

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№4 2024

Направления:

**1.2.2. – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**

**2.3.1. – СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**

**2.3.3. – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (технические науки)**

**2.3.5. – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**

**2.3.5. – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**

**2.3.6. – МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

**Казань
2024**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №4 2024г. – Казань:
ООО «Рашин Сайнс», 2024. – 332 с.

ISSN 2079-5920

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732)

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvprt.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № E12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

С.В. Анаников – д.т.н., проф.; Т.Р. Дебердеев – д.т.н., проф.; Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.;
В.А. Жихарев – д.ф.-м.н., проф.; В.С. Минкин – д.х.н., проф.; А.Н. Николаев – д.т.н., проф.;
В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.; Х.Э. Харламтди – д.х.н., проф.; М.В. Шулаев – д.т.н., проф.

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Рашин Сайнс, 2024 г.

<i>Д.А. Пигасин, П.А. Шагалова, А.Е. Савкин, Э.С. Соколова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ	153
<i>А.С. Полянина</i> МЕТОД ОРТОГОНАЛЬНОГО ДОПОЛНЕНИЯ В ПРЯМОЙ ЗАДАЧЕ ДИНАМИКИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА	157
<i>Е.Н. Рассоха, Л.М. Анциферова</i> ПРОГРАММА MatCAD КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА МОДЕЛИ МАЛЬТУСА ДЕМОГРАФИИ НАСЕЛЕНИЯ	161
<i>К.А. Стаценко, А.П. Буйинов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШИРИНЫ КОЛЕИ ЗАЗОРОВ НА ДОПУСКАЕМЫЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В ПРЯМЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ	166
<i>Е.А. Суворова, Н.Ю. Лега</i> ПРОТОКОЛЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ SPARSEFIBRE-UART	169
<i>Т.А. Ховрова, С.П. Кайгородов</i> ВЛИЯНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)	175
<i>Е.Г. Царькова</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ОЧЕРЕДИ В СЛЕДСТВЕННЫХ ИЗОЛЯТОРАХ ФСИН РОССИИ	179
<i>Е.А. Чернов, Д.Е. Новичков</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИВЕРЖЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЮ ПАЦИЕНТОВ С БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ	182
<i>А.В. Чернухин, Т.В. Савицкая</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЭКСГАУСТЕРА АГЛОМАШИНЫ, ОСНОВАННОГО НА МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ	185

2.3.3. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

<i>И.А. Валеев, И.В. Жукова, И.С. Разина</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ МЕХАНИЗМОВ МАШИН ПРОХОДНОГО ТИПА ОБУВНОГО ПРОИЗВОДСТВА	191
<i>В.А. Ильиных, В.Ю. Линейцев, Е.В. Непомнящих</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ МНОГОГРАННЫХ ПРОФИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	194
<i>С.М. Копытов, П.А. Тимохин</i> ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КОМПАСА	199
<i>А.Г. Коробейников, А.Ю. Гришенцев, В.Л. Ткалич, О.И. Пирожникова</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ЗАКАЛКОЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ ПОМОЩИ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ	204
<i>В.И. Курир</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ МИКРО-, МИНИ- И МАЛЫХ ГЭС В РФ	207
<i>И.М. Минегалиев, А.Т. Кадирова, В.К. Козлов, Д.М. Валиуллина, А.Ф. Хусаинова</i> ВИЗУАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА	212
<i>З.Г. Сайфутдинов, Р.С. Ахметшин, А.А. Хафизов, Р.И. Валиев, Д.А. Батмаков, Р.Т. Насибуллин</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГПП 110 КВ «ГЛУБОКОГО ВВОДА»	217
<i>А.В. Терехин</i> ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ: НОВЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ	220
<i>Л.О. Федосова, А.В. Золотов, А.К. Лайша, Д.В. Бушманов</i> АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛАСТИЧНЫХ ЧАСТЕЙ МЯГКИХ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ	223
<i>Д.А. Харлямов, И.М. Максимов, Г.В. Маврин</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛЬНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ	227

2.3.3.

Д.А. Харлямов, И.М. Максимов, Г.В. Маврин

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
кафедра химии и экологии,
Набережные Челны, chem-ineka@inbox.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛЬНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В работе представлены результаты оценки параметров ресурсосберегающей технологии локального электроосаждения, применяемой для восстановления поврежденных металлических поверхностей различных узлов и агрегатов. Для оценки технологических показателей процесса, а также свойств применяемых электролитов получено многослойное электрохимическое покрытие «никель-медь-никель» на ограниченную область стальной пластины. По результатам проведенных экспериментов и выполненных расчетов, установлено, что полученные количественные данные согласуются с математическими выводами, а также с рецептурами применяемых электролитов.

Ключевые слова: селективное электронатирание, локальное электроосаждение, трибогальваника, электролит, электрохимическое покрытие, восстановление поверхности.

В настоящее время сложилось два взаимно противоречащих друг другу направления в развитии прикладных знаний в области гальванических покрытий: совершенствование гальванотехнических приемов и внедрение экологических аспектов в гальванические процессы. Бурное и безоглядное развитие одного из направлений с игнорированием другого (чаще всего им является экологический вопрос) в силу разных обстоятельств неблагоприятно сказывается на экономических показателях ряда предприятий, в связи с наложением на них штрафных санкций за наносимый ущерб окружающей среде. Одним из компромиссных решений в данной ситуации может стать применение метода локального электроосаждения (трибогальваника, селективное электронатирание).

Процесс трибогальваники базируется на принципах электрохимического осаждения металла в условиях трения. При контакте электрода с поврежденной поверхностью и подаче электрического тока в электролит, происходит реакция, в результате которой ионы металла осаждаются на поверхности детали, заполняя повреждения и восстанавливая её структуру [1-2]. Данный способ достаточно эффективен, когда необходимо нанести металлический слой на дефектные участки крупногабаритных деталей без демонтажа и, соответственно, не требует применения традиционных гальванических ванн. В результате применения трибогальванического метода, в сравнении с традиционной гальванотехникой, уменьшаются финансовые и временные затраты, а также достигается минимизация негативного воздействия на окружающую среду [3].

В рамках представленной работы проведена экспериментальная оценка технологических параметров метода локального электроосаждения. В качестве электролитов для нанесения металлических покрытий применяли следующие растворы:

- «медь-высокоскоростная» (Cu-acid) – для нанесения основных и наиболее толстых слоев;
- «медь-щелочная» (Cu-alkaline) – подслой для Cu-acid;
- «никель-адгезионный» (Ni-bonding) – подслой сцепления основы и верхних слоев;
- «никель-высокоскоростной» (Ni-alkaline) – для нанесения финального слоя.

Основным электролитом для восстановления является Cu-acid, состоящий преимущественно из борфтористоводородных соединений [4-5]. Задачей вспомогательных

электролитов (Cu-alkaline, Ni-bonding, Ni-alkaline) является получение композитного покрытия в узком диапазоне толщины [9]. В состав Cu-alkaline входят метансульфонат меди, этилендиамин и метасульфоновая кислота; Ni-bonding – сульфаты никеля (II) и алюминия (III), формиат никеля (II), лимонная и муравьиная кислоты; Ni-alkaline – сульфат никеля, формиат аммония, цитрат аммония и гидроксид аммония [6-8]. В таблице 1 представлены данные о физических и электрохимических параметрах применяемых электролитов.

Таблица 1 - Параметры применяемых электролитов для нанесения металлических покрытий

Параметр	Ni-alkaline	Ni-bonding	Cu-acid	Cu-alkaline
Цвет	Темно-зеленый	Зеленый	Голубой	Темно-фиолетовый
рН	7,2-7,8	0,8-0,9	0-0,2	7,8-8,3
Плотность раствора, кг/дм ³	1,21-1,23	1,20-1,21	1,32-1,35	1,23-1,25
Количество металла в 1 литре, грамм	59	59	120	89
Электролитическая емкость 1 литра, А·ч	35	35	100	35
Ампер-час фактор, А·ч/мкм·см ²	0,0011	0,0033	0,0008	0,0008
Рабочая плотность тока, А/см ²	1-1,3	1	2	0,8
Рабочее напряжение, В	7-11	5-15	5-8	8-11
Температура использования, °С	18-30	18-30	18-30	18-30
Скорость перемещения анода относительно катода, м/мин	12-18	12-18	12-18	12-18
Скорость нанесения, мкм/мин	13-17	2,5-3	25-30	12-15

Базовый процесс нанесения слоев меди и никеля на поверхность включает следующие стадии:

- механическая обработка дефектного участка;
- обезжиривание поверхности;
- нанесение активаторов с последующей промывкой;
- постадийное нанесение механическим втиранием растворов электролитов Ni-bonding, Cu-alkaline, Cu-acid, Ni-alkaline.

Для определения теоретической массы металла, которая восстановится на изделии при помощи рассматриваемого метода, использовали математическую формулу, выведенную из первого закона Фарадея для известных параметров электролитов: ампер-час фактор f (А·ч/мкм·см²) и электролитической емкости раствора C_q (А·ч/л).

Математическая запись первого закона Фарадея:

$$m = k \cdot q, \quad (1)$$

где m – масса осажденного металла, г; q – электрический заряд, прошедший через объем электролита за определенное время, Кл; k – электрохимический эквивалент электролита, кг/Кл.

Электрический заряд q можно определить через электролитическую емкость C_q :

$$q = 3600 \cdot C_q \cdot V, \quad (2)$$

где V – объем раствора, л.

Электрохимический эквивалент k находится из показателя ампер-час фактор f :

$$k = 2,8 \times 10^{-14} \cdot \frac{\rho}{f}, \quad (3)$$

где ρ – плотность металла, кг/м³.

Объединяя формулы (1), (2) и (3), получаем:

$$m_v = 10^{-10} \cdot \frac{\rho}{f} \cdot C_q \cdot V, \quad (4)$$

Расчет доли металла, восстановившегося на катоде проводили по формуле 5:

$$n = \frac{m_v}{c}, \tag{5}$$

где c – концентрация металла в электролите, г/л.

Результаты расчетов теоретической массы и доли восстановленного из электролитов металла представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты расчетов теоретической массы и доли восстановленного металла

Параметр	Ni-alkaline	Ni-bonding	Cu-acid	Cu-alkaline
ρ , кг/м ³	8907		8904	
f , А·ч/мкм·см ²	0,0011	0,0033	0,0008	0,0008
C_q , А·ч/л	35	35	80	35
$k \cdot 10^{-6}$, кг/Кл	0,219	0,073	0,301	0,302
m_v , г/л	28,3	8,82	86,4	37,8
c , г/л	59,0	59,0	120	89,0
n , %	48,0	14,9	81,0	42,5

Полученные расчетные значения по массе осажденного металла из одного объема электролита m_v и его доли по концентрации в данном электролите n предоставляют возможность для оценивания каждого электролита с позиции эффективности использования его основного ресурса – количества растворенного металла, предназначенного для восстановления поверхности. В этой связи наибольший расход наблюдается у электролита Cu-acid, наименьший – у Ni-bonding. Расход электролитов Ni-alkaline и Cu-alkaline находятся на среднем уровне. Очевидно, что такие результаты являются отражением электрохимических параметров, подбираемых согласно назначению каждого из растворов.

Для оценки технологических показателей рассматриваемого процесса и частных свойств применяемых электролитов было получено многослойное электрохимическое покрытие «никель-медь-никель» на ограниченную область стальной пластины 530x720 мм. Пластина была предварительно очищена и обезжирена. Каждый металлический слой наносился в течение времени, при котором вся осаждаемая поверхность была полностью покрыта слоем восстанавливаемого металла в соответствии с техническими условиями [5-8]. Входные данные эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Входные параметры экспериментального процесса нанесения покрытия «никель-медь-никель»

Параметр	Ni-bonding	Cu-alkaline	Cu-acid	Ni-alkaline
Время осаждения t , мин	2,25	3,4	4,4	2,8
Кол-во потраченного электролита V , мл	18	9	11,5	12
I , А	10	8	12,5	8
U , В	15	10	8	10

После каждого базового процесса нанесения покрытия проводили измерение массы пластины и определяли ее прирост, соответствующий массе нового металлического покрытия. Среднюю толщину h покрытия вычислялась по формуле 6:

$$h = \frac{\Delta m}{\rho \cdot S_k}, \tag{6}$$

где Δm – прирост массы, г; ρ – плотность металла, г/см³; S_k – площадь покрытия, см².

Для вычисления скорости осаждения V учитывали соотношение площадей катода и анода:

$$V = \frac{h}{t} \cdot \frac{S_k}{S_a}, \tag{7}$$

где S_k и S_a – площади катода и анода соответственно, см².

Ампер-час фактор f , характеризующий количество электричества, затраченного на осаждение определенной трехмерной области, рассчитывали по уравнению 8:

$$f = \frac{I \cdot t}{h \cdot S}, \tag{8}$$

Емкость электролита (C_q) определяли по формуле (9):

$$C_q = \frac{I \cdot t}{V}, \quad (9)$$

Результаты измерений и расчётов технологических параметров экспериментального процесса нанесения покрытия «никель-медь-никель» представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технологические параметры экспериментального процесса нанесения покрытия «никель-медь-никель»

Параметр	Ni-bonding	Cu-alkaline	Cu-acid	Ni-alkaline
Прирост массы Δm , г	0,132	0,288	0,525	0,144
Толщина слоя h , мкм	3,90	8,054	14,682	3,190
Скорость осаждения V , мкм/мин	2,297	4,631	9,745	2,720
Ампер-час фактор f , А·ч/мкм·см ²	0,0025	0,0015	0,0016	0,0030
Емкость электролита C_q , А·ч/л	20,99	50	80	31
Плотность тока, А/см ²	0,26	0,21	0,33	0,21
Доля плотности тока от рабочего значения, %	26	21	22	26,25

Полученные результаты в опытах по электрохимическому осаждению стальной пластины с ручным перемещением анода показали, что скорость осаждения и ампер-час фактор в большинстве случаев ниже оптимальных. Данное обстоятельство можно объяснить тем, что каждый элементарный опыт проводился при плотностях тока ниже рабочих.

Для оценки эффективности работы тока по восстановлению металла использовали показатель выхода по току (BT), который можно выразить посредством теоретического и экспериментального электрохимических эквивалентов:

$$BT = \frac{k_{\text{экс}}}{k_{\text{теор}}} \cdot 100\%, \quad (13)$$

Экспериментальный электрохимический эквивалент находили через ампер-час фактор по формуле 3, результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчетов электрохимического эквивалента и выхода по току процесса нанесения покрытия «никель-медь-никель»

Параметр	Ni-bonding	Cu-alkaline	Cu-acid	Ni-alkaline
$K_{\text{теор}}$, кг/Кл·10 ⁻⁶	0,304	0,323	0,325	0,304
Выход по току (рабочий режим), %	24,0	92,8	92,8	71,9
Выход по току (опыт), %	21,32	51,25	48,05	58,83

Полученные данные сигнализируют об уменьшении выхода по току при недостаточной силе тока, протекающей через электролит. Такая взаимосвязь может быть результатом снижения количества поставляемой энергии на восстановление катионов никеля (II) и меди (II) и, соответственно, увеличения выхода на катоде посторонних катионов. Влияние плотности тока на выход по току также отражается и на скорости осаждения основного металла. Данное обстоятельство находит подтверждение в работе [10], где плотность тока оказывает наибольшее влияние на скорость осаждения, поэтому максимальная скорость осаждения достигается во время электролиза при рабочих плотностях тока, когда выход по току является наивысшим. Электролиз в режиме с плотностями тока выше рабочих значений проходит с низким выходом по току, так как увеличивается испарение электролита.

Исходя из полученных экспериментальных данных электролит Ni-alkaline показал относительно невысокие экспериментальные характеристики, которые заметным образом отличаются от заявленных показателей в технических условиях [5]. Возможная причина несоответствия вероятно связано с химическим составом электролита. Дело в том, что Ni-alkaline содержит большое количество ионов аммония, которые, в условиях ручного способа поставки электролита и нерегулярностью его обновления, испаряются из рабочего объема, что ведет к уменьшению pH раствора и ускорению восстановления на катоде водорода, тем самым замедляя скорость роста никеля.

Раствор Ni-bonding демонстрирует наименьшие количественные значения показателей, определяющих кинетические возможности электролита. Данное поведение технологического раствора в процессе локального электроосаждения также согласуется с возможным

химическим составом: низкие концентрации катионов Ni (II), Al (III) и сильноокислая среда обуславливают невысокий процент выхода по току.

Наилучшие показатели по скорости осаждения и электролитической емкости показал раствор Cu-acid. Экспериментальные данные согласуются с математическими выводами, а также с предполагаемой рецептурой раствора. Электролит Cu-alkaline также обладает высокой скоростью осаждения и низким показателем ампер-час фактора. Тем не менее, скорость процесса осаждения по сравнению с Cu-acid остается низкой, что предположительно связано с высокой прочностью этилендиаминовых комплексов входящих в состав электролита [7], что в свою очередь повышает перенапряжение катодного восстановления меди.

Список литературы

1. *Ившин Я.В., Кайдриков Р.А.* Нанесение покрытий методом селективного электронатириания. Часть 1. Особенности процесса // Гальванотехника и обработка поверхности. 2014, Т. 22, № 3, С. 34-39.
2. *Ившин Я.В., Кайдриков Р.А.* Нанесение покрытий методом селективного электронатириания. Часть 2. Электролиты цинкования // Гальванотехника и обработка поверхности. 2014, Т. 22, № 3, С. 40-44.
3. *Максимов И.М., Харлямов Д.А.* Уменьшение экологической опасности сточных вод гальванического производства путем изменения рецептуры слабокислого электролита цинкования // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2020, № 1 (84), С. 58-65.
4. *Chien-Tai Lin, Kwang-Lung Lin.* Effects of current density and deposition time on electrical resistivity of electroplated Cu layers // Journal of Materials Science: Materials in Electronics. 2004, Volume 15, P. 757–762.
5. Раствор технологический «Никель-высокоскоростной-Тс» для технологии локального нанесения гальванических покрытий. ТУ 3849-010-22363507-2014.
6. Раствор технологический «Никель-адгезионный» для технологии локального нанесения гальванических покрытий. ТУ 3849-007-22363507-2014.
7. Раствор технологический «Медь-высокоскоростная-Тс» для технологии локального нанесения гальванических покрытий. ТУ 3849-009-22363507-2014.
8. Раствор технологический «Медь-щелочная-Тс» для технологии локального нанесения гальванических покрытий. ТУ 3849-008-22363507-2014.
9. *Jinhan Lee, Jungju Lee, JonghakBae, Wonbae Bang, Kimin Hong, M. H. Lee, Sung G. Pyo, Sibum Kim, Jin-Gyu Kim.* An Approach to the Development of Organic Additives for Electrodeposition of Narrow Copper Interconnects // J. Electrochem. 2006, Soc. 153, P. 521-525.
10. *Тихонов А.А., Соколова А.Ю.* Декорирование художественных изделий методом электронатириания // Вестник Новгородского государственного университета. 2010, № 60, С. 102–105.

**АННОТАЦИИ
ABSTRACTS**

В.С. Минкин, А.В. Репина, Э.И. Галеева,
Т.Ю. Старостина, Р.Х. Шагимуллин
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СТЕПЕНИ
РАЗВЕТВЛЕННОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЖИДКИХ
ТИОКОЛОВ

Ключевые слова: жидкие тиоктолы, ЯМР- спектроскопия.

В работе методом ЯМР ¹³C спектроскопии проведен количественный анализ степени разветвленности промышленных жидких тиоколов. Обсуждаются возможные схемы разветвлений олигомерных цепей за счет конформационных связей различных групп тиоколов с разветвленными фрагментами промышленных олигомеров. Произведена количественная оценка хлорзамещенных и длинноцепочечных разветвлений относительно общего числа центров разветвлений в олигомерных цепях. Установлены возможные причины, влияющие на количество центров разветвлений, главной из которых являются реакции межцепочного тиол-дисульфидного и дисульфид-дисульфидного обмена.

А.И. Акимов, В.Н. Елисеев
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОПЕРЕДАЧИ
В ИЗГОТОВЛЕНИИ МНОГОСЛОЙНЫХ ИЗДЕЛИЯХ ИЗ
КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ
ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Ключевые слова: математическая модель, метод изотермических поверхностей, численные методы, аналитические методы, метод «прогонки», композиционные конструкции, трехточечное уравнение, решение по радиальной схеме.

В данной работе представлено исследование теплообмена в изготовлении многослойных изделий из композитных конструкций при разработке машиностроительного оборудования опережающего развития в условиях импортозамещения на установках Шольца. Составлена математическая модель проблемы «теплообмена и массообмена». В фазе нагрева решается при доле полимеризации равной нулю. В фазе стабилизации температуры решается при доле полимеризации не равной нулю. В фазе остывания решается при доле полимеризации равной нулю и температурному компоненту равному нулю. Используются «численные методы». Исследуется процесс полимеризации как трехточечное уравнение. Для решения данной задачи используется метод «прогонки». Исследуется решение по радиальной схеме. Разграничиваются зоны жидкой и твердой среды.

А.И. Акимов, В.Н. Елисеев
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ ОБ ОХЛАЖДЕНИИ ПОЛОГО
МНОГОСЛОЙНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТЕЛА ИЗ
КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ ИСХОДНЫХ
ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ДО ОБЩИХ
ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Ключевые слова: пологое многослойное цилиндрическое тело, композитные конструкции, установка Шольца, математическая модель, численные методы, аналитические методы, метод «прогонки», уравнения Бесселя, трехточечное уравнение, доля полимеризации.

В данной работе представлено исследование задачи об охлаждении полого многослойного цилиндрического тела из композитных конструкций от исходных параметров процесса полимеризации до общих температурных параметров для

V.S. Minkin, A.V. Repina, E.I. Galeeva,
T.Y. Starostina, R.H. Shagimullin
QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE DEGREE OF
BRANCHING OF INDUSTRIAL LIQUID THIOLS

Keywords: liquid thiocols, NMR-spectroscopy.

In the work, a quantitative analysis of the degree of branching of industrial liquid thiols was carried out using NMR ¹³C spectroscopy. Possible branching schemes of oligomeric chains due to information connections of various thiocene groups with branched fragments of industrial oligomers are discussed. A quantitative assessment of chloro-substituted and long-chain branchings was performed relative to the total number of branching centers in oligomeric chains. Possible causes affecting the number of branching centers have been identified, the main of which are reactions of interchain thiol-disulfide and disulfide-disulfide metabolism.

A.I. Akimov, V.N. Eliseev
RESEARCH OF HEAT AND MASS TRANSFER IN THE
MANUFACTURE OF MULTILAYER PRODUCTS FROM
COMPOSITE STRUCTURES DURING THE
DEVELOPMENT OF ADVANCED DEVELOPMENT
MECHANICAL EQUIPMENT UNDER CONDITIONS OF
IMPORT SUBSTITUTION

Keywords: mathematical model, isothermal surface method, numerical methods, analytical methods, "run-through" method, composite structures, three-point equation, radial scheme solution.

This paper presents a study of heat and mass transfer in the manufacture of multilayer products from composite structures during the development of machine-building equipment of advanced development in conditions of import substitution at Scholz installations. A mathematical model of the problem of "heat and mass transfer" has been compiled. In the heating phase, it is solved when the polymerization fraction is equal to zero. In the temperature stabilization phase, it is solved when the polymerization fraction is not equal to zero. In the cooling phase, it is solved with a polymerization fraction equal to zero and a temperature component equal to zero. "Numerical methods" are used. The polymerization process is studied as a three-point equation. To solve this problem, the "sweeping" method is used. The solution is studied using a radial scheme. Zones of liquid and solid media are demarcated.

A.I. Akimov, V.N. Eliseev
RESEARCH OF THE PROBLEM OF COOLING A
HOLLOW MULTILAYER CYLINDRICAL BODY FROM
COMPOSITE STRUCTURES FROM INITIAL
DIMENSIONS OF THE POLYMERIZATION PROCESS TO
GENERAL TEMPERATURE PARAMETERS

Keywords: hollow multilayer cylindrical body, composite structures, Scholz installation, mathematical model, numerical methods, analytical methods, "sweep" method, Bessel equations, three-point equation, polymerization fraction.

This paper presents a study of the problem of cooling a hollow multilayer cylindrical body made of composite structures from the initial parameters of the polymerization process to general temperature parameters for the manufacture of industrial equipment using Scholz installations. A mathematical model of

эластичных частей мягких захватных устройств. Актуальность проведенного исследования продиктована, в первую очередь, широким развитием сферы мягкой робототехники, а также повышенным спросом на интеграцию адаптивных мягких захватных устройств в различные отрасли промышленности. В данной статье на практическом примере был произведен анализ наиболее популярных способов изготовления эластичных частей, а именно способ с применением технологии формовки, и аддитивный способ, после чего полученные образцы проходили серии испытаний, конечным результатом которых был вывод о достоинствах и недостатках каждой из исследуемой технологий, а также качестве получаемых изделий в целом.

Д.А. Харлямов, И.М. Максимов, Г.В. Маврин
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ
РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛЬНОГО
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ
ПОВЕРХНОСТИ

Ключевые слова: селективное электронатирание, локальное электроосаждение, трибогальваника, электролит, электрохимическое покрытие, восстановление поверхности.

В работе представлены результаты оценки параметров ресурсосберегающей технологии локального электроосаждения, применяемой для восстановления поврежденных металлических поверхностей различных узлов и агрегатов. Для оценки технологических показателей процесса, а также свойств применяемых электролитов получено многослойное электрохимическое покрытие «никель-медь-никель» на ограниченную область стальной пластины. По результатам проведенных экспериментов и выполненных расчетов, установлено, что полученные количественные данные согласуются с математическими выводами, а также с рецептурами применяемых электролитов.

Е.А. Чумарина, М.В. Мартынюк
МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРИ
РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ
РАДИОПЕРЕДАТЧИКА

Ключевые слова: бизнес - процесс, радиопередатчик, моделирование, диаграммы, EPC, IDF0, DFD.

В статье представлено моделирование бизнес - процессов на основе проектирования программного обеспечения для блока антенного согласующего устройства радиопередатчика. Используются методы моделирования EPC, DFD, IDF0.

И.Р. Летфуллин, Ю.Г. Михайлов, А.М. Петраков
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА ОБМЕНА ДАННЫМИ
МЕЖДУ ПОДСЕТЯМИ ГЕТЕРОГЕННЫХ СЕТЕЙ

Ключевые слова: гетерогенные сети, 4G, беспроводные сети, SDN, NFV, облачные вычисления, IoT-устройства, Ethernet, DTN, OAM, CoAP, AMQP, MQTT, LWAPP, BGP, 802.11u.

Интеграция сетей различных типов имеет большое значение в области гражданского и двойного назначения. Проблемы интеграции нескольких сетей связаны с неоднородностью сети и рядом аспектов, таких как, архитектура, протоколы обмена, механизмы коммутации, механизмы передачи обслуживания и др., при этом спрос на повсеместный беспроводной доступ и потребность в высоких скоростях передачи данных только растет. В статье рассмотрены существующие и перспективные методы обмена данными с использованием различных методов взаимодействия, проведен их анализ и сравнительная оценка, позволившие выделить методы с использованием программно-определяемых сетей, GRE-туннелей как наиболее перспективными. Рассматриваются способы передачи обслуживания в гетерогенных подсетях, проводится анализ основных факторов принятия решений при

devices. The relevance of this research is dictated, first of all, by the wide development of soft robotics, as well as by the increased demand for the integration of adaptive soft gripping devices in various industries. In this article, the most popular methods of manufacturing elastic parts, namely the method using molding technology, and additive method, were analyzed on a practical example, after which the obtained samples were subjected to a series of tests, the final result of which was the conclusion about the advantages and disadvantages of each of the investigated technologies, as well as the quality of the obtained products in general.

D.A. Kharlyamov, I.M. Maksimov, G.V. Mavrin
EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF PARAMETERS
OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY FOR LOCAL
RESTORATION OF DAMAGED METAL SURFACE

Keywords: selective electron rubbing, local electrodeposition, tribovoltaics, electrolyte, electrochemical coating, surface restoration.

The paper presents the results of assessing the parameters of resource-saving technology of local electrodeposition, used to restore damaged metal surfaces of various components and assemblies. To evaluate the technological parameters of the process, as well as the properties of the electrolytes used, a multilayer electrochemical “nickel-copper-nickel” coating was obtained on a limited area of a steel plate. Based on the results of the experiments and calculations performed, it was established that the obtained quantitative data are consistent with mathematical conclusions, as well as with the formulations of the electrolytes used.

E.A. Chumarina, M.V. Martynyuk
MODELING BUSINESS PROCESSES FOR DEVELOPING
SOFTWARE FOR A RADIO TRANSMITTER

Keywords: business process, radio transmitter, modeling, diagrams, EPC, IDF0, DFD.

The article presents modeling of business processes based on software design for a radio transmitter antenna matching device block. Modeling methods EPC, DFD, IDF0 were used.

I.R. Letfullin, Yu.G. Mikhailov, A.M. Petrakov
JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE METHOD
OF DATA EXCHANGE BETWEEN SUBNETS
OF HETEROGENEOUS NETWORKS

Keywords: heterogeneous networks, 4G, wireless networks, SDN, NFV, cloud computing, IoT devices, Ethernet, DTN, OAM, CoAP, AMQP, MQTT, LWAPP, BGP, 802.11u.

Integration of networks of various types is of great importance in the field of civil and dual-use. The problems of integrating multiple networks are associated with network heterogeneity and a number of aspects, such as architecture, exchange protocols, switching mechanisms, handover mechanisms, etc., while the demand for ubiquitous wireless access and the need for high data transfer rates is only growing. The article examines existing and promising methods of data exchange using various interaction methods, carried out their analysis and comparative assessment, which made it possible to identify methods using software-defined networks and GRE tunnels as the most promising. The paper examines methods of service transfer in heterogeneous networks, analyzes the main decision-making factors during service transfer and develops

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№4 2024

Направления:

- 1.2.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**
**2.3.1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**
**2.3.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (технические науки)**
**2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**
**2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**
**2.3.6. МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

www.ntvprrt.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732
Подписано в печать 08.05.2024 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 08.05.2024
15,9 усл.печ.л. 19,7 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 5941.

Учредитель: ООО "Рашин Сайнс":
420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.
Адрес редакции, издательства, типографии – ООО "Рашин Сайнс":
420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.

Цена свободная.

© Рашин Сайнс
тел. (843) 216-30-35

Отпечатано с готового оригинал-макета
ООО «Рашин Сайнс»