

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології електрохімічних виробництв

«До захисту допущено»

В. о. завідувача кафедри

_____ Олексій КОСОГІН

« ____ » червня 2024 р.

Дипломний проєкт

На здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 161 Хімічна технологія та інженерія

**на тему: «Гальванічні покриття в авіабудуванні. Розробка технології
анодування алюмінієвих деталей»**

Виконав:

Студент IV курсу, групи ХЕ-01

Панченко Данило Тарасович

Керівник: ст. викл., к.т.н. Кушмирук А.І. _____

Консультант з охорони праці: доц., к.т.н. Полукаров Ю.О. _____

Консультант з економічної частини: к.екон.н. Покровська Н.М. _____

Консультант з автоматизації: ас., Тріщ В.Р. _____

Рецензент: Косогіна Ірина Володимирівна, доц. каф ТНР,В та ЗХТ, к.т.н. _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць
інших авторів, без відповідних посилань

Студент _____

Київ – 2024

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології електрохімічних виробництв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

Освітньо-професійна програма «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Олексій КОСОГІН

« ___ » _____ 05 _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту
Панченко Данилові Тарасовичу

1. Тема проєкту «Гальванічні покриття в авіабудуванні. Розробка технології анодування алюмінієвих деталей», керівник проєкту Кушмирук Андрій Іванович, ст. викладач, к.т.н., затверджені наказом по університету від « ___ » _____ 2024р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту 07 червня 2024року
3. Вихідні дані до проєкту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Електроліт сульфатний з додаванням оксалатної кислоти. Продуктивність 15000 м²/рік.
4. Зміст пояснювальної записки: складання технологічної карти, розрахунок балансів струму, напруги, енергії, обґрунтування і вибір покриття, розрахунок організаційно-економічних показників, заходи охорони праці, автоматизація процесу нанесення покриття, екологічна безпека.
5. Перелік графічного матеріалу 1.Креслення гальванічної ванни, 2.Схема технологічного процесу, 3.Схема автоматизації, 4.Економічна частина, 5.Схема очищення стічних вод.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Полукаров Ю.О., доц.,к.т.н.		
Економічна частина	Покровська Н.М., ст.викл., к.екон.н.		
Автоматизація	Трищ В.Р., ас.		

7. Дата видачі завдання 06 травня 2024р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Характеристика деталей, що підлягають обробці.	До 11.05.2024	
2.	Вибір виду покриття	До 13.05.2024	
3.	Вибір підготовчих операцій	До 20.05.2024	
4.	Вибір складу електроліту для покриття плат	До 20.05.2024	
5.	Складання карти технологічного процесу	До 25.05.2024	
6.	Виконання технологічних розрахунків	До 29.05.2024	
7.	Виконання креслень	До 01.06.2024	
8.	Складання схеми очищення стічних вод	До 03.06.2024	
9.	Складання схеми автоматизації основного процесу.	До 03.06.2024	
10.	Виконання економічних розрахунків	До 03.06. 2024	
11.	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	До 03.06.2024	
12.	Оформлення пояснювальної записки	До 05.06.2024	
13.	Оформлення графічної частини проєкту	До 07.06.2024	
14.	Подача оформленого проєкту на перевірку на плагіат	До 07.06.2024	

Студент

Данило ПАНЧЕНКО

Керівник

Андрій КУШМИРУК

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	XE0111.1450.000	Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	XE0111.1450.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
3	A1	XE0111.1450.001 СК	Складальне креслення гальванічної ванни	1	
4	A1	XE0111.1450.002	Схема технологічного процесу	1	
5	A2	XE0111.1450.003	Схема процесу автоматизації нанесення покриття	1	
6	A2	XE0111.1450.004	Техніко-економічні показники нанесення покриття	1	
7	A2	XE0111.1450.005	Схема очищення стічних вод	1	

ДП XE0111.2705.000						
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість до дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Панченко Д.Т.				1	1
Керівн.	Кушмирук А.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ТЕХВ Гр. XE-01	
Консульт.						
Н/контр.	Букет О.І.					
В.о. зав. каф.	Косогін О.В.					

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

**на тему: Гальванічні покриття в авіабудуванні. Розробка технології
анодування алюмінієвих деталей**

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття в авіабудуванні. Розробка технології анодування алюмінієвих деталей»

Панченко Д.Т. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-01
Дипломний проєкт, 2024 рік, кількість сторінок – 76, таблиць 17, рисунків 7,
джерел 11.

У дипломному проєкті розроблено технологічний процес нанесення анодного захисного покриття на деталі з алюмінієвого сплаву. Анодування проводять в сульфатному електроліті з додаванням оксалатної кислоти за температури 18-25 °С та анодної густини струм 1 А/дм².

В ході роботи проведено технологічні, техніко-економічні розрахунки, запропоновано схему автоматизації процесу, проведено аналіз небезпечних факторів впливу та приведено заходи з охорони праці і техніки безпеки. Запропонована схема очищення стічних вод.

Ключові слова: Анодування, сульфатний електроліт, дюралюміній, патрубок, баланс струму, баланс напруги, автоматизація виробництва.

ХЕ0111.1450.000 ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Панченко Д.Т.			Розробка технології анодування алюмінієвих деталей	Лит.	Арк.	Аркушів
Перев.		Кцшмирик А.І.					б	
Н. Контр.		Букет О.І.				«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ-01		
Затв.		Косогін О.В.						

ABSTRACT

“Galvanic coatings in aircraft manufacturing. Development of technology for anodizing aluminum parts”

Panchenko D.T. – KYIV Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Faculty of Chemical Engineering, HE-01.

Diploma project, 2024, number of pages – 76, table 17, figures 7, links to the source 11.

The thesis project detailed the technological process of applying an anodic dry coating to aluminum alloy parts. Anode bathing is carried out in a sulfate electrolyte with added oxalate acid at a temperature of 18-25 °C and anode thickener at a level of 1 A/dm².

During the work, technological, technical and economic developments were carried out, an automation scheme for the process was developed, an analysis of unsafe factors was carried out, and approaches to protection and safety equipment were presented. A wastewater treatment scheme has been developed.

Key words: Anodizing, sulfate electrolyte, duralumin, pipe, current balance, voltage balance, production automation.

					<i>XE0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						7
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	8
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	11
1.1 Вибір деталі та покриття.....	11
1.2 Вибір технологічного процесу.....	12
1.2.1 Обґрунтування вибору технологічного процесу.....	12
1.2.2 Підготовка поверхні виробів перед анодуванням	13
1.2.3 Вибір електроліту анодування	15
1.2.4 Вибір і обґрунтування завершальних операцій.....	19
1.2.5 Контроль якості анодної плівки	19
1.2.6. Видалення недоброякісних покриттів	21
1.2.6 Приготування та коригування електроліту анодування.....	22
1.2.7 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання	23
1.2.8 Визначення виробничої програми обладнання.....	23
1.2.9 Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження	24
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	27
2.1. Баланс струму.....	27
2.2. Баланс напруги.....	28
2.3. Вибір джерела живлення	29
2.4. Баланс енергії гальванічної ванни	30
2.5. Тепловий розрахунок гальванічної ванни.....	31
2.6 Розрахунок витрат матеріалів	32
2.6.2. Розрахунок витрат хімічних реактивів	33
2.6.3 Розрахунок витрат води.....	34
РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ АНОДНОГО ПОКРИТТЯ.....	41
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ.....	44
4.1 Класифікація виробничих процесів	44
4.2 Оптимізація виду руху предметів праці.....	44

4.3 Чисельність персоналу та фонд заробітної плати	48
4.4. Вартість річних оборотних фондів.....	50
4.5 Калькуляція на продукцію.....	51
4.6. Розрахунок техніко-економічних показників.....	54
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	56
5.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проєктованому об'єкті. Заходи з охорони праці.....	56
5.1.1 Повітря робочої зони.....	56
5.1.2 Виробниче освітлення.....	58
5.1.3 Шум і вібрація у виробничій зоні	58
5.1.4 Електробезпека.....	59
5.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання...	60
5.2 Пожежна безпека.....	61
Розділ 6. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	64
ВИСНОВОК.....	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	68
Додаток А	70
Додаток Б.....	72
Додаток В.....	75

ВСТУП

Гальванічні покриття відіграють важливу роль у виробництві та промисловості, вони дозволяють значно покращити низку важливих характеристик виробам, таких як зносостійкість, твердість, корозійну стійкість або надати поверхні специфічних властивостей, таких як колір або пористість.

Одним з найбільш застосованих є анодне покриття на алюмінії та його сплавах. В залежності від умов оксидування вони можуть набувати необхідних в галузі властивостей, таких як висока щільність або пористість, певних колір або електроізоляційних властивостей.

Широкому використанню алюмінію та його сплавів сприяє низька властивостей, таких як більша міцність за меншої густини в порівнянні зі сталлю, через що найбільш широко вживання набули як конструкційні матеріали в авіа- та ракетобудуванні.

Анодування алюмінію та сплавів на його основі використовується для:

- Підвищення зносостійкості
- В декоративних цілях
- Як підшар для нанесення інших покриттів
- Для підвищення корозійної стійкості
- Для надання електроізоляційних властивостей

В залежності від призначення покриття його товщина складає від 1-2 мкм, до 300 мкм.

Метою даного дипломного проекту є розробка технології захисного анодування деталей з алюмінієвого сплаву продуктивністю 15300 м²/рік.

					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						10
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Вибір деталі та покриття

Алюміній та його сплави набули широкого використання в різних галузях промисловості – машинобудуванні, авіабудуванні, електротехніці завдяки їх хімічним та фізико-механічним властивостям. Серед алюмінієвих сплавів найбільш широкого вжитку набув дюралюміній – сплав алюмінію з додаванням таких легуючих компонентів як мідь, манган та магній. До його переваг в порівнянні з чистим алюмінієм відноситься підвищена міцність та твердість.

Одного з найбільш широкого вжитку дюралюміній набув в авіабудуванні, оскільки співвідношення ваги та міцності конструкційних матеріалів є дуже важливим для даної галузі промисловості.

На повітрі алюміній та його сплави самовільно вкриваються тонкою оксидною плівкою, яка підвищує корозійну стійкість, але має недостатню механічну міцність, тому в промисловості широкого вжитку набув процес анодування – нанесення на поверхню деталей з алюмінію та його сплавів штучної оксидної плівки, яка завдяки можливості контролю процесів, має значно кращі властивості, або має такі властивості, яких не має природня плівка[1].

Загалом процес анодування описується таким рівнянням реакції:



В даній роботі запропоновано схему нанесення оксидного покриття на трубу виготовлену зі сплаву Д16 ДСТУ 4784-97 (Al - близько 90,9-94,7%; Cu – у діапазоні 3,8-4,9%; Mg - близько 1,2-1,8%; Mn – у діапазоні 0,3-0,9%; Fe – не більше 0,5%; Si – не більше 0,5%; Zn – до 0,25%; Ti – не більше 0,15%; Cr – до 0,1%; домішки – до 0,15%).

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						11
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

Подальше ріст плівки та його структура залежить від здатності електроліту до розчинення анодованого алюмінію.

Якщо електроліт здатен розчиняти оксидну плівку, то товщина плівки залежить від двох паралельних процесів:

- Електрохімічне окиснення алюмінію;
- Хімічне розчинення анодної плівки електролітом;

Ріст плівки можливий, поки швидкість електрохімічного окиснення перевищує швидкість хімічного розчинення. Для електролітів, що розчиняють покриття зі збільшенням товщини плівки збільшується швидкість хімічного процесу розчинення, через збільшення пористості покриття та відповідно збільшення площі контакту з електролітом[2].

Окрім складу електроліту на товщину отриманого покриття впливають температура та концентрація електроліту. Також на товщину покриттів впливає склад металу, що анодується, оскільки сплави анодуються гірше, ніж чистий алюміній.

1.2.2 Підготовка поверхні виробів перед анодуванням

Після механічної обробки деталей на її поверхні можуть знаходитись залишки змащувальних речовин, тому необхідно починати обробку з операції знежирювання.

Хімічне знежирення. Для нанесення якісного анодного покриття необхідно починати з ретельного очищення поверхні деталі від різного роду забруднень попередньої обробки, особливо жирових. Операція знежирення проводиться для забезпечення високої адгезії покриття до основи. Для очищення поверхні від жирових забруднень як органічного так і неорганічного походження використовуються гарячі луги. Їхня дія базується на руйнації органічних жирів та їх омилення. Неорганічні жирові плівки в свою чергу емульгують у розчин. Для інтенсифікації процесу знежирення в

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						13
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

розчин додаються різноманітні емульгатори такі як рідке скло, каніфоль, синтанол ДС-10, мило. Вони перешкоджають утворенню суцільних жирових плівок на поверхні. Окрім лугів, ПАР та солей лужних металів у розчин часто вводять силікати та фосфати. Введення силікатів в миючий розчин забезпечує інгібіторну дію до оброблювального металу, фосфати сприяють усуненню жорсткості води та розчиненню карбонатів полівалентних металів.

Для хімічного знежирення алюмінію та його сплавів запропоновано розчини наступного складу[3]:

NaOH – 10-20 г/л

Na₃PO₄ – 20-50 г/л

Na₃SiO₃ – 20-30 г/л

Температура 40-70 °С, час обробки 3-10 хвилин.

Гаряче промивання. Необхідно проводити для видалення з поверхні деталі залишків продуктів реакції та розчинів, після обезжирення. Промивання проводиться в гарячій воді, оскільки розчинність продуктів знежирення збільшується при збільшенні температури. Промивання проводиться в звичайній водопровідній воді, при температурі 40-60 °С. Час обробки – 3-4 хвилини.

Холодне промивання. Додатково проводиться для повного видалення продуктів реакції та емульгованих речовин після промивання. Проводиться в холодній проточній воді. Температура обробки 20-25 °С. Час обробки 1-2 хвилини.

Травлення. Для отримання більш розвинутої поверхні с кращою адгезією, та видалення дефектів на поверхні деталь оброблюється в розчині NaOH концентрацією 100-150 г/л. Температура обробки 40-55 °С, час обробки 2 хвилини[3].

Гаряче промивання. Необхідно проводити для видалення з поверхні деталі залишків продуктів реакції та розчинів, після попередньої операції. Промивання проводиться в звичайній водопровідній воді, при температурі 40-60 °С. Час обробки – 3-4 хвилин.

					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						14
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

Холодне промивання. Додатково проводиться для повного видалення продуктів реакції після попередньої операції. Проводиться в холодній проточній воді. Температура обробки 20-25 °С. Час обробки 1-2 хвилини.

Освітлення. Оскільки сплав Д16 містить значну кількість міді після операції травлення вона приймає темний колір. Для очищення поверхні проводиться операція освітлення. В якості робочого розчину виступає HNO_3 концентрацією 250-300 г/л. Температура обробки 18-25 °С, час обробки 3-5 хвилин[2,1].

Гаряче промивання. Необхідно проводити для видалення з поверхні деталі залишків продуктів реакції та розчинів, після попередньої операції. Промивання проводиться в звичайній водопровідній воді, при температурі 40-60 °С. Час обробки – 3-4 хвилин.

Холодне промивання. Проводиться для повного видалення продуктів реакції після попередньої операції. Проводиться в холодній проточній воді. Температура обробки 20-25 °С. Час обробки 1-2 хвилини.

1.2.3 Вибір електроліту анодування

Огляд електролітів анодування

Властивості оксидних плівок на алюмінію дуже залежать від складу електроліту, що використовується. В промисловості використовуються: сульфатний, хроматний, оксалатний, сульфосаліциловий та багатокомпонентні електроліти. Вибір електроліту базується на призначенні покриття.

Сульфатний електроліт

Сульфатний електроліт набув найбільш широкого вжитку завдяки низькій робочій напрузі та дешевизні. Покриття отриманні в сульфатному електроліті пористі, мають хороші захисні властивості та високу твердість. Покриття отриманні сульфатному електроліті легко фарбуються. Сульфатний

					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						15
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

електроліт добре розчиняє покриття, тому його не можна використовувати для анодування складнопрофільних та зварних деталей. Деталі, що ануються в сульфатному електроліті не можна тримати в ванні анодування у випадку вимкнення струму, через високу швидкість розчинення плівки.

Склад електроліту та режим роботи

H_2SO_4 – 180-200 г/л

t - 13...25

i = 1,0-1,5 А/дм²

U = 13-24 В

Час електролізу 20-35 хвилин

Для зменшення пористості, товщини плівки та швидкості травлення до сульфатного електроліту додають оксалатну кислоту. Для покращення розчинення оксалатної кислоти, електроліз ведуть при температурі вищій ніж простий сульфатний електроліт.

Склад електроліту та режим роботи

H_2SO_4 – 180-200 г/л

$(COOH)_2$ – 16-22 г/л

t - 18...25

i = 1,0-1,5 А/дм²

U = 12-20 В

Час електролізу 35-60 хвилин

Хроматний електроліт

Використовується для анодування деталей алюмінію та його сплавів, які мають зварні з'єднання, або до яких виставляються високі вимоги по точності розмірів. Анодування в даному електроліті ведуть при невисоких густинах струму, високій температурі та підвищеній напрузі. Плівки отриманні хроматних електролітах тонкі та безпористі, мають високу еластичність та захисні властивості, зберігають шорсткість поверхні. Недоліком електроліту є його висока ціна та неможливість фарбування в органічних барвниках.

					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						16
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

Склад електроліту та режим роботи

CrO_3 – 100-150 г/л

t - 34...38

i = 0,3-2,5 А/дм²

U = 40 В

Час електролізу 60 хвилин

Оксалатний електроліт

Використовується для отримання електроізоляційних та зносостійких плівок. У оксалатної кислоти низька швидкість розчинення плівки, тому товщина покриття отримана при електролізі майже лінійно залежить від часу оксидування. До переваг електроліту відноситься можливість анодування за високих температур, оскільки охолодження електроліту призводить до зменшення розчинності оксалатної кислоти. Плівки утворюються щільні, пластичні, мають кращі захисні властивості у порівнянні з отриманими в сульфатних електролітах. Недоліком електроліту є необхідність підтримання високої напруги та значна вартість основного компоненту. На відміну від інших електролітів, він розкладається при електролізі, через що потребує частішого корегування.

Склад електроліту та режим роботи

$(\text{COOH})_2$ – 40-60 г/л

t - 15...25

i = 2,5-3,5 А/дм²

U = 120 В

Час електролізу 90 хвилин

Електроліти на основі сульфосаліцилової кислоти

Використовуються у вигляді двох- та трикомпонентних розчинів відповідно з додаванням сульфатної кислоти та сульфатної с оксалатної кислот. Оксалатна та сульфатна кислоти додаються для збільшення розчинності плівки та збільшення її товщини. Плівки отриманні мають добрі захисні властивості, зносостійкі та мають добрі електроізоляційні

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	Лист
						17
Зм.	Лист			Дата		

властивості. Для отримання захисно-декоративних покриттів використовуються сульфосаліцилові електроліти наступного складу:

Склад електроліту та режим роботи

$C_7H_6O_6S$ – 100 г/л

H_2SO_4 – 5 г/л

t - 20...40

i = 1-3 А/дм²

U = 70-120 В

Час електролізу 20-60 хвилин

Для отримання електроізоляційних покриттів з високою напругою пробою (950-1700 В) використовуються електроліти наступного складу:

Склад електроліту та режим роботи

$C_7H_6O_6S$ – 100 г/л

H_2SO_4 – 4 г/л

$(COOH)_2$ – 30 г/л

t - 10...30

i = 2-3 А/дм²

U = 60-80 В

Час електролізу 40-120 хвилин

Вибір та обґрунтування складу електроліту

До покриття, що наноситься висуваються наступні вимоги: висока твердість, корозійна стійкість. Тому доцільним є обрати сульфатний електроліт с додаванням оксалатної кислоти, який використовується для нанесення захисних покриттів. Оксалатна кислота зменшує розтравлюючу дію сульфатної кислот, що дозволяє отримувати рівномірні мало пористі захисні оксидні плівки та не потребує глибокого охолодження.

Склад електроліту та режим роботи:

H_2SO_4 – 180-200 г/л;

$(COOH)_2$ – 16-22 г/л

t = 18...25 °С

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						18
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

$i = 1-1,5 \text{ A/дм}^2$

$U = 12-20 \text{ В}$

Товщина покриття 10-20 мкм.

Час електролізу 40 хвилин.

Католи нерозчинні, матеріал катодів сталь 12Х18Н9Т.

1.2.4 Вибір і обґрунтування завершальних операцій

Після анодування в електролітах які дають пористі осади зазвичай додатково проводиться операція ущільнення – наповнення плівки в гарячій воді, або розчині біхромату калію. Оскільки обраний електроліт дає пористі плівки операція ущільнення обов'язкова.

Холодне промивання. Проводиться для повного видалення продуктів реакції після попередньої операції. Проводиться в холодній проточній воді. Температура обробки 20-25 °С. Час обробки 0,5 хвилин.

Гаряче промивання. Необхідно проводити для видалення з поверхні деталі залишків продуктів реакції та розчинів, після попередньої операції. Промивання проводиться в звичайній водопровідній воді, при температурі 40-60 °С. Час обробки – 3-4 хвилин.

Ущільнення. Проводиться для зменшення пористості плівки та підвищення корозійної стійкості виробу. Оброблення проводиться в дистильованій гарячій воді за температури 95-98 °С. Час обробки 20-30 хвилин.

Сушіння. Деталі з нанесеною плівкою сушать обдування гарячим повітрям до повного висихання.

Демонтаж. Проводиться після повного висихання виробів.

1.2.5 Контроль якості анодної плівки

При контролі якості анодної плівки звертають уваги на такі показники покриття, як:

- Зовнішній вигляд покриття

					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						19
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

- Товщина та рівномірність покриття
- Мікротвердість

Контроль зовнішнього вигляду

Цей контроль проводиться для всіх деталей партій в добре освітленому приміщенні (освітленість 300 лк). Контроль проводиться оглядом неозброєним оком на відстані в 25 см від виробу. Для визначення дефектів проводиться порівняння виробів зі зразком еталоном та досліджується наявність видимих дефектів. При наявності дефектів проводиться корегування процесу для виключення впливу негативних факторів[3].

Контроль твердості оксидної плівки

Оцінка мікротвердості базується на втисканні чотирьохгранного алмазного пірамідоподібного кристалу. Після втисканні проводиться вимір довжини відбитку при 500-кратному збільшенні. Мікротвердість розраховують за формулою $H = 1,854 \cdot P/d$, де P – навантаження кристалу, Н; d – середнє арифметичне довжин діагоналей відбитку втискання, мм.

Контроль товщини та рівномірності анодної плівки

Для визначення товщини покриття використовується неруйнівний метод вихрових струмів. Метод визначення товщини базується на реєстрації взаємодії електромагнітного поля датчика та електромагнітного поля вихрових струмів, що наводяться датчиком у деталі. Виміри проводять в 4 точках, по всій поверхні виробу. Товщина покриття має бути в межах 10-20 мкм.

Контроль пористості та дефектності оксидної плівки

Для контролю пористості та відсутності наскрізних пор використовується хімічний метод нанесення паст, який базується на можливості пасти реагувати з металом виробу з якого виготовлено покриття. Приготування пасти: алюмініон розчиняють у воді з розрахунку 20 г/л, додають пропілів спирт у співвідношенні 3:1. В розчин додається діоксин титану до утворення густої пастоподібної суміші. До пасти додають 20-25% розчин перекису водню в розмірі половини об'єму суміші. Пасту ретельно

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						20
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

перемішують та використовують впродовж 2-3 годин. Пасту наносять зануренням. В наскрізних порах, що досягають поверхні металу виробу покриття набуває рожево-лілового кольору.

Після занурення деталі витримують 5 хвилин та візуально рахують кількість пор на см^2 . Покриття вважається дефектним, якщо кількість пор на одиницю площі перевищує 3.

1.2.6. Видалення недоброякісних покриттів

Анодні плівки на алюмінії та його сплавах можливо знімати в розчинах лугів та суміші фосфатної та хромової кислот. Оскільки використання розчинів лугів може призвести до розчинення алюмінію та пошкодженні деталі в даній роботі використовується суміш фосфатної та хромової кислоти складу: 35 мл H_3PO_4 , 20 г H_2CrO_4 на 1 літр дистильованої води. Температура обробки близько $100\text{ }^\circ\text{C}$, тривалість обробки 3 хвилини.

Повторне нанесення покриття можливе одразу після зняття недоброякісного покриття, товщина деталі зменшується на величину, що дорівнює половині від товщини покриття[3].

Види браку та неполадок наведені в таблиці 1.2.5.1.

Таблиця 1.2 – Види браку та неполадок[4]

Характер браку	Можлива причина	Спосіб усунення
1	2	3
Чорні точки, прогари, розтравлювання	Підвищений вміст хлоридів в електроліті	Замінити електроліт
	Поганий контакт підвіски з деталями, коротке замикання в електроліті	Покращити контакт, не допускати замикань

1	2	3
Розтравлювання оксидного покриття	Неоднорідність матеріалу підвіски та деталей	Виготовити підвіски з того ж матеріалу що й деталі
	Підвищений вміст сульфатної кислоти	Скорегувати електроліт
Відсутність покриття або недостатня товщина	Поганий контакт деталі з струмопідводом	Покращити контакт
	Недостатня кількість пропущеної електрики	Перевірити правильність режиму
Пухке покриття з поганим зчепленням	Висока температура електроліту	Охолодити електроліт
	Перетримка в ванні анодування	Притримуватися вказаного режиму
	Вміст алюмінію в електроліті вище зазначеної норми	Замінити електроліт

1.2.6 Приготування та коригування електроліту анодування

Ванну наповнити наполовину об'єму дистильованою водою. Перемішуючи додати задану кількість оксалатної кислоти. Влити концентровану сульфатну кислоту. Додати дистильовану воду до заданого об'єму. Дати електроліту охолотитись до температури цеху та віддати на аналіз в хімічну лабораторію.

Електроліт коригувати 1-2 рази на місяць у випадку відхилення від зазначених концентрацій. Повну заміну проводити у випадку накопичення шкідливих домішок, таких як Al^{3+} та Cl у концентраціях 30 г/л та 0,04 г/л відповідно.

1.2.7 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання

Для визначення дійсного фонду робочого часу вихідними даними є – робочий режим підприємства та втрати часу простої обладнання.

Розрізняють номінальний та дійсний фонд річний фонд робочого часу. Для номінального фонду річного робочого часу розрахунок проводиться з урахуванням, що кількість календарних днів в році $T_k=366$ днів, святкових днів $T_c=0$, вихідних $T_v=104$. На підприємстві п'ятиденний двозмінний робочий тиждень, робочий час – 80 годин на тиждень.

$$T_n = \left((T_k - T_c - T_v) \cdot \frac{\tau_{\text{тиж}}}{t_{\text{рб дн}}} - t_{\text{перед}} \right) \cdot n_{\text{змін}} = \left((366 - 0 - 104) \cdot \frac{40}{5} - 0 \right) \cdot 2 = 4192 \text{ год}$$

Розрахунок дійсного фонду робочого часу необхідно вести з урахуванням часу на простою обладнання. Для двозмінного режиму роботи $K_{\text{пр}}=3\%$, тому:

$$T_d = T_n - T_n \cdot K_{\text{пр}} = 4192 - 4192 \cdot 0,03 = 4066,24 \text{ год}$$

1.2.8 Визначення виробничої програми обладнання

Для визначення річної виробничої програми необхідно отриману згідно з завдання річну програму збільшити на величину, що дорівнює виправному браку деталей. Приймається, що величина виправного браку становить від 0,5 до 3%, для розрахунків приймемо, що $K_{\text{бр}}=2\%$ [5].

$$P_p = P_{\text{звп}} + P_{\text{звп}} \cdot K_{\text{бр}} = 15000 + 15000 \cdot 0,02 = 15300 \text{ м}^2$$

Розрахунок добової виробничої програми проводимо враховуючи кількість робочих днів у році:

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_p}{T_{\text{роб}}} = \frac{15300}{366 - 104} = 58,4 \text{ м}^2/\text{доба}$$

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	Лист
						23
Зм.	Лист			Дата		

Годину виробничу програму розраховуємо враховуючи дійсний фонд робочого часу:

$$P_{\Gamma} = \frac{P_p}{T_d} = \frac{15300}{4066,24} = 3,76 \text{ м}^2/\text{год}$$

1.2.9 Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження

Для розрахунків конструктивних розмірів попередньо необхідно розрахувати тривалість обробки однієї одиниці:

Тривалість обробки однієї одиниці:

$$\tau = \tau_T + \tau_3 = 40 + 5 = 45 \text{ хв},$$

Де τ_T – технологічний час осадження покриття, τ_3 – час необхідний на завантаження та розвантаження деталей на одній підвісці, приймаємо рівним 5 хвилинам.

Тоді загальна кількість завантажень:

$$n = \frac{T_d \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}} = \frac{4066,24 \cdot 60}{45 \cdot 1,05} = 5164$$

де $K_{об} = 1,05$ – коефіцієнт, що враховує витрати часу на запуск обладнання, кінцевого вивантаження і допоміжні операції.

Тоді разове завантаження однієї ванни:

Поверхня одночасного анодування:

$$Y_c = \frac{P_p}{n} = \frac{15300}{5164} = 2,96 \text{ м}^2$$

Площа деталі, що анодується:

$$S_d = \pi H D_{зовн} = \pi \cdot 813 \cdot 80 = 204226 \text{ м}^2 = 0,204 \text{ м}^2$$

Кількість деталей, що анодуються за одне завантаження:

$$n = \frac{Y_c}{S_d} = \frac{2,96}{0,204} = 14,5 \approx 15$$

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	Лист
						24
Зм.	Лист			Дата		

Деталі кріпляться до анодної штанги шляхом затискання на підвісному пристрої. Для уникнення анодування внутрішньої поверхні на отвори нагвинчуються поліпропіленові заглушки.

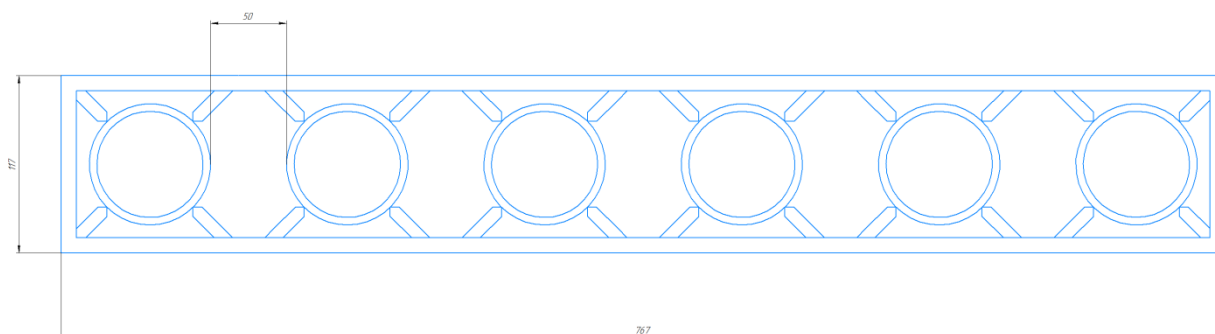


Рисунок 1.2 Верхня проекція схеми розташування на підвісному пристрої
Виходячи з розмірів підвіски деталі розрахуємо конструкційні розміри ванни.

Довжина внутрішня для ванни:

$$l = l_n + 2 \cdot l_1 = 0,77 + 2 \cdot 0,1 = 0,97 \text{ м}$$

де l – внутрішня довжина ванни, м; l_1 – відстань від краю підвіски до борта ванни (приймають у межах 0,10...0,15 м).

Ширина внутрішня для ванни:

$$B = B_n + 2 \cdot l_{a-k} + 2 \cdot B_k + 2 \cdot B_1 = 0,12 + 2 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,005 + 2 \cdot 0,05 = 0,53 \text{ м}$$

B – внутрішня ширина ванни; B_n – товщина підвіски; B_a – товщина катодів; B_1 – відстань між анодом і боковою стінкою ванни, приймають 0,05...0,10 м;

Внутрішня висота ванни:

$$h = h_n + h_1 + h_2 + h_3 = 0,813 + 0,15 + 0,05 + 0,1 = 1,113 \text{ м}$$

h – внутрішня висота ванни, м; h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски (0,15...0,20 м); h_2 – відстань від верхнього краю підвіски до дзеркала електроліту (приймають 0,05 м); h_3 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю ванни (0,10...0,15) м.

Виходячи з розрахованих конструктивних розмірів ванни обираємо ванну, яка випускається промисловістю та підходить для заданих параметрів. Тоді розмір ванни 600×1000×1200.

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						25
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

Враховуючи циліндричну поверхню деталі, на яку наноситься покриття, доцільно використати криволінійні катоди. Вигляд катодів наведено на ескізі:

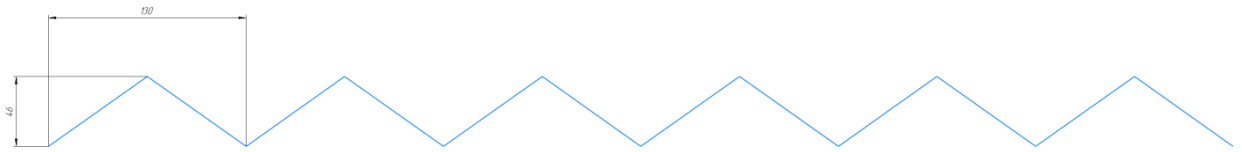


Рисунок 1.3. Проекція верхнього виду криволінійних катодів

Визначаємо сумарну поверхню деталей S_n , які завантажуються на підвіску (m^2):

$$S_n = S_d \cdot n_d = 0,204 \cdot 6 = 1,224 \text{ м}^2$$

де S_d – поверхня однієї деталі, m^2 ; n_d – кількість деталей на підвісі.

Кількість ванн необхідних для виконання річної програми:

$$n_b = \frac{Y_c}{S_n} = \frac{2,96}{1,224} = 2,41 = 3 \text{ од.}$$

Річна продуктивність обладнання:

$$P'_p = \frac{S_n \cdot n_b \cdot T_d \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}} = \frac{1,224 \cdot 3 \cdot 4066,24 \cdot 60}{45 \cdot 1,05} = 18960,2 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт завантаження:

$$K_{зав} = \frac{P_p}{P'_p} = \frac{15300}{18960,2} = 0,80$$

Розраховане значення відповідає оптимальному значенню $K_{зав}=0,8-0,92$

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

2.1. Баланс струму

Для визначення сили струму на одній гальванічній ванні необхідно врахувати площу поверхні на яку наноситься покриття при разовому завантаженні ванни. Для даної деталі нанесення покриття проводиться лише для зовнішньої поверхні. Приймаючи коефіцієнт, що враховує втрати електрики $K_k = 1,15$ [5].

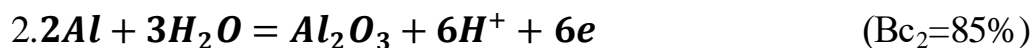
$$I = K_k \cdot i_a \cdot S_n = 1,15 \cdot 1 \cdot 122,4 = 140,8 \text{ А}$$

У обраному електроліті анодування на електродах протікають наступні процеси:

На катоді:



На аноді



Сила струму, яка витрачається на кожну реакцію складає:

На катоді:

$$I_1 = I \frac{Вс_1}{100} = 140,8 \frac{100}{100} = 140,8 \text{ А}$$

На аноді:

$$I_2 = I \frac{Вс_2}{100} = 140,8 \frac{85}{100} = 119,7 \text{ А}$$

$$I_3 = I \frac{Вс_3}{100} = 140,8 \frac{15}{100} = 21,1 \text{ А}$$

$$K = \frac{140,8 \cdot 20}{400 \cdot 24} = 0,29$$

2.4. Баланс енергії гальванічної ванни

Електрична енергія $W_{\text{заг}}$, що підводиться до електролізу, перетворюється на хімічну $W_{\text{хім}}$ та теплову енергію (джоулеву теплоту) $W_{\text{дж}}$ [5].

$$W_{\text{заг}} = W_{\text{хім}} + W_{\text{дж}}$$

Джоулева теплота – теплота, що витрачається на розігрівання електроліту при проходженні через нього електричного струму, хімічна енергія витрачається на зміну матеріального стану систему внаслідок перебігу електрохімічних реакцій.

Загальна електрична енергія, яка витрачається на перебіг процесу визначається з формули:

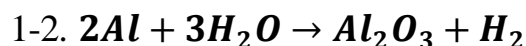
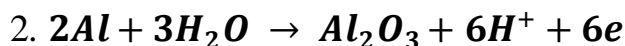
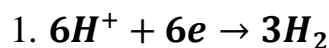
$$W_{\text{заг}} = U \cdot I \cdot \tau \cdot 3600 \cdot 10^{-3}, \text{кДж}$$

де I – струм на ванні, А; U – напруга на ванні, В; τ – час роботи ванни під струмом, год.

За одну годину роботи ванни $W_{\text{заг}}$ з урахуванням коефіцієнту завантаження обладнання 0,8:

$$W_{\text{заг}} = 20 \cdot 140,8 \cdot 0,8 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 8110 \text{ кДж}$$

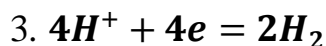
Катодна, анодна та сумарні реакції утворення оксидної плівки мають вигляд:



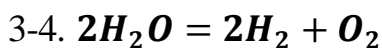
Зміна ентальпії сумарної реакції анодування:

$$\Delta H_{1-2} = \Delta H_{Al_2O_3}^0 + 3\Delta H_{H_2}^0 - (2\Delta H_{Al}^0 + 3\Delta H_{H_2O}^0)$$

$$\Delta H_{1-2} = (-1675,7) + 3 \cdot 0 - (3 \cdot (-285,8) + 2 \cdot 0) = -818,3 \text{ кДж/моль}$$



					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						30
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		



$$\begin{aligned} \Delta H_{3-4} &= 2\Delta H_{H_2O}^0 - (2\Delta H_{H_2}^0 + \Delta H_{O_2}^0) = 2 \cdot (-285,8) - (0 + 0) \\ &= -571,6 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \end{aligned}$$

$$W_{\text{дж}} = 3,6 \cdot I \cdot \tau \left(U + \frac{\Delta H_{1-2} \cdot Bc_1}{z_1 \cdot F} + \frac{\Delta H_{3-4} \cdot Bc_2}{z_2 \cdot F} \right)$$

$$W_{\text{дж}} = 3,6 \cdot 140,8 \cdot 0,8 \left(20 - \frac{818,3 \cdot 0,85}{6 \cdot 96,5} - \frac{571,6 \cdot 0,15}{4 \cdot 96,5} \right) = 7525 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Тоді $W_{\text{хім}}$:

$$W_{\text{хім}} = W_{\text{заг}} - W_{\text{дж}} = 8110 - 7525 = 585 \text{ кДж}$$

Таблиця 2.3. Баланс енергії на ванні анодування

Надходження	W, кДж	%	Витрати	W, кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	6756,48	100	Хімічна енергія	330,8	4,89
			Джоулева теплота	6425,68	95,11
Разом	6756,48	100	Разом	6756,48	100

2.5. Тепловий розрахунок гальванічної ванни

Під час анодування значна кількість енергії переходить у джоулеві теплоту, що може призвести до розігріву електроліту. Метою розрахунку є визначення максимально можливої температури до якої може розігрітися ванна за одну годину роботи. При цьому вважається, що вся джоулеві теплота витрачається на розігрів ванни і не витрачається в навколишнє середовище[5].

Максимально можлива температура розігріву ванни t_k °C визначається за формулою:

$$t_k = 18 + \frac{W_{\text{дж}}}{V_1 \cdot C_1 \cdot d_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3}$$

де $C_1 = 4050$ Дж/кг·K – теплоємність електроліту; $d_1 = 1092$ кг/м³ – густина електроліту; V_1 – об'єм електроліту, м³; $C_2 = 1930$ Дж/кг·K – теплоємність корпусу ванни; m_2 – маса ванни; $C_3 = 469$

Дж/кг·К–теплоємність катодів; m_3 – маса катодів, кг.

$$V_1 = K_{\text{зап}} \cdot V_{\text{ванни}} = 0,9 * (1 * 0,6 * 1,2) = 0,72 \text{ м}^3$$

де $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення ванни.

Маса катодів:

$$m_3 = S \cdot d_3 \cdot \delta_k = 1,300 \cdot 7900 \cdot 0,005 = 51,35 \text{ кг}$$

Для розрахунку маси ванни необхідно розрахувати об'єм, що займають стінки ванни. Для цього вирахуємо їх як різницю об'єму фігур, що відповідають фігурам ванни зі сторонами, що відповідають внутрішнім розмірам ванн, та зовнішнім розмірам ванн з урахуванням товщини стінок в 1 см та помножити на густину поліпропілену, з якого виготовлені ванни ($0,91 \text{ г/см}^3$):

$$m_{\text{ванни}} = ((1,020 \cdot 0,62 \cdot 1,22) - (1 \cdot 0,6 \cdot 1,2)) \cdot 0,91 \cdot 10^3 = 48,89 \text{ кг}$$

Тоді:

$$t_k = 20 + \frac{7525 * 10^3}{0,72 \cdot 4050 \cdot 1092 + 1930 \cdot 46,89 + 469 \cdot 51,35} = 22,28 \text{ }^\circ\text{C}$$

За час роботи ванни вона розігрівається на $2,28 \text{ }^\circ\text{C}$. Оскільки робоча температура електроліту $18...25 \text{ }^\circ\text{C}$, охолодження не потребується.

2.6 Розрахунок витрат матеріалів

Для визначення потреб виробництва у сировині необхідно розрахувати витрати матеріалів на виконання річного виробничого плану. При розрахунках витрат матеріалів необхідно враховувати витрати на початковий запуск обладнання та витрати на виробництво.

2.6.1. Розрахунок витрат катодів

Розрахунок витрат катодів на початковий запуск обладнання

Масу катодів, на початковий запуск обладнання розраховують виходячи з кількості ванн, та маси катодів в одній ванні:

$$G_{\text{кз}} = m_3 \cdot n = 51,35 \cdot 3 = 154,05 \text{ кг}$$

					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						32
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

Витрати нерозчинних катодів на виконання річної виробничої програми.

Під час виконання виробничої програми катоди поступово витрачаються. Швидкість їх витрат нормовано, та розраховується наступним чином:

$$G_{кр} = S \cdot A_p \cdot \delta_{п} = 15300 \cdot 0,5 \cdot 10 = 7,65 \text{ кг}$$

де $S = 15300$ – виробнича програма нанесення покриття, м^2 ; $A_p = 0,5$ – норма витрат нерозчинних катодів, $\text{г}/\text{м}^2$. $\delta_{п}$ – товщина покриття, мкм .

2.6.2. Розрахунок витрат хімічних реактивів

Витрати реактивів на початковий запуск обладнання

Витрати компонентів електроліту G_i на початковий запуск обладнання розраховується за формулою[5]:

$$G_i = C_i \cdot V_i \cdot K_{зап} \cdot n_B$$

де C_i – концентрація компоненту розчину, $\text{кг}/\text{м}^3$; V_B – об'єм ванни, м^3 .
 $K_{зап}$ – коефіцієнт заповнення ванни, $K_{зап} = 0,8$; n_B – кількість ванн даного типу.

$$G_{H_2SO_4} = 200 \cdot 0,72 \cdot 3 = 432 \text{ кг}$$

$$G_{(COOH)_2} = 22 \cdot 0,72 \cdot 3 = 47,52 \text{ кг}$$

Витрати хімічних реактивів на розчин знежирення

$$G_{NaOH} = 20 \cdot 0,72 \cdot 1 = 14,4 \text{ кг}$$

$$G_{Na_3PO_4} = 50 \cdot 0,72 \cdot 1 = 36 \text{ кг}$$

$$G_{Na_2SiO_3} = 30 \cdot 0,72 \cdot 1 = 21,6 \text{ кг}$$

Витрати хімічних реактивів на розчин освітлення

$$G_{HNO_3} = 250 \cdot 0,72 \cdot 1 = 180 \text{ кг}$$

Витрати хімічних реактивів на розчин травлення

$$G_{NaOH} = 150 \cdot 0,72 \cdot 1 = 108 \text{ кг}$$

Витрати компонентів на виконання річної виробничої програми

Розрахунок витрат компонентів здійснюється за формулою:

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						33
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

$$G'_{H_2O} = C_{H_2O} \cdot V_{\text{заг}}$$

Де, C_{H_2O} – вміст води в одному кубічному метрі розчину, $\text{кг}/\text{м}^3$. $V_{\text{заг}}$ – загальні витрати розчину на виконання річної виробничої програми, м^3 .

Вміст води визначається за наступною формулою:

$$C_{H_2O} = d_{\text{роз}} - (C_1 + C_2 + \dots + C_n)$$

де $d_{\text{роз}}$ – густина розчину, C_1, C_2, C_n – вмісту компоненту в розчині, $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$C_{H_2O} = 1092 - 200 - 22 = 870 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Загальні витрати електроліту:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{в}} \cdot K_{\text{зап}} \cdot n_{\text{в}} + V_{\text{вт}}$$

де, $V_{\text{в}}$ – повний об'єм ванни, $n_{\text{в}}$ – кількість ванн, $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення ванни, $V_{\text{вт}}$ – об'єм електроліту, що виноситься з деталями.

$$V_{\text{заг}} = 1 \cdot 0,72 \cdot 3 + 5,27 = 7,43 \text{ м}^3$$

Тоді річні витрати на приготування електроліту:

$$G'_{H_2O} = 870 \cdot 7,97 = 6464,1 \text{ кг} = 6,464 \text{ м}^3$$

Витрати води на приготування розчину знежирення

$$C_{H_2O} = 1046 - 20 - 50 - 30 = 946 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Загальні витрати розчину знежирення:

$$V_{\text{заг}} = 1 \cdot 0,72 + 5,27 = 5,99 \text{ м}^3$$

Тоді загальні витрати на приготування розчину знежирення

$$G'_{H_2O} = 946 \cdot 5,99 = 5666,5 \text{ кг} = 5,666 \text{ м}^3$$

Витрати води на приготування розчину травлення

$$C_{H_2O} = 1143 - 150 = 993 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Загальні витрати розчину травлення:

$$V_{\text{заг}} = 1 \cdot 0,72 + 5,27 = 5,99 \text{ м}^3$$

Тоді загальні витрати на приготування розчину травлення

$$G'_{H_2O} = 993 \cdot 5,99 = 5948,0 \text{ кг} = 5,948 \text{ м}^3$$

Витрати води на приготування розчину освітлення

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						35
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

$$C_{H_2O} = 1128 - 250 = 878 \text{ кг/м}^3$$

Загальні витрати розчину освітлення:

$$V_{\text{заг}} = 1 \cdot 0,72 + 5,27 = 5,99 \text{ м}^3$$

Тоді загальні витрати на приготування розчину освітлення

$$G'_{H_2O} = 878 \cdot 5,99 = 5259,22 \text{ кг} = 5,259 \text{ м}^3$$

Витрати води на розклад при електролізі

Витрата води на розклад води визначається за формулою:

$$G_{H_2O} = I \cdot \frac{18 \cdot T_{\text{л}} \cdot V_{\text{с}}}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5}$$

На катоді виділяється водень:

$$G_{H_2O} = 140,8 \cdot \frac{18 \cdot 4066,24 \cdot 15}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} = 29 \text{ кг}$$

На аноді виділяється кисень:

$$G_{H_2O} = 140,8 \cdot \frac{18 \cdot 4066,24 \cdot 100}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} = 193 \text{ кг}$$

Витрата води на винесення із газами

В процесі електролізу на катоді та аноді виділяються кисень та водень відповідно та виносять з собою воду. Витрата води на винесення із газами

C_{H_2O} визначається за формулою:

$$G_{H_2O}^m = G_{H_2O} \cdot V_{\Gamma}$$

Де G_{H_2O} – кількість води, що виноситься одним кубічним метром газу, кг/м³; V_{Γ} – сумарний об'єм газу з водяною парою, що виділяється за температури анодування, м³.

Величина G_{H_2O} – розраховується як:

$$G_{H_2O} = 0,805 \frac{P_{H_2O}}{P_{\text{б}} - P_{H_2O}}$$

де $P_{\text{б}}$ – сумарний тиск суміші газів та водяної пари, мм.рт.ст.; P_{H_2O} – парціальний тиск водяної пари за температури за якої проходить процес анодування, 2,34 кПа.

Тоді:

$$G_{H_2O} = 0,805 \frac{2,34}{1013 - 2,34} = 0,019 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Для визначення кількості води винесеної з газами необхідно розрахувати кількість водню та кисню, що виділяється за час електролізу та привести їх до нормальних умов:

$$V_{H_2}^0 = 0,418 \cdot I \cdot T_{\text{д}} \cdot V_{\text{с}} \cdot 10^{-5} = 0,418 \cdot 140,76 \cdot 4066,24 \cdot 15 \cdot 10^{-5} = 35,9 \text{ м}^3$$

$$V_{O_2}^0 = 0,209 \cdot I \cdot T_{\text{д}} \cdot V_{\text{с}} \cdot 10^{-5} = 0,418 \cdot 140,76 \cdot 4066,24 \cdot 100 \cdot 10^{-5} = 119,6 \text{ м}^3$$

Загальний об'єм газів, що виділяється за виконання річної програми (н.у.):

$$V_{\Gamma}^0 = V_{H_2}^0 + V_{O_2}^0 = 35,9 + 119,6 = 155,5 \text{ м}^3$$

Об'єм вологого газу за температури електролізу:

$$V_{\Gamma}^i = \frac{V_{\Gamma}^0 \cdot 101,3 \cdot (273 + t_{\text{ел}})}{273 \cdot (P_{\text{б}} - P_{H_2O})}$$

де $t_{\text{ел}}$ – температура електролізу, 20 °С.

$$V_{\Gamma}^i = \frac{155,5 \cdot 101,3 \cdot (273 + 20)}{273 \cdot (101,3 - 2,34)} = 171 \text{ м}^3$$

Тоді:

$$G_{H_2O}^m = 0,019 \cdot 171 = 3,24 \text{ кг}$$

Витрата води на випаровування з поверхні електролізу:

Такі витрати розраховуються за формулою

$$C_{H_2O} = \frac{45,6 \cdot K_{\text{в}} \cdot S_{\text{е}} \cdot (P_{H_2O} - P_{\text{п}}) \cdot T_{\text{д}} \cdot n_{\text{в}}}{P_{\text{в}}}$$

Де 45,6 – коефіцієнт пропорційності, кг/м²*год; $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт, величина якого залежить від швидкості руху повітря над дзеркалом електролізу (для спокійного повітря $K_{\text{в}} = 0,56$; для повільного руху повітря) $S_{\text{е}}$ – поверхня дзеркала електролізу, м²; $n_{\text{в}}$ – кількість ванн даного типу; $P_{\text{п}}$ – парціальний тиск водяної пари за температури та вологості навколишнього середовища, Па.

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист			Дата		

$$P_{\text{п}} = P_{\text{с}} \cdot \frac{\varphi}{100}$$

де $P_{\text{с}}$ – тиск насиченої водяної пари за температури навколишнього середовища повітря, Па; φ – вологість повітря в умовах цеху, %.

$$P_{\text{п}} = 2337 \cdot \frac{70}{100} = 1636 \text{ Па}$$

Оскільки швидкість випаровування залежить від температури, вологості, площі дзеркала електроліту, а для всіх технологічних операцій використовуються ванн одного типу, розрахунок будемо вести одразу для всіх ванн.

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{45,6 \cdot K_{\text{в}} \cdot S_e \cdot (P_{\text{H}_2\text{O}} - P_{\text{п}}) \cdot T_{\text{д}} \cdot n_{\text{в}}}{P_{\text{в}}} \\ = \frac{45,6 \cdot 0,86 \cdot 0,6 \cdot (2330 - 1636) \cdot 4066,24 \cdot 6}{101305} = 3881 \text{ кг}$$

Витрата води на промивні операції

При розрахунку витрат води, які витрачаються на промивні операції необхідно враховувати спосіб виконання промивання, а саме – одноступеневим чи багатоступеневим.

При одноступеневому промиванні шляхом занурення підвіски у ванну промивання витрата води на одну годину розраховується як:

$$V_{\text{год}} = A_e \cdot K \cdot P_{\text{г}}$$

Для двоступеневого каскадного промивання:

$$V_{\text{год}} = A_e \cdot \sqrt{K} \cdot P_{\text{г}}$$

де $A_e=0,3 \text{ л/м}^2$ – об'єм води розчину, що виноситься з одиницею площі покриття; $P_{\text{год}}$ – продуктивність ванни на одну годину; K – критерій остаточного промивання деталей, який розраховується як:

$$K = \frac{C_0}{C_k}$$

Де C_0 – концентрація основного компоненту розчину; C_k – ГДК основного компонента у воді після промивання.

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						38
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5$$

Витрати води на промивання після операції знежирення:

Оскільки в розчині міститься декілька лугоутворюючих сполук, для розрахунків їх необхідно перерахувати як еквівалентний вміст лугу:

$$C_{0(\text{Na}_3\text{PO}_4)} = \frac{C_{(\text{Na}_3\text{PO}_4)}}{M_{(\text{Na}_3\text{PO}_4)}} \cdot 3 \cdot M_{\text{NaOH}} = \frac{50}{164} \cdot 3 \cdot 40 = 36,58 \text{ г/дм}^3$$

$$C_{0(\text{Na}_2\text{SiO}_3)} = \frac{C_{(\text{Na}_2\text{SiO}_3)}}{M_{(\text{Na}_2\text{SiO}_3)}} \cdot 3 \cdot M_{\text{NaOH}} = \frac{30}{122} \cdot 3 \cdot 40 = 29,50 \text{ г/дм}^3$$

Враховуючи концентрацію NaOH в розчині знежирення загальна лужність складає:

$$C_{\text{знж}}^0 = 20 + 29,5 + 36,58 = 86,08 \text{ г/дм}^3$$

ГДК NaOH після промивання складає 0,8 г/дм³. Тоді коефіцієнт остаточного промивання:

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{86,08}{0,8} = 107,6$$

$$V_{\text{год}} = 0,3 \cdot \sqrt{107,6} \cdot 3,76 = 11,7 \text{ дм}^3/\text{год}$$

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5 = 11,7 \cdot 4066,24 \cdot 1,5 = 71362 \text{ дм}^3$$

Витрата води на промивні операції після травлення

Концентрації лугу в розчині травлення $C_{0\text{NaOH}} = 150 \text{ г/л}$

ГДК лугу у воді перед операціями з кислотними розчинами: 0,1 г/л

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{150}{0,1} = 1500$$

$$V_{\text{год}} = 0,3 \cdot \sqrt{1500} \cdot 3,76 = 43,68 \text{ дм}^3/\text{год}$$

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5 = 43,68 \cdot 4066,24 \cdot 1,5 = 266420 \text{ дм}^3$$

Витрата води на промивні операції після освітлення

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						39
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

В розчині освітлення міститься нітратна кислота, яку необхідно перерахувати як еквівалентний вміст сульфатної кислоти:

$$C_{0(HNO_3)} = \frac{C_{(HNO_3)}}{M_{(HNO_3)}} \cdot M_{H_2SO_4} = \frac{250}{63} \cdot 98 = 388,9 \text{ г/дм}^3$$

Тоді критерій остаточного промивання для розчину освітлення:

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{388,9 \text{ г}}{0,1} = 3889,$$

$$V_{\text{год}} = 0,3 \cdot \sqrt{3889} \cdot 3,76 = 70,3 \text{ дм}^3/\text{год}$$

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5 = 70,3 \cdot 4066,24 \cdot 1,5 = 428785 \text{ дм}^3$$

Витрати води на промивні операції після анодування

Електроліт анодування складається з суміші кислот, тому додатково необхідно перерахувати оксалатну кислоту на еквівалентний вміст сульфатної кислоти.

$$C_{0((COOH)_2)} = \frac{C_{((COOH)_2)}}{M_{((COOH)_2)}} \cdot M_{H_2SO_2} = \frac{22}{90,03} \cdot 98 = 23,94 \text{ г/дм}^3$$

Тоді загальна кислотність електроліту складає:

$$C_0 = 200 + 23,94 = 223,94 \text{ г/дм}^3$$

Тоді критерій остаточного промивання для електроліту анодування:

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{223,94 \text{ г}}{0,1} = 2239,4,$$

$$V_{\text{год}} = 0,3 \cdot \sqrt{2239,4} \cdot 3,76 = 53,37 \text{ дм}^3/\text{год}$$

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5 = 53,37 \cdot 4066,24 \cdot 1,5 = 325523 \text{ дм}^3$$

Тоді загальні витрати на промивання:

$$V_{\text{сум}} = 71362 + 266420 + 428785 + 325523 = 1092090 \text{ дм}^3$$

Загальні витрати води

$$\begin{aligned} V_{\text{заг}} &= G'_{H_2O} + G'_{H_2O}{}^{\text{знж}} + G'_{H_2O}{}^{\text{тр}} + G'_{H_2O}{}^{\text{осв}} + G'_{H_2O}{}^{\text{газ}} + G'_{H_2O}{}^{\text{роз}} + V \\ &= (6464,1 + 5666,5 + 5948,0 + 5259,22) + 3,24 \\ &+ (29 + 163) + 3881 + 1092090 = 1\,119\,504 \text{ дм}^3 \end{aligned}$$

					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						40
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ АНОДНОГО ПОКРИТТЯ

На електрохімічних виробництвах автоматизація процесів контролю та керування відіграють дуже важливу роль, оскільки вони збільшують ресурс устаткування, зменшують відсоток браку та шкідливий вплив на навколишнє середовище, покращують продуктивність. Автоматизовані процеси краще застраховані від помилок робітників, дозволяють економити дорогоцінні матеріали на небажанні витрати. Чітке дотримання режимів роботи підвищують якість продукції, чого можна досягти завдяки високому ступені автоматизації процесів виробництва[6,7[]].

Для даного проекту до основних параметрів, які потребують автоматизації належать:

- Рівень електроліту
- Концентрація витратних компонентів електроліту
- Сила струму та напруга ванні

Для забезпечення автоматичного контролю заданих вище параметрів та сигналізації працівників, про їх відхилення від технологічних норм було вирішено обладнати гальванічні ванни датчиками та контролюючими пристроями.

Автоматичний контроль та виконання процесу можливо здійснювати як безпосередньо у місці встановлення контролюючих приладів так і дистанційно з пульта керування.

Метою автоматизації є підвищення якості нанесених анодних покриттів.

Даної мети можливо досягти задовольнивши наступні вимоги:

1. Коригування витратних компонентів електроліту.
2. Підтримання сталого рівня електроліту та заповнення ванни.
3. Утримання сили струму та напруги в межах вказаних технологією.

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						41
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

Для дотримання технологічних параметрів в процесі нанесення покриття, на ваннах встановлено приладу моніторингу та контролю концентрації основного витратного компонента електроліту – оксалатної кислоти, рівню робочого електроліту та параметрів напруги і сили струму.

Параметри регулювання і контролю наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. – Параметри контролю і регулювання в гальванічній ванні

№	Назва стадії процесу та місце визначення параметру	Параметр, що контролюється, чи регулюється	Норми технологічного режим	Вимоги до схеми автоматизації
1	Стадія нанесення анодного покриття, замір безпосередньо у гальванічній ванні	Рівень	1 м	Контроль та регулювання
2	Стадія нанесення анодного покриття, замір безпосередньо у гальванічній ванні	Концентрація оксалатної кислоти	16-22 г/л	Контроль та регулювання
3	Стадія нанесення анодного покриття, замір безпосередньо у гальванічній ванні	Сила струм, напруга	141 А 20 В	Контроль та регулювання

Контроль рівня в гальванічній ванні оформлено через передавальний перетворювач рівня з електричним вихідним сигналом (1-1), приладом вторинним показувальним (1-2) та виконавчим механізмом (1-3).

Контроль концентрації оксалатної кислоти здійснюється через кондуктометр –концентратомір (2-1) з'єднаним з , приладом вторинним показувальним (2-2) та виконавчим механізмом (2-3).

Контроль та регуляція сили струм здійснюється через випрямний агрегат (3-1) та його пультом управління (3-2).

Висновок. Поставлену в проєкті задачу автоматизації контролю та регулювання технологічних параметрів анодування патрубку з дюралюмінію, а саме: рівня електроліту, концентрації оксалатної кислоти, напруги та сили

струму вирішено. Для цього був розроблений проєкт оснащення ванн анодування відповідними приладами, датчиками та пультами керування. Складено схему, яка описує структуру пунктів контролю та регуляції.

					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						43
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Для організації цеху анодування необхідно провести техніко-економічні розрахунки показників цеху та розрахувати собівартість продукту.

Мета діяльності цеху - задоволення машинобудівної промисловості в якісному твердому та зносостійкому анодуванні деталей з алюмінієвого сплаву.

КВЕД: Клас 25.61 – «Оброблення металів та нанесення покриття на метали».

4.1 Класифікація виробничих процесів

В залежності від того яке відношення виробничі процеси мають до продукції їх поділяють на декілька типів[8]:

- основні
- допоміжні
- бічні
- підсобні

Основними процесами для даного виробництва є:

- монтаж шківу на відповідних вузлах, знежирення, травлення, активація деталей і промивки, анодування, сушіння.

Допоміжні процеси – транспортування сировини (заготовок, компонентів електролітів, обслуговування і ремонт обладнання, контроль якості деталей та покриття, корегування електроліту.

Підсобні – закупка реагентів.

Побічні – очищення стічних вод.

Розподіл процесів та їх тривалість наведено у таблиці 4.1.

4.2 Оптимізація виду руху предметів праці

Річна потужність цеху, з врахуванням виправного браку деталей становить $P_p = 15300 \text{ м}^2/\text{рік}$.

					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						44
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

Нанесення анодного покриття багатостадійний процес, що включає певні операції, які наведено в таблиці 4.1.

Вид процесу	Назва операції	Тривалість виконання, хв
Основні	1) Монтаж	5
	2) Хімічне знежирення	10
	3) Гаряче промивання	4
	4) Холодне промивання	2
	5) Травлення	2
	6) Гаряче промивання	4
	7) Холодне промивання	2
	8) Освітлення	5
	9) Гаряче промивання	4
	10) Холодне промивання	2
	11) Анодування	40
	12) Гаряче промивання	4
	13) Холодне промивання	2
	14) Ущільнення	30
	15) Сушіння	5
	16) Демонтаж	5
	Разом	126
Домоміжні	1) Упакування та транспортування продукції	
	2) Обслуговування обладнання	
	3) Контроль якості	
	4) Коригування електроліту	
Побічні	1) Очищення стічних вод	

Річна програма становить 15300 м². З чого розраховуємо добову програму:

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_p}{T_{\text{доб}}} = \frac{15300}{262} = 58,39 \frac{\text{м}^2}{\text{доба}}$$

Де $T_{\text{доб}}$ – кількість робочих днів у 2024 календарному році, P_p – річна виробнича програма підприємства з урахуванням браку.

Тоді виробнича програма зміни становить:

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист			Дата		

Денний випуск продукції за умови паралельного ВРПП розраховується за формулою:

$$V_{\text{пар}} = \frac{T_{\text{ВЦ}}^{\text{пар}} + t_{\text{max}} - \sum t_i}{t_{\text{max}}} = \frac{16 \cdot 60 + 40 - 126}{40} = 21,85 \text{ разів} = 21 \text{ рази}$$

$$V_{\text{пар}}^{\text{річ}} = 22 \cdot 262 \cdot 1,224 = 6734,448 \frac{\text{м}^2}{\text{рік}}$$

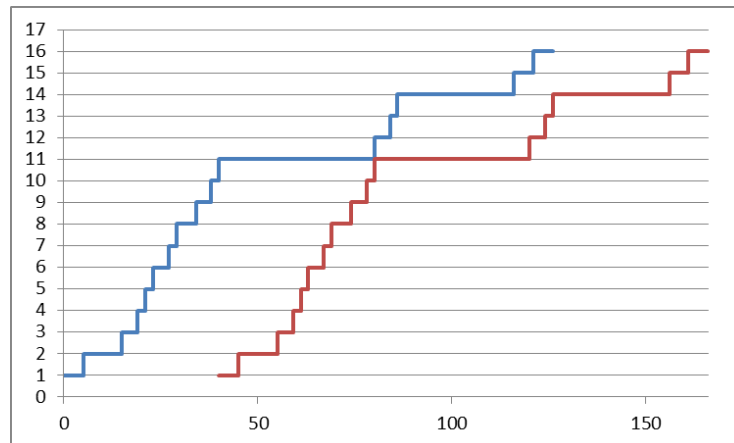


Рисунок 4.2. Графік паралельного ВРПП

3. Синхронізований

Для визначення оптимального ритму для забезпечення річного плану продукції необхідно його розрахувати з використанням формули:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{В.Ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum t_i}{R}$$

$$48 = \frac{16 \cdot 60 + R - 126}{R}$$

$$R = \frac{16 \cdot 60 - 126}{48} = 17,3 \text{ хв}$$

Для підтвердження коректності розрахунків розрахуємо річний випуск з урахуванням розрахованого ритму:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{В.Ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum t_i}{R} = \frac{16 \cdot 60 + 17 - 126}{17} = 50,05 \frac{\text{зав}}{\text{день}}$$

Оскільки кількість завантажень не може бути цілим числом, округлюємо до 50.

$$V_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 50 \cdot 262 \cdot 1,224 = 16034,4$$

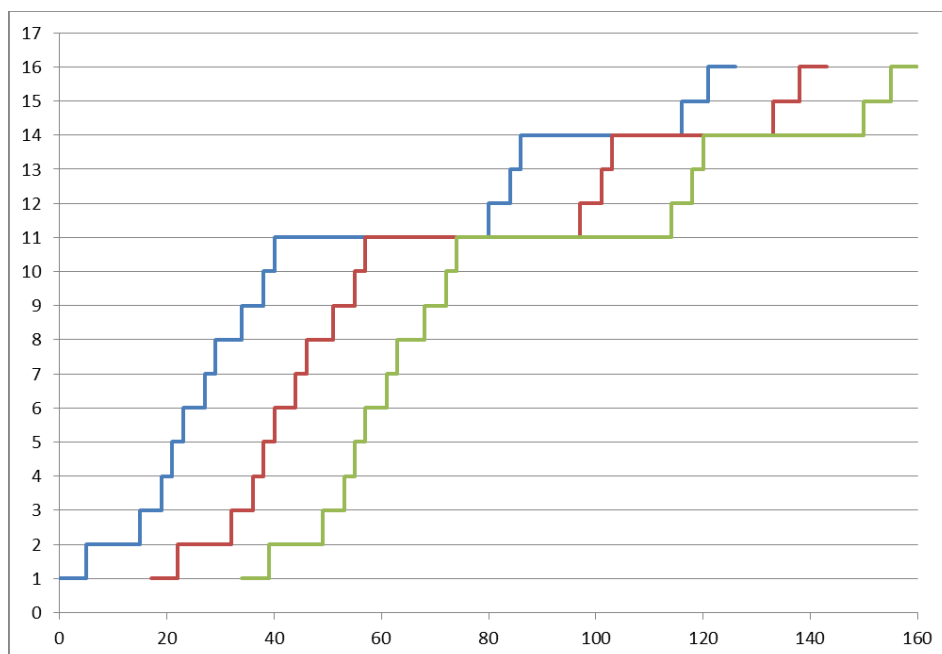


Рисунок 4.3 – графік синхронізованого ВРПП

Обираємо синхронізований ВРПП оскільки лише він забезпечує необхідну виробничу програму. Кількість завантажень на добу – 50.

Необхідна кількість ванн:

- 1 ванна хімічного знежирення
- 1 ванна гарячого промивання
- 1 ванна холодного промивання
- 1 ванна травлення
- 1 ванна освітлення
- 3 ванни анодування
- 1 ванна ущільнення

Загальна кількість – 8 ванн.

4.3 Чисельність персоналу та фонд заробітної плати

До складу робочого персоналу входять:

- Лаборант, відповідальний за контроль якості виробів, сировини та робочих розчинів;
- Технолог, що контролює технологічний процес;
- Гальваніки – для виконання основних операцій.

Зм.	Лист			Дата

ХЕ0111.1450.000 ПЗ

Лист

48

Оскільки процес електролізу автоматичний і гальванік виконує лише контролюючу функцію, достатньо 3 гальваніків на зміну, 1 для контролю процесів електролізу, та 2 на виконання інших операцій. Якщо сприйняти процеси електролізу за одну операцію на графіку, то у розрізі буде одночасно не більше 3 процесів.

Таблиця 4.2. Кількість персоналу

Посада	Кількість осіб
Гальванік	6
Лаборант	2
Технолог	1
Всього	9

Чисельність персоналу явочна. Для виконання денної норми робіт на підприємстві достатньо 4 працівника на зміну: 3 гальваніка та 1 лаборант.

$Ч_{\text{яв.}} = 4$ осіб.

Режим роботи: робочий день для зміни складає 8 годин, підприємство працює в 2 зміни з 6.00 до 22.00.

Чисельність за списком виробничого персоналу становить:

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв.}} \cdot K_{\text{пер}} = Ч_{\text{яв.}} \cdot \frac{T_{\text{підп.}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац}}^{\text{рік}}} = 4 \cdot \frac{\frac{16}{24} * 262}{\frac{8}{24} * 262} = 8 \text{ осіб}$$

Тоді для забезпечення роботи підприємства необхідно сформувати 2 бригади.

Графік змінності підприємства: 1-а зміна: 6:00-14:00; 2-а зміна – 14:00-22:00.

Таблиця 4.3 – Графік змінності підприємства

Прац.	Дні																				
	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
Техн.	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В
Бриг 1	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В
Бриг 2	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В

1 - перша зміна, 2 – друга зміна, В – вихідний

Розрахуємо мінімальну тарифну ставку згідно мінімальної заробітної плати:

$$TC_{\text{мін}} = \frac{6500}{\frac{30}{7} \cdot 40} = 37,9 \text{ грн/год}$$

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка грн./год	Заробітна плата однієї людини, грн		Загальна заробітна плата За рік
					За день	За рік	
Гальванік	6	7	1,54	58,39	467,13	117250,47	703502,8
Лаборант	2	8	1,64	62,18	497,47	124864,13	249728,27
Технолог	1	14	2,42	91,76	734,07	184250,73	184250,73
Всього	9						1137481,8

Фонд оплати праці:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} \cdot \text{Н} = 1137481,8 \cdot 1,22 = 1387727,8 \text{ грн/рік}$$

де Н – нарахування на заробітну плату.

4.4. Вартість річних оборотних фондів

Вартість сировини і матеріалів розраховується базуючись на їх витратах розрахованих вище у розділі 2.6. Результати розрахунків наведені в таблиці 3.7.

Розрахуємо витрачену електрику:

$$W = \frac{I \cdot U \cdot N_{\text{завант}} \cdot T_{\text{доб}} \cdot t_{\text{зав}}}{1000} = \frac{140,76 \cdot 20 \cdot 50 \cdot 3}{1000} = 110637,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таблиця 4.5 – Вартість сировини для річної програми

Найменування	Ціна	Витрат, од/рік	Вартість, грн./рік
Стальні катода	150 грн/кг	7,65 кг/рік	1147,5
Оксалатна кислота	41 грн/кг	115,94 кг/рік	4753,54
Сульфатна кислота	150 грн/кг	1054 кг/рік	158100
Вода	25,38 грн/м ³	853,47 м ³ /рік	22045,13
Електроенергія	4 грн/ кВт·год	110637,4 кВт	442549,4

Вартість основних засобів підприємства:

$$O_{\text{бз}} = V_{\text{сир}} + V_{\text{ел}} + \text{ФОП} = (1147,5 + 4753,54 + 158100 + 22045,13) + 442549,4 + 1387727,8 = 2016323,37 \text{ грн/рік}$$

Де $V_{\text{сир}}$ – вартість сировини, $V_{\text{ел}}$ – вартість електроенергії, ФОП – фонд оплаті праці підприємства.

4.5 Калькуляція на продукцію

Типи та кількість обладнання, що є необхідним для виконання технологічного процесу наведені в таблиці 4.6.

№	Назва обладнання	Кількість одиниць	Вартість, грн
1	Ванна знежирення	1	9000
2	Ванна травлення	1	9000
3	Ванна освітлення	1	9000
4	Ванна анодування	3	9000
5	Ванна холодної промивки	1	9000
6	Ванна гарячої промивки	1	9000
7	Ванна ущільнення	1	9000
8	Випрямний прилад	3	35000
9	Будівлі і споруди	-	400000
10	Трубопровід	-	70000
11	Нематеріальні активи	-	20000

Для оборотних фондів необхідно розрахувати:

Амортизація для будівель і споруд:

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						51
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

$$A_{\text{буд}} = \frac{H_A^{\text{буд}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{400000}{20} = 20000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

де $H_A^{\text{буд}}$ – вартість будівель та споруд, $T_{\text{екс}}$ – період амортизації будівель та споруд.

Амортизація обладнання:

$$A_{\text{обл}} = \frac{H_A^{\text{обл}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{6 \cdot 9000 + 3 \cdot 9000 + 3 \cdot 35000}{5} = 37200 \text{ грн/рік}$$

де $H_A^{\text{обл}}$ – вартість обладнання.

Амортизація трубопроводів:

$$A_{\text{тр}} = \frac{H_A^{\text{тр}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{70000}{10} = 7000 \text{ грн/рік}$$

де $H_A^{\text{тр}}$ – вартість трубопроводів; $T_{\text{екс}}$ – гарантія виробника.

Амортизація нематеріальних активів:

$$A_{\text{нм}} = \frac{H_A^{\text{нм}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{20000}{12} = 1666,7 \text{ грн/рік}$$

де $H_A^{\text{нм}}$ – нематеріальні активи підприємства.

Всього:

$$A = 20000 + 37200 + 7000 + 1666,7 = 65866,7 \text{ грн/рік}$$

Таблиця 4.7 – Калькуляція продукції

№	Елементи затрат	Витрати		% від собівартості
		На річну програму, грн./рік	На одиницю продукції, грн./м ²	
1	Амортизація	65866,7	4,30501307	3,81667013
2	Сировина і матеріали	1573776,97	#ЗНАЧ!	#ЗНАЧ!
3	Паливо і електроенергія	272168	17,7887582	15,7708747
4	ЗП	1137482	74,3452157	65,9118008
5	Нарахування на ЗП	250247	16,3560131	14,5006543
6	Виробнича собівартість	1725764	112,795	100

Зм.	Лист			Дата

ХЕ0111.1450.000 ПЗ

Лист

53

4.6. Розрахунок техніко-економічних показників

Річна виробнича собівартість продукції:

$$C_{\text{вир}} = \text{Обз} + A = 2016323,37 + 65866,7 = 2082190,07 \text{ грн/рік}$$

$$C_{\text{цех}} = 1,2 \cdot C_{\text{вир}} = 1,2 \cdot 2082190,07 = 2498628,08 \text{ грн/рік}$$

$$C_{\text{пов}} = 1,8 \cdot C_{\text{цех}} = 1,8 \cdot 2330170,40 = 4497530,55 \text{ грн/рік}$$

Собівартість одиниці продукції:

$$C = \frac{C_{\text{п}}}{P_{\text{р}}} = \frac{4497530,55}{15300} = 293,93 \text{ грн/м}^2$$

Прибуток:

$$\Pi = \text{Ц} - C = 380 - 293,93 = 86,07 \text{ грн/м}^2,$$

де Ц – ціна на готовий продукт.

$$\Pi_{\text{пов}} = \Pi \cdot P_{\text{р}} = 86,07 \cdot 15300 = 1316871 \text{ грн/рік}$$

Рентабельність виробництва:

$$P = \frac{\Pi}{C} = \frac{86,07}{293,93} \cdot 100 = 29,28 \%$$

Капіталовкладення:

$$\begin{aligned} K &= \text{Обз} + \text{ОЗ} + 0,2C_{\text{вир}} + 0,8C_{\text{цех}} \\ &= 2082190,07 + 656000 + 0,2 \cdot 2082190,07 + 0,8 \\ &\cdot 2498628,08 = 5153530,548 \text{ грн} \end{aligned}$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{K}{\Pi_{\text{пов}}} = \frac{4754440,024}{1316871} = 3,6 \text{ років}$$

Ефективність підприємства:

$$E = \frac{1}{T} = \frac{1}{3,6} = 0,27$$

Фондовіддача:

$$\Phi = \frac{\text{Ц} \cdot P_{\text{р}}}{\text{ОЗ}} = \frac{380 \cdot 15300}{656000} = 8,86 \frac{\text{грн}}{\text{грн}}$$

Фондоємність:

					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						54
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

$$\Phi\epsilon = \frac{1}{\Phi} = \frac{1}{8,86} = 0,11 \text{ грн/грн.}$$

Висновок: У розділі економіко-організаційних розрахунків було розраховано основні техніко-економічні показники отримання анодного покриття на трубопровід і повну собівартість продукції.

Розраховано собівартість м² продукції, яка дорівнює **293,93** грн/м², період повернення капіталовкладень становить 3,6 років, рентабельність складає 29,28 %.

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						55
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

шкідливі викиди, обладнано бортовими відсмоктувачами, виконаними зі сталі 12X18Н10Т. Концентрація шкідливих речовин підтримується на рівні стандартів ГДК.

Для зниження забруднення повітря робочого приміщення, передбачено наступні заходи:

- розчини готуються і коригуються за увімкненої місцевої вентиляції в спеціально відведених місцях;
- для зменшення виносу електролітів простір між ваннами перекрито фторопластовими козирками та автооператор зупиняється для більш повного стікання електроліту над ванною;
- при приготуванні розчинів кислот, кислоти вводяться тонким струменем в холодну воду за ретельного перемішування.

Розрахунок системи місцевої механічної вентиляції

Для проєкту у якості місцевої витяжної вентиляції, що вловлює шкідливі викиди з поверхні розчинів, в цеху буде встановлено бортові відсмоктувачі з двох сторін ванн. Для розрахунок об'ємної витрати повітря, що відводиться бортовими відсмоктувачами проводиться за формулою:

$$L = 1400 \cdot \left(0,53 \cdot \frac{B_p \cdot l}{B_p + l} + H_p \right)^{\frac{1}{3}} \cdot B_p \cdot l \cdot K_1 \cdot K_{\Delta t} \cdot K_T$$

де B_p – внутрішня ширина ванни, м; l – внутрішня довжина ванни, м; H_p – проєктна відстань від краю ванни до поверхні електроліту, м; K_1 – коефіцієнт, що залежить від конструкції відсмоктувача ($K_1 = 1$); K_t – температурний коефіцієнт ($K_t = 1,03$); K_T – коефіцієнт токсичності речовин, які викидаються з дзеркала розчину у ванні анодування, прийнятий в залежності від складу розчину.

$$L = 1400 \cdot \left(0,53 \cdot \frac{1 \cdot 0,6}{1 + 0,6} + 0,2 \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,03 \cdot 1,1 = 700,50 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	Лист
						57
Зм.	Лист			Дата		

5.1.2 Виробниче освітлення

Для забезпечення відповідності проєкту умовам охорони праці застосовано штучне робоче, аварійне, евакуаційне, ремонтне та охоронне освітлення приміщень. Система природного освітлення реалізована комбінованим способом (верхнє та бокове). Система штучного освітлення – також комбінована (сполучення загального і місцевого освітлення).

Таблиця 5.2. Норми освітленості і КПО цеху згідно ДБН В.2.5-28:2018

Розряд і під-розряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Суміщене
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
IVв	400	200	4 і 1,5	2,4 і 0,9
VIIIа	–	200	3 і 1	1,8 і 0,6

Освітлення робочої зони здійснюватиметься люмінесцентними лампами ЛД-40. В якості аварійного та евакуаційного освітлення обрано світильники «Альфа» прямого типу. Аварійне освітлення буде забезпечувати освітленість на рівні не менше ніж 5 % від норми, мінімальне значення 2 лк. Під час евакуації використовується освітлення на підлозі в основних проходах та на сходах, що забезпечує не менше 0,5 лк, для відкритих майданчиків – не менше 0,2 лк.

Контроль систем освітлення здійснюється раз на рік за допомогою люксметра UNI-T.

5.1.3 Шум і вібрація у виробничій зоні

Джерелами вібрацій та шуму в цеху можуть бути різноманітні механізми: автооператори, вентилятори, електродвигуни, компресори тощо. Високий рівень шуму у виробничих приміщеннях викликаний одночасною роботою всіх видів устаткування і може складати 76...92 дБА, що перевищує допустимий рівень (допустиме значення, згідно ДСН 3.3.6.037–99, становить 80 дБА).

Зниження рівня шуму досягається звукоізоляцією приладів та використанням конструкцій спрямованих на звукопоглинання (перегородки і кожухи, перешкоджаючи розповсюдженню шуму); Встановленням глушників на повітроводах для зменшення розповсюдження шуму вентиляцією; використанням обшивок приміщень зі звукопоглинаючих матеріалів; мінімізацією створюваних шумів у їх джерелі (мінімальні допуски, ретельне балансування, використання демпфірів вібрації для деталей, що вдаряються); застосуванням індивідуальних засобів протишумового захисту.

5.1.4 Електробезпека

В цеху анодування через наявність агресивних речовин, здатних руйнувати електроізоляцію струмопідводів наявна небезпека ураження електричним струмом. Електрохімічний цех за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом відносять до особливо небезпечних приміщень.

Ураження працівників електричним струмом можливе в результаті дотику до елементів устаткування, що знаходяться під напругою та неякісно заземлені. Іншим шляхом ураження струмом є крокова напруга і електродуга. Електричні прилади та агрегати в цеху анодування підключені до трифазної електричної мережі змінного струму напругою 380/220В із заземленою нейтралю і використанням чотирьох провідників. Допустимі значення напруги дотику (U_d) та струму, який може проходити по тілу людини (I_d) на таких значеннях: якщо електроустаткування працює у нормальному режимі $U_d = 2$ В, а $I_d = 0,3$ мА; у аварійному $U_d = 36$ В, а $I_d = 6$ мА.

Найчастішим випадком є дотик людини до однієї фази змінного струму.

При цьому сила струму, яка пройде крізь людину, становить:

$$I_d = U_{\phi} 10^3 / (R_d + R_0), \text{ мА};$$

де U_{ϕ} — 220 – фазна напруга, В; $R_d = 3000$ – загальний опір тіла людини, Ом;

$R_0 = 4$ – опір робочого заземлення нейтралі, Ом.

$$I_d = 220 / (3000 + 4) = 73 \cdot 10^3 \text{ А} = 73 \text{ мА}$$

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						59
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

речовинами. Це можливе завдяки впровадженню дистанційного керування процесів, механізації транспортування по цеху та на стадії завантаження і вивантаження сировини проміжних продуктів та готових виробів.

Проект передбачає використання ефективних методів і засобів захисту робітників від травм у небезпечних зонах. А саме: встановлення огорожувальних пристроїв, для запобігання потрапляння людини до небезпечної зони; прилади сигналізації та інформування про активність технологічного обладнання, при змінах у процесі роботи, прилади що мають попереджати під час небезпеки та вказувати на місце несправності, якщо є необхідність, автоматично зупиняють ділянки в яких виникла небезпечна ситуація; обмеження швидкості руху транспортних засобів на території цеху до 5 км/год; всі механізми, розраховані на підйом важких вантажів, періодично оглядаються на наявність дефектів; по території цеху розміщено плакати попередження та інформування персоналу про можливі джерела небезпеки та методи надання першої медичної допомоги.

5.2 Пожежна безпека

В цеху можливе виникнення джерел загоряння внаслідок багатьох факторів, зокрема: перевантаження електроустаткування, утворення легкозаймистої газової суміші водню з киснем. Часто загоряння буває викликане: коротким замиканням між частинами устаткування (струмовідводи та електроди), статичною електрикою, механічним пошкодженням електрообладнання або електропроводу. При прямому ударі блискавки у будівлю можливе вихід електрообладнання з ладу та виникнення пожежі.

Найчастіше коротке замикання відбувається при пошкодженні електроізолюючого шару дроту, контакту електропровідного матеріалу з неізольованими дротами, пошкодження електропроводки в наслідок дії на них агресивних хімічно активних речовин. Стійкість ізоляції струмопідводу до агресивних речовин покращують використовуючи гофровані металеві

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
						61
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

кожухи виготовлені з нержавіючої сталі, або пластикові захисні кожухи. Для зменшення можливостей перевантаження та короткого замикання в електричній мережі передбачено використовувати плавкі запобіжники та автоматичні вимикачі, що під'єднані до мережі послідовно. Попередження перегріву провідників від перехідних опорів досягається збільшенням площі контактів, застосуванням пружних контактів[10].

Для надання можливості швидко відреагувати та ліквідувати виявлене джерело пожежі використовують обладнані на робочих місцях пожежні щити з вогнегасниками ВВК-3,5 і ВП-5, ящиками з піском. Кожне виробниче та складське приміщення обладнують внутрішніми пожежними кранами. Газопроводи періодично перевіряються на наявність нещільностей для запобігання вибухам.

Будівля захищена від прямих ударі блискавки блискавковідводом, який являє собою з приймач блискавки (частина яка відтягує до себе блискавку), заземлювача і струмопровідника. Тип вертикальний стрижньовий: $H = 100\text{м}$, висота його зони захисту під землею $H_0 = 0,92 \cdot 100 = 92\text{ м}$. Радіус зони захисту на рівні землі $\eta_0 = 1,5 \cdot 100 = 150\text{ м}$.

В будівлі встановлено автоматичну пожежну систему сигналізації. Для кабелів високої напруги використовуються спеціальні броньовані оболонки. Трубопровід для подачі та відведення електроліту до запуску анодування періодично продувається повітрям. Електроприлади та агрегати захищають від загоряння виконуючи регулярне технічне обслуговування, використання фарб з негорючих матеріалів. Проект передбачає наявність плану евакуації і евакуаційних виходів.

У таблиці 5.3 наведено пожежонебезпечні матеріали та речовини, що присутні на ділянці.

					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						62
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

Таблиця 5.3 – Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів

Гальванічний цех				Найменування ділянки		
Дерево, резина	Тканина	Вініласт	H ₂	Речовини використовувані в досліді	Агрегатний стан речовини	
ТВ	ТВ	ТВ	газ	Займистий	Горючість, займистість, вибухонебезпечність	
Горюче	Займистий	Важко-займистий	Займистий	Температура спалаху, °С	Показники пожежо- і вибухонебезпечності	
170	210	·	132	Температура займистості, °С	Межі займистості	
400	260	580	324	Температура само займистості, °С	Об'ємних відсотків	
400	260	580	57,5	·	мг/м ³	
·	·	·	47,5	·	Категорія	
·	·	·	3,45-82,5	·	Група	
·	·	·	2С	·	Вогнегасні засоби	
·	·	·	Т1	Водогасник вуглекислий СУБ-7	Вогнегасні засоби	
Вода, пісок, піна	Вода, пісок, піна	Водогасник вуглекислий СУБ-7	Інертний газ	Категорія приміщення по ОНПІ 24-86		
В	В	В	В	Клас приміщення і зовнішніх установок за ПБЕ		
2	2	2	2	Категорія об'єкта і тип зони захисту по влаштуванні блискозахисту згідно СН 305-77		
2Б	2Б	2Б	2Б			

Розділ 6. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

В процесі анодування в промисловості відбувається забруднення води різноманітними хімічними сполуками як органічної так і неорганічної природи під час як підготовчих так і основних операцій, таких як травлення, освітлення і т.д. Всі сполуки які виступають забруднювачами води при перевищенні певних концентрацій є токсичними та небезпечними для навколишнього середовища[11].

На спроектованому виробництві основними забруднювачами стічних вод є йони алюмінію та міді, органічні кислоти, мінеральні кислоти, луги.

Алюміній попри широку розповсюдженість в природі не приймає участі в метаболізмі живих організмів. Алюміній має слаботоксичну дію на організм і може впродовж довгого часу залишатись в розчиненому вигляді та негативно впливати на здоров'я людей чи тварин у випадку їх потрапляння безпосередньо всередину організму через воду. Найбільшу токсичну дію мають ацетати, сульфати та нітрати алюмінію.

ГДК сполук алюмінію у водоймах побутового користування становить 0,2 мг/дм³.

Принципова схема очищення стічних вод від шкідливих домішок представлена на рисунку 6.1.

Промивні води після операцій травлення та знежирення утворюють групу лужних стоків. Промивні води після анодування та освітлення утворюють групу кислих стоків. Окрім йонів алюмінію в промивних водах містяться йони легуючих компонентів сплаву – міді та магнію.

Лужні води містять фосфати і силікати після операції знежирення та характеризуються високим рН 10-12. Кислі води після операцій освітлення та анодування містять забруднення у вигляді мінеральних та органічних кислот. Після всіх технологічних операцій концентрація йонів металів у промивних

					ХЕ0111.1450.000 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		64

водах становить близько 100 мг/дм³ для Al³⁺ та приблизно 1,5 мг/дм³ для Cu²⁺ та Mg²⁺.

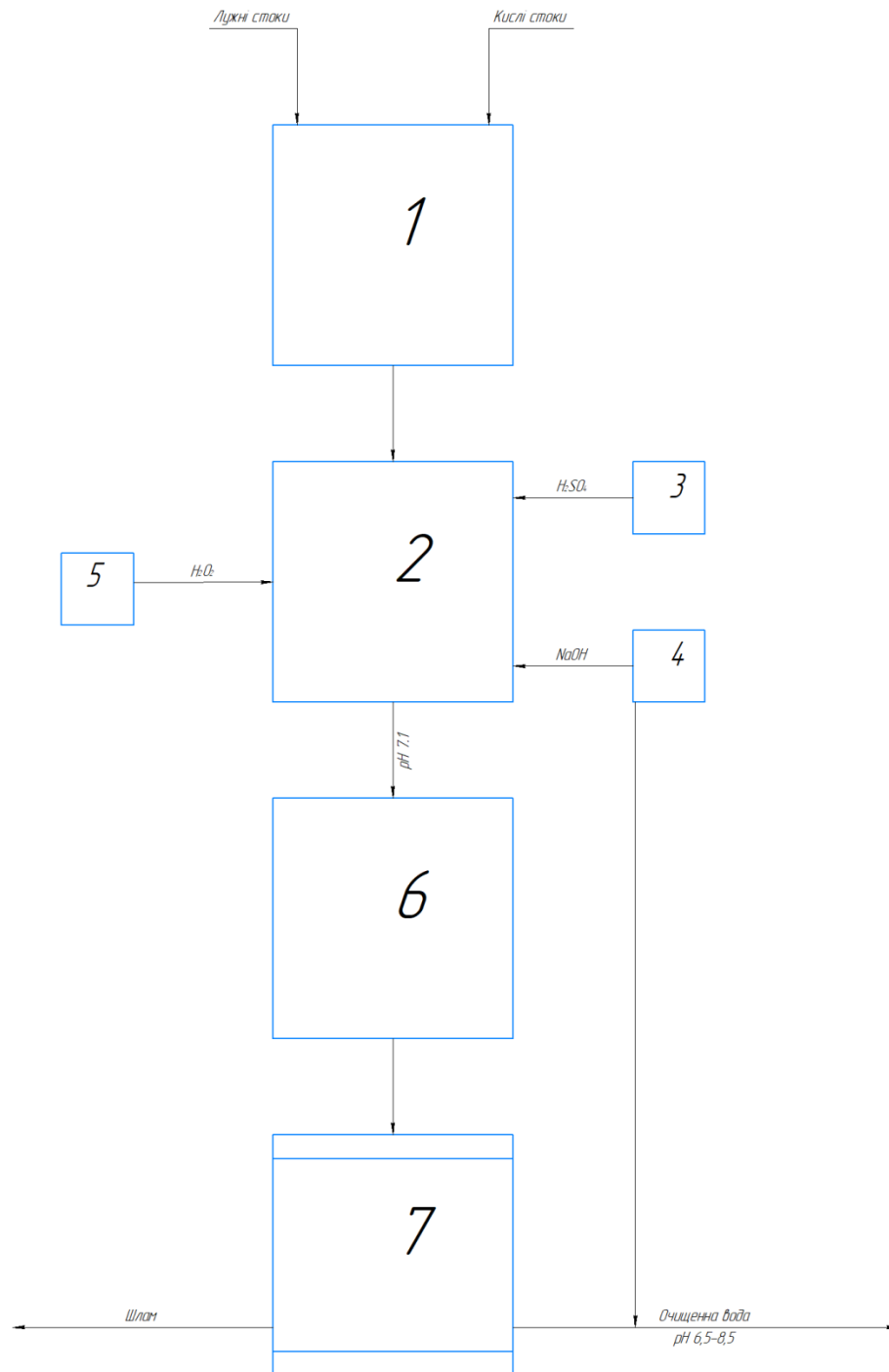


Рисунок 6.1. Принципова схема очищення стічних вод після процесу анодування: 1 – накопичувач стоків; 2 – реактор нейтралізатор; 3 – дозатор кислоти; 4 – дозатор луку; 5 – дозатор перекису водню; 6 – бак освітлення; 7 – механічний фільтр.

Для досягнення попередньої часткової нейтралізації проводиться змішування з різних технологічних ліній. Перед скиданням стічних вод в

міську каналізацію проводиться корекція рН для досягнення допустимого нормативно-технічними документами значення в 6,5-8,5.

Для очищення стічних вод підприємства рекомендується використання реагентного методу. За допомогою реагентного методу можливо досягти концентрації забруднюючих домішок до рівня їх ГДК та зруйнувати органічну складову забруднення. Даний метод очищення базується на реакція відновлення, окиснення, нейтралізації, осадження та коагуляції. Цей метод простий в експлуатації та дозволяє досягти очищення води з великою концентрацією забруднюючих домішок.

При досягненні рН 4 починає утворюватись нерозчинний гідроксид алюмінію, при досягненні рН 6,2 починається осадження нерозчинного гідроксиду міді. Для повноти осадження йонів міді необхідно підтримувати рН 7.1, уникаючи рН 7.8, оскільки за такого значення починається розчинення гідроксиду міді.

Стічні води спочатку поступають в бак усереднювач, для змішування лужних та кислих стоків. Для руйнування використовуваних при анодуванні органічних кислот використовується розчин перекису водню, за необхідності розчин у баку додатково підлюговують розчином натрій гідроксиду або підкислюють сульфатною кислотою, після чого направляють у відстійник для освітлення. Після освітлення стічні води фільтруються від шламу, корегують рН до нормативних значень (6,5-8,5) та зливають у каналізацію.

ВИСНОВОК

Розроблено технологію захисного анодного покриття на деталі з алюмінієвого сплаву Д16, продуктивністю 15300 м²/рік.

Складено баланси струму, напруги, енергії, обрано джерело живлення, розраховано витрати хімічних реактивів, матеріалів та води для виконання виробничої програми на рік.

В розділі автоматизації дипломного проєкту було запропоновано схему автоматизації, з автоматичним контролем рівня електроліту, напруги, густини струму та концентрації оксалатної кислоти.

Розраховано техніко-економічні показники гальванічного цеху. Собівартість 1 м² покриття складає 293,93 грн/м², рентабельність підприємства склала 29,28 %, капіталовкладення – 4754440,024 грн, а термін їх повернення 3,6 років.

Проаналізовано можливі небезпечні фактори на виробництві, та було розроблено системи заходів з охорони праці, для захисту від вібрацій та шуму, ураження електричним струмом, пожежної безпеки. Розроблено систему освітлення згідно нормам та ГОСТ, також обрано заходи та засоби індивідуального захисту для працівників.

Запропоновано схему очищення стічних вод від мінеральних кислот та органічних кислот, йонів міді та алюмінію.

					<i>ХЕ0111.1450.000 ПЗ</i>	Лист
						67
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

9. Метод, вказівки до викон. розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах бакалаврів / Уклад.: Н.А. Праховнік, Ю.О. Полукаров, Л.О. Мітюк - К.: НТУУ «КПІ», 2017. - 31 с.
10. Основи проектування хімічних виробництв. Будова обладнання та конструкції підвісних пристроїв для нанесення гальванічних покриттів: навч. посіб. / Л.А. Яцюк, О.І. Букет, Г.С. Васильєв – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 85с.
11. Донченко М. І. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНОТЕХНІКИ. ЧАСТИНА 1. СТІЧНІ ВОДИ. МЕХАНІЧНА ТА СОРБЦІЙНА ОЧИСТКА [Електронний ресурс] / М. І. Донченко, С. В. Фроленкова // НТУУ “КПІ”. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://ela.kpi.ua/items/3fe18f84-8e67-4b2b-8c5e-1ba06abdf394>.

					<i>XE0111.1450.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						69
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>			<i>Дата</i>		

Додаток А

Таблиця А.1. Технологічна схема виробництва

№	Назва операції	Склад розчину		Концентрація, г/л	Температура, °С	Густина струму, А/дм ²	Час обробки, хв
		Назва	Формула				
1	2	3	4	5	6	7	8
010	Монтаж						
020	Хімічне знежирення	Гідроксид натрію Фосфат натрію Силікат натрію	NaOH Na ₃ PO ₃ Na ₂ SiO ₃	10-20 20-50 20-30	40-70		3-10
030	Гаряче промивання	Проточна вода	H ₂ O		40-60		3-4
040	Холодне промивання	Проточна вода	H ₂ O		20-25		1-2
050	Травлення	Гідроксид натрію	NaOH	100-150			2
060	Гаряче промивання	Проточна вода	H ₂ O		40-60		3-4
070	Холодне промивання	Проточна вода	H ₂ O		20-25		1-2
080	Освітлення	Нітратна кислота	HNO ₃	250-300	18-25		3-5
090	Гаряче промивання	Проточна вода	H ₂ O		40-60		3-4

Продовження таблиці А.1.

100	Холодне промивання	Проточна вода	H ₂ O		20-25		1-2
110	Анодування	Сульфатна кислота Оксалатна кислота	H ₂ SO ₄ (COOH) ₂	180-200 16-22	18-25	1	40
120	Гаряче промивання	Проточна вода	H ₂ O		40-60		3-4
130	Холодне промивання	Проточна вода	H ₂ O		20-25		1-2
140	Ущільнення	Дистильована вода	H ₂ O		95-98		20-30
150	Сушіння				110-120		2-5
160	Демонтаж						
170	Контроль якості						

Додаток Б

Таблиця Б.1 Перелік устаткування та засобів автоматизації

Позиція на схемі	Назва параметра	Місце відбору інформації	Граничне значення параметру	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод -виробник	Код	Маса
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
УСТАТКУВАННЯ ТА ПРИЛАДИ										
1-1	Рівень	Гальванічна ванна, електроліт	0,9 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з електричним вихідним сигналом; 4...20 мА діапазон температур: (-200) ... +200 °С діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1	NMS83	1	Proverso, ЄС	-	-
1-2	Рівень	Гальванічна ванна, електроліт	0,9 м	Місцевий	Автоматичний показу вальний реєстру вальний вторинний прилад; вхідні сигнали 0...5мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50 П, 100 П, 50 М, 100 М	ДИСК-250	1	ЗАО “ТЕРМОРЕКС” м. Харків	-	-

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-3	Рівень	Гальванічна ванна, електроліт	0,9 м	Місцевий	Механізм виконавчий електричний однообретовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·М; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об. Вхідний сигнал 0...5 мА, 0(4)...20мА	МЭО6,3/12,5-0,25-99	1	Севанский завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан	-	-
2-1	Концентрація оксалатної кислоти	Електролітична ванна, електроліт	16-22 г/л	Місцевий	Програмований безконтактний кондуктометр-концентратомір вихідний сигнал $I_{\text{вих}} = 0...5\text{мА}$ Основна похибка 2%	ДПг-4М з непроточним ЭВП-08	1	АТ “Хімавтоматика” м. Харків	-	-
2-2	Концентрація оксалатної кислоти	Електролітична ванна, електроліт	16-22 г/л	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад, $I_{\text{вх}} = 0...5\text{мА}$	МК-53	1	Підприємство “Мікрол”, м. Івано-Франківськ	-	-
2-3	Концентрація оксалатної кислоти	Гальванічна ванна, електроліт	16-22 г/л	Місцевий	Механізм виконавчий електричний однообретовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·М; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об. Вхідний сигнал 0...5 мА, 0(4)...20мА	МЭО6,3/12,5-0,25-99	1	Севанский завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан	-	-

Продовження таблиці Б.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3-1	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	$I=141\text{ U}$ $=20\text{ В}$	Місцевий	Агрегат випрямний для гальванічних ванн, $I_{\max}=400\text{ А}$, $U_{\max}=24\text{ В}$	ТЕІ-400/24Т	-	ТОВ "Енерго Айсен"	-	-
3-2	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	$I=141\text{ U}$ $=20\text{ В}$	Місцевий	Пульт дистанційного керування для випрямного агрегату ТЕІ-400/24Т	ПДК ТЕ		ТОВ "Енерго Айсен"	-	-

Додаток В

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A4			ДП ХЕ0111.2705.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
A1			ДП ХЕ0111.2705.001 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	ХЕ0111.2705.001 - 01	Корпус	1	
		2	ХЕ0111.2705.001 - 02	Опора катодна	4	
		3	ХЕ0111.2705.001 - 03	Опора анодна	2	
		4	ХЕ0111.2705.001 - 04	Відсмоктувач бартовий	2	
		5	ХЕ0111.2705.001 - 05	Зливний штуцер	1	
				<u>Деталі</u>		
		6	ХЕ0111.2705.001 - 06	Штанга катодна	2	
		7	ХЕ0111.2705.001 - 07	Штанга анодна	1	
		8	ХЕ0111.2705.001 - 08	Накладка струмопровідна	6	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		9		Саморіз ISO 14586 M8	12	
		10		Кран запірний ISO 5211	1	
				ДП ХЕ0111.2705.001 СК		
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Панченко Д.Т.			Ванна гальванічна з поліпропілену	Літ. Аркуш Аркушів КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, гр. ХЕ-01
Перев.		Кушмирук А. І.				
Н.Контр.		Кушмирук А. І.				
Утв.		Косогін О. В.				

