**Министерство образования Саратовской области**

**ГБОУ СО СПО «САРАТОВСКИЙ ОБЛАСТНОЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»**

**Структурное подразделение «Отделение нефтегазохимической отрасли»**

УТВЕРЖДЕНО

на заседании цикловой

методической комиссии

от « »\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.

протокол №\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Специальность \_240303\_\_

шифр

**ЗАДАНИЕ**

**на курсовой проект**

По дисциплине «Технология электрохимических производств»

Тема Технология электрохимического покрытия металлами изделий как средство защиты от коррозии\_(цинкование, хромирование, кадмирование, меднение)

полное наименование темы

прописными буквами

Студенту(ке) 6 курса

фамилия, имя, отчество

Руководитель

преподаватель Иванова Т.В.

должность подпись, дата фамилия, имя, отчество

Председатель ЦМК

преподаватель Капранова О.А.

должность подпись, дата фамилия, имя, отчество

Саратов 20\_\_\_

Министерство образования Саратовской области

ГБОУ СО СПО «САРАТОВСКИЙ ОБЛАСТНОЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»

СТРУКТУРНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ

«ОТДЕЛЕНИЕ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ»

Специальность 240303

шифр

Технология электрохимического покрытия металлами изделий как средство защиты от коррозии

наименование проекта

прописными буквами

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

По дисциплине \_Технология электрохимических производств

Студента 6 курса «Электрохимическое производство»

наименование специальности

фамилия, имя, отчество

Руководитель преподаватель Т.В. Иванова

должность подпись дата инициалы, фамилия

Председатель ЦМК преподаватель О.А. Капранова

должность подпись дата инициалы, фамилия

20 \_\_

Содержание

**Введение**

1. **Технологическая часть**

1.1 Годовая программа

1.2 Характеристика детали

1.3 Характеристика покрытия

1.4 Выбор и обоснование способа нанесения покрытия

1.5 Выбор и обоснование типа и свойства электролита для нанесения покрытия

1.6 Подготовительные операции

1.7 Заключительные операции

1.8 Выполнение технологического процесса

1.9 Утилизация гальванических остатков и стоков

1. **Расчетная часть**

2.1 Расчет фондов рабочего времени

2..2 Установление производственной программы

2.3 Определение продолжительности электролитического осаждения металлов

2.4 Определение количества и производительности основных ванн

2.5 Расчет автоматической линии

2.6 Расчет габаритов барабанов и размеров ванн линии покрытия

1. **Энергетические расчеты**

3.1 Тепловой расчет ванн

3.2 Определение параметров змеевика для подогрева электролита

3.3 Расчет расхода пара

3.4 Определение количества охлаждающей воды в рубашке

**4. Охрана труда и техника безопасности**

**5. Охрана окружающей среды**

Дата выдачи\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

число, месяц, год

Срок исполнения\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

число, месяц, год

Преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Иванова Т.В.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мельников П. С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1979.– 290 с.
2. Ямпольский А. М. Гальванические покрытия. ­­­­­­– Л.: Машиностроение, 1978.–165 с.
3. Справочник “Гальванотехника” Под редакцией. А. М. Гинберга, А. Ф. Иванова, Л. Л. Кравченко – М.: Металлургия, 1987.– 736с.
4. В. А. Ильин. Цинкование и кадмирование-Л.: Машиностроение,1971.–87с.
5. Справочник «Оборудование цехов электрохимических покрытий» под редакцией П. М. Вячеславова – Л.: Машиностроение, 1987.– 309с.
6. Инженерная гальванотехника в приборостроении. Под редакцией А. М. Гинберга – М.: Машиностроение, 1977.– 509с.
7. К.И. Годовская, Л. Т. Толстая. Лабораторный практикум по техническому анализу и контролю качества электрохимических покрытий. – М.: Машиностроение, 1984.–180с.
8. Вячеславов П.М., Шмелева Н. М. Методы испытаний электролитических покрытий. – Л.: Машиностроение, 1977.– 87с.
9. Виноградов С. С. Организация гальванических производств. – М.: Глобус, 2002. – 191 С.
10. Лайнер В. И., Кудрявцев Н. Т. Основы гальваностегии. 2 часть. – М.: Металлургиздат, 1957. – 647 с.
11. Усанкин Н. Г. Автоматические гальванические линии с программным управлением. –М.: Машиностроение, 1967.– 81 с.
12. Варыпаев В. Н. Введение в проектирование электролизеров. – Л.: ЛТИ, 1981. – 86 с.
13. Ямпольский А. М., Ильин В. А. Краткий справочник гальванотехника. ­– Л.: Машиностроение, 1981.– 270 с.
14. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник. 2 часть. /Под редакцией Шлугера М. А. – М.: Машиностроение, 1985.– 247 с.
15. Флеров В. Н. Сборник задач по прикладной электрохимии. – М.: Высшая школа, 1976.– 309 с., 1987.– 319 с.
16. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. –Л.: Химия, 1987.–575 с.
17. Макарова Н.А., Лебедева М.А. Металлопокрытия в автомобилестроении. Справочник.–М.: Машиностроение, 1977.– 292.
18. Макаров Г.В. Охрана труда в химической промышленности. – М.: Химия, 1989.– 496 с.
19. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. – М.: Глобус, 2002.– 351 с.

**ОТЗЫВ**

руководителя о качестве курсового проекта (работы) студента

структурного подразделения «Отделение нефтегазохимической отрасли»

ГБОУ СО СПО «Саратовский областной химико-технологический техникум»

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

фамилия, имя, отчество

специальность «Электрохимическое производство»

полное наименование первая буква – прописная, остальные буквы – строчные

Наименование темы курсового проекта (работы)

Технология электрохимического покрытия металлами изделий как средство защиты от коррозии

прописными буквами

1. Курсовой проект (работа) соответствует заявленной теме \_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
2. Предусмотренные заданием разделы раскрыты в полном объеме, с замечаниями \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
3. Специальная часть выполнена в полном объеме, с замечаниями \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
4. При выполнении курсового проекта (работы) студент:

* Грамотно применял теоретические знания на практике \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
* Проявил достаточную самостоятельность \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
* Проявил умение работать со справочной литературой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. При выполнении курсового проекта (работы) студент углубил теоретические знания по теме задания \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
2. Представленные в курсовом проекте (работе):
   * Текстовая часть соответствует требованиям ЕСТД \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
   * Графическая часть соответствует требованиям ЕСКД \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
3. Текстовая и графическая части курсового проекта (работы) заслуживают оценки \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
4. Защита курсового проекта (работы) с оценкой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
5. Итоговая оценка \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Руководитель Иванова Т.В. 20\_\_\_\_\_г.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

фамилия, инициалы, подпись, дата

**Примечание.** Письменный отзыв должен содержать:

* Заключение о соответствии заявленной темы;
* Оценку качества выполнения;
* Оценку полноты разработки поставленных вопросов, теоретической и практической значимости проекта;
* Оценку курсового проекта по пятибалльной шкале.

**ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

1. Выполнение проекта сочетает аудиторные занятия и самостоятельную работу.

2. Полнота охвата темы. Студентом должны быть рассмотрены все основные аспекты темы курсового проекта с использованием материалов из конспектов прослушанных лекций, из учебных пособий и книг и других литературных источников, что должно подтверждаться Списком использованных источников.

4. Оформление проекта должно соответствовать требованиям ЕСКД и стандарту предприятия.

5. Грамотность (отсутствие грамматических и стилистических ошибок).

6. Курсовой проект должен быть написан простым, четким языком. Терминология, наименования, обозначения и смысл понятий должны быть едиными и не изменяться в тексте проекта.

7. Готовность защищать основные выводы и положения курсового проекта в процессе последующей защиты проекта и давать обоснованные и аргументированные ответы на вопросы преподавателей, принимающих курсовой проект.

**ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

1. Курсовой проект выполняется:

- на компьютере (шрифт – 14 , межстрочный интервал – 1,5) – 40-55 листов;

- от руки (высота букв не менее 2,5 мм) – 50-65 листов.

2. Выполняется курсовой проект на бумаге форматом А-4, с отступами:

- сверху – 15 мм;

- снизу – 20 мм;

- слева – 30 мм;

- справа – 10 мм (для абзаца 15-20 мм).

3. Опечатки, описки, допущенные при выполнении курсового проекта исправляются штрихом.

4. Листы нумеруются только арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию. Номер листа проставляют в верхнем правом углу. Титульный лист включают в общую нумерацию, но номер листа на нем не ставится, он считается первым.

5. Задание на курсовой проект идет после титульного листа, затем – отзыв. Титульный лист, задание и отзыв не нумеруются.

6. Заголовки:

**Содержание**

**Введение**

**Общая часть**

**Заключение**

**Список использованных источников**

Называются структурными элементами и не нумеруются.

7. Разделы, подразделы, пункты нумеруются:

**1 Технологическая часть**

**1.1 Годовая программа**

Для дальнейшей детализации можно:

- ставить дефис;

- буквы, например, а);

- арабские цифры со скобками, например, 1).

8. Каждый раздел, подпункт и перечисления записываются с абзацного отступа.

9. Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты заголовков не имеют. Заголовки пишутся с прописной буквы без точки в конце. Переносы в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Расстояние между заголовком и текстом – 1,5 мм, между заголовком, разделом, подразделом – 8 мм. Каждый раздел пишется с нового листа.

10. Формулы и уравнения следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже формулы должно быть не менее одной свободной строки. Формула помещается по центру текста, нумеруется сквозной нумерацией в скобках. Ссылки на источники и страницы, содержащие необходимые формулы, оформляются справа от формулы с проставлением в скобках (например, [12, с.21]) порядковых номеров использованных источников из списка**.**

11. Пояснения символов и элементов должны быть непосредственно под формулой, каждый символ с новой строки и в той же последовательности, что и в формуле.

12. Диаграммы со шкалами и без шкал следует заканчивать стрелками, указывающими направление возрастания значений. В диаграммах со шкалами оси ординат следует заканчивать стрелками за пределами шкал.

13. Таблица должна иметь тематический заголовок, который помещают над таблицей строчными буквами, первая буква – прописная.

***Пример:***

**Таблица 2.1**

**Физико-химические свойства вредных веществ**

Заголовки граф в таблице начинаются с прописной буквы, а подзаголовки – со строчных – со строчных букв. В конце заголовка и подзаголовка таблицы точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицу можно размещать вертикально и горизонтально.

14. Иллюстрации нумеруются сквозной нумерацией. Например, рисунок 2.1 (где 2 – указывает на 2-й раздел, 1- пункт 1-й).

15. Список использованных источников составляется на отдельном листе. В список включаются все книги (в т.ч. учебники), статьи из научных журналов и сборников научных трудов, периодических изданий, авторефераты диссертаций, отчеты о научно-исследовательской работе, которые использованы при написании работы и на которые в тексте имеются ссылки.

Ссылки оформляются в тексте проставлением в квадратных скобках (например, [12]) порядковых номеров использованных источников из списка**,** который оформляется по следующим правилам. Нумерация источников литературы в списке производится по мере встречаемости в тексте. При включении книг в список перед фамилией автора (авторов) книги указывается порядковый номер литературного источника арабскими цифрами с точкой. После фамилии приводятся инициалы автора, затем заглавие книги (в том виде, в каком оно дано на титульном листе) и выходные библиографические данные: место издания, название издательства, год издания (без слова «год») и количество страниц. В библиографическом описании журнальных статей после фамилии и инициалов авторов указываются название статьи, название журнала, год выпуска, номер журнала и номера начальной и конечной страниц текста статьи.

**1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Среди различных форм аудиторной и самостоятельной работ студентов важное место занимает выполнение курсовых проектов. Процесс подбора необходимой литературы, сбора и подготовки материала и составление курсового проекта способствует формированию у студентов навыков самостоятельного решения технологических задач, повышению уровня теоретической подготовки, более полному усвоению изучаемого материала и применению знаний на практике. Студент, со своей стороны, при выполнении курсового проекта должен показать умение работать с литературой, понимать и правильно формулировать основные закономерности функционирования экосистем, в том числе в условиях техногенных воздействий.

Курсовой проект позволяет судить о знаниях, полученных студентом как во время прослушивания лекционного материала и проведения практических и семинарских занятий, так и в процессе самостоятельного творчества при подготовке материалов курсового проекта. Вместе с тем, курсовой проект является средством контроля самостоятельной работы студента и одним из способов проверки его подготовленности как будущего специалиста.

**2 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

**Во введении,** на основе литературных данных, справочного материала, необходимо показатьзначениеэлектрохимической промышленности, которая с каждым годом приобретает все возрастающее значение в народном хозяйстве. В настоящее время получают техническое осуществление многие новые электрохимические процессы (электрохимическое выделение титана, циркония, бериллия и др.; получение сверхчистых металлов; производство окислителей, фтора и др.).

Очень широкое распространение получили электролитические покрытия железных и стальных изделий металлами, защищающими их от коррозии. Коррозионностойкие металлические покрытия во много раз увеличивают срок службы изделий. Помимо покрытий, предназначенных для защиты основного металла от атмосферной коррозии, различают защитно-декоративные покрытия, которые не только должны защищать металл от коррозии, но и сообщать его поверхности красивый, часто блестящий вид на протяжении определенного периода эксплуатации в атмосферных условиях.

В данном курсовом проекте студенты должны рассмотреть технологию электрохимического покрытия металлами изделий как средство защиты от коррозии.

**1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

В этом разделе излагается физико-химическая сущность технологического процесса, обосновываются способ нанесения покрытия, типы и свойства электролитов для нанесения покрытия, описываются подготовительные и заключительные операции, указывается возможность утилизации или переработки остатков и стоков.

**1.1 Годовая программа**

В этом подразделе студент указывает наименование детали, подвергающейся электролитическому покрытию металлами, эскиз детали, требования Государственных стандартов или технических условий к детали и материалу, из которого она изготовлена, годовую программу деталей, поступающих на покрытие.

***Пример:*** На линию покрытия поступает деталь шуруп с потайной головкой А5·40 выполненный в соответствии с ГОСТ 1145-70. Данная деталь изготовлена из низкоуглеродистой стали СТ3. Годовая программа составляет 150000 м2 в год.

Эскиз детали изображен на рисунке 1.1.

**1.2 Характеристика детали**

В данном подразделе описывается деталь, поступающая на линию покрытия, материал, из которого она изготовлена, предназначение детали к эксплуатации.

***Пример:***

Деталь шуруп изготавливается из стального прутка диаметром девять миллиметров на токарном станке путем удаления излишков металла при помощи различных резцов. Масса одного шурупа А5·40 составляет 3,6 грамм. Габаритные размеры 8,5×8,5×40 мм. Площадь поверхности равна 0,002 м2. Шероховатость поверхности находится в пределах от Rz 40 до Rz 80 (см. рис. 1.1).

Изделие изготавливается по третьей категории (по ГОСТ 15150-69): для эксплуатации в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, например, в металлических с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях.

**1.3 Характеристика покрытия**

В этом подразделе описывается способ и цель применения электролитического покрытия детали металлами, физико-химическая сущность процесса, область применения описанных покрытий.

***Пример:***

Цинкование применяется для защиты черных металлов от коррозии. Осадок цинка с течением времени заметно темнее, так как покрывается с поверхности слоем основных карбонатов. Этим объясняется непригодность цинка в качестве декоративного покрытия. Основными областями применения цинковых покрытий являются: защита от коррозии деталей машин, крепежа, стальных листов, проволоки и деталей ширпотреба, работающих вне помещений, в различных климатических районах, а также в закрытых помещениях с умеренной влажностью и в помещениях, загрязненных газами и продуктами сгорания; защита изделий из черных металлов от коррозии в атмосфере, загрязненным сернистым газом, и от коррозионного воздействия бензина и масла; защита водопроводных труб, питательных резервуаров и предметов домашнего обихода из черных металлов, соприкасающихся с водой.

Цинк имеет более электроотрицательный потенциал, чем железо ( = - 0,76 В), поэтому цинковое покрытие обеспечивает эффективную электрохимическую защиту черных металлов от атмосферной коррозии. Скорость коррозии цинковых покрытий зависит от условий их эксплуатации (в умеренном климате, в атмосфере, характеризующейся наличием значительных количеств сернистого и углекислого газа) и составляет примерно 1,0-20,0 мкм.

Цвет покрытия (по ГОСТ 9.301-86) серебристо-белый или серебристо-серый с голубоватым оттенком. Допускаются незначительные радужные оттенки, если нет особых требований к декоративным свойствам покрытия.

**1.4 Выбор и обоснование способа нанесения покрытия**

В подразделе обосновываются способы нанесения покрытия и преимущества выбранного способа.

***Пример:***

Практическое применение находят следующие способы нанесения цинковых покрытий:

1. погружение изделий в расплавленный цинк (горячий способ);
2. метод термической диффузии;
3. металлизация распылением металлом из пульверизатора;
4. контактный метод осаждения цинка;
5. электролитический метод.

Горячий способ не может быть применен для изделий с точными размерами, так как толщина покрытия вследствие наплывов цинка на отдельных участках поверхности колеблется в значительных пределах и в тех случаях, когда высокая температура процесса может изменить механические свойства. Этот метод широко применяется для цинкования предметов, имеющих внутренние закатанные швы (ведра, тазы, баки и пр.). при этом одновременно с защитой от коррозии происходит уплотнение швов. Горячий способ применяют также при цинковании труб и листов.

Способ металлизации распылением заключается в нанесении на поверхность деталей слоя металла распылением расплавленного металла.

Электролитический метод является более совершенным способом нанесения цинка. Экономия металла при электролитическом способе по сравнению с горячим достигает 50%, а высокая степень чистоты осажденного цинка обеспечивает повышенную химическую стойкость покрытия.

Основными преимуществами электролитического метода цинкования являются:

1. высокая степень чистоты электролитически осажденного цинка, зависящая главным образом от чистоты анодов и химикатов, применяемых для составления ванн;
2. высокая химическая стойкость цинковых покрытий, полученных электролизом, обусловленная чистотой осадка;
3. малый расход цинка, обусловленный возможностью точного регулирования количества отлагаемого цинка и толщины покрытия;
4. хорошие механические свойства покрытия (эластичность покрытия и хорошая сцепляемость с основой).

Как видно из вышенаписанного, электролитический метод нанесения цинкового покрытия является наиболее удовлетворяющим требованиям, которые предъявляются к покрываемой детали.

**1.5 Выбор и обоснование типа и состава электролита для нанесения покрытия**

В этом подразделе описываются типы электролитов, применяемых для выбранного способа нанесения электролитического покрытия, сравнительная характеристика выбранных электролитов, химический состав электролитов.

***Пример:***

Для цинкования применяют три типа электролитов: кислые, щелочные цианистые и щелочные нецианистые (цинкатные).

В кислых электролитах цинк находится в виде простых гидратированных ионов, разряжающихся на катоде с незначительной поляризацией; в щелочно-цианидных электролитах цинк находится в виде комплексных ионов, разряд которых сопровождается значительной катодной поляризацией.

Кислые электролиты весьма устойчивы, допускают применение высоких плотностей тока, особенно при перемешивании, при выходе по току, приближающемся к 100% и мало меняющемся с плотностью тока.

**1.6 Подготовительные операции**

В этом подразделе описываются механические способы подготовки деталей, электрохимическое полирование и обезжиривание.

***Пример:***

Одним из основных требований к электролитическим покрытиям является их прочное соединение с поверхностью покрываемой детали; поэтому поверхность изделий необходимо тщательно очищать от продуктов коррозии и жировых пленок, ухудщающих сцепление. Очистка поверхности изделия осуществляется путем механической, химической и электрохимической обработки.

Механическиеспособы подготовки поверхности перед покрытием подразделяются на шлифование, полирование, карцевание, гидроабразивную обработку.

При электрохимическом полировании обрабатываемое изделие служит анодом.

Поверхность металла весьма часто бывает покрыта пленкой жира или смазочного масла. Эта пленка не смачивается электролитом и препятствует осаждению металла. Поэтому все изделия перед электрохимическим покрытием обезжиривают. Обезжиривание производят в органических растворителях и щелочных растворах.

**1.7 Заключительные операции**

Описывается операции пассивирования деталей, сушки и промывки, приводится схема видов ванн промывки др.

***Пример:***

Для усиления защитных свойств цинкового покрытия применяется операция пассивирования путем обработки цинковых покрытий в растворах хромовой кислоты и ее солей.

Перед тем как детали с нанесенным на них цинковым покрытием сойдут с линии их необходимо просушить. Эта операция проводится для того чтобы при дальнейшей эксплуатации не происходила коррозия вследствие большой влажности самих деталей.

После каждой операции подготовки и нанесения гальванического покрытия детали следует тщательно промывать, причем особенное влияние уделять тому, чтобы в гальванические ванны не попадало даже следов обезжиривающих, травильных и активационных растворов.

**1.8 Выполнение технологических процессов**

В этом разделе излагается физико-химическая сущность технологического процесса, описываются сырье и материалы для выбранного способа нанесения покрытий, механизм приготовления электролитов, контроль качества покрытия, процесс обслуживания электролитов.

***Пример:***

Цинкование изделия проводится на автоматической линии цинкования в барабанах. Для цинкования применяются вальцованные аноды марки Ц0 и Ц1

по ГОСТ 1180-60. Вспомогательные материалы, применяемые при цинковании, приведены в таблице 1.8.1.

Приготовление растворов обезжиривания.

Приготовление раствора для активирования.

Приготовление электролита цинкования.

Качество цинковых покрытий определяют по следующим основным параметрам: внешний вид, толщина покрытия, прочность сцепления. Пористость этих покрытий обычно не контролируется, так как она, учитывая анодный характер защиты, не регламентируется.

В процессе работы ванны цинковые аноды покрываются шламом, присутствие которого затрудняет их растворение, что приводит к постепенному истощению электролита цинком. Для удаления шлама с анодов нужно периодически извлекать их из ванны и чистить железными щетками.

## 1.9 Утилизация цинка из промывных вод и очистка сточных вод

В данном подразделе предусмотрен процесс утилизации цинка из промывных вод ванны улавливания. Приводится схема этого процесса на рисунке 1.9.1.



Рисунок 1.9.1. Схема утилизации цинка из промывных вод

**4 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

Этот раздел во многом основывают на документе СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий», утвержденные Министерством Здравоохранения РФ.

В разделе проводят анализ вредных и опасных производственных факторов, рассматривают вопросы производственной санитарии, классы опасности компонентов используемых электролитов, предельно допустимые концентрации в воздухе, предусматривают мероприятия по предотвращению отравлений, средства индивидуальной защиты. Уделяют внимание метеорологическим условиям производственной среды, производственному шуму и вибрации, освещению производственных помещений.

В этом же разделе студент может предложить мероприятия по устранению или уменьшению вредных сбросов в результате совершенствования технологического процесса по сравнению с действующим производством.

**5 ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

В этом разделе приведена характеристика вредных веществ, используемых или образующихся в цехе, их ПДК и классы опасности, рассмотрена экологическая опасность растворов и электролитов.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** содержит выводы об эффективности процесса электрохимического покрытия металлами изделий как средства защиты от коррозии.

**2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ**

Расчеты наиболее трудоемкий и ответственный раздел курсового проекта. В состав данного раздела входят:

- Расчет фондов рабочего времени

- Установление производственной программы

- Определение продолжительности электролитического осаждения металлов

- Определение количества и производительности основных ванн

- Расчет автоматической линии

- Расчет габаритов барабанов и размеров ванн линии покрытия

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

**Процесс - цинкование:**

|  |  |
| --- | --- |
| - годовая программа | Рзад = 150 000 м3 |
| - время на загрузку и выгрузку деталей | = 5 мин |
| - катодная плотность тока | = 1,5 А/м2 |
| - выход по току | Bm = 0,96 (доли единицы) |
| - толщина покрытия | D = 15 м |
| - электрохимический эквивалент | q = 1,22 кг/Ач |
| - плотность осаждаемого металла | = 7,13 кг/м3 |
| - загрузочные единицы | Р загр.год = 41621 шт. |
| - диаметр описанной окружности барабана | D = 1340 мм |
| - длина барабана | *lб* =970 мм |

**Процесс - хромирование:**

|  |  |
| --- | --- |
| - годовая программа | Рзад = 40 000 м3 |
| - время на загрузку и выгрузку деталей | = 5 мин |
| - катодная плотность тока | = 60 А/м2 |
| - выход по току | Bm = 0,23 (доли единицы) |
| - толщина покрытия | d = 30 м |
| - электрохимический эквивалент | q = 0,324 кг/Ач |
| - плотность осаждаемого металла | = 7,2 кг/м3 |
| - загрузочные единицы | Р загр.год = 50125 шт. |
| - диаметр описанной окружности барабана | D = 1340 мм |
| - длина барабана | *lб* =970 мм |

**Процесс - кадмирование:**

|  |  |
| --- | --- |
| - годовая программа | Рзад = 70 000 м3 |
| - время на загрузку и выгрузку деталей | = 5 мин |
| - катодная плотность тока | = 30 А/м2 |
| - выход по току | Bm = 0,29 (доли единицы) |
| - толщина покрытия | d = 20 м |
| - электрохимический эквивалент | q = 2,10 кг/Ач |
| - плотность осаждаемого металла | = 8,65 кг/м3 |
| - загрузочные единицы | Р загр.год = 47150 шт. |
| - диаметр описанной окружности барабана | D = 1340 мм |
| - длина барабана | *lб* =970 мм |

**Процесс - меднение:**

|  |  |
| --- | --- |
| - годовая программа | Рзад = 160 000 м3 |
| - время на загрузку и выгрузку деталей | = 5 мин |
| - катодная плотность тока | = 25 А/м2 |
| - выход по току | Bm = 0,94 (доли единицы) |
| - толщина покрытия | d = 10 м |
| - электрохимический эквивалент | q = 1,185 кг/Ач |
| - плотность осаждаемого металла | = 8,92 кг/м3 |
| - загрузочные единицы | Р загр.год = 59285 шт. |
| - диаметр описанной окружности барабана | D = 1340 мм |
| - длина барабана | *lб* =970 мм |

***Пример расчета:***

2.1 Расчет фондов рабочего времени

Проектом предусмотрена семидневная рабочая неделя в три смены по 8 часов.

Различают (То) номинальный и (Т) действительный фонд времени оборудования:

|  |  |
| --- | --- |
| (час), где | (1/9,с.89) |

Тгод –годовой фонд времени, дни;

Тсм –продолжительность 1 смены, час;

количество смен в сутки.

 час

Для автоматизированного оборудования размер потерь времени на ремонт оборудования принимаем 10% от годового фонда времени.

Действительный фонд времени:

|  |  |
| --- | --- |
| (час) | (2/9,с.89) |

(час)

Таблица 2.1

Фонды времени работы оборудования

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование показателей | Дни | Часы |
| Календарное время  Номинальный фонд времени (То)  Остановки по техническим причинам  Действительный фонд времени (Т) | 365  365  36  329 | 8760  8760  864  7896 |

2.2 Установление производственной программы

Для обеспечения выполнения годовой производственной программы предусматриваем 3 линии цинкования АЛГ-128. Далее расчет ведем по 1 линии цинкования.

При неизбежном проценте брака равному 1%, производственная программа отделения будет определяться:

|  |  |
| --- | --- |
| (м2), где | (3/9,с.90) |

Рзад – годовая заданная программа, м2;

а – брак продукции, допускающий переделку, 1%

Для цинковых покрытий:м2

Часовая программа отделения *Рч* определяется отношением годовой производственной программы (с учетом брака) к действительному фонду времени:

|  |  |
| --- | --- |
| (м2/ч), где | (4/9,с.90) |

где Рч – часовая программа, м2/ч;

Т *–* действительный годовой фонд времени, ч.

Для цинковых покрытий: **(м2/ч)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование  детали | Характерис-тика детали | | Годовая  Производст-венная  программа с учетом  брака | Покрывае-мая  поверхность, м2 | м2 | кг | Штук за-  грузочных единиц | кг | м2 |
| Материал  детали  (марка) | | Масса, кг |
| 3 | Шуруп | СТ-3 | А5·40 | 0,004 | 0,0010 | 3,64 | 60 | 41621 | 2497260 | 151500 |

Таблица 2.2.1

Загрузочная ведомость цинковых покрытий в барабанах (на 1 линию)

2.3 Определение продолжительности электролитического осаждения металла

Определение времени обработки одной операции с учетом времени на загрузку и выгрузку в минутах:

|  |  |
| --- | --- |
| (мин), где | (5/4,с.91) |

τ1 – продолжительность технологического процесса, мин;

τ2 – время, затрачиваемое на загрузку и выгрузку деталей, принимается от 1 до 10 мин.(принимаем 5 мин):

|  |  |
| --- | --- |
| (мин), где | (6/9,с.90) |

d – толщина покрытия, м;

γ – плотность осаждаемого металла, кг/м3;

ik – катодная плотность тока, А/м2;

q – электрохимический эквивалент, кг/А·ч;

Вт – выход по току, доли единицы;

60 – коэффициент перевода часов в минуты.

Расчет продолжительности процесса электролитического нанесения покрытий в насыпном виде проводим по средней плотности тока. Продолжительность процесса в барабанах будет увеличена по сравнению с расчетной на 20-40% для твердых и на 40-60% для мягких металлов в следствие истирания покрытия в процессе вращения.

Для цинковых покрытий: (мин),

Для цинковых покрытий с учетом пересыпания:

Общее время обработки:

2.4 Определение количества и производительности основных ванн

|  |  |
| --- | --- |
| (шт), где | (7/9,с.90) |

Ргод,шт - количество загрузок, год штук;

Т – действительный фонд времени, час;

60 – коэффициент пересчета из минут в часы;

К – коэффициент, учитывающий время на подготовительно-заключительные операции при трехсменной работе принимаем 1,03;

*τ –* время электролитического осаждения металла с учетом загрузки и выгрузки деталей, мин.

Для цинковых покрытий: (шт)

Принимаем 5 ванн.

Годовая производительность линии составляет:

|  |  |
| --- | --- |
| (м2/год), где | (8/10,с.547) |

Р΄год – годовая расчетная производительность, м2;

*ƒ –*  единовременная загрузка ванны, м2;

N – число устанавливаемых основных ванн.

Для цинковых покрытий: (м2/год)

Коэффициент загрузки по площади:

|  |  |
| --- | --- |
| , где | (9/10,с.547) |

- коэффициент загрузки по площади;

Ргод – годовая заданная программа; м2;

Р΄год – годовая расчетная производительность, м2.

Для цинковых покрытий: 

2.5 Расчет автоматической линии

Расчет ритма выдачи загрузочных приспособлений рассчитывается по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| (сек), где | (10/11,с.13) |

Ргод,шт-количество загрузочных приспособлений на годовую программу, шт;

Кзагр -коэффициент загрузки оборудования =0,91

Для цинковых покрытий: (сек)

Рассчитываем оптимальное количество основных ванн:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11/11,с.14) |
|  | (12/11,с.14) |
| ,где | (13/11,с.14) |

-общее время, сек;

- время на завершение операции, сек;

-ритм загрузочных приспособлений;

-высота подъема (подвески) барабана, м (принимаем 1 м);

-скорость вертикального подъема автооператора (принимаем 0,16 м/с);

 -выстой автооператора для стекания раствора, (принимаем 5 сек).

Для цинковых покрытий: (сек)

Для цинковых покрытий: (сек)

Для цинковых покрытий: (ванн)

Количество вспомогательных ванн определим по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| ,где | (14/11,с.14) |

N – количества основных ванн;

τвсп – время пребывания деталей в каждой вспомогательной ванне, сек;

τц – длительность цикла работы автоматической линии, сек;

|  |  |
| --- | --- |
| τц = (1,1 ÷ 1,2) · τ1 | (15/11,с.14) |

Для цинковых покрытий: τц = 1,1 · 45 · 60 = 2970 (сек.)

Для цинковых покрытий:

Nэл.хим.обезжир. = → принимаем одну ванну;

Nхроматирование. = → принимаем одну ванну;

Nтравлен. = → принимаем одну ванну;

Nулавливан = → принимаем одну ванну;

N промывки. =  → принимаем одну ванну.

Общее количество промывочных ванн на линию N = 6 штук (2 ванны теплой промывки, 1 ванна холодной промывки и 3 ванны двухкаскадной промывки в холодной воде). Всего ванн в линии цинкования – 15.

2.6 Расчет габаритов барабанов и размеров ванн линии цинкования

С целью уменьшения потерь электрической энергии, обрастания подходящих контактных шайб, шестигранные барабаны погружаются на 1/3 – 2/5 диаметра описанной окружности.

Согласно автоматической линии АЛГ – 128 принимаем:

Диаметр описанной окружности барабана D = 1340 мм.

Длина барабана *lб* = 970 мм.

Внутренняя длина барабана:

|  |  |
| --- | --- |
| *l* = (3 ÷ 5) · R, где | (16/12,с.33) |

R – радиус описанной окружности барабана, мм

*l* = 5 · 1340/2 = 850 мм

Объем, занимаемый деталями в барабане и определяемый их конфигурацией, определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| , где | (17/12,с.33) |

V’ – объем металла покрываемых деталей, м3;

|  |  |
| --- | --- |
| *,*где | (18/12,с.33) |

*ту* – масса одной загрузки, кг;

*ρ* – плотность металла деталей, кг/м3.

**(м3)

(м3)

Найдем длину ванны для барабана:

|  |  |
| --- | --- |
| *l в = lб + 2lЗ ,*где | (19/10,с.556) |

*lб* – длина барабана, мм;

*lЗ* – расстояние между барабаном и торцевыми стенками ванны, мм.

*l в =* 970 + 2 · 125 = 1220 мм = 1,22 (м)

Определяем ширину ванны:

|  |  |
| --- | --- |
| W*в* = D*нар* + 2W2 + 2W3 + 2δ*а* *,*где | (20/10,с.556) |

W2 – расстояние между анодами и ближайшим краем барабана, мм;

W3 – расстояние между продольной стенкой ванны и анодом, мм;

δ*а* – толщина анода, принимаем 10 мм;

R – радиус описанной окружности барабана, мм;

а – толщина стенок и угольников барабана, принимаем условно 15 мм;

D*нар* – наружный диаметр барабана, мм.

|  |  |
| --- | --- |
| D*нар* *=* 2 · R + 2 · а | (21/10,с.556) |

D*нар* *=* 2 · 170 + 2 · 15 = 370 (мм)

W*в* = 370 + 2 · 150 + 2 · 50 + 2 · 10 = 790 мм = 0,79 (м)

Найдем высоту ванны:

|  |  |
| --- | --- |
| *hв = hэ + hб = h*1 *+ h*2 *+ hб* , где | (22/10,с.556) |

*lб*

*hб  hэ*

Рис.2.6. 1. Схема установки и загрузки барабана.

*hэ* – высота уровня электролита, мм;

*h*1 – глубина погружения барабана в электролит;

|  |  |
| --- | --- |
| *,*где | (23/10,с.556) |

*h*2 – расстояние от дна ванны до нижнего края барабана, мм;

*hб* – расстояние от зеркала электролита до верхнего края бортов ванны;

Dвн *–* внутренний диаметр барабана, равный:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (24/10,с.556) |

(мм)

мм

По полученным данным принимаем внутренние габариты ванны цинкования по ГОСТу 23738 – 79 «Ванны автооператорных линий для химической и электрохимической обработки поверхности и получения покрытий. Основные параметры и размеры» [5, с. 41]:

Таблица 2.6.1

Основные параметры и размеры

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Назначение ванн | Длинна | Ширина | Высота | Объем | Количество |
| мм. | мм. | мм. | м3. | шт. |
| Ванна промывки | 1600 | 630 | 630 | 0,484 | 3 |
| Ванна каскадной промывки | 1600 | 1250 | 630 | 0,960 | 3 |
| Ванна химической обработки | 1600 | 630 | 630 | 0,484 | 3 |
| Ванна электрохимической обработки | 1600 | 800 | 630 | 0,614 | 6 |

**3 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ**

Технологические процессы протекают при определенных, заданных регламентом, температурах и требуют своего поддержания подвода или отвода теплоты. Тепловое состояние аппаратов определяется тепловым расчетом, целью которого, в зависимости от теплового режима работы аппарата, может быть:

- Тепловой расчет ванн

- Определение параметров змеевика для подогрева электролита

- Расчет расхода пара

- Определение количества охлаждающей воды в рубашке.

Все расчеты при составлении энергетических расчетов выполняют в единицах СИ.

*Пример расчета:*

3.1 Тепловой расчет ванн

Определяем расход тепла на разогрев ванны обезжиривания:

|  |  |
| --- | --- |
| ,где | (25/10,с.613) |

Q1 – количество тепла, необходимого для нагрева раствора и материала

ванны, Дж;

|  |  |
| --- | --- |
| *,*где | (26/10,с.613) |

Vв – объем раствора в ванне, м3;

ρ- плотность раствора, кг/м3;

Сри Ср1 – удельная массовая теплоемкость раствора и корпуса ванны,

Дж/(кг⋅К);

Мв– масса корпуса ванны, кг;

tк – рабочая температура раствора, оС;

tн – начальная температура раствора, оС;

Q2 – расход тепла на компенсацию тепловых потерь ванны в окружающую среду, Дж;

|  |  |
| --- | --- |
| ,где | (27/10,с.613) |

q1 – потери тепла через стенку ванны, Дж;

q2 – потери тепла при испарении, Дж.

Теплоемкость электролита рассчитываем по обшей формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| *,*где | (28/16,с.248) |

,, – удельные теплоемкости компонентов, Дж/кг·К;

,, – массовые доли компонентов.

|  |  |
| --- | --- |
| ,где | (29/16,с.248) |

М – молекулярная масса химического соединения;

С1,С2,С3 – атомная теплоемкость, Дж/кг·атом·К;

n1,n2,n3 – число атомов элементов, входящих в соединение.

 (Дж/кг·К)

 (Дж/кг·К)

 (Дж/кг·К)

Линия цинкования: (кДж)

Определяем потери тепла через стенки ванны:

|  |  |
| --- | --- |
| ,где | (30/10,с.613) |

К – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м2⋅град);

F – поверхность корпуса ванны, м2;

τ - принятое время разогрева, с.

Коэффициент теплоотдачи определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| ,где | (31/10,с.613) |

R – сопротивление слоев стенки, м2⋅град/Вт

|  |  |
| --- | --- |
| (м2⋅град/Вт), где | (32/10,с.613) |

δст – толщина стенки, м

λст – коэффициент теплопроводности стенки, Вт/м2⋅град

α1, α2 – коэффициенты теплоотдачи на граничных поверхностях стенки с

внутренней и наружной средами, Вт/(м2⋅град)

|  |  |
| --- | --- |
| , где | (33/11,с.27) |

tст – температура наружной стенки, ºС.



Коэффициент теплоотдачи α1 от неподвижной горячей жидкости к стенке зависит от произведения безразмерных критериев Грасгофа Gr и Прандтля Pr:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (34/11,с.26) |
| *,*где | (35/11,с.26) |

β - коэффициент объемного расширения жидкости, 1/град; [16, с. 532]

l – высота стенки ванны, м;

g – ускорение силы тяжести, м /c2;

Δt – разность температур жидкости и стенки, принимаем 3оС

ν - кинематическая вязкость жидкости, м2/с ; [16, с. 517]

μ - динамическая вязкость жидкости, (н⋅с)/м2; [16, с. 516]

Ср – удельная массовая теплоемкость жидкости, Дж/(кг⋅град); [16, с. 513]

λ - коэффициент теплопроводности жидкости, Вт/(м2⋅град); [16, с. 528]





Так как , то α1 рассчитывается по следующейформуле:

|  |  |
| --- | --- |
| *,*где | (36/10,с.614) |



Обезжиривание на цинковании: 

Определяем потери тепла на испарение:

|  |  |
| --- | --- |
| где | (37/11,с.27) |

tв – температура воздуха над поверхностью жидкости, ºС;

F – поверхность жидкости, м2;

υ – скорость движения воздуха над поверхностью жидкости, м/с.

Линия цинкования: 





Определяем количество тепла необходимого для поддержания рабочей температуры ванны:

|  |  |
| --- | --- |
| ,где | (38/11,с.27) |

Q2 – потери тепла в окружающую среду, Дж;

Q3 – потери тепла на нагрев деталей на приспособлении, Дж;

Q4 – тепло, выделяемое электрическим током, Дж;

|  |  |
| --- | --- |
| где | (39/11,с.28) |

m1 – масса загружаемых деталей в ванну за 1 сек., кг;

m2 – масса загружаемого барабана в ванну за 1 сек., кг;

|  |  |
| --- | --- |
| , где | (40/11,с.28) |

М – масса обрабатываемых деталей и барабана за одну загрузку, кг;

τ1 - продолжительность обработки деталей, с;

Ср0 – удельная массовая теплоемкость материала деталей, Дж/(кг⋅град);

Срп – удельная массовая теплоемкость материала барабана, Дж/(кг⋅град);

Линия цинкования:

 = 0,2 (кг за 1 с)  = 0,23 (кг за 1 с)



Расчет Джоулева тепла:

|  |  |
| --- | --- |
| ,где | (41/15,с.205) |

I – сила тока на ванне, А;

τв – время работы ванны, ч;

U – напряжение на штангах ванны; принимаем 6 В

Ет –напряжение разложения, В;

Ет – напряжение разложения воды; принимаем 1,48 В [15, с. 205]

Линия цинкования: 

Ванна цинкования: 

где iк – катодная плотность тока, А/м2;

iа – анодная плотность тока, А/м2;

S – единовременная загрузка, м2.

Линия цинкования: 



3.2 Определение параметров змеевика для подогрева электролита

Поверхность нагрева змеевика:

|  |  |
| --- | --- |
| , где | (42/11,с.71) |

k – коэффициент теплопередачи; принимаем 1500 

tср – средняя температура пара, ˚С;

|  |  |
| --- | --- |
| ,где | (43/11,с.71) |

τ – время разогрева, с;

t1 и t2 – начальная температура пара и электролита, ˚С;

t3 – температура конденсата, ˚С;

t4 – конечная температура электролита, ˚С;

 = 79,4 ˚С

Линия цинкования: (м2)

Принимаем диаметр змеевика d = 0,025 м.

Длина трубы змеевика:

|  |  |
| --- | --- |
| **,**где | (44/11,с.72) |

Линия цинкования: (м)

3.3 Расчет расхода пара

Расход пара на период разогрева и на поддержание рабочей температуры:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (45/11,с.71) |
| ,где | (46/11,с.71) |

 - теплосодержание входящего пара: 

λ – теплосодержание насыщенного пара, кДж/кг

 - теплосодержание уходящего конденсата: 

t1 – температура уходящего конденсата, ˚С

ср – удельная массовая теплоемкость воды, кДж/(кг · град)

Линия цинкования:

(кг) (кг)

Таблица 3.3.1

Результаты тепловых расчетов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Операция | Тепло | | Пар | | Джоулево тепло,  кДж/ч | Длина змеевика м | Объем ванн,  л | Темпе-ратура  ºС |
| Qраз  кДж/ч | Qраб  кДж/ч | Qраз  кг/ч | Qраб  кг/ч |
| Цинкование | | | | | | | | |
| Электро-химическое обезжиривание | 103786,7 | 74463,4 | 48,9 | 35,1 | 10051,2 | 6,3 | 614 | 75 |
| Промывка в теплой воде | 87352,6 | 47684,2 | 41,1 | 22,5 | ––– | 5,3 | 484 | 50 |
| Итого: | 214601,8 | 122147,6 | 101,1 | 57,6 |  |  |  |  |

3.4 Определение количества охлаждающей воды в рубашке

Масса воды для охлаждения электролита на одну ванну:

|  |  |
| --- | --- |
| , где | (46/11,с.72) |

Qраб –количество тепла, отводимого от электролита ванны, Дж;

Ср – удельная массовая теплоемкость воды, Дж/кг·град;

t1 – температура воды, входящей в рубашку, ºС;

t2 – температура воды, выходящей из рубашки, ºС;

(л)