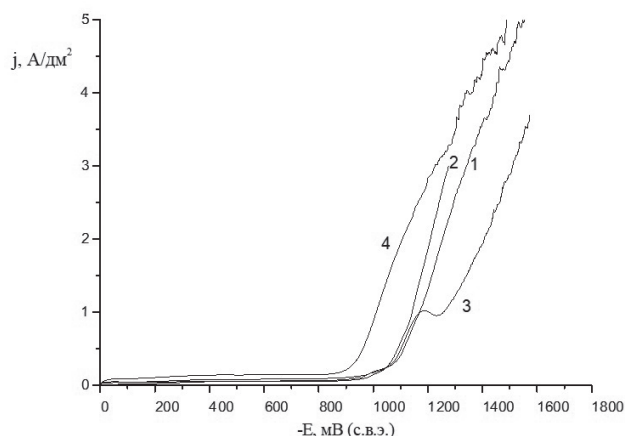


Рис.2. Катодные поляризационные кривые осаждения железа при температурах 25°C (1), 40°C (2), 55°C (3) и 70°C (4). Состав (г/л) раствора: $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} - 80$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 30$

Fig.2. Cathodic polarization curves for the deposition of iron at temperatures of 25°C (1), 40°C (2), 55°C (3) and 70°C (4). Composition (g/L) of the solution: $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} - 80$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 30$

исследования для покрытий сплавами цинк-железо при одинаковых экспериментальных условиях были протестированы следующие технологические операции: а) нанесение покрытия с пассивацией хроматированием; б) нанесение покрытия с пассивацией в растворе «Тривалент»; в) нанесение покрытия без пассивации. В первом случае для пассивации использовали раствор [18] состава: 25–35 г/л $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 10–15 г/л Na_2SO_4 , 3–7 г/л HNO_3 (продолжительность хроматирования: 30–60 с), во втором: – раствор «Тривалент» (ColdipTri-V) концентрации 20 мл/л (концентрация: 20 мл/л, температура: 20–35°C, pH: 1.5–2.5. время погружения: 10–35 с, pH 1,5–2,5). Скорость коррозии покрытий замедляется пассивацией образцов в растворах, содержащих соединения трёх- и шестивалентного хрома. Увеличение содержания железа в сплаве способствует снижению скорости коррозии цинк-железных покрытий (табл. 1).

Заключение

Установлено, что при электроосаждении цинка из оксалатно-аммонийного электролита на поляризационных кривых присутствуют площадки предельного тока, имеющего диффузионную природу. С ростом температуры предельная плотность тока диффузионного процесса возрастает с 1 до 1.5 А/дм², а поляризация уменьшается. Электроосаждение железа из оксалатно-аммонийных электролитов происходит без диффузионных ограничений. Повышение температуры от 25 до 70°C приводит к смещению потенциала осаждения железа в область более положительных значений. Поляризационные

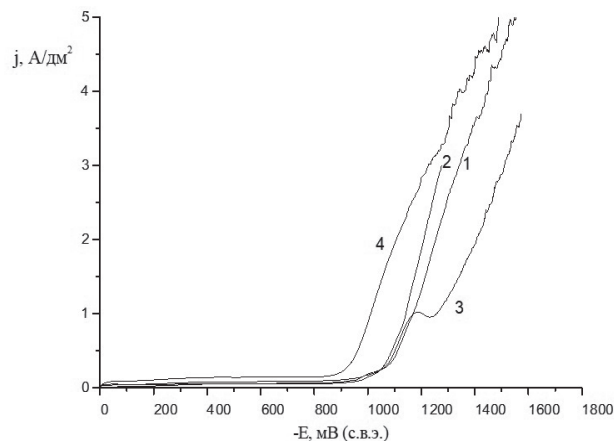


Рис.3. Катодные поляризационные кривые осаждения покрытий Zn–Fe (1,2), Zn (3) и Fe (4) при температуре 25°C. Состав (г/л) растворов: (1) - $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} - 80$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 20$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 10$; (2) - $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} - 80$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 10$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 20$; (3) - $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} - 80$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 30$; (4) - $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} - 80$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 30$

Fig.3. Cathodic polarization curves for the deposition of Zn–Fe (1,2), Zn (3) and Fe (4) at a temperature of 25°C. Composition (g/L) of the solutions: (1) - $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} - 80$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 20$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 10$; (2) - $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} - 80$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 10$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 20$; (3) - $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} - 80$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 30$; (4) - $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} - 80$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 30$

кривые, характеризующие совместное электроосаждение цинка и железа, занимают промежуточное положение между поляризационными кривыми для индивидуальных металлов. Уменьшение концентрации цинка в оксалатно-аммонийном электролите приводит к незначительному снижению катодной поляризации при осаждении сплавов.

По мере увеличения концентрации ионов железа в растворе возрастает его содержание в покрытии, вследствие чего усиливается склонность сплава к пассивации. Установлено, что при увеличении концентрации сульфата железа в электролите с 10 до 20 г/л его содержание в покрытии возрастает от 1,2 до 9,7 ат.%.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения оксалатно-аммонийных электролитов для электроосаждения сплавов цинк-железо. Легирование цинка железом способствует снижению скорости коррозии цинк-железных покрытий и облегчает их пассивацию.

Благодарности

Работа выполнена в НИИ Термодинамики и кинетики химических процессов Ивановского государственного химико-технологического университета в рамках Государственного задания на выполнение НИР (Тема № FZZW-2020-0010).

Литература

1. Окулов В. В. Цинкование. Техника и технология. М.: Глобус, 2008. 252 с.
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. doi:10.1134/S2070205110050205.
3. Винокуров Е. Г. Прогнозирование состава раствора для электроосаждения сплава Sn-Co и определение его цветовых характеристик // Журнал прикладной химии. 2010. Т. 83, № 2. С. 259–263. doi: 10.1134/S1070427210020138.
4. Kamel M.M., Anwer Z.M., Abdel-Salam I.T., Ibrahim I.S. Nickel electrodeposition from novel lactate bath // Trans. IMF. 2010. V. 88, № 4. P. 191–197. doi: 10.1179/002029610X12696136822437.
5. Ortiz-Aparicio J.L., Meas Y., Trejo G., Ortega R., Chapman T. W., Chainet E., Ozil P. Effect of aromatic aldehydes on the electrodeposition of ZnCo alloy from cyanide-free alkaline-gluconate electrolytes // J. Appl. Electrochem. 2011. V. 41. P. 669–679. doi 10.1007/s10800-011-0279-y.
6. Lacnjevac U., Jovic B.M., Jovic V.D. Electrodeposition of Ni, Sn and Ni-Sn alloy coatings from pyrophosphate-glycine bath // J. Electrochem. Soc. 2012. V. 159, № 5. P. D310–D318. doi: 10.1149/2.042205JES.
7. Hammami O., Dhouibi L., Bercot P., Rezrazi E. A., Triki E. Effect of diethanlamine and triethanolamine on the properties of electroplated Zn-Ni alloy coatings from acid bath // Can. J. Chem. Eng. 2013. V. 91. P. 19–26. doi: 10.1002/cjce.21627.
8. Vidu R., Perez-Page M., Quach D. V., Chen X. Y., Stroeve P. Electrodeposition of Ni and Te-doped Cobal Triantimonide in Citrate Solutions // Electroanalysis. 2015. V. 27. P. 2845–2856. doi:10.1002/elan.201500247.
9. Kahoul A., Azizi F., Bouaoud M. Effect of citrate additive on the electrodeposition and corrosion behaviour of Zn-Co alloy // Trans. IMF. 2017. V. 95, № 2. P. 106–113. doi: 10.1080/00202967.2017.1265766.
10. Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н., Балмасов А.В. Электроосаждение сплавов цинк-кобальт из оксалатных электролитов // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2017. Т. 53, № 3. С. 316–320. doi: 10.1134/s2070205117030224.
11. Камышева К.А., Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н., Балмасов А.В. Гальваническое осаждение сплавов цинка и олова с никелем и кобальтом из оксалатно-аммонийных электролитов // Изв. АН. Сер. хим. 2020. № 7. С. 1272–1278. doi: 10.1007/s11172-020-2897-1.

References

1. Okulov V.V. Tsinkovaniye. Tekhnika i tekhnologiya. [Zinc Plating. Equipment and Technology]. Moscow, Globus, 2008. 252 p. (in Russian)
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.
3. Vinokurov E. G. Prognostication of the composition of a solution for electrodeposition of Sn-Co alloy and determination of its color characteristics. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2010, vol. 83, no. 2, pp. 258–262. doi: 10.1134/S1070427210020138.
4. Kamel M.M., Anwer Z.M., Abdel-Salam I.T., Ibrahim I.S. Nickel electrodeposition from novel lactate bath. *Trans. IMF.*, 2010, vol. 88, no. 4, pp. 191–197. doi: 10.1179/002029610X12696136822437.
5. Ortiz-Aparicio J.L., Meas Y., Trejo G., Ortega R., Chapman T. W., Chainet E., Ozil P. Effect of aromatic aldehydes on the electrodeposition of ZnCo alloy from cyanide-free alkaline-gluconate electrolytes. *J. Appl. Electrochem.*, 2011, vol. 41, pp. 669–679. doi 10.1007/s10800-011-0279-y.
6. Lacnjevac U., Jovic B.M., Jovic V.D. Electrodeposition of Ni, Sn and Ni-Sn alloy coatings from pyrophosphate-glycine bath. *J. Electrochem. Soc.*, 2012, vol. 159, no. 5, pp. D310–D318. doi: 10.1149/2.042205JES.
7. Hammami O., Dhouibi L., Bercot P., Rezrazi E. A., Triki E. Effect of diethanlamine and triethanolamine on the properties of electroplated Zn-Ni alloy coatings from acid bath. *Can. J. Chem. Eng.*, 2013, vol. 91, pp. 19–26. doi: 10.1002/cjce.21627.
8. Vidu R., Perez-Page M., Quach D. V., Chen X. Y., Stroeve P. Electrodeposition of Ni and Te-doped Cobal Triantimonide in Citrate Solutions. *Electroanalysis*, 2015, vol. 27, pp. 2845–2856. doi:10.1002/elan.201500247.
9. Kahoul A., Azizi F., Bouaoud M. Effect of citrate additive on the electrodeposition and corrosion behaviour of Zn-Co alloy. *Trans. IMF*, 2017, vol. 95, no. 2, pp. 106–113. doi: 10.1080/00202967.2017.1265766.
10. Shekhanov R.F., Gridchin S.N., Balmasov A.V. Electroplating of zinc-cobalt alloys from oxalate electrolytes. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 2017, vol. 53, no. 3, pp. 483–487. doi: 10.1134/s2070205117030224.
11. Kamysheva K.A., Shekhanov R.F., Gridchin S.N., Balmasov A.V. Electroplating of zinc and tin alloys with nickel and cobalt from ammonium oxalate electrolytes. *Russ. Chem. Bulletin*, 2020,

12. Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н., Балмасов А.В. Электроосаждение сплавов цинк-никель из оксалатно-аммонийных электролитов // Электрохимия. 2018. Т. 54, № 4. С. 408–415. doi: 10.1134/s1023193518040079.
13. 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. doi: 10.47188/0869-5326_2019_27_1_4.
14. Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н., Балмасов А.В. Электроосаждение и физико-химические свойства покрытий сплавами цинк-никель из оксалатно-аммонийных электролитов // Электрон. обраб. материалов. 2020. Т. 56, № 2. С. 9–13. doi: 10.3103/S1068375520040146.
15. Шеханов Р.Ф., Гридчин С.Н., Балмасов А.В. Электроосаждение сплавов олово-никель из оксалатно-сульфатного и фторид-хлоридного электролитов // Электрон. обраб. материалов. 2016. Т. 52, № 2. С. 27–31. doi: 10.3103/S1068375516020125.
16. Шеханов Р.Ф., Кузьмин С.М., Балмасов А.В., Гридчин С.Н. Влияние ПАВ на электроосаждение сплава Sn–Ni из оксалатных растворов // Электрохимия. 2017. Т. 53, № 11. С. 1442–1449. doi: 10.1134/S1023193517110131.
17. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов, А.В. Коррозия и защита от коррозии. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 416 с.
18. Ажогин Ф.Ф., Беленький М.А. Гальванотехника. М.: Металлургия. 1987. 736 с.
- vol. 69, no. 7, pp. 1272–1278. doi: 10.1007/s11172-020-2897-1.
12. Shekhanov R.F., Gridchin S.N., Balmasov A.V. Electrodeposition of zinc–nickel alloys from ammonium oxalate electrolytes. *Russ. J. Electrochem*, 2018, vol. 54, no. 4, pp. 355–362. doi: 10.1134/s1023193518040079.
13. 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).
14. Shekhanov R.F., Gridchin S.N., Balmasov A.V. Electroplating and physicochemical properties of zinc–nickel alloy coatings from ammonium Oxalate Electrolytes. *Surf. Eng. Appl. Electrochem*, 2020, vol. 56, no. 4, pp. 427–431. doi: 10.3103/S1068375520040146.
15. Shekhanov R.F., Gridchin S.N., Balmasov A.V. Electrodeposition of tin–nickel alloys from oxalate–sulfate and fluoride–chloride electrolytes. *Surf. Eng. Appl. Electrochem*, 2016, vol. 52, no. 2, pp. 152–156. doi: 10.3103/S1068375516020125.
16. Shekhanov R.F., Kuz'min S.M., Balmasov A.V., Gridchin S.N. Effect of surfactants on electrodeposition of the Sn–Ni alloy from oxalate solutions. *Russ. J. Electrochem*, 2017, vol. 53, no. 11, pp. 1274–1280. doi: 10.1134/S1023193517110131.
17. Semenova I.V., Florianovich G.M., Khoroshilov A.V. Korroziya i zatschita ot korrozii [Corrosion and corrosion protection]. Moscow, Fizmatlit, 2010. 416 p. (in Russian)
18. Azhogin F.F., Belen'kiy M.A. Gal'vanotekhnika [Electroplating]. Moscow, Metallurgiya, 1987. 736 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Шеханов Руслан Феликсович – к.т.н., заведующий кафедрой технологии электрохимических производств, e-mail: ruslanfelix@yandex.ru (автор, ответственный за переписку)

Гридчин Сергей Николаевич – к.х.н., старший научный сотрудник кафедры аналитической химии, e-mail: sergei_gridchin@mail.ru

Information about authors

Shekhanov R. F. – Ph.D., Head of department technologies of electrochemical productions; e-mail: ruslanfelix@yandex.ru

Gridchin S. N. – Ph.D., Senior researcher of department of analytical chemistry, e-mail: sergei_gridchin@mail.ru

Для цитирования

Р. Ф. Шеханов, С. Н. Гридчин. Электроосаждение покрытий цинк-железо из растворов оксалата аммония // Гальванотехника и обработка поверхности. 2021. Т. 29, № 2. С. 19–24.
DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_19

For citation

R. F. Shekhanov, S. N. Gridchin. Electrodeposition of zinc-iron coatings from ammonium oxalate baths. *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*. 2021, vol. 29, no. 2, pp. 19–24.
DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_19



Щелочное цинкование

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

Слабокислое цинкование

ЛГ-50 (А, И) ЛГ-09 (А, Б)

Цианистое цинкование

ДС-3

Осаждение сплавов

Цинкамин-ZF (цинк-железо)

Цинкамин-ZN (цинк-никель)

Никелирование

НХС-1, 2, 3



Лучшая химия для гальванотехники



Пассивирующие концентраты (CrVI-free)

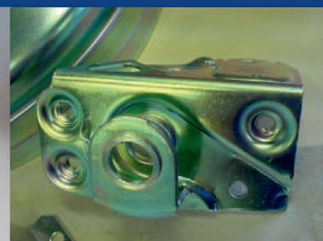
Финишная обработка покрытий

Ирида-ХромТри (А, В, АF, ВF, К)

Ирида-СилХром

Силатек-08 (top-coat)

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



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

H₂O

ООО «Баромембранная технология»

г. Владимир

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

- **Технологические решения и оборудование для гальванических производств, производств печатных плат и участков травления**
- 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
- 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 100 локальных
и комплексных очистных
сооружений**

Свидетельства НП СРО ОПВО и ОСВО на допуск к строительно-монтажным и проектным работам
Собственное производство оборудования по стандарту ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (ISO 9001:2015)
Декларация о соответствии Техническому регламенту Таможенного союза ЕврАзЭС

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



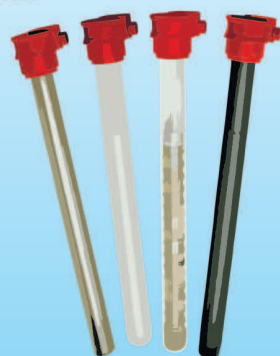
INNOVATIVE PUMP
 AND FILTER TECHNOLOGY

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



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

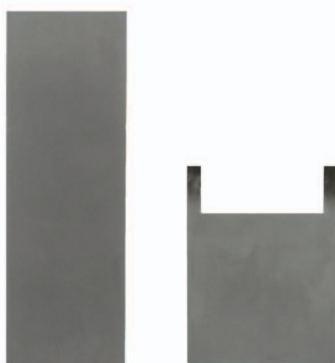


Научно-производственное предприятие «ЭКOMET»

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, «ЭКOMET»

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



ЭЛМА
торговый дом

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

ТЕХНОЛОГИИ 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: oogranitm68@granit-m.ru • granit@tamb.ru • bark@granit-m.ru

www.granit-m.ru



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 блестящеобразующие 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>

DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_34

УДК 621.35

Исследование гибридных материалов для электрохимической энергетики, полученных с использованием переменного асимметричного тока

**© 2021 А.В. Храменкова, А.И. Изварин,
О.А. Финаева, Е.А. Яценко**

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 346428 Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения 132
Тел. +7(8635)255330, e-mail: anna.vl7@yandex.ru

В статье приведены результаты исследований гибридных материалов на основе оксидных соединений кобальта, железа, марганца, молибдена на поверхности углеродной ткани марки Урал Т-22Р, полученных с использованием переменного асимметричного тока. Методом сканирующей электронной микроскопии проведено исследование структуры и морфологии полученных гибридных материалов. Установлено, что они имеют лепестковую структуру, характерную для оксидных соединений марганца - железа $(\text{Mn-Fe})_2\text{O}_3$. Основными элементами гибридного материала по данным рентгеноспектрального микроанализа являются углерод, кислород, кобальт, железо, марганец и молибден. Методом рентгенофазового анализа установлено, что основными фазами синтезированных гибридных электродных материалов являются MoO_3 , Mn_3O_4 , CoMoO_4 . Исследование пористости полученных гибридных материалов показало преимущественное наличие мезопор, а величина удельной поверхности $S_{\text{уд}}$ составила $0,9952 \pm 0,0078 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$. При этом разработанные гибридные материалы характеризуются термической стабильностью в интервале температур 50 – 800°C.

Ключевые слова: переменный асимметричный ток, гибридные материалы, оксиды металлов

Research of hybrid materials obtained using alternating asymmetric current for electrochemical power industry

**© 2021 A. V. Khramenkova, A.I. Izvarin,
O.A. Finaeva, E.A. Yatsenko**

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Prosveshcheniya, 132,
Phone: +7(8635)255330, e-mail: anna.vl7@yandex.ru

The article presents the results of studies of hybrid materials based on oxide compounds of cobalt, iron, manganese, molybdenum on the surface of Ural T-22R carbon fiber textile, obtained using an alternating

asymmetric current. The structure and morphology of the obtained hybrid materials have been studied by scanning electron microscopy. It was found that they have a petal - like structure which is typical for oxide compounds of manganese - iron $(\text{Mn-Fe})_2\text{O}_3$. According to X-ray spectral microanalysis, the main elements of the hybrid material are carbon, oxygen, cobalt, iron, manganese and molybdenum. It was found by X-ray phase analysis that the main phases of the synthesized hybrid materials are MoO_3 , Mn_3O_4 , CoMoO_4 . The study of the porosity of the obtained hybrid materials showed the predominant presence of mesopores, and the specific surface area (SSA) is equal to $0.9952 \pm 0.0078 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$. At the same time, the developed hybrid materials are characterized by thermal stability within the interval of 50 - 800 °C.

Keywords: alternating asymmetric current, hybrid materials, metal oxides

Введение

Возрастающий интерес к «умным» электронным устройствам, «рулонным» дисплеям и имплантируемым медицинским устройствам привлекает все большее внимание исследователей в области создания гибкой электроники. Для достижения заданных характеристик в такой гибкой электронике с интегрированными системами аккумуляторов необходимо разработать гибкие, легкие системы хранения энергии. В настоящее время на портативном энергетическом рынке доминируют литий-ионные аккумуляторы и суперконденсаторы, из-за их высокой удельной энергии и длительного срока службы [1 – 3].

Суперконденсаторы представляют собой электрохимические устройства накопления энергии, сочетающие в себе высокую удельную мощность, высокую скорость заряда – разряда и достаточно большую циклическую способность [4 – 6]. При этом емкостные характеристики суперконденсаторов зависят от физико - химических свойств электродных материалов, таких как химический и фазовый составы, электропроводность, удельная поверхность и пористость, химическая, термическая и фазовая стабильность [7, 8].

Весьма перспективно использование в химических источниках тока электродных материалов на основе углерода, благодаря сочетанию в нем высокой электропроводности и большой удельной поверхности, коррозионной и термической устойчивости, технологичности и относительной дешевизне. В качестве таких материалов используют угли, углеродные аэрогели, волокна, а также другие формы наноструктурированных углеродных атомов – нанотрубки и графен [9 – 13]. Также большой интерес для этих целей представляют материалы на основе оксидов переходных металлов [14 – 16]. Это обусловлено, прежде всего, высокими значениями теоретической емкости, благодаря возможности протекания обратимых окислительно-восстановительных реакций на поверхности электродов [17, 18]. Так, авторами [19] химическим осаждением из паровой фазы получены наночастицы оксида молибдена MoO_3 , и проведено их исследование в ка-

честве активного материала отрицательных электродов литий – ионных аккумуляторов. Обратимая емкость такого материала была близка к теоретической и составила $1050 \text{ мАч} \cdot \text{г}^{-1}$. Одним из наиболее многообещающих анодных материалов следует считать оксид марганца Mn_3O_4 ввиду его низкой стоимости, экологичности, высокой теоретической емкости ($936 \text{ мАч} \cdot \text{г}^{-1}$) и низкому плато разряда (около 0,5 В против Li/Li^+) [20, 21].

В связи с вышеизложенным, представляется перспективным получение многофазных систем, состоящих из нескольких оксидов переходных металлов, что позволит добиться повышения электрохимических характеристик таких материалов ввиду синергии их свойств.

В то же время оксидные материалы обладают более низкой электропроводностью и меньшей циклической способностью по сравнению с углеродными. Чтобы преодолеть эти недостатки, весьма перспективно совмещение оксидных соединений переходных металлов с углеродсодержащими носителями для повышения электрохимических характеристик разрабатываемых электродов [22].

При этом ожидаемую величину ёмкости такого гибридного материала в первом приближении можно рассматривать как линейную комбинацию составляющих материал активных компонентов.

Среди способов синтеза гибридных материалов в настоящее время в основном преобладают многостадийные высокотемпературные химические методы [23, 24]. При этом выгодно отличается метод нестационарного электролиза, основанный на поляризации электрода переменным асимметричным током. Использование переменного асимметричного тока дает возможность получать материалы подобного рода в одну стадию, а также управлять кинетикой осаждения и фазовым составом получаемых материалов в достаточно широких пределах. Кроме того, известно, что использование тока без предварительного выпрямления позволяет в значительной степени снизить внутренние напряжения в поверхностных слоях гибридных материалов, а также повысить их эксплуатационные свойства [25 – 28].

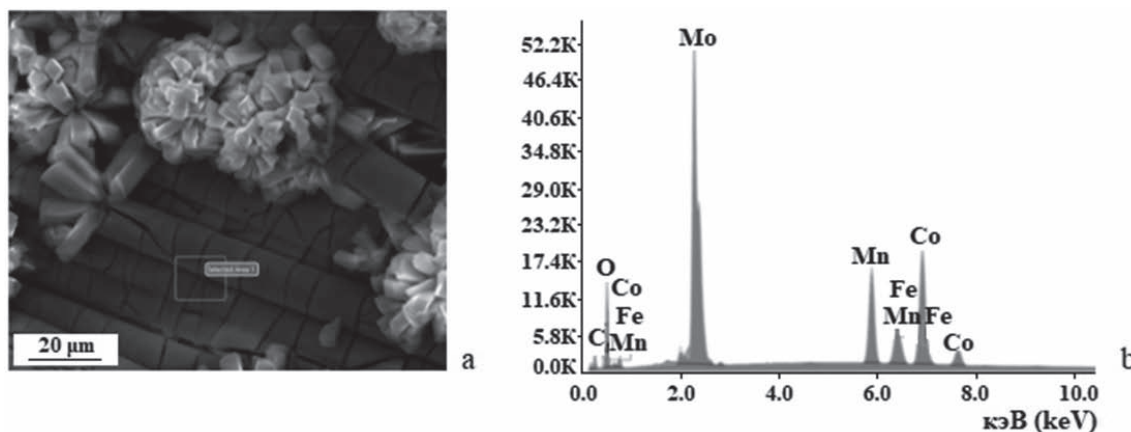


Рис. 1. СЭМ – изображение (а) и EDAX спектр (b) поверхности гибридных материалов
 Fig. 1. SEM image (a) and EDAX spectrum (b) of hybrid materials surface

Целью данной работы было исследование возможности сосаждения оксидов молибдена, кобальта, железа и марганца на поверхности углеродного носителя с использованием переменного асимметричного тока, получение гибридных материалов на их основе и исследование их структурных особенностей.

Материалы и методы исследования

Электрохимической ячейкой служил стеклянный термостатированный электролизер емкостью 250 мл, в который помещали рабочий электрод, противоэлектрод и магнитную мешалку. В качестве рабочего электрода использовали макроэлектроды из углеродной ткани марки Урал Т-22Р компании ООО «Химпром» (ГОСТ 28005-88) с геометрическими размерами 30x20x1 мм (с обеих сторон), противоэлектрод – нержавеющая сталь марки 08X18H10, размеры которых превышали размеры рабочего электрода в два раза. В состав электролита входили следующие компоненты, г·л⁻¹: сульфат железа (II) ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) – 12,0; сульфат кобальта ($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) – 80,0; сульфат марганца ($\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) – 30,0; гептамолибдат аммония ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) – 30,0; борная кислота (H_3BO_3) – 30,0; лимонная кислота ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) – 3,0. Растворы электролита готовили из реактивов марки «х.ч» или «ч.д.а» на дистиллированной воде.

Источником тока служило устройство, состоящее из двух диодов, включенных параллельно и проводящих ток в разных направлениях через регулируемые сопротивления. Для получения гибридных материалов использовали переменный асимметричный синусоидальный ток промышленной частоты (50 Гц), представляющий две полусинусоиды разной амплитуды. Плотность среднего за период катодного тока составила 1,08 А·дм⁻², среднего за период анодного тока – 0,52 А·дм⁻². Температура электролиза 60–65 °С, рН 4 – 5. Время электролиза – 40 мин.

Морфологию поверхности и элементный состав полученных гибридных электродных материалов исследовали в ЦКП «Нанотехнологии» ЮРГПУ (НПИ) с использованием растрового электронного микроскопа Quanta 200 с системой рентгеновского микроанализа EDAX Genesis XVS 30 (FEI Company, США). Фазовый анализ определяли с использованием порошкового рентгеновского дифрактометра ARL X'tra («Thermo Scientific», Швейцария – США). Съемку проводили на излучении $\text{CuK}\alpha 1$ (длина волны 1,5406 Å) со скоростью 5 град·мин⁻¹. Расшифровку дифрактограмм осуществляли с использованием базы данных PDF – 2. Исследование стабильности и термической устойчивости гибридных материалов проводили с помощью комплексного термического анализа (ДТА – ТГ) на приборе STA 449 C («Netzsch», Германия) в интервале температур 50 – 800 °С в инертной среде (гелий). Скорость нагревания составила 20 К·мин⁻¹.

Определение удельной поверхности и исследование распределения пор по размерам проводили на оборудовании ЦКП им. Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д.И. Менделеева) с использованием адсорбционного анализатора удельной поверхности и пористости «ASAP 2020MP» («Micromeritics Instrument Corp.», США).

Результаты и их обсуждение

По данным рентгеноспектрального микроанализа с участка поверхности (рис. 1а) основными элементами полученного гибридного материала являются углерод, кислород, марганец, железо, кобальт и молибден (рис. 1б, табл. 1).

Как видно из СЭМ – изображений, углеродные волокна исходной ткани (рис. 2а) преимущественно имеют круглое сечение и фибриллярное строение. При этом каждое моноволокно, так называемый филамент, имеет диаметр 5–7 мкм. Известно, что филаменты обычно состоят из фибрилл диаметром

Таблица 1. Состав электролитов для осаждения сплавов Zn-Fe и свойства полученных покрытий.
Table 1. The electrolyte compositions for Zn-Fe alloys and some properties of the coatings obtained

Элемент Element	С поверхности гибридных материалов From the surface of the hybrid materials	
	мас. % wt. %	ат. % at. %
Углерод Carbon	9,6	23,5
Кислород Oxygen	28,1	51,4
Марганец Manganese	9,8	5,2
Железо Iron	3,8	2,0
Кобальт Cobalt	15,4	7,7
Молибден Molybdenum	33,3	10,2

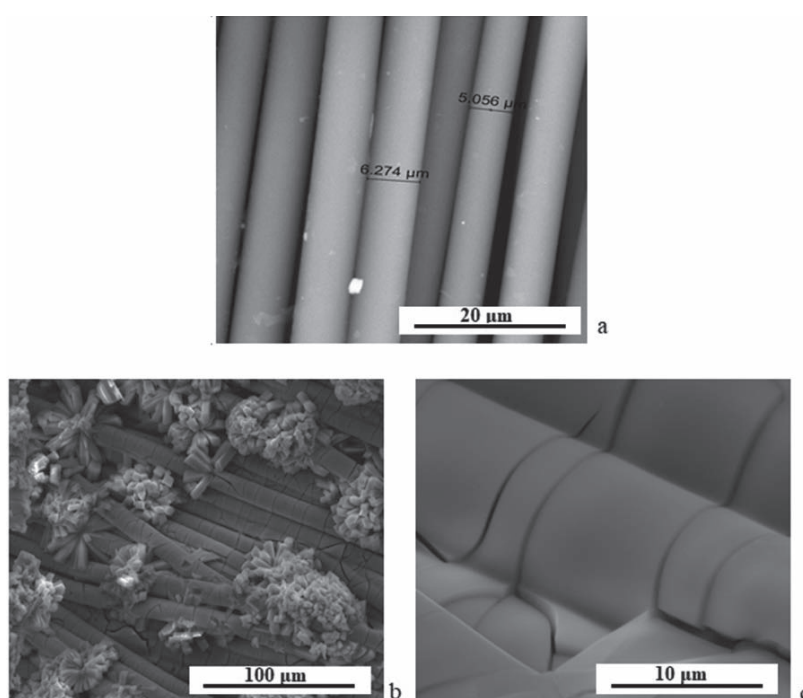


Рис. 2. СЭМ – изображения поверхности исходной углеродной ткани (а) и гибридного материала при разном увеличении. Масштаб: b – 100 мкм, с – 10 мкм

Fig. 2. SEM images of the initial carbon fiber textile (a) and hybrid material at different magnifications. Scale: b – 100 μm, c – 10 μm

150-250 нм, которые расположены параллельно друг другу. В результате осаждения оксидов морфология поверхности резко меняется (рис. 1a и 1b).

Из анализа СЭМ – изображений (рис. 2b и 2c) видно, что структура поверхности разработанных гибридных материалов носит слоистый характер, при этом наблюдаются выступающие включения в виде ярко выраженных лепестковых структур (рис. 2b). Известно, что такие самосборки лепестков в подобные структуры характерны для сложных оксидов $(Mn-Fe)_2O_3$ [29]. При этом следует отметить, что в целом поверхность имеет фибриллярное строение с диаметром филамента 6-8 мкм (рис. 2c).

Дифракционная картина разработанного гибридного материала (рис. 3) имеет вид, характерный для рентгеноаморфного материала. Даже после термообработки при 650 °С в атмосфере воздуха в течение 40 мин удалось идентифицировать только фазы оксидов молибдена MoO_2 и MoO_3 .

Как видно из рис. 4, только после термообработки при 750 °С в течение 90 мин вещество гибридных материалов становится более окристаллизованным, что позволило установить фазы Mn_3O_4 , $CoMoO_4$ и MoO_3 .

Известно [11], что возможные процессы при термообработке таких материалов могут быть описаны следующими уравнениями реакций:

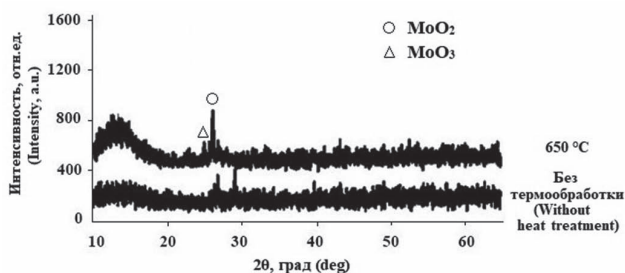
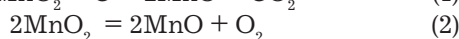
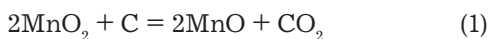


Рис. 3. Дифрактограммы гибридных материалов
Fig. 3. X-ray diffraction patterns for the hybrid materials



Отсутствие фазы MoO_2 на дифрактограмме (рис. 4), вероятно, связано с процессами окисления и фазовыми переходами в процессе термообработки. Известно, что с увеличением температуры термообработки (выше 700°C) MoO_2 переходит в стабильную слоистую структуру MoO_3 , состоящую из двумерных сеток, связанных вершинами октаэдров $[\text{MoO}_6]$.

При этом слабая связь между слоями в структуре ромбического MoO_3 позволяет им перестраиваться в полиморфные модификации MonO_{3n-x} по механизму кристаллографического сдвига, что и следует из анализа данных рентгенофазового анализа.

Удельная поверхность полученных гибридных материалов, рассчитанная по уравнению БЭТ, $S_{\text{уд}}$ составила $0,9952 \pm 0,0078 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$.

По полученной изотерме адсорбции (рис. 5) можно заключить о ее принадлежности к IV типу изотерм адсорбции по классификации Брунауэра, Деминга, Деминга и Теллера (БДДТ), что, с учетом относительно небольшого увеличения количества сорбированного азота на начальном участке изотермы и данных табл. 2, свидетельствует о преимущественном наличии мезопор. При этом из рис. 5 видно, что петля гистерезиса практически отсутствует. Это указывает на весьма низкую пористость; данная петля гистерезиса соответствует типу H3 по классификации ИЮПАК, что может также указывать на наличие щелевидных пор.

Как видно из рис. 6, на кривой ДТА для гибридного материала в инертной среде не наблюдается никаких пиков, а есть только наметки на эндотермические эффекты в интервалах температур $320 - 340^\circ\text{C}$, что может быть связано с удалением физически адсорбированной, адсорбционно- и химически связанной воды, окислительные процессы отсутствуют. Потерю массы на кривой ТГ с ростом температуры можно объяснить способностью нестехиометрических оксидов непрерывно выделять кислород, причем данный процесс носит не поверхностный характер, а приводит к изменению степени их дефектности.

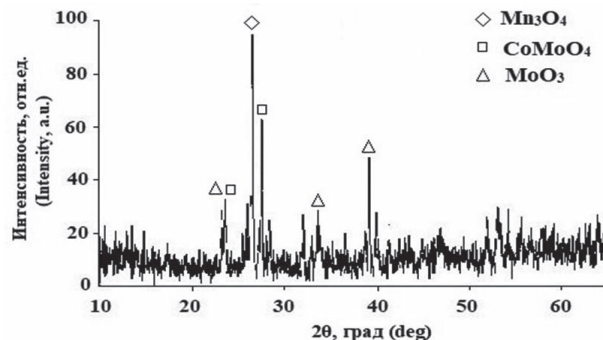


Рис. 4. Дифрактограмма гибридных материалов после термообработки при 750°C

Fig. 4. X-ray diffraction pattern for the hybrid materials thermally treated at 750°C

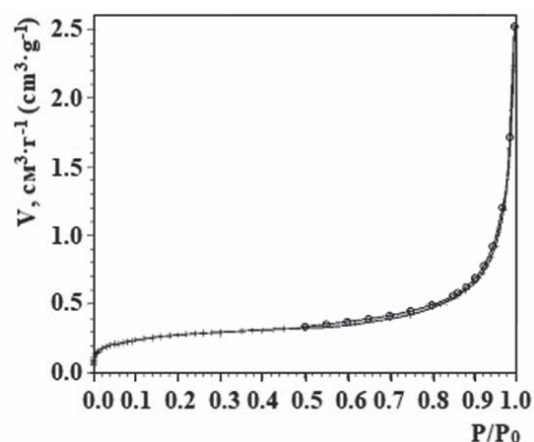


Рис. 5. Изотерма адсорбции гибридного материала
Fig. 5. Adsorption isotherm of the hybrid material

Как видно из результатов ДТА – ТГ, все оксидные фазы стабильны, следовательно, полученный гибридный материал достаточно инертен, в интервале температур $50 - 800^\circ\text{C}$ сохраняет свою термическую стабильность.

Заклучение

С использованием переменного асимметричного тока на поверхности углеродной ткани получены гибридные материалы на основе оксидов переходных металлов. С помощью рентгеноспектрального микроанализа установлено, что основными элементами полученных материалов являются Co, Fe, Mn, Mo, O, C.

Наличие кислорода указывает на процессы формирования оксидных фаз в процессе электролиза, что подтверждается данными рентгеновской дифракции. С помощью рентгенофазового анализа идентифицированы фазы MoO_3 , Mn_3O_4 , CoMoO_4 . Методом сканирующей электронной микроскопии исследована морфология поверхности разработанных гибридных материалов. Установлено, что поверхность гибридных электродных материалов имеет структуру, характерную для оксидов марганца и железа $(\text{Mn-Fe})_2\text{O}_3$.

Таблица 2. Распределение пор по размерам по методу ВН-адсорбции для гибридного материала
Table 2. ВН pore size distribution for the hybrid material

Интервал диаметра пор, нм Pore diameter range, nm	Средний диаметр пор d, нм Average pore diameter d, nm	Удельный объем пор $V_{уд}$, $см^3 \cdot г^{-1}$ Specific pore volume V_{sp} , $см^3 \cdot г^{-1}$	Кумулятивный удельный объем пор $V_{уд,Σ}$, $см^3 \cdot г^{-1}$ Cumulative specific pore volume $V_{sp,Σ}$, $см^3 \cdot г^{-1}$	Удельная поверхность пор $S_{уд}$, $м^2 \cdot г^{-1}$ Specific pore surface S_{sp} , $м^2 \cdot г^{-1}$	Кумулятивная удельная поверхность пор $S_{уд,Σ}$, $м^2 \cdot г^{-1}$ Cumulative specific pore surface $S_{sp,Σ}$, $м^2 \cdot г^{-1}$
322,2 - 198,4	232,17	0,000514	0,000514	0,0089	0,0089
198,4 - 133,2	153,32	0,000451	0,000965	0,0118	0,0206
133,2 - 100,4	112,24	0,000307	0,001272	0,0109	0,0316
100,4 - 80,9	88,53	0,000225	0,001496	0,0101	0,0417
80,9 - 66,5	72,26	0,000196	0,001693	0,0109	0,0526
66,5 - 49,9	55,84	0,000257	0,001950	0,0184	0,0710
49,9 - 40,2	44,03	0,000180	0,002130	0,0164	0,0873
40,2 - 33,4	36,18	0,000136	0,002266	0,0151	0,1024
33,4 - 28,8	30,76	0,000101	0,002367	0,0131	0,1155
28,8 - 25,2	26,76	0,000080	0,002447	0,0120	0,1275
25,2 - 22,4	23,65	0,000068	0,002515	0,0115	0,1390
22,4 - 20,2	21,18	0,000057	0,002572	0,0107	0,1498
20,2 - 16,8	18,18	0,000085	0,002657	0,0186	0,1684
16,8 - 14,4	15,41	0,000064	0,002721	0,0167	0,1850
14,4 - 12,6	13,35	0,000060	0,002781	0,0179	0,2029
12,6 - 11,2	11,77	0,000045	0,002826	0,0153	0,2182
11,2 - 10,0	10,51	0,000040	0,002865	0,0152	0,2334
10,0 - 7,9	8,70	0,000077	0,002943	0,0355	0,2689
7,9 - 6,5	7,07	0,000048	0,002990	0,0269	0,2958
6,5 - 5,5	5,90	0,000034	0,003025	0,0233	0,3191
5,5 - 5,0	5,20	0,000021	0,003045	0,0158	0,3349
5,0 - 4,1	4,43	0,000027	0,003072	0,0244	0,3593
4,1 - 3,2	3,38	0,000007	0,003079	0,0084	0,3677
3,2 - 3,0	3,09	0,000000	0,003079	0,0002	0,3679
3,0 - 2,8	2,91	0,000004	0,003083	0,0048	0,3727
2,8 - 2,7	2,74	0,000001	0,003084	0,0010	0,3738
2,7 - 2,5	2,58	0,000005	0,003089	0,0081	0,3819
2,5 - 2,2	2,35	0,000006	0,003095	0,0103	0,3922
2,2 - 2,1	2,17	0,000002	0,003097	0,0032	0,3954
2,1 - 2,0	2,06	0,000002	0,003099	0,0045	0,3999
2,0 - 1,9	1,96	0,000004	0,003103	0,0073	0,4072
1,9 - 1,8	1,86	0,000006	0,003108	0,0126	0,4198
1,8 - 1,7	1,76	0,000008	0,003116	0,0181	0,4379

Поскольку известно, что оксидные фазы, входящие в состав полученных гибридных материалов, являются электрохимически активными соединениями для химических источников тока, особенно в сочетании с углеродным носителем, видится перспективным дальнейшее исследование возмож-

ности их использования в качестве электродных материалов химических источников тока.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента РФ СП-3068.2021.1.

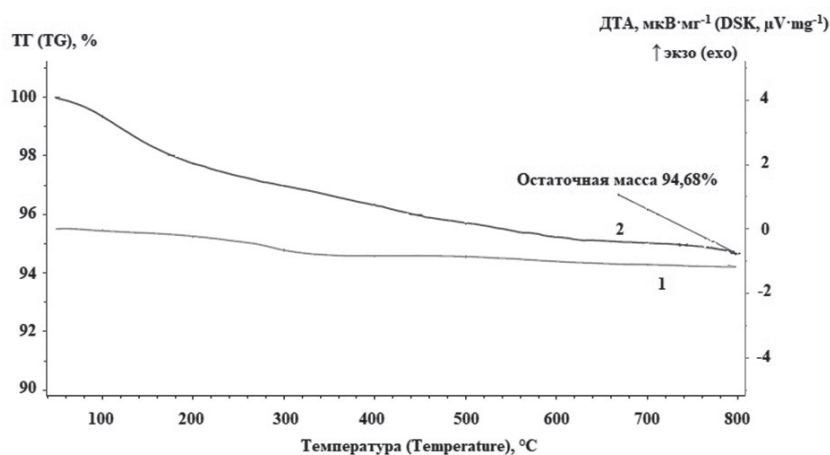


Рис. 6. Результаты дифференциально – термического анализа гибридных материалов в инертной среде:

1 – дифференциальный термический анализ (ДТА), 2 – термогравиметрическая кривая (ТГ)

Fig. 6. Results of differential thermal analysis of hybrid materials in an inert atmosphere:

1 - differential thermal analysis (DTA), 2 - thermogravimetric curve (TG)

Литература

1. Рычагов А.Ю., Вольфович Ю.М., Воротынцев М.А., Квачева Л.Д., Конев Д.В., Крестинин А.В., Кряжев Ю.Г., Кузнецов В.Л., Кукушкина Ю.А., Мухин В.М., Соколов В.В., Червонобродов С.П. Перспективные электродные материалы для суперконденсаторов // Электрохимическая энергетика. 2012. Т. 12, № 4. С. 167 – 180.
2. Бережная А.Г., Чернявина В.В., Синявина А.Л. Электрохимические параметры суперконденсаторов на водном нейтральном электролите с разными электродными материалами // Электрохимия. 2019. Т. 55, № 8. С. 1005–1010.
3. Губин С.П., Рычагов А.Ю., Чупров П.Н., Ткачев С.В., Корнилов Д.Ю., Алмазова А.С., Краснова Е.С., Воронов В.А. Суперконденсатор на основе электрохимически восстановленного оксида графена // Электрохимическая энергетика. 2015. Т. 15, № 2. С. 57 – 63.
4. Gupta S.P., Nishad H.H., Chakane S.D., Gosavi S.W., Late D.J., Walke P.S. Phase transformation in tungsten oxide nanoplates as a function of post-annealing temperature and its electrochemical influence on energy storage. *Nanoscale Adv.* 2020. V. 2. P. 4689-4701. doi: 10.1039/D0NA00423E.
5. Shah H.U., Wang F., Javed M.S., Shaheen N., Saleem M., Li Y. Hydrothermal synthesis of reduced graphene oxide – Mn₃O₄ nanocomposite as an efficient electrode materials for supercapacitors. *Ceramics International*. 2018. V. 44, № 4. P. 3580-3584. doi: 10.1016/j.ceramint.2017.11.062.
6. Peng H., Cui Sh., Xie X., Wei G., Sun K., Ma G., Lei Z. Binary tungsten-molybdenum oxides nanoneedle arrays as an advanced negative electrode material for high performance asymmetric supercapacitor. *Electrochimica*

References

1. Rychagov A.Yu., Volkovich Yu.M., Vorotyntsev M.A., Kvacheva L.D., Konev D.V., Krestinin A.V., Kryazhev Yu.G., Kuznetsov V.L., Kukushkina Yu. A., Mukhin V.M., Sokolov V.V., Chervonobrodov S.P. Perspektivnyye elektrodnyye materialy dlya superkondensatorov [Perspective electrode materials for supercapacitors]. *Elektrokhimicheskaya energetika*, 2012, vol. 12, no. 4, pp. 167 – 180. (in Russian).
2. Berezhnaya A.G., Chernyavina V.V., Sinyavina A.L. Electrochemical Parameters of Supercapacitors on a Neutral Aqueous Electrolyte with Various Electrode Materials. *Russian Journal of Electrochemistry*, 2019, vol. 55, no. 8, pp. 802-806. doi: 10.1134/S1023193519080044.
3. Gubin S.P., Rychagov A.Yu., Chuprov P.N., Tkachev S.V., Kornilov D.Yu., Almazova A.S., Krasnova E.S., Voronov V.A. Superkondensator na osnove elektrokhimicheski vosstanovlennogo oksida grafena [Supercapacitor on the basis of electrochemically reduced graphene oxide]. *Elektrokhimicheskaya energetika*, 2015, vol. 15, no. 2, pp. 57 – 63. (in Russian).
4. Gupta S.P., Nishad H.H., Chakane S.D., Gosavi S.W., Late D.J., Walke P.S. Phase transformation in tungsten oxide nanoplates as a function of post-annealing temperature and its electrochemical influence on energy storage. *Nanoscale Adv.*, 2020. vol. 2, pp. 4689-4701. doi:10.1039/D0NA00423E.
5. Shah H.U., Wang F., Javed M.S., Shaheen N., Saleem M., Li Y. Hydrothermal synthesis of reduced graphene oxide – Mn₃O₄ nanocomposite as an efficient electrode materials for supercapacitors. *Ceramics International*, 2018, vol. 44, no. 4. pp. 3580-3584. doi: 10.1016/j.ceramint.2017.11.062.

- Acta. 2019. V. 322. 134759. doi: 10.1016/j.electacta.2019.134759.
7. Minakshi M., Mitchell D.R.G., Baur C., Chable J., Barlow A.J., Fichtner M., Banerjee A., Chakraborty S., Ahuja R. Phase evolution in calcium molybdate nanoparticles as a function of synthesis temperature and its electrochemical effect on energy storage. *Nanoscale Adv.* 2019. V. 1. P. 565-580. doi: 10.1039/C8NA00156A.
8. Du J., Liu L., Hu Z., Yu Y., Zhang Y., Hou S., Chen A.. Raw-cotton-derived N-doped carbon fiber aerogel as an efficient electrode for electrochemical capacitors. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2018. V. 6, № 3. P. 4008-4015. doi:10.1021/acssuschemeng.7b04396.
9. Liu L. Niu Z., Chen J. Flexible supercapacitors based on carbon nanotubes. *Chinese Chemical Letters.* 2018. V. 29, № 4. P. 571-581. doi:10.1016/j.ccl.2018.01.013.
10. Shchegolkov A.V., Galunin E.V., Shchegolkov (Jr.) A.V., Zyblov A.M., Memetov N.R., Korotkov S.V. The study of operating parameters of a graphene electrode-based supercapacitor by the voltmeter-ammeter method. *Advanced Materials & Technologies.* 2016. № 3. P. 53-60. doi:10.17277/amt.2016.03.pp.053-060.
11. Салахова Р.К., Тихообразов А.Б., Смирнова Т.Б., Кирилин С.Г. Химико-гальваническая металлизация угле- и стеклопластика // Гальванотехника и обработка поверхности. 2020. Т. 28, № 3. С. 13 – 21. doi:10.47188/0869-5326_2020_28_3_13
12. Климонт А.А., Стаханова С.В., Семушин К.А., Астахов М.В., Калашник А.Т., Галимзянов Р.Р., Кречетов И.С., Кунду М. Содержащие полианилин композиты на основе высокопористой углеродной ткани для гибких электродов суперконденсаторов // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2017. № 9. С. 44–51.
13. Бережная А.Г., Чернявина В.В., Гаврикова С.О. Влияние состава электролита на удельную ёмкость устройств с углеродной тканью бусофитТ-040 // Электрохимическая энергетика. 2020. Т. 20, № 1. С. 33 – 44. doi: 10.18500/1608-4039-2020-20-1-33-44
14. Шабалина А.В., Шарко Д.О., Корсакова Д.Р., Светличный В.А. Нанопорошки оксидов железа, полученные методом импульсной лазерной абляции, для применения в суперконденсаторах // Журнал неорганической химии. 2020. Т. 65, № 2. С. 271–279.
15. Юсин С.И., Баннов А.Г. Синтез электрофорезом композиционных электродов на основе углеродных материалов и оксидов/гидроксидов металлов для суперконденсаторов // Фи-
6. Peng H., Cui Sh., Xie X., Wei G., Sun K., Ma G., Lei Z. Binary tungsten-molybdenum oxides nanoneedle arrays as an advanced negative electrode material for high performance asymmetric supercapacitor. *Electrochimica Acta*, 2019, vol. 322, 134759. doi:10.1016/j.electacta.2019.134759.
7. Minakshi M., Mitchell D.R.G., Baur C., Chable J., Barlow A.J., Fichtner M., Banerjee A., Chakraborty S., Ahuja R. Phase evolution in calcium molybdate nanoparticles as a function of synthesis temperature and its electrochemical effect on energy storage. *Nanoscale Adv.*, 2019, vol. 1. pp. 565-580. doi:10.1039/C8NA00156A.
8. Du J., Liu L., Hu Z., Yu Y., Zhang Y., Hou S., Chen A.. Raw-cotton-derived N-doped carbon fiber aerogel as an efficient electrode for electrochemical capacitors. *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 2018, vol. 6, no. 3, pp. 4008-4015. doi: 10.1021/acssuschemeng.7b04396.
9. Liu L. Niu Z., Chen J. Flexible supercapacitors based on carbon nanotubes. *Chinese Chemical Letters*, 2018, vol. 29, no. 4, pp. 571-581. doi:10.1016/j.ccl.2018.01.013.
10. Shchegolkov A.V., Galunin E.V., Shchegolkov (Jr.) A.V., Zyblov A.M., Memetov N.R., Korotkov S.V. The study of operating parameters of a graphene electrode-based supercapacitor by the voltmeter - ammeter method. *Advanced Materials & Technologies*, 2016, no. 3. pp. 53-60. doi:10.17277/amt.2016.03.pp.053-060.
11. Salakhova R.K., Tikhoobrazov A.B., Smirnova T.B., Kirilin S.G. Khimiko-gal'vanicheskaya metallizatsiya ugle- i stekloplastika [Chemical and Electrochemical Metallization of Carbon and Glass-Polymer Composites]. *Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*, 2020, vol. 28, no. 3, pp. 13 – 21. doi: 10.47188/0869-5326_2020_28_3_13. (in Russian).
12. Klimont A.A., Stakhanova S.V., Semushin K.A., Astakhov M.V., Kalashnik A.T., Galimzyanov R.R., Krechetov I.S., Kundu M. Polyaniline-Containing Composites Based on Highly Porous Carbon Cloth for Flexible Supercapacitor Electrodes. *Journal of Surface Investigation: X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, 2017, vol. 11, no. 5, pp. 940-947. doi: 10.1134/S1027451017050081.
13. Berezhnaya A.G., Chernyavina V.V., Gavrikova, S.O. Vliyaniye sostava elektrolita na udel'nuyu yomkost' ustroystv s ugleirodnoy tkan'yu busofit T - 040 [The Influence of Electrolyte Composition on the Specific Capacity of Devices with Carbon Tissue Busofit T - 040]. *Elektrokhimicheskaya energetika*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 33 – 44. doi: 10.18500/1608-4039-2020-20-1-33-44. (in Russian).
14. Shabalina A.V., Sharko D.O., Korsakova D.R., Svetlichnyi V.A. Iron Oxide Nanopowders Obtained Via Pulsed Laser Ablation, for Supercapacitors. *Russian Journal of Inorganic*

- зикохимия поверхности и защита материалов. 2017. Т. 53, № 3. С. 308–315.
16. Сараванакумар Б., Пурушотаман К.К., Му-малидхаран Г. V2O5 с чешуйчатой структурой: морфология, схема образования и свойства суперконденсатора // *Электрохимия*. 2019. Т. 55, № 2. С. 171–181.
17. Zheng J.H., Zhang R.M., Yu P.F., Wang X.G. Binary transition metal oxides (BTMO) (Co-Zn, Co-Cu) synthesis and high supercapacitor performance. *Journal of Alloys and Compound*. 2019. V. 772, № 25. P. 359–365. doi:10.1016/j.jallcom.2018.09.067.
18. Liu M., Shi M., Lu W., Zhu D., Li L., Gan L. Core-shell reduced graphene oxide/MnOx@carbon hollow nanospheres for high performance supercapacitor electrodes. *Chemical Engineering Journal*. 2017. V. 313. P. 518–526. doi:10.1016/j.cej.2016.12.091.
19. Riley L.A., Lee S. – H., Gedvilias L., Dillon A.C. Optimization of MoO₃ nanoparticles as negative – electrode material in high – energy lithium ion batteries. *Journal of Power Sources*. 2010. V. 195. P. 588–592. doi:10.1016/J.JPOWSOUR.2009.08.013.
20. Wang R., Liu P., Lang J. Zhang L., Yan X. Coupling effect between ultra – small Mn₃O₄ nanoparticles and porous carbon microrods for hybrid supercapacitors. *Energy Storage Materials*. 2017. V. 6. P. 53–60. doi:10.1016/j.ensm.2016.10.002.
21. Zhou Ch., Yan X., Wang J., Yuan X., Wang D., Zhu Y., Cheng X. Mn₃O₄ nanoparticles on activated carbonitride by soft chemical method for symmetric coin cell supercapacitors. *Int. J. Energy Res.* 2019. V. 43. P. 8481–8491. doi:10.1002/er.4848.
22. Bi Y., Nautiyal A., Zhang H, Luo. J., Zhang X. One-pot microwave synthesis of NiO/MnO₂ composite as a highperformance electrode material for supercapacitors. *Electrochimica Acta*. 2018. V. 260, № 10. P. 952–958. doi:10.1016/j.electacta.2017.12.074.
23. Иванец А.И., Кузнецова Т.Ф., Прозорович В.Г. Золь-гель синтез и адсорбционные свойства мезопористого оксида марганца // *Журнал физической химии*. 2015. Т. 89, № 3. С. 480–485.
24. Земскова Л.А. Модифицированные углеродные волокна: сорбенты, электродные материалы, катализаторы // *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. 2009. № 2. С. 39 – 52.
25. Kireev S.Yu., Perelygin Yu.P., Kireeva S.N., Jaskula M.J. Methods to determine the current efficiency in AC electrolysis. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 2021. V. 46. P. 343–352. doi:10.1007/s13369-020-04786-y.
- Chemistry*, 2020, vol. 65, no. 2, pp. 271–278. doi:10.1134/S003602362002014X.
15. Yusin S.I., Bannov A.G. Synthesis of Composite Electrodes for Supercapacitors Based on Carbon Materials and the Metal Oxide/Metal Hydroxide System. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 2017, vol. 53, no. 3, pp. 475–482. doi:10.1134/S2070205117030261.
16. Saravanakumar B., Purushothaman K.K., Muralidharan G. Flaky Structured V₂O₅: Morphology, Formation Scheme and Supercapactive Performance. *Russian Journal of Electrochemistry*, 2019, vol. 55, no. 2, pp. 97–106. doi:10.1134/S1023193519010130.
17. Zheng J.H., Zhang R.M., Yu P.F., Wang X.G. Binary transition metal oxides (BTMO) (Co-Zn, Co-Cu) synthesis and high supercapacitor performance. *Journal of Alloys and Compound*, 2019, vol. 772, no. 25. pp. 359–365. doi:10.1016/j.jallcom.2018.09.067.
18. Liu M., Shi M., Lu W., Zhu D., Li L., Gan L. Core-shell reduced graphene oxide/MnOx@carbon hollow nanospheres for high performance supercapacitor electrodes. *Chemical Engineering Journal*, 2017, vol. 313, pp. 518–526. doi:10.1016/j.cej.2016.12.091.
19. Riley L.A., Lee S. – H., Gedvilias L., Dillon A.C. Optimization of MoO₃ nanoparticles as negative – electrode material in high – energy lithium ion batteries. *Journal of Power Sources*, 2010, vol. 195, pp. 588–592. doi:10.1016/J.JPOWSOUR.2009.08.013.
20. Wang R., Liu P., Lang J. Zhang L., Yan X. Coupling effect between ultra – small Mn₃O₄ nanoparticles and porous carbon microrods for hybrid supercapacitors. *Energy Storage Materials*, 2017, vol. 6, pp. 53–60. doi:10.1016/j.ensm.2016.10.002.
21. Zhou Ch., Yan X., Wang J., Yuan X., Wang D., Zhu Y., Cheng X. Mn₃O₄ nanoparticles on activated carbonitride by soft chemical method for symmetric coin cell supercapacitors. *Int. J. Energy Res.*, 2019, vol. 43, pp. 8481–8491. doi: 10.1002/er.4848.
22. Bi Y., Nautiyal A., Zhang H, Luo. J., Zhang X. One-pot microwave synthesis of NiO/MnO₂ composite as a highperformance electrode material for supercapacitors. *Electrochimica Acta*, 2018, vol. 260, no. 10, pp. 952–958. doi:10.1016/j.electacta.2017.12.074.
23. Ivanets A.I., Kuznetsova T.F., Prozorovich V.G. Sol-Gel Synthesis and Adsorption Properties of Mesoporous Manganese Oxide. *Russian Journal of Physical Chemistry*, 2015, vol. 89, no. 3, pp. 481–486. doi: 10.1134/S0036024415030140.
24. Zemskova L.A. Modifitsirovannyye uglerodnyye volokna: sorbenty, elektrodnyye materialy, katalizatory [Modified carbon fibers: sorbents, electrode materials, catalysts]. *Vestnik*

26. Глебов М.В., Киреев С.Ю., Наумов Л.В. Влияние нестационарных режимов на скорость электроосаждения сплава медь-олово // Гальванотехника и обработка поверхности. 2017. Т. 25, № 1. С. 29 – 33. doi:10.47188/0869-5326_2017_25_1_29

27. Косарев А.А., Калинин А.А., Ваграмян Т.А., Серов А.Н., Некрасова Н.Е., Кругликов С.С. Исследование влияния параметров импульсного реверсивного тока и состава раствора на рассеивающую способность электролита меднения // Гальванотехника и обработка поверхности. 2017. Т. 25, № 2. С. 41 – 47. doi:10.47188/0869-5326_2017_25_2_41

28. Перельгин Ю.П., Киреев С.Ю., Кирилина Ю.Н. Реакции на катоде при электроосаждении металлов // Гальванотехника и обработка поверхности. 2019. Т. 27, № 4. С. 28 – 32. doi:10.47188/0869-5326_2019_27_4_28

29. Bhandary N., Ingole P.P., Basu S. Electrosynthesis of Mn-Fe oxide nanopetals on carbon paper as bi-functional electrocatalyst for oxygen reduction and oxygen evolution reaction. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2018. V. 43, № 6. P. 3165-3171. doi:10.1016/j.ijhydene.2017.12.102. 438.

Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk, 2009, no. 2, pp. 39 – 52. (in Russian).

25. Kireev S.Yu., Perelygin Yu.P., Kireeva S.N., Jaskula M.J. Methods to determine the current efficiency in AC electrolysis. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 2021, vol. 46, pp. 343-352. doi:10.1007/s13369-020-04786-y.

26. Glebov M.V., Kireev S. Yu., Naumov L.V. Vliyaniye nestatsionarnykh rezhimov na skorost' elektroosazhdeniya splava med'-olovo [Effects of non-steady state conditions on copper-tin electrodeposition rate]. *Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*, 2017, vol. 25, no. 1, pp. 29 – 33. doi:10.47188/0869-5326_2017_25_1_29. (in Russian).

27. Kosarev A.A., Kalinkina A.A., Vagramyan T.A., Serov A.N., Nekrasova N.E., Kruglikov S.S. Issledovaniye vliyaniya parametrov impul'snogo reversivnogo toka i sostava rastvora na rasseivayushchuyu sposobnost' elektrolita medneniya [A Study of Parameters of Pulse Reserved Current and Bath Composition on the Throwing]. *Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*, 2017, vol. 25, no. 2, pp. 41-47. doi:10.47188/0869-5326_2017_25_2_41. (in Russian).

28. Perelygin Yu.P., Kireev S.Y., Kirilina Yu.N. Reaktsii na katode pri elektroosazhdenii metallov [The Reactions at the Cathode During the Electrodeposition of Metals]. *Gal'vanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*, 2019, vol. 27, no. 4, pp. 28 – 32. doi: 10.47188/0869-5326_2019_27_4_28. (in Russian).

29. Bhandary N., Ingole P.P., Basu S. Electrosynthesis of Mn-Fe oxide nanopetals on carbon paper as bi-functional electrocatalyst for oxygen reduction and oxygen evolution reaction. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2018, vol. 43, no. 6, pp. 3165-3171. doi:10.1016/j.ijhydene.2017.12.102. 438.

Сведения об авторах

Храменкова Анна Владимировна – к.т.н, доцент, e-mail: anna.vl7@yandex.ru (автор, ответственный за переписку)

Изварин Андрей Игоревич – студент, e-mail: andre.izvarin@yandex.ru

Финаева Ольга Александровна – студент, e-mail: olya.finaeva.01@bk.ru

Яценко Елена Альфредовна – д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Общая химия и технология силикатов», e-mail: e_yatsenko@mail.ru

Для цитирования

А.В. Храменкова, А.И. Изварин, О.А. Финаева, Е.А. Яценко. Исследование гибридных материалов для электрохимической энергетики, полученных с использованием переменного асимметричного тока // Гальванотехника и обработка поверхности. 2021. Т. 29, № 2. С. 34-43. DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_34

Information about authors

Khramenkova A.V. - Cand. Sci. (Eng.), Associate professor, e-mail: anna.vl7@yandex.ru

Izvarin A.I. – student, e-mail: andre.izvarin@yandex.ru

Finaeva O.A. – student, e-mail: olya.finaeva.01@bk.ru

Yatsenko E.A. - Doctor of Science (Eng.), professor, Head of Department «General chemistry and silicate technology», e-mail: e_yatsenko@mail.ru

For citation

A.V. Khramenkova, A.I. Izvarin, O.A. Finaeva, E.A. Yatsenko. Research of hybrid materials obtained using alternating asymmetric current for electrochemical power industry. *Galvanotekhnika i obrabotka poverkhnosti*. 2021, vol. 29, no. 2, pp. 34-43. DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_34

DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_44
УДК 621.357(092)

Эпоха Кудрявцева

© 2021 Е.Н. Будрейко

Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук;
125315, Москва, ул. Балтийская, 14. Тел. 8(499)988-22-80,
e-mail: budrejko@inbox.ru

Статья посвящена жизни и деятельности выдающегося ученого и инженера-технолога, одного из создателей отечественной гальванотехники, главы ведущей научно-педагогической школы в этой области Николая Тихоновича Кудрявцева.

Ключевые слова: Николай Тихонович Кудрявцев, МХТИ им. Д.И. Менделеева, кафедра технологии электрохимических производств, научно-педагогическая школа, гальванотехника.

UDC 621.357(092)

ERA of Kudryavtsev

© 2021 Ekaterina N. Budreyko

S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences. 125315, Moscow, Baltiyskaya st., 14. Phon. +7(499)988-22-80,
e-mail: budrejko@inbox.ru

The article is devoted to the life and work of an outstanding scientist and industrial engineer, one of the creators of the Soviet electrodeposition, the head of leading scientific pedagogical and school in this area Nikolay Tikhonovich Kudryavtsev

Keywords: Nikolay Tikhonovich Kudryavtsev, D.I. Mendeleev Moscow Chemical-Technological Institute, Department of Electrochemical Production Technology, scientific and pedagogical school, electroplating.

3 мая 2021 г. исполнилось 120 лет со дня рождения Николая Тихоновича Кудрявцева, одного из создателей отечественной гальванотехники, выдающегося ученого, инженера, педагога.

Николай Тихонович проработал в своей области более 50 лет. Его инженерно-технологическое наследие – несколько десятков спроектированных и введенных в эксплуатацию гальванических цехов, целый ряд новых процессов покрытий. Научное наследие насчитывает около 25 книг, 500 статей, почти 100 авторских свидетельств. Н.Т. Кудрявцев воспитал несколько поколений гальванотехников, многие из которых стали лидерами собственных научно-педагогических школ.

Однако память о Н.Т. Кудрявцеве бережно сохраняется не только благодаря его инженерному и научному вкладу в гальванотехнику. Для тех, кто имел возможность общаться с ним, сама личность Николая Тихоновича на многие годы остается эталоном научной добросовестности, примером человечности, уважительного и заинтересованного отношения к людям, независимо от степеней и званий.

Безусловно, на формирование Николая Тихоновича как человека и ученого, выбор им жизненных целей огромное влияние оказала та обстановка, в которой прошли его детство и юность.

Николай Тихонович Кудрявцев родился в селе Кочаки Яснополянского района Тульской области в многодетной семье священника Тихона Агафониновича Кудрявцева.

Тихон Агафонинович, очень уважаемый и авторитетный человек в своем приходе, был хорошо знаком с Л.Н. Толстым. В 1901 г., когда великого писателя отлучили от церкви, «настоятель только одной церкви, Никольской, что в Кочаках, выступил против решения Синода». Это был отец Тихон. Его мнение о Толстом не совпало с мнением Святого Синода, и он не смолчал, будучи человеком с сильным и независимым характером.

Тесные отношения с обитателями Ясной Поляны поддерживала почти вся семья Кудрявцевых. Дед Н.Т. Кудрявцева по материнской линии, Василий Иванович Карницкий (1831–1881 гг.), служивший в течение 20 лет в церкви Кочаки – Ясная Поляна, находился в дружеских отношениях с Л.Н. Толстым. Старшая сестра Николая – Антонина – в 1914–1916 гг. работала личным секретарем жены писателя Софьи Андреевны Толстой. Другие сестры – Таисия и Александра – сначала учительствовали в Яснополянской школе, а затем, в 1921–1926 гг., были помощницами у Александры Львовны, младшей дочери Толстого, которая к этому времени стала директором Яснополянского дома-музея и опытно-показательной станции «Ясная Поляна».

Первоначально Николай намеревался пойти по стопам отца, окончил духовное училище и

поступил в духовную семинарию в Туле. Однако Октябрьская революция круто изменила жизнь миллионов. В 1918 г. семинарию закрыли, и Николай завершал образование в школе 2-й ступени.

Решить, где учиться дальше, было непросто. С детства Николай любил землю, с удовольствием занимался сельскохозяйственными работами. Его привлекала и естественнонаучная деятельность. И Николай поступил в Институт народного хозяйства им. Г.В. Плеханова в Москве – один из немногих вузов, доступных для абитуриентов не рабоче-крестьянского происхождения.

По окончании учебного курса Н.Т. Кудрявцев защитил квалификационную (дипломную) работу на тему: «Исследование влияния переменного тока на выход металла при электролизе растворов солей». Руководителем работы и председателем Государственной квалификационной комиссии был Н.А. Изгарышев – ученик Н.Д. Зелинского и Н.А. Шилова, получивший в 1917 г. от Русского физико-химического общества премию А.М. Бутлерова за труды в области пассивации металлов и электродных процессов в неводных растворах, будущий известный электрохимик, член-корреспондент АН СССР.

Годы учебы были нелегким периодом в жизни Николая Тихоновича: семья находилась в трудной ситуации, надеяться приходилось только на собственные силы. Впоследствии он писал в своей автобиографии: «За период... учебы основными средствами к существованию служили: помощь со стороны родителей (до 1914 г.), плоды полевых и огородных работ, уроки (до 1919 г.), физическая поденная работа, которая предоставлялась студенческим бюро труда (1920–1925 гг.). Помощь от родителей (в дореволюционные годы) была ничтожной, т. к. кроме меня в семье было еще 7 человек детей» [1]. Племянник Николая Тихоновича, Н.А. Борхунов, вспоминает: «Химией он просто бредил. Опухший от голода, в 1920-м году учился в Коммерческом (Плехановском) институте в Москве. Иногда в лекционном зале было только двое – преподаватель и он, студент» [2].

Постоянная трудовая деятельность Н.Т. Кудрявцева началась еще до окончания института, в 1925 г. Сначала он работал в качестве лаборанта, а затем – инструктора лаборатории физической химии Химических курсов усовершенствования состава РККА.

В 1926–1927 гг. основным местом его работы становится Сахарофафинадный завод им. Ф.М. Мантулина, где он занимал должность технического руководителя и заведующего электролитической (оцинковочной) мастерской. В архиве семьи Кудрявцевых сохранилось «удостоверение», выданное Николаю Тихоновичу 23 июля 1927 г. по случаю закрытия завода «в связи с рационали-

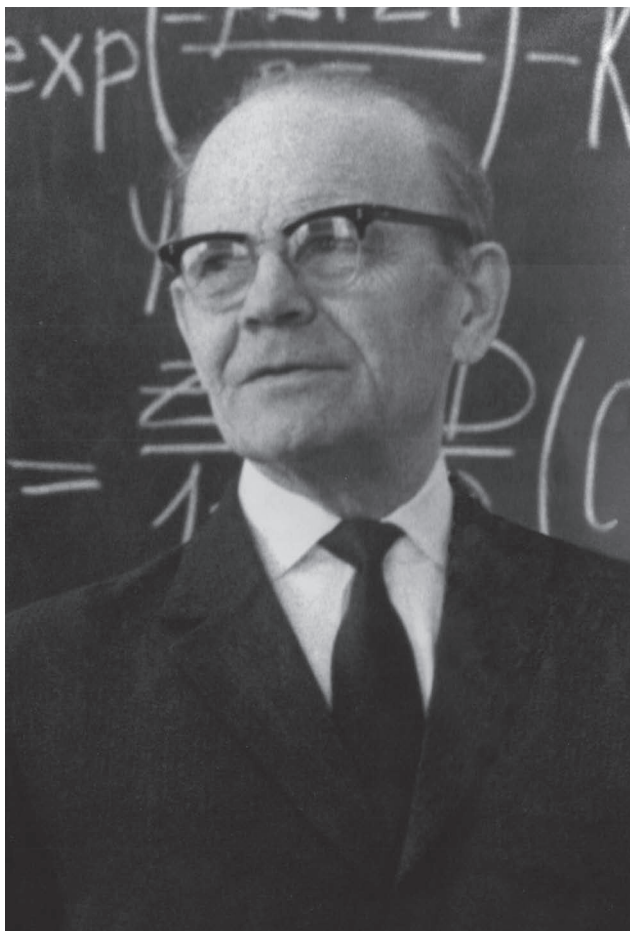


Рис. 1. Николай Тихонович Кудрявцев. Около 1970 г.

зацией сахарной промышленности» [1]. Приведем отрывок из этого документа:

"Поступив на указанную работу в период полного расстройстве ее, т. Кудрявцев Н. Т. проявил достаточную опытность и большие способности в организации электролитического производства, провел ряд мероприятий по усовершенствованию и рационализации электролитического способа оцинковки.

В течение всего периода времени... работы на ...т. Кудрявцев к возложенным на него обязанностям относился добросовестно и аккуратно с полным знанием дела..."

В 1927 г. Н.Т. Кудрявцев переходит на должность старшего химика в лабораторию технической электрохимии Химического института им. Л.Я. Карпова (с 1931 г. – Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова). Этот институт, созданный на базе организованной в 1918 г. А.Н. Бахом Центральной химической лаборатории ВСНХ, уже в 1930–1940 гг. внес большой вклад в развитие многих областей науки, в частности электрохимии и коррозии металлов. Трехлетняя напряженная работа в Карповском институте позволила Николаю Тихоновичу не только познакомиться с состоянием гальванического производства на Урале, Украине, в Москве и

Московской области и серьезно заняться проектированием гальванических цехов и участков для предприятий различных отраслей промышленности, но и продолжить научные изыскания в области электрохимического цинкования. Кроме того, здесь он начал свои многолетние плодотворные работы по получению металлических порошков. Приведем выдержку из документа, относящегося к этому периоду его жизни:

"Лаборатория... приобрела... большую популярность и авторитетность в промышленном мире, особенно работы по электроосаждению цинка и хрома, и т. Кудрявцев на своей работе (электроосаждение цинка) проявил себя энергичным и честным исполнителем заданий разных предприятий, с полным знанием своего дела.

Помимо своей основной научно-исследовательской работы., т. Кудрявцев, как инженер-технолог, не считаясь с нормой своего рабочего времени, выполняет и задания производственного характера: проектирует установки для электролитического цинкования на заводах и руководит их оборудованием на месте. Эта работа – результат некоторых личных достижений т. Кудрявцева, приносящая большую экономию предприятиям, выполнялась им вполне добросовестно и аккуратно, без дополнительной оплаты за проектирование и установки.

...Кроме того, т. Кудрявцев... кончает работу (исследоват. характера) по получению цинковой губки электролитическим путем, имеющую значение в области экономии и рационализации бензидинового производства. ...т. Кудрявцев, кроме того, ставит работы ...по исследованию и приготовлению присадок для травления железа и исследованию рецептуры высоких плотностей тока.

Принимая во внимание все вышеуказанное, считаем т. Кудрявцева ценным и незаменимым работником в области технической электрохимии, вполне заслуживающим звания честного советского инженера. Зав. АФО института Хачатуров К. И. 1 января 1930 г." [1].

Очевидно, что такая огромная работа могла быть выполнена лишь при условии полной самоотдачи и максимального напряжения всех сил. Действительно, из института не выходили сутками, и не только рядовые сотрудники, но и руководители. Николай Тихонович позже вспоминал, что познакомился с директором института, академиком Бахом, когда однажды, устав от напряженной работы, задремал около установки и был разбужен Алексеем Николаевичем, совершавшим ночной обход вверенного ему учреждения.

В 1931 г. в соответствии с приказом по Народно-му комиссариату тяжелой промышленности Н.Т. Кудрявцев становится научным руководителем и заведующим лабораторией технической электро-

химии Всесоюзного электротехнического института (ВЭИ).

В 1935 г. в статье о работе электрохимической лаборатории ВЭИ за четыре года Н.Т. Кудрявцев писал:

"Электрохимическая лаборатория существует в ВЭИ с весны 1931 г. Начавши свою деятельность с организации и оборудования лаборатории, маленькая «группка» в 4 чел., переброшенная из Хим. Института им. Л. Я. Карпова, в 1932 г. выросла уже в большую группу работников лаборатории (12 чел.) и чертежно-конструкторского персонала (10 чел.)...

Вместе с тем... лаборатория оказалась до некоторой степени источником новых кадров в области гальваностегии, ...за эти годы прошло через лабораторию около 25 человек, из которых более 50% (молодежь)... совершенно не знали гальваностегию, а в настоящее время некоторые из них работают на ответственных постах... на промышленных предприятиях.

...чертежно-констр. группа (около 12 чел.), переведенная в 1933 г. в Электрохимет, послужила... залогом начала развертывания проектных работ по гальваностегии в этом, вновь организованном, учреждении. Кроме того, в 1933 г. нами проводились в лаб. ВЭИ лекционные и практические занятия с работниками заводов (около 60 чел.) ...на курсах по повышению квалификации мастеров гальванотехников, организованных Электрохиметом" [3].

В 1930–1931 гг. по инициативе академика В.А. Кистяковского и члена-корреспондента АН СССР Г.В. Акимова в нашей стране на государственном уровне ставится проблема борьбы с коррозией металлов. В 1930 г. при Госплане СССР создается Комиссия по борьбе с коррозией, составляет первый Сводный план научно-исследовательских работ по коррозии (на 1931 г.). Одним из главных путей решения проблемы становится нанесение на изделия из металла гальванических покрытий. Для централизации работ, оказания помощи промышленным предприятиям в строительстве гальванических цехов и внедрении новых процессов электроосаждения металлов в системе Наркомтяжмаша организуется Государственная союзная техническая контора по борьбе с коррозией – Электрохимет.

Активнейшее участие в создании Электрохимета принимали Н.А. Изгарышев и Н.Т. Кудрявцев. С первых дней образования конторы Николай Тихонович являлся ее консультантом, а в 1936 г. руководимая им электрохимическая лаборатория ВЭИ со всем штатом сотрудников и оборудованием переводится в Центральную научно-исследовательскую лабораторию (ЦНИЛ) Электрохимета.

Годы работы в ВЭИ и Электрохимете были чрезвычайно напряженными. Журнал «Вестник металлопромышленности» писал в 1932 г., что ус-

ловия работы в НИИ были «неудовлетворительны, в особенности в Гинцветмете, ВЭИ... Лаборатории по коррозии обставлены скудно, потребляя лишь 2–3% общеинститутских бюджетов. Помещения... недостаточны., иногда негде бывает установить лабораторное оборудование... Институты испытывают недостаток в нужных для производства работ материалах и аппаратуре., средствах... Ощущается острый недостаток в научных работах по коррозии» [4, с. 48].

В то же время объем предстоящей работы был огромен. По сути дела речь шла о создании новой отрасли промышленности. В том же журнале читаем: «Работа по коррозии совершенно новая, антикоррозионные методы еще далеко не установились., НИР в этой области имеет огромное значение. Задача институтов... не только выработать те или иные методы по борьбе с коррозией, но и содействовать продвижению их в практику, т. к. по вопросам коррозии в настоящее время слабо осведомлен... и командный технический состав» [4, с. 48].

В связи с такой постановкой задачи помимо лабораторных исследований огромный объем работы проводился непосредственно на предприятиях. В этот период Николай Тихонович занимался проектированием гальванических цехов, их наладкой, усовершенствованием существовавших и внедрением новых технологических процессов на целом ряде заводов. Параллельно приходилось читать лекции для работников этих предприятий.

Однако самым важным и ответственным было выполненное в 1935 г. правительственное задание по электрохимическому золочению звезд башен Московского Кремля и стрелок часов Спасской башни. Это была срочная и сложная работа: каждая звезда весила около 900 кг, диаметр ее достигал 5 м.

26 октября 1935 г. газета «Известия» писала, что золочение громадных поверхностей звезд явилось совершенно новой задачей для советских инженеров [5]. Самой крупной работой – около 120 квадратных метров золотого покрытия, для которой на заводе им. Молотова был создан новый цех, – занимался Электрохимет. Работа велась непрерывно около месяца. Звезды установили на Спасской и Троицкой башнях. В 1937 г. золотые звезды были заменены рубиновыми с золотыми переплетами, а в 1945–1946 гг. проведен их ремонт. В 1938 г. коллектив специалистов под руководством Н.Т. Кудрявцева выполнил работу по золочению звезды для советского павильона Международной выставки в Нью-Йорке. Нужно отметить, что эти работы были очень сложны и ввиду того, что всю свою жизнь Николай Тихонович занимался процессами электроосаждения металлов с целью защиты от коррозии, придания поверхностной твердости: цинкованием, никелированием и др. Процесс золочения

никогда не был в сфере его основной деятельности. Тем не менее, каждый раз он с честью справлялся с правительственными заданиями.

Кроме того, эти огромные по своему объему работы находились под пристальным вниманием НКВД. Н.А. Борхунов вспоминает: «Николай Тихонович, закончив работу по золочению Кремлевских звезд, получил отпуск. И вдруг вызывают из отпуска и приглашают на Лубянку. Идет проверка: нет ли хищений. Ведь расходными материалами были драгоценные металлы: золото, платина. И время было сложное. Но Николай Тихонович остался невредим. Дела были в полном порядке. И это тоже было связано с чертами его характера: абсолютная честность, собранность, аккуратность. Он не подвел ни себя, ни других» [2].

А в 1946 г. приказом коменданта московского Кремля Н.Т. Кудрявцеву была объявлена благодарность и вручена премия за «успешное окончание работ по капитальному ремонту Кремлевских звезд».

Работая в Институте им. Карпова, Н.Т. Кудрявцев провел важную для химической промышленности работу по электрохимическому получению цинковой губки. Среди работ, выполненных в ВЭИ и Электрохимете, – исследования по электрохимическому цинкованию проволоки и ленты при высоких (50–500 А/дм²) плотностях тока, электрохимическому кадмированию. В тот же период были осуществлены работы по «Электролитическому омеднению алюминия», «Исследованию РС цинковых и кадмиевых ванн», «Электролитическому покрытию свинцово-кадмиевыми сплавами».

В 1935 г. Н.Т. Кудрявцев писал в статье, опубликованной в многотиражной газете ВЭИ «Генератор»:

"Из 9-10 крупных тем, проведенных в 1932–33 гг., 6 работ можно отметить как наиболее ценные, интересные по своему содержанию и результатам и получившие признание и одобрение ряда заводов, реализовавших их.

Прежде всего, следует указать на 3 работы по электролитическому цинкованию проволоки, цинкованию ленты и по электролитическому кадмированию проволоки при высоких плотностях тока. Электролитическое цинкование, по сравнению с горячим, дает экономию цинка в 30–50%.

Разработанные особые рецептурные условия имеют огромное значение для промышленного производства, так как позволяют сократить продолжительность процесса и, следовательно, увеличивают производительность установки в 100–200 раз... Если 1932/33 гг. можно назвать периодом расцвета электролаборатории по количеству работ и сотрудников, связанных с выполнением заданий самых разнообразных отраслей промышленности и в меньшей степени касающихся интересов электропромышленности, то 1934 г. является годом на-

правления ее связи по линии обслуживания заводов электротехнической промышленности...

В 1934 г. нами закончена и внедрена большой важности работа (з-д «Коммунар», г. Запорожье) по электролитическому цинкованию металлических деталей высоковольтной изоляторной арматуры (чугунные шапки, железные серьги, пестики и т.д.). Цинкование этих изделий обычно производилось и пока производится все еще на некоторых заводах горячим способом... Принимая во внимание, что на 1935 г. цинкованию подлежит около 2 миллионов шапок, годовая экономия цинка... должна была бы составить 200 000 кг" [3].

В ЦНИЛ Металлохимзащиты и Полиграфическом институте разрабатываются методы блестящего цинкования и никелирования, цинкатные электролиты, а также метод получения свинцового порошка.

Среди перечисленных работ следует специально отметить разработку Н.Т. Кудрявцевым с сотрудниками процесса блестящего никелирования. Этот процесс, как указывал сам Николай Тихонович, был разработан в 1932–1933 гг. Его внедрение планировалось начать со второй половины 1930-х гг. После Великой Отечественной войны процесс был широко внедрен на многих заводах, и до 1960-х гг. в СССР других электролитов для нанесения блестящего никеля не существовало. Электролит, предложенный Н.Т. Кудрявцевым с сотрудниками, обладал настолько уникальными свойствами, что эксплуатировался промышленностью несколько десятилетий. Дело в том, что более поздние западные разработки, а также отечественные, выполненные на основе западных, хотя и обеспечивали больший блеск покрытий, были не стабильны в эксплуатации, требуя непрерывной фильтрации, очистки. Для предприятий, где трудно было соблюсти эти условия, электролит, разработанный под руководством Н.Т. Кудрявцева, был наиболее подходящим.

Другой важной работой было изучение механизма и условий катодного осаждения ряда металлов в порошкообразной форме. Это исследование, ставшее основой для докторской диссертации Николая Тихоновича, позже было использовано в советском атомном проекте.

В январе 1941 г. в Москве состоялась Вторая конференция по коррозии металлов при АН СССР. На секции защитных металлопокрытий Н.Т. Кудрявцев сделал два доклада: «О работах ЦНИЛ Металлохимзащиты в области металлопокрытий» и «О бесцианистых цинкатных ваннах». По результатам этих выступлений конференция приняла следующую резолюцию: «...Обратить внимание Наркоматов среднего и общего машиностроения на необходимость широкого внедрения в произ-

водство методов получения блестящего цинка из бесцианистых растворов на основе опыта заводов и экспериментов Н.Т. Кудрявцева... Следует способствовать внедрению блестящего никелирования по методу Н.Т. Кудрявцева и Н.Д. Бирюкова» [6, с. 9].

Помимо научно-исследовательской и проектной работ, внедрения процессов нанесения покрытий на промышленных предприятиях, в первой половине 1930-х гг. складывается второе направление деятельности Н.Т. Кудрявцева, занявшее впоследствии главное место в его жизни – подготовка кадров для гальванотехники. Еще в 1928–1929 гг. он начал преподавать в Политехникуме им. В.И. Ленина и Кооперативном техникуме при ОГПУ, в 1931–1933 гг. организовал при Электрохимете курсы по подготовке и повышению квалификации мастеров-гальванотехников. С 1934 г. Николай Тихонович начинает читать лекции в высших учебных заведениях: Московском институте цветных металлов и золота им. М.И. Калинина (1934–1937 гг.), Институте повышения квалификации инженерно-технических работников (1935–1938 гг.), Московском государственном университете (1940–1941 гг.). Высоко оценивая научные заслуги Н.Т. Кудрявцева, ВАК Комитета высшей школы в 1935 г. присудил ему ученую степень кандидата технических наук без защиты диссертации, он был утвержден в звании доцента.

Как уже упоминалось, за свою долгую жизнь Н.Т. Кудрявцев оставил большое научное наследие: более 500 книг, брошюр и статей, в которых он выступал как автор и/или ответственный редактор. В вышедшем в 1940 г. учебнике для полиграфических вузов «Гальванотехника» он так сформулировал свою задачу: выделить и изложить те наиболее важные разделы курса, успешное усвоение которых послужило бы как студентам, так и инженерам-гальванотехникам «...надежной базой для правильной ориентировки в выборе условий работы на производстве и грамотного проведения того или иного гальванотехнического процесса во всех отраслях промышленности» [7, с. 3].

Эта задача была наиболее четко реализована в написанном совместно с В.И. Лайнером двухтомнике «Основы гальваностегии». Эта книга выдержала три издания [8] и была переведена на несколько иностранных языков. Уникальность ее заключается в том, что, с одной стороны, она содержит изложение и разбор процессов нанесения покрытий, их механизмов и закономерностей, то есть является фундаментальным учебником; с другой, – представляет собой неоценимое пособие для практиков, подробнейший справочник, в котором приведены все наиболее употребляемые на тот период в гальванотехнике процессы.

В предисловии к первому изданию этой, ставшей уже библиографической редкостью, книги с надписью «Глубокоуважаемому учителю проф. Н.А. Изгарышеву свой труд посвящают авторы» ее редактор П.С. Титов писал:

"При организации подготовки инженеров-металлургов по специальности «Защита металлов от коррозии» в Московском институте цветных металлов и золота важным и насущным вопросом был вопрос об учебных пособиях по специальным предметам. В частности, это касалось в первую очередь такой ведущей дисциплины, как гальваностегия.

Существующая литература по гальваностегии, как русская, так и иностранная, оказалась мало приемлемой по целому ряду причин. С одной стороны, мы имеем книги рецептурно-прописного характера, мало или совсем не касающиеся электрохимической сущности отдельных процессов и с этой стороны непригодных как учебные пособия. С другой стороны, имеется ряд работ, детально анализирующих отдельные гальваностегические процессы, но мало или совсем не рассматривающие их технологическую реализацию.

Таким образом... явилось неотложной и важной задачей создание книги, удовлетворяющей возможно полно требования, предъявляемые к ней как к учебному пособию.

Первым из таких, по нашему мнению, был достаточно полный и подробный анализ электрохимических процессов, имеющих место при получении того или иного металлического покрытия при различных условиях, так чтобы рецептурная часть процесса имела теоретическое обоснование, так же как и все остальные условия технологического процесса.

Такой же подробный теоретический подход... должен был иметь место и при рассмотрении подготовительных операций...

Вместе с тем в руководстве должно было иметь место достаточно полное рассмотрение процессов конструирования основной и вспомогательной аппаратуры и расчета технологического процесса.

Нельзя было также обойти и такие вопросы, как методы контроля состава ванн и испытания свойств и качества покрытий.

Все эти требования вытекали непосредственно из опыта преподавания курса гальваностегии в Московском институте цветных металлов и золота, где первой и важнейшей задачей была... подготовить достаточно глубоко теоретически образованного инженера-металлурга соответствующей специальности" [8, с. 3–4].

Авторы использовали в своей работе не только отечественную, но и всю доступную им зарубежную литературу, в том числе такие авторитетные издания, как: W. Blum, H. Hogaboom «Principles of Elektroplating and Electroforming»,

W. Pfhanhauser «Galvanotechnik», W. Hughes «Modern Electroplating», H. Bublik «Grundlagen des Verzinkens», специальную периодику и фундаментальные журналы: «Trans. of the Americ. Electrochem. Soc.», «Zeitschrift fur Elektrochemie und angewandte phis. Chemie», «Trans. of the Faraday Soc.», «Korros. und Metalloschutz» и др.

Аналогу «Основам гальваностегии» в мире не было вплоть до последнего времени, в том числе и в англоязычной литературе. Хотя в книгу не вошли процессы, разработанные позднее, она до сих пор сохраняет свою актуальность.

В 1938 г. Н.Т. Кудрявцев переходит на постоянную работу в Московский полиграфический институт. В сентябре того же года он начинает преподавать в МХТИ им. Д.И. Менделеева.

Кафедра технологии электрохимических производств была создана в институте по инициативе Н.Ф. Юшкевича в 1933 г. Ее первым заведующим стал доктор технических наук, профессор П.М. Лукьянов. Уже в первые годы существования кафедры гальванотехнике уделялось большое внимание. Это было обусловлено тем, что начиная с 1936–1937 гг., в СССР быстро росла потребность в электрохимических методах защиты металлов, строились десятки и сотни гальванических цехов.

Невозможно перечислить всю работу, которую в 1930-х – начале 1940-х гг. вел Н.Т. Кудрявцев в области гальванотехники. Это объяснялось не только большой государственной значимостью борьбы с коррозией металлов и острой нехваткой специалистов, но главным образом его высоким личным авторитетом, величайшим трудолюбием и огромной трудоспособностью. Было и еще одно обстоятельство.

После революции, в годы «красного террора», Тихон Агафонович Кудрявцев был арестован и освобожден только благодаря письму дочери Л.Н. Толстого Александры Львовны, направленному лично председателю ВЦИК М.И. Калинину. Однако и после освобождения отца родители Николая Тихоновича были лишены гражданских прав и не имели возможности устроиться на работу. Более того, дом Кудрявцевых в Кочаках был сожжен, и семья лишилась места жительства.

В 1925 г. Т.А. Кудрявцев оставил службу в церкви, и родители переехали к дочери в Москву. В своей автобиографии Николай Тихонович писал: «Постоянную работу (по найму) стал иметь с 1925 г. и на зарплату от этих работ содержал родителей (до их смерти) и младших сестер и брата до начала их самостоятельной жизни» [9].

Начало Великой Отечественной войны семья Н.Т. Кудрявцева, которая к этому времени уже состояла из четырех человек: жены и двоих сыновей – 6-летнего Владимира и двухмесячного Валерия, – встретила в Москве. В августе 1941 г.,

когда над столицей нависла опасность фашистского вторжения, Николай Тихонович добровольно записался в народное ополчение. Однако за день до отправки на боевые позиции он был отозван ЦНИЛ Металлохимзащиты для руководства работами, проводившимися по заданию Наркомата боеприпасов и Наркомата вооружений. А 21 октября 1941 г., когда враг вплотную подошел к Москве, семья Кудрявцевых в числе группы преподавателей Московского полиграфического института была эвакуирована в Челябинск.

Здесь Н.Т. Кудрявцев поступил на работу в Государственный институт по проектированию заводов Наркомата среднего машиностроения (Гипросредмаш НКСМ). Позже он писал, что в этот период в качестве старшего научного сотрудника отдела холодной обработки выполнял научно-исследовательскую работу по составлению руководящих материалов для проектирования цехов защитных покрытий металлами на заводах НКСМ. Итогом его деятельности в этой области в довоенный и военный периоды стало написание справочных руководств по проектированию цехов металлопокрытий.

Оборонные предприятия Урала и Сибири работали круглосуточно, без выходных дней. Военная обстановка диктовала свои требования к организации работ: проектирование, изготовление конструкций и даже некоторого оборудования велось непосредственно на строительных площадках. Рабочие чертежи прямо с чертежной доски шли в производство. В некоторых случаях приходилось допускать нарушения норм проектирования и технологии. Ответственность была огромная.

Катастрофически не хватало квалифицированных рабочих. Николай Тихонович вспоминал позже, как в трудный период работал в цеху хромировщиком.

После перелома в войне начались работы по восстановлению разрушенного хозяйства Европейской части страны. В феврале 1943 г. семья Кудрявцевых возвращается в Москву. Николай Тихонович продолжает преподавать в Московском полиграфическом институте и работать главным инженером проекта, а затем начальником сектора металлопокрытий в Гипросредмаше. В 1945 г., он получил свою первую правительственную награду: медаль «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

С началом нового 1943/44 учебного года Николай Тихонович возвращается в МХТИ им. Д.И. Менделеева, а в 1946 г. переходит туда на постоянную работу. Обстоятельства, в которых происходил этот переход, нуждаются в специальном комментарии.

После освобождения захваченных фашистами территорий начиналось немедленное восстановление промышленности, в первую очередь, маши-

ностроительных предприятий и энергетических объектов. Работа такого важного передела машиностроения, как гальванотехника нуждалась в скорейшем возобновлении. В то же время специалистов в этой области катастрофически не хватало, поскольку их в небольшом количестве готовили только два вуза в Москве, в том числе МХТИ им. Д.И. Менделеева, и 2-3 вуза в других городах.

В то же время, как отмечалось комиссией Министерства высшего и среднего специального образования, проверявшей МХТИ им. Д.И. Менделеева в 1948 г., институт работал в тяжелых условиях: учебные планы были утверждены еще в 1942 г., не хватало учебных площадей, лабораторного и исследовательского оборудования. Отдельные претензии комиссия предъявила к организации научно-исследовательской работы: мелкотемье, недостаточная связь с производством, медленное внедрение результатов исследовательских работ в промышленность.

В этих условиях такие специалисты, как Николай Тихонович Кудрявцев, опытейший преподаватель и одновременно энциклопедист, досконально знавший все проблемы производства, были совершенно необходимы институту.

В архиве семьи Кудрявцевых сохранилось письмо (относящееся, по-видимому, к 1945 г.), направленное директором МХТИ П.В. Дыбиной и ее заместителем по научной работе профессором С.В. Горбачевым в Отдел науки ЦК ВКП(б) [1]. Приведем небольшой отрывок из этого документа:

"После реэвакуации (весной 1943 г.) МХТИ им. Менделеева возобновил свою нормальную работу в Москве и снова и еще в большей степени, чем до войны возникла потребность в руководстве специальным уклоном по гальванотехнике. В настоящее время институт имеет ряд запросов от различных Наркоматов, главным образом оборонного значения (НКВ, НКАП, НКБ), о выделении и бронировании студентов, оканчивающих по Гальванотехнике, для их заводов. В связи с этим МХТИ им. Менделеева возбудил ходатайство перед Гипросредмашем и Народным Комиссариатом Среднего Машиностроения через свой Наркомат (НКХП) об освобождении т. Кудрявцева Н.Т. от работы в Гипросредмаше... Однако, ни заявления самого т. Кудрявцева Н.Т. ни ходатайства МХТИ не получили положительного ответа. Начальник Гипросредмаша т. Шейнман и зам. Наркома Среднего Машиностроения тов. Юдин категорически отказались освободить т. Кудрявцева из Гипросредмаша. Вместе с тем т. Кудрявцев Н.Т. используется в Гипросредмаше не по специальности.

...вопросы электролитических покрытий металлами... почти совершенно отсутствуют в плане работ Гипросредмаша, и т. Кудрявцеву приходится

заниматься работой, которая не имеет никакого отношения к его специальности, как напр. проектированием малярных цехов, аккумуляторного завода.

Таким образом, Гипросредмаш не имеет возможности использовать по прямому назначению такого крупного специалиста и педагога, в котором МХТИ ощущает острую нужду, и отсутствие которого срывает очень высокое дело подготовки остро дефицитных кадров (специалистов гальванотехников) для промышленности.

...Учитывая все вышеизложенное, Московский Химико-Технологический Институт имени Менделеева просит Отдел Науки Центр. Комитета партии большевиков дать указание НКСМ и Гипросредмашу о немедленном освобождении т. Кудрявцева Н. Т. от работы в Гипросредмаше и переводе его на старую работу в МХТИ им. Менделеева".

Таким образом, в жизни Николая Тихоновича начался новый, исключительно плодотворный период, связанный с МХТИ им. Д.И. Менделеева. Он многое успел сделать за годы работы в институте и как заведующий кафедрой, преподаватель, воспитатель молодежи, и как действующий ученый-исследователь, глава ведущей в стране научной школы, один из наиболее авторитетных специалистов в своей области, и как общественный деятель. Отметим лишь некоторые, наиболее важные события этого периода его жизни.

В 1949 г. Н.А. Изгарышев и Н.Т. Кудрявцев были удостоены Сталинской премии за цикл фундаментальных исследований в области электродных процессов и разработку электрохимических методов получения металлических порошков. Таким образом завершились начатые еще в Институте им. Л.Я. Карпова и продолжавшиеся более двадцати лет изыскания.

В 1950 г. Н.Т. Кудрявцев защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора химических наук на тему: «Исследование условий и механизма образования губчатых и компактных блестящих осадков металлов на катоде». Защита, проходившая в Институте физической химии АН СССР, стала заметным научным событием. Характеризуя вклад диссертанта в развитие данной области технологии, председатель Ученого совета известный ученый Г.В. Акимов сказал [10]:

"Мы... присутствуем сегодня при несколько необычной защите докторской диссертации. ...здесь мы видим много представителей промышленности, заводов., молодежи из вузов..."

...высокая значимость работ диссертанта, высокий теоретический уровень этих работ и вместе с тем широкое значение для практики..., направленность ... очень острая в сторону практики, – это... и создает то настроение, которое сегодня так отчетливо чувствуется.

Можно, мне кажется, сказать, что это одна из немногих работ, которые встречают и со стороны оппонентов, и со стороны аудитории такое единодушное отношение.

Я думаю, все мы уверены, что результаты голосования покажут это, – что Николай Тихонович Кудрявцев – сложившийся ученый, ученый уже много давший нашей промышленности, ученый, который в будущем обещает дать еще больше, ученый, которого знает вся страна, что этот ученый получит ту степень, которой он уже давно достоин".

Действительно, труды Н.Т. Кудрявцева помимо чисто научной значимости всегда имели четкую практическую направленность.

В 1968 г., когда кафедра ТЭП заняла второе место в соревновании на лучшую кафедру института, Николай Тихонович, говоря о взаимосвязи учебной и научно-исследовательской работы в вузе с запросами промышленности, писал в газете «Менделеевец» [11]:

"...У нас почти нет работ, которые носили бы характер чисто теоретического исследования. В большинстве случаев ставится прежде всего задача – разработать новый, более эффективный технологический процесс для промышленности, улучшить качество продукции и условий труда в производстве. В любой такой работе всегда найдутся также вопросы теоретического характера... Удачное решение этих вопросов придает такой работе и научную и практическую ценность, так как наряду с пользой для промышленности она вносит некоторый вклад и в науку данной, еще очень молодой отрасли производства".

В 1951 г. профессор Николай Тихонович Кудрявцев в числе группы ведущих ученых МХТИ им. Д.И. Менделеева за безупречную работу был награжден орденом Трудового Красного Знамени.

В 1956 г. не стало Н.А. Изгарышева, и Н.Т. Кудрявцев возглавил кафедру ТЭП. Более 20 лет – до



Рис. 2. Сотрудники кафедры технологии электрохимических производств с зарубежными гостями. Справа налево: М.Я. Фиошин, С.С. Кругликов, В.Г. Хомяков, К.М. Тютина, Н.Г. Бахчисарайцыян (шестая справа), Н.Т. Кудрявцев (восьмой справа). Около 1960 г.

конца своей жизни – он занимал эту должность. За это время были разработаны новые учебные планы и программы, написаны учебники, учебные пособия и практикумы, сформировалась тематика научно-исследовательских работ, были установлены тесные многолетние связи с промышленными предприятиями и проектно-конструкторскими организациями. Кафедра вошла в число ведущих отечественных учебных и научно-исследовательских центров по гальванотехнике, стала головной среди кафедр страны соответствующего профиля, одним из лучших подразделений в институте.

Серьезнейшее внимание Николай Тихонович уделял научной и научно-практической работе кафедры.

Именно в годы работы в МХТИ им. Д. И. Менделеева получили развитие многие, разрабатывавшиеся им еще до войны направления исследований [12, 13].

Сейчас, когда спустя более четырех десятилетий мы оцениваем то, что было сделано им как ученым, можно вполне объективно сказать, что Н.Т. Кудрявцев своими работами заложил основы большинства современных технологий нанесения гальванических покрытий, в том числе защитно-декоративных, блестящих и выравнивающих поверхность изделий, «функциональных» самого различного назначения (износостойких, толстых, предназначенных для восстановления первоначальных размеров изделий) и др.

Так, еще до Великой Отечественной войны Н.Т. Кудрявцев и В.В. Федуркин разработали технологию получения блестящих никелевых покрытий, а в первые послевоенные годы Н.Т. Кудрявцев с сотрудниками – блестящих медных покрытий. Николаем Тихоновичем были предложены высококачественные мелкокристаллические цинковые покрытия с повышенной устойчивостью против коррозии.

Н.Т. Кудрявцеву с сотрудниками удалось разработать такие режимы нанесения износостойких покрытий – железнения, хромирования, – что качество поверхности, сопротивление детали поверхностному износу после восстановительного ремонта повышалось. Эти технологии в 1950-х гг. широко применялись для восстановления деталей авиационной техники и сельскохозяйственных машин.

Н.Т. Кудрявцев стоял у истоков и другого, интенсивно разрабатываемого в настоящее время по экологическим соображениям направления: замены электролитов хромирования на основе шестивалентного хрома электролитами на базе трехвалентного хрома. По инициативе Николая Тихоновича эти работы были начаты на кафедре ТЭП МХТИ им. Д.И. Менделеева его аспирантом И.А. Бодровым и другими более 50 лет назад.



Рис. 3. Николай Тихонович Кудрявцев с аспирантами и молодыми преподавателями кафедры. 1973 г.

Еще раньше – в 1930-х гг. – он начал разрабатывать технологии нанесения цинковых покрытий из цинканных электролитов взамен токсичных цианистых и экологически опасных хлористо-аммонийных растворов.

Почти семьдесят лет назад, одним из первых, Н.Т. Кудрявцев осознал, значение развития гальванических технологий для производства изделий электронной и вычислительной техники. Он создал на кафедре ТЭП научную группу, занимающуюся изучением закономерностей электрохимического нанесения сплавов на основе олова. Эти покрытия предназначались для замены серебра и значительно улучшали процесс пайки.

Важным с практической точки зрения стал фундаментальный цикл исследований по электроосаждению серебра, выполненный совместно с Р.Ю. Беком и Е.А. Нечаевым. Эти работы в 1966 г. были удостоены награды Американского общества гальваностегов «The Precious Metal plating award».

Дар предвидения, которым обладал Николай Тихонович, объяснялся не только его энциклопедическими знаниями в своей области, но прежде всего постоянными широчайшими контактами с производственниками, глубоким знанием и пониманием их проблем. Профессор Т.А. Ваграмян вспоминал: «Николая Тихоновича всегда отличало глубокое понимание задач производства, его проблем. Именно поэтому его знали и любили техники, инженеры и рабочие. Внедряя новые процессы, он интересовался всеми смежными стадиями производства, обращая внимание на технику безопасности, простоту проведения процесса. Прежде всего, его интересовала важность и масштабность явлений, а вопросы материального вознаграждения стояли на втором плане» [2].

Так, в 1958 г. он, видя, насколько остро стоит проблема со шлифовально-полировальными отделениями, площади которых нередко превышали площади гальванических участков, предложил С.С. Кругликову, только что защитившему

кандидатскую диссертацию, заняться изучением процессов электроосаждения металлов в такой форме, которая позволила бы сглаживать не только само покрытие, но и основу.

Н.Т. Кудрявцевым одним из первых в мире была высказана идея о решающей роли диффузионных ограничений при электроосаждении губчатых и порошкообразных осадков металлов. В последующем развитие этих идей получило отражение в работах Н.Т. Кудрявцева и С.С. Кругликова по изучению механизма выравнивания при электроосаждении металлов.

Работы 1960-х – 1970-х гг. позволили предложить теоретическое обоснование для новых технологий нанесения блестящих и выравнивающих покрытий различными металлами. Применение этих технологий дало огромный практический эффект. Если ранее промежуточные и финишные операции обработки поверхности – шлифовка и полировка – составляли около 70% затрат от всего процесса нанесения многослойного покрытия, то применение выравнивающих электролитов, обладающих одновременно и блескообразующим действием, позволило сократить эту статью расходов и уменьшить площади шлифовально-полировальных отделений.

Одним из важных практических приложений в области изучения явления выравнивания стало исследование микрораспределения металла в отверстиях печатных плат – направление, успешно развивавшееся С.С. Кругликовым и М.М. Ярлыковым.

Профессор С.С. Кругликов вспоминал в связи с этим: «Меня всегда поражала разносторонность научных интересов Николая Тихоновича, его готовность воспринять новые идеи. Замечательно, что эти качества он проявлял и в весьма преклонном возрасте».

В МХТИ им. Д.И. Менделеева Н.Т. Кудрявцевым была создана научная школа по нескольким направлениям:

- распределение тока и металла в макро- и микромасштабе (С.С. Кругликов, Г.Н. Начинов);
- электроосаждение сплавов (К.М. Тютина, Т.А. Ваграмян, Л.В. Космодамианская);
- изучение влияния добавок поверхностно-активных веществ на процессы электроосаждения металлов и сплавов (Р.Ю. Бек, Ю.Д. Гамбург, Е.А. Нечаев);
- разработка новых составов электролитов и создание технологических процессов для получения гальванических покрытий с заданными свойствами, разработка специальных технологий для производства изделий электронной техники – печатных плат, полупроводников (К.М. Тютина, С.С. Кругликов, Т.А. Ваграмян, А.Д. Давыдов, Е.А. Ефимов, И.Г. Ерусалимчик, М.М. Ярлыков, Р.Г. Голловчанская, Т.Е. Цупак, Т.Г. Смирнова);

– гальванопластика (Б.Я. Казначей, Р.Г. Головчанская, К.Н. Харламова, Л.В. Егорова), восстановление изношенных деталей машин (М.М. Мельникова, Л.А. Яковлева).

Под руководством профессоров М.Я. Фиошина и В.Г. Хомякова и при участии И.А. Авруцкой на кафедре развивалось новое для того периода направление – электросинтез органических и неорганических соединений. Особое место занимали исследования Н.Г. Бахчисарайцян по разработке технологии получения электродов из двуокиси свинца для электросинтеза органических и неорганических соединений.

Работы Н.Т. Кудрявцева оказали также огромное влияние на развитие отечественной техники механической и магнитной записи электрических сигналов; способствовали разработке технологии производства металлических оригиналов и матриц, позволившей наладить выпуск высококачественных долгоиграющих и стереофонических грампластинок, а также созданию носителей магнитной записи на барабанах, дисках, лентах и картах, выполненных путем осаждения магнитотвердых сплавов. Другим примером практического использования его исследований является разработка технологии получения платинированных титановых анодов для различных электрохимических производств и опреснительных установок и изготовление нетканых металлических сит фотоэлектрохимическим и гальванопластическим способами для использующихся в пищевой и химической промышленности центрифуг непрерывного действия.

Вся жизнь профессора Николая Тихоновича Кудрявцева была связана с гальванотехникой. Он был членом секции химии Комитета по Ленинским и Государственным премиям в области науки и техники при Совете министров СССР, членом экспертной комиссии ВАК по химической технологии, председателем Комиссии по гальваностегии при ВСНТО, членом многих научно-технических советов.

Нельзя не отметить его активную общественную деятельность. Начиная с 1956 г. и до конца жизни он был председателем Комиссии по гальваностегии и секции защитных и защитно-декоративных покрытий при Московском доме научно-технической пропаганды им. Ф.Э. Дзержинского.

По воспоминаниям заместителя председателя секции Т.Г. Смирновой, работа в МДНТП проводилась огромная. Ежегодно проводились большие научно-технические конференции, посвященные наиболее актуальным проблемам гальванотехники. К участию в них привлекались ведущие ученые страны из академических и отраслевых институтов. Кроме того, регулярно проходил «День гальваностега», на который ставился один ведущий доклад и организовывались консультации

по самым различным направлениям. Характерно, что на эти мероприятия администрации Дома приходилось выделять Большой актовый зал, вмещавший до 400 человек.

Дом техники стал не только городским, но и общесоюзным центром обмена опытом. Здесь, благодаря авторитету Н.Т. Кудрявцева, выступали такие ведущие ученые, как К.М. Горбунова, Ю.М. Полукаров, М.А. Шлугер, Ф.Ф. Ажогин и др. Особенно важным было, что в Доме техники широко пропагандировался передовой опыт заводов и отраслевых институтов, таких как ЗИЛ, АЗЛК, ГАЗ, ВЭФ, ВИАМ, Ниихиммаш и др.

Регулярно выходили сборники семинаров, которые сразу же после поступления в продажу становились редкостью – это был бесценный источник оперативной информации. Благодаря существованию секции защитно-декоративных покрытий большое количество народа знало о работах кафедры ТЭП МХТИ им. Д.И. Менделеева и поддерживало с ней связь. К работе в Доме техники Николай Тихонович широко привлекал сотрудников кафедры, аспирантов, студентов.

За активное участие в проведении научно-технических совещаний по коррозии и борьбе с ней, активное участие в пропаганде научно-технических знаний Н.Т. Кудрявцев неоднократно награждался Почетными грамотами ВСНТО, где он был членом Президиума Комитета по коррозии и председателем Комиссии по гальваностегии, и благодарственными грамотами Всесоюзного общества «Знание».

Под руководством профессора Кудрявцева было подготовлено почти две тысячи специалистов для гальванотехники, выполнено и защищено около 100 докторских и кандидатских диссертаций. Он воспитал целую плеяду блестящих ученых, которые продолжили его дело во всех уголках страны. Многие из его учеников стали основателями самостоятельных научных направлений. Среди них С.С. Кругликов, К.М. Тютина, Р.Ю. Бек, Т.А. Ваграмян, Ю.Д. Гамбург, А.Д. Давыдов, Е.А. Ефимов, И.Г. Ерусалимчик, Б.Я. Казначей, Г.Н. Начинов, Е.А. Нечаев, Е.В. Пласскеев, А.Н. Попов и другие.

Н.Т. Кудрявцев удостоен звания Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, награжден орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета» и многими медалями.

Нельзя не сказать, что Николай Тихонович до своей трагической гибели сохранял высокую работоспособность и жизнестойкость, у него был большой запас жизненных сил. В свои 77 лет он продолжал активную и плодотворную трудовую деятельность и мог бы еще долго прожить и многое сделать для людей и науки.

Н. Т. Кудрявцев погиб 24 января 1979 г. в Ярославле. Похоронен в Москве на Кунцевском кладбище.

Литература

1. Архив семьи Кудрявцевых.
2. Воспоминания родственников и коллег Н.Т. Кудрявцева // Архив автора.
3. Кудрявцев Н.Т. Работа электротехнической лаборатории // Генератор. № 25. 7 ноября 1935 г.
4. Голубцов А. О состоянии и перспективах работы по борьбе с коррозией в СССР // Вестник металлопромышленности, 1932, № 9, с. 46–51.
5. Юлин А. Как делают звезды. Известия № 250 (5803).
6. Гурович Е.И. Итоги 2-й конференции по коррозии металлов при АН СССР // Коррозия и борьба с ней. 1941. Т. 7, № 2.
7. Кудрявцев Н.Т. Гальванотехника. М.;Л.: Гизлегпром. 1940.– 284 с.
8. Лайнер В.И., Кудрявцев Н.Т. Основы гальваностегии. М.: Metallurgizdat. Изд. 1. Ч. I, 1936; Ч. II, 1938; Изд. 2. Ч. I, 1943; Ч. II, 1946; Изд. 3. Ч. I, 1953; Ч. II, 1957.
9. Автобиография Н.Т. Кудрявцева // Архив РХТУ им. Д.И. Менделеева. Оп. 9п, св. 14.
10. Диссертационное дело Н.Т. Кудрявцева // Архив РХТУ им. Д.И. Менделеева. Оп. 9п, св. 14.
11. Кудрявцев Н.Т. Здесь рождаются открытия // Менделеевец. № 4. 13 февраля 1968 г.
12. Кудрявцев Н.Т. Научно-исследовательская работа кафедры технологии электрохимических производств и роль Н.А. Изгарышева, одного из создателей советской школы электрохимии // В кн. Николай Тихонович Кудрявцев. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2001. С. 61–76.
13. Будрейко Е.Н. Николай Тихонович Кудрявцев (03.05.1901–24.01.1979). Биографический очерк // В кн. Николай Тихонович Кудрявцев. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2001. С. 11–60.

Сведения об авторах

Екатерина Николаевна Будрейко – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник; budrejko@inbox.ru

Для цитирования

Е.Н. Будрейко. Эпоха Кудрявцева // Гальванотехника и обработка поверхности. 2021. Т. 29, № 2. С. 44–55.
DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_44

References

1. Archive of the Kudryavtsev family.
2. Memories of the N.T. Kudryavtsev relatives and colleagues // Archive of the author.
3. Kudryavtsev N.T. The work of electrotechnical laboratory // Generator. №25. 7 of November 1935.
4. Golubtsov A. About the condition and perspectives of work to struggle against the corrosion in USSR // Bulletin of the metal industry, 1932, № 9, p. 46–51.
5. Yulin A. How the stars are made. Izvestiya № 250 (5803).
6. Gurovich E.I. The outcome of the second conference on the metal corrosion at the USSR Academy of Sciences // Corrosion and struggle against it. 1941. Vol.7. №2.
7. Kudryavtsev N.T. Electrodeposition. M.;L.:Gizlegprom. 1940. 284 p.
8. Layner V.I., Kudryavtsev N.T. Basis of galvanostegy. M.:Metallurgizdat. Ed. 1. Part I, 1936; Part II, 1938; Ed. 2. Part I, 1943; Part II, 1946; Ed. 3. Part I, 1953; Part II, 1957.
9. Autobiography of N.T. Kudryavtsev // Achieve of Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. Inv. 9p, bunch 14.
10. Dissertation file of N.T. Kudryavtsev // Achieve of Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. Inv. 9p, bunch 14.
11. Kudryavtsev N.T. Here the discoveries are born // Mendeleevets. № 4. 13 February 1968.
12. Kudryavtsev N.T. Research work of the Department of Electrochemical Production Technology and the role of N.A. Izgaryshev, one of the founders of the Soviet school of electrochemistry // In the book Nikolay Tikhonovich Kudryavtsev. M.: Mendeleev University of Chemical Technology of Russia 2001.P. 61–76.
13. Budreyko E.N. Nikolay Tikhonovich Kudryavtsev (03/05/1901–24/01/1979). Biographical essay // In the book Nikolay Tikhonovich Kudryavtsev. M.: Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. 2001. P. 11–60.

Information about authors

Ekaterina N. Budreyko – Cand. Sci., leading scientific researcher; e-mail: budrejko@inbox.ru

For citation

Ekaterina N. Budreyko. ERA of Kudryavtsev. *Galvanotekhnika I obrabotka poverkhnosti*, 2021, vol. 29, no. 2, pp. 44–55.
DOI: 10.47188/0869-5326_2021_29_2_44

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 (Шриф 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.

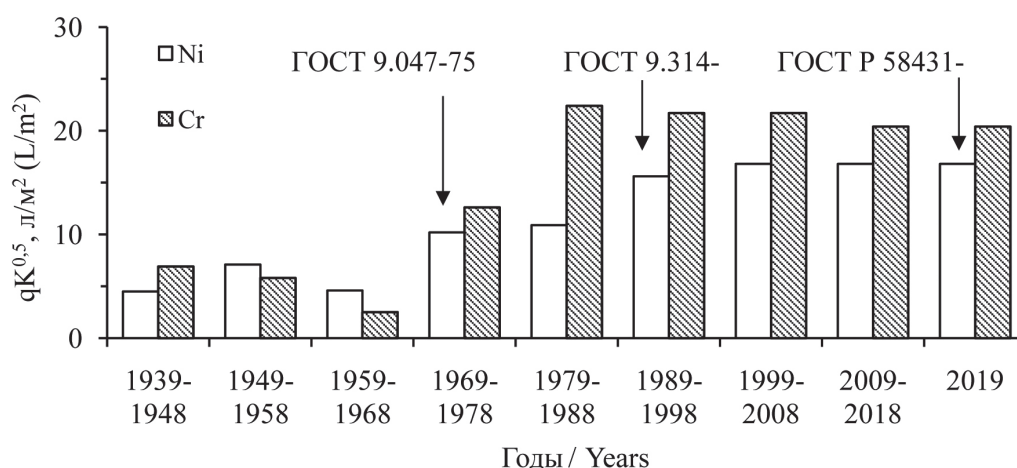


Рис. 1. Динамика удельного потребления воды на промывки ($qK^{0.5}$) после никелирования и хромирования
 Fig. 1. Dynamics of specific washing water consumption ($qK^{0.5}$) after Nickel and Chromium plating
 (пустая строка)

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.

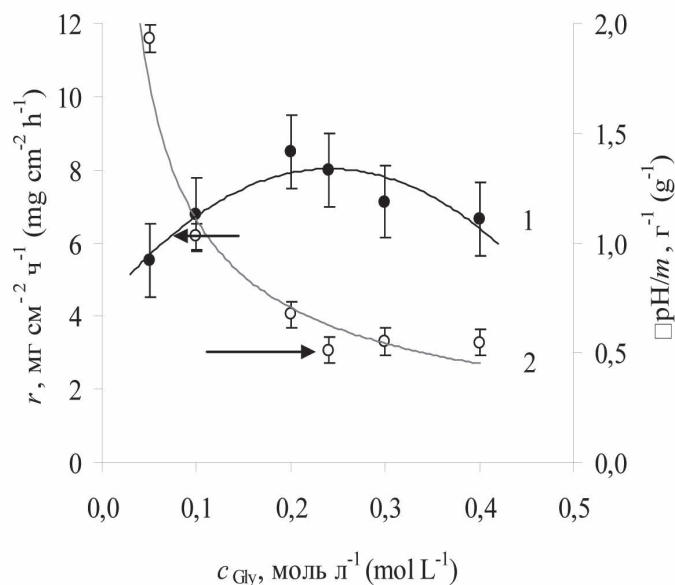


Рис. 2. Влияние концентрации глицина на скорость осаждения (1) и удельное изменение pH раствора после осаждения покрытий (2). Состав (моль/л) раствора: $NiSO_4 - 0.12$, $NaH_2PO_2 - 0.36$, $HGly - 0.05 - 0.40$, $H_2Succ - 0.2$, $Pb^{2+} - 10^{-5}$; pH – 5.8.

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.

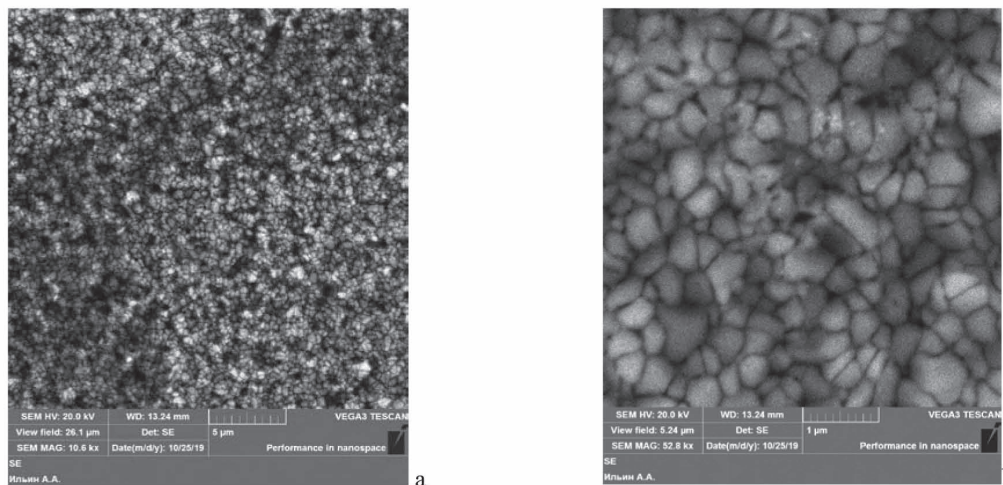


Рис. 3. СЭМ изображения поверхности серебряного электрода при различных увеличениях/ Масштаб: а – 5 мкм, б – 1 мкм.

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 индексированной 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]. *Gal'vanotekhnika 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 индексированной 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. 18)**

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. 26)

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

Гальванические технологии (стр. 29)

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. 31)

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. 30)

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. 24)

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. 25)

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. 28)

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. 27)

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

ТД "Элма" (стр. 29)

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 № 618. 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:

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

RS-485/ Ethernet/ Modbus



Способы коммуникации:

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

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

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

Уровни доступа пользователей

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

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

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+