СОДЕРЖАНИЕ

Содержание ……....
3
Введение …….....6
1 Литературный обзор….…….8
1.1 Теоретические представления о процессе образования фосфатных покрытий.....…….8
1.1.1 Механизм образования фосфатных покрытий …….…….. 8
1.1.2 Кинетика образования фосфатных покрытий……
14
1.1.3 Свойства фосфатных пленок... ……..
19
1.1.4
26
1.2 Современные тенденции развития процесса фосфатирования ……...
30
2 Технологическая часть…….……. 33
2.1. Обоснование выбора, вида толщины покрытия.…….….
33
2.1.1 Характеристика обрабатываемых деталей……..…...33
2.1.2 Назначение детали и покрытия……...……...
33
2.1.3 Условия эксплуатации деталей с покрытием…….……..
34
2.1.4 Свойства покрытия и его условное обозначение……...……
34
2.1.5 Проверка допустимого контакта металлов покрытия и детали ……...
35

2.1.6 Требования к поверхности детали перед нанесением покрытия ……. 36
2.2 Технические условия на готовую продукцию……..... 37
2.3 Методы контроля качества покрытия.……... 39
2.3.1 Методы контроля внешнего вида.……..…….....39
2.3.2 Методы контроля защитных свойств неметаллических покрытий…… 40
2.3.3 Методы контроля прочности сцепления покрытий……..41
2.4 Характеристика гальванического участка. Годовая программа..…… 41
2.5 Обоснование выбора технологического процесса.…… 42
2.5.1 Предварительная механическая обработка детали (до поступления на гальваническую линию)……...…… 42
2.5.2 Характер и степень загрязнения поверхности деталей……...…….. 43
2.5.3 Технологический процесс покрытия……...…….....43
2.5.4 Выбор подготовительных операций……..…….. 44
2.5.5 Обоснование выбора раствора для нанесения покрытия…….…….. 47
2.5.6 Выбор заключительных операций ……..……... 48
2.6 Методика корректирования……..……..…….50

2.6.1 Сводная ведомость анализа и корректирования растворов и электролитов…….....
50
2.6.2 Порядок поддержания ванн в рабочем состоянии и их чистка…...……
51
3 Расчетная часть……...53
3.1 Выбор основного типа оборудования……..…….....
53
3.2 Определение фондов времени……...…….....
55
3.3 Расчет автооператорной автоматической линии……..……
56
3.4 Расход сжатого воздуха…..……..……....58
3.5 Материальные расчеты……..…….
58
3.5.1 Расчет расхода воды на промывку……...…… 58
3.5.2 Расчет расхода химикатов……...
60
3.5.3Расход электроэнергии……..
63
3.6 Расчет вентиляции……...
64
4 Автоматизация производства……....
67
4.1 Концепция автоматизации технологического производства…..……....
67
4.2 Контур регулирования температуры…….
69

4.3 Контур регулирования уровня……...
70
4.4 Контроль времени…….……..
70
5 Экономическая часть…….
72
5.1 Затраты на оборудование……..……..
72
6 Безопасность и экологичность производства…….....
74
6.1 Все опасности…..……....
74
6.2 Характеристика вредных веществ……...…....
74
6.3 Характеристика пожароопасных веществ образующихся в производстве…….....
..... 75
6.4 Категорирование производства по степени пожароопасности и взрыво-опасности……
... 76
6.5 Шум и вибрация……...……..….
76
6.6 Безопасность технологического процесса……..…….....
76
6.7 Безопасность технологического оборудования……..…….....
77
6.8 Электробезопасность оборудования…….....
78
6.9 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда……...
79

6.10 Вентиляционные устройства……..…….....79
6.11 Характеристика систем отопления…….…….....80
6.12 Характеристика систем освещения……..……81
6.12.1 Расчет естественного освещения….……...83
6.12.2 Расчет искусственного освещения…….83
6.13 Средства индивидуальной защиты рабочих……..…….....84
6.14 Пожарная безопасность…….…….84
6.15 Охрана окружающей среды…….…….....85
6.15.1 Очистка сточных вод……..…….....86
Заключение…….89
Приложение 1…….....90
Приложение 2…….....91
Список используемых источников……..…….. 97

Введение

Коррозия металлов наносит большой ущерб национальной экономике. Каждый год более 45% металлов выходят из строя из-за коррозии.

Для уменьшения потерь металла и предохранения изделий от коррозионного воздействия сред, помимо использования химически стойких материалов, также широко используются различные типы защитных покрытий.

Наибольшее распространение получили такие металлические покрытия как цинк, никель, кобальт, а также неметаллические фосфатные и оксидные пленки.

Фосфатирование – это химический метод обработки металла, в результате которого ионы на обработанной поверхности становятся неотъемлемой частью пленки.

Фосфатные пленки химически связаны с металлом и состоят из небольших расплавленных кристаллов; они образуют высокоразвитую шероховатую поверхность и обладают многими ценными техническими характеристиками. Как результат защитные свойства, как пленки, так и наносимых на нее покрытий увеличиваются. Поэтому фосфатирование широко используется в качестве эффективного метода подготовки поверхности к окраске.

При окраске фосфатного металла можно сократить количество слоев краски и заменить дорогие материалы на более доступные и более дешевые.

Химическому фосфатированию могут подвергаться углеродистые, низкоуглеродистые и среднеуглеродистые стали, чугун, алюминиевые покрытия и др.

Изделия любого размера и конфигурации могут быть фосфоризированы, температура состояния может сильно варьироваться, а продолжительность процесса формирования пленки может быть краткосрочной.

Фосфатная индустриализация не требует сложного или дорогостоящего оборудовании. Она оснащена высококачественным и достаточным количеством дешевого отечественного сырья. По сравнению с другими типами антикоррозионной защиты металлов, фосфатирование имеет самую низкую стимость.

В настоящее время фосфатирование нашло разнообразие применение в технике и нет отрасли металлообрабатывающей промышленности, в которой не могли бы быть эффективно использованы фосфатные пленки.

Целью настоящей дипломной работы является разработка автоматической линии низкотемпературного фосфатирования.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Теоретические представления о процессе образования фосфатных покрытий

1.1.1 Механизм образования фосфатных пленок

Процесс образования фосфатных конверсионных покрытий является результатом химической реакции в коррозионно-агрессивном растворе, протекающей на металле в специальных контролируемых условиях окружающей среды, приводящей к образованию на поверхности металла продуктов, прочно сцепленных с основой и нерастворимых в воде [1].

Фосфатирование может осуществляться окунанием, напылением и нанесением покрытия металлической щеткой ил кистью, иногда с применением переменного или постоянного тока. В патентах этот процесс именуют фосфатацией. Можно считать, что фосфатные растворы составлены из трех основных составляющих:

а) свободная фосфорная кислота с содержанием водородных ионов не более 1,0 моль/л;

б) первичный фосфат металла, обычно цинка, железа или марганца;

в) ускоритель обычно представляет собой окислитель, такой как нитрат цинка или перекись водорода.

Кристаллизация фосфатного покрытия на поверхности металла зависит от кислотности раствора и от концентрации ионов в растворе. Поэтому важными характеристиками фосфатного раствора являются его общая и свободная кислотность, а также соотношения между ними. В зависимости от состава и метода применения раствора фосфатные покрытия могут приобретать различные свойства [3].

Обычно полагают, что механизм фосфатирования можно представить состоящим из трех химических стадий:

а) воздействие кислоты на металл, вызывающее растворение в качестве первичного фосфатирования, например: $M + x\,H^+ = M^{X+} + x/2\,H_2$;

б) смещение равновесия между фосфатом и фосфорной кислотой, вызванное истощением кислоты на поверхности металла и ведущее к возникновения вторичных, трудно растворимых фосфатов, например: $M(H_2PO_4)_2 = MHPO_4 + H_3PO_4$;

в) осаждение нерастворимого трех-замещенного фосфата в виде пленки на металле, например:

$$3\,MHPO_4 = M_3(PO_4)_2 + H_3PO_4 \qquad (1.1)$$

$$3\,MH_2(PO_4)_2 = M_3(PO_4)_2 + 4\,H_3P \qquad (1.2)$$

Согласно Вильсону, формирование фосфатной пленки на поверхности железа начинается с электрохимического процесса, где на аноде происходит окисление металла, а на катоде образуется водород. После этого происходит реакция между железом и фосфатным раствором, в результате чего образуется пленка, которая защищает металл от коррозии и повышает его стойкость к воздействию внешних факторов.:

на аноде $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

на катоде $2H^+ + 2e^- = 2H \rightarrow H_2$

В результате такого электрохимического процесса в прианодных участках, за счет увеличения концентрации ионов железа, будут образовываться произведения растворимости для ионов:

$$\left[Me^{2+}\right] \cdot \left[HPO_4^-\right] = П\,P_1 \qquad (1.3)$$

$$[Me^{2+}]^3 \cdot [PO_4]^2 = П\,P_2 \qquad (1.4)$$

где Me^{2+}- суммарная концентрация Fe^{2+} и Mn^{2+} (моль/л).

Это и приводит к возникновению на анодных участках двух- и трех-замещенных фосфатов.

В. Маху предположил, что при фосфатировании осаждение слоя фосфата и выделение водорода происходит на «локальных катодах», а растворение металла – на «локальных анодах». При этом концентрация H^+ - ионов уменьшается и усиливается гидролиз первичных фосфатов с образованием нерастворимых соединений, которые осаждаются локально на катодных участках в виде фосфатной пленки.

Однако, такое представление не учитывает роли в возникновении фосфатной пленки активных участков поверхности металла, которые могут играть роль анодов. А.Ф. Крутиков указывает на возможность осаждения фосфата на поверхности анода и катода.

$$5\,Me(H_2PO_4)_2 \leftrightarrow 2\,MeHPO_4 + Me_3(PO_4)_2 + 6\,H_3PO_4 \quad (1.5)$$

смещается в сторону образования металлорастворимых фосфатов. Чем выше скорость деполяризации катодного участка, тем выше скорость гидролиза однозамещенных фосфатов металла, тем выше скорость насыщения раствора нерастворимым фосфатом в катодной области и образование коллоидных частиц в зоне реакции создает необходимые условия.

В. Купр и Л. Пеликан выдвинул гипотезу о существовании иона $(MePO_4)^-$, который участвует в возникновении триметаллических фосфатов на анодных и катодных участках в соответствии со следующими реакциями:

$$Fe + 2\,ZnPO_4^- \rightarrow FeZn_2(PO_4)_2 + 2e^- \quad (1.6)$$

$$Zn^{2+} + 2\,ZnPO_4^- \rightarrow Zn_3(PO_4)_2 \quad (1.7)$$

На кинетику массовой кристаллизации фосфатов из цинк-фосфатных растворов влияют температура, концентрация и химический состав жидкой фазы, скорость диффузии, степень пересыщения, эффект которого создают диффузия молекул H_3PO_4 и ионов $H_2PO_4^{2-}$ к поверхности раздела фаз их адсорбция и диссоциация [5].

Согласно [5] кристаллы фосфатного покрытия растут по реакции:

$$2Zn^{2+}(адс)+2PO_4^{3-}(адс)\rightarrow Zn_3(PO_4)_2(адс)\ (1.8)$$

Анодный процесс окисления железа с образованием Fe^{2+}сопряжен с катодным процессом восстановления ионов водорода, что способствует увеличению pH раствора на границе раздела фаз. Ионы Fe^{2+} окисляются нитрат - ионами NO_3^{2-} до Fe^{2+}. Процессы анодного окисления и катодного восстановления на железе прекращаются, устанавливается кристаллизационное равновесие и утолщение покрытия заканчивается, при определенной толщине и сплошности покрытия. [5].

Первичный слой содержит окислы и фосфаты металла и, в случае стали, состоит в большей степени из фосфатов железа, некоторые авторы полностью исключают возможность присутствия фосфатов железа в первичном слое. Наружный слой появляется в первичном слое и растет в различных направлениях в соответствии с эпитаксиальным направлением, особенно поверхностной структурой металлической подложки. Таким образом, формируется многомерная сетка и переплетение и граница между твердыми фазами объясняет адгезию между фосфатным покрытием и металлом.

Скорость процесса растворении я металла во много зависит от природы и состояния поверхности металла, так и от природы и концентрации компонентов раствора. Растворение металлов является результатом комбинированного процесса двух электрохимических реакций: анодного окисления металлов и катодного восстановления окисляющих компонентов коррозионных сред.

Согласно, теория анодного растворения в условиях солевой пассивации должна учитывать три процесса, определяющие механизм явления в целом:

1) диффузию ионов металла в порах, заполненных жидкостью;

2) гетерогенное рождение кристаллических зародышей в порах;

3) временную эволюцию зародышей. Связь процессов кристаллизации и диффузии определяется зависимостью вероятности рождения

зародышей в результате перенасыщения раствора в порах, а эволюция зародышей обусловлена влиянием отвода и подвода вещества к их поверхности. Когда металл растворяется в фосфатном растворе, различные степени протонированных фосфатных анионов находятся в равновесии при определенном значении pH растворами участвуют в конкурентной реакции на его поверхности. Хемосорбируясь на поверхности металла, фосфатные анионы могут образовывать с атомами металла поверхностные соединения, имеющие разное время жизни [16].

Выбор правильного типа фосфатов и их концентрации критически важен для обеспечения эффективной защиты металлов от коррозии.:

$$Fe + HPO_4^{2-} \rightarrow FeHPO_4 + 2e^- \quad (1.9)$$

И объёмному, т.е. в результате адсорбции молекул слои двух замещенного фосфата, образующейся в приэлектродном слое:

$$Fe^{2+} + HPO_4^{2-} \rightarrow FeHPO_4 \quad (1.10)$$

Согласно [21], пассивация металлов в растворах фосфатов начинается с электрохимического процесса растворения металла. Для ускорения этого процесса используют окислители. В качестве окислителей наиболее часто применяют нитраты и нитриты.

В. Маху показал, что действие ускорителей основано на повышении числа и площади катодных областей на поверхности металла. Поскольку процесс фосфатирования протекает только на локальных катодах, эти вещества ускоряют превращение локальных анодов в катоды и, таким образом, увеличивая скорость образования фосфатного слоя.

Согласно В. Маху [10], скорость процесса фосфатирования пропорциональна существующей поверхности анода (способной или незащищенной поверхности металла). В начале процесса наблюдается наибольшая скорость образования солевого слоя, поскольку анодная поверхность представляет собой чистую металлическую поверхность, находящуюся в кислой среде. Маху получил математическую зависимость

для кинетики процесса фосфатирования, согласно которой константа k скорости реакции соответствует выражению

$$k + (2{,}3/t)\,logF\ \ a_0/Fa \quad (1.11)$$

При образовании покровного слоя отношение первоначальной свободной анодной поверхности $F\ \ a_0$ к поверхности пор Fa, существующей в данный момент, зависит от времени. При этом анодные поверхности $F\ \ a_0$и Fa определяются с помощью количественного электрохимического метода контроля поверхности пор, разработанного Мюллером и Маху.

$$logFa = (\log t_P - logB + nlog\, i_0)/n \quad (1.12)$$

Где t_P – время пассивации, с;

B и n – константы.

Чтобы металл не подвергался коррозии, необходимо достичь состояния пассивности, при котором свободная поверхность не содержит более 0,01% пор. Это достигается путем обработки поверхности металла специальными растворами

1.1.2 Кинетика образования фосфатных покрытий.

Процесс электрохимического окисления (ионизации) металла замедляется. Исследования пассивации металлов в растворах фосфатов п одтверждают эти выводы. Метод измерения изменения потенциала во в ремени был впервые представлен Мюллером и Маху для контроля процесса фосфатирования и был использован другими исследователями.

Типичный вид потенциометрической кривой процесса пассивации металла в растворах фосфатов показан на рис.1.1.

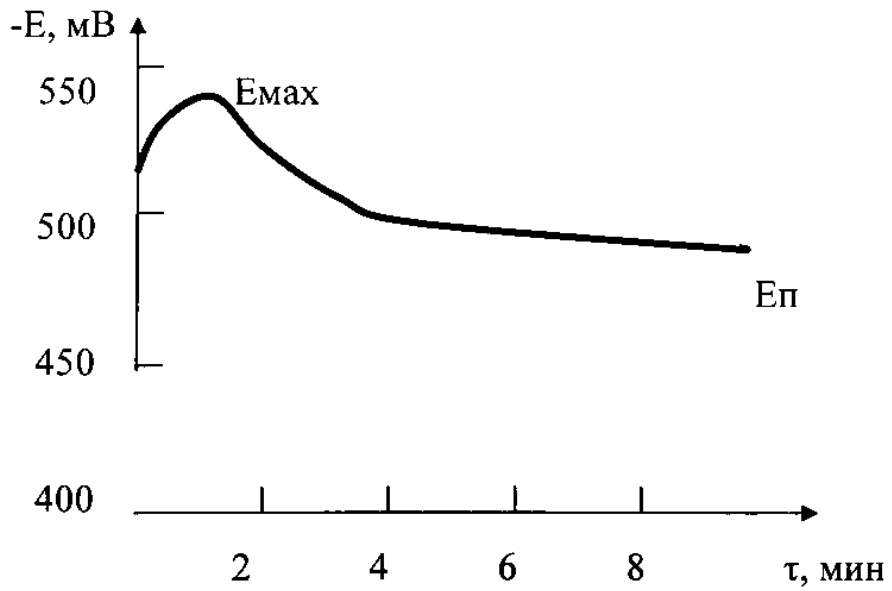


Рисунок 1.1 – Типичный вид потенциометрической кривой процесса пассивации стали в цинк – фосфатном растворе.

Анализ работ, связанных с потенциометрическими кривыми, позволяет выделить два характерных участка: потенциал максимума (Emax) и потенциал полной пассивации (En). При изменении условий пассивации, влияние на указанные потенциалы может быть различным. Например, введение в раствор окислителей (нитратов) и повышение их концентрации, оказывает сильное влияние на оба указанных потенциала, равномерно смещая всю кривую в область более положительных значений. В то же время изменения температуры процесса (на 30…40°С) практически не влияет на потенциал максимума, значительно изменяя потенциал полной пассивации. Напротив, изменением состояния поверхности электрода можно взаимодействовать потенциал максимума, потенциал полной пассивности при этом почти не изменяется. Различный характер изменения этих потенциалов при изменении условий пассивации авторы связывают с различным механизмом формирования пассивирующего слоя в начальной и последующей стадии процесса. Они выделяют четыре периода образования фосфатного слоя: 1) электрохимическое воздействие на сталь в кислой среде; 2) выделение мелких

кристаллов фосфатов; 3) образование крупных кристаллов; 4) кристаллическая реорганизация (рис. 1.2).

А - растворение металла ($2H_3PO_4 + Me = Me(H_2PO_4) + H_2$); В - образование мелких кристаллов ($3Me(H_2PO_4)_2 \rightarrow Me_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4$); С - рост крупных кристаллов; Д - кристаллическая реорганизация

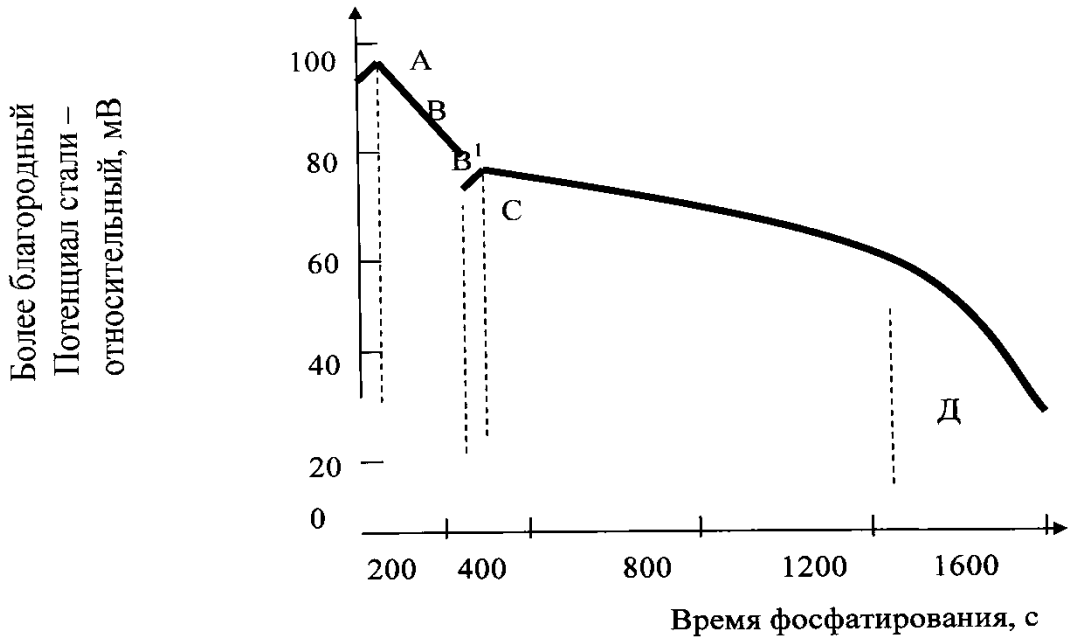


Рисунок 1.2 - Периоды образования фосфатного слоя на хронопотенциограмме по Гали и Потвину.

Первый период. Потенциал растворения становится менее благородным, при погружении образца в раствор фосфатов. Этот период соответствует электрохимической реакции растворения металла и оксида в кислой среде.

Второй период. Потенциал образца смещается в область положительных значений. Воздействие на металл фосфатирующего раствора смещает вводно-солевое равновесие и поверхности раздела металл - раствор, что вызывает интенсивное выделение мелкозернистых фосфатов. В течение этого периода, как показали химические и рентгеновские

исследования, почти все частицы фосфатов выделяются преимущественно в аморфном состоянии.

Третий период. В некоторых случаях в начале этого периода отмечается плато потенциала, которая соответствует равновесию между скоростью растворения металла и скоростью насыщения раствора у границы раздела металл - раствор.

Четвертый период. В течение этого периода фосфат покрытия растворяется и снова осаждается, что приводит к кристаллической реорганизации, сопровождаемой значительным умением пористости (менее 1%).

Анализ начального хода кривых является наиболее перспективным методом контроля процесса, поскольку считается, что он во многом определяет свойства покрытия.

Для более точной характеристики свойств раствора с использованием потенциометрических кривых требуется методика, обеспечивающая значительно более воспроизводимое состояние поверхности металла перед каждым циклом фосфатирования, чем это можно достигнуть при шлифовании поверхности песком или другими известными методами. Этого

можно добиться с помощью устройства, позволяющего обновлять поверхность непосредственно в растворе. Использование такой методики обеспечивает воспроизводимость электрохимических измерений.

В работе была показана корреляция между значением ($\tau 2$) (рис.1.3), при которой имеет место максимум абсолютной величины производной dE/d τ на ниспадающей ветви потенциометрической кривой, пленкообразующими свойствами раствора.

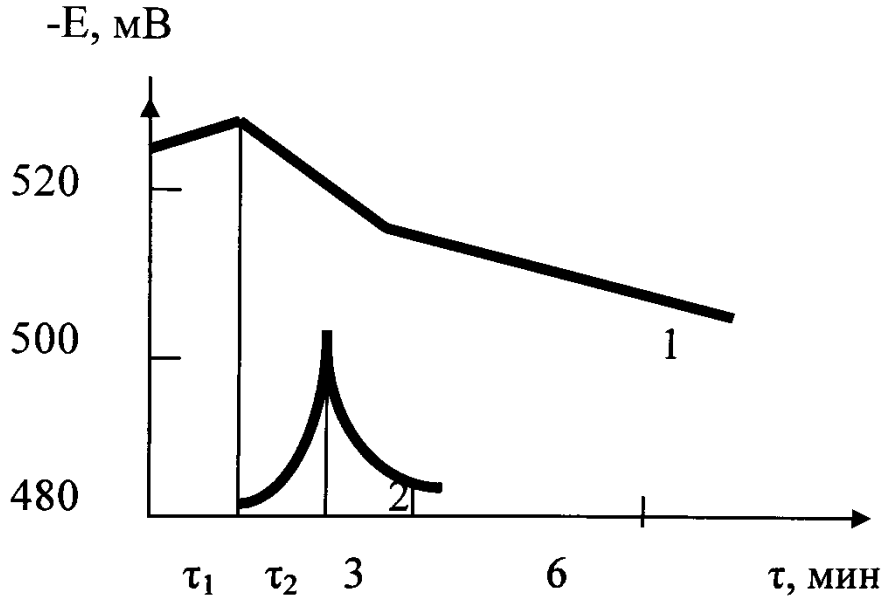


Рисунок 1.3 - Характерный вид кривой изменения потенциала стального электрода в обычно и дифференциальной формах в процессе фосфатирования.

Добавление окислителей в фосфатирующие растворы не только ускоряет процесс пассивации, но и изменяет свойства пассивирующего слоя. Исследования показали, что при pH от 1 до 3 и концентрации нитратов до 20 г/л преобладает солевая пассивация. Путем смещения потенциала в заданную область при наложении внешнего тока можно увеличить скорость процесса фосфатирования.

Механизм поляризации оказывает множество влияния на свойства и форму пассивной плёнки. При катодной поляризации, в связи с уменьшением кислотности приэлектродного раствора, а также кристаллизацией фосфатов в объёме механизмов, на стальной поверхности формируется толстый слой фосфата, который практически полностью отслаивается при изгибах электрода на 90…180 градусов. Анодный механизм образования тонкого, прочного, сцепленного со слоем пассивирующей пленки. По следующему может свидетельствовать в пользу предложенного в работах «анодного» механизма создания первичного пассивирующего сплава.

1.1.3 Свойства фосфатных пленок

Метод фосфатирования, который ви самом начале испльзуется для защиты металлов от коррозии с помощью фосфатных пленок, пр одолжает развиваться. Однако, в процессе исследований были обнаружены и другие полезные свойства этого метода, такие как:

- повышенная коррозионная стойкость;
- адгезионная способность;
- маслоемкость и электроизоляционные качества.

Цвет фосфатных пленок. Фосфатные пленки – это тонкие слои, которые образуются на поверхности металлических изделий в результате фосфатирования. Один из факторов, который влияет на цвет фосфатной пленки, это природа металла и способ его предварительной обработки. Еще один фактор, который влияет на цвет фосфатной пленки, это состав фосфатирующего раствора и его температура. Фосфатные пленки светло-серого цвета могут возникать в растворах с повышенным значением pH. Фосфатные пленки более темного цвета могут образовываться в растворах с большим содержанием свободной кислоты или при использовании кислых фосфатов железа. Кроме того, цвет фосфатной пленки зависит от фазовых составляющих, которые входят в кристаллическую фосфатную пленку. Обычно цвет фосфатной пленки определяется визуально, но для специальных целей цвет пленки и ее отражательная способность могут быть определены при помощи соответствующей фотометрической аппаратуры. Фосфатирование – это важный процесс для защиты металлических изделий от коррозии и повышения их износостойкости. Фосфатные пленки могут также улучшить адгезию краски и лака к поверхности металла. Таким образом, понимание того, какие факторы влияют на цвет фосфатной пленки, может

помочь в выборе наиболее подходящего метода фосфатирования для конкретного металла и поверхности.

Структура (микрогеометрия) фосфатной пленки. Под структурой фосфатной пленки подразумевают шероховатость или микрогеометрию ее поверхности.

По структуре фосфатной пленки можно судить также о толщине, весе, способности повышать адгезию и коррозионную стойкость наносимых покрытий и о других свойствах. Если в растворе присутствуют окислители или другие ускоряющие добавки, крупнокристаллическая пленка не образуется.

На структуру пленки влияет температура раствора. Максимальный рост кристаллов достигается при наиболее высокой температуре (99-101 °С). С понижением температуры рост кристаллов замедляется.

Структура пленки сильно влияет на пористость, масло- и лакоемкость, адгезию лакокрасочных покрытий и их блеск, а также на антифрикционные свойства, на способность удерживать смазочные вещества при холодной деформации металлов.

Толщина фосфатных пленок. Толщина фосфатных пленок зависит от размеров кристаллов и контролируется теми же факторами, которые оказывают влияние на рост кристаллов.

Толщина фосфатных пленок может меняться в весьма широких пределах: от долей микрометра до 100 мкм и более. На толщину оказывает влияние состав металла и особенно способ обработки его поверхности, режим фосфатирования, а также природа и концентрация первичных фосфатов и ускоряющих добавок.

Для существующих методов фосфатирования, при соблюдении оптимального режима процесса, наблюдается определенный предел значений толщины фосфатной пленки, как это следует из приведенных ниже данных:

Способ фосфатирования Толщина, мкм

• Обычный, горячий (без добавок) ……10-25

• Ускоренный, горячий (с добавками окислителей.……5-15

• Холодный.....3-8

• Фосфатно - оксидные пленки ……..… 1-5

• Аморфные пленки……..… до 0,1- 0,5

В зависимости от толщины изменяются и защитные свойства пленки против коррозии. Крупнокристаллические (больше 25-30 мкм) и очень тонкие фосфатные пленки, как правило, обладают меньшей защитной способностью, чем пленки со средне толщиной.

Вес фосфатной пленки. Вес фосфатной пленки, как и толщина, зависит от величины или массы кристаллов, ее составляющих. В зависимости от веса, природы фосфатов и области применения, все фосфатные пленки промышленного значения разделяются на пять классов, (таблица 1.1

Таблица 1.1 - Классификация фосфатных пленок по значению их веса

Класс пленок	Обозначение пленок по весу	Вес пленок, г/м^2		Катион фосфатов, составляющих пленку	Наименование пленок
		min	max		
А1	Тяжелые	7,7	—	Mn^{2+} и Fe^{2+}	Для максимальной защиты от коррозии и при окончательной обработке промасливанием
А2	— \ —	7,7	—	Zn^{2+}	Когда требуется хорошая защита от коррозии путем ускоренного фосфатирования

B	Средний вес	4,3	-	Zn^{2+} или др.	Под окраску и промасливание. Для менее жестких условии эксплуатации, чем пленки классов А1 и А2
C	Легкие	1,0	4,3	Zn^{2+} или др	Для изделий из тонкого стального листа перед окраской
D	Очень легкие (аморфные)	0,32	1,0	Fe^{2+}	Под окраску изделий, эксплуатирующих в легких условиях — мебель,холодильники, игрушки

Пористость фосфатной пленки. Фосфатная пленка - это слой, состоящий из кристаллов, разделенных между собой микроскопическими зазорами. Этот слой имеет высокую проницаемость, что позволяет ему легко впитывать жидкие материалы, такие как лаки, краски и масла. Кроме того, структура пленки способствует повышению адгезии и защитной способности наносимых на нее покрытий, а также сохранению смазочных веществ на поверхности металла при его деформации. Однако, если поры в пленке слишком большие или их количество слишком велико, то это увеличивает вероятность проникновения агрессивных веществ и развития коррозии. Чем больше пористость пленки, тем меньше ее коррозионная стойкость. Оптимальная пористость пленки составляет около 0,5%. Это значение зависит от температуры раствора, содержания свободной кислоты и других факторов, влияющих на формирование крупнокристаллической структуры пленки.

Адгезионная способность фосфатной пленки. Фосфатная пленка обладает рядом важных свойств. Она способна повышать устойчивость к воздействию вредных веществ, а также продлить срок эксплуатации нанесенных на нее покрытий. Это и определяет целесообразность фосфатирование металлов перед покраской.

Доказано, что фосфатные пленки, получаемые обычным и ускоренным способами фосфатирования, обладают наивысшей способностью повышать адгезию наносимого на них лака; меньшей способностью обладают пленки, образующиеся при холодном фосфатировании (таблица 1.2).

Таблица 1.2 - Влияние фосфатной пленки на адгезию лакового покрытия

Способ фосфатирования; вид обработки поверхности металла	Толщина, мкм	Усилие отрыва лакового покрытия от поверхности, кгс/см^2
Обычный	9-14	27-29
Ускоренный	6-10	27-29
Холодный	3-6	18-25

Масло - и лакоемкость фосфатной пленки. Характерная особенность фосфатной пленки - ее способность впитывать в себя (или поглощать, наносимые на нее в жидком виде различные смазки, масла, лаки и краски. Это имеет большое значение для антикоррозионной защиты металлических изделий, а также при использовании фосфатирования для облегчения процессов холодной деформации металлов.

Степень поглощения фосфатной пленки наносимых на нее масел и лаков определяет ее масло - и лакоемкость (в г/м^2). Метод нанесения оказывает влияние на количество масла, поглощаемого пленкой:

- При однократном втираний - 0,9 г/м^2
- При двукратном втирании - 1 г/м^2
- При трехкратном втирании -1,2 г/м^2.

Количество, поглощаемого масла зависит от метода фосфатирования и от способа предварительной обработки (таблица 1.3).

Способ фосфатирования	Вид предварительной обработки поверхности металла	Толщина, мкм	Маслоемкость фосфатной пленки,г/м^2
Ускоренный	Зачистка шлифовальной бумагой	9,8	4,2
Обычный	То же	18,1	6,5
	Травление в 5 мин	27,4	7,4
	То же 10 мин	34,7	7,9
	15	45,3	8,6
	20	71,2	9,7
	25	70,5	8,9
	30	63,6	8,1
Нефосфатированные образцы	Зачистка шлифовальной бумагой	-	2,7

Таблица 1.3 - Маслоемкость различных фосфатных пленок

Фосфаты, которые входят в состав пленок, имеют диэлектрические свойства. Поэтому и пленка обладает электроизоляционными свой ствами. Это позволило использовать фосфатирование для того, чтобы п олучить электроизоляционный слой на поверхности различных элементов трансформаторов, генераторов, магнитных сердцев и т.д. Для изготовления электронных приборов фосфаты пригодны для предотвращения возникновения электрохимической или контактной коррозии в конструкциях, изготовленных из деталей разных металлов.

Электроизоляционные свойства фосфатной пленки могут быть оценены по величине пробивного напряжения U проб и удельного объемного сопротивления ρ_v (Ом/см) или удельного поверхностного ρs (Ом). Значения указанных характеристик могут изменяться в весьма широких пределах и зависеть от состава пленки, толщины и других свойств.

1.1.4. Промышленные методы фосфатирования

Существует множество методов оптимизации процесса фосфатирования, которые могут помочь в создании оптимального процесса. В таблице 1.4 перечислены приемы и методы, которые могут способствовать этому. Особое внимание уделяется методам, которые помогают создавать мелкокристаллические фосфатные пленки малых Р_ПЛ и δ_ПЛ, а также улучшать их свойства. Мелкокристаллические фосфатные пленки имеют множество преимуществ. Они мало пористы, что делает их более защитными. Они также эластичны, стойки к ударам и изгибам, имеют равномерное строение и не снижают блеск наносимого на них покрытия. Кроме того, для их получения требуется меньший расход материалов. Оптимальный процесс фосфатирования может быть достигнут путем комбинации различных методов. Например, можно использовать методы, которые помогают создавать мелкокристаллические фосфатные пленки, в сочетании с методами, которые улучшают их свойства. Важно также учитывать особенности материалов, которые будут покрыты фосфатной пленкой, и выбирать методы оптимизации, которые наиболее подходят для конкретного материала.

Таблица 1.4- Промышленные методы фосфатирования

Метод	Растворы	Особенности покрытия	Эффект
1.Реактивный	Раствор фосфатирования с добавлением коллоидной кремниевой кислоты	Требуется вторичное фосфатирование в обычном растворе	Равномерная и плотная мелкокристаллическая пленка
2.Фосфатирование в специальных автоклавах	Пригодны обычные по составу растворы	Фосфатированиепри температуре выше 100 °С, давление 1,4-5 $кгс/см^2$	Фосфатная пленка в 4-5 раз толще, чем при обычных способах фосфатирования, возрастает коррозионная стойкость
3	Раствор ускоренного фосфатирования, содержащий окислители, ванадаты	Ванадаты вводят в растворы, используемые для	Увеличение толщины образующейся пленки в 2

		распыления от 3 до 100 мг/л, для метода погружения до-до 1 мг/л (счита на VO_3^-)	раза, улучшение защитной способности
4	Раствор ускоренного фосфатирования с добавлением соли титана в количестве 0,009 %	-	Образуется минимально тонкая кристаллическая пленка с высокими адгезионными свойствами
5	Концентрат содержащий (%): ZnO -8, H_3PO_4 (45 %-ная)- 39,5 $NiCO_3$ (45%-ный)-3 HNO_3(70%-ная)-1 H_2TiF_6(56%-ный)-1 Вода - 39,5	-	Повышение коррозионной стойкости
6	$Zn(H_2PO_4)_2$-57.3 г/л $CaCl_2$-8.4 г/л $NaNO_3$-26.2 г/л	-	Повышение коррозионной стойкости
7	В раствор содержащий нитрит натрия добавлено 0,05-1 г/л меламина, имидазола, сукцинамида,3-амино-1,2,4-триазола	Значение pH=4,5-5,7, температура 57-62°С, продолжительность фосфатирования 1-3 минуты	Плотность пленки 0,58-0,80$г/м^2$, обладает большей коррозионной стойкостью, чем обычные
8	В раствор содержащий нитрит натрия добавлены вторичные амины составы $NH(C_nH_{2n}OH)$ или $NH(C_nH_{2n}OH)$, где n=2.3 или 4-в количестве 0,3-1 г/л	Значение pH=4,5-5,7, температура 57-62°С, продолжительность обработки 1-3 минуты	Плотность пленки 0,5-0,65 $г/м^2$, обладает большей коррозионной стойкость. Чем обычные
9	К раствору холодного фосфатирования добавлены в количестве 5 г/л ПАВ: сульфат натрия, неиногенный препарат ОС-20, катионактивный алкамон-Д	-	Повышение коррозионной стойкости
10	Добавление в раствор фосфатирования полифосфаты (до 100 мг/л)	-	Ускорение процесса и снижение веса пленки с 3,8 до 1,25 $г/м^2$, уменьшение количества шлама на 20-30 %

11	Добавление в раствор фосфатирования пирофосфорной кислоты или гексаметафосфата натрия, метафосфата цинка или аммония, пирофосфата цинка или кальция из расчета 0,1-10 г/л	Фосфатирование осуществляется при 70°С как погружением, так и распылением раствора	Уменьшение толщины пленки на железе, цинке и их сплавах почти в 5 раз, улучшение, улучшение адгезии и защитных свойств, снижение количества шлама
12	Добавление в раствор водорастворимой соли фосфорноватой или гиподифосфорной кислоты $H_4P_2O_6$	Необходимо предварительное травление в 10% -ном растворе серной кислоте (для стальных изделий)	Образование тонкой мелкокристаллической пленки, отслаивающейся при деформации.
13	Введение в раствор для струйного фосфатирования натриевую соль трифосфорной кислоты и расчета 0,2-0,3 $г/м^2$	-	Снижение веса пленки на 37% уменьшение шламообразования 20%, экономия расхода материалов
14	Для растворов, использующихся для метода погружения добавляется метафосфат натрия (0,4-0,8 г/л)	Раствор должен содержать нитрит натрия, фосфатирование проводится при температуре 50-80 °С	Уменьшение расхода фосфатов на 32 %, количества шлама на 34% и веса фосфатной пленки на 65 %
15	«Бондер 202»	Температура раствора 56-65 °С, время обработки 3-10 минут.	Фосфатные пленки можно термообрабатывать или окрашивать погружением в раствор красителей, последующая обработка повышает жаро и коррозионно-стойкость пленки
16	Состав раствора (в г/л): $Zn(NO_3)_2$-10-30 NaH_2PO-5-50 H_3PO_4-7.5-20 MnO_2-5-15	Температура раствора 80-85 °С в течении 5-15 минут	Образуется мелкокристаллическая фосфатная пленка
17	Состав раствора (в %):	Температура раствора	Улучшение износо и коррозионной

	$Mn(H_2PO_4)_2$-5 H_3PO_4(70%-ная)-2 HNO_3(60%-ная)-0,09 $Ni(NO_3)_2$-0.002 Три-2-этилгексилфосфат-0,25 Вода-остальное	80-95°С, время обработки 20-45 минут	стойкости фосфатной пленки
18	ZnO-4.9 г/л H_3PO_4 (считая на P_2O_5)-13 Вода – 977,1	Фосфатирование при 70 °С	Мелкосперсная пленка высокой адгезии
19	Содержание компонентов (г/л): Zn^{2+} - 0.8-8.2 P_2O_5 – 3.12-5.5 NO_3^- - 0.8-5.5; Вода – остальное	-	Отход производства металлургической промышленности – 1,75-18,5 повышение коррозионной стойкости фосфатного покрытия в комплексе с лакокрасочным; снижение производственных затрат, выполнение экологических требований
20	Композиция содержит, мас. %: ортофосфорную кислоту 45-60 Цинк азотнокислый 2,0-3,5 Калий железистосинеродистый 2,5-4,0 Неионогенное фторуглеродное ПАВ 0,1-0,3 Вода – остальное	-	Увеличение срока эксплуатации металлических изделии, предотвращение дальнейшей коррозии металла, увеличение срока хранения композиции при сохранении ее свойств
21	Раствор (в г/л): Фосфорная кислота (плотность 1,7) – 210-240 Оксид цинка – 45-60 Нитрат натрия – 8-12 Триоксил хрома – 1,2-2,4 Вода-остальное	-	Повышение коррозионной стойкости фосфатного покрытия в комплексе с лакокрасочным покрытием

1.2 Современные тенденции развития процесса фосфатирования

В нашей стране технической литературы, посвященной вопросам фосфатирования, опубликовано немного. В кратком изложении вопросы фосфатирования находят отражение в редко издаваемой литературе по гальванотехнике. Фосфатирование к настоящему времени является достаточно изученным процессом, однако, за последние годы в технологии фосфатирования появилось много новых разработок.

В настоящее время известно множество веществ, которые могут использоваться в качестве ускоряющих агентов при проведении химических реакций. Среди них можно выделить не-органические окислители, такие как нитраты и нитриты, перекись водорода, хлораты, гипохлориты, хроматы, перманганаты, персульфаты, мо-либдаты, а также соединения металлов, более положительных, чем железо, например меди, серебра, ртути, никеля, кобальта, вольфрама, молибдена, зо-лота, платины. Однако, в производственных условиях наиболее часто используются соли тяжелых металлов, такие как медь и никель, а также окислители. Окислительные ускорители имеют важное преимущество перед другими видами ускорителей, так как они предотвращают образование водорода, что в свою очередь снижает риск водородного охрупчивания деталей. Одним из примеров использования окислительных ускорителей может служить процесс гальванизации, который широко применяется в промышленности для нанесения защитных покрытий на металлические поверхности. В этом процессе используются различные виды окислителей, такие как пероксид водорода, калий перманганат и другие. Повышение коррозионной инертности фосфатных покрытий в настоящее время проводится с применением различных пропиток (масла, эмульсии, растворы органических и неорганических соединений). Вместо промасливания рекомендуется обработка фосфатных покрытий в эмульсиях (Укринол - 1 - 100-200 г/л или НГЛ-205 - 40-200 г/л) или органических

соединениях (бензотриазол 5 г/л).

Результаты коррозионных испытаний показали, что для промасливания фосфатных покрытий целесообразно применять ингибированные масла вместо индустриальных. Однако, следует иметь ввиду их более высокую стоимость и значительный расход из-за высокой вязкости.

Для использования в автоматических линиях вместо промасливания может быть рекомендована обработка в эмульсиях. При таком методе детали после обработки имеют «сухую» поверхность, не пачкаются, обладают достаточно высокой коррозионной стойкостью. Если наличие следов масла на деталях недопустимо, то обработку фосфатных пленок лучше всего проводить в растворе бензотриазола (5 г/л) и кальцинированной соды (5-10 г/л). Обработка возможна как в горячих (60-70°С), так и в холодных растворах с обязательной последующей сушкой.

Применение различных пропиток вместо промасливания повышает культуру производства и дает экономический эффект за счет уменьшения трудоемкости обработки и удешевления процесса пропитки при равной или более высокой коррозионной стойкости покрытия.

2. Технологическая часть

2.1 Обоснование выбора, вида и толщины покрытия

2.1.1 Характеристика обрабатываемых деталей

Материалом детали, является 35ХГСА, 53ХМЮ.

В зависимости от размеров детали относятся к группе А.

По группе сложности в зависимости от геометрической формы детали

относятся ко II группе (средняя): не имеющие полостей, в которых может задерживаться жидкость.

Шероховатость поверхности деталей находится в пределах от Rz 40.

Масса, кг. От 0,130 до 3 кг.

Габариты Диаметр от 11 до 67 мм. Длина до 250+50 мм.

Площадь поверхности от 0,5 до 5,3 кв.дм.

4. Загрязнение поверхности деталей: следы мыльно-фосфатной пленки, окалина, коррозия.

5. Конфигурация деталей: полуфабрикаты прессовой обработки диметром от 11 до 67 мм.

Деталь, подлежащая обработке, имеет собственные номер – «11 (полоса)» и «7».

2.1.2 Назначение детали и покрытия

Детали предназначены для операций штамповочного производства.

Основные свойства фосфатного покрытия защитные и антифрикционные.

2.1.3 Условия эксплуатации деталей с покрытием

Во время работы, детали, которые покрываются, не контактируют с агрессивными средами и находятся в закрытом атмосферном воздухе. Условия эксплуатации - средние.

Изделия, которые производятся в соответствии с ГОСТ 15150-69, относятся к четвертой категории и предназначены для использования в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими усл овиями. Эти условия характеризуются более стабильной температурой и влажностью воздуха, а также меньшим воздействием песка и пыли, ч ем на открытом воздухе или в металлических изолированных конструкциях.

2.1.4 Свойства покрытия и его условное обозначение

Обозначение покрытия выбирается по ГОСТу 9.306-85 «ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Обозначение» в зависимости от способа получения, материала покрытия, признаков, характеризующих их физико-механические и декоративные свойства, а также дополнительной обработки.

Условное обозначение: Хим. Фос/лкп.

Толщина фосфатного покрытия в зависимости от подготовки и технологии нанесения покрытия может быть от 5-10 до 30-50 мкм.

Покрытие фосфатное обладает высоким электросопротивлением и выдает Напряжение от 300-1000В; не поддается пайке, сварке; не выдерживает ударов; хрупкое; не устойчивое против трения; обладает жаростойкостью в пределах 280-300°С, пористое; обладает повышенной адсорбционной способностью в следствии чего являются очень хорошим грунтом под лакокрасочные покрытия.

Свойства покрываемого металла (твердость, прочность, магнитная способность) после фосфатирования не изменяются; упругость снижается в следствии наводораживания.

Пассивная пленка: сохраняет цвет металла, предохраняет металл от дальнейшего окисления и потемнения в течении недолгого времени.

2.1.5 Проверка допустимого контакта металлов покрытия и детали

Таблица 2.1 - Допустимость контакта материала детали с химическими покрытиями

Сталь фосфатированная, после пропитывания	Материал детали, химическое покрытие
+	Cu-Ni-Cr по стали
+	Cr по стали, Cu и ее сплавами
+	Ni по стали, Cu и ее сплавами
-	Ag по стали, Cu и ее сплавами
0	Cu и ее сплавами
+	Sn по Cu или по стали с подслоем Cu
+	Cd, хроматированный по стал
-	Au по Cu и ее сплавами
+	Zn, хромированный по стали
+	Сталь фосфатированная после пропитывания
+	Al и его сплавы после анодирования

Примечание:

«+» - допустимый контакт;

«-»- недопустимый контакт;

«0» - контакт, допустимый при наличии смазки.

2.1.6 Требования к поверхности детали перед нанесением Покрытия

Для того чтобы гальваническая обработка изделий соответствовала требованиям заказчика по сертификации качества, необходимо обеспечить достаточную чистоту поверхности обработанных деталей перед их покрытием. Если детали поступают из механических цехов, то они должны соответствовать ГОСТ 9.301-86. При этом, входной контроль должен проводиться на 2-5% деталей от партии, но не менее чем на 3-х деталях.

1. На поверхности деталей не допускаются:

• неоднородность проката, закатанная окалина, заусенцы;

• расслоения и трещины, выявившиеся после травления, полирования и шлифования;

•поры и раковины.

2. Поверхность деталей после механической обработки должна быть без видимого слоя смазки или эмульсии, металлической стружки, заусенцев, пыли и продуктов коррозии.

3. Поверхность деталей после дробеструйной обработки и гидрополирования должна быть без травильного шлама, продуктов коррозии и заусенцев.

4. Швы на сварных и паяных деталях должны быть зачищены, непрерывны по всему периметру а также должно быть исключено затекание электролита в зазор.

Шероховатость поверхности основного металла по ГОСТ 2789-73 должна быть не более Rz40 - под защитное покрытие.

Указанные требования к шероховатости поверхности не распространяется на нерабочие, труднодоступные для обработки и нерабочие внутренние поверхности деталей, резьбовые поверхности. А также на детали, шероховатость основного металла которых установлена соответствующими стандартами.

Необходимость доведенияя шероховатости указанных поверхностей до установленных значений должна быть оговорена в конструкторской документации.

Острые углы и кромки деталей. За исключением технически обоснованных случаев, должны быть скруглены радиусом не менее 0,3 мм; радиус закругления деталей под твердое и электроизоляционное анодно- окисные покрытия не менее 0,5 мм.

На поверхности деталей после термообработки (отжига, закалки, нормализации, отпуска, старения, а также термообработки, проводимой для улучшения адгезии последующих покрытий) не должно быть забоин, царапин, трещин, пузырей, расслоений, короблений.

2.2 Технические условия на готовую продукцию

Невидимые после сборки детали допускаются без заделанных мелких раковин и дефектов покрытия, которые не повышают антикоррозийную стойкость.

Покрытие после пропитки маслом может быть темно-серым или черно-серым. Покрытие обязательно должно иметь крупнокристаллическую структуру, а может быть крупнокристаллическая структура, которая не предназначена для окраски.

Не являются браковочными следующие признаки:

• Белый налет, удаляемый протиркой;

• Налет фосфатного шлама на нерабочей поверхности;

• Разнокртсталличность на участках местной закалки, сварки, различной шероховатости.

Примечание:

1. При нанесении покрытий на металлические детали, необходимо учитывать возможные отклонения на поверхности основного металла и особенности конфигурации

изделий. Это может привести к следам от механической обработки проката и отсутствию покрытия в местах контакта детали с приспособлением, находящемся на нерабочей поверхности.

2. На поверхности покрытой детали не являются браковочными следующие признаки:

• Неравномерность блеска и цвета;

• Следы от потеков воды.

3. Контроль толщины покрытия - не нормируется.

4. Контроль прочности сцепления с основным металлом:

Производится периодически по мере необходимости: при смене электролита, при изменении технологического процесса. Для контроля прочности сцепления отбирают от каждой партии от 0,1 до 1% деталей.

При получении неудовлетворительных результатов по одному из показателей при выборочном контроле покрытий проводят повторный контроль на удвоенном количестве деталей в выборке.

В случае неудовлетворительных результатов при повторном контроле покрытий вся партия подвергается контролю.

2.3 Методы контроля качества покрытия

Детали, покрытые фосфатом, имеют равномерное покрытие от светло-серого до темно-серого цвета.

Это покрытие должно соответствовать требованиям ГОСТ 9.302-88 по защите поверхности деталей. Согласно выписке из ГОСТа, изделия должны быть погружены в 3% раствор хлористого натрия при температуре 205 градусов Цельсия и выдержаны в течение 15 минут. Затем они извлекаются из раствора, промываются водой, вытираются хлопчатобумажной тканью, фильтровальной бумагой или салфеткой.

Защитные свойства покрытия считаются удовлетворительными, если в течение указанного времени не появляются точки коррозии на основном металле.

2.3.1 Метод контроля внешнего вида

Метод основан на осмотре деталей и их внешнем осмотре, а также применении для га-баритных и форм деталей любого размера и формы.

Контроль проводится невооруженным взглядом на расстояние 25 см от контролируемой поверхности при искусственном или естественн ом освещении. Освещенность должен быть не менее 300 лк при лампах накаливания, а не менее 500 лк при лампах люминесцентного типа.

Необходимость использования оптического прибора с указанием степени увеличения должно быть оговорено в технических документациях на изделие. Оценка качества внешнего вида покрытия может проводиться на соответствие техническим образцам, размерам, формам, а также внешнему виду которых должен быть согласован с заказчиком.

При оценке качества покрытия следует учитывать состояние детали перед ее нанесением.

2.3.2 Методы контроля защитных свойств неметаллических неорганических покрытий

Эти методы контроля качества покрытий основаны на использовании различных испытательных растворов, которые способны разрушить покрытие.

Существует два основных метода контроля: метод капли и метод погружения.

В методе капли на поверхность покрытия наносят 2-4 капли испытательного раствора и выдерживают их в течение некоторого времени, наблюдая за изменением цвета капель. Если цвет капель не меняется и не появляются точки коррозии на металлической поверхности в течение определенного времени, то защитные свойства покрытия считаются удовлетворительными.

В методе погружения деталь полностью погружается в испытательный раствор и выдерживается в нем в течение определенного времени. После этого деталь извлекается из раствора, промывается и высушивается. Затем поверхность детали осматривается визуально невооруженным взглядом при освещенности не менее 300 лк. Если на металлической поверхности не обнаружено точек коррозии и цвет покрытия не изменился, то покрытие считается качественным.

2.3.3 Методы контроля прочности сцепления покрытий

1. Метод нанесения сетки царапин:

Применяют для определения прочности сцепления покрытий. На поверхности контролируемого покрытия стальным острием наносят 4-6 параллельных линий глубиной до основания металла на расстоянии от 2.0 до 3.0 мм друг от друга и 4-6 параллельных линий, перпендикулярных к ним.

Линии проводят в одном направлении. На контролируемой поверхности не должно наблюдаться отслаивания покрытия.

2. Методы контроля защитных свойств неметаллических неорганических покрытий.

2.4 Характеристика гальванической линии

Годовая программа

Производительность линии: 60 кв.м. в час по площади поверхности (3 000 шт./час.).

Производительность линии дана с учетом 2-х сменного режима работы оборудования, 16 часов в сутки, 22 рабочих дня в месяц. Время работы установки рассчитывается следующим образом: 245 рабочих дней х 16 часов х 90% коэффициент загрузки = 3.528 часов в год при 5-дневной рабочей неделе. Годовая производительность линии составляет 211 680 $м^2$ по обрабатываемой поверхности (10 584 000 шт./год).

Рекомендуемый состав оборудования и средств механизации и автоматизации:

1. Механическая обработка деталей под нанесение и после нанесения покрытия:

а) шлифовально - полировальные станки одно - и двусторонние;

б) барабанные и вибрационные установки.

2. Производство и транспортирование растворов: а. средства малой механизации (ручные тележки, электротележки, с установленными на них контейнерами, насосами, фильтрами, дозаторами).

3. Получение покрытия: а) многопроцессорные автомобильные операторные линии; б) автоматические с системным контролем контроля управления процессом, а также транспортное оборудование.

2.5 Выбор техпроцесса: обоснование.

2.5.1 Предварительная механическая обработка детали (до поступления на гальванический участок)

Механическая подготовка для снижения шероховатости деталей. Чем меньше шероховатость поверхности, тем выше ее износостойкость

и меньше пористость гальванических осадков, тем лучше гальваническое покрытие защищает основу (металл деталей) от коррозии. Требуемая шероховатость должна быть приниматься с учетом вида и назначения гальванических покрытий.

Для обеспечения согласованных с заказчиком сертификационных требований к качеству обработанных изделий необходимо обеспечить соответствующую чистоту и чистоту поверхности изделий перед покрытием. Для этого поступающие на гальванические участки детали могут иметь на своей поверхности грязнения минеральными и растительными маслами, пылью и механические дефекты: царапины, забоины и прочие неровности по поверхности, должны быть очищены и механически обработаны.

Для выполнения этих операций предусмотрены механические по дготовительные операции, в том числе шлифование, полирование и пес коструйная обработка.

2.5.2 Характер и степень загрязнения поверхности деталей

Детали, поступающие после механической обработки или штамповки для фосфатирования, никогда не бывают чисты. Они имеют на своей поверхности масла, жиры, окислы и другие загрязнения, которые перед фосфатированием необходимо удалить, чтобы иметь чистую поверхность.

Удаляют жиры и окислы механическим или химическим способом.

2.5.3 Технологический процесс покрытия фосфатирования

1 Процесс

Этот процесс – промежуточный шаг в технологическом процессе:

- Производительность: 3000 шт./час

- Детали: 11 (полоса)

Технологический процесс

- Обезжиривание
- Промывка теплая
- Травление
- Травление
- Промывка горячая
- Промывка теплая
- Нейтрализация
- Промывка теплая
- Промывка теплая
- Фосфатирование
- Промывка теплая
- Промывка горячая
- Сушка на воздухе

Время выдержки– до полного высыхания

2 процесс

Этот процесс – промежуточный шаг в технологическом процессе:

- Производительность: 3000 шт/час
- Детали: 7

Технологический процесс:

- Травление химическое:
- Промывка горячая
- Промывка теплая
- Нейтрализация
- Промывка теплая
- Промывка теплая

- Фосфатирование
- Промывка теплая
- Промывка горячая

2.5.4 Выбор подготовительных операций

Обезжиривание. Химическое обезжиривание используется для очистки поверхности деталей от жиров и масел. Это процесс, в котором применяются химические растворы для удаления органических жиров и минеральных масел. Обезжиривание достигается благодаря наличию в обезжиривающем растворе специально добавляемых эмульгаторов — веществ, которые проникают между частицами загрязнений и металлом, отделяют их таким образом от поверхности детали и удерживают в виде устойчивой эмульсии - мелких капелек, не сливающихся в сплошной слой жира. В качестве эмульгаторов используется тринатрийфосфат. Поступающие для фосфатирования детали помещают в специальные подвески приспособления и автоматически передаются в ванну обезжиривания.

Для обезжиривания стальных деталей, загрязненных маслами и смазками, применяют раствор следующего состава:

Гидроксид натрия технический	10-15 г/л
Тринатрийфосфат технический	25-30 г/л
Сода кальцинированная	25-30 г/л
Силикат натрия	5-10 г/л
Температура раствора	70-80°С
Время выдержки в ванне	8-10 Мин

После обезжиривания детали тщательно промываются в ваннах горячей водой (до 90°С). Тщательная промывка после обезжиривания необходима для того, чтобы удалить щелочи с поверхности деталей. В случае плохой промывки щелочь будет попадать в кислоту и

нейтрализовать ее, что при массовом производстве повлечет к излишнему расходу кислоты.

Травление. Операции травления производят с целью удаления с поверхности деталей различного рода окислов: окалины, ржавчины и продуктов коррозии цветных металлов.

Травление чёрных металлов осуществляют в различных кислотах, прежде всего в серной и соляной, а в некоторых случаях — в их смеси. Скорость удаления окалины, ржавчины и оксидов с поверхности деталей зависит от их состава и структуры, а также от состава травильного раствора, его концентраций, температуры и способов.

Если соляная кислота имеет концентрацию в 10%, то скорость ее растворения выше, чем серная кислота. Растворение ржавчины при рас творе серной кислоты протекает особенно сильно при концентрации в 2 0-40 градусов, а также заметно
уменьшается при изменении концентрации.Скорость травления в соляных кислотах значительно повышается с возрастанием температуры.

Механизм удаления окалины в серной и соляной кислотах отличается. В соляной кислоте растворяются в основном окислы, а в серной кислоте главным образом металлическое железо с выделением водорода, который механически разрыхляет и удаляет окалину. Однако р астворение стальной основы нежелательно, так как это приводит к излишнему расходованию кислоты, потере металла и выделению вредных испарений.

Кроме того, поверхность металла может оказаться разъеденной и шероховатой. Соляная кислота имеет следующие преимущества: можно работать при комнатной температуре, поверхность деталей меньше разъедается, можно получить более светлую поверхность деталей, малое поглощение водорода, травильные соли легко смываются с поверхности.

Серная кислота имеет следующие преимущества: невысокая стоимость, полное использование травильного раствора. Удаление окалины - это процесс удаления окислов и других загрязнений с поверхности металла.

Окалина может привести к снижению качества изделия и даже к его поломке. Для удаления окалины используются различные химические растворы, включая соляную и серную кислоты. Каждый из этих растворов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор зависит от конкретной задачи.

Например, если нужно удалить окалину с поверхности детали, не повреждая ее, лучше использовать соляную кислоту. Серная кислота, с другой стороны, может быть более экономически выгодной, но может повредить поверхность металла.

При выборе раствора для удаления окалины необходимо учитывать множество факторов, включая тип металла, тип окалины, требования к поверхности и другие факторы.

Соляная кислота удаляет оксиды с поверхности металла преимущественно вследствие их растворения. В серной кислоте удаление оксидов происходит главным образом из-за травления самого металла и механического удаления разрыхлённого слоя оксидов выделяющимся водородом.

Скорость травления в серной кислоте повышается с увеличением концентрации, но до определённого предела, выше которого она снова начинает падать.

Раствор ванны травления (Деталь 11):

Серная кислота	100-150 г/л
Соляная кислота	15-30 г/л
Температура раствора	50-70°С
Время выдержки в ванне в растворе	10-15 Мин

Раствор ванны травления (Деталь 7)

Серная кислота	150-200 г/л
Соляная кислота	15-30 г/л
Температура раствора	50-80°С
Время выдержки в ванне	8-10 Мин

Применение травления для удаления с деталей ржавчины и окалины снижает качество фосфатной пленки и допустимо при условии последующей обработки травленой поверхности в содовом растворе.

2.5.5 Обоснование выбора раствора для нанесения покрытия

Заказчик утвердил состав ванны фосфирования и он не может быть изменен:

Деталь 11

Фосфатирующий концентрат Фоскон-20	100-120 г/л
Нитрит натрия	0,12-0,2 г/л
Температура раствора	40-60°С
Время выдержки в ванне	16 Мин

Деталь 7

Цинк фосфорнокислый однозамещённый	80-100 г/л
Азотнокислый натрий	30-70 г/л
Температура раствора	60-75°С
Время выдержки в ванне	8-10 Мин

2.5.6 Выбор заключительных операций

Промывка. После каждой процедуры подготовки детали следует тщательно промывать, причем особенное внимание следует уделять

тому, чтобы в гальванические ванны не попадало даже следов травильных и обезжиривающих растворов.

Загрязнения могут привести к ухудшению сцепления поверхности с основой, появлению пятен и нарушению нормальной работы элек тролита. Вода должна иметь меньшую жесткость (2 категории), ее необ ходимо часто менять.

Скорость смещения проточной воды зависит от конечной и начальной концентрации растворов, а также уноса растворов деталями. П ромывка проводится в течение 1-3 минут, особенно когда происходит т равление, чтобы удалить остатки солей и кислоты из всех пор.

После обезжирения детали промывают сначала теплой воде. Хорошо обезжиренная поверхность должна быть равномерно покрыта водой. Детали с нанесенным покрытием промывают сначала в горячей воды, а затем в моющим растворе. Промывную воду не должно содержать кислот и солей более 0,2%. По температурным режимам промывки делятся на (ГОСТ 9.314-90): холодная (15-39 С), тёплая (0-60 С) и горячая (свыше 60 С) [35].

Сушка. Перед тем, как сойдут детали с фосфатными покрытиями с линии, их необходимо просушить. Эта процедура проводится для предотвращения коррозии из-за высокой влажности деталей. Помимо э того, сушка повышает сцепление недавно образованной пассивной пле нки и фосфатных покрытий с фосфатными покрытием. Особенностью в ысушивания фосфатных деталей является то, что процесс высушивания происходит при температурах до 60 °С. Это объясняется тем, что при вышеуказанных температурах пассивные хроматные пленки разрушаются, поскольку при таких температурах происходит дегидратация, из-за чего снижаются механические и защитные свойства пленок. Сушка деталей, обрабатываемых насыпью на барабане, проводится на противне.

Смазка. Фосфатированная поверхность покрыта пленкой, кото-

рая содержит множество микропор, занимающих от 0,1% до 1% общей площади. Чтобы улучшить ее защитные свойства, необходимо обработать или пропитать пленку. Это может быть достигнуто с помощью различных методов. Пропитка маслами обеспечивает более высокую антикоррозионную защиту. Производится оно в индустриальном масле, согласно ГОСТ 20799-75.

Эти смазки служат для длительного предохранения изделий. Для смазки фосфатированных деталей могут применяться и другие эмульсии и лаки. В автомате фосфатирования технологический процесс предусматривает применение эмульсии. Состав и концентрация его регулируется требованиями изделий. В тех случаях, когда смазка не мешает работе изделия, применяется густая эмульсия, а там, где по технологическому процессу она не допускается, применяется более жидкая [36].

Операция по смазке проводится в другом цеху, на отдельной линии.

2.6. Методика корректирования

Раствор обезжиривания. Для поддержания правильного состава растворов необходимо проводить корректировку не реже одного раза в месяц на основе результатов химического анализа, который определяет содержание едкого натра и три-натрийфосфата. Раствор травления. Корректирование раствора производят добавлением соляной согласно анализу.

Раствор фосфатирования. Корректирование фосфатирующего раствора производится по его кислотности. Если общая кислотность выше требуемого значения, в раствор добавляют воду.

2.6.1 Сводная ведомость анализа и корректирования растворов и электролитов

Таблица 2.2 - Анализ и корректирование растворов

№ п/п	Наименование операции техпроцесса	Методика анализа	Периодичность анализа	Периодичность корректирования по компонентам	Число Смен р-ра за Год
1	Обезжиривание	Объемный метод Фотоколориметрический	1 раз в день	1 раз в месяц по данным химического анализа	По мере загрязнения
2	Травление	Титрование	1 раз в день	1 раз в месяц по данным химического анализа	По Мере загрязнения
3	Фосфатирование	Объемный комплексометрический метод	1 раз в 2 недели	1 раз в 2 недели	По Мере загрязнения

2.6.2 Порядок поддержания ванн в рабочем состоянии и их чистка

Чтобы обеспечить эффективную работу промывных ванн, необходимо регулярно производить их чистку.

В зависимости от типа ванны и условий эксплуатации, эту процедуру н ужно проводить от одного до двух раз в неделю. Если ванна установлена на с тационарном участке, то промывку следует проводить ежесменно.

В процессе работы с рабочими растворами они могут загрязняться механическими включениями, илом или примесями, что отрицательно сказывается на качестве покрытий. Поэтому в соответствии с графиком необходимо проводить периодическую чистку ванн. Например, ванны для покрытий нужно чистить два раза в год, а ванны для обезжиривания - один раз в год.

Если в процессе работы потребуется добавить химических веществ в ва нну, необходимо рассчитать необходимое количество согласно данным

анализа. Кроме того, необходимо следить за pH раствора и поддерживать его в технологических пределах.

Если pH слишком высокий, то его можно понизить, добавив в ванну небольшое количество концентрата. Если же pH слишком низкий, то его можно повысить, добавив каустик, растворенный в воде.

Важно отметить, что при нормальной работе ванны pH электролита будет стремиться к увеличению. Поэтому необходимо регулярно контролировать pH и проводить корректировку, если это требуется.

Дефекты покрытия и способы их устранения приведены в таблице 2.3 [37].

Дефекты покрытия	Возможная причина их образования	Способы устранения
Фосфатная пленка очень тонка, при погружении деталей в воду сквозь неё просвечивает металл.	Недодержка по времени при фосфатировании.	Стравить пленку в 10-15% растворе серной кислоты и повторить процесс с нужной выдержкой.
Крупнокристалличность и слабая коррозионная стойкость фосфатной пленки.	Подготовка произведена методом травления.	Заменить травление очисткой или после травления помыть в содовом растворе.
После высыхания пленка имеет грязный налет солей.	Фосфатирование вели со взмученным осадком	Детали не должны касаться дна ванны, а процесс не должны вести в кипящем растворе.
В отверстиях и внутренних полостях фосфатная пленка отсутствует.	Образование воздушных или водопАводных «мешков».	Изменить расположение деталей и применять встряхивание

Передел брака. Снятие фосфата с деталей производится следующим образом. Сначала производится обезжиривание поверхностей деталей раствором содержащим:

- Тринатрийфосфат 15-35 г/л,
- Сода кальцинированная 15-35 г/л,
- Едкий натр 5-15 г/л,
- Стекло натриевое жидкое 4 г/л.

После обезжиривания детали промываются дважды в проточной

горячей и холодной воде, подвергаются травлению (соляная техническая кислота - 150-200 г/л). Протравленные детали тщательно промывают холодной водой. Детали подвергаются фосфатированию непосредственно после снятия фосфатной пленки", обрабатываются после травления начиная с промывки холодной водой.

3. Расчетная часть

3.1 Выбор основного типа оборудования

При выборе оборудования для производства необходимо учитывать несколько факторов, таких как технологические параметры техпроцесса, тип производства, технические характеристики оборудования, сложность изготовления, настройки, ремонта и обслуживания оборудования, а также его цену.

Технологические параметры техпроцесса, такие как продолжительность операций обработки, температурный режим работы растворов и токсичность выбросов в атмосферу, также должны быть учтены при выборе оборудования.

Выбор оборудования и его количество должны соответствовать производственной программе или объёму заказа, а также его производительности. Производство по производительности условно делится на мелкосерийное, серийное, крупносерийное и массовое.

Для мелкосерийного производства рекомендуется использовать с

тационарные ванны и механизированные линии.

Для серийного производства следует применять автоматы различных типов и механизированные линии. Для массового и крупносерийного производства с установившейся номенклатурой следует использовать автоматы с жестким циклом.

Сегодня потребность в увеличении производства машиностроительной продукции и товаров широкого потребления, а также повышении качества продукции и сокращении материально-энергетических и т рудовых ресурсов является одним из главных вопросов в промышленности.

Для решения этой проблемы необходимо увеличивать объемы пр оизводства в тех отраслях, которые обеспечивают надежную защиту из делий от коррозии, снижение их металлоемкости и улучшение товарного вида. Автоматизация и механизация процессов их нанесения позволяют не только повысить производительность труда и улучшить качество покрытий, но и устранить малоквалифицированный ручной труд, особенно в тяжелых и вредных для человека производственных условиях.

Внедрение автоматизированных систем для нанесения гальванических покрытий призвано увеличить выпуск продукции, повысить её качество, снизить долю ручного труда гальванических цехах.

За последние десятилетия автооператорные линии стали популярны во всех отраслях промышленности благодаря их функциональным в озможностям. Основным элементом автооператорной линии является а втооператор.

Существует три типа автооператоров: подвесной, портальный и к онсольный.

В данном проекте используется портальный автооператор, так как он прост в изготовлении и имеет достаточную грузоподъемность. Для проекта используется автооператор подвесного типа с гру

зоподъемностью 500 кг, высотой подъема 1600 мм, скоростью передвижения 10-50 м/мин, скоростью подъема-опускания 3-20 м/мин и габаритными размерами 2460х1560х2650 мм.

Детали, подвергающиеся химическим видам покрытий, обычно о брабатываются в корзинах или специальных кассетах, а подвески используются только в случае, если это необходимо из-за конфигурации д еталей. Мелкие детали покрывают в барабанах.

Для процесса фосфатирования предлагается автоматическая гальваническая линия производительностью 60 м2/ч и единовременной загрузкой в барабан. В данной автоматической гальванической линии используются ванны типоразмера ДхШхВ:

- 1500х900х1000 (1050) мм;
- 1500х1000х1000 (1050)

Габариты линии 26500х4100х5970 мм.

Количество ванн в линии – 12 штук.

Количество автооператоров – 2 шт.

3.2 Определение фондов времени

Цеха металлопокрытий; как правило, работают в 2 смены.

Таким образом, номинальный годовой фонд времени работы оборудования в часах найдем следующим образом:

$$T_0 = \left(365 - t_0 - t_n\right) \cdot t - t_{nn} \cdot t_1 \quad (3.1)$$

где 365 дней в году;

t_0 - число выходных дней в году (102);

t_n - число праздничных дней в году (16 дней);

t_{nn} - число предпраздничных дней в году (16 дней);

t - продолжительность работы оборудования в сутки (16 час);

t_1 - число часов, на которые сокращен рабочий день в предпразд-

ничные дни (1 час).

T_0 = (365 - 102 - 16) • 16 - 16 • 1 = 3936 ч

С учетом потерь времени при работе оборудования действительный фонд времени ($T_Д$) составит:

$$T_Д = T_0 - T_0 \cdot K_П \quad (3.2)$$

где $K_П$ - коэффициент простоя оборудования, который в зависимости от сложности оборудования и режима работы цеха может приниматься: при 1- сменной работе 2% - для ванн, для автоматов - 6%; при 2-сменной работе 3% - для ванн, 8% - для автоматов; при 3-сменной работе 4% - для ванн, 10% - для автоматов. Т. к. в моем проекте принимается 2-сменный рабочий день с применением автоматов, то $K_П$ принимается равным 0,06.

$T_{Д\ (ванны)}$ = 3936 - 3936 • 0,03 = 3818 ч

$T_{Д\ (автомат)}$ = 3936 - 3936 • 0,08 = 3621 ч

3.3 Расчет автооператорной автоматической линии

Отправным моментом в расчете линии является правильный выбор ритма выдачи автоматом загрузочных приспособлений с обработанными деталями. Ориентировочно ритм, выдачи рассчитываем по следующей формуле:

$$R = T_Д \times K_З \times 3600 \times N \times f \times n) / F \quad (3.3)$$

где $T_Д$ - действительный фонд времени работы автомата, ч;

$K_З$ - коэффициент загрузки автомата, $K_З$=0,9-0,95;

f-поверхность одного барабана, $м^2$;

n - количество барабанов в ванне, шт;

R - ритм выдачи барабанов с готовыми изделиями, с.

R = (3621 х 0,9 х 3600 х 1 х 2,18 х 1) / 50000 = 341 с

Для достижения необходимой производительности процесса тре-

буется оптимальное количество основных и вспомогательных ванн. Дл ительность фосфатирования и других операций зависит от технологического процесса. Для загрузки и выгрузки деталей из ванн принимается время в 1 минуту.

Для технологических операций малой продолжительности (около 1 мин), таких, как травление, холодная и горячая промывка и др., необходимое количество ванн принимаем по 1 штуке для каждой операции.

Количество основных ванн для нанесения покрытия определяем по формуле:

$$Z_{осн} = \tau_{осн} / R$$

(3.4)

$$\tau_{осн} = \tau_{осн} + \tau_{обсл} \qquad (3.5)$$

где $\tau_{осн}$ - время пребывания детали в основной ванне, с; $\tau_{обсл}$ - время,

необходимое для загрузки и разгрузки основной ванны, с.

Пример для ванны фосфатирования:

$Z_{осн}$=600/1250 = 0,48~1

Аналогично рассчитываем количество ванн для остальных процессов. В результате расчёта получаем по одной ванне фосфатирования на каждую деталь (7 и 11), одну ванну обезжиривания на 2 типа деталей, по одной ванне травления для каждого типа деталей, одна ванна нейтрализации на каждый тип деталей.

Ориентировочное количество автооператоров, необходимое для осуществления требуемого ритма, определяется по формуле:

$$Z_{авт} = (k\tau) / R$$

(3.6)

где τ - время работы автооператора за цикл;

k - коэффициент, учитывающий обратные и холостые ходы автооператора, k = 1,5-2,5.

Меньшее значение k применяют при расчетах для автоматических

линий с жесткой циклограммой, большее - для линий с управлением «от кнопки на процесс».

Время работы автооператора за цикл:

$$\tau = \tau_г + \tau_в + \tau_{ост} + \tau_{выст} \quad (3.7)$$

$$\tau_г = 2L(z+1)/V_г \quad (3.8)$$

$$\tau_в = 2H(z+1)/V_B$$

(3.9)

$$\tau_{ост} = Z_1 \times t_1$$

(3.10)

$$\tau_{выст} = \Sigma Z_i \times t_i$$

(3.11)

где $\tau_г$ - суммарное время горизонтальных перемещений автооператора, с; $\tau_в$ - суммарное время вертикальных перемещений автооператора на подъем и опускание барабана, с; $\tau_{ост}$ - время остановки автооператора у ванн, с; $\tau_{выст}$ - время выстоя автооператора без отхода от ванн, с; L - шаг между ваннами, м; Z — общее количество ванн; $V_г$ - скорость горизонтального перемещения автооператора, м/с; V_B - скорость вертикального перемещения автооператора, м/с; Z_1- количество ванн, у которых задерживается автооператор; t_1 - время задержки автооператора у ванн, с; Z_i- операции, обслуживаемые без отхода автооператора; t_i - время выстоя автооператора без отхода, с.

$\tau_г$= 2 х 1 х (17 + 1) / 0,83 = 44 с;

$\tau_в$ = 2 х 1,6 х (17+1) / 0,33 = 175с;

$\tau_{ост}$ = 4 х 100 = 400 с;

$\tau_{выст}$ = 400 х 30 = 400 с;

τ = 44 + 175 + 400 + 400 = 1019 с.

$Z_{авт}$ = (1,5 х 1019) / 1250 = 1,22 ≈ 2

3.4 Расчет сжатого воздуха

Расход сжатого воздуха на барботаж определяют по [38], исходя из нормы расхода 0,2-0,3 л/мин на 1 литр раствора по формуле:

$$V_{возд} = (0{,}2 - 0{,}3) \cdot V_B \cdot 60 \quad (3.12)$$

Где $V_{возд}$ - расход воздуха ,л/ч;

V_B-объем ванны,л;

60 – коэффициент перевода л/мин в л/ч

Барботаж используется в пятнадцати ваннах.

$$V_{возд} = 0{,}3 \cdot 1{,}6 \cdot 60 \cdot 15 = 432 \ \ м^3/ч$$

3.5. Материальные расчеты

3.5.1 Расчёт расхода воды на промывку

Для расчета расхода воды на промывку используется ГОСТ 9.305 -84. При погружном методе промывки, независимо от ее схемы, расход воды определяется по формуле, указанной в данном ГОСТе:

$$Q_N^P = q \cdot F \cdot n \cdot \sqrt[N]{\alpha \cdot k_0} \quad (3.13)$$

где q - удельный вынос электролита (раствора) из ванны поверхностью деталей в барабане (q= 0,4 $дм^3/м^2$);

N - количество ступеней (ванн) промывки;

α - коэффициент, учитывающий наличие ванн улавливания: 0,4 при одной, 0,15 при двух и 0,06 при трех ваннах улавливания;

n - количество промывных ванн с самостоятельной подачей воды;

k_0 - критерий окончательной промывки деталей;

F - промываемая поверхность деталей (F= 6,25 $м^2$л/ч).

$$k_0 = Co/Cп, \quad (3.14)$$

где Со - концентрация основного компонента в электролите в ванне перед промывкой, г/л;

Сп - допустимая концентрация основного компонента в электролите после промывки, г/л.

После операции химического обезжиривания проводим промывку: теплую, следовательно (n=1, q=0,3 л/$м^2$, N=1, α =1, Со =15 г/л, Сн=0,1 г/л)

Ко = 350

Q =1*0,3*6,25*18,7 =35 л/ч;

т.е. 35 л/ч в ванну теплой промывки.

После операции травления проводим горячую и теплой промывки. (n=2, q=0,2 л/$м^2$, N=2, а=1, Со =150 г/л, Сн=0,1 г/л)

Ко = 2000

Q = 2*0,2*6,25*44,7 =117,75 л/ч;

т.е. 117,75 л/ч в двухкаскадную ванну холодной промывки.

После операции нейтрализации проводим 2 теплые промывки. (n=2, q=0,3 л/$м^2$, N=2, α =1, Со =15 г/л, Сн=0,1 г/л)

Ко = 350

Q =2*0,3*6,25*18,7 =70 л/ч;

т.е. по 35 л/ч в каждую ванну теплой промывки.

После операции фосфатирования проводим две промывки: горячую и теплую. (п=2, q=0,2 л/м2, N=2, а=1, С0=60 г/л, Сн=0,01 г/л)

Ко = 6000

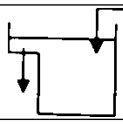
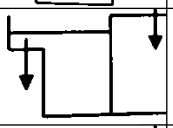
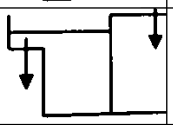
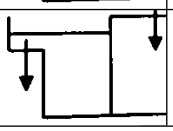
Q =2*0,2*6,25*77,4 =193,5 л/ч;

т.е. по 100 л/ч в ванну горячей и теплой промывки.

Результаты расчёта расхода воды на промывку сведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 - Расходы воды на промывку

Операция перед промывкой	Схема промывки	Со, г/л	Сп, г/л	Ко	Q, л/ч

Обезжирива-ние		15	0,1	350	35
Травление		150	0,1	2000	118
Нейтрализа-ция		100	0,1	350	70
Фосфатирова-ние		120	0,01	6000	200

3.5.2 Расчёт расхода химикатов

Общий расход химикатов складывается:

1) из расхода на единовременное приготовление растворов (для первого года работы участка, цеха;

2) расхода на работу.

Расчёт расхода химикатов на первоначальное приготовление рабочего раствора рассчитывается по максимальной концентрации:

$$m_i^1 = C_i \cdot V_i \cdot n_B \cdot n_{CM} \qquad (3.15)$$

где m_i^1- масса каждого компонента раствора, кг;

Ci - концентрация каждого компонента раствора, г/л;

Vj - объём ванны (для химических ванн V=1575 л);

n_B - количество ванн;

n_{CM} - сменность ванны в год (ванна фосфатирования, травления, обезжиривания -1 раз).

Пример расчёта для ванны обезжиривания:

m^1_{NaOH}=0,015 • 1600 • 1• 1 = 24 кг;

$m^1_{Na_3PO_4}$=0,03 • 1600 • 1 • 1 = 48 кг;

$m^1_{Na_3CO_3}$=0,03 • 1600 • 1 • 1 = 48 кг;

$m^1_{Na_3SiO_3}$= 0,01 • 1600 • 1 • 1 = 16кг.

Результаты расчётов приведены в таблице 4.3.

Таблица 3.2 - Расход химикатов на приготовление растворов.

Наименование ванны	Состав раствора	Концентрация, г/л	Масса, кг
Обезжирива-ние	Гидроксид натрия технический Тринатрийфосфат технический Сода кальцинированная Силикат натрия	10-15 г/л 25-30 г/л 25-30 г/л 5-10 г/л	24 48 48 16
Травление	Серная кислота Соляная кислота	100-150 г/л 15-30 г/л	240 48
Нейтрализация	Сода кальцинированная	70-100 г/л	160
Фосфатирова-ние	Фосфатирующий концентрат Фоскон-5 Нитрит натрия	100-120 г/л 0,12-0,2 г/л	192 0,32

Расчёт химикатов на работу проводится по формуле:

$$m_i^2 = (r - S_{год} \cdot c)/1000, \qquad (3.16)$$

где r - удельная норма расхода электролита (табл. 6.5 [39]), л/м2;

с - средняя принятая концентрация компонентов, г/л;

$S_{год}$- годовая Производственная программа выбранного комплекта деталей, $м^2$/год.

Пример расчёта для обезжиривания:

m^2_{NaOH}=(0,48 • 50000 • 15)/1000=360 кг;

$m^2_{Na_3PO_4}$=(0,48•50000 • 30)/1000=720 кг;

$m^2_{Na_3CO_3}$,=(0,48•50000•30)/1000=720 кг;

$m^2_{Na_3SiO_3}$=(0,48 • 50000 • 10)/1000=240

Результаты расчётов приведены в таблице 4.4.

Расчет химикатов на замену ванны проводится по формуле:

$$m_i^3 = c \bullet S_{год} \bullet (1 + 0{,}01 \bullet \alpha)/ Ксм \qquad (3.17)$$

где с - средняя принятая концентрация компонентов, г/л;

$S_{год}$ - годовая производственная программа выбранного комплекта деталей, $м^2$/год;

• α - процент исправимого брака при нанесении покрытий (принимаем а=5);

Ксм - удельная нагрузка технологических растворов (табл.6.10 [39]), $м^2$/л.

Пример расчёта для обезжиривания:

m^3_{NaOH}= 15 • 50000 • (1 + 0,01 • 5)/1,5 = 525 кг;

$m^3_{Na_3PO_4}$ =30 • 50000 • (1 + 0,01 • 5)/1,5 = 1050 кг;

$m^3_{Na_3CO_3}$= 30 • 50000 • (1 + 0,01 • 5)/ 1,5 = 1050 кг;

$m^3_{Na_3SiO_3}$=10 • 50000 • (1 + 0,01 • 5)/ 1,5 = 350 кг.

Одним из путей снижения расхода химикатов и объема вредных сбросов является установление после ванн металлопокрытий ванн-уловителей раствора, механически захваченного обрабатываемыми деталями (и крепежными устройствами для них - подвесками, барабанами, колоколами).

Проектные нормы снижения расхода при этом, однако, не всегда обоснованы.

Таблица 3.3 -Расход химикатов на процесс.

Наименование ванны	Состав раствора	Концентрация, г/л	Масса на приготовление, г/л	Масса на замену ванны, кг	Масса на работу, кг	Всего
Обезжиривание	Гидроксид натрия технический	10-15 г/л	24	520	360	910
	Тринатрийфосфат технический	25-30 г/л	48	1050	720	1820
	Сода кальцинированная-	25-30 г/л	48	105	720	1820
	Силикат натрия	5-10 г/л	16	350	240	610

3.5.3 Расход электроэнергии

Потребителями являются:

- автоматическая линия;
- вентиляторы;
- ТЭНы;
- насосное оборудование.

Расход электроэнергии на работу автооператорной линии:

$$W_1 = Pn \cdot Коб \cdot Тд \quad (3.18)$$

где Рп - мощность автооператора, кВт;

$Коб$ - коэффициент использования оборудования, ч;

Тд - действительный фонд работы оборудования, ч.

W_1 = 3,8 • 1 • 3654 =13885,2 кВт ч

Расход на работу вентиляторов:

$W_2 = (P_Э \cdot П \cdot T_д)/\eta$

где Рэ - мощность электродвигателя вентилятора кВт;

П — число электродвигателей;

Тд - действительный фонд работы оборудования, ч;

η - КПД выпрямителя.

W2 = (24 • 1 • 3654)/0,8 = 109620,5 кВт ч

Расход электроэнергии на ТЭНы. Потребляемая мощность ТЭНов указана в таблице 4.5.

Расход электроэнергии на насосное оборудование:

Общий расход электроэнергии:

Таблица 3.4 Потребляемая мощность ТЭНов

Наименование ванны	**Мощность необходимая на разогрев ванны до рабочей температуры за 4 часа, кВт**
Обезжиривание	24

Промывка теплая	36
Травление	18
Травление	15
Промывка горячая	12
Промывка теплая	51
Нейтрализация	15
Промывка теплая	120
Промывка теплая	12
Фосфатирование	18
Фосфатирование	12,6
Промывка теплая	12
Промывка горячая	66
Итого	**429,6**

W_3 = 429,6 • 1 • 3654= 1569758,4 кВт ч

W =W_1 + W_2+W_3

W = 13885,2+ 109620,5+ 1569758,4 = 1693263,6 кВт ч

3.6 Расчет вентиляции

Расчет объема отводимого от ванны воздуха производится по формуле:

$$V = 1400 \cdot \sqrt[3]{H_p + 0.53 \cdot \frac{B_p \cdot L}{B_p + L}} \cdot B_p \cdot L \cdot K_9 \cdot K_{10} \cdot K_{11}$$

B_p- ширина ванны, L – длина ванны, K_9- Коэф-т, учитывающий конструкцию отсоса, K_{10} Коэф-т, учитывающий температуру электролита, K- Коэф-т, учитывающий токсичность ЗВ, H_p- расстояние от зеркала ванны до центра щели бортоотсоса.

Значения объемов воздуха удаляемого с каждой ванны приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 Потребляеемая мощность ТЭНов

Наименование ванны	Характеристика испаряющейся среды	Объем удаляемого воздуха, $м^3/час$
Обезжиривание	Пары щелочей	791

Теплая промывка	Пары щелочей	1022
Травление	Пары кислот	1080
Травление	Пары кислот	996
Каскадная промывка (теплая/теплая)	Водяной пар	2044
Каскадная промывка (горячая/телая)	Водяной пар	1374
Фосфатирование	Пары кислот	567
Фосфатирование	Пары кислот	674
Нейтрализация	Водяной пар	623
Каскадная промывка (теплая/теплая)	Водяной пар	2044
Вентилируемы короб автооператора	Пары кислот	4000
Итого		18 052

Общий объём удаляемого воздуха с зеркала ванны составляет 18 052 $м^3/час$. Основываясь, на данное значение подбираем скруббер соответствующей производительности и комплект вентиляторов.

На основании выше была составлена спецификация всего оборудования (приложение 1).

4. Автоматизация производства

4.1 Концепция автоматизации технологического производства

Автоматизация технологических процессов - это важный шаг в п овышении экономической эффективности производства. Она также спо собствует созданию комфортных условий для рабочих, что делает ра-бочие места более привлекательными. Однако, наиболее важным ас-пектом автоматизации является обеспечение безопасности рабочих, осо бенно в технологических процессах, связанных с химическими веще-ствами и другими опасными условиями труда. При выборе средств ав-томатизации производственных процессов, необходимо учитывать, что это позволяет увеличить производительность труда обслуживающего п ерсонала на 5-10% и повысить безопасность **работы** [40]. Прибор для измерения температуры позволяет не только измерять температуру, но

и регулировать ее при помощи контроллера включающего, отключающего ТЭН. Во избежание перелива раствора из ванны предусмотрены уровнемеры кондуктивного типа.

Краткая операционная схема технологического процесса:

1. Обезжиривание

2. Промывка теплая

3. Травление

4. Промывка горячая

5. Промывка теплая

6. Нейтрализация

7. Промывка теплая

8. Промывка теплая

9. Фосфатирование

10. Промывка теплая

11. Промывка горячая

Таблица 4.1-Таблица регулирования параметров

Поз.	Ванна	Работа ТЭНа	Уровень	Температура	Время
1.6	Обезжиривание	+	+	+	+
1.7	Тёплая промывка	+	+	+	+
1.8	Травление	+	+	+	+
1.9	Травление	+	+	+	+
1.10	Тёплая промывка	+	+	+	+
1.11	Тёплая промывка	+	+	+	+
1.12	Горячая промывка	+	+	+	+
1.13	Тёплая промывка	+	+	+	+
1.14	Фосфатирование	+	+	+	+
1.15	Фосфатирование	+	+	+	+
1.16	Нейтрализация	+	+	+	+
1.17	Тёплая промывка	+	+	+	+
1.18	Тёплая промывка	+	+	+	+

Таблица 4.2 - Параметры автоматизации технологического процесса

Поз.	Ванна	Вид автоматизации	
		Измере-ние	Регулирова-ние
1.6	Обезжиривание - температура раствора -уровень - время	+	+
1.7	Теплая промывка - температура раствора -уровень - время	+	+
1.8	Травление - температура раствора -уровень - время	+	+
1.9	Травление - температура раствора -уровень - время	+	+
1.10	Теплая промывка - температура раствора -уровень - время	+	+
1.11	Теплая промывка - температура раствора - уровень - время	+	+
1.12	Теплая промывка - температура раствора - уровень - время	+	+
1.13	Теплая промывка - температура раствора - уровень - время	+	+
1.14	Фосфатирование - температура раствора - уровень - время	+	+
1.15	Фосфатирование - температура раствора - уровень - время	+	+
1.16	Нейтрализация - температура раствора - уровень - время	+	+
1.17	Теплая промывка	+	+

	- температура раствора - уровень - время		
1.18	Теплая промывка - температура раствора - уровень - время	+	+

4.2 Контур регулирования температуры

При проведении процессов обезжиривания, травления, нейтрализации, фосфатирования, горячей и теплой промывки необходимо контролировать температуру в ванне. Однако, из-за потерь тепла в окружающую среду или на нагрев деталей, температура может изменяться. Дл я поддержания заданной температуры в ванне можно использовать систему автоматического регулирования. Она позволяет автоматически в ключать и отключать ТЭНы, чтобы поддерживать необходимую температуру.

Унифицированный электрический сигнал подается на вторичный прибор-контроллер, в котором происходит сравнение заданного и текущего значения температуры. В случае отклонения текущего значения температуры от заданного в большую или меньшую сторону, подается электрический сигнал на автомат включающий, выключающий ТЭН.

4.3 Контур регулирования уровня

Регулирование уровня производится во всех ваннах ваннах так как регулирование уровня предохраняет не только от перелива или недолива раствора, а также предохраняет перегорания ТЭНа, путем его отключения в случае низкого уровня и его автоматического подключения по мере наполнения ванны. Сигнал соответствующий уровню в ванне поступает на вторичный прибор.

Эта схема автоматической стабилизации работает следующим образом. При повышении уровня в ванне система регулирования уменьшает степень открытия клапана линии подачи жидкости, что приводит к уменьшению ее расхода, вследствие чего уровень понижается и наоборот [36].

4.4 Контроль времени

Измерение отведенного времени на операцию осуществляется с момента запуска технологии и регулируется с помощью программного реле времени ВС-10-66, работающего в комплекте с реверсивным магнитным пускателем ПМЕ-211.

Схема работает следующим образом: рабочий нажимает на кнопку, подвеска с деталями опускается в электролит, реле замыкается на определенное время, как только время выходит, реле размыкается и подвеска поднимается.

5. Экономическая часть

5.1 Затраты на оборудование

Для практического исполнения проекта фосфатирования потребуются немалые средства. На первых этапах расходуются деньги на разработку проекта, конструкторскую и рабочую разработку проекта. После этого следует приступить к изготовлению оборудования. После того, как будет изготовлено оборудование, идет монтаж. Завершающий эт ап в реализации проекта фосфатирования заключается в запуске линии в эксплуатацию, а также выходе с готовой продукции. Таблица 5.1 показывает примерную стоимость линий фосфатирования, без уч ета монтажа и монтажа. Стоимость этих работ зачастью равна 15% от п олной стоимость оборудования. Кроме того, стоит учитывать, что цены всей линии могут меняться из-за изменения курса валют, так как большая часть линии является импортной.

Таблица 5.1 Стоимость оборудования

Наименова-	Ед.	Количе-	Стоимость, рублей	Амартизационные

ние оборудования		ство			отчисления	
			единица	Общая	Норма,%	Сумма, руб
Технологическое оборудование						
а.Ванны полимерные	Шт	12,00	280000,00	3360000,00	20,00	672000,00
б.Ванны стальные	Шт	3,00	500000,00	1500000,00	20,00	300000,00
в.Автоматическая линия	Шт	1,00	5000000,00	5000000,00	20,00	1000000,00
г.Неучтенное оборудование	Шт	5,00	3000000,00	15000000,00	20,00	3000000,00
Электросиловое оборудование:						
Вентиляторы	Шт	2,00	150 000,00	300 000,00	12,10	36 300,00
КИП и автоматика	комплект	5,00	5000000,00	25000000,00	14,00	3500000,00
Трубопроводы	комплект	15,00	15 000,00	225 000,00	15,00	33 750,00
Всего				**50385000,00**		8542050,00

6 Безопасность и экологичность производства

6.1 Все опасности

На производстве существует множество потенциальных опасностей для работников.

Они могут получить ожоги кожи, травмы глаз, ожоги пищевода, отравление цианидами, тепловые ожоги, поражение электрическим током, отравление растворителями и царапины. Особенно гальванический цех характеризуется наличием значительного количества вредных веществ, газов и паров, которые могут негативно влиять на здоровье человека.

Кроме того, обилие промывных ванн в помещении создает повышенную влажность.

6.2 Характеристика вредных веществ

Проектируемый цех покрытие деталей производится фосфатом. Ванна изготовлена из нержавейки и полипропилена. Барабан из полипропилена. Вредные и опасные вещества согласно: Натрий едкий (NaOH). При попадании пыли или раствора на кожу образуется мяг

кий струп. Возникают экземы, особенно в суставах пальцев. Опасно попадать даже самые малые количества NaOH в глаза; поражается и роговица, но и вследствие быстрого проникновения NaOH в глубь страдают и глубокие части глаза. Исходом может быть слепота. При попадании н а пораженный участок - обмывание струей воды в течение 10 минут, затем примочки из 5%-го раствора уксусной либо лимонной кислоты. Пр и попадании на глаза - тщательно промывания струей воды или раствором физиологического происхождения в течение 10 минут. ПДК - 0,5 мг/м3. Индивидуальная защита: спецодежда из плотных тканей, резиновые перчатки, фартуки, обувь. Класс опасности: Сода кальцинированная (Na2CO3). При работе с кальцинированной содой возникают изъязвления в слизистой носа, подобно возникающим при действии хрома. Вдыхание пыли может вызвать раздражения дыхательных путей, конъюнктивит. При длительной работе со растворами возможны: экземы, раздражение кожи. Концентрированный раствор NA_2 CO_3 вызывает ожог, некроз, а впоследствии помутнения роговицы. ПДК - 2 мг/м3 Класс опасности: индивидуальная защита: специальная одежда из плотной ткани, нарукавники, фартук, обувь. Соляная кислота (HC1). При высоких концентрациях - раздражение слизистых, в* особенности носа, конъюнктививит, помутнение рогицы, покалывание в груди, насморк, кашель, хроническое отравление вызывает катары дыхательного путей, разрушение зубов, изменение слизистой носовой перегородки, изменение зубов, разрушение зубов. Обычно причиной отравлений является не газообразный HC1, а туман HC1, образующийся при взаимодействии газа и водяных пар воздуха. При отравлении, немедленно вывести пациента на свежий воздух, освободить от стесняющей дыхание одежды. Ингаляция кислородами. Промывание глаз, носа, полоскание 2% раствором соды. При поражении глаз после промывания впустить по 1 капле 2% раствора новокаина. При крепкой кислоте на кожу - немедленно обмывание ее водой в течение 5 и мин. ПДК - 5 мг/m3.

6.3 Характеристика пожароопасных веществ, образующихся в производстве

Соляная кислота (HC1). Эта жидкость представляет собой едкую негорючую жидкость, которая реагирует с металлами, выделяемыми водородом, а под действием силовых окислителей выделяется фосфор.

6.4 Категорирование производства по степени пожароопасности и взрывоопасное

Проектируемые цехи относятся к категории «Д», поскольку они связаны с обработкой материалов и негорючих веществ в холодном состоянии. СанПиН 2.01.02.-85 здание относится к 2 степеням огнестойкости, поскольку несущие конструкции и конструкции из искусственных или естественных камней. Классификации по ПУЭ: помещение особо опасное. Санитарные классы: по СанПиН 2.2.1/2.1.1.984-00 г альваничный цех относится к 3-му классу, зона санитарной защиты 300 метров.

6.5 Шум и вибрация

В результате работы вентиляторов, двигателей, мешалок, вентиляторов происходит шум в цехе. Вибрация и шум вредны для человеческого организма. Длительное воздействие шума не только снижает остр оту слуха, но и ухудшает зрение, ухудшается внимание. Одновременно двигатели, насосы и мешалки не превышают допустимого уровня звука на местах 80 дб, согласно СанПин 1.2.3685-21, поэтому нет необходимости применять меры по звукоизоляции. Чтобы ослабить распространение вибраций по конструкции дома, вызываемой работой насосов и в ентиляторов, под их основу закладываются упругие материалы.

6.6 Безопасность технологического процесса

ГОСТ 12.3.008-75 и ССБТ "Производство покрытий металлических и неметаллических. Общие требования безопасности" устанавливают общую систему мероприятий для нанесения гальванических покрытий. Основными требованиями являются автоматизация и герметизация процессов для предотвращения опасных и вредных производственных факторов. Для обеспечения безопасности в процессе нанесения гальванических покрытий предусмотрены мероприятия, включающие механизированные процессы подготовки и нанесения покрытий с использованием тельферов. Каждый гальванический участок, на котором располагаются ванны, оборудован площадкой обслуживания. Ванны, где происходит выделение газов и паров, оборудованы бортовыми отсосами, а основные технологические параметры контролируются и регулируются автоматически.

6.7 Безопасность технологического оборудования.

Ванны - это емкости, которые используются для выполнения различных операций, включая подготовительные, основные и заключительные, и содержат рабочие растворы. Для ванн необходимо соблюдать ряд общих требований, таких как герметичность и отсутствие химического взаимодействия материала ванны с содержащимся в ней раствором. В случаях, когда используются концентрированные кислоты, для ванн применяются материалы из коррозионностойкой хромоникелевой стали. Для защиты корпусов ванн используется футеровка, то есть облицовка внутренних поверхностей металлических корпусов гальванических ванн химически стойкими материалами. Это защищает стенки ванн

от разрушения и предотвращает загрязнение раствора. Для антикоррозионной защиты ванн можно применять полимерный материал. Для обеспечения герметичности ванн используют различные методы, такие как сварка, пайка, развальцовка и применение герметика. Для герметизации ванн также могут использоваться прокладки. При выборе материала для ванны необходимо учитывать химическую инертность материала к раствору ванны.

6.8 Электробезопасность оборудования

Оборудование, выбранное в соответствии с ПУЭ, может быть выбрано в соответствии с характеристиками помещения. По использованию электрооборудования помещения относятся к классу П - 1. Поскольку в цехе установлены стационарно установленные машины без искрящих и искрящих частей, степень защиты оболочки электрических машин для пожароопасной зоны класса П-I IP-44.

В цехе имеются силовые электро установки переменного и постоянного тока. Постоянный ток используется для питания ванн гальванического типа, напряжение 6 В, переменный ток используется при с освещением, а так же для работы подъёмно-транспортного оборудования: 110В, 220В.

Самым опасным для людей является переменный ток с частотой 50-60 Гц, силой тока 0,1 А, напряжением более 250 В. Корпуса электрооборудования заземлены нулевым проводом. Персонал цеха должен уметь оказывать помощь при поражении электрическим током: удалить очаг поражения, отключить ток. Если пострадали люди, необходимо вынести на свежий воздух, освободить от стесняющей одежды, а также, при необходимости, применить искусственное дыхания. Статическое электричество, молниезащита.

Для обеспечения сохранности здания и безопасности людей в проекте предусмотрены мероприятия по охране от статического

электрочества и молниезащиты. Все электропроводные и металлические части технологического оборудования подлежат заземлению. Сопротивление устройства, которое защищает от статического электрочества, доскается до 100 Ом. По ГОСТ 12.1.018-93 цех относится к классу ЭСИБ.

Защита от атмосферных разрядов - прямые удары молний - молниеотводы, состоящие из приёмника, токоотвода, заземления. Заземлению подлежат металлическая крыша, металлические провода заземляют перед вводом в здании.

6.9 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда

На производстве необходимо обеспечивать санитарно-гигиенические условия труда. Для этого предусмотрены различные помещения, т акие как гардеробные, душевые, умывальные и курительные комнаты. Также должны быть устройства для питьевой воды и помещения для об работки, хранения и выдачи специальной одежды. Категория работ в це хе средней тяжести. При повышенной влажности и температуре воздуха в цехе нарушается терморегуляция, что ведет к снижению производительности труда.

Поэтому температура в цехе должна быть поддерживаться на уро вне 18-20°С в холодный и переходный период, а в теплый период - 21-23°С.

Относительная влажность должна быть на уровне 50%, а скорость движения воздуха не должна превышать 0,2 м/с. Допустимые нормы микроклимата в цехе: температура воздуха должна быть в диапазоне от 17 до 23°С, а относительная влажность - 75%. Скорость движения воздуха не должна превышать 0,3 м/с.

6.10 Вентиляционные устройства

В гальваническом цехе важно обеспечить хорошую вентиляцию, чтобы защитить работников от вредных веществ, которые могут выделяться в процессе работы.

Во всех отделениях цеха должна быть механическая приточная и местная вытяжная вентиляция. Минимальная кратность воздухообмена должна быть не менее 5 ч^(-1) в помещениях и не менее 4 ч^(-1) в помещениях для вспомогательного оборудования.

В помещениях для хранения и расфасовки химикатов необходимо предусматривать вытяжную вентиляцию. Приточная вентиляция используется для подачи в помещение чистого воздуха, а вытяжная - для удаления загрязненного воздуха. Свежий воздух поступает в помещение через неподвижные решетки, установленные в наружных стенах, и нагревается калориферами в зимнее время. Затем воздух распределяется по помещению при помощи центробежных вентиляторов по воздуховодам.

В цехах металлопокрытий для улавливания выделений вредных веществ с поверхности растворов гальванических травильных ванн применяются бортовые отсосы. Бортовые отсосы устанавливаются на длинных ваннах и работают с помощью центробежных вентиляторов.

Выбраны бортовые отсосы без поддува со щелью всасывания в вертикальной плоскости. При расчетах объемного расхода удаляемого воздуха используется формула:

$$L_{от} = 1400 \cdot [\,0.53 \cdot \frac{B_i \cdot l}{B_i + l} + h_H\,]^{1/3} \cdot B_1 \cdot l \cdot C_t \cdot C_{ток} \cdot C_1,\ м^3/ч \qquad (6.1)$$

где B_1 - расчетная ширина ванны, принимаемая равной для двубортовых отсосов расстоянию между кромками отсосов, м; l - длина ванны; h_H - расстояние от зеркала раствора до оси всасывающей щел, м; C_t - коэффициент, учитывающий разность температур раствора и воздуха в помещении; $C_{ток}$ - коэффициент, учитывающий токсичность

выделяющихся вредных веществ; Q - коэффициент, учитывающий конструкцию отсоса.

6.11 Характеристика систем отопления

В зимнее время в цехе используется калориферная система отопления, чтобы поддерживать температуру в 18 °С. Это важно для комфортных условий работы и сохранения качества продукции. Отопление цеха осуществляется заводской котельной с помощью теплой воды.

6.12 Характеристика систем освещения

Цех – это место, где происходят производственные операции и работают люди. Одним из важных аспектов безопасности и комфорта работы в цехе является освещение. В течение дня цех освещается естественным светом, который проникает через боковые окна. Однако, вечером, когда естественный свет уже не так ярок, используется искусственное освещение. В соответствии с рекомендациями [43], для зрительных работ в цехе выбран IV разряд, который характеризуется средней степенью точности.

Это означает, что наименьший размер объекта различия должен быть не менее 0,5-1,0 мм (в соответствии с СНиП 23-05-95). Вечернее освещение в цехе осуществляется с помощью люминесцентных ламп ЛБ 40, которые имеют световой поток 3120 лм. Местное освещение осуществляется обычными люминесцентными лампами. Коэффициент естественного освещения (КЕО) при боковом освещении составляет 1,2-1,5%, а при верхнем или комбинированном освещении - 4%.

Кроме того, в цехе предусмотрено аварийное освещение, которое включается автоматически в случае отключения основного освещения..

Эвакуационное освещение должно обеспечивать освещенность на полу и на земле основных проходов и ступенях лестниц: в помещениях - 0,5 лк, на открытых наружных площадках - 0,2 лк.

Освещение безопасности должно создавать на рабочих поверхностях, в производственных помещениях, в производственных помещениях и на территориях предприятий наименьшую освещенность в размере 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 1 лк для территорий предприятия. Для обеспечения безопасности на производстве необходимо установить светильники аварийного освещения, которые не зависят от сети рабочего освещения. Они должны быть подключены к отдельной сети, чтобы в случае отключения основного источника света, например, при аварии или пожаре, сотрудники могли бы продолжать работу и безопасно покинуть здание.

Кроме того, для оптимальных условий труда необходимо обеспечить рациональное освещение рабочих мест и зон внутри помещений и на открытых площадках.

6.12.1 Расчет естественного освещения

Определяем необходимую площадь осветительных проемов (окон) для искусственного освещения, а также необходимого количества ламп, чтобы обеспечить нормированное значение освещенности при естественном освещении. Это следует из требования СНиП 23-05-95, которое относится к IV разряду работ. Требуемые площади световых проёмов для бокового освещения определяются следующими формулами:

$$S_0 = \frac{S_n \cdot \Delta_n \cdot K_з \cdot \eta \cdot K_{зд}}{100 \cdot \tau_0 \cdot \tau_1}$$

(6.2)

где So - площадь окон, $м^2$; Δ_n - нормированное значение КЕО; $K_з$ — коэффициент запаса, принимается в диапазоне 1,2 - 2,0; η - световая характеристика окна; $K_{зд}$ - коэффициент учитывающий затемнения окон противостоящими зданиями, принимаем в диапазоне 1,0 - 1,7; S_n - площадь пола, $м^2$; τ_0 - коэффициент, учитывающий отражение света от потолка, стен и отношение длины помещения L к ширине помещения В, меняется в пределах! 1,5-5,7.

$$S_0 = \frac{1152 \cdot 1{,}5 \cdot 2{,}0 \cdot 7{,}5 \cdot 1{,}7}{100 \cdot 1{,}0 \cdot 5{,}7} = 77{,}3 \ м^2$$

В цехе для освещения комнаты площадью 1152 м2 будет установлено 8 окантов размером 2,5 х 4 м2, что позволяет обеспечить нормальную освещенность на рабочем месте. Для того, чтобы осветить помещение площадью 1152 кв. м2, потребуется 8 окон.

6.12.2 Расчет искусственного освещения

Для достижения оптимальной освещенности помещения необходимо правильно рассчитать количество ламп.

Для этого используется специальная формула:

$$N = \frac{E \cdot S_n \cdot K \cdot Z}{F \cdot \eta} \quad , \text{шт} \qquad (6.3)$$

Где Е - нормированная освещенность, ж; Sn - площадь помещения, м2;

К - коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности ламп в процессе эксплуатации (К=1,1 - 1,2); F - световой поток лампы выбранной мощности и типа; Z - поправочный коэффициент светильника (Z =1,1 - 1,5);

η - коэффициент использования светового потока, зависит от типа светильника, высоты подвеса светильника, окраски поверхности потолка и стен, индекса помещения. Индекс помещения:

$$i = A \bullet B / [h \bullet (A + B)], \qquad (6.4)$$

где А - длина здания, А=96 м; В - ширина здания, В=12 м; h - расчетная высота, м.

где Нзд -высота здания, м; Нзд =6 м

hp - высота от рабочей поверхности до пола, м; hp=l м

he — высота от потолка до светильника; hc=0,5 м

h = 6 - 1,0 - 0,5 = 4,5 I

I = 96 • 12 / [4,5 • (96 + 12)] = 2.37

По таблице СНиП 23-05-95 находим показатель помещения и принимаем коэффициент использования светового потока η = 0,6

N = 250 • 1152 • 1,1 • 1,1 /3120 • 0,6 = 186 шт.

Для освещения помещения площадью 1152 м необходимо 186 люминесцентных ламп ЛВ 40 со световым потоком 3120 лм.

6.13 Средства индивидуальной защиты работающих

Рабочие гальванического цеха обеспечиваются специальной одеждой: Одежда специальная для защиты от растворов кислот ГОСТ 12.4.251-2013;

Очки защитные закрытые с химически стойким очковым стеклом ГОСТ 12.4.253-2013;

Перчатки резиновые технические Щ20К200нНжПм1№2 ГОСТ 20010-93;

Перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием ГОСТ 5007-2014.

В цехе предусмотрены краны с горячей и холодной водой для промывания глаз, лица, рук при попадании на них кислот и щелочей.

6.14 Пожарная безопасность

Согласно Нормам безопасности предприятий (НБП) 105-03, проектируемый цех относится к категории "Д". Он имеет I степень огнестойкости - 4, а предел огнестойкости основных строительных конструкций таков: наружные стены - 0,25, внутренние несущие стены - 0,25.

Для обеспечения безопасности оборудования от аварий, вызванных короткими замыканиями, на распределительном щите установлен автоматический выключатель, который мгновенно отключает участок электросети, на котором произошло замыкание. Также предусмотрена сигнализация с ручным и автоматическим включением для подачи сигнала в пожарную часть в случае возгорания. Для тушения пожаров в цехе используются огнетушители ОУ-5.

6.15 Охрана окружающей среды

Перед выбросом в атмосферу воздух должен подвергаться очистке.

Выброс производится на высоту не менее, чем на 2 м выше наиболее высокой части крыши.

Цех металлопокрытий оборудован отдельными промышленными системами для стока кислотно-щелочных, циансодержащих, хромосодержащих электролитов и отработанных растворов.

Воздушная среда помещений гальванических цехов. Процессы химической и электрохимической обработки поверхности металлов осуществляется в ваннах заполненных различными растворами минеральных кислот, солей, щелочей и их смесями. При этом выделяются аэрозоли серной и соляной кислот, хромовые ангидриды, едких щелочей, окислы азота, пары плавиковой, азотной и соляной кислот, пары воды, аэрозоли и капли растворов со всеми содержащимися в них химикатами.

Выделения вредных веществ происходит различным способом: выделением водорода и других газов, образующихся при электролизе; выделение газов, образующихся при химических реакциях; вынос растворов пузырьками водорода, кислорода и других газов.

Для обеспечения безопасной работы необходимо знать допустимые концентрации токсичных и вредных веществ, входящие в состав растворов и электролитов, использовать наиболее прогрессивные методы контроля за состоянием воздушной среды помещения.

Для очистки применяются газо-, пыле-, туманоулавливающие аппараты.

При выборе очистке сточных вод следует учесть, что объем и качество потребляемой в технологическом процессе воды и состав отводимых в открытый водоем сточных вод зависит от технологии производства.

Для очистки сточных вод от минералов и их солей применяются следующие методы: реагентный, ионообменные, сорбционные, электрохимические, биохимические, а также ведется нейтрализация сточных вод для удаления из них кислот и щелочей. Сточные воды поступающие на нейтрализацию, по составу загрязнений можно подразделить на следующие группы: кислотосодержащие, щелочесодержащие, цианосодержащие, хромосодержащие.

6.15.1 Очистка сточных вод

Общие положения

1. Сточные воды гальванического производства образуются в процессе промывки изделий при поверхностной металлообработке и нанесении гальванических покрытий.

2. По содержанию загрязнений сточные воды делятся на:

- кислотно-щелочные - от процессов травления, обезжиривания, кислых и щелочных электролитов. Эти стоки содержат также ионы железа и тяжелых металлов (медь, никель, цинк, алюминий и пр.)

3. Обезвреживание сточных вод производится реагентным методом по кислотно-щелочному потоку, которые канализируются друг от друга.

4. После обезвреживания и очистки сточные воды направляют в сеть хозяйственно-фекальной канализации.

5. Контроль за содержанием ионов тяжелых металлов: железа, меди, никеля, цинка производится химической лабораторией очистных сооружений согласно утвержденным методикам лабораторно- химических исследований промышленных сточных вод.

6. Количество сточных вод приведено.

В данном технологическом процессе используют ионообменную очистку сточных вод. Очищать промывные сточные воды методом ионного обмена можно без разделения по характеру сбросов, то есть одновременно могут обрабатываться щелочные, кислые, хромовые и цианистые воды, или с разделением стоков по характеру загрязнения.

Один цикл производит очистку промывных стоков, не содержащих концентрированных реагентов. Другой цикл позволяет обезвреживать концентраты.

Ионообменная установка состоит из сборника промывной воды, в котором сточные воды проходят предварительную обработку 10%-ным раствором известкового молока (pH 8,5). Далее стоки поступают на линию ионообменников, откуда очищенная вода через распределитель возвращается в производственный цикл. Таким образом происходит очистка промывных вод, не содержащих концентрированных стоков.

Концентрированные отходы гальванического производства направляются в сборники концентратов для кислых, хромосодержащих и щелочных и стоков. Пройдя там предварительную обработку, стоки

перекачиваются в реакторы. После обработки в реакторах стоки поступают в шламоотстойник. После отстаивания вода направляется на пресс-фильтр, пройдя который она поступает в селективную емкость, а уже оттуда - на селективную очистку. Пройдя такую очистку вода может сливаться в канализацию.

Технология нейтрализации и очистки кислотно-щелочных стоков.

Кислотно-щелочные стоки подаются в усреднитель - накопитель, из которого поступают в реактор. По мере заполнения реактора проводят замер pH поступающих вод, определяют количество кислоты, щелочи и тяжелых металлов.

Нейтрализация щелочных сточных вод (pH>8,5) производится, как правило, серной кислотой.

Нейтрализация кислых сточных вод (pH<6,5) производится, как правило, известковым молоком и протекает в 2 стадии:

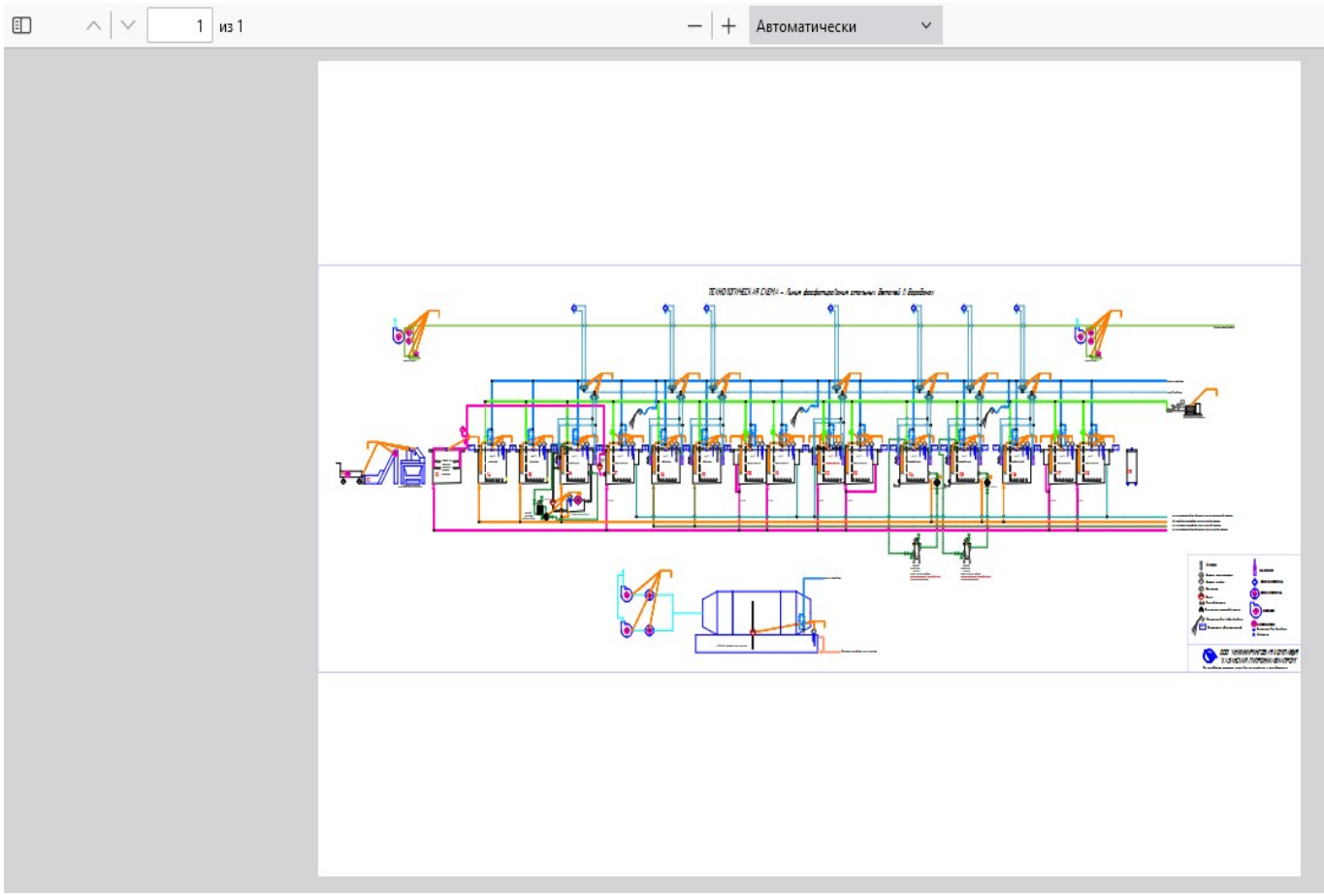
На первой - нейтрализуется кислота; На второй - происходит образование гидроокисей.

Заключение

В этой выпускной квалификационной работе было выполнено проектирование линии низкотемпературного фосфатирования стальных деталей в барабанах для предприятий машиностроительного профиля. В производство была внедрена система очистки воздуха и новый состав ванны для низкотемпературного фосфатирования. Были проведены работы по сравнительному исследованию растворов. Выполнены необходимые материальные и технологические расчеты.

Все это приводит к улучшению качества покрытий, снижению процента производственного брака, а также снижению потерь основных материалов и химикатов, а, следовательно, к увеличению прибыли.

Приложение 1



Приложение 2

Линия Фосфатирования
Спецификация оборудования

№ поз	Наименование и состав оборудования	Кол-во
	Основное оборудование	
1.	**Комплект оборудования автоматической загрузки/выгрузки:** -тележка -загрузочный ковш с системой взвешивания -устройства автоматического открывания крышек барабанов -система управления автоматической загрузкой/выгрузкой **ИТОГО:**	1 шт.
2.	**Стойка для стекания** Ловители токоподвод привода вращения барабана **ИТОГО:**	1 шт.
3.	**Ванна омыливания 1500x900x1000(1050) (t° = 40-50)** корпус полипропиленовый (PP) блок электронагревателей (нерж), 9 кВт, t - 8 ч 1 шт 660x280x35 (размер с рамкой) датчик уровня нерж. 3x300 датчик температуры 400 Ловители токоподвод привода вращения барабана барботер (перемешивание при корректировке) сливной патрубок клапан электромагнитный на воду кран шаровый кран для отбора проб **ИТОГО:**	1 шт.
4.	**Ванна омыливания 1500x900x1000(1050) (t° = 40-50)** корпус полипропиленовый (PP) блок электронагревателей (нерж), 9 кВт, t - 8 ч 1 шт 660x280x35 (размер с рамкой) датчик уровня нерж. 3x300 датчик температуры 400 Ловители токоподвод привода вращения барабана барботер (перемешивание при корректировке) сливной патрубок клапан электромагнитный на воду	

	кран шаровый кран для отбора проб **ИТОГО:**	1 шт.
5.	**Ванна химического обезжиривания 1500х1000х1000(1050) (t° = 70-80)** корпус из нерж. Стали химстойкая окраска корпуса карман переливной переливной патрубок Теплоизоляция блок электронагревателей (нерж), 24 кВт, t - 8 ч 2штх12 660х280х35 (размер с рамкой) датчик уровня нерж. 3х300 датчик уровня раствора в кармане нерж. 3х500 датчик температуры 400 Ловители токоподвод привода вращения барабана барботер (перемешивание при наличии деталей в ванне) клапан электромагнитный на воздух крышка автоматическая сливной патрубок патрубок для подключения фильтровальной установки кран шаровый система очистки зеркала раствора (эрлифт) кран для отбора проб **ИТОГО:**	1 шт.
6.	**Ванна промывки в теплой воде 1500х900х1000(1050) (t° = 40-50)** корпус полипропиленовый (PP) карман переливной переливной патрубок блок электронагревателей (нерж), 36 кВт, t - 1,4 ч 3штх12 660х280х35 (размер с рамкой) датчик уровня нерж. 4х300 датчик температуры 400 Ловители токоподвод привода вращения барабана сливной патрубок патрубок для подключения насоса кран шаровый клапан электромагнитный на воду Ротаметр барботер (перемешивание при наличии деталей в ванне) клапан электромагнитный на воздух **ИТОГО:**	1 шт.
7.	**Ванна травления 1500х900х1000(1050) (t° = 50-80)** корпус полипропиленовый (PP) Теплоизоляция блок электронагревателей (тефлон), 18 кВт, t - 8 ч 4шт-х4,5кВт 645х255х50 (размер с рамкой) датчик уровня поплавковый 2шт L=250/L=100 датчик температуры 400	

	Ловители токоподвод привода вращения барабана барботер (перемешивание при корректировке) крышка автоматическая сливной патрубок кран шаровый клапан электромагнитный на воду кран для отбора проб **ИТОГО:**	1 шт.
8.	**Ванна травления 1500х900х1000(1050) (t° = 50-70)** корпус полипропиленовый (PP) Теплоизоляция блок электронагревателей (тефлон), 15 кВт, t - 8 ч 2шт-х7,4кВт 660х280х50 (размер с рамкой) датчик уровня поплавковый 2шт L=250/L=100 датчик температуры 400 Ловители токоподвод привода вращения барабана барботер (перемешивание при корректировке) крышка автоматическая сливной патрубок кран шаровый клапан электромагнитный на воду кран для отбора проб **ИТОГО:**	1 шт.
9.	**Ванна каскадной промывки (теплая/теплая) 1500х(900+900)х1000(1050) (t° = 40-50/40-50)** корпус полипропиленовый (PP) карман переливной переливной патрубок блок электронагревателей (титан), 9/48 кВт, t - 8/1 ч 1штх9+4штх12кВт 660х280х35 (размер с рамкой) датчик уровня - 2 шт. титан 3х300 датчик температуры - 2 шт. 400 Ловители токоподвод привода вращения барабана - 2 шт. сливной патрубок - 2 шт. кран шаровый - 2 шт. клапан электромагнитный на воду Ротаметр барботер (перемешивание при наличии деталей в ванне) - 2 шт. клапан электромагнитный на воздух - 2 шт. **ИТОГО:**	1 шт.
10.	**Ванна каскадной промывки (горячая/теплая) 1500х(1000+900)х1000(1050) (t° = 70-85/40-50)** корпус полипропиленовый (PP) карман переливной переливной патрубок Теплоизоляция блок электронагревателей (нерж), 120/9 кВт, t - 1/8 ч 10штх12кВт+1штх9кВт 660х280х35 (размер с рамкой)	

	датчик уровня - 2 шт. нерж. 3х300 датчик температуры - 2 шт. 400 Ловители токоподвод привода вращения барабана - 2 шт. крышка автоматическая на горячую секцию сливной патрубок - 2 шт. кран шаровый - 2 шт. клапан электромагнитный на воду Ротаметр барботер (перемешивание при наличии деталей в ванне) - 2 шт. клапан электромагнитный на воздух - 2 шт. **ИТОГО:**	1 шт.
11.	**Ванна фосфатирования 1500х1050х1000(1050) (t° = 40-60)** корпус из нерж. стали с коническим дном химстойкая окраска корпуса регулируемые опоры на изоляторах - 4 шт. Теплоизоляция блок электронагревателей (нерж), 7х1,8 кВт, t - 8 ч SFO 800183 датчик уровня нерж. 3х300 датчик температуры 400 Ловители барботер (перемешивание при корректировке) крышка автоматическая сливной патрубок кран шаровый клапан электромагнитный на воду кран для отбора проб **ИТОГО:**	1 шт.
12.	**Ванна фосфатирования 1500х1050х1000(1050) (t° = 60-75)** корпус из нерж. стали с коническим дном химстойкая окраска корпуса регулируемые опоры на изоляторах - 4 шт. Теплоизоляция блок электронагревателей (нерж), 10х1,8 кВт, t - 8 ч SFO 800183 датчик уровня нерж. 3х300 датчик температуры 400 Ловители барботер (перемешивание при корректировке) крышка автоматическая сливной патрубок кран шаровый клапан электромагнитный на воду кран для отбора проб **ИТОГО:**	1 шт.
13.	**Ванна нейтрализации 1500х900х1000(1050) (t° = 50-70)** корпус полипропиленовый (PP) Теплоизоляция	

	блок электронагревателей (нерж), 15 кВт, t - 8 ч 2шт-х7,5кВт 660х280х35 (размер с рамкой) датчик уровня нерж. 3х300 датчик температуры 400 Ловители токоподвод привода вращения барабана барботер (перемешивание при корректировке) крышка автоматическая сливной патрубок кран шаровый клапан электромагнитный на воду кран для отбора проб **ИТОГО:**	1 шт.
14.	**Ванна каскадной промывки (теплая/теплая) 1500х(900+900)х1000(1050) (t° = 40-50/40-50)** корпус полипропиленовый (PP) карман переливной переливной патрубок блок электронагревателей (нерж), 9/48 кВт, t - 8/1,1 ч 1штх9кВт+4штх12кВт 660х280х35 (размер с рамкой) датчик уровня - 2 шт. нерж. 3х300 датчик температуры - 2 шт. 400 Ловители токоподвод привода вращения барабана - 2 шт. сливной патрубок - 2 шт. кран шаровый - 2 шт. клапан электромагнитный на воду Ротаметр барботер (перемешивание при наличии деталей в ванне) - 2 шт. клапан электромагнитный на воздух - 2 шт. **ИТОГО:**	1 шт.
15.	**Позиция загрузки/выгрузки кареток с нетоковедущей штангой**	1 шт.
	Дополнительное оборудование	
	Комплект трубопроводов, фитингов и запорной арматуры (в пределах линии)	комплект
	Опорная рама с регулируемыми опорами (в пределах линии)	комплект
	Электроразводка (в пределах линии)	комплект
	Сборный воздуховод с подставками и кронштейнами	комплект
	Бортовой отсос из полипропилена односторонний 1.4, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.14, 1.16, 1.17, 1.18	**10 шт**
	Бортовой отсос из полипропилена двухсторонний для поз. 1.4-1.5, 1.5-1.6, 1.6-1.7, 1.7-1.8, 1.8-1.9, 1.14-1.15, 1.15-1.16	**7 шт**
	Трап обслуживания с решетчатым настилом	комплект
	Шкаф электрический управления линией (силовой шкаф)	1 шт.
	жироуловитель для ванны химического обезжиривания для поз. 1.6 (в комплекте с насосом)	1 шт.
	ЗИП	комплект

	Воздуходувка	1 шт.
	Фильтры для фосфатирования	2 шт.
	Скруббер 18000 $м^3/ч$	1 шт.
	Вентилятор 18000 $м^3/ч$	2 шт.
	Насос для перекачки воды из поз. 1.7 в карман поз. 1.6	1 шт
	Фильтровальная установка для поз. 1.6	1 шт
Транспортное оборудование		
	Транспортные пути (металлоконструкции из углеродистой стали с антикоррозионным покрытием	комплект
	Кабеленесущая система (кабельная дорога для автооператора с кронштейнами и каретками с коррозионностойким покрытием)	комплект
	Шкаф электрический системы автоматического управления линией	1 шт.
	Автооператор подвесного типа с вентилируемым кожухом и капле уловителем, грузоподъемностью 500 кг	2 шт.
	Барабанная каретка с секциями крышки (материал барабана – полипропилен, перфорация 8 мм)	7 шт.
	Каретка с нетоковедущей штангой	3 шт
Техническая документация		
	Разработка документации на автоматическую линию	комплект

Приложение 2

Список использованных источников

1. Вульфсон В.И. Защитные фосфатные покрытия на железе: труды второй конференции по коррозии металлов / М.: АН СССР, 1943. Т. 2. С. 159-174.

2. Селевин В.В., Карпов С.И. О роли нитрат- и нитрит-ионов и механизме их восстановления при фосфатировании стали. Черкассы: НИИТЭХИМ. 1997. № 10.

3. ТУ 6-23-73-97 Концентрат фосфатирующий КФ-3. Технические условия; ТУ 6-23-51-94. Концентраты фосфатирующие КПФ-2М, КПФ-2КМ. Технические условия.

4. Method for phosphatizing zinc or aluminium surfaces: пат. EP 1155163; заявл. 10.02.1999; опубл. 21.11.2001.

5. Абрашов А.А., Мазурова Д. В., Гиринов О. С., Григорян Н. С., Акимова Е.Ф., Ваграмян Т.А., Харламов В.И. Замена никеля в растворах кристаллического фосфатирования. Тезисы докладов 4-ой Международной конференции «Покрытия и обработка поверхности. Качество, эффективность, конкурентоспособность». М.: ЦМТ, 2006. С. 3-4.

6. Zimmermann D., Munoz A.G., Schultze J.W. Microscopiclocal elements in the phosphating process // Electrochimica Acta. 2003. V. 48. No. 20. P. 3267-3277.

7. Sankara Narayanan T.S.N. Surface Pretreatment by Phosphate Conversion Coatings - a Review // Reviews of Advanced Material Science. 2005. V. 9. No. 2. P. 130-177.

8. Fang F., Jiang J., Tan S.Y., Ma A., Jiang J. Characteristics of a fast low-temperature zinc phosphating coating accelerated by an ECO-friendly hydroxyla mine sulfate // Surface and Coatings Technology. 2010. V. 204. No. 15. P. 2381-2385.

9. Абрашов А.А. Разработка растворов для нанесения кристаллических фосфатных покрытий: дис. …канд. техн. наук. М., 2010. 179 с.

10. Chen Z-M., Lu P., Jia Y. Mechanism of Zinc Phosphating Solution at Low Temperature // Advanced Materials Research. 2012. V. 503-504. P. 437-440.

11. Zarei A., Afshar A. Formation of Zn-Ca-Ni Tri Cation's Phosphate Coating on Steel and Study that Properties // TMS 2009: Materials Processing and Properties. 2009. V. 1. P. 615-623.

12. Microcrystalline phosphating solution for brake block hardware: пат. CN 101348906; заявл. 13.08.2008; опубл. 21.01.2009.

13. Tsai Ch-Y., Liu J-S., Chen P-L., Lin Ch-S. A two-step roll coating phosphate/molybdate passivation treatment for hot-dip galvanized steel sheet // Corrosion Science. 2010. V. 52. P. 3385-3393.

14. Zinc phosphate-treated galvanized steel sheet excellent in corrosion resistance and color tone: пат. US 6649275; заявл. 27.03.2001; опубл. 18.11.2003.

15. Banczek E.P., Rodrigues P.R.P., Costa I. The effects of niobium and nickel on the corrosion resistance of the zinc phosphate layers // Surface and Coatings Technology. 2008. V. 202. No. 10. P. 2008-2014.

16. Girciene O., Gudaviciute L., Juskenas R., Ramanauskas R. Corrosion resistance of phosphated Zn–Ni alloy electrodeposits // Surface and Coatings Technology.2009. V. 203. P. 3072-3077.

17. Rezaee N., Attar M.M., Ramezanzadeh B. Studying corrosion performance, microstructure and adhesion properties of a room temperature zinc phosphate conversion coating containing Mn2+ on mild steel // Surface and Coatings Technology. 2013. V. 236. P. 361-367.

18. Sandu A.V., Bejinariu C., Nemtoi G., Sandu I.G., Vizureanu P., Ionita I., Baciu C. New anticorrosion layers obtained by chemical phosphatation // Rev. Chim-Bucharest. 2013. V. 64. No. 8. P. 825-827.

19. Ma L., Yang X.J., Peng C., Yang Q. Rapid Electrochemical Phosphating at Room Temperature // Asian Journal of Chemistry. 2014. V. 26. No. 17. P. 5509-5512.

20. Состав для фосфатирования металлических поверхностей: пат. RU 2241069; заявл. 09.01.2003; опубл. 27.11.2004.

21. Yashiro H., Sai A., Kumagai N., Tanno K., Mabuchi K. Passivation of carbon steel in a high temperature concentrated LiBr solution containing hydroxide and molybdate ions // Corrosion Engineering. 2000. V. 49. No. 5. P. 288- 293.

22. Li G., Niu L., Lian J., Jiang Z. A black phosphate coating for C1008 steel // Surf. Coat. Technol. 2004. V. 176. No. 2. P. 215-221.

23. Abedin E., Zein S. Role of chromate, molybdate and tungstate anions on the inhibition of aluminium in chloride solutions // Journal of Applied Electrochemistry. 2001. V. 31. No 6. P. 711-718.

24. Walker D.E., Wilcox G.D. Molybdate based conversion coatings for zinc and zinc alloy surfaces: a review // Transactions of the Institute of Metal Finishing. 2008. V. 86. No. 5. P. 251-259.

25. Wilcox G.D. Replacing chromates for the passivation of zinc surfaces // Transactions of the Institute of Metal Finishing. 2003. V. 81. No. 1. P. B13-B15.

26. Wharton J.A., Ross D.H., Treacy G.M., Wilcox G.D., Baldwin K.R. An EXAFS investigation of molybdate-based conversion coatings // Journal of A pplied Electrochemistry. 2003. V. 33. No. 7. P. 553-561.

27. Konno H., Narumi K., Habazaki H. Molybdate/Al(III) composite films on steel and zinc-plated steel by chemical conversion // Corrosion Science. 2002. V. 44 No. 8. P. 1889-1900.

28. Magalhaes A.A.O., Margarit I.C.P., Mattos O.R. Molybdate conversion coatings on zinc surfaces // Journal of Electroanalytical Chemistry. 2004. V. 572. No. 2. P. 433-440.

29. Silva C.G., Margarit-Mattos I.C.P., Mattos O.R., Perrot H., Tribollet B., Vivier V. The molybdate–zinc conversion process // Corrosion Science. 2009. V. 51. No. 1. P. 151-158.

30. Song Y.K., Mansfeld F. Development of a Molybdate-Phosphate-Silane-Silicate (MPSS) coating process for electrogalvanized steel // Corrosion Science. 2006. V. 48. No. 1. P. 154-164.

31. Tytko K.H. Was ist «Molybdansaure» order «Polymolybdansaure» // Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie. 1987. V. 555. No. 12. P. 98-108.

32. Поп М.С. Гетерополи- и изополиоксометаллаты. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1990. 232 с.

33. Оборудование и основы проектирования гальванических производств: учебное пособие / сост. В. А. Плохов; НГТУ.-Н.Новгород,2004.- 25 с.

34. Пат. 94036212 РФ, МКИ С23С22/07. Способ получения состава для фосфатирования / Т. В. Гудина, Таликов В. М; заявитель и патентообладатель Москва, науч.-производ.тов-во.- № 93029844/02;заявл. 07.06.93; опубл. 29.09.96.