МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Технологии и оборудование в машиностроении»

Направление подготовки: 18.03.01 «Химическая технология»
Направленность (профиль): «Технология электрохимических производств»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Проект производственного участка с автоматической линией нанесения двухслойного покрытия никель, латунь на стальные детали, производительностью 10000 м^2/год

Обучающийся _____ Рахимзода М.В.

Руководитель выпускной
квалификационной работы _____к.т.н., доцент Наумов Л.В.

Пенза 2026

Содержание

Введение 9
1 Литературный обзор 11
1.1 Назначение и использование покрытий никелем и латунью 11
1.1.1 Свойства и применение покрытий никелем 11
1.1.2 Свойства и область применения латунного покрытия 12
1.1.3 Свойства и область применения покрытия никель, латунь 14
1.2 Составы электролитов для нанесения покрытий никелем и латунью 15
1.2.1 Составы электролитов никелирования 15
1.2.2 Составы электролитов латунирования 21
1.3 Особенности оборудования для нанесения покрытия никель, латунь 25
2 Технологическая часть 27
2.1 Назначение и выбор гальванического покрытия 27
2.1.1 Эскиз и ведомость деталей 27
2.1.2 Выбор типа покрытия и толщины исходя из условий эксплуатации 28
2.1.3 Обозначение и шифр покрытия 29
2.1.4 Требования, предъявляемые к поверхности детали, и методы получения заданного качества покрытия 29
2.1.5 Требования к гальваническому покрытию 30
2.2 Технологический процесс 31
2.2.1 Выбор технологической схемы нанесения покрытий 31
2.2.2 Определение времени обработки детали 34
2.2.3 Контроль качества покрытия 34
2.2.3.1 Требование к внешнему виду покрытия 34
2.2.3.2 Требование к толщине покрытия 35
2.2.3.3 Требования к контролю качества основного металла и покрытия 36
2.3 Основные неполадки в процессе нанесения покрытия никель, латунь 36
2.3.1 Проблемы, возникающие при нанесении покрытия никель, латунь 36
2.3.2 Приготовление и корректировка электролитов 45
2.3.3 Анализ электролита 47
3 Оборудование гальванического цеха 52
3.1 Назначение, принцип действия и устройство существующего оборудования 52
3.2 Возможная модернизация оборудования 60

3.3 Компоновка гальванической линии на участке 60
4 Конструкторские расчеты 62
4.1 Анализ исходных данных 62
4.2 Выбор автооператорной линии 62
4.2.1 Назначение автоооператорной линии 62
4.2.2 Возможности автооператорной линии 63
4.2.3 Комплектация автооператорной линии 64
4.2.4 Компоновка автооператорной линии 64
4.2.5 Автооператоры 65
4.3 Расчет автооператорной линии 67
4.3.1 Определение номенклатуры необходимого оборудования 67
4.3.2 Расчет количества автооператоров 68
4.3.3 Расчет габаритных размеров автооператорной линии 69
4.4 Расчет и выбор ванн гальванической линии 71
4.5 Расчет габаритов подвески 73
4.6 Определение типа подвески 74
4.7 Расчет и выбор источника тока 75
4.7.1 Расчет силы тока 75
4.7.2 Расчет баланса напряжений 75
4.7.3 Источники питания 78
4.8 Расчет числа одновременно обрабатываемых деталей на подвеске из условий максимальной загрузки 79
4.9 Размещение деталей на подвеске 80
4.10 Выбор материала подвесок и других элементов технологической оснастки 80
4.11 Проверка ограничений по току 81
4.12 Изоляция подвесок 83
4.13 Выбор анодов 83
5 Проектирование участка гальванического цеха 84
6 Автоматизация технологического процесса 88
6.1 Основные требования к организации производства нанесения покрытий с применением АСУТП 88
6.2 Способы регулирования и поддержания заданных параметров: плотности тока, кислотности электролита, уровня электролита 89

6.3 Устройство для поддержания заданных параметров температуры, плотности тока, кислотности электролита, уровня электролита 90
7 Материальные и тепловые расчёты 91
7.1 Материальный баланс 91
7.1.1 Расчет потребности химикатов 91
7.1.2 Расчет расхода воды 96
7.1.3 Расчет расхода сжатого воздуха 97
7.2 Расчет трубчатых электронагревателей 100
8 Экология и очистные сооружения гальванического цеха 103
10 Безопасность жизнедеятельности 114
10.1 Опасные и вредные факторы гальванического производства 114
10.2. Правила безопасности при работе в гальваническом цехе 118
Заключение 121
Список используемых источников 122
ПРИЛОЖЕНИЕ А 125
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 126

Введение

Сфера применения покрытия никель, латунь связана с машиностроением и автомобилестроением, так как демонстрируется повышенная коррозионная стойкость с сохранением заданных физико-механических свойств. При этом, благодаря высоким декоративным свойствам (блеск, высокая отражающая способность) применение данного покрытия распространяется не только на ответственные детали внутри корпусов машин и механизмов, но и для придания хорошего внешнего вида наружным поверхностям.

Таким образом, покрытие является широко востребованным, в связи с чем исследования в области его электроосаждения, а также разработки технологических процессов его получения являются актуальными задачами.

Цель работы: Разработка производственного участка нанесения покрытия никель, латунь на стальные детали.

Задачи:

- рассмотрение существующих методов электроосаждения никеля и латуни, режимов и составов электролитов, а также методик анализа и требований по корректировке технологических растворов;

- осуществление расчетов по оборудованию автооператорной линии;

- определение себестоимости электроосаждения покрытия на заданную деталь;

- подбор системы очистки для гальванической линии;

- рассмотрение вопросов обеспечения охраны труда.

Объект исследования – участок нанесения покрытия никель, латунь на стальные детали.

Предметом выпускной квалификационной работы является разработка процесса нанесения покрытия никель, латунь на стальные детали.

Практическая ценность работы: полученные результаты можно использовать как при разработке нового участка нанесения покрытия никель, латунь, так и при необходимости модернизации имеющегося.

Теоретической базой данного исследования послужили работы в области нанесения покрытий таких авторов как: Кудрявцев В.Н., Ямпольский А.М., Солодкова Л.Н., Ваграмян А.Т., Вейнер Р и др.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, основной, графической частей и заключения.

1 Литературный обзор

1.1 Назначение и использование покрытий никелем и латунью

1.1.1 Свойства и применение покрытий никелем

Никелирование — это гальванический процесс, при котором на металлическую основу наносится тонкий слой никеля. Используется для защиты деталей от коррозии, повышения износостойкости или улучшения внешнего вида изделий.

Свойства, присущие покрытию никелем обеспечивают надежные эксплуатационные параметры и хорошие декоративные свойства защищаемых изделий. Наиболее важными свойствами никелевых покрытий являются следующие:

- коррозионная защита — покрытие защищает изделия от атмосферной коррозии, воздействия растворов солей и щелочей. При толщине слоя более 12 микрометров покрытие становится практически беспористым;

- износостойкость — твёрдость никелевых покрытий обеспечивает высокую стойкость к истиранию и механическим повреждениям. Особенно это характерно для химического никеля после термообработки;

- декоративность — блестящее никелирование придаёт изделиям привлекательный внешний вид с зеркальным блеском. Покрытие легко поддаётся полировке и сохраняет эстетичность длительное время;

- адгезионные свойства — никель создаёт основу для последующего нанесения других металлов. На никелевый подслой хорошо осаждаются хром, золото, родий и палладий;

- термостойкость — никелевые покрытия сохраняют свою прочность при высоких температурах, что делает их подходящими для работы в условиях экстремальных температур;

- гладкость поверхности — покрытие никелем способствует созданию гладкой и ровной поверхности, что позволит улучшить функциональные характеристики деталей.

Область применения никелевого покрытия связана с необходимостью надежной коррозионной защиты, а также возможности длительного сохранения декоративного вида.

Никелевые покрытия широко востребованы в различных отраслях.

Автомобилестроение — для защиты деталей двигателя, элементов кузова, декоративной фурнитуры. Блестящие хромированные бамперы и решётки радиатора обязательно имеют промежуточный никелевый слой.

Аэрокосмическая промышленность — никелевые покрытия защищают компоненты от экстремальных температур и агрессивных сред.

Машиностроение — никелирование используют для восстановления изношенных деталей и повышения износостойкости шестерён, валов, подшипников.

Электронная промышленность — тонкие никелевые покрытия применяют для создания контактных поверхностей и печатных плат.

Медицина — никелирование используют при производстве хирургических и стоматологических инструментов, обеспечивая их стерильность и долговечность.

Химическая промышленность — никелевыми покрытиями защищают оборудование, работающее с агрессивными реагентами.

Производство сантехники, мебельной фурнитуры, ювелирных изделий — также активно используют декоративное никелирование.

1.1.2 Свойства и область применения латунного покрытия

Нанесение латунного покрытия (латунирование) — это электрохимический процесс осаждения на поверхность металлических изделий слоя латуни толщиной

в несколько мкм. Латунь — сплав меди с добавлением цинка (обычно от 5% до 45%). В некоторых случаях в состав также вводят небольшие количества других металлов (олово, никель, свинец, марганец, железо и др.) для улучшения свойств сплава.

Физико-химические качества латуней (механические свойства, теплопроводность, коррозионная стойкость, пластичность, уникальная цветовая гамма и другие) делают эти сплавы и покрытия латунью незаменимыми в производстве водо- и газозапорной арматуры, часовом производстве, агрегатах и системах охлаждения, производстве корпусных деталей и гильз, художественных изделий и фурнитуры, музыкальных инструментов.

Свойства латунных покрытий позволяют получать качественную защиту с высокими коррозионностойкими показателями, а также с возможностью получать окрашенные и высокодекоративные поверхности металлических изделий.

Основные свойства латунных покрытий представлены ниже:

- коррозионная стойкость связана с тем, что в атмосферных условиях латунные поверхности со временем покрываются тонкой оксидной плёнкой, которая защищает материал от дальнейшего разрушения. Специальные латуни почти не подвержены действию солёной воды, щелочных растворов и многих химических реагентов;

- декоративный внешний вид, позволяющий получать покрытия, имитирующие золото (свежеполированная латунь имеет благородный золотистый блеск, похожий на золото);

- способность окрашиваться в различные тона растворами аммиака, сульфида натрия, а также при помощи химического оксидирования.

Область применения латуни связана с ее свойствами.

Латунное покрытие используется в различных отраслях, например:

Архитектурная фурнитура — латунь популярна в дверных ручках, петлях, замках и поручнях.

Мебель и декоративные предметы — латунь придаёт столам, стульям и выдвижным ящикам элегантность.

Сантехнические приборы и смесители — для защиты от воды и износа в светильниках для ванной комнаты и кухни используется латунь с покрытием или лаком.

Осветительные приборы — латунь часто используется в подвесных светильниках, бра и основаниях ламп.

Обеспечение прочного сцепления стальных и алюминиевых изделий с резиной при горячем прессовании.

Создание промежуточного слоя (т. е. подслоя) при никелировании или лужении стальных деталей (что более эффективно, чем непосредственное покрытие никелем или оловом).

1.1.3 Свойства и область применения покрытия никель, латунь

При осаждении двойного покрытия никель, латунь образуется сложная электрохимическая система, работающая на создание мощной антикоррозионной защиты стального изделия. При этом, в зависимости от состояния каждого из слоев покрытия гальванические пары будут работать по-разному.

Внешний слой латуни представляет собой медно-цинковую пленку, которая в случае повреждения будет сохранять защитные свойства (в отличии от медного покрытия) благодаря наличию цинка. Более того, внутренний слой никеля является дополнительной антикоррозионной защитой в ситуациях поверхностного разрушения медно-цинкового слоя.

Увеличение срока эксплуатации стальных изделий, имеющих покрытие никель, латунь позволяет использовать их в условиях коррозионной среды.

Кроме того, покрытие может подвергаться химической, температурной и механической обработке с целью придания различных декоративных эффектов.

Основное назначение данного вида покрытий связано с коррозионной защитой при сохранении достаточной твердости и износостойкости изделия.

Поэтому наиболее часто данное покрытие можно встретить в машиностроении, автомобилестроении и авиационной технике для защиты элементов внутренней конструкции, корпусов, а также как защитно-декоративное покрытие для различных конструкционных элементов в мебельной и сантехнической продукции.

1.2 Составы электролитов для нанесения покрытий никелем и латунью

Разработке электролитов для никелирования и латунирования посвящено большое количество исследований, направленных главным образом на подбор активных добавок и комплексообразователей.

1.2.1 Составы электролитов никелирования

Для никелирования применяют сернокислые, хлористые, борфтористоводородные, сульфаминовые электролиты. В практике гальваностегии наибольшее распространение получили сернокислые электролиты, однако в ряде случаев применяются борфторводородные электролиты в связи с высокой устойчивостью и стабильностью показателей работы технологических растворов и низкой восприимчивостью к наличию примесей.

Борфтористоводородные электролиты содержат в основном борфторид никеля (300—400 г/л), небольшое количество свободной борфтористоводородной кислоты до pH 2,5—3,5 и борную кислоту (15—30 г/л). Они отличаются хорошими буферными свойствами, большей устойчивостью состава по сравнению с некоторыми сернокислыми, и при температуре 50°С позволяют вести электролиз при высоких плотностях тока—до 20-10^2 А/$м^2$, выход по току около 100%. Избыток H_3BO_3 необходим для предотвращения гидролиза борфтористоводородной кислоты и образования плавиковой. Измерения pH

прикатодного слоя методом металловодородного электрода показали, что борфтористоводородные электролиты обладают более высокими буферными свойствами, чем сернокислые. Водородный показатель прикатодного слоя pH в борфтористоводородном электролите за 10 минут электролиза не достигал гидратообразования даже при высоких плотностях тока, около 20-100 А/м^2, причем значение pH сохраняется постоянным (~5,75) даже в присутствии ионов щелочных металлов. В сернокислых небуферированных электролитах гидроокись никеля выпадает у катода за то же время уже при катодной плотности тока 2—3 А/м^2, вследствие возрастания значения pH до 7,5.

Другое направление в приготовлении электролитов никелирования приобрели сульфаминовые электролиты, содержащие соль никеля и наименее опасную с экологической точки зрения сульфаминовую кислоту, которая получается при взаимодействии углекислого, никеля с сульфаминовой кислотой по уравнению:

$$Ni\ CO_3 + 2NH_2SO_3H = Ni(SO_3NH_2)_2 + CO_2 + H_2O$$

При этом, температура раствора не должна превышать 60°С во избежание гидролиза и разложения сульфаминовой кислоты.

Кроме сульфаминовокислого никеля в состав электролита входят борная кислота в качестве буферной добавки, хлориды для активирования никелевых анодов и органические добавки.

Никелевые покрытия из сульфаминовых электролитов отличаются низкими внутренними напряжениями, вследствие чего их применяют для нанесения толстых осадков никеля на неметаллы по проводящему слою или на металлы по разделительному, а также для осаждения специальных (например, магнитных) сплавов.

Исследования показали, что внутренние напряжения в осадках никеля, полученных из сульфаминовых электролитов значительно ниже, чем в осадках из сернокислых электролитов. Они возрастают с увеличением плотности тока и pH электролита и снижаются при повышении температуры. Добавки к электролиту

сахарина и нафталиндисульфокислоты позволяют получать осадки никеля без внутренних напряжений или с напряжениями противоположного знака. Для устранения питтинга, образующегося на осадках никеля, в сульфаминовый электролит вводят лаурилсульфат натрия (0,01–1,0 г/л) или препарат «Прогресс» (~3 мл/л).

Нормативно рекомендованным является электролит никелирования (матового) следующего состава: никель сульфаминовокислый 300–400 г/л, никель хлористый 12–15 г/л, борная кислота 25–40 г/л, лаурилсульфат натрия 0,1–1,0 г/л, сахарин 0,5–1,5 г/л; pH=3,6 –4,2.

При этом, температура электролита 50 – 60 °С. Катодная плотность тока (5–12)·10^2 А/$м^2$. Электролит нужно перемешивать сжатым, интенсивность перемешивания 20 л/мин на 1 м длины катодной штанги.

Заслуживают внимания также пирофосфатные никелевые электролиты, которые, имеют некоторые преимущества перед сернокислыми и хлористыми электролитами (большая поляризуемость катода и обусловленная этим хорошая рассеивающая способность (при 2·10^2 А/$м^2$)). катодный выход по току 86—93%; анодный выход по току 96—97%.

Наиболее распространенные электролиты матового никелирования приведены в таблице 1.

Таблица 1–Составы электролитов никелирования (матовое покрытие)

Компоненты раствора, параметры процесса	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4	Состав 5
Никеля сульфат $NiSO_4$	140-200	140-200	140-150	300-350	400
Никеля хлорид $NiCl_2$	30-40	-	-	45-60	-
Натрия хлорид NaCl	-	10-15	5-10	-	-
Борная кислота H_3BO_3	25-40	25-30	25-30	30-40	25-40
Натрия сульфат $NaSO_4$	60-80	40-50	40-50	-	-
Магния сульфат $MgSO_4$	-	50-60	25-30	-	-
Натрия фторид NaF	-	-	-	-	2-3
pH	5,2-5,8	5,0-5,5	5,0-5,5	1,5-4,5	2-3

Компоненты раствора, параметры процесса	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4	Состав 5
t, °C	20-55	20-30	20-30	40-50	50-60
Катодная плотность тока, А/дм^2	0,5-2,0	0,5-2,0	0,5-2,0	2,5-10	5-10

Составы 1,3,4 предназначены для обычных ванн, 3 и 5 - для барабанов. Также в электролит никелирования могут вводиться различного рода компоненты для выравнивания поверхности. Данные вещества уменьшают размер осаждаемого зерна в покрытии.

Применение матового никелирования позволяет эффективно использовать производственные мощности, ведь выход по току здесь достигает 98-100%.

Наиболее распространенные сернокислые электролиты в основном работают при невысокой температуре (до 40 – 50 °С) и содержат слабодиссоциированные кислоты или растворы солей, сообщающие буферные свойства (борная, уксусная, аминоуксусная, уксуснокислый аммоний и др.). Основные составы приведены в таблице 2

Борная кислота наиболее широко используется в качестве буферной добавки к сернокислым никелевым электролитам, хотя буферные свойства таких электролитов при pH 4 – 5 сравнительно невелики. Буферные свойства электролита с борной кислотой сильнее выражены при более высоких значениях pH, близких к pH гидратообразования. При этом, установившееся значение pH прикатодного слоя в растворе, содержащем 0,5 моль/л H_3BO_3 составляет 6,5—6,8.

Таблица 2–Составы электролитов никелирования (блестящее покрытие)

Компоненты раствора, параметры процесса	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4	Состав 5
Сернокислый никель	250-300	250-300	100-350	200-250	250-300
Хлористый никель	50-60	-	30-200	-	-
Хлористый натрий	-	10-15	-	10-15	10-15

Компоненты раствора, параметры процесса	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4	Состав 5
Борная кислота H_3BO_3	25-40	30-40	30-50	30	25-40
Фтористый натрий	-	-	-	-	5-6
1,4-бутиндиол $C_4H_6O_2$	0,2-0,5	0,2-3,0	-	0,2-0,3	-
Сахарин $C_7H_5NO_3S$	0,7-1,2	-	0,3-2,0	-	-
Фталимид $C_8H_5NO_2$	0,1-0,12	-	-	-	-
Хлорамин Б $C_6H_5SO_2N(NaCl)•H_2O$	-	1-2	-	-	-
Паратолуолсульфамид	-	-	2,0	-	-
Формальдегид HCHO	-	-	-	-	0,4-0,8
2,6нафталиндисульфо кислота $C_{10}H_6(SO_3H)_2$	-	-	-	-	2-4
1,5нафталиндисульфо кислота $C_{10}H_6(SO_3H)_2$	-	-	-	1,5-2,0	-
Моющее средство «Прогресс»	-	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,2	-
Сульфонол	-	-	-	-	0,015
НИБ-3, мл/л	-	-	0,3-10,0	-	-
Выравнивающая композиция	-	-	0,03-0,15	-	-
pH	4-5	4-5	3-5	4,5-,5,5	5,8-6,0
t, °C	50-60	50-60	50-60	40-50	40-50
Катодная плотность тока, $А/дм^2$	3-8	2-5	2-8	2-4	3-5,0

При совместном присутствии борной кислоты и фтористого натрия электролит имеет более высокие буферные свойства, чем при добавлении одной борной кислоты, в особенности при высоких плотностях тока на катоде.

В присутствии солей щелочных металлов значительно ускоряется подщелачивание прикатодного слоя, особенно в электролите без буферных добавок; значение pH прикатодного слоя за 10 мин достигает 9—10. В результате у катода выпадают гидроокиси никеля, качество осадков резко ухудшается, и допустимый верхний предел плотности тока уменьшается.

Обнаружено, что борная кислота увеличивает катодную поляризацию при электроосаждении никеля и кобальта, способствуя образованию более мелкозернистых осадков никеля. Предполагается, что борная кислота образует с никелевыми солями сложные комплексные соединения.

Хорошими буферными свойствами обладают никелевые электролиты, содержащие уксуснокислый никель, аминоуксусную кислоту и дикарбоновые насыщенные кислоты (адипиновую, глутаровую, янтарную).

Наиболее высокие буферные свойства электролитов с уксуснокислым никелем и дикарбоновыми кислотами обнаружены при pH 3,0—4,0.

С увеличением концентрации этих соединений возрастает буферная емкость электролита. Из электролитов с буферными добавками дикарбоновых кислот и также с уксуснокислым никелем осадки никеля при высоких плотностях тока получаются с питтингом. Образование питтинга можно устранить введением в электролит смачивателей в небольшом количестве. Наиболее эффективным из них является лаурилсульфат натрия от 0,05 до 2— 3 г/л. В плохо очищенном от примесей органических и неорганических веществ электролите концентрация лаурилсульфата натрия должна быть выше, а кроме того, необходимы условия перемешивания электролита сжатым воздухом или качанием катодной штанги.

В сернокислый электролит никелирования часто добавляют сернокислые и хлористые соли щелочных металлов до 100 г/л, которые при относительно небольшой концентрации соли никеля заметно повышают электропроводность раствора.

Кроме того, хлористые соли являются активаторами никелевых анодов, облегчая их растворение.

Нужно иметь в виду, что в присутствии ионов щелочных металлов значение pH прикатодного слоя во время электролиза при высоких плотностях тока быстро возрастает.

При этом из раствора выделяется гидроокись или основные соли никеля и осадки на катоде получаются темными и рыхлыми, допустимый предел плотности тока резко снижается.

В никелевый электролит вводить соли аммония, особенно в большом количестве, не следует, так как они образуют с никелем малорастворимую двойную никель-аммониевую соль.

Для получения блестящих осадков никеля из сернокислого электролита предложено очень большое число добавок различных классов органических соединений: сульфосоединения ароматического ряда, ненасыщенные спирты и гликоли, содержащие двойную или тройную связь (1,4-бутиндиол, пропаргиловый спирт и их производные), лактоны (кумарин и его производные), азотсодержащие соединения (хинолин, хинальдин, пиридин и др.), амино-замещенный тиокарбамид, алкилзамещенные нитрилы и т. п. Многие из этих веществ (исключая некоторые ароматические сульфосоединения) оказывают выравнивающее действие – сглаживают микропрофиль поверхности и уменьшают пористость осадков.

Часто вводят в электролит одновременно две – три добавки, из которых одна, например, сахарин, паратолуолсульфамид и другие из группы сульфосоединений ароматического ряда наряду с приданием блеска, что позволяет снижать внутренние напряжения в осадке.

1.2.2 Составы электролитов латунирования

Стандартные потенциалы меди и цинка различаются более чем на 1 В, поэтому осаждать сплав в простом электролите нельзя. Сближение равновесных потенциалов возможно лишь в присутствии таких комплексообразователей, которые уменьшают активность ионов цинка.

На практике раньше применяли цианидные электролиты. Исходными компонентами для них являются цианиды меди, цинка и натрия. При их взаимодействии образуются комплексные соединения $Na_2[Cu(CN)_3]$ и $Na_2[Zn(CN)_4]$. Сближение потенциалов осаждения меди и цинка происходит за счет того, что более благородный металл, в данном случае медь, образует более стойкий комплекс и, следовательно, поляризуется в большей степени, чем цинк.

Основное влияние на качество покрытий и их состав оказывает не соотношение солей осаждаемых металлов, а концентрация свободного цианида. При ее повышении осадок обогащается цинком, так как катодная поляризация меди в этом случае возрастает в большей степени. Потенциал меди становится более отрицательным, чем потенциал выделения цинка, и на катоде происходит преимущественный разряд ионов цинка. При повышении pH раствор начинается обогащаться цинком за счет образования цинкатов, константа нестойкости которых намного меньше константы нестойкости цианидного комплекса цинка, поэтому в электролитах латунирования pH поддерживают от 10 до 11.

Противоположное влияние на химический состав оказывает температура. При повышении температуры увеличивается выход по току. Считают, что при повышении температуры на 1 °С содержание меди в осадке увеличивается на 1%, поэтому для получения стабильных по составу покрытий необходимо поддерживать температуру на заданном уровне. При понижении температуры качество покрытий значительно ухудшается, они становятся хрупкими и шероховатыми. Введение в электролит небольших количеств 25%-ного водного раствора аммиака позволяет улучшить внешний вид осадков, стабилизировать их химический состав в широком интервале плотностей тока и повысить выход по току.

Материалом анодов являются листы или полосы катаной латуни. Во время работы аноды покрываются белым и зеленым налетами. Они представляют собой нерастворимые соли меди и цинка. Их можно удалить добавлением цианида натрия. Если поверхность анодов блестящая, то в электролите находится избыток NaCN. Если налет становится плотным и покрывает всю поверхность, его следует

механически удалить. Темно-коричневая пленка, не исчезающая при включении тока, свидетельствует о загрязнении анодов свинцом. Присутствие олова вызывает белый налет. Предельно- допустимая концентрация Ni, Sn, Sb, Pb не должна быть более 0,005%, а Fe не более 0,01%. Раздельные аноды применять не рекомендуется, так как при этом сложно регулировать состав сплава. Если осаждение латуни ведется при плотности тока ниже 0,5 $А/дм^2$ можно применять литые аноды. Катаные аноды сначала отжигают, травят в 5%-ном растворе HNO_3, а затем промывают и крацуют стальными щетками.

Для приготовления электролита в ванну сливают растворы цианидных комплексов цинка и меди. Рекомендуется добавлять 10-15% отработанного электролита. Цианид натрия должен быть в избытке. Затем завешивают аноды и электролит длительное время прорабатывают током до получения покрытий требуемого состава и оттенка.

Корректирование электролита сводится к добавлению цианида натрия, реже цианидов меди и цинка. Повышение pH достигается добавлением в ванну разбавленного раствора карбоната натрия. В ванну регулярно вводят водный раствор аммиака.

Таблица 3 – Электролиты латунирования

Состав, г/л	Номер электролита					
	1	2	3	4	5	6
Цианистая медь	20	40	-	-	30-35	23-26
Цианистый цинк	20	42	60	-	8-12	8-10
Цианистый натрий	40	80	40	-	20-25	15-20
Цианистый калий	-	-	-	15	-	-
Цианистая медь-калий	-	-	50	-	-	-
Карбонат натрия	15	-	-	10	6-8	10-20
Бикарбонат натрия	-	-	-	-	8-12	-
Аммиак водный, мл/л	1,5	-	-	-	3-5	-
Едкий натр	-	10	60	-	-	-
Сернистый натрий	-	-	1	-	-	-
Кислый сернокислый натрий	-	-	-	20	-	-
Хлористый аммоний	-	-	-	2	-	-
Фтористый аммоний	-	-	-	-	-	2-5

Электролит 1 предназначен для латунирования тонким слоем. В него добавляется также одна из следующих блескообразующих присадок: 0,001-0,01 г/л трехокиси мышьяка, растворенного в едком натре; 0,01 г/л декстрина, растворенного в горячей воде; 0,3-0,5 г/л фенола, растворенного в едком натре; 0,5-1,0 г/л крезол сульфоната натрия. Рабочая температура 22-28 °С, плотность тока 0,1- 0,8 А/дм^2, pH = 10-11,5. Отношение площадей анода и катода от 2 : 1 до 3 : 2.

Электролит 2 предназначен для быстрого латунирования. Рабочая температура 45-55 °С, плотность тока 0,5-6 А/дм^2, pH = 11,5-12,5. Отношение площадей анода и катода 3:1.

С помощью электролита 3 производится белое латунирование. Осажденный слой белой латуни содержит 20-30 % меди и 80-70 % цинка. Он имеет неплохие механические свойства (большую твердость и стойкость к истиранию). Рабочая температура электролита 20-30 °С, плотность тока 1-3 А/дм^2.

Для осаждения специальных томпаковых покрытий (сплавов меди с цинком, содержащих более 80 % меди), которые применяются главным образом как декоративное покрытие предметов, применяется электролит 4. Электролит используется при комнатной температуре. Плотность тока 0,1-0,2 А/дм^2. Отношение площадей анода (из томпака) и катода 2:1.

Электролит 5 универсален. Для нанесения тонких слоев, например, перед никелированием, можно применять разбавленную ванну с сохранением указанных пропорций. Температура ванны 25-35 °С, плотность тока 0,3-0,5 А/дм^3, аноды из латуни. К этому электролиту можно добавлять блескообразователи, такие же, как к электролиту 1.

Широкую популярность в последнее время получило латунирование на блестящий никель. Тонкий слой латуни сохраняет блеск никеля, благодаря чему достигается эффект блестящей латуни.

Электролит 6 применяют для декоративного латунирования с подслоем блестящего никеля при 20-27 °С, плотности тока 2 А/дм^2. Аноды латунные.

В настоящее время для проведения процесса латунирования часто используют электролиты с нецианистыми солями. В частности, перспективным является электролит состава: цинк сернокислый 0,8-1,2 г/л, медь сернокислая 2,4-3,0 г/л, натрий пирофосфорнокислый 45-50 г/л, сода кальцинированная 30-40 г/л, кислота щавелевая 5-10 г/л. Нанесение покрытия производится при комнатной температуре (максимум 30ºС) и плотности тока 0,5-1,0А/м^2.

1.3 Особенности оборудования для нанесения покрытия никель, латунь

При нанесении покрытия никель, латунь используется автоматическая гальваническая линия, позволяющая значительно снизить нагрузки на обслуживающий персонал, при этом значительно повышается точность выполнения технологического регламента в разрезе поддержания параметров процесса.

В связи с тем, что используемые технологические растворы как на основных операциях по нанесению покрытий, так и на подготовительных стадиях имеют крайне агрессивные химические характеристики (высокая концентрация кислот и щелочных компонентов), то всё применяемое оборудование, а также системы вентиляции и коммуникации должны быть изготовлены из коррозионностойких материалов (полипропилена и других полимеров), выдерживающих нагрев до 60 ºС, иметь повышенную прочность или имеющих дополнительные упрочняющие элементы (ребра жесткости).

Особое внимание в связи с наличием токсичных компонентов в технологических растворах следует уделить организации вентиляции как внутрицеховой, так и местной (бортовые отсосы, расположенные на гальванических ваннах). Требования к вентиляции должны содержать указание на ее химическую стойкость к воздействию агрессивных сред. В настоящее время уже существуют полимерные вытяжные системы и системы аспирации.

В целом, оборудование гальванического участка нанесения покрытия никель, латунь должно удовлетворять требованиям ГОСТ по соответствующим позициям, а также соответствовать следующим документам:

– Декларации Соответствия ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования»;

– ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»;

– ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

2 Технологическая часть

2.1 Назначение и выбор гальванического покрытия

2.1.1 Эскиз и ведомость деталей

Покрытие никель, латунь осуществляется на деталь из стали обыкновенного качества Ст.3 Габаритные размеры нашей детали, а также ее масса позволяют отнести ее ко к II группе, т.е. производить нанесение покрытия, промывочных операций и все виды предварительной обработки (электрохимической и химической) на подвесках [18, с.162]. Подвески могут обслуживаться автооператором с использованием автоматической или полуавтоматической линии.

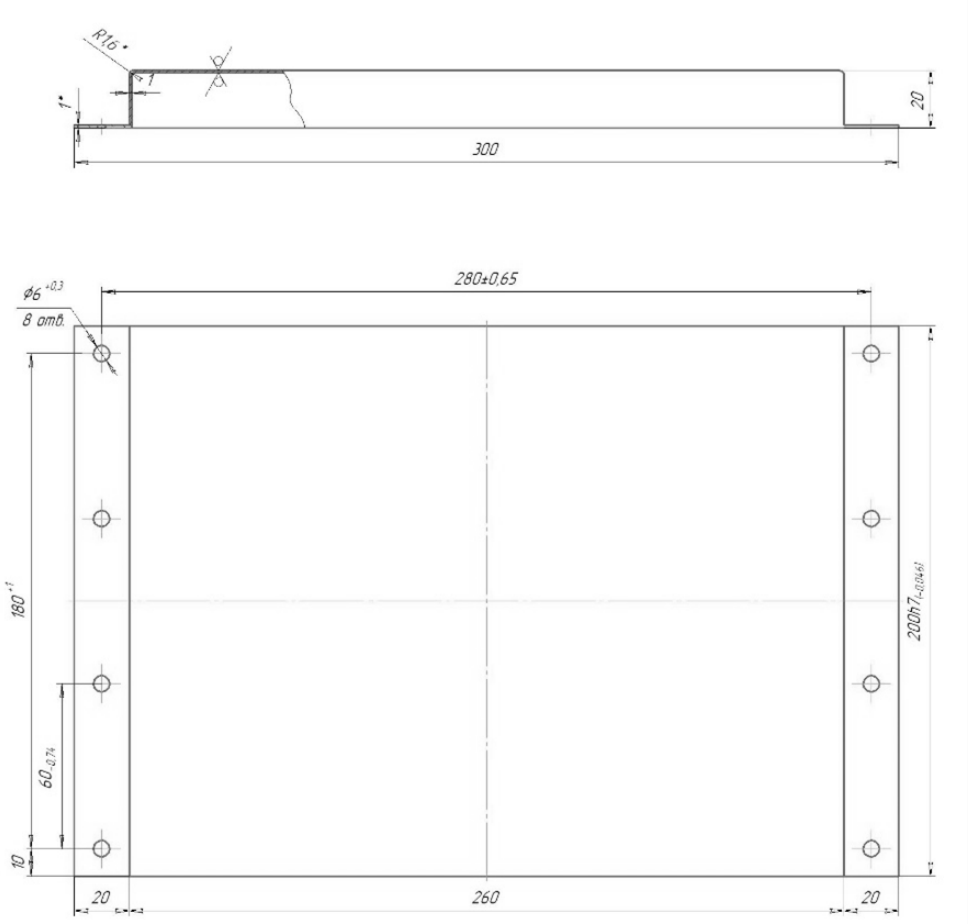


Рисунок 1 –Эскиз детали

Ведомость деталей, подлежащих нанесению покрытий представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Ведомость деталей, подлежащих нанесению покрытия.

Наименование детали	Характеристика деталей			Годовая программа по поверхности, Q, кв.м	Шифр покрытия
	Материал	Габариты, мм	Покрываемая поверхность, кв.м		
Корпус	Ст. 3 ГОСТ 14637-89	300х20	0,136	10000	Н12.М-Ц(70)14

2.1.2 Выбор типа покрытия и толщины исходя из условий эксплуатации

В зависимости от требований, предъявляемых к эксплуатационным характеристикам деталей, различают покрытия:

- защитные (для защиты покрываемого металла от коррозии);
- защитно-декоративные (для защиты покрываемого металла от коррозии и придания декоративного вида);
- декоративные (для придания поверхности покрываемого металла декоративного вида);
- специальные (для придания определённых свойств поверхности покрываемого металла).

Одни и те же покрытия в зависимости от области их применения могут относиться к защитным, защитно-декоративным или специальным.

Согласно условиям эксплуатации и дополнительным требованиям выбрано следующее покрытие: тип покрытия: защитно-декоративное, а также специальное. Покрытие предназначено для обеспечения длительной защиты стального корпуса от коррозии.

2.1.3 Обозначение и шифр покрытия

Покрытия обозначают в зависимости от способа их получения, материала покрытия, признаков, характеризующих их физико-механические и декоративные свойства, а также дополнительной обработки (см. ГОСТ 9.303 - 84).

Материал покрытия, состоящий из сплава, обозначают символами компонентов, входящих в состав сплава, разделяя их знаком тире, и в скобках указывают максимальную долю первого или первого и второго (в случае трёхкомпонентного сплава) компонентов в сплаве, отделяя точкой с запятой.

Виды многослойных покрытий и их обозначения приведены в ГОСТ 9.303-84. Согласно заданию покрытие обозначается: Н12.М-Ц(70)14 - многослойное гальваническое покрытие, состоящее из никелевого слоя толщиной 12 мкм и латунного слоя толщиной 14 мкм с содержанием меди 70 % и цинка 30 %.

2.1.4 Требования, предъявляемые к поверхности детали, и методы получения заданного качества покрытия

Методы контроля качества поступающих в гальванический цех изделий стандартизированы, а сам процесс входного контроля является обязательным для каждой партии изделий.

Качество поверхности определяется двумя основными показателями: шероховатостью и волнистостью.

Шероховатость поверхности является одной из основных геометрических характеристик качества поверхности и оказывает существенное влияние на эксплуатационные показатели.

Волнистость поверхности - совокупность периодически повторяющихся неровностей, которые образуются прежде всего в связи с колебаниями или относительными колебательными движениями в системе станок - инструмент -

изделие. Высота неровностей волнистости и высота шероховатости примерно одинаковые.

Поверхность деталей, изготовленных из горячекатаного металла, должна быть чистой, без травильного шлама, окалины, ржавчины и других загрязнений. Неоднородность проката, закатанная окалина, раковины, поры, расслоения, выявляющиеся после травления, полирования или шлифования, являются основанием для бракования детали, если после контрольной зачистки размеры детали выходят за предельные вследствие дефектов. Детали после гидрообработки не должны иметь травильного шлама, шлака, окалины, ржавчины и заусенцев. Шлифованные и полированные детали должны поступать без забоин, вмятин, раковин, расслоений, прижогов, рисок, трещин, заусенцев, пор и дефектов от рихтовочного инструмента.

Независимо от вида механической обработки и подготовки деталей острые углы и кромки деталей должны быть скруглены или иметь фаски, за исключением технически обоснованных случаев. На изделиях, выполненных газовой и дуговой сваркой, угловые, фасонные, радиусные швы стыковых и нахлесточных соединений выполняют непрерывными без непроваров. Сварные и паянные швы должны быть зачищены и не иметь дефектов, кроме допустимой технической документации на сварку и пайку.

2.1.5 Требования к гальваническому покрытию

К гальваническим покрытиям предъявляются определенные требования, связанные с качеством самого покрытия по ГОСТ 9.301-78, его сцепления с основой и требуемыми физико-химическими или механическими свойствами. Особое внимание уделяется качеству адгезии с материалом-основой ГОСТ 9.302-79.

В глухих узких, гладких и резьбовых отверстиях, каналах и пазах размером менее 12 мм на глубине одной ширины или одного диаметра толщина покрытия не нормируется. Это относится и к сквозным отверстиям (гладким и резьбовым)

диаметром менее 6 мм при глубине более одной ширины или диаметра. На поверхности покрытия не допускаются пригары, вздутия, следы не отмытых солей, пузыри, отслаивание, шелушение, сколы, рыхлость, растрескивание, видимые следы от рук.

Согласно заданию к выбранному гальваническому покрытию предъявляются следующие требования: покрытие должно обладать хорошим сцеплением с металлом основы. Цвет покрытия от светло-желтого до розово-красного. Не является браковочным признаком наплывы металла, не мешающие при сборке и не влияющие на функциональные свойства.

2.2 Технологический процесс

2.2.1 Выбор технологической схемы нанесения покрытий

Выбор технологической схемы нанесения необходимого покрытия на детали определяется многими факторами: видом покрытия; природой металла детали; формой и размерами детали; качеством наружной отделки детали, поступающей на покрытие, и качеством внешнего вида детали после покрытия; экономической целесообразностью выбора этой или иной операции.

При выборе технологического процесса необходимо учитывать новейшие достижения в области гальванотехники.

При разработке технологических процессов нанесения покрытий необходимо руководствоваться основными принципами создания малоотходного и безотходного гальванического производства: применение прогрессивной технологии нанесения покрытий; внедрение малокомпонентных, низкоконцентрированных, низкотемпературных электролитов для нанесения покрытий; создание методов локальной очистки промывных сточных вод и возврат компонентов в производство; создание замкнутой системы водного хозяйства гальванического производства.

При выборе технологических схем нанесения покрытий следует руководствоваться ГОСТ 9.303 - 84, ГОСТ 9.305 - 84, научно-технической литературой и материалами производственных практик.

Выбрав технологическую схему, необходимо провести описание каждой операции, указать ее назначение и обосновать применений того или иного электролита. При описании промывок необходимо указать метод промывки, температурный режим (холодная промывка, горячая и т. п.).

Технологическая схема процесса включает следующие операции:

- приготовление растворов;
- монтаж деталей на подвеску;
- монтаж подвески с деталями на основание подвески;
- обезжиривание электрохимическое. Электрохимическое обезжиривание производится на катоде и аноде в электролите состава:

натр едкий 10 – 20 г/л;

сода кальцинированная 20 – 30 г/л;

тринатрийфосфат 30 – 50 г/л;

стекло натриевое жидкое 3 – 5 г/л;

Обезжиривание электрохимическое ведут при температуре 70 – 90 ^{0}C, плотности тока 2 – 10 А/дм^2. время обезжиривания на катоде 3 – 5 мин., на аноде – 2 – 3 мин.

- промывка горячая проточная; при температуре 60 – 90 ^{0}C, время 0,25 – 0,5 мин
- промывка холодная; при температуре 15 – 25 ^{0}C, время 0,25 – 0,5 мин
- активация; соляной кислотой 50 – 100 г/л, серной кислотой 50 – 100 г/л, температура 15 – 25 ^{0}C, 0,15 – 1 мин
- промывка каскадная, температура 60 – 90 ^{0}C Время 0,25-0,5
- промывка в теплой воде: температура 60 – 90 ^{0}C, время 0,25 – 0,5 мин
- промывка в холодной воде: температура 15 – 25 ^{0}C, время 0,25 – 0,5 мин

- никелирование блестящее. Никелирование блестящее предназначено для нанесения блестящего никелевого покрытия. Никелирование блестящее ведется в электролите состава:

никель сернокислый: 140 – 200 г/л; температура 40 – 50 ^{0}С, плотность тока 1,5 – 3,5 А/дм^2, напряжение 6 – 12 В, время 17,6 мин

никель хлористый 30 – 40 г/л;

магний сернокислый 30 – 50 г/л;

кислота борная 25 – 30 г/л;

Для блестящего никелирования применяются аноды марки НПА1

- улавливание, температура 15 – 25 ^{0}С, время 0,25 – 0,5 мин;
- промывка горячая каскадная, температура 60 – 90 ^{0}С, время 0,25 – 0,5 мин;
- промывка в теплой воде: температура 60 – 90 ^{0}С, время 0,25 – 0,5 мин
- промывка в холодной воде: 15 – 25 ^{0}С, время 0,25 – 0,5 мин
- латунирование. Латунирование применяется для нанесения блестящего латунного покрытия. Оно ведется в электролите состава:

Цинк сернокислый 0,8 – 1,2 г/л; температура 18 – 30 ^{0}С, плотность 0,5 – 1,0 А/дм^2, напряжение 6 – 12 В, время 15 мин

Медь сернокислая: 2,4 – 3 г/л;

Натрий пирофосфорнокислый 45 – 50 г/л.

Сода кальцинированная 30 – 40 г/л.

Кислота щавелевая 5 – 10 г/л.

Латунирование ведется с использованием латунных анодов, Л-72 или Л-76

- промывка горячая каскадная, температура 60 – 90 ^{0}С, время 0,25 – 0,5 мин;
- промывка в теплой воде: температура 60 – 90 ^{0}С, время 0,25 – 0,5 мин
- промывка в холодной воде: 15 – 25 ^{0}С, время 0,25 – 0,5 мин
- сушка;
- сушить до полного высыхания: горячий воздух температура 80 – 100 ^{0}С, время 3 – 15 мин
- демонтаж подвески с основания подвески.

Упаковать детали в бумагу и уложить в тару.

2.2.2 Определение времени обработки детали

Продолжительность электрического осаждения металлов (мин) определяется по формуле:

$$\tau = \frac{\delta \cdot 60 \cdot d}{i_к \cdot q \cdot Вт},$$

где δ – толщина покрытия, см; d – плотность осаждаемого металла, г/см^3; $i_к$ – катодная плотность тока, А/см^2; q – электрохимический эквивалент, г/А ·ч; Вт – выход по току, %.

Продолжительность осаждения из электролита никелирования:

τ = (12·60·8,902)/ (3,5·95·1,095) = 17,6 мин

Продолжительность осаждения из электролита латунирования

(Плотность латуни: $d_л$=(8,94·0,7)+(7,13·0,3)=8,4 г/см^3,

Электрохимический эквивалент латуни $q_{латунь}$=(1,186·0,7)+(1,22·0,3)=1,2 г/А·ч

τ = (14·60·8,4) / (1·90·1,2) = 65,33 мин

Общая продолжительность электролитического осаждения металлов:

τ = 17,6+65,33 = 82,93 мин

С учётом загрузки и выгрузки в ванну время покрытия составляет 86 минут.

Технологическое время для подготовительных, заключительных операций, операций промывки и сушки не рассчитывается, а принимается на основе данных, полученных на практике.

2.2.3 Контроль качества покрытия

2.2.3.1 Требование к внешнему виду покрытия

Требования к внешнему виду покрытия никель, латунь сводятся к определению мелкозернистости покрытия (оно должно ровное и гладкое). При

этом, следует отметить, что шероховатость покрытия сильно зависит от плотности тока, используемой при электроосаждении

На поверхности покрытий, если нет специальных указаний конструкторской документации, не являются браковочными следующие признаки:

- следы механической обработки и другие отклонения, допускаемые нормативно-технической документацией на основной металл;

- темные или светлые полосы пятна в труднодоступных для зачистки отверстиях и пазах, на внутренних поверхностях и вогнутых участках деталей сложной конфигурации, местах сопряжения неразъемных сборочных единиц, в сварных, паяных швах, околошовной зоне и местах снятия плакировочного слоя;

- неравномерность блеска и неоднородность цвета;

- блестящие точки и штрихи, образовавшиеся от соприкосновения с измерительным инструментом и от соударения деталей в барабанах;

- изменение интенсивности цвета или потемнение после нагрева с целью обезводораживания и проверки прочности сцепления, снятия изоляции и пропитки;

- единичные черные точки на участках, предназначенных под заливку компаундами, герметиками, клеями;

- отсутствие покрытия в порах, местах включений, допускаемых нормативно-технической документацией на литье, а также на сварных и паяных швах и около них на расстоянии не более 2 мм; в местах контакта детали с приспособлением, кроме особых случаев, оговоренных в конструкторской документации.

2.2.3.2 Требование к толщине покрытия

Толщина покрытия в ряде случаев имеет одно из определяющих значений при защите изделия от коррозии. Покрытие двухслойное: первый слой - никель, толщиной 12 мкм, второй слой - латунь, толщиной 14 мкм. Общая толщина покрытия - 26 мкм.

Не является браковочным признаком изменение оттенка во внутренних углах, углублениях и отверстиях сложно профилированных деталей. Не допускаются дефекты: шишковатые наросты; непокрытые участки, шероховатость.

2.2.3.3 Требования к контролю качества основного металла и покрытия

Контроль качества основного металла и покрытия проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 9.301-86.

Определение толщины, прочности сцепления, пористости, защитных свойств покрытия проводить в соответствии с ГОСТ 9.302-88.

Карта технологического процесса нанесения покрытия «никель, латунь» на стальную деталь приведена в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

2.3 Основные неполадки в процессе нанесения покрытия никель, латунь

2.3.1 Проблемы, возникающие при нанесении покрытия никель, латунь

Проблемы при нанесении покрытия никелем связаны с особенностями данного металла, а также в связи с необходимостью жесткого поддержания всех параметров технологического процесса в небольших диапазонах возможных колебаний.

Возможные неполадки, а также основные методы их устранения при никелировании представлены в таблице 5

Таблица 5 - Неполадки в работе электролита матового никелирования

№	Наблюдаемые неполадки	Возможные причины	Способы устранения
1	Отслаивание гальванического покрытия от основы	Некачественная подготовка поверхности	Проверить операции предварительной подготовки

№	Наблюдаемые неполадки	Возможные причины	Способы устранения
2	Расслоение покрытия, хрупкие осадки	Металлические загрязнения.	Большую часть металлических включений (кроме Pb, Zn, Cu, Cr) можно удалить при проработке раствора под током.
		Органические примеси.	Обработка раствора активированным углем, проработка под током.
		Продолжительное пребывание изделий в электролите без тока до начала никелирования	Сократить время нахождения в ванне деталей без тока
3	Пригар	Слишком высокая плотность тока	Отрегулировать ток, проверить амперметр
		Слишком низкая солей металла или борной кислоты	Отрегулировать раствор по результатам анализа
		Слишком высокая величина pH	Отрегулировать pH раствора
		Слишком низкая температура	Отрегулировать температура раствора
		Слишком низкая концентрация смачивателя	Добавить смачиватель в раствор
4	Наброс (продольные наросты)	Слишком низкая концентрация компонентов	По результатам анализа откорректировать электролит
		Органические загрязнения	Обработка раствора активированным углем

№	Наблюдаемые неполадки	Возможные причины	Способы устранения
		Загрязнения посторонними металлами, алюминием Насос фильтра подсасывает воздух	Фильтрация через уголь с pH > 5, проработка раствора под током Проверить насос и его работу
5	Шероховатые осадки Питтинг Пористое покрытие	Механические загрязнения в электролите Занос жиров или мыла Слишком высокая величина pH Передозировка блескообразователей	Очистить электролит от путем фильтрации Обработка раствора активированным углем Откорректировать pH Проработка раствора под током, временное снижение pH до 3,5-3,7
6	Темные осадки	Загрязнения посторонними металлами Металлические загрязнения Органические загрязнения	Проработка электролита или его фильтрация через активированный уголь при pH > 5,0 Проработка раствора с низкими плотностями тока Проработка раствора активированным углем
7	Неоднородная плотность осадка	Передозировка блескообразователей Органические загрязнения	Проработка блескообразователей под током 0,1 – 0,2 А/дм^2 Проработка раствора активированным углем

Рекомендуется использовать аноды марок НПА1 имеющих максимально высокое содержание никеля (содержание примесей менее 0,3%). А для снижения шламообразования данный вид анодов после прокатки можно подвергнуть закалке, что оказывает положительное влияние как на размер зерна кристалла, так и на его способности к пассивации.

Для решения вопросов с образованием некачественных покрытий при никелировании и латунировании следует на основании лабораторных исследований провести анализ технологических растворов на наличие примесей и разрушающихся органических блескообразователей, а также контролировать параметры нанесения покрытий в соответствии с технологическими процессами (подробные рекомендации приведены в таблицах 5-6)

При этом, нерабочий электролит никелирования можно восстановить за счет комплексной проработки электролита осуществляемой в 4 этапа.

Примеси меди и цинка удаляются из раствора путем селективной очистки, т. е. проработкой постоянным током (ik = 0,1 - 0,2 А/дм^2) при интенсивном перемешивании. Для этого на катодные штанги завешиваются гофрированные стальные катоды, имеющие большую поверхность, чем плоские катоды. С целью снижения вероятности совместного выделения никеля электролит иногда подкисляют до pH = 3. Проработку проводят до тех пор, пока на катоде не начнет выделяться светлый осадок никеля. Для удаления железа в раствор при рабочем pH вводят пероксид водорода, который окисляет ионы двухвалентного железа до трехвалентного, в результате чего, последние выпадают в осадок в виде $Fe(OH)_3$. Выпавший гидроксид отфильтровывается. Процесс гидратообразования проходит довольно медленно, поэтому после введения окислителя (H_2O_2, $KMnO_4$) фильтрацию следует проводить не ранее, чем через сутки. После фильтрации очищаемого электролита необходимо удалять осадок с фильтровальных чехлов фильтра. Невыполнение этого правила приведёт к обратному растворению гидроксидов железа при последующей фильтрации более кислого электролита.

Органические примеси, вызывающие питтинг и пористость, удаляют путем окисления их пероксидом водорода или перманганатом калия с последующей обработкой активированным углем. При интенсивной эксплуатации ванны никелирования необходимо осуществлять непрерывную фильтрацию электролита, так как залогом качественного никелевого покрытия является чистота электролита, его идеальная прозрачность и соответствие pH норме.

Если загрязнение электролита всё-таки произошло, то очистку следует проводить по следующей схеме: Полная (комплексная) очистка электролита никелирования проводится в несколько этапов.

Первый этап: предварительно перед селективной очисткой проводят очистку электролита от железа путём окисления его до 3-х валентного состояния пероксидом водорода. Для этого в раствор вводят 30 % раствор пероксида водорода из расчёта 1 мл на 1 литр раствора. При рабочем pH ионы 3-х валентного железа гидролизуются и выпадают в осадок в виде $Fe(OH)_3$. Для более полного осаждения железа электролит подщелачивают до pH = 6,0 добавкой кальцинированной соды или углекислого никеля. Электролит интенсивно перемешивают 1–3 часа и дают отстояться. Процесс окисления и гидролиза железа происходит не мгновенно, поэтому фильтрацию необходимо проводить не ранее чем через 8–16 часов после введения пероксида водорода. Это необходимо ещё и для того, чтобы избыток пероксида успел разложиться. Введение в электролит пероксида водорода позволяет совместно с железом произвести очистку от хрома. При наличии шестивалентного хрома пероксид водорода действует на шестивалентный хром не как окислитель, а как восстановитель. При этом сам пероксид водорода, восстанавливая шестивалентный хром, окисляется

Для ускорения процесса желательно электролит подкислить до pH=3. После этого с помощью углекислого никеля доводят pH = 6,0 и ванну прогревают до 70 °C в течение 30 минут для удаления излишка пероксида. Далее ванну фильтруют. При наличии в электролите алюминия, последний при pH = 6,0 будет гидролизоваться и отфильтровываться совместно с железом и восстановленным

хромом. После фильтрации pH электролита доводят до рабочего значения, а при необходимости селективной очистки – до pH ≈ 3. Необходимо отметить, что при обработке раствора пероксидом водорода возможно частичное окисление органических примесей и блескообразующих добавок. Окисление органических примесей желательно, т. к. некоторые органические загрязнения лучше удаляются активированным углем. Окисление добавок нежелательно, поэтому после очистки электролита требуется корректировка по добавкам.

Второй этап: после фильтрации и удаления гидроксидов железа и хрома электролит подкисляют до pH ≈ 3. Подкисление проводится для того, чтобы в процессе дальнейшей селективной очистки от ионов меди и цинка выход по току никеля на гофрированном катоде был как можно ниже, что необходимо для снижения потерь никеля при очистке. Подкисление практически никак не повлияет на выход по току меди и цинка так как и тот и другой металл выделяются на катоде из кислых растворов с довольно высоким выходом по току. Плотность тока выбирается в зависимости от степени загрязнения электролита и, как правило, не превышает 0,1 - 0,2 А/дм^2. Увеличение плотности тока не приводит к увеличению скорости очистки, т. к. скорость осаждения примесей на катоде, из-за их малой концентрации, зависит только от скорости подвода ионов примеси к катоду. Поэтому, для увеличения скорости очистки необходимо создавать условия для более быстрого подвода ионов примеси из глубины раствора к поверхности катода (интенсивное перемешивание, нагрев, увеличение поверхности катода). Для увеличения поверхности катод делают гофрированным (гармошкой). Желательно гофры делать более крупные, с таким расчётом, чтобы по ширине гофрированный катод занимал как можно больше пространства между анодами. Угол перегиба нужно сделать не менее 90 градусов. При такой конструкции катода он будет напоминать катод в ячейке Хулла. На выступающих частях катода (ближних к аноду) плотность тока будет наибольшей и здесь может быть достигнут потенциал восстановления всех примесей, включая потенциал электроотрицательного цинка. Во впадинах плотность тока минимальна – там

возможно восстановление только ионов меди. Первоначально на гофрированном катоде осадок имеет грязно серый цвет и содержит большое количество примесей. По мере очистки электролита осадок светлеет. Процесс очистки нужно проводить до получения светлых осадков на всей поверхности гофрированного катода. В зависимости от степени загрязненности электролита очистка может длиться от нескольких часов до нескольких суток. Перемешивание обязательно!

Третий этап: после окончания селективной очистки pH электролита необходимо довести до нормы. Подщелачивание электролита растворами щелочей сопряжено с опасностью выпадения гидроксидов никеля и их потерей при последующем фильтровании. Лучше подщелачивание проводить углекислым никелем или кальцинированной содой. Для снижения гидратообразования раствор нужно вливать тонкой струйкой при интенсивном перемешивании. Тем не менее даже при таком способе подщелачивания электролита вероятность гидратообразования не исключается и раствор может потерять свою прозрачность. Нужно помнить, что при последующей выдержке электролита образовавшиеся гидроксиды частично растворяются, что приведёт к увеличению pH. Поэтому в случае помутнения раствора в процессе подщелачивания необходимо заканчивать подщелачивание до значения pH на 0,1÷0,2 единицы меньше оптимального значения, т. е. при pH ≈ 4,1. Растворение выпадающих гидроксидов никеля в очень малом избытке кислоты происходит очень медленно, поэтому перед фильтрацией необходимо выдержать электролит в течение нескольких часов. Иногда для того, чтобы снять проблемы, связанные с доведение pH раствора, перед селективной очисткой раствор не подкисляют, но в этом случае потеря никеля за счёт соосаждения его на гофрированном катоде совместно с примесями неизбежна.

Четвёртый этап: Очистка электролита от органических примесей. Проводится путём обработки активированным углем. Обработку лучше проводить в отдельной ванне, так как рабочую ванну потом очень трудно отмыть от мелкой угольной пыли. Обычно электролит перекачивают в запасную ванну

через фильтр с насосанным активированным углем на фильтрующую поверхность фильтровальной установки.

Возможные неполадки при нанесении покрытия латунью приведены в таблице 6

Таблица 6– Неполадки при нанесении покрытия латунью

Неполадки	Причины неполадок	Способ устранения
Осадок латуни образуется медленно, бурное газообразование, аноды остаются блестящими	Низкая концентрация меди и цинка в электролите	Провести корректировку ванны латунирования по ионам металлов
Покрытие шероховатое	Высокая плотность тока Наличие механических примесей	Снизить плотность тока Отфильтровать электролит
Плохое сцепление покрытия	Плохая подготовка перед покрытием.	Улучшить подготовку деталей.
Осадок имеет ярко-красный цвет	Повышенное содержание меди	Добавить комплексную цинковую соль
Пятнистость покрытия	Плохая промывка дета лей	Улучшить качество промывки

Восстановление электролитов латунирования производится путем проработки с подбором оптимальных плотностей тока в зависимости от вида загрязнителей, а также путем проведения корректировки электролита.

Недоброкачественные никелевые и латунные покрытия удаляют со стальных деталей электрохимическим и химическим растворением в растворах следующего состава:

Состав 1

- кислота серная техническая (пл. 1,82-1,84) 45-55 г/л
- ангидрид хромовый технический 450-550 г/л

температура 15-35 ^{0}C

скорость растворения 50 мкм/ч

Состав 2

- кислота серная техническая (пл. 1,82-1,84) 1-2 г/л
- ангидрид хромовый технический 100-150 г/л

температура 15-35 ^{0}C

анодная плотность тока 5-10 А/дм^2

катоды свинцовые

Состав 3

- натрий азотнокислый технический 300-350 г/л

температура 20-25 ^{0}C

анодная плотность тока 5-7 А/дм^2

Для стальных деталей с твердостью 27-43 HRC допускается повторное покрытие не более 2 раз, с твердостью более 43 HRC – не более 1 раза. Для деталей, изготовленных из других металлов и сплавов покрытие производить не более 2 раз.

Наиболее важным для получения качественных покрытий «никель, латунь» и снижения вероятности брака является внимательное отношение к соблюдению технологического регламента. Культура производства является залогом качества работ. Так как наиболее частой причиной брака является «человеческий фактор», связанный с невниманием или халатным отношением к обязанностям, то работа с персоналом должна вестись на систематической основе.

Необходимо мотивировать коллектив (материальными и нематериальными факторами) к повышению культуры производства. Зависимость премиальных и иных выплат от качества проведенной работы всего коллектива (бригады) должна прослеживаться как от качества продукции, так и от количества изготовленных изделий. Мотивация должна быть коллективной, чтобы сами работники контролировали действия друг друга и пресекали неправомерные действия или бездействия на рабочих местах.

Кроме того, повышение культуры производства должно дополняться созданием максимально безопасных условий труда, что для гальванотехники является крайне актуальным в связи с широким использованием опасных и вредных веществ. В данном случае должна работать система наставничества и действовать мотивация по принципу «Работать безопасно-выгодно!». Нанесение двухслойного покрытия крайне сложный и многоэтапный процесс. поэтому роль специалиста-гальваника здесь крайне важна. А с целью оптимизации параметров его труда, а также повышения точности соблюдения технологических параметров рекомендуется автоматизация технологического процесса. вплоть до использования полностью автономных гальванических линий.

2.3.2 Приготовление и корректировка электролитов

Приготовление и корректировка электролита никелирования следующего состава:

- никель сернокислый 140-200 г/л;
- никель хлористый 30-40 г/л;
- кислота борная 25-30 г/л;
- магний сернокислый 30-50 мл/л;

Приготовление раствора: В чистой емкости, заполненной подогретой до 50 ^{0}C дистиллированной водой, растворить расчетное количество солей никеля при перемешивании и ввести в основную ванну. Растворить в отдельной чистой

емкости в подогретой дистиллированной воде борную кислоту и залить в основную ванну. Проверить химический состав и pH. Откорректировать. После составления включить барботаж, нагрев и фильтрацию угольным картриджем. Фильтровать раствор от 6 до 12 часов. Затем сменить картридж на полипропиленовый. Добавить в ванну необходимое количество небольшими порциями раствор сернокислого магния, перемешать.

В основную ванну завесить никелевые аноды, помещенные в титановые корзины, корзины должны быть помещены в чехлы из хлориновой ткани. Ванну довести до уровня дистиллированной водой. Включить систему нагрева, перемешивания, фильтрации.

Корректирование раствора:

Процесс никелирования стальных деталей требует периодической добавки никеля сернокислого, никеля хлористого, борной кислоты. Не допускать понижения температуры раствора ниже $35^{0}C$ во избежание выпадения в осадок борной кислоты.

Приготовление электролита латунирования состава:

- цинк сернокислый 0,8 – 1,2 г/л;
- медь сернокислая: 2,4 – 3 г/л;
-натрий пирофосфорнокислый 45 – 50 г/л;
-сода кальцинированная 30 – 40 г/л;
- кислота щавелевая 5 – 10 г/л.

При приготовление электролита расчетные количества меди сернокислой, цинка сернокислого, натрия пирофосфорнокислого, соды кальцинированной, растворить в небольших количествах воды по отдельности.

Раствор меди сернокислой небольшими порциями добавить в раствор, пирофосфата калия при помешивании (выпадающий белый осадок должен раствориться в избытке пирофосфата калия). Затем влить раствор цинка сернокислого, раствор перемешать, ввести соду кальцинированную и щавелевую

кислоту, перемешать, довести объём до рабочего уровня водой. Снова перемешать, сдать на анализ. Фильтрацию электролита производить по необходимости, но не реже 1 раза в 2 недели. Допускается использовать фильтр любого типа, обеспечивающий качественную фильтрацию электролита. Корректирование электролита производится 1 раз в неделю по результатам химического анализа по компонентам. Кислотность электролита корректируется добавкой щавелевой или ортофосфорной кислоты или раствора едкого натрия.

Очистка электролита от органических примесей:

-добавить в ванну 2-3 мл/л перекиси водорода, перемешать раствор и оставить на 10-12часов;

-добавить активированный уголь, помещенный в мешки из пористой ткани, из расчета 3г/л на 2 часа. Электролит периодически перемешивать не менее 3-4 раз;

-электролит отфильтровать через ткань, фильтровальную бумагу и активированный уголь.

2.3.3 Анализ электролита

В процессе работы определяют содержание составляющих электролита, примеси и величину pH.

Определение содержания никеля (объемный трилонометрический метод). Метод основан титровании никеля трилоном Б в аммиачной среде в присутствии мурексида или сульфарсазена. Никель образует с трилоном Б растворимый комплекс. Мурексид в эквивалентной точке изменяет окраску раствора от желтой до красно-фиолетовой.

Растворы и реактивы:

- аммиак водный, по ГОСТ 3760-79;
- мурексид, по ТУ 6-09-1657-72;
- никель металлический, по ГОСТ 10994-74;

- кислота азотная, по ГОСТ 701-89;

- кислота серная, по ГОСТ 4204-77;

- стандартный раствор никеля;

- трилон Б, по ГОСТ 10652-73, 0,1н раствора (титр установить по стандартному раствору никеля).

Выполнение анализа:

В коническую колбу вместимостью 250 $см^3$ отобрать 1 $см^3$ электролита, прилить 100 $см^3$ дистиллированной воды, 10 $см^3$ аммиака, прибавить 0,2-0,3 г и титровать полученный раствор 0,1н раствором трилона Б до малиново-фиолетового окрашивания.

Содержание никеля в (X_{Ni}) в $г/дм^3$ рассчитывать по формуле:

$$X_{Ni} = a * T * k * 1000 / m, \quad (3)$$

где а - количество 0,1н раствора трилона Б, израсходованное на титрование, $см^3$; Т – титр 0,1н раствора трилона Б по никелю (теоретический титр 0,002935 $г/см^3$); к – поправочный коэффициент к нормальности раствора трилона Б; m – объем электролита, взятый для анализа, $см^3$.

Определение меди сернокислой (Объемный йодометрический метод).

Метод основан на восстановлении двухвалентной меди до одновалентной йодистым калием. При этом выделяется труднорастворимая йодистая медь и йод, в количестве, эквивалентном содержанию меди:

$$2CuS0_4 + 4KJ = Cu_2J_2 + 2K_2SO_4 + J_2$$

Выделившийся йод титруют раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала:

$$J_2 + 2Na_2S_2O_3 = 2NaJ + Na_2S_4O_6$$

Конец реакции определяется исчезновением синей окраски раствора.

Реактивы и растворы:

- серная кислота, концентрированная;

- калий йодистый, соль;

-тиосульфат натрия, (серноватистокислый натрий) 0,1Н;

- крахмал, 0,5%-ный водный раствор.

Выполнение анализа:

В коническую колбу объемом 250 $см^3$ отбирают 2$см^3$ электролита, разбавляют дистиллированной водой до 100 $см^3$, затем добавляют 3-5 $см^3$ концентрированной серной кислоты, 2-3 г калия йодистого. Колбу закрывают крышкой и ставят на 5 минут в темное место, затем титруют выделившийся йод 0,1 Н раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала, до исчезновения синей окраски раствора.

Содержание меди сернокислой ($X_{CuSO4*5H2O}$) в г/$дм^3$ определяют по формуле:

$$X_{CuSO4*5H2O} = V * 0,006354 * k * 3,93 * 1000 / n, \quad (2)$$

где V – объем 0,1Н раствора тиосульфата натрия, пошедшее на титрование, $см^3$; 0,006354 - теоретический титр 0,1 Н раствора тиосульфата натрия по меди, г/$см^3$; k - поправочный коэффициент к нормальности раствора тиосульфата натрия; 3,93 - коэффициент пересчета с меди на медь сернокислую; n - количество электролита, взятое на анализ, $см^3$.

Определение сернокислого цинка (объемный трилонометрический метод).

Сущность метода состоит в том, что на титрование ионов цинка трилоном-Б в присутствии хрома черного Т в качестве индикатора. Цинк образует с трилоном-Б в слабощелочной среде (pH=10) устойчивый, бесцветный, растворимый в воде комплекс. В эквивалентной точке наблюдается изменение фиолетовой окраски растворов в синюю. Олово окисляют перекисью водорода и связывают в комплексе виннокислым натрием.

Реактивы и растворы:

-буферный раствор: 54г хлористого аммония растворяют в 200мл воды, перемешивают 350мл 25%-ного раствор аммиака, доливают водой до одного литра и перемешивают.

-натрий виннокислый, насыщенный раствор.

-перекись водорода, 30%-ный раствор.

-трилон-Б 0,1 Н. раствор.

Ход анализа.

В коническую колбу емкостью 250мл отбирают 5мл анализируемого электролита, приливают 100мл воды, 10 капель 30%-ного раствора перекиси водорода и кипятят раствор в течение 10 минут. Затем раствор охлаждают до комнатной температуры, приливают 25мл насыщенного раствора виннокислого натрия, через 5-10 минут приливают 20мл буферного раствора, добавляют 0,5г хромогена черного и титруют 0,1 Н. раствор трилона-Б до перехода окраски раствора из винокрасного в синюю.

Содержание сернокислого цинка в электролите рассчитывают по формуле:

$H = (a \cdot T \cdot к \cdot 4{,}40 \cdot 1000)/n$, г/л

где Н – содержание сернокислого цинка, г/л;

а – количество 0,1 Н. раствора трилона-Б, израсходованное на титрование, мл;

Т – титр 0,1 раствора трилона-Б, г/мл;

К – поправочный коэффициент на титр;

n – количество анализируемого электролита, мл.

Определение пирофосфатного натрия (объемный ацидиметрический метод).

Сущность метода.

Метод основа на титровании пирофосфорнокислого натрия раствором кислоты в присутствии смешанного индикатора:

$$Na_4P_2O_7 + 2HCL = Na_2H_2P_2O_7 + 2NaCl$$

При титровании пробы, кислотный пирофосфатный комплекс цинка разрушается и цинк удаляется из сферы реакции в виде осадка пирофосфатнокислого цинка по реакции:

$$2Na_6Zn(P_2O_7)_2 \rightarrow Zn_2P_2O_7\downarrow + 3Na_4P_2O_7$$

Выделившийся четырех замещенный пирофосфат натрия титруют до двузамещенного по реакции:

$$Na_4P_2O_7 + 2HCL = Na_2H_2P_2O_7 + 2NaCl$$

При расчете общего количества пирофосфорного натрия учитывают количество пирофосфата, связанного с цинком и медью.

Реактивы и раствора:

- соляная кислота, 0,1 Н. раствор.

- смешанный индикатор.

- бромфеноловый синий (индикатор), 0,1г.

Ход анализа.

В коническую колбу емкостью 250мл отбирают 5мл анализируемого электролита, приливают 50-70мл воды, несколько капель смешанного индикатора и титруют 0,1 Н. раствором соляной кислоты, до перехода окрашенного раствора из зеленой в фиолетовую. Содержание общего количества пирофосфорнокислого натрия в электролите рассчитывают по формуле:

$$H = (a \cdot T \cdot к \cdot 1000)/n + (H_1 \cdot 0{,}775 + H_2 \cdot 1{,}035), г/л$$

где H_1 – количество сернокислого цинка, г/л;

H_2 – количество сернокислого олова, г/л;

0,775 – коэффициент пересчета с сернокислого цинка на сернокислую медь;

1,035 – коэффициент пересчета с сернокислой меди на натрий пирофосфатнокислый.

Контроль pH производят потенциометрическим методом с использованием прибора MEYERTEC MT22-R-потенциометр (допустимы аналоги) или с использованием прибора pH метр - иономер рх-150МИ (рисунок 2).

Рисунок 2 – pH метр-иономер

3 Оборудование гальванического цеха

3.1 Назначение, принцип действия и устройство существующего оборудования

Оборудование гальванического цеха принято классифицировать по характеру использования, т.е. основное, вспомогательное, резервное. Основное технологическое оборудование выполняет функцию по формированию гальванического покрытия, т.е. участвует в выполнении прямых функций по подготовке поверхности и проведению электролиза. В категорию основного оборудования входят гальванические ванны, предназначенные для проведения подготовительных операций (шлифование, обезжиривание, травление и т.д.), а также электролизные ванны, снабженные соответствующим оборудованием и приспособлениями. Как правило, основное оборудование четко прописано в требованиях к технологическому процессу.

Для вспомогательного оборудования также существуют определенные требования, прописанные в нормативно-правовой документации. Данный вид оборудования выбирается исходя из данных основного технологического оснащения. Цель применения вспомогательного оборудования-обеспечение работы основного технологического оборудования.

Для гибких автоматических гальванических линий важным принципом является возможность перенастройки производства под конкретный вид покрытия или заданную производительность, поэтому, существуют ГОСТы по основному оборудования, определяющие его основные типы и размеры.

Кроме того, гальваническое производство отличается жесткими требованиями к необходимости поддержания заданных параметров технологического процесса (температура, pH, плотность тока и т.д.) в связи с чем применяется соответствующее оборудование по поддержанию и анализу данных показателей.

Нагреватели с сопротивлением.

Работа нагревательных устройств контролируется с помощью термодатчиков, которые отслеживают текущую температуру электролита и передают данные на систему управления. На основе этих данных автоматически регулируется мощность нагревателя, что позволяет поддерживать установленный температурный режим.

Температура существенно влияет на скорость электрохимических реакций. При повышении температуры увеличивается кинетическая энергия молекул, что приводит к более активному взаимодействию между ионами металла и электроном, создаваемым электрическим током. При этом может увеличиваться скорость осаждения, наблюдаются изменения в качестве покрытия и его составе.

Автооператоры - устройства, служащие для перемещения деталей по линии.

Автооператоры — это автоматизированные подъёмно-транспортные средства, которые используются для автоматизации регулярно повторяющихся перемещений деталей в производственных линиях различного назначения.

Некоторые виды автооператоров для производственных линий:

Подвесной автооператор (рисунок 3) перемещает приспособления с обрабатываемыми деталями по транспортным путям, расположенным сверху над ваннами. Производятся подвесные автооператоры двух типов: ножничный и тележечный:

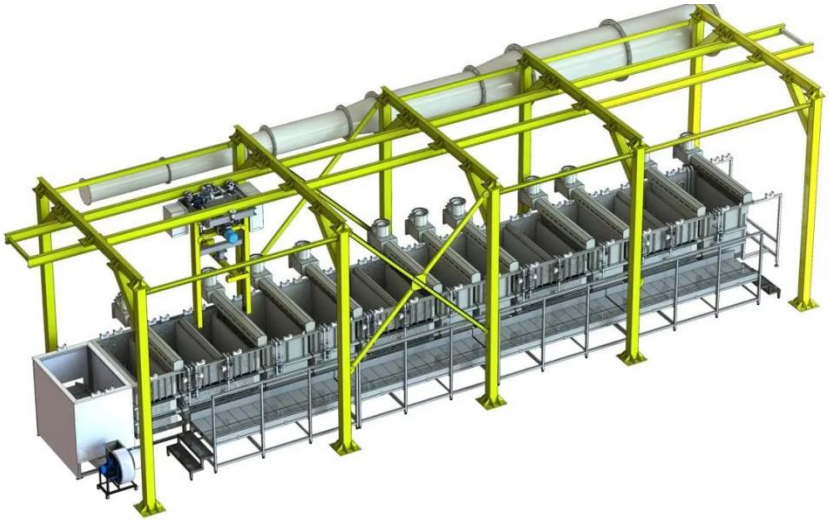


Рисунок 3– Автооператор подвесной

Гальванические ванны–необходимое основное оборудование линии, в котором производятся непосредственные процессы по подготовке и нанесению покрытия.

Ванны из полипропилена. Полипропилен - наиболее перспективный материал, обладающий высокой химической стойкостью, износостойкостью, термостойкостью (до 130 °С без механических нагрузок), высоким сопротивлением ударным нагрузкам, удовлетворительной механической прочностью, низким водопоглощением, низкой водо- и паропроницаемостью, высокими диэлектрическими свойствами. Полипропилен устойчив к воздействию водных растворов неорганических соединений (солей) и к воздействию почти всех кислот и щелочей, даже при высокой их концентрации и температуре выше 60 °С.

Линия нанесения покрытия никель, латунь включает в себя следующий перечень позиций:

- устройство загрузки выгрузки;
- ванна электрохимического обезжиривания;
- ванны промывки горячей и холодной водой;
- ванна активации;
- ванна каскадной промывки;
- ванны никелирования;
- ванна улавливания;
- ванны промывки горячей и холодной водой;
- ванна латунирования;
- сушильная камера.

Ванна электрохимического обезжиривания предназначена для обезжиривания поверхности металлических деталей в щелочном растворе от органических минеральных жиров и масел, путем пропускания постоянного электрического тока.

Ванны электрохимического обезжиривания деталей используют в гальванических линиях для подготовки поверхности перед нанесением гальванического покрытия.

Ванны электрохимического обезжиривания изготавливаются из полипропилена РР ГОСТ 26996-86.

Выдерживают температуру эксплуатации до +100 °С

Фланцы присоединительных патрубков ванны электрохимического обезжиривания соответствуют ГОСТ 12820-80 и выполнены из полипропилена РР.

Рисунок 4 - Ванна обезжиривания

Ванны промывки — это емкость, в которых происходят промывки деталей от рабочих растворов и электролитов. Для достижения качественного покрытия промывка деталей осуществляется после каждой операции. Каскадная промывка— это процесс промывки деталей от рабочих растворов и электролитов в нескольких последовательно соединённых ёмкостях (каскадах).

Применение ванн двухкаскадной промывки позволяет значительно сократить расход воды на промывку.

Внутри емкости могут быть размещены узлы нагрева. В процессе нагрева, для достижения и поддержания заданной температуры, нагреватели автоматически включаются и отключатся согласно управляющему сигналу регулятора.

Снаружи емкость усилена профильным каркасом из углеродистой стали.

Рисунок 5 - Ванна промывки

Ванна никелирования — это емкость, в которой происходит процесс нанесения никелевого покрытия на металлические изделия.

В данном процессе никель также выступает и как самостоятельное покрытие и как подслой. В технологическом процессе предусмотрено 2 ванны никелирования.

Ванна никелирования может быть оснащена дополнительным оборудованием:

- механизм качения катодных штанг.
- фильтровальная установка. Непрерывная фильтрация электролита препятствует осаждению металлических примесей в процессе электролиза;
- станция контроля pH.

Рисунок 6 – Ванна никелирования

Ванна латунирования предназначена для нанесения медно-цинкового слоя на защищаемые изделия для придания им необходимых свойств.

Ванну изготавливают из химически стойких материалов, способных выдерживать воздействие агрессивных электролитов и высоких температур. Наиболее распространены ванны из полипропилена, поливинилхлорида (ПВХ) и стали, футерованной химически стойкими материалами.

Некоторые элементы конструкции:

- Корпус — прямоугольная сварная конструкция, чаще всего из стали или титана. Корпус должен быть герметичен.
- Электроды: объект, который требуется покрыть, выступает в роли катода, металл для покрытия — анод.
- Электролитический раствор — среда, содержащая металлические ионы, которые будут наноситься на катод.
- Токопроводящий узел.
- Системы перемешивания и нагрева раствора.

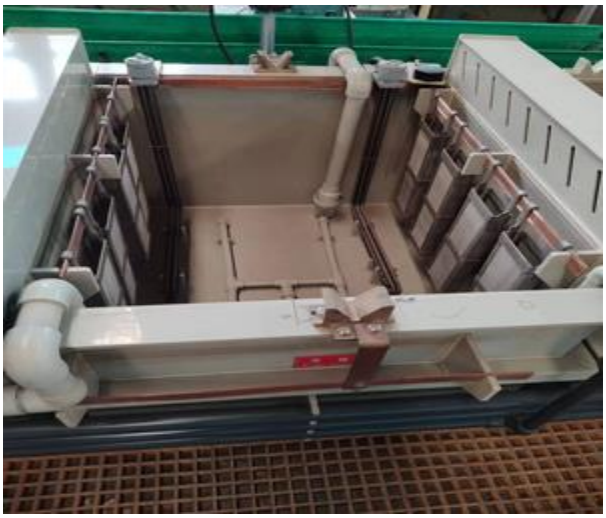


Рисунок 7 – Ванна латунирования

Ванны активации - являются подготовительными перед последующим нанесением покрытий металлами. Как правило, активация проводится в растворах сильных кислот и служит для активации поверхности и снятия оксидных пленок.

Ванна активации — это ёмкость в гальваническом производстве, в которой происходит процесс подготовки детали перед нанесением покрытия, направленный на удаление тонких оксидных плёнок. Эта операция обеспечивает более прочное и качественное сцепление металлического покрытия.

Рисунок 8 – Ванна активации

В независимости от условий эксплуатации ванна должна отвечать нескольким требованиям:

– Прочность и герметичность. На швы и стенки заполненной емкости оказывается высокое гидростатическое давление. Поэтому гальванические ванны должны выдерживать рассчитанные технологом нагрузки.

– Возможность поддерживать заданные параметры процесса. Гальванизация может протекать при постоянном помешивании и подогреве. Важно, чтобы к емкости можно было монтировать дополнительное оборудование, подключать ее к уже работающим группам изделий или осуществлять процессы в автономном режиме.

– Химическая устойчивость. В состав электролитов входят агрессивные химические соединения, некоторые процессы протекают при повышенных температурах. Материал емкостей не должен вступать в химические реакции с электролитами.

– Удобство использования и универсальность. В зависимости от условий применения и технологической необходимости должна быть возможность быстро менять первоначальное назначение емкости.

В зависимости от характера перекачиваемого электролита применяют насосы в коррозионностойком исполнении. Для гальванического производства в России изготавливаются насосы следующих типов: Х – центробежные для

химических производств с горизонтальным подводом жидкости по оси насоса, центробежные погружные насосы ХП, насосы-дозаторы НД.

Насосы-дозаторы НД – одноплунжерные горизонтальные насосы простого действия с подачей, регулируемой вручную при остановленном электродвигателе. Насосы-дозаторы применяют для объёмного напорного дозирования нейтральных и агрессивных жидкостей, эмульсий и суспензий с концентрацией неабразивной твёрдой фазы до 10 % по массе при температуре до 200 °С.

Рисунок 9– Насос -дозатор НД 2,5 40/60

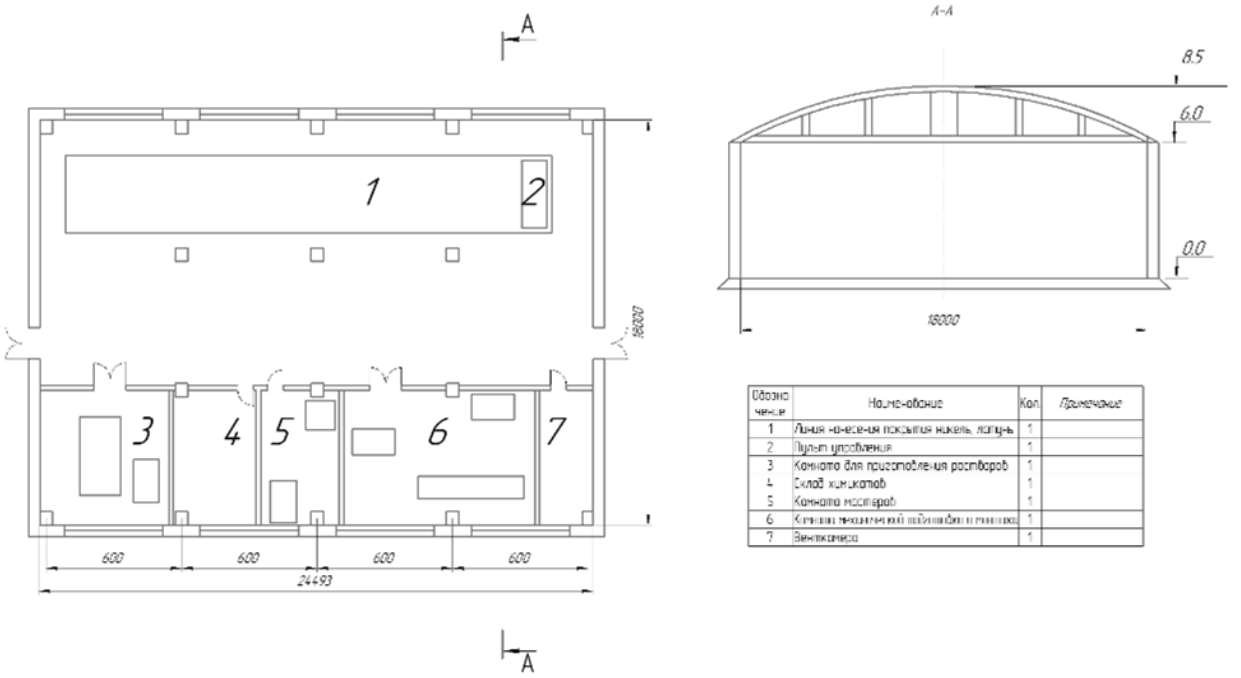
В гальванических цехах эти насосы применяют для выполнения корректировочных работ по подаче кислых и щелочных растворов. После окончания перекачки жидкостей, склонных к выделению солей и кристаллизации, необходимо промыть насос, что предупреждает преждевременный износ плунжера и уплотнения. Производительность таких насосов 0,6-2,5 $м^3$/ч, максимальное давление нагнетания 1 МПа.

3.2 Возможная модернизация оборудования

Модернизация оборудования гальванического производства связана с необходимостью замены ручного труда и четкого проведения технологического процесса в соответствии с регламентом. В этом случае гальванические производства следуют по пути полной автоматизации с использование внешних управляющих систем. В настоящее время данные технические решения уже имеются, и производители гальванического оборудования их могут предоставить. В данном случае все операции, осуществляемые на гальванической линии, производятся в автоматическом режиме, а задача оператора – наблюдение и корректировка в случае необходимости. Управление осуществляется через производственный компьютер и многочисленные контроллеры. Однако, сам процесс завеса и разгрузки деталей, установки анодов и т.д. производится в ручном режиме. Дальнейшее развитие гальванотехники должно привести к полной автоматизации процессов и созданию «цехов без людей». Данная концепция развития позволит не только повысить точность выполнения технологических операций и снизит риск брака, но и сократит число рабочих мест с вредными и опасными производственными факторами.

3.3 Компоновка гальванической линии на участке

Линия никель, латунь является одной из двух гальванических линий в цехе (рисунок 10). Кроме того, сам цех имеет помещения для размещения заготовок, деталей, инструмента, кладовую химикатов.



Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
1	Линия нанесения покрытия никель, латунь	1	
2	Пульт управления	1	
3	Комната для приготовления растворов	1	
4	Склад химикатов	1	
5	Комната мастеров	1	
6	Комната механической шлифовки и полировки	1	
7	Венткамера	1	

Рисунок 10 – Линия никель, латунь в общей структуре цеха

Кроме того, имеются все необходимые санитарно-гигиенические условия для работников в соответствии с требованиями законодательства в области охраны труда.

Компоновка гальванической линии имеет важное значение, так как должна обеспечивать беспрепятственное обслуживание всего оборудования и при этом должны соблюдаться нормативы по размещению оборудования, противопожарные расстояния и другие законодательно закрепленные требования

Автооператорная линия содержит все основные и вспомогательные технологические ванны. сушку, монтажный стол для выгрузки деталей.

4 Конструкторские расчеты

4.1 Анализ исходных данных

В данной работе рассматривается участок для нанесения покрытия никель, латунь. При этом, нам задана производительности автоматической гальванической линии – 10000 м^2/год и деталь «корпус»

Шифр покрытия в соответствии с ГОСТ 9.306-85 и ГОСТ Р ИСО 4042-2009 Н12.М – Ц(70)14, означает двухслойное: первый слой - никель, толщиной 12 мкм, второй слой - латунь, толщиной 14 мкм. Общая толщина покрытия - 26 мкм.

На основании исходных данных произведем конструкционные расчета основного оборудования и всей автоматической линии в целом.

4.2 Выбор автооператорной линии

4.2.1 Назначение автоооператорной линии

Автооператорная гальваническая линии предназначена для осуществления процесса нанесения покрытий никель, латунь на стальную деталь. Наличие автооператора позволяет сократить количество операций, производимых в ручном режиме и повысить производительность линии. Кроме того, точное позиционирование автооператора и соблюдение технологических параметров позволяет минимизировать процент брака (рисунок 11).

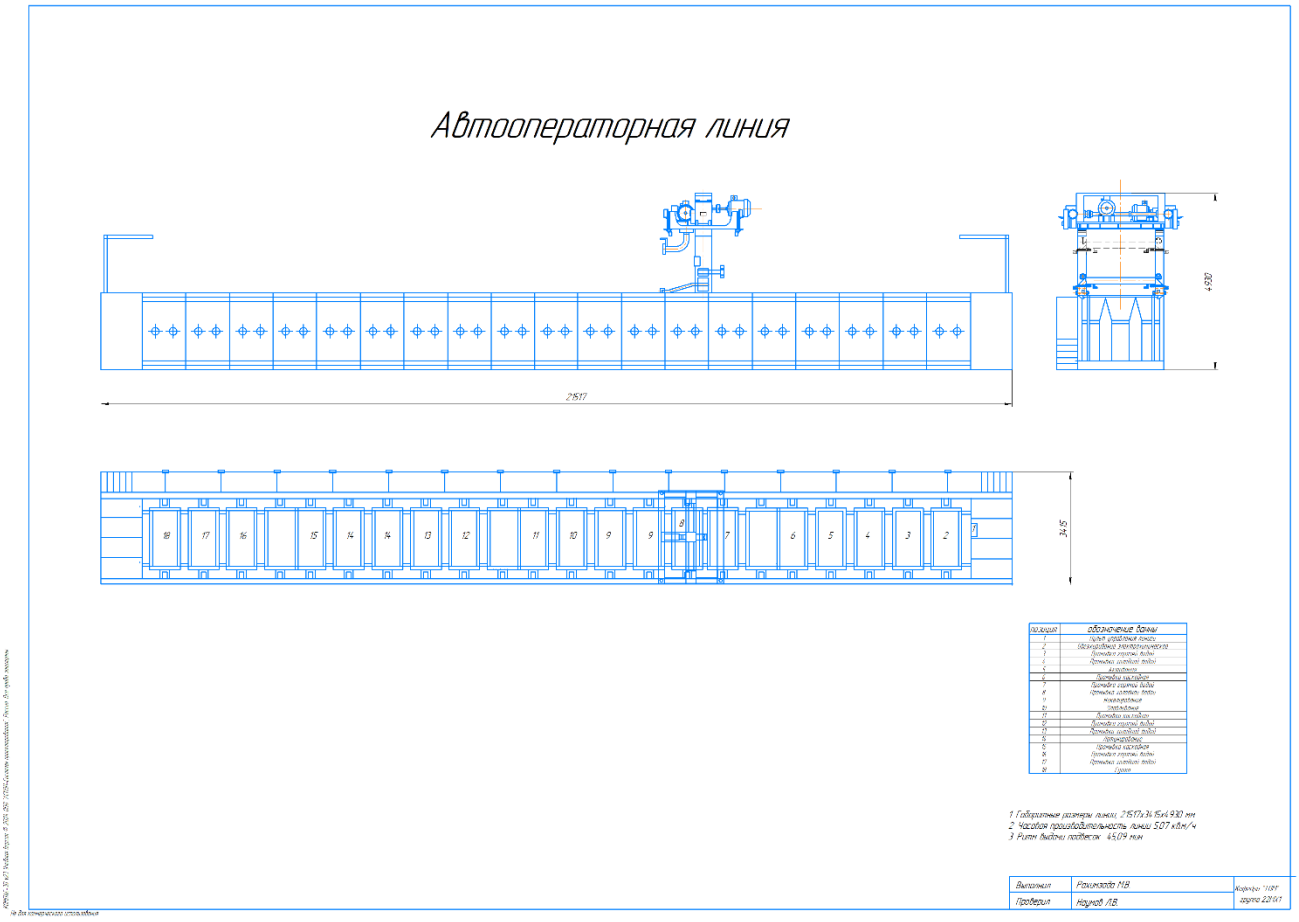


Рисунок 11-Автооператорная линия нанесения покрытия никель, латунь

Автооператорная линия располагается на эстакаде и состоит из основного и вспомогательного оборудования по нанесению покрытия никелем и латунью, при этом кроме гальванических ванн основных и подготовительных операций имеется оборудование для осуществления сушки деталей и их монтажа-демонтажа на подвески.

Автооператорная линия обслуживается при заданной производительности одним автооператором.

4.2.2 Возможности автооператорной линии

На автооператорных линиях можно осуществлять:

а) различные технологические процессы (электрохимические, химические);

б) несколько технологических процессов одновременно;

в) варьировать последовательность и длительность технологических операций;

г) нанесение покрытий с производительностью от 1 до 200 кв. м/час;

д) обработку изделий с размерами от мм до нескольких метров;

е) обработку изделий на подвесках, в барабанах, корзинах или комбинированно.

4.2.3 Комплектация автооператорной линии

Автооператорная линия в общем виде содержит: ванны; автооператоры (манипуляторы); сушильную камеру; загрузочно-разгрузочные устройства; систему вентиляции; систему трубопроводов; площадку обслуживания; вспомогательное оборудование.

4.2.4 Компоновка автооператорной линии

Компоновка гальванической автооператорной линии должна отвечать требованиям безопасности, рациональности использования пространства и доступности обслуживания.

Ванны с расположенными между ними вентиляционными отсосами расставляют длинной стороной перпендикулярно к оси линии. Все коммуникации с запорной и регулирующей арматурой (трубопроводы воды, пара, сжатого воздуха, канализация) как правило, размещают сбоку ванн под площадкой обслуживания линии.

Широкие функциональные возможности автооператоров (движение в прямом и обратном направлениях; передача обрабатываемого груза в поперечном направлении; перемещение по радиусу и др.) создали предпосылки для большого

разнообразия компоновок автооператорных линий: однорядная прямолинейная; однорядная криволинейная; двухрядная прямолинейная; двухрядная овальная; круглая.

По разработанному технологическому процессу и количеству ванн составляется схема компоновки линии. При компоновке линии необходимо учитывать загрузочно-разгрузочную стойку и сушильный агрегат (рисунок 12).

Элементы компоновки линии

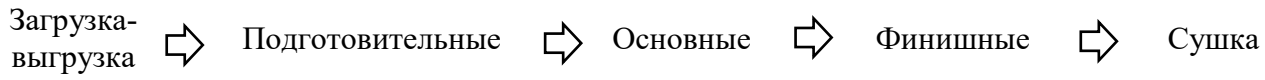


Рисунок 12 – Компоновка автооператорной линии

4.2.5 Автооператоры

Предназначены кроме основного назначения: подъема; опускания; перемещения груза - для транспортирования изделий по технологическим позициям автоматических и механизированных линий, для химической и электрохимической обработки поверхности основного металла и получения металлических и неметаллических покрытий.

Автооператоры могут производить многократное окунание обрабатываемых изделий; передачу силового тока барабанам для их вращения в момент подъема и перемещения; изменение межкатодного расстояния при переносе двух катодных рам одновременно; извлечение и транспортировку анодов для чистки; встряхивание груза для удаления с его поверхности остатков раствора.

Согласно ГОСТ 23739 - 85 автооператоры по расположению путей различаются на:

– автооператоры с путями сверху с грузоподъемностью от 0,05 до 2 тонн;

– автооператоры с путями снизу с грузоподъемностью от 0,2 до 0,4 тонны;

– автооператоры с путями сбоку с грузоподъемностью от 0,025 до 0,2 тонны.

Скорость горизонтального перемещения односкоростных автооператоров 0,4 м/с, а скорость подъема и опускания груза 0,15 м/с. Для многоскоростных автооператоров скорости перемещения не ограничены. Автооператоры с путями передвижения сверху (подвесные, тельферные) бывают: с монорельсовыми путями - для обслуживания линий с ваннами длиной до 1600 мм; с двухрельсовыми путями - для линий с ваннами длиной более 1600 мм.

Подвесные автооператоры перемещаются по направляющим путям над ваннами, и в этом случае доступ к ваннам открыт с двух сторон, что очень удобно при эксплуатации, а близость массы автооператора и переносимого груза к опорной поверхности рельсовых путей обеспечивает их устойчивость.

По сравнению с другими типами линий занимаемая ими площадь меньше на 20 - 30 %, а металлоемкость - на 10 - 15 %. В тех случаях, когда крепление направляющих путей к перекрытию цеха связано с определенными сложностями, их монтируют на вертикальных стойках, устанавливаемых на фундаменте или общей раме линии.

Наиболее целесообразно использовать линии этого типа при массе транспортируемого груза в пределах от 200 до 2000 кг.

Автооператоры с путями передвижения снизу (портальные). Различают два типа таких автооператоров - одно- и двухзахватные. Состав и назначение узлов рассматриваемых и подвесных автооператоров аналогичны.

Двухзахватные автооператоры имеют две вертикальные направляющие, две каретки с грузозахватами и два независимых привода подъема. Благодаря этому автооператор может осуществлять следующие операции; поднимать или опускать две подвески одновременно; одну подвеску поднимать, а другую опускать; переносить две подвески и опускать их поочередно на разноименные позиции, удаленные друг от друга.

Однозахватные портальные автооператоры бывают двух модификаций: с грузозахватом, вынесенным на консоли, и с грузозахватом по оси подъема. При использовании первой модификации повышается безопасность обслуживания места загрузки—разгрузки и несколько сокращается длина линии, однако автооператорами второй модификации можно переносить грузы значительно большей массы при меньших износах их вертикальных направляющих.

Портальные автооператоры выпускают отечественные предприятия и НРБ.

Автооператоры с путями передвижения сбоку (консольные) бывают с двумя движениями и с тремя движениями.

Линии с консольными автооператорами по предпочтительности их использования занимают промежуточное положение между линиями с подвесными и портальными автооператорами. Их главное преимущество - компактность.

В линиях этого типа автооператоры перемещаются по направляющим путям, установленным на металлоконструкциях сбоку ванн, а грузозахватный орган автооператоров выполнен в виде консоли, проходящей над поверхностью ванн.

Недостатки: свободное обслуживание только с одной стороны; нечеткая стабилизация груза, при перемещении; длина ванн - менее 1600 мм; грузоподъемность - менее 200 кг.

Консольный автооператор с тремя движениями оборудован дополнительным приводом для поворота консоли с грузозахватами, что позволяет автооператору в линии с двухрядной компоновкой переносить подвески с одного ряда ванн на другой и обратно, не изменяя своего местоположения.

4.3 Расчет автооператорной линии

4.3.1 Определение номенклатуры необходимого оборудования

Линия нанесения покрытия никель, латунь включает в себя следующий перечень позиций:

- устройство загрузки выгрузки;
- ванна электрохимического обезжиривания;
- ванны промывки горячей и холодной водой;
- ванна активации;
- ванна каскадной промывки;
- ванны никелирования;
- ванна улавливания;
- ванны промывки горячей и холодной водой;
- ванна латунирования;
- сушильная камера.

4.3.2 Расчет количества автооператоров

Количество автооператоров определяется по формуле:

$$Z = \frac{K \cdot \tau \cdot \alpha}{R_1},$$

где К – коэффициент, учитывающий обратные и холостые ходы автооператора, К = 1,5 ... 2,5; 1,5 – для автоматической линии, работающей по жесткой циклограмме; α – коэффициент, учитывающий время выстоя автооператора с подвеской над ванной (1, 6...1,7); R_1 – ритм, находится по формуле:

$$R_1 = \frac{60 \cdot f \cdot n}{F};$$

$$R_1 = \frac{60 \cdot 3{,}63 \cdot 1}{5{,}07} = 43 \; мин.$$

где f – поверхность деталей, загружаемых на подвеску, м^2; n – число подвесок, шт; F – производительность линии, м^2/ч.; τ – суммарное время работы автооператора, с, рассчитывается по формуле:

$$\tau = \tau_B + \tau_\Gamma,$$

где $\tau_г$, $\tau_в$ – время горизонтальных и вертикальных перемещений автооператора, мин.

$$\tau_Г = \frac{l \cdot m}{v_Г},$$

где 1 – среднее расстояние между центрами соседних ванн, м; m - количество ванн в линии, шт; $v_г$ – скорость горизонтального перемещения автооператора, м/мин;

$$\tau_Г = \frac{0{,}8 \cdot 18}{15} = 0{,}96 \, мин;$$

$$\tau_В = \frac{2 \cdot H \cdot m}{v_В},$$

где H – высота подъема подвесок (барабана), м; $v_в$ – скорость вертикального перемещения автооператора, м/мин.

$$\tau_В = \frac{2 \cdot 2 \cdot 18}{7{,}5} = 9{,}6 мин;$$

$$\tau = 0{,}96 + 9{,}6 = 10{,}56 мин;$$

$$Z = \frac{2 \cdot 10{,}56 \cdot 1{,}6}{43} = 0{,}79$$

Принимаем 1 автооператор в линии.

4.3.3 Расчет габаритных размеров автооператорной линии

Длина автоматической линии рассчитывается по формуле

$$L = \sum_{i=1}^{m} n_i \cdot W_i + W_C + W_{З/Р} + \Delta W_C + n \cdot \Delta W_0 + n_1 \cdot \Delta W_1 + n_2 \cdot \Delta W_2 + W_Б ,$$

где n_i – количество ванн одного типоразмера; Wi – ширина ванны принятого типоразмера; Wc – ширина сушильной камеры (600 мм – для подвесок); Wз/р – ширина загрузочно-разгрузочной стойки, мм; ΔWc – зазор между сушильной камерой и загрузочно-разгрузочной стойкой – 200 ... 300 мм; n_0 – количество комбинаций соседних ванн без бортовых отсосов; ΔWo – зазор между стенками ванн без бортовых отсосов; n_1 – количество односторонних бортовых отсосов;

ΔW_1 – зазор между стенками ванн с односторонними бортовыми отсосами, мм; n_2 – количество двухсторонних бортовых отсосов; ΔW_2 – зазор между стенками ванн с двухсторонними бортовыми отсосами; $W_Б$ – ширина одностороннего бортового отсоса на краю линии.

Длина автоматической линии рассчитывается по формуле

$$L = \sum_{i=1}^{m} n_i \cdot W_i + W_C + W_{З/Р} + \Delta W_C + n \cdot \Delta W_0 + n_1 \cdot \Delta W_1 + n_2 \cdot \Delta W_2 + W_Б ,$$

где n_i – количество ванн одного типоразмера; Wi – ширина ванны принятого типоразмера; Wc – ширина сушильной камеры (600 мм – для подвесок); Wз/р – ширина загрузочно-разгрузочной стойки, мм; ΔWc – зазор между сушильной камерой и загрузочно-разгрузочной стойкой – 200 ... 300 мм; n_0 – количество комбинаций соседних ванн без бортовых отсосов; ΔWo – зазор между стенками ванн без бортовых отсосов; n_1 – количество односторонних бортовых отсосов; ΔW_1 – зазор между стенками ванн с односторонними бортовыми отсосами, мм; n_2 – количество двухсторонних бортовых отсосов; ΔW_2 – зазор между стенками ванн с двухсторонними бортовыми отсосами; $W_Б$ – ширина одностороннего бортового отсоса на краю линии.

$$L = \sum_{i=1}^{m} n_i \cdot W_i + W_C + W_{З/Р} + \Delta W_C + n \cdot \Delta W_0 + n_1 \cdot \Delta W_1 + n_2 \cdot \Delta W_2 + W_Б;$$

$$L = 1120 + 500 \cdot 9 + 800 \cdot 3 + 400 \cdot 1 + 1000 \cdot 4 + 600 + 1115 + 250 + +1 \cdot 290 + 17 \cdot 390 + 212 = 21517 \text{ мм}$$

Ширина однорядной линии рассчитывается по формуле:

$$W = l_{ВН} + W_1 + W_2,$$

где $l_{вн}$ – внутренняя длина ванны, мм; W_1 – расстояние от внутренней части стенки ванн до наружной плоскости автооператора W_1 = 390 мм; W_2 – расстояние от внутренней части стенки ванн до наружной плоскости площадки обслуживания, мм, W_2 = 1165 мм.

W=2000+250+1165=3415 мм

Высоту автооператорных линий принимаем по табл. 7

Таблица 7– Высота линий

Внутренняя высота ванны, мм	Высота Н, мм при автооператоре		
	Тельферном	Портальном	Консольном
800	4250/3650 4450/3800	3530/3380	3300/3250
1000	4700/4250 5400/4450	3980/3530	3370/3400
1250		4230/3780	4100/-
1600		4930/4180	

Исходя из данных таблицы 7 высоту линии с консольным автооператором принимаем равной 4930 мм.

4.4 Расчет и выбор ванн гальванической линии

Ванны предназначены для выполнения операций, предусмотренных технологическим процессом (по подготовке поверхности, нанесению покрытий, финишной обработке). Они представляют собой сварные прямоугольные емкости, футерованные для большинства сред и снабженные тремя опорами–ловушками.

Для типовых линий ванны компонуют из унифицированных узлов: корпусов, нагревателей, анодных шин, барботеров, ТЭНов, устройств дополнительной промывки и др. Конкретный состав элементов ванны зависит от ее назначения. Все ванны снабжены сливными штуцерами, выполненными заподлицо с дном, которое имеет уклон в сторону этого штуцера.

Ванны устанавливают на фарфоровые изоляторы, в которые упираются регулировочные винты, с помощью которых осуществляется выравнивание ванн по высоте при их установке в линиях. Число опор ванны зависит от ее типоразмера.

Вентиляционные отсосы размещают на борту ванны вдоль ее длинной стороны. Датчики контроля и регулирования параметров растворов ванн

укрепляют к отбортовке ванн. Отсосы и датчики устанавливают согласно чертежу общего вида линии.

Наружные размеры ванн определяются из соответствующих внутренних размеров прибавлением толщины стенок, дна, уголков жесткости. В ваннах промывок и обезжиривания имеются карманы, которые устанавливаются по длинной стороне ванн, их ширина составляет 100 – 125 мм.

Длина ванны рассчитывается по формуле:

$$l_{\text{В}} = l_{\text{ПОД}} + 2l_1,$$

где $l_{под}$ – длина подвески, мм;

l_1 – зазор между подвеской и бортом ванны, мм.

$$l_{\text{в}} = 1690 + 2 \cdot 100 = 1890\text{мм}$$

Длину ванны принимаем равной 2000 мм.

Высота ванны рассчитывается по формуле:

$$h_B = h_{ПОД} + h_1$$

где $h_{под}$ – высота подвески, мм;

h_1 – расстояние от подвески до дна ванны, мм.

$$h_{\text{в}} = 1765 + 70 = 1835 \text{ мм}$$

Высоту ванны принимаем равной 2000 мм.

Ширина ванны:

$$W_B = (W_П + 2W_1 + 2W_A) \cdot n_K + 2W_2$$

где $W_п$ – ширина подвески, мм;

W_1 – расстояние от края детали до анодов, мм;

W_2 – расстояние от анодов до стенки ванны, мм;

W_A – ширина анодов, мм;

n_k – количество катодных рядов, шт.

Ширина ванны никелирования:

$$W_{\text{в}} = (20 + 2 \cdot 150 + 2 \cdot 12) \cdot 2 + 2 \cdot 150 = 988 \text{ мм}$$

Принимаем 1000мм

Ширина ванны латунирования:

$$W_в = (20 + 2 \cdot 150 + 2 \cdot 12) \cdot 2 + 2 \cdot 150 = 988 \text{ мм}.$$

Принимаем 1000 мм.

Ширина ванны электрохимического обезжиривания:

$$W_в = (20 + 2 \cdot 150 + 2 \cdot 12) \cdot 2 + 2 \cdot 150 + 100 = 1088 \text{ мм}$$

Принимаем 1120 мм

Ширина ванны активации:

$$W_в = 20 + 2 \cdot 150 = 320 \text{ мм}.$$

Принимаем 400 мм

Ширина ванны двухкаскадной промывки:

$$W_в = 320 \cdot 2 + 100 = 740 \text{ мм}$$

Принимаем 800 мм.

Ширина ванны холодной и горячей промывки, улавливания:

$$W_в = 320 + 100 = 420 \text{ мм}$$

Принимаем 500 мм

4.5 Расчет габаритов подвески

Длина подвески определяется по формуле:

$$l_П = l_Д \cdot n_1 + l_3 \cdot (n_1 - 1) + 2l_C + 2d_C,$$

где $l_Д$ – длина детали, мм; n_1 – количество деталей в ряду, шт.; l_3 – расстояние между деталями по длине, мм; l_C – расстояние от крайней детали до стойки, мм;

d_C – диаметр стойки, мм.

$$l_п = 200 \cdot 7 + 20 \cdot (7 - 1) + 2 \cdot 50 + 35 \cdot 2 = 1690 \text{мм}.$$

Высота подвески определяется по формуле:

$$h = h_Д \cdot n_2 + h_3(n_2 - 1) + h_1 + h_2 + 2Rc + h_{ск},$$

где h_1 – расстояние от верхнего края верхнего ряда деталей до зеркала электролита, мм; $h_Д$ – высота детали, мм; h_3 – зазор между рядами деталей, мм; n_2 – количество горизонтальных рядов деталей, шт; h_2 – расстояние от верхнего

края электролита до верхнего края ванны, мм, R*c* –расстояние от края детали до горизонтальной планки подвески, мм.

$h_{ск}$ – высота крюка подвески, мм.

$$h = 300 \cdot 4 + 65 \cdot (4 - 1) + 50 + 150 + 2 \cdot 50 + 70 = 1765 \text{ мм.}$$

Ширина подвески должна быть такой, чтобы крючки были удобны для захвата и не слишком отстояли друг от друга. Верхний край ванны согласно нормам безопасной работы располагается на высоте 1 м от уровня пола.

Масса детали: 471 грамм.

4.6 Определение типа подвески

Процесс нанесения покрытий никель, латунь может осуществляться на подвесках рамного типа (рисунок 13).

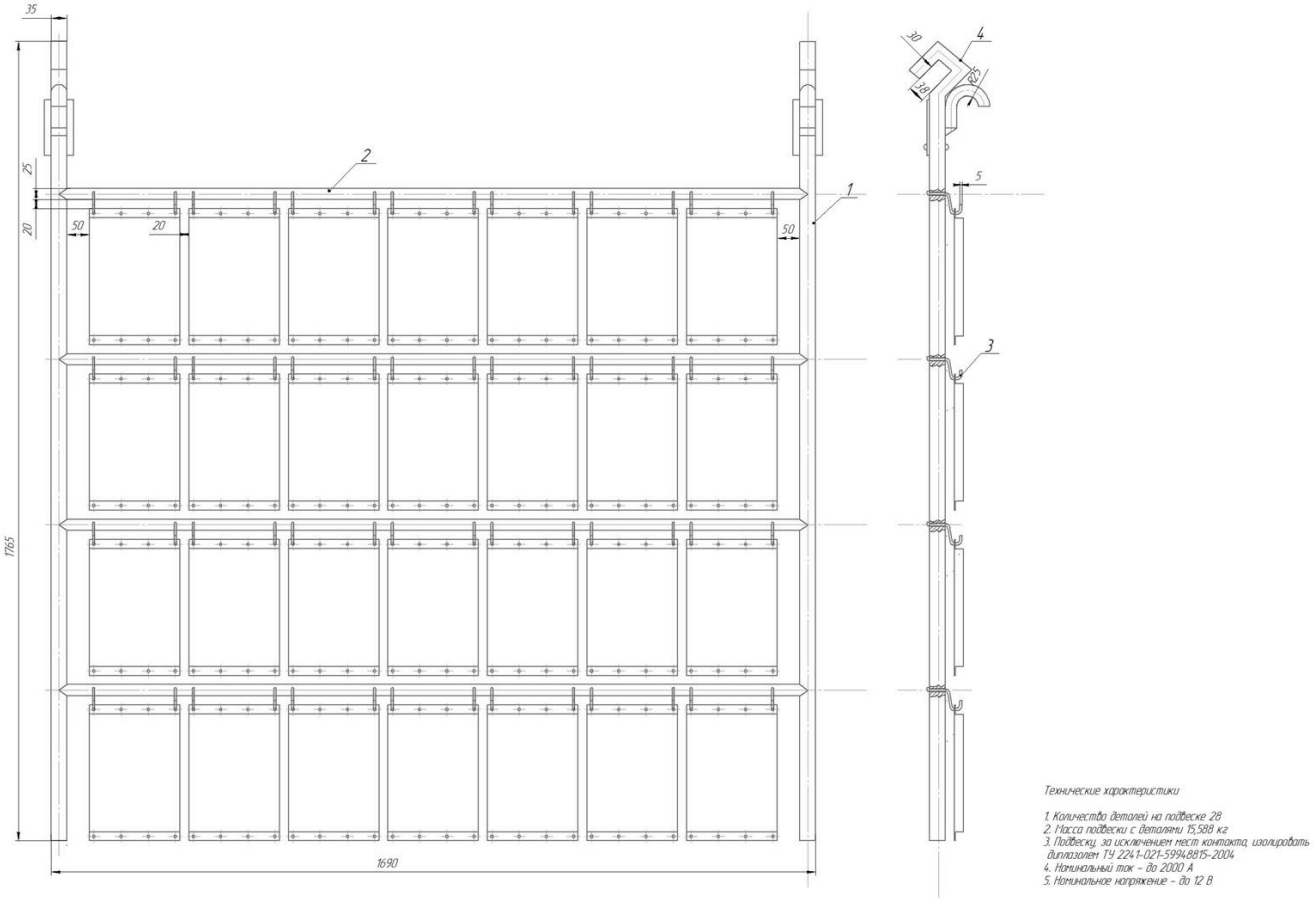


Рисунок 13 – Подвеска для покрытия никель, латунь детали «Корпус»

Мы выбираем наиболее удобную для наших деталей конструкцию рамочного типа. Здесь на поперечных траверсах расположены крючки для завешивания деталей. Сама подвеска сварная, имеет изоляцию и крепится на крюках, завешиваемых на токопроводящую шину, используя болтовое соединение. Конструкция подвесного крюка должна обеспечивать максимальный контакт с токоведущей шиной во избежание лучшего контакта и снижения потерь тока.

4.7 Расчет и выбор источника тока

4.7.1 Расчет силы тока

Сила тока на ванну определяется по следующей формуле:

$$I = n \cdot (S_1 + S_2) \cdot i_K,$$

где n – количество подвесок в ванне; S_1 и S_2 – поверхность покрываемых деталей и поверхность неизолированной части подвесок, м^2; i_K – катодная плотность тока, А/м^2. Как правило S_2 не превышает 3-15 % от S_1.

Для нанесения покрытия никелем:

I = 1·(0,136·28+0,136·28·0,01)·350 =1346,1 А;

Для нанесения покрытия латунью:

I = 1·(0,136·28+0,136·28·0,01)·100 =384,6 А;

Для электрохимического обезжиривания:

I = 1·(0,136·28+0,136·28·0,01)·500 = 1923,1 А

4.7.2 Расчет баланса напряжений

Напряжение на ваннах электрохимической обработки рассчитаем по формуле:

U=(1+b) · [Ea-Ek+(1+a)IR],

где b - коэффициент, который учитывает потери напряжения в контактах и

проводниках 1-го рода; Ea, Ek - анодный и катодный потенциал соответственно; a - коэффициент, учитывающий потери напряжения в электролите за счет газонаполнения; I - сила тока, А; R - сопротивление электролита, Ом:

$R = l / (S \cdot \chi)$,

Где l - межэлектродное расстояние; см χ - удельная электропроводность электролита, $Ом^{-1}см^{-1}$; S-площадь подвески, м.

Для никелирования:

$l = (1000-100)/2 = 450$ мм $= 0{,}45$ м

$$R = \frac{0{,}45}{2{,}57 \cdot 40} = 0{,}004 \text{ Ом}$$

$$U = (1 + 0{,}03) \times \left[\left(0{,}3 - (-0{,}68)\right) + (1 + 0{,}01) \times 1346{,}1 \times 0{,}004\right] = 6{,}61 \text{ В}$$

Необходимое напряжение источника тока $U_{ит}$ складывается из напряжения на ванне U и падения напряжения в шинопроводах $U_ш$, которое определяется по уравнению

$$S_ш = \frac{2 \cdot l_ш \cdot I \cdot \sigma}{U_ш}$$

где l – длина провода от ванны до источника тока, м; $S_Ш$ – сечение шинопровода, $м^2$; I – сила тока в шинопроводе, А; σ – удельное сопротивление материала шин и проводов, Ом·м. Для меди и алюминия, используемых при изготовлении шинопроводов, удельные сопротивления соответственно равны 0,017 … 0,018 и 0,026 … 0,029 Ом·$мм^2$/м.

В работе взят медный шинопровод.

$U_ш = 0{,}06U = 0{,}4$ В

Сечение шинопровода рассчитаем исходя из предельно допустимой плотности тока в шине:

$Sш > I / [i]$

I1 - сила тока на ванне, А; [i] - допустимая плотность тока, А/кв. мм.

$Sш > 1346{,}1 / 2 = 673{,}2$ $мм^2$

Выбираем стандартное сечение для медной шины 8х100 мм

Падение напряжения в шинопроводах Uш и необходимое напряжение источника тока Uв:2

Uш=2 · 10 · 1346,1· 0,017 / 800= 0,57 В

Uв=6,61 + 0,57 ≈ 7,18 В

По данным практических исследований для электрохимического обезжиривания U=10 В.

$$S_{ш} > 1923,1 / 2 = 961,55 \text{ мм}^2$$

Выбираем стандартное сечение для медной шины 10х100 мм при 2-х полосах на полюс или фазу.

Uш=2 · 10 · 1923,1· 0,017 / 1000= 0,65 В

Uв=10 + 0,65 ≈ 10,65В

Для латунирования:

$$L = (1000\text{-}100)/2 = 450 \text{ мм} = 0,45 \text{ м}$$

$$R = \frac{0,45}{2,57 \times 50} = 0,004 \text{ Ом}$$

$$U = (1 + 0,03) \times [0,15 - (-0,50) + (1 + 0,01) \times 384,6 \times 0,004] = 2,27 \text{ В}$$

Необходимое напряжение источника тока $U_{ит}$ складывается из напряжения на ванне U и падения напряжения в шинопроводах $U_{ш}$, которое определяется по уравнению

$$U_{ш} = \frac{2 \times l_{ш} \times I \times \sigma}{S_{ш}}$$

где l – длина провода от ванны до источника тока, м; $S_{Ш}$ – сечение шинопровода, м^2; I – сила тока в шинопроводе, А; σ – удельное сопротивление материала шин и проводов, Ом·м. Для меди и алюминия, используемых при изготовлении шинопроводов, удельные сопротивления соответственно равны 0,017 … 0,018 и 0,026 … 0,029 Ом·мм^2/м.

В работе взят медный шинопровод.

$$U_ш=0,06U=0,14В$$

Сечение шинопровода рассчитаем исходя из предельно допустимой плотности тока в шине:

$$S_ш > I1 / [i]$$

I1 - сила тока на ванне, А; [i] - допустимая плотность тока, А/кв. мм.

$$S_ш > 384,6/ 2 = 192,3 мм$$

Выбираем стандартное сечение для медной шины 10х20мм

Падение напряжения в шинопроводах $U_ш$ и необходимое напряжение источника тока $U_в$:

$U_ш=2 \cdot 10 \cdot 384,6 \cdot 0,017 / 200= 0,65$ В

$U_в=2,27 + 0,65 = 2,92$ В

4.7.3 Источники питания

Основными элементами электрооборудования гальванических цехов являются источники питания, токопроводы, коммуникационная аппаратура и т. п.

Для питания гальванических ванн используется постоянный ток, получаемый от источников питания — полупроводниковых выпрямителей, и в отдельных случаях — от электромашинных генераторов.

От технического уровня источников питания зависит эффективность технологического процесса: качество гальванопокрытий, производительность, экономические показатели.

В соответствии с возрастающими требованиями к качеству гальванопокрытий повышаются требования к источникам питания ванн.

В зависимости от назначения и мощности применяемого оборудования в гальванотехнике используются различные схемы выпрямления: (в основном 3- и 6- фазные); нереверсивные, реверсивные и т. п.

Таблица 8- Сводная ведомость расчета количества источников тока

Наименование оборудования	Тип агрегата	Номинальный постоянный ток, А	Напряжение постоянное, В		КПД, %	Коэффициент мощности
			Номинальное	Наибольшее		
Ванна никелирования	ТВ1-1600/12-0 УХЛ4	1600	12	13,2	82	0.92
Ванна латунирования	ВГ-ТПЕ-400-12-0 УХЛ4	400	12	13	81	0,82
Ванна электрохими-ческого обезжиривания	Yibenyuan YBN12-2000-24	2000	12	13,2	82	0,82

4.8 Расчет числа одновременно обрабатываемых деталей на подвеске из условий максимальной загрузки

Определение часовой производительности линии:

$$S_Ч = \frac{G(1+\alpha)}{T_g},$$

где T_g – действительный фонд работы оборудования, ч;

G – годовая программа, м^2;

α – доля исправимого брака.

$$S_Ч = \frac{10000(1+0{,}03)}{2030} = 5{,}07\ м^2/ч.$$

Поверхность одновременно обрабатываемых деталей:

$$S_П = \frac{S_Ч \cdot \tau}{n},$$

где τ – продолжительность операции, ч; n – количество ванн, шт.

$$S_П = \frac{5{,}07 \cdot 86/60}{2} = 3{,}63\ м^2.$$

Количество деталей на подвеске:

$$N = \frac{S_П}{S_Д},$$

где $S_Д$ – площадь одной детали, м^2.

$N = \frac{3,63}{0,136} = 27,7 дет.$

Принимаем 28 деталей на подвеске.

4.9 Размещение деталей на подвеске

Размещая детали на подвеске, следует учитывать: положение детали относительно анодов должно обеспечивать наиболее равномерное распределение тока на всех участках детали; детали не должны экранировать друг друга; контакт детали с подвеской должен быть достаточным по площади, чтобы исключить перегрев металла, достаточным для того, чтобы детали надежно удерживались на подвеске при перемещении их из одной ванны в другую в процессе подготовки и основной обработки.

Размещение деталей: 4 ряда по 7 штук.

4.10 Выбор материала подвесок и других элементов технологической оснастки

Основное требование к материалу подвесок и его оксидов – высокая электропроводность. Этому требованию в наибольшей степени отвечает медь, для которой через проводник сечением 1 мм^2 можно пропускать ток 2,5 А. Помимо меди для изготовления подвесок применяются латунь, углеродистые стали (допускаемая плотность тока 1 А/мм^2), титановые и алюминиевые сплавы.

Раньше для изготовления контактов чаще всего использовали латунь. В современных конструкциях латунь заменяют пружинящими стальными проводниками. Достоинством стального проводника является его высокая прочность, в отличие от латуни, которая при частой деформации разрушается. Но

неизолированный стальной контакт неизбежно становится источником загрязнения электролита.

Стержень подвески должен изготовляться преимущественно из медного или латунного плоского, круглого или четырехгранного сортамента, в тех случаях, когда плотность тока высока.

Исходными данными для конструирования подвесок является площадь покрываемой поверхности деталей. Расчет поверхности сложнопрофилированных деталей (несмотря на большие затраты времени) должен осуществляться достаточно точно. При конструировании подвесок важно правильно рассчитать поперечное сечение и правильно выбрать материал всех элементов подвески. Во избежание их перегрева в процессе нанесения покрытия при выборе материала для изготовления подвесок можно принять значения электропроводности углеродистой стали, латуни и меди из соотношения 1/4/5.

Материалом подвески была выбрана сталь, а крючки изготавливаются из меди.

4.11 Проверка ограничений по току

Расчет сечения элементов подвески производим из условия допустимых токовых нагрузок.

Электрический ток подводится к ваннам электрохимического обезжиривания, к ваннам основного вида покрытий.

Максимальный ток на ванну равен:

$I_{max} = i_{max} * (S_д * n + Sп)$,

Где i_{max} - максимальная плотность тока, А/м^2 ; $S_д$ - площадь детали, шт.; n-количество деталей в ванне, шт.; *Sn* – покрываемая площадь неизолированных элементов подвески (т.к. *Sn* составляет в нашем случае менее 1% от покрываемой площади деталей, в дальнейших расчетах ее не учитываем).

Электрохимическое обезжиривание:

$I_{max} = 500·(0,136·28+0,136·28·0,01) = 1923,05$ А;

Покрытие никелем:

I_{max} =350·(0,136·28+0,136·28·0,01) = 1346,1 А;

Покрытие латунью:

I_{max} = 100·(0,136·28+0,136·28·0,01) = 384,6 А;

Максимальный ток через элементы подвески протекает при обезжиривании. Сечение элемента подвески должно быть достаточным, чтобы прохождение тока не вызвало его разогрева. Рассчитаем проверку ограничений по току для стойки и подвески изготовленной из стали для обезжиривания:

$F_{ст} = I_{max} /(i_{доп} \cdot n);$

где $i_{доп}$ - допустимая плотность тока для стали А/мм^2; n – количество стоек, шт., $F_{ст}$ – минимальная площадь сечения стойки, мм^2.

$F_{ст}$ =1923,05 */(1·2) = 480,8* мм^2;

Из минимальной площади сечения находим диаметр *d* по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{F_{ст} \cdot 4}{\pi}};$$

$$\sqrt{\frac{480,8 \cdot 4}{3,14}} = 34,99 \text{ мм}$$

Принимаем 35 мм.

Проверка площади траверсы:

$F_{тр} = I_{max} /(i_{доп} \cdot n);$

где *n* – количество траверс, шт., $F_{тр}$ – минимальная площадь сечения траверсы, мм^2.

$F_{тр}$ =1923,05 */(1·4) = 480,76* мм^2;

Из минимальной площади сечения находим диаметр d по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{F_{тр} \cdot 4}{\pi}},$$

$$\sqrt{\frac{480,76 \cdot 4}{3,14}} = 24,75 \text{ мм}$$

принимаем 25 мм.

Проверка площади сечения крючка для крепления детали на подвеску:

$F_{кр} = I_{max} /(i_{доп} \cdot n);$

где n – количество крючков, шт.; $F_{кр}$ – минимальная площадь сечения крючка, мм^2 .

$F_{кр}$ =1923,05 */(2,5·56) = 13,73* мм^2*;*

Из минимальной площади сечения находим диаметр *d* по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{F_{кр} \cdot 4}{\pi}};$$

$$\sqrt{\frac{13{,}73 \cdot 4}{3{,}14}} = 4{,}18 \text{ мм принимаем 5 мм.}$$

4.12 Изоляция подвесок

Все участки подвески за исключением мест контакта должны быть изолированы неэлектропроводящими материалами (резиной, полихлорвиниловым лаком, полиэтиленовой пленкой).

В настоящее время для изоляции подвесок рекомендуется применять покрытие полимерными материалами. Нанесение изоляции включает в себя обезжиривание; обдувку песком или дробью; грунтовку; обжиг грунта; нанесение материала HALAR.

На непокрываемые участки (проволочные контакты диаметром до 5 мм) следует перед изоляцией насаживать латунные наконечники или изоляционные трубки, так как при механическом удалении изоляции при помощи клещей последняя отслаивается в местах перехода.

4.13 Выбор анодов

При нанесении покрытия никель, латунь используются аноды никелевые НПА1 ГОСТ 2132-90 и аноды латунные марки Л-72 или Л-76 ГОСТ931-90. При обезжиривании используются аноды стальные ГОСТ 16523-89.

5 Проектирование участка гальванического цеха

Проектирование гальванического цеха представляет собой сложный процесс, в основе которого лежит совокупность фундаментальных принципов, закреплённых в государственных стандартах, строительных нормах и правилах, а также в требованиях Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП). Эти принципы формируют целостную методологию создания производственного объекта, способного стабильно выпускать покрытия медью, оловом и сплавом олово–свинец с характеристиками, строго соответствующими конструкторской документации.

Первым и системообразующим выступает принцип соответствия проектных решений конструкторской документации и программе выпуска. Ещё на предпроектной стадии анализируются чертежи деталей, выполненные по ГОСТ 2.123-93, с расшифровкой условных обозначений покрытий по ГОСТ 9.306-85 (например, М6, О, О-С(60)), технические требования к толщине, пористости, адгезии и паяемости. Именно эти данные определяют выбор конкретных технологических процессов (сульфатного, цианистого, станнатного, метансульфонового электролитов), габаритные размеры ванн, уровень автоматизации и структуру контроля. На этом же этапе рассчитывается производственная мощность цеха и формируется планировочная схема, которая впоследствии оформляется в виде компоновочных чертежей и планов размещения оборудования, выполняемых в строгом соответствии с правилами ЕСКД (ГОСТ 2.102-2013, ГОСТ 2.109-73).

Вторым принципом является технологическая поточность и рациональная организация производственного пространства. Гальванический цех проектируется таким образом, чтобы движение деталей, персонала, материалов и отходов было однонаправленным и исключало пересечения. Линия выстраивается в логической последовательности: входной контроль, монтаж на

подвески, химическое обезжиривание, травление, активация, нанесение покрытия, многоступенчатая промывка, сушка, съём и контроль. Особое внимание уделяется изоляции процессов, связанных с выделением особо вредных веществ: ванны цианистого меднения, борфтористоводородного оловянирования и свинцевания размещают в отдельных помещениях или герметичных модулях с автономными системами вентиляции и очистки воздуха. Эта логика отражается в маршрутных картах, разрабатываемых по ГОСТ 3.1118-82, и в технологических планировках, где каждому рабочему месту присваивается код, что обеспечивает однозначную идентификацию в документации.

Третий принцип — приоритет безопасности труда и охраны здоровья — пронизывает все стадии проектирования. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН, над каждой ванной предусматриваются бортовые отсосы, рассчитанные на ассимиляцию аэрозолей кислот, щелочей, цианидов и свинца; приточно-вытяжная вентиляция цеха проектируется с десятикратным воздухообменом и разрежением, исключающим распространение вредных веществ в смежные помещения. Электробезопасность обеспечивается заземлением всего оборудования, применением источников постоянного тока с низкой пульсацией и устройств защитного отключения. Пути эвакуации, расположение средств пожаротушения, душевых кабин и санитарно-бытовых помещений закладываются в архитектурно-строительную часть проекта и согласуются с надзорными органами.

Четвёртый принцип — экологическая безопасность и ресурсосбережение — реализуется через создание замкнутых систем водопользования и переработки отходов. Проектируется станция нейтрализации и очистки гальванических стоков с реагентной обработкой, отстаиванием, фильтрацией и ионообменным доочищением, позволяющая достичь концентраций тяжёлых металлов в сбрасываемой воде ниже ПДК. Отработанные электролиты, особенно свинцовосодержащие, подлежащие регенерации или передаче на утилизацию, накапливаются в герметичных ёмкостях, объём которых и способ опорожнения

учитывается в проекте. Шламы обезвоживаются на фильтр-прессах и направляются на переработку, а очищенная вода возвращается в промывные каскады, что минимизирует потребление свежей воды и тепла.

Пятый принцип — встроенный контроль качества и прослеживаемость на всех этапах. Лаборатория химического анализа и испытаний покрытий размещается в непосредственной близости от производственной линии, но изолируется от агрессивных паров. Её оснащение предусматривает всё необходимое для реализации методик ГОСТ 9.302-88: титриметрические установки для экспресс-анализа состава электролитов меднения, оловянирования и сплава, толщиномеры, металлографические микроскопы, климатические камеры. Результаты анализов фиксируются в журналах установленной формы, соответствующих требованиям ЕСКД, и при необходимости корректировки состава ванн вносятся в технологические паспорта. Полная прослеживаемость параметров обработки каждой партии деталей (время, температура, плотность тока, результаты контроля) обеспечивается системами диспетчеризации и архивирования, что является обязательным условием для ответственных производств.

Шестой принцип — экономическая эффективность и автоматизация — ориентирует проект на минимизацию ручного труда, снижение эксплуатационных затрат и повышение воспроизводимости процессов. Предпочтение отдаётся автооператорным линиям с программным управлением, способным реализовать любую последовательность операций без вмешательства оператора, автоматически поддерживать заданные значения pH, температуры и плотности тока, а также документировать ход процесса. Энергосберегающие источники питания, теплообменники-рекуператоры, частотные преобразователи на электродвигателях насосов и вентиляторов закладываются в проект как экономически обоснованные мероприятия.

Наконец, седьмым принципом является модульность и гибкость планировочных решений, позволяющая в будущем наращивать мощность или

переоснащать цех под новые виды покрытий без коренной реконструкции. Ванны, трубопроводы и несущие конструкции проектируются с учётом унифицированных габаритов и нагрузок, а технологические проёмы и проходы — с запасом по ширине, чтобы обеспечить возможность монтажа дополнительного оборудования.

Таким образом, проектирование гальванического цеха, согласно ЕСКД, базируется на системном единстве конструкторских, технологических, санитарно-экологических и экономических принципов. Их последовательное соблюдение на стадии проектирования гарантирует создание безопасного, эффективного и высокотехнологичного производства, обеспечивающего стабильный выпуск, полностью удовлетворяющими требованиям конструкторской документации и современным отраслевым стандартам.

Потребная производственная площадь может быть определена по формуле:

$S_{пр.} = L_{л} \cdot W_{л} \cdot К$

где: Sпр. — основная производственная площадь, м^2; Lл – длинна линии, м^2; Wл – ширина линии, м^2; К — коэффициент учета размеров площадки обслуживания.

$S_{пр.}$=21,517·3,415·3=220,44 м.

Расчёт вспомогательной площади.

Вспомогательную площадь обычно принимают в процентах от производственной: для автоматизированных производств — около 100–120%.

$S_{вспом.} = S_{пр.} \cdot 1$

где: $S_{вспом.}$ – вспомогательная площадь.

$S_{вспом.}$ =220,44 ·1=220,44 м.

Расчет общей площади участка.

$S_{общ.} = S_{вспом.} + S_{пр.}$

где: $S_{общ.}$ – общая площадь участка.

$S_{общ.}$ = 220,44 +220,44 =440,88 м.

6 Автоматизация технологического процесса

6.1 Основные требования к организации производства нанесения покрытий с применением АСУТП

Различают три уровня автоматизации производства:

- частичная — ограничивается автоматизацией отдельных операций технологического процесса за счет использования станков с автоматическим циклом управления или станков с ЧПУ;

- комплексная — предполагает автоматизацию производственных процессов изготовления деталей или сборочных единиц с использованием автоматических систем машин (автоматических линий и гибких производственных систем);

- полная — высшая ступень автоматизации, при которой все функции изготовления, контроля и управления производством выполняются автоматами.

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) в гальванотехнике служит цели автоматизации процесса нанесения покрытия на детали в соответствии с технологическим процессом.

Автоматизация производств-важная часть совершенствования всей системы управления, позволяющая не только сократить операции, производимые вручную, но и повысить качество производимой продукции за счет точного соблюдения параметров технологического процесса.

АСУТП состоит из блока управления и соответствующих устройств, обеспечивающих как контроль технологических параметров, так и возможность их корректировки (регулирования).

Автоматические гальванические линии имеют широкое применение для нанесения различных видов покрытия как металлами, так и сплавами. Это связано с их гибкостью, т.е. возможностью перенастраиваться в зависимости от производственных задач.

При мелкосерийном многономенклатурном производстве с частой сменой видов и толщины покрытий, и производительностью цеха (участка) 10 – 15 кв.м/с система должна обеспечить:

- управление многопроцессорными операторными автоматическими линиями по способу «от кнопки до операции»;

- оптимизацию токовых режимов ванн покрытий;

-автоматическое регулирование отдельных параметров технологических процессов.

6.2 Способы регулирования и поддержания заданных параметров: плотности тока, кислотности электролита, уровня электролита

Регулирование технологических параметров чрезвычайно важно для гальванических процессов.

Для этого можно использовать устройства управления выпрямительными агрегатами, питающими электролизеры, куда вводится информация о требуемой плотности тока, номенклатуре, количестве и площади поверхности загружаемых изделий. При этом устройство управления вычисляет и устанавливает требуемую силу тока через электролизер.

Для определения площади поверхности загружаемых изделий применяют метод вольт - амперных характеристик или метод хронопотенциометрии. Для измерения используют ванну нанесения основного покрытия, вспомогательной операции (промывки, обезжиривания и т.д.) или специальную.

В некоторых случаях с успехом можно регулировать плотность тока выпрямительным агрегатом (ВАК, ТЕ, ТВ и их модификациями) без предварительного измерения площади поверхности загружаемых изделий. В случае применения выпрямительных агрегатов (ВАК, ВАКГ, ТЕ, ТВ) в схемах электрических соединений этих агрегатов уже предусмотрены возможности

автоматического регулирования плотности тока по вольтамперным характеристикам с помощью дроссельных катушек и магнитных усилителей.

Для регулирования температуры растворов применяют термометры сопротивления. При увеличении температуры сопротивление таких термометров возрастает практически линейно.

Кислотность растворов регулируют и поддерживают при помощи преобразователей П-201, П-205, П- 210, П-215 с чувствительными элементами ДП1-4М, ДМ-5М, ДПр-3с.

Уровень электролита регулируют при помощи поплавковых или емкостных датчиков, реже используются датчики сопротивления.

6.3 Устройство для поддержания заданных параметров температуры, плотности тока, кислотности электролита, уровня электролита

Устройство регулирования температуры в соответствии с количеством регулируемых объектов содержит несколько датчиков, измерительный прибор и исполнительные механизмы. Исполнительными устройствами для ванн с электронагревом служат магнитные пускатели, а для ванн с паровым перегревом - электромагнитные вентили. Для поддержания плотности тока используют выпрямительные агрегаты ВАК, выпрямительные агрегаты серии Т. Для поддержания кислотности электролита применяют преобразователи с чувствительными элементами.

Уровень электролита поддерживают датчики сопротивления, поплавковые датчики и емкостные датчики.

7 Материальные и тепловые расчёты

7.1 Материальный баланс

7.1.1 Расчет потребности химикатов

Расчет потребности в химикатах, катодах, анодах и других материалах складывается из потребности на первоначальный пуск ванн и оборудования, и расхода на выполнение годовой программы.

Расчет потребности химикатов (кг) на первоначальный пуск ванны производится по формуле:

$$Gп = C \cdot V \cdot n/1000,$$

где C – концентрация компонента в растворе, г/л; V – объем ванны, л; n – количество ванн.

Расчет потребности химикатов (кг) на выполнение годовой программы ведется по формуле:

$$Gг = S \cdot q/1000,$$

где S – годовая производственная программа цеха, м²; q – удельная норма расхода химикатов (г/м²) рассчитывается по формуле:

$$q = P \cdot C,$$

где C – концентрация (средняя) химического компонента в растворе, г/л; P – технические неизбежные потери раствора на корректировку, фильтрацию, с воздухом в вентиляцию, с деталями и приспособлениями, л/м².

Обезжиривание электрохимическое.

Натр едкий:

на первоначальный пуск $Gп = 15 \cdot 4480 / 1000 = 67,2$ кг

годовая программа $Gг = 10300 \cdot (15 \cdot 0,5) / 1000 = 77,25$ кг

обще годовая потребность $Gобщ = 67,2 + 77,25 = 144,45$ кг

на один куб.м покрываемой поверхности $G1 = 144,45 / 10300 = 0,014$ кг/куб.м

Сода кальцинированная:

на первоначальный пуск Gп =25·4480 / 1000 = 112 кг

годовая программа Gг = 10300· (25·0,5) / 1000 = 128,75 кг

обще годовая потребность Gобщ = 112 +128,75 = 240,75 кг

на один куб.м покрываемой поверхности G1 = 240,75/ 10300 = 0,023кг/куб.м

Тринатрийфосфат:

на первоначальный пуск Gп =40·4480 / 1000 = 179,2 кг

годовая программа Gг = 10300· (40·0,5) / 1000 = 206 кг

обще годовая потребность Gобщ = 179,2 +206= 385,2 кг

на один куб.м покрываемой поверхности G1 = 385,2/ 10300 = 0,037 кг/куб.м

Стекло натриевое жидкое:

на первоначальный пуск Gп =4·4480 / 1000 = 17,92 кг

годовая программа Gг = 10300· (4·0,5) / 1000 = 20,6 кг

обще годовая потребность Gобщ = 17,92 +20,6= 38,52 кг

на один куб.м покрываемой поверхности G1 = 38,52/ 10300 = 0,004 кг/куб.м

Активация.

Кислота соляная:

- на первоначальный пуск Gп =75 · 1600 / 1000=120 кг;
- годовая программа с учетом брака: Gг = 10300·(75·0,3)/1000 =231,75 кг;
- обще годовая потребность Gобщ =120+ 231,75=351,75 кг;
- на один куб.м покрываемой поверхности G = 351,75/ 10300 = 0,034 кг/куб.м.

ИЛИ

Кислота серная:

- на первоначальный пуск Gп =75 · 1600 / 1000=120 кг;
- годовая программа с учетом брака: Gг = 10300·(75·0,3)/1000 =231,75 кг;
- обще годовая потребность Gобщ =120+ 231,75=351,75 кг;
- на один куб.м покрываемой поверхности G = 351,75/ 10300 = 0,034 кг/куб.м.

Никелирование.

Никель сернокислый:

- на первоначальный пуск Gп =170 ·4000·2 / 1000=1360 кг;

- годовая программа с учетом брака: Gг =10300·(170·0,3)/1000 =525,3 кг;

- общегодовая потребность Gобщ =1360 + 525,3 =1885,3 кг;

- на один куб.м покрываемой поверхности G = 1885,3/ 10300= 0,183 кг/куб.м.

Никель хлористый:

- на первоначальный пуск Gп =35 ·4000·2 / 1000=280 кг;

- годовая программа с учетом брака: Gг =10300·(35·0,3)/1000 =108,15 кг;

- общегодовая потребность Gобщ =280 + 108,15 =388,15 кг;

- на один куб.м покрываемой поверхности G = 388,15/ 10300= 0,038 кг/куб.м.

Магний сернокислый:

- на первоначальный пуск Gп =40 ·4000·2 / 1000=320 кг;

- годовая программа с учетом брака: Gг =10300·(40·0,3)/1000 =123,6 кг;

- общегодовая потребность Gобщ =320 + 123,6 =443,6 кг;

- на один куб.м покрываемой поверхности G = 443,6/ 10300= 0,043 кг/куб.м.

Кислота борная:

- на первоначальный пуск Gп =27,5 ·4000·2 / 1000=220 кг;

- годовая программа с учетом брака: Gг =10300·(27,5·0,3)/1000 =84,98 кг;

- общегодовая потребность Gобщ =220 + 84,98=304,98 кг;

- на один куб.м покрываемой поверхности G =304,98/ 10300= 0,03 кг/куб.м.

Латунирование.

Цинк сернокислый:

- на первоначальный пуск Gп =1 ·4000·2 / 1000=8 кг;

- годовая программа с учетом брака: Gг =10300·(1·0,2)/1000 =2,06 кг;

- общегодовая потребность Gобщ =8 + 2,06=10,06 кг;

- на один куб.м покрываемой поверхности G =10,06/ 10300= 0,001 кг/куб.м.

Медь сернокислая:

- на первоначальный пуск Gп =2,7 ·4000·2 / 1000=21,6 кг;

- годовая программа с учетом брака: Gг =10300·(2,7·0,2)/1000 =5,56 кг;

- общегодовая потребность Gобщ =21,6 + 5,56=27,16 кг;

- на один куб.м покрываемой поверхности G =27,16/ 10300= 0,003 кг/куб.м.

Натрий пирофосфорнокислый:

- на первоначальный пуск Gп =27,5 ·4000·2 / 1000=220 кг;

- годовая программа с учетом брака: Gг =10300·(27,5·0,2)/1000 =56,65 кг;

- общегодовая потребность Gобщ =220 + 56,65=276,65 кг;

- на один куб.м покрываемой поверхности G =276,65/ 10300= 0,027 кг/куб.м.

Сода кальцинированная:

- на первоначальный пуск Gп =35 ·4000·2 / 1000=280 кг;

- годовая программа с учетом брака: Gг =10300·(35·0,2)/1000 =72,1 кг;

- общегодовая потребность Gобщ =280 + 72,1=352,1 кг;

- на один куб.м покрываемой поверхности G =352,1/ 10300= 0,034 кг/куб.м.

Кислота щавелевая:

- на первоначальный пуск Gп =7,5 ·4000·2 / 1000=60 кг;

- годовая программа с учетом брака: Gг =10300·(7,5·0,2)/1000 =15,45 кг;

- общегодовая потребность Gобщ =60 + 15,45=75,45 кг;

- на один куб.м покрываемой поверхности G =75,45/ 10300= 0,007 кг/куб.м.

Аноды никелевые НПА1.

Расход растворимых анодов считается по формуле:

G=(1,05·S··t·d)/1000,

где S-покрываемая площадь с учетом 1% неизолированной подвески, кв.м, d-плотность сплава г/куб. см; t-толщина покрытия, мкм,

На первоначальный пуск:

G=(1,05··(0,136·28+0,136·28·0,01)·8,902·12)/1000=0,431 кг;

- годовая программа $C_{ан}$ =(1,05·10300·8,902·12)/1000=1155,3;

- обще годовая потребность Gобщ = 0,431+1155,3 = 1155,73 кг;

- на один куб.м покрываемой поверхности G1=1155,73/10300 = 0,112 кг/куб.м.

Аноды латунные Л72.

На первоначальный пуск:

G=(1,05··(0,136·28+0,136·28·0,01)·8,4·14)/1000=0,475 кг;

- годовая программа $C_{ан}$ =(1,05·10300·8,4·14)/1000=1271,84;

- обще годовая потребность Gобщ = 0,475+1271,84 = 1272,32 кг;

- на один куб.м покрываемой поверхности G1=1272,32/10300 = 0,124 кг/куб.м.

Расход нерастворимых анодов определяется их механическим и химическим износом в процессе работы ванны и находится по формуле:

$C_{ан}$ = (K·L·H·t·d)/1000,

где *K* – коэффициент сменяемости электрода (раз/год), *L*,*H* и *t* – длина, ширина и толщина электрода, см; *d* – плотность металла анода, г/куб.см; Размеры анодов:60Х50Х1,2 см.

Расход нерастворимых стальных анодов на электрохимическое обезжиривание:

- на первоначальный пуск $C_{ан\ сталь}$ = (60·50·1,2·7,87)/1000 = 28,33 кг;

- годовая программа $C_{ан\ сталь}$ = (0,1·60·50·1,2·7,87)/1000 = 2,83 кг;

- обще годовая потребность Gобщ = 28,33 +2,83 = 31,16 кг;

- на один куб.м покрываемой поверхности G1=31,16/ 10300 = 0,003 кг/куб.м.

Сводная ведомость расхода химикатов и электродов приведена в ПРИЛОЖЕНИИ А.

7.1.2 Расчет расхода воды

Расход воды на промывку после электрохимического обезжиривания определяется по формуле:

$$Q = 2 \cdot q \cdot F \cdot \sqrt{K},$$

где q – удельный вынос раствора из ванны деталями и подвеской (приведены в табл. 10); k – критерий окончательной промывки, показывающий, во сколько раз следует снизить концентрацию основного компонента электролита, выносимого поверхностью деталей, до допустимого значения, и определяемый согласно формуле:

$$k = \frac{C_0}{C_п},$$

где C_0 – концентрация основного компонента в рабочей ванне, г/дм^2; $C_п$ – допустимая концентрация основного компонента в последней ванне промывки, принимаемая по ГОСТ 9.314 – 90.

Таблица 9– Нормы удельного выноса растворов поверхность деталей

Вид обработки	Время стекания не менее, с	Норма удельного выноса, л/м^2	
		кислые растворы	щелочные и хромсодержащие растворы
На подвесках	6	0,2	0,3
В колоколах	15	0,4	0,6
В барабанах	15	0,4	0,6
В корзинах и сетках	15	0,5	0,75

Расход воды на промывку после электрохимического обезжиривания (2 ступени промывки):

$$Q = 2 * 0,3 \cdot 5,07 \cdot \sqrt{(20/0,8)} = 15,22 \text{ л/ч};$$

$$Q_{итог} = 1,5 \cdot 15,22 = 22,83 \text{ л/ч};$$

Расход воды на промывку после активации (соляная кислота)

каскад:

$$Q = 2*0,2\cdot5,07\cdot\sqrt{(100/0,1)} = 64,14\ л/ч;$$

промывка 2 ступени:

$$Q = 2*0,2\cdot5,07\cdot\sqrt{(100/0,1)} = 64,14\ л/ч;$$

$$Q_{итог}=1,5\cdot(64,14+64,14)=192,42\ л/ч;$$

Расход воды после никелирования (никель сернокислый):

каскад:

$$Q =2*0,2\cdot5,07\cdot\sqrt{(200/0,02)} = 202,8\ л/ч;$$

промывка 2 ступени и ванна улавливания:

$$Q = 2 \times 0.2 \times 5.07 \times \sqrt{(200/0.02)} = 43.68$$

$$Q_{итог}=1,5\cdot(202,8+43.68)=369,72\ л/ч;$$

Расход воды на промывку после латунирования (медь сернокислая):

каскад:

$$Q = 2*0,2\cdot5,07\cdot\sqrt{(3/0,002)} =78.54\ л/ч;$$

промывка 2 ступени:

$$Q = 2*0,2\cdot5,07\cdot\sqrt{(3/0,002)} =78.54л/ч;$$

$$Q_{итог}=1,5\cdot(78.54+78.54)=235,62\ л/ч;$$

Таблица 10 - Ведомость расхода воды

Операция, после которой производится промывка	Промываемая поверхность, кв.м/ч	Удельный вынос раствора, л/кв.м	Кратность разбавления	Расход воды, л/ч	Общий расход воды, л/ч
Обезжиривание	5,07	0,3	25	22,83	820,59
Активация		0,2	1000	192,42	
Никелирование			10000	369,72	
Латунирование			1500	235,62	

7.1.3 Расчет расхода сжатого воздуха

В гальванических цехах ванны, содержащие вредные вещества, оборудованы вентиляционными бортовыми отсосами. Оборудование следует

обеспечить местными отсосами в случае проведения в нем следующих операций: шлифования и полирования; гидропескоструйной обработки; дробеструйной обработки; подводного полирования; галтовки; виброабразивной обработки; обезжиривания органическими растворителями (химического и электрохимического); активации; травления; химического и электрохимического полирования; ультразвукового удаления загрязнений; химического и электрохимического нанесения покрытия; фосфатирования, хроматирования, оксидирования; оплавления покрытий; гидрофобизирования покрытий; пропитки маслом; промывки в горячей воде.

Объем воздуха, удаляемого через бортовые отсосы ($м^3/ч$) без поддува со щелью всасывания в горизонтальной или вертикальной плоскости, определяется по формуле [6,7]:

$$V = 1400\left[0{,}53 \cdot \frac{B \cdot l}{B + l} + h\right]^{0{,}33} \cdot B \cdot l \cdot C_t \cdot C_{ТОК} \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4,$$

где В – расчетная ширина ванны, принимаемая равной для двух двубортовых отсосов расстоянию между кромками отсосов, для однобортных отсосов – расстоянию между кромкой отсоса и бортом ванны, м; l – длина ванны, м; h – расчетное расстояние от зеркала ванны раствора до оси всасывающего отверстия, м; C_t -коэффициент, учитывающий разность температур раствора и воздуха в помещении, определяют по литературным данным; Сток – коэффициент учета токсичности выделяющихся паров; C_1 – коэффициент учета конструкции отсоса, принимается равным 1 для двубортного отсоса без поддува и 1,8 – для однобортного без поддува; C_2 = 1,2 при воздушном перемешивании; C_3 = 0,75 при укрытии зеркала ванны плавающими телами (шарики); C_4 = 0,5 при укрытии зеркала ванны ПАВ.

Для каскадной промывки - 3 операции (применяется воздушное перемешивание)

$$V = 1400\left[0{,}53 \cdot \frac{0{,}8 \cdot 2}{0{,}8 + 2} + 0{,}2\right]^{0{,}33} \cdot 0{,}8 \cdot 2 \cdot 2{,}10 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}2 \cdot 3 = 6748{,}64\ м^3/ч,$$

Для электрохимического обезжиривания:

$$V = 1400\left[0{,}53 \cdot \frac{1{,}12 \cdot 2}{1{,}12+2} + 0{,}2\right]^{0{,}33} \cdot 1{,}12 \cdot 2 \cdot 1{,}94 \cdot 1{,}6 \cdot 1 = 8134{,}96\ м^3/ч,$$

Для никелирования-2 ванны

$$V = 1400\left[0{,}53 \cdot \frac{1 \cdot 2}{1+2} + 0{,}2\right]^{0{,}33} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1{,}39 \cdot 1{,}6 \cdot 1 \cdot 2 = 10244{,}92\ м^3/ч,$$

Для латунирования-2 ванны:

$$V = 1400\left[0{,}53 \cdot \frac{1 \cdot 2}{1+2} + 0{,}2\right]^{0{,}33} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1{,}16 \cdot 1{,}6 \cdot 1 \cdot 2 = 8549{,}72\ м^3/ч,$$

Для горячей промывки (применяется воздушное перемешивание)-4 операции:

$$V = 1400\left[0{,}53 \cdot \frac{0{,}5 \cdot 2}{0{,}5+2} + 0{,}2\right]^{0{,}33} \cdot 0{,}5 \cdot 2 \cdot 2{,}10 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}2 \cdot 4 = 5265{,}92\ м^3/ч,$$

Для активации:

$$V = 1400\left[0{,}53 \cdot \frac{0{,}4 \cdot 2}{0{,}4+2} + 0{,}2\right]^{0{,}33} \cdot 0{,}4 \cdot 2 \cdot 1{,}03 \cdot 1{,}25 \cdot 1 = \ 1044{,}8\ м^3/ч,$$

Для улавливания

$$V = 1400\left[0{,}53 \cdot \frac{0{,}5 \cdot 2}{0{,}5+2} + 0{,}2\right]^{0{,}33} \cdot 0{,}5 \cdot 2 \cdot 1{,}03 \cdot 0{,}5 \cdot 1 = 538{,}09\ м^3/ч,$$

Таблица 11- Ведомость объема удаляемого воздуха

Наименование операции	Объем удаляемого воздуха, $м^3/ч$
Двухкаскадная промывка	6748,64
Электрохимическое обезжиривание	8134,96
Никелирование	10244,92
Латунирование	8549,72
Горячая промывка	5265,92
Активация	1044,8
Улавливание	538,09

7.2 Расчет трубчатых электронагревателей

Ванны, работающие с нагревом технологических растворов, снабжаются электронагревателями (ТЭН). Конструкция ТЭН отражает требования к конкретной технологической операции и выбирается исходя из конструкции гальванической ванны.

Электронагреватели не должны соприкасаться друг с другом— минимально допустимое расстояние между ТЭНами — 5 мм.

Монтаж ТЭНов, функционирующих в жидких средах, производится так, чтобы работающая (активная) часть электронагревателя всегда находилась погружённой в жидкость на необходимый уровень.

Все токоведущие части следует защитить от случайного прикосновения и от попадания влаги.

Корпус каждого нагревателя следует надёжно заземлить.

Каждый ТЭН рекомендуется подключать к сети питания через отдельный предохранитель или автоматический выключатель

Количество теплоты (кДж), которое следует подвести каждый час к ванне, при наличии принудительной вентиляции составит:

$Q=270m/\tau+610S+130000F/\tau$,

где m – масса раствора в ванне, кг;

τ – время разогрева ванны до рабочей температуры, принимается от 1 до 3 часов;

S – площадь стенок и дна ванны, $м^2$;

F– площадь зеркала раствора, $м^2$.

Для ванны промывки:

$m=V\cdot\rho$,

где V– объем раствора в ванне, $м^3$;

ρ– плотность раствора $кг/м^3$

$m=V\cdot\rho = 1,85\cdot1000=1850$ кг

$Q=270\cdot1850/2+610\cdot11+130000\cdot1/2 = 321460$ кДж,

Требуемая мощность: 321460 /3600=89,29 кВт· ч

Для ванны никелирования:

$m=V\cdot\rho$,

где V– объем раствора в ванне, $м^3$;

ρ– плотность раствора $кг/м^3$

$m=V\cdot\rho = 3,7\cdot1183=4377,1$кг

$Q=270\cdot4377,1/2+610\cdot14+130000\cdot2/2 = 729448,5$ кДж,

Требуемая мощность: 729448,5 /3600=202,64 кВт· ч

Для ванны электрохимического обезжиривания:

$m=V\cdot\rho$,

где V– объем раствора в ванне, $м^3$;

ρ– плотность раствора $кг/м^3$;

$m=V\cdot\rho = 4,114\cdot1166=4831,9$ кг

$Q=270\cdot4831,9/2+610\cdot14,72+130000\cdot2,24/2 = 806885,7$ кДж,

Требуемая мощность: 806885,7/3600=224,13 кВт· ч

Для ванны латунирования:

$m=V\cdot\rho$,

где V– объем раствора в ванне, $м^3$;

ρ– плотность раствора $кг/м^3$;

$m=V\cdot\rho = 3,7\cdot1220=4514$ кг

$Q=270\cdot4514/2+610\cdot14+130000\cdot2/2 = 747930$ кДж,

Требуемая мощность: 747930 /3600=207,76 кВт· ч

8 Экология и очистные сооружения гальванического цеха

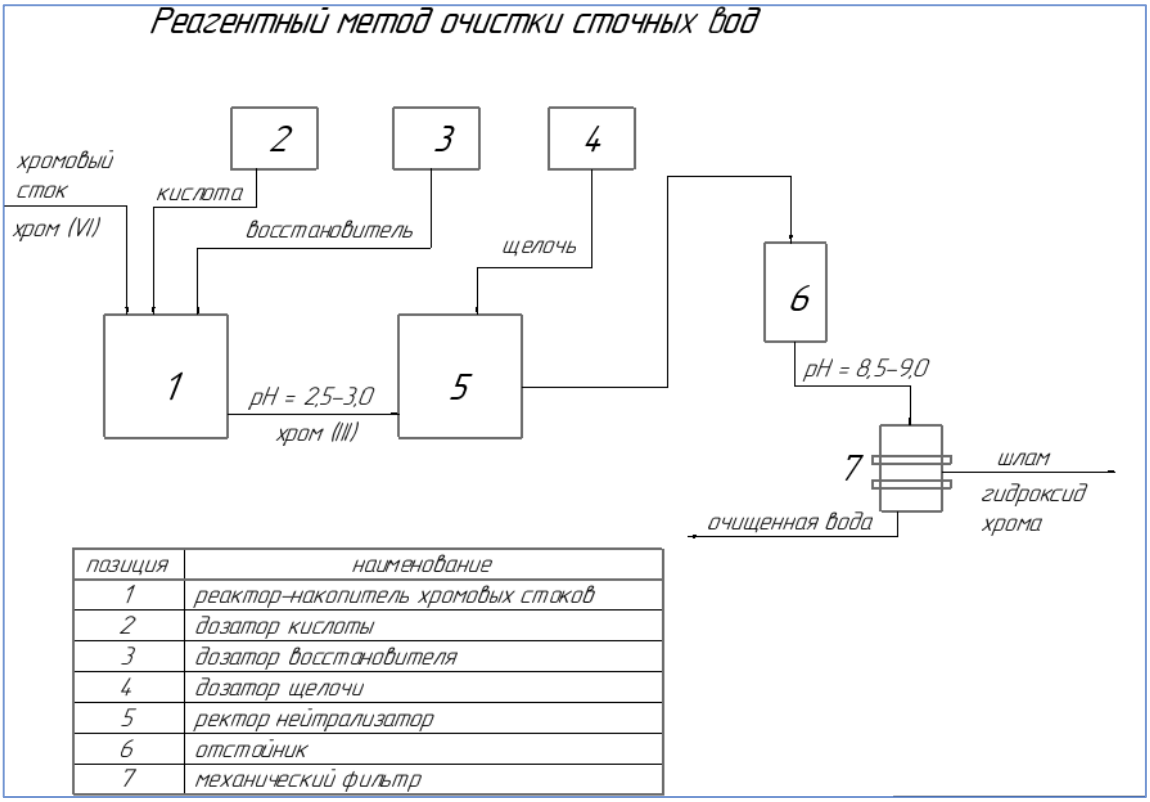
Проблемы экологического характера являются одними из самых сложных на сегодняшний день. Это связано с необходимостью реорганизации и пересмотра технологий в существующих гальванических цехах. Образующиеся сточные воды содержат высокие концентрации химических веществ, которые могут оказать пагубное влияние в случае попадания их в водоемы.

Для участка нанесения покрытия никель, латунь состав сточных вод очень разнообразен и включает в себя кислотно-основные промывные воды от основных и вспомогательных операций. Наибольшую опасность представляют никельсодержащие и медьсодержащие стоки.

Для снижения экологической опасности данной категории сточных вод на предприятии предусмотрены заводские очистные сооружения реагентного типа. Суть реагентной очистки сводится к переводу всех металлов (исключая щелочную группу) в малорастворимые и нерастворимые соединения и их отделение (фильтрация) с последующим вывозом на полигон для захоронения (рисунок 14).

Однако, следует отметить, что несмотря на низкую стоимость данного способа очистки и высокую степень извлечения токсикантов, метод имеет большое количество недостатков, связанных с тем, что происходит вторичное загрязнение стоков реактивами, добавляемыми в процессе очистки, а также экономическую нецелесообразность вторичной переработки извлекаемого шлама металлов. кроме того, вода.

Очищенная реагентным методом вода непригодна для вторичного использования в гальваническом производстве из-за высокого остаточного солесодержания, что затрудняет возможность организации замкнутых водооборотных циклов.



позиция	наименование
1	реактор-накопитель хромовых стоков
2	дозатор кислоты
3	дозатор восстановителя
4	дозатор щелочи
5	ректор нейтрализатор
6	отстойник
7	механический фильтр

Рисунок 14– Реагентный метод очистки

Более эффективным методом извлечения из сточных вод меди и никеля является электрофлотационная очистка, заключающаяся в использовании возможностей флотационного всплытия взвесей металлов и их механического удаления с поверхности раствора.

Для повышения эффективности электрофлотации в настоящее время предложено введение различных химикатов, например введение солей железа позволяет значительно ускорить процесс, также как и полиакриламид ускоряет процесс образования флотошлама и связывания отдельных компонентов. В связи с тем, что фосфаты, присутствующие в нашем электролите будут усложнять процесс извлечения металлов из стоков электрофлотаионным методом, то обязательным является последующая фильтрация отработанного раствора. Характер извлечения фосфатных соединений меди и никеля хорошо показан на примере присутствующей в растворе добавки decorrdal 40-80-2 (Авторское свидетельство RU2846723C1, 2025г.). В данном случае показано, что присутствие фосфатов крайне негативно влияет на процесс электрофлотации, однако,

последующая фильтрация позволяет повысить эффективность извлечения меди и никеля почти до 100% (рисунок 15)

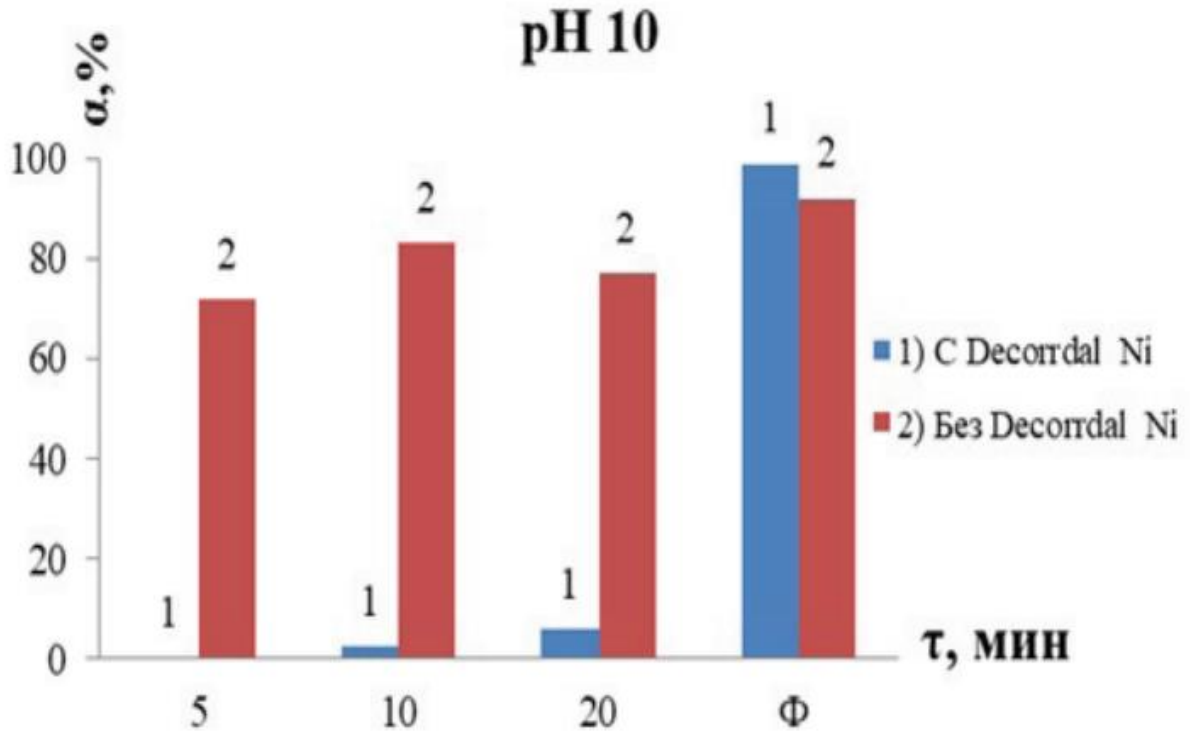


Рисунок 15 – Зависимость электрофлотационного извлечения ионов никеля, первоначальной концентрации 50 г/л в присутствии фосфорсодержащего компонента (1) и без него (2).

Таким образом, для нашего процесса можно рекомендовать электрофлотационный метод, работающий как с высокими, так и низкими концентрациями исходных компонентов с последующей фильтрацией раствора. При этом флотошлам, полученный в результате процесса будет содержать ионы меди и никеля. Которые довольно легко разделить и использовать для других процессов.

Кроме того, уже существуют технологии в строительной и металлургической индустрии, позволяющие использовать отходы гальванического производства в качестве различных добавок и присадок. А также, перспективным является использование металлсодержащих отходов гальванического производства для использовании при производстве удобрений и минеральных подкормок (композиция МиБас и др.).

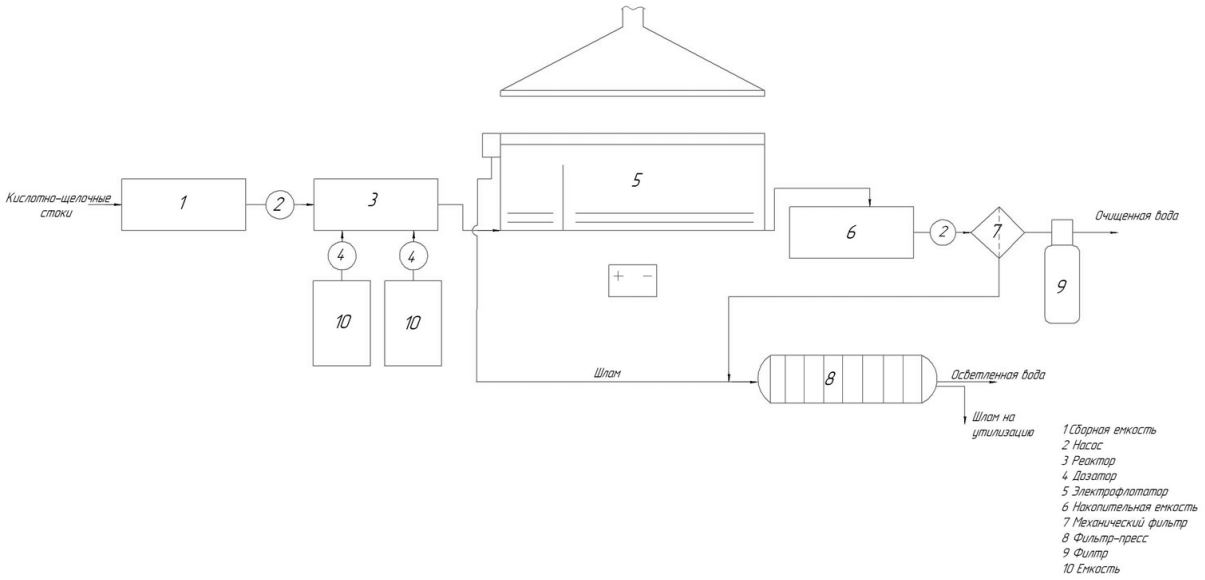


Рисунок 16 – Схема электрофлотационной очистки

Промывные и сточные воды подаются в накопительную емкость Е1. Из емкости Е1 стоки насосом Н1 подаются в реактор Р1. В реактор Р1 для предварительной обработки сточных вод дозаторами НД2 и НД3 дозируются реагенты: раствор щелочи и флокулянта. Из реактора Р1 стоки поступают на электрофлотатор ЭФ, в котором осуществляется извлечение гидроксидов тяжелых металлов. Из электрофлотатора очищенная вода поступает в сборную емкость Е3. Осветленная вода из сборной емкости Е3 подается насосом Н2 на механический фильтр КФ, и далее на доочистку ИФ, в которых происходит извлечение следовых концентраций ионов тяжелых металлов до региональных требований ПДК по сбросам. После очистки вода сбрасывается в канализацию, либо может быть частично возвращена в технологический цикл на повторное использование для технических нужд предприятия

Шлам подается для обезвоживания на фильтр-пресс ФП. Обезвоженный шлам влажностью не более 70% утилизируется.

Таким образом, применение комплексного подхода к очистке и утилизации сточных вод гальванического производства является не только экономить ценные металлы и возвращать отработанную воду в технологический процесс, но и поддерживать экологическое благополучие окружающей среды.

9 Экономическая часть

Расчет себестоимости детали складывается из всех затрат на её изготовление. Затраты на основные материалы приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Затраты на основные материалы

Наименование операции	Наименование химиката	Годовая потребность, кг	Цена за 1 кг, руб*	Сумма, руб
Обезжиривание электрохимическое	Натр едкий технический	144,45	254	36690,3
	Сода кальцинированная	240,75	315	75836,25
	Тринатрийфосфат	385,2	575	221490
	Стекло натриевое жидкое	38,52	90	3466,8
	Аноды стальные	31,16	180	5608,8
Промывка 2 операции	Вода водопроводная	46,34 $м^3$	33,61р/$м^3$	1557,49
Активация	Кислота соляная	351,75	266	93565,5
Промывка 3 операции	Вода водопроводная	390,61 $м^3$	33,61р/$м^3$	13128,4
Никелирование	Никель сернокислый	1885,3	1385	2611140,5
	Никель хлористый	388,15	2248	872561,2
	Магний сернокислый	443,6	185	82066
	Кислота борная	304,98	382	116502,36
	Аноды никелевые	1155,73	5810	6714791,3
Улавливание	Вода дистиллированная	88,67 $м^3$	3000 р/$м^3$	266010
Промывки каскад	Вода водопроводная	411,68 $м^3$	33,61р/$м^3$	13836,56
Латунирование	Медь сернокислая	27,16	638	17328,08
	Натрий пирофосфорнокислый	276,65	374,4	103577,76
	Цинк сернокислый	10,06	505	5080,3
	Сода кальцинированная	352,1	315	110911,5
	Кислота щавелевая	75,45	245	18485,25
	Аноды латунные	1272,32	2037	2591715,84
Промывка 3 операции	Вода водопроводная	478,31 $м^3$	33,61р/$м^3$	16076
Итого				13991426,19
Транспортно-заготовительные расходы (3%)				419742,79
Всего				14411168,98

*Цены на реактивы актуальны на 26.02.2026 года https://rushim.ru//

Стоимость воды взята для города Пензы, для промышленных предприятий: *https://uprgkh.pnzreg.ru/Тарифы%20в%20сфере%20водоснабжения%20и%20водоотведения%20на%202025%20год.pdf*

Расчет стоимости покупных комплектующих изделий и полуфабрикатов (они же вспомогательные материалы – принимаем равные 3-5% от основных материалов)

Комплектующие = 576446,76 руб.

Затраты на силовую электроэнергию по каждой технологической операции рассчитываются по формуле:

$$З_э = N_{УМ} F_Д Ц_э \beta_д \beta_{ЗО},$$

где $Ц_э$ - цена 1 кВт электроэнергии, руб.; $N_{УМ}$ - установленная мощность электродвигателя оборудования, кВч. (берется из техпаспорта оборудования); $\beta_Д$ - коэффициент, учитывающий загрузку оборудования, одновременность работы электродвигателей, потери электроэнергии в сети, КПД электродвигателя оборудования, (0.75…0.8); $\beta_{ЗО}$ – коэффициент занятости оборудования (0.6…1).

У нас 5 выпрямителей (2 ванны никелирования, ванна эл.хим. обезжиривания и 2 ванны латунирования), мощностью 19,2, 19,2, 24, 4,8, 4,8 кВт соответственно. Фонд работы оборудования 2030 ч. Информация о стоимости 1 кВт для г. Пензы (для промышленных объектов) взята с официального сайта https://enerone.ru/articles/cena-na-elektroenergiyu-dlya-predpriyatij-v-2026-g/ и составила 10,62 руб/кВт·ч.

$З_э$=(19,2·+19,2·+24+4,8+4,8)·2030·10,62·0,75·0,6= 698498,64 руб

Трудоемкость детали-представителя определяют по формуле [3, с. 4]:

$$T_e = \frac{T_u}{60}$$

где T_e - трудоемкость детали-представителя, нормо-час.;

$T_ц$ - трудоемкость изготовления, мин.

Te=1/60=0,02;

Te=10/60=0,17 (10 анодов, т.к. 5 ванн по 2 анода);

Te=86/60=1,43;

Te=86/60=1,43;

Те=8,5/60=0,14;

Те=3,5/60=0,06;

Те=20/60=0,3;

Те=6,5/60=0,11.

Средняя заработная плата гальваника 2 разряда в г. Пенза до вычета налога составляет 41864 руб, 4 разряда – 54737, 6 разряд- 60354 (на примере АО «Радиозавод»). Фонд времени -2030 ч в год.

Часовая ставка 2 разряда = 41864/(2030/12)=247,48 руб/час;

Часовая ставка 4 разряда = 54737/(2030/12)=323,58 руб/час;

Часовая ставка 6 разряда = 60354/(2030/12)=358,79 руб/час.

Таблица 16- Расчет затрат на заработную плату

Наименований операций	Разряд работ	Трудоемкость, Нормо-час	Часовые тарифные ставки, руб	Заработная плата по тарифу, руб./изд
Завешивание и снятие деталей	2	0,02	247,48	4,95
Завешивание и замена анодов	2	0,17	247,48	42,07
Обслуживание ванн	4	1,43	323,58	462,72
Наладка и контроль тех.процесса	6	1,43	358,79	513,07
Наладка параметров автооператора	6	0,14	358,79	50,23
Контроль качества покрытия	4	0,06	323,58	19,41
Анализ электролитов	4	0,3	323,58	97,07
Последующее сопровождение деталей (упаковка и тд.)	4	0,11	323,58	35,59
Итого		3,23		1225,11

Среднюю часовую тарифную ставку определяют по формуле:

$$l_{\text{ср.ч.}} = \frac{\Sigma\, l^i \cdot t^i}{\Sigma t^i},$$

где l^i - часовая тарифная ставка оплаты труда на i-ой операции, руб.;

t^i- трудоемкость i-ой операции, нормо-часов.

$\Sigma\, l^i \cdot t^i$ = 247,48 ·0,02 +247,48 ·0,17 + 323,58 ·1,43+ 358,79·1,43 + 358,79 ·0,14 + 323,58 ·0,06 + 323,58 ·0,3 + 323,58 ·0,11 = 1225,11 руб;

Σt^i=0,02+0,17 + 1,43+1,43 + 0,14 + 0,06 + 0,3 + 0,11 = 3,66 норм-часов;

$L_{ср.ч}$=1225,11/3,66=334,73.

Заработную плату по тарифу определяют по формуле:

$ЗП_т = l_{ср.ч} \cdot Т_е$;

$ЗП_т = l_{ср.ч} \cdot Т_е$ = 334,73· 0,02 = 6,69 руб;

$ЗП_т = l_{ср.ч} \cdot Т_е$ = 334,73· 0,17 = 56,90 руб;

$ЗП_т = l_{ср.ч} \cdot Т_е$ = 334,73· 1,43 = 478, 66 руб;

$ЗП_т = l_{ср.ч} \cdot Т_е$ = 334,73· 1,43 = 478, 66 руб;

$ЗП_т = l_{ср.ч} \cdot Т_е$ = 334,73· 0,14 = 46,86 руб;

$ЗП_т = l_{ср.ч} \cdot Т_е$ = 334,73· 0,06= 20,08 руб;

$ЗП_т = l_{ср.ч} \cdot Т_е$ = 334,73· 0,3 = 100,42 руб;

$ЗП_т = l_{ср.ч} \cdot Т_е$ = 334,73· 0,11 = 36,82 руб.

Заработную плату по тарифу на изделие определяют по формуле:

$$ЗП_Т^{изд} = \frac{ЗП_Т \cdot 100}{Уд.вес_{Д-П}};$$

$ЗПт^{изд}$=1225,09·100/10=12250,9 руб.

Таблица 17 - Расчет заработной платы по тарифу производственных рабочих по изделиям

Изделия	Средняя часовая тарифная ставка, руб./ч.	Заработная плата по тарифу, руб./изд.	Удельный вес заработной платы детали-представителя в заработной плате на изделие, %	Заработная плата по тарифу на изделие, руб./мес
Угольник	334,73	1225,09	10	12250,9

Величина премиальных выплат производственным рабочим определяется по формуле:

$З_{пр}^{изд} = К \cdot ЗП_т^{изд}$,

где К – коэффициент премиальных выплат;

$З_т^{изд}$ - оплата труда производственных рабочих по тарифу, руб.

$З_{пр}^{изд}$ = 40 · 12250,9/100 = 4900,36 руб.

Основную заработную плату производственных рабочих на изделие вычисляем по формуле:

$З_{оо\ мес}^{изд} = З_{т}^{изд} + З_{пр}^{изд}$;

$З_{оо\ мес}^{изд}$ = 12250,9+4900,36 = 17151,26 руб/мес.

В год:

$З_{оо}^{изд}$ =17151,26 · 12=205815,12 руб/год.

Дополнительная оплата труда производственных рабочих $З_{т}^{изд}$ определяется по формуле:

$З_{до}^{изд} = З_{оо}^{изд} \cdot а /100\%$,

где *а* – процент дополнительной оплаты труда, %.

$З_{до}^{изд}$ = 205815,12 · 15 /100% = 30872,27 руб.

Вознаграждение за выслугу лет $З_{вл}^{изд}$ определяются по формуле:

$З_{вл}^{изд} = З_{оо}^{изд} \cdot с /100\%$,

где с – процент надбавки к основной оплате труда за выслугу лет, %.

За выслугу:

$З_{вл}^{изд}$ = 205815,12 · · 12 /100% = 24697,81 руб.

Затраты на оплату труда производственных рабочих на изделие определяют по формуле:

$З_{от}^{изд} = З_{оо}^{изд} + З_{до}^{изд} + З_{вл}^{изд}$;

$З_{от}^{изд}$ = 205815,12 + 30872,27 + 24697,81 = 261385,2 руб.

Таблица 18 - Расчет основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих на изделие

Изделие	Заработная плата по тарифу, руб./изд	Премии рабочим		Основная заработная плата, руб./изд	Дополнительная заработная плата, руб./изд		Доплата за выслугу лет		Затраты на оплату труда производ-ственных рабочих, руб./изд
		%	Сумма, руб		%	Сумма, руб	%	Сумма, руб	
Корпус	12250,9	40	4900,36	205815,12	15	30872,27	12	24697,81	261385,2

Далее рассчитываем отчисления на социальные нужды на единицу изделия.

Отчисления на социальные нужды включают прямые страховые выплаты:

- пенсионный фонд РФ: - 22%;

- фонд социального страхования – 2,9%;

- фонд обязательного медицинского страхования – 5,1%.

Таблица 19 - Расчет отчислений на социальные нужды на единицу изделия

Изделие	Затраты на оплату труда производ-ственных рабочих, руб./изд.	Отчисления						Итого, руб./изд
		ПФ		ФСС		ФОМС		
		%	Сумма, руб	%	Сумма, руб	%	Сумма, руб	
Корпус	261385,2	22	57504,74	2,9	7580,17	5,1	13330,65	78415,56

Расчет общепроизводственных и общехозяйственных расходов на единицу продукции производиться по формулам:

$$Р_{пр}^{изд} = \frac{\alpha_{пр} \cdot З_{оо}^{изд}}{100};$$

$$Р_{ох}^{изд} = \frac{\alpha_{ох} \cdot З_{оо}^{изд}}{100},$$

где $\alpha_{пр}$- процент общепроизводственных расходов, %;

$\alpha_{ох}$- процент общехозяйственных расходов, %.

для изделия:

$Р_{пр}^{изд}$=91·261385,2 /100= 237860,53 руб;

$Р_{ох}^{изд}$=132·261385,2 /100=345028,46 руб.

Таблица 20 - Расчет общепроизводственных и общехозяйственных расходов на единицу продукции

Изделие	Основная заработная плата производственных рабочих, руб	Общепроизводственные расходы		Общехозяйственные расходы	
		%	Сумма, руб	%	Сумма, руб
Корпус	261385,2	91	237860,53	132	345028,46

Производственная себестоимость изделия – это совокупность затрат непосредственно (прямо) связанных с технологическим процессом. Производственная себестоимость изделия определяется по формуле:

$$С_{пр}^{изд} = М + П + З_э + З_{оо}^{изд} + З_{до}^{изд} + З_{вл}^{изд} + О_{сн} + Р_{по} + Р_{пр} + Р_{ох},$$

где М – затраты на основные материалы, руб.;

П – стоимость покупных комплектующих и полуфабрикатов, руб.;

$З_{оо}^{изд}$ - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$З_д^{изд} З_д^{изд}$ – дополнительная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$З_{вл}^{изд}$ - вознаграждение за выслугу лет, руб.;

$О_{сн}$ - отчисления на социальные нужды, руб.;

$Э_т$ - затраты на электроэнергию на технологические цели, руб.;

$Р_{по}$ - расходы на амортизацию оборудования (по данным завода), руб.;

$Р_{пр}$ - общепроизводственные расходы, руб.;

$Р_{ох}$- общехозяйственные расходы, руб.

Для нашего изделия:

$С_{пр}^{изд}$ = 14411168,98+ 576446,76 + 698498,64 + 205815,12 + 30872,27 + 24697,81 + 78415,56+194232,86+ 237860,53 +345028,46 = 16803036,99 руб.

Таблица 21 - Плановая калькуляция себестоимости изделий

Статьи калькуляции	Сумма, руб.
1. Сырье, основные материалы, транспортно-заготовительные расходы	14411168,98
2. Покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты	576446,76
3. Электроэнергия на технологические цели	698498,64
4. Основная заработная плата производственных рабочих	205815,12
5. Дополнительная заработная плата производственных рабочих	30872,27
6. Вознаграждение за выслугу лет	24697,81
7. Отчисления на социальные нужды	78415,56
8. Амортизационные отчисления	194232,86
9. Общепроизводственные расходы	237860,53
10. Общехозяйственные расходы	345028,46
Итого себестоимость годовая	16803036,99

В пересчете на одно изделие (корпус):

16803036,99 / (10000/0,136)=228,52 руб.

10 Безопасность жизнедеятельности

10.1 Опасные и вредные факторы гальванического производства

Гальваническое производство сопряжено с использованием концентрированных и разбавленных кислот, щелочей и солей минерального или органического происхождения. При этом, производственные процессы сопровождаются выделением паров и газов, в воздухе возможно присутствие мелкодисперсных аэрозолей. Таким образом присутствие химически опасных и вредных компонентов требует повышенного внимания к соблюдению требований по охране труда.

Наличие вредных факторов производства, особенно актуально для гальванического производства, поэтому именно на минимизацию их воздействия направлены основные задачи в рамках охраны труда. К основным вредным факторам, имеющим место в гальваническом производстве относят:

– загазованность, наличие аэрозолей, взвесей, химически активной мелкодисперсной фракции и т.д. на складских участках, во вспомогательных производственных помещениях (узел корректировки и приготовления растворов, лаборатории химического контроля, участки аспирации и т.д.);

– испарения от основного гальванического оборудования (кислотно-щелочные выделения, не уловленные бортовыми отсосами, а также наличие паров и газов при заполнении емкостей, проливах, неплотностях коммуникаций и т.д.);

– испарения от вспомогательного оборудования, включая оборудование, использующее СОЖ (смазочно-охлаждающие жидкости, эмульсол и т.д.);

– наличие электромагнитных излучений от работающего оборудования;

– наличие шумового загрязнения в основных и вспомогательных цехах;

– повышенная влажность воздуха в основных производственных цехах и другие особенности микроклимата в помещениях гальванического производства.

К основным опасным факторам производства можно отнести наличие движущихся систем, подвижного оборудования (автооператоры, транспортные системы, автокары и т.д.), а также непосредственные работы на эстакаде с основным технологическим оборудованием, высотой около 1метра. Кроме того, повышенные производственные риски связаны с использованием электрооборудования основного гальванического производства и вспомогательных цехов [3] и применением нагрева технологических растворов.

Необходимым условием выполнения требований законодательства РФ в области охраны труда для гальванического производства является наличие на объекте действующей и постоянно совершенствующейся системы управления охраной труда (СУОТ).

Рисунок 17– Схема взаимосвязей при внедрении СУОТ

Немаловажным фактором является также внедрение на гальваническом производстве риск-ориентированной модели управления. Данная модель подразумевает вовлечение всего персонала производственных участков в

выявление опасностей. их идентификацию и, соответственно, минимизацию возможных факторов риска для человека.

Работа над совершенствованием системы управления охраной труда – это комплексная задача. Охватывающая всё предприятие в целом. СУОТ-это не отдельная управленческая надстройка, а органически вписанная структура во все основные производственные процессы. Управление охраной труда включает в себя определенный перечень мероприятий, заранее спланированных, имеющих ответственных исполнителей, конкретные достижимые сроки, а также возможность проведения корректировки в случае необходимости. Корректирующие и предупреждающие действия для СУОТ являются необходимым инструментом оптимизации работы всей системы в целом.

В решение задач СУОТ вовлекается весь коллектив предприятия с соответствующим распределением функций. Одной из целей СУОТ является минимизация вредных и опасных факторов производства. Для этого могут применяться методы инженерно-технического характера, связанные как с модернизацией производственного оборудования, так и с изменением технологического процесса, включая изменение состава используемых растворов-электролитов, а также меры административно-управленческого вида, сочетающие в себе возможности административного ресурса, разъяснительную работу, а также принципы менеджмента и управления персоналом.

Снижение вероятности негативного воздействия вредных и опасных факторов достигается также использованием средств групповой и индивидуальной защиты.

К групповым методам защиты персонала в гальваническом производстве относят средства обеспечения 4-х или 6-ти кратного воздухообмена, наличие над основным оборудованием бортовых отсосов, знаки безопасности, ограничители и т.д. К индивидуальным средствам защиты относят вещи, предметы и устройства, позволяющие исключить или минимизировать риск воздействия вредного или

опасного фактора. Средства индивидуальной защиты (СИЗ) выдаются рабочим за счет средств работодателя и регулярно обновляются.

Таблица 22 – Требования по виду и количеству СИЗ

Вид СИЗ	Единица изм., шт
Костюм для защиты от растворов кислот и щелочей	1
Фартук для защиты от растворов кислот и щелочей	3
Белье нательное	2 комплекта
Ботинки кожаные с защитным подноском	1 пара
Сапоги кожаные с защитным подноском	1 пара
Сапоги резиновые с защитным подноском	1 пара
Перчатки кислотощелочестойкие	12 пар
Перчатки с полимерным покрытием	12 пар
Вкладыши противошумные	до износа
Очки защитные	до износа
Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противоаэрозольное	до износа
Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противогазовое	до износа

Минимизация последствий воздействия вредных факторов гальванического производства достигается также грамотно выстроенной системой медицинского обслуживания, режимом отдыха и работы, проведением профилактических мероприятий.

10.2. Правила безопасности при работе в гальваническом цехе

Гальваническое производство требует тщательного подбора персонала, включая проведение предварительного и регулярного медицинского контроля, ограничение допуска к работе беременных женщин и лиц с профессиональными заболеваниями (предусматривается перевод данных категорий работников на иную работу). Требованиями по охране труда предусмотрен запрет на использование труда несовершеннолетних в гальванических цехах. А также имеются нормативно-правовые документы регламентирующие порядок работы на каждом из участков производства. Инструктивные документы (инструкции, приказы и распоряжения по охране труда) внутреннего (внутрипроизводственного) характера должны базироваться на законодательных документах государственного и регионального уровня.

На предприятии создается служба по охране труда. Во главе службы по охране труда находится специалист с базовым профессиональным образованием в области «Техносферная безопасность».

Безопасность персонала обеспечивается наличием групповых и индивидуальных средств защиты, развитой системой СУОТ, включающей во взаимодействие весь персонала и финансовое обеспечение планируемых мероприятий. Систематическая работа над совершенствованием систем обеспечения безопасности сводится не только к вопросам инженерного характера и технологической модификации процессов производства, а также затрагивает подготовку персонала, повышение его квалификации в области охраны труда. Внедрение риск-ориентированных технологий при проведении подготовки сотрудников значительно снижает вероятность возникновения нештатной ситуации и таким образом повышает безопасность работ в целом.

Основные правила по охране труда изложены в соответствующих инструкциях по каждому из рабочих мест. Данные инструкции должны находиться в доступных для работника местах и систематически пересматриваться с учетом изменений, происходящих с оборудованием или

технологическим процессом. Работники должны быть ознакомлены с актуализированными документами (инструкциями) «под роспись». Знания работников в области обеспечения безопасности на рабочих местах должны постоянно проверяться, а сотрудники должны проходить соответствующие инструктажи. Журнал с результатами проведения инструктажей хранится в сейфе и подлежит предъявлению в случаях прохождения организацией плановых и внеплановых проверок. Ненадлежащее ведение внутрипроизводственной документации по охране труда считается грубым нарушением и в комплексе с иными нарушениями, выявленными в ходе проверки на рабочих местах, может привести к приостановлению деятельности производственного объекта.

Правила охраны труда и техники безопасности включают в себя перечень основных положений, непосредственно связанных с профессиональной деятельностью на конкретном рабочем месте, а также общий свод требований по обеспечению безопасности на объекте.

Гальваническое производство имеет ряд специфических особенностей, связанных с использованием большого разнообразия химически активных веществ, а также оборудования с высокими мощностными показателями. Правила охраны труда предусматривают не только ознакомление работников с требованиями, но и накладывают обязательства по их выполнению.

Необходимость соблюдения требований по охране труда связана с наличием высоких производственных рисков гальванического производства и требованиями законодательства РФ по сохранению жизни и здоровья персонала.

Возможности предприятия по обеспечению средствами индивидуальной защиты финансово поддерживаются на государственном уровне и в 2025 году на данные нужды были выделены субсидии, перекрывающие потребности предприятий на 20%. Данная мера поддержки позволяет производственным объектам своевременно обновлять СИЗ и направлять средства на модернизацию систем обеспечения безопасности на рабочих местах.

Рабочие обеспечиваются спецодеждой: резиновыми сапогами, фартуками, резиновыми перчатками и халатами, пользование которыми разрешается только в рабочее время. В нерабочее время спецодежда должна храниться в отведенных для этой цели шкафчиках в отдельных помещениях.

Воспрещается курение и прием пищи у рабочего места.

При несчастном случае – отравлении, ожоге, ранении – работающий должен немедленно заявить об этом мастеру или начальнику цеха и обратиться за помощью в медпункт.

Чистку штанг и анода следует производить во влажном состоянии, смачивая щетки водой.

При выполнении операции обезжиривания в органических растворителях следует иметь в виду пожаро- и взрывоопасность растворителей, а также их токсичность. Поэтому работать с растворителей можно только при включенной вентиляции.

Растворители должны храниться в специальной таре с плотно закрытыми крышками.

При травлении следует принимать следующие меры предосторожности:

- приготовление травильных растворов необходимо производить при включенной вентиляции. Для защиты глаз от случайного попадания брызг кислоты следует пользоваться защитными очками;

- для приготовления растворов кислоту добавляют в холодную воду (а не наоборот) небольшими порциями при помешивании. При составлении смеси кислот в воду добавляют сначала соляную, затем азотную и в последнюю очередь серную кислоту;

- случайно пролитую на пол или оборудование кислоту следует немедленно смыть водопроводной водой, а затем остатки ее нейтрализовать кальцинированной содой. Пролитую щелочь достаточно смыть только водой.

Не допускается соприкосновение не защищенных перчатками рук с электролитом.

Для предохранения оборудования от аварий, вызванных токами короткого замыкания, на распределительном щите устанавливается автоматическое реле, мгновенно отключающее участок электросети, на которых произошло замыкание.

Заключение

Особенности нанесения электролитического покрытия никель, латунь требуют высокой культуры производства и соблюдения требований по охране труда. Использование на одной технологической линии солей никеля, меди и цинка усложняет процесс локальной очистки стоков и требует комплексного подхода к очистке сточных вод. Дальнейшее развитие технологии нанесения данного покрытия возможно по пути замены высококонцентрированных растворов-электролитов никелирования и создание максимально замкнутых водооборотных циклов.

В процессе работы была произведена разработка технологии нанесения покрытия, выполнены основные конструкционные расчеты, разработаны вопросы экологической безопасности, проведен анализ вредных и опасных производственных факторов безопасности жизнедеятельности.

Комплексный подход к анализу и разработке конструкторско-технологической документации в данной работе позволил подобрать стандартизованное оборудование на базе заданной производительности линии. Систематизация данных по нанесению данного покрытия позволила создать технологическую документацию по методам контроля электролита и технологических растворов, а также показать способы устранения возникающих неполадок и дефектов в ходе электролиза.

Кроме того, в работе проведен расчет себестоимости покрытия и сделаны выводы о важности внедрения системы управления охраной труда на гальваническом производстве.

Таким образом, полученные в данной работе данные могут быть использованы для создания участка процесса нанесения покрытия никель, латунь. Данная тема крайне актуальна в связи с высокой востребованностью данного покрытия и расширением сферы его применения.

Список используемых источников

1. ГОСТ 23738-85 Ванны автооператорных линий для химической, электрохимической обработки поверхности и получения покрытий. Основные параметры и размеры (в актуализации от 01.07.2023).
2. Приказ Министерства труда №903н от 15 декабря 2020 года «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»
3. Асеев, Г. Е. Электробезопасность. Автоматическое отключение питания. Защитное зануление : учебное пособие / Г. Е. Асеев, А. М. Парахин. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2025. - 88 с.
4. Богуцкий В.Б. Проектирование машиностроительного производства: Метод. указания к практическим работам для студентов направления подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машино-строительных производств» по дисциплине «Проектирование машиностроительного производства». Часть I / Сост. В.Б. Богуцкий, – Севастополь: СевГУ, 2019. – 43 с
5. Виноградов С.Н., Виноградов О.С., Таранцев К.В. Гальванические покрытия металлами. Ч.1. – Пенза: Из-во ПГУ, 2008 – 184с.
6. Виноградов С.Н., Таранцев К.В., Мальцева Г.Н. Дипломное проектирование по специальности 25.03 «Технологии электрохимических производств». – Пенза: Из-во ПГУ, 2000 – 88с.
7. Виноградов С.Н., Таранцев К.В., Перелыгин Ю.П., Колганов А.А. Типовое оборудование отрасли. – Пенза: Из-во ПГУ, 2005 – 86с.
8. Гамбург Ю. Д. Теория и практика электроосаждения металлов: учебное пособие / Ю. Д.Гамбург, Дж. Зангари. - 2-е изд. – М.: Лаборатория знаний, 2020. - 441 с.
9. Гамбург, Ю. Д. Гальванические покрытия. Технологии, храктеристики, применения : учебно-справочное руководство / Ю. Д. Гамбург. - 2-е изд. перераб. и доп. - Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2026. - 237 с.

10. Гремчук, В. А. Особенности электроосаждения латуни из водных растворов // Молодой ученый. — 2023. — № 19 (466). — С. 135-137

11. Закирова Л. И., Сибилева С. В., Демин С. А., Дуюнова В. А. Исследование гальванических покрытий коррозионностойких сталей для предотвращения контактной коррозии// Труды ВИАМ, №9, 2024.-С.42-53.

12. Ефремов, Б. Н. Латуни. От фазового строения к структуре и свойствам: монография / Б.Н. Ефремов. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 314 с.

13. Кафаров В.В. Принципы создания безотходных химических производств. – М.: Химия, 1988. – 288 с.

14. Клепиков, В. В. Автоматизация производственных процессов: учебное пособие / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, А.Г. Схиртладзе. — Москва: ИНФРА-М, 2025. — 208 с.

15. Луканин А. В. Инженерная экология: процессы и аппараты очистки сточных вод и переработки осадков: учебное пособие / А. В. Луканин. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 605 с.

16. Ложкина, Е. А. Выбор методов контроля качества стальных заготовок и деталей: учебное пособие / Е. А. Ложкина, А. И. Попелюх. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2025. - 80 с.

17. Мамаев В. И., Кудрявцев В. Н. Никелирование: учебное пособие. Под ред. В. Н. Кудрявцева. – М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2014. – 192 с.

18. Новиков А.Е. Гибкие автоматизированные гальванические линии: хрестоматия / сост.: А.Е. Новиков, А.Б. Даринцева – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2006. – 221 с.

19. Овчинников В. В. Технология нанесения и свойства функциональных покрытий : учебник / В. В. Овчинников, М. А. Гуреева, Н. А. Олефиренко, А. Г. Сбитнев. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. - 260 с.

20. Пеганова Н.В. Электроосаждение никеля из разбавленных по металлу ацетатно-хлоридных электролитов никелирования в условиях стационарного и импульсного режимов электролиза: диссертация к.х.н.: 05.17.03, Москва, 2008

21. Радкевич М.М. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки в машиностроении: учебник / М. М. Радкевич, В. И. Никифоров, Ю. М. Барон [и др.]. – М; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. - 532 с.

22. Сапронова Л. В. Электроосаждение никеля из водных растворов, содержащих аминокарбоновые и карбоновые кислоты: автореферат дис. кандидата химических наук: 02.00.05 — Воронеж, 2016. — 18 с.

23. Перелыгин Ю.П., Киреев С.Ю., Киреева С. Н., Липовский В. В., Ягниченко Н. В. Способ нанесения гальванических покрытий никелем/Патент C25D3/12, 2007.

24. Фирстов А. П. Коррозия и антикоррозионная защита: учебно-методическое пособие /А. П. Фирстов. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. - 72 с.

25. Чернявина, В. В. Основы получения металлических и других покрытий : учебное пособие / В. В. Чернявина ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2025. - 79 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Сводная ведомость расхода химикатов и электродов

Наименование операции	Наименование химиката	ГОСТ или ТУ	Расход на 1 кв.м	Обрабатываемая поверхность, кв. м/год	Расход на пуск, кг	Расход на годовую программу, кг	Годовая потребность, кг
Обезжиривание электрохимическое	Натр едкий технический	ГОСТ Р 55064-2012	0,014	10000, с учетом брака 10300	67,2	77,25	144,45
	Сода кальцинированная	ГОСТ 5100-85	0,023		112	128,75	240,75
	Тринатрийфосфат	ГОСТ 201-76	0,037		179,2	206	385,2
	Стекло натриевое жидкое	ГОСТ 13078–2021	0,004		17,92	20,6	38,52
	Аноды стальные	ГОСТ 16523-89	0,003		28,33	2,83	31,16
Активация	Кислота соляная	ГОСТ 857-95	0,034		120	231,75	351,75
	ИЛИ кислота серная*	ГОСТ 2184-2013	0,034		120	231,75	351,75
Никелирование	Никель сернокислый	ГОСТ 4465-2016	0,183		1360	525,3	1885,3
	Никель хлористый	ГОСТ 4038-79	0,038		280	108,15	388,15
	Магний сернокислый	ГОСТ 4523-77	0,043		320	123,6	443,6
	Кислота борная	ГОСТ 18704-78	0,03		220	84,98	304,98
	Аноды никелевые	ГОСТ 2132-2015	0,112		0,431	1155,3	1155,73
Латунирование	Медь сернокислая	ГОСТ 19347-84	0,003		21,5	5,56	27,16
	Натрий пирофосфорнокислый	ГОСТ 342-77	0,027		220	56,65	276,65
	Цинк сернокислый	ГОСТ 4174-77	0,001		8	2,06	10,06
	Сода кальцинированная	ГОСТ 5100-85	0,034		280	72,1	352,1
	Кислота щавелевая	ГОСТ 22180-76	0,007		60	15,45	75,45
	Аноды латунные	ГОСТ 2208-2007	0,124		0,475	1271,84	1272,32

*Реактив по выбору. При расчете экономических затрат на производство выбирается один из возможных вариантов. В нашем случае выбрана кислота соляная.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Технологическая карта процесса

№	Наименование и содержание операции	Оборудование	Состав растворов и материалов		Режим работы			
			Наименование, марка	Количество, г/л	Температура,°С	Плотность тока, А/м^2	Напряжение, В	Время выдержки, мин
005	Монтажная. Смонтировать детали на подвеску	Подвеска рамная						
010	Монтажная. Монтаж подвески на штангу							
015	Обезжиривание электрохимическое. Подавать ток переменной полярности: катодный период 2-3 мин., анодный 1 мин.. Производить до полного смачивания водой.	Ванна стальная футерованная пластиком ОСТ6-19-503-79. Электрооборудована, с подводом вентиляции, воды и пара.	Натр. едкий технический ГОСТ 2263-79 Сода кальцинированная ГОСТ 5100-85 Тринатрийфосфот ГОСТ 201-76 Стекло натриевое жидкое ГОСТ 13078-81 Аноды стальные ГОСТ 16523-89	10-20 20-30 30-50 3-5	80±10	2-10	6-12	3-5
020	Промывка. Помыть горячей водой	Ванна стальная с подводом вентиляции, сжатого воздуха, воды и пара	Вода водопроводная ГОСТ Р51232-98		60-90			0,25-0,5
025	Промывка. Промыть холодной водой	Ванна стальная с подводом вентиляции, сжатого воздуха и воды	Вода водопроводная ГОСТ Р51232-98		15-25			0,25-0,5
030	Активация активировать	Ванна стальная футерованная пластиком ОСТ6-19-503-79. С подводом вентиляции	Кислота соляная ГОСТ 857-95 или Кислота серная ГОСТ 2184-77	50-100 50-100	15-25			0,15-1,0
035	Промывка каскадная. Промыть в теплой воде. Промыть в холодной воде	Ванна стальная с подводом вентиляции, сжатого воздуха, воды и пара	Вода водопроводная ГОСТ Р51232-98		60-90 15-25			0,25-0,5 0,25-0,5
040	Промывка. Помыть горячей водой	Ванна стальная с подводом вентиляции, сжатого	Вода водопроводная ГОСТ Р51232-98		60-90			0,25-0,5

№	Наименование и содержание операции	Оборудование	Состав растворов и материалов		Режим работы			
			Наименование, марка	Количество, г/л	Температура,°С	Плотность тока, А/м^2	Напряжение, В	Время выдержки, мин
		воздуха, воды и пара						
045	Промывка. Промыть холодной водой	Ванна стальная с подводом вентиляции, сжатого воздуха и воды	Вода водопроводная ГОСТ Р51232-98		15-25			0,25-0,5
050	Никелирование электрохимическое	Ванна стальная футерованная пластиком ОСТ6-19-503-79. Электрообору-дована, с подводом вентиляции, воды и пара.	Никель сернокислый ГОСТ 2665-2021 Никель хлористый ГОСТ 4038-79 Магний сернокислый ГОСТ 4523-77 Кислота борная ГОСТ 9656-75 Аноды никелевые НПА1 ГОСТ 2132-90	140-200 30-40 30-50 25-30	40-50	1,5-3,5	6-12	17,6
055	Улавливание	Ванна стальная футерованная пластиком ОСТ6-19-503-79. С подводом вентиляции, воды	Вода дистиллированная		15-25			0,25-0,5
060	Промывка каскадная. Промыть в теплой воде. Промыть в холодной воде	Ванна стальная с подводом вентиляции, сжатого воздуха, воды и пара	Вода водопроводная ГОСТ Р51232-98		60-90 15-25			0,25-0,5 0,25-0,5
065	Промывка. Помыть горячей водой	Ванна стальная с подводом вентиляции, сжатого воздуха, воды и пара	Вода водопроводная ГОСТ Р51232-98		60-90			0,25-0,5
070	Промывка. Промыть холодной водой	Ванна стальная с подводом вентиляции, сжатого воздуха и воды	Вода водопроводная ГОСТ Р51232-98		15-25			0,25-0,5
075	Латунирование	Ванна стальная футерованная	Цинк сернокислый ГОСТ 4174-77 Медь сернокислая	0,8-1,2	18-30	0,5-1,0	6-12	65,33

№	Наименование и содержание операции	Оборудование	Состав растворов и материалов		Режим работы			
			Наименование, марка	Количество, г/л	Температура,°С	Плотность тока, А/м^2	Напряжение, В	Время выдержки, мин
		пластиком ОСТ6-19-503-79. С подводом вентиляции, воды	ГОСТ 19347-2014 Натрий пирофосфорнокислый ГОСТ 342-77 Сода кальцини-рованная ГОСТ 5100-85 Кислота щавелевая ГОСТ 22180-76 Аноды латунные маркиЛ-72 или Л-76 ГОСТ931-90	2,4-3,0 45-50 30-40 5-10				
080	Промывка каскадная. Промыть в теплой воде. Промыть в холодной воде	Ванна стальная с подводом вентиляции, сжатого воздуха, воды и пара	Вода водопроводная ГОСТ Р51232-98		60-90 15-25			0,25-0,5 0,25-0,5
085	Промывка. Помыть горячей водой	Ванна стальная с подводом вентиляции, сжатого воздуха, воды и пара	Вода водопроводная ГОСТ Р51232-98		60-90			0,25-0,5
090	Промывка. Промыть холодной водой	Ванна стальная с подводом вентиляции, сжатого воздуха и воды	Вода водопроводная ГОСТ Р51232-98		15-25			0,25-0,5
095	Сушка Сушить до полного высыхания	Шкаф сушильный	Горячий воздух	80-100				3-15
100	Демонтаж Демонтировать подвеску со штанги							