НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Хіміко-технологічний факультет
Кафедра технології електрохімічних виробництв

«До захисту допущено»
В.о. завідувач кафедри
_____ Олексій КОСОГІН
«_____»_____06_____ 2024 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів»
спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»
на тему: «Гальванічні покриття у машинобудуванні. Розробка технології твердого хромування сталевих деталей»

Виконала:
студентка Єфімова Анастасія Олександрівна
IV курсу, групи ХЕ-01 _____

Керівник:
к.т.н., доцент
Мотронюк Тетяна Іванівна _____

Консультант з
Охорона праці: доц. к.т.н. Полукаров Ю.О. _____
Економічна частина: доц. к.т.н. Покровська Н.М. _____
Автоматизація: ас. Тріщ В.Р. _____

Рецензент: Толстопалова Наталія Михайлівна доцент кафедри ТНР, В та ЗХТ к.т.н.
_____

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

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

Єфімовій Анастасії Олександрівні

1. Тема проєкту *«Гальванічні покриття у машинобудуванні. Розробка технології твердого хромування сталевих деталей»,* керівник проєкту Мотронюк Тетяна Іванівна*, доцент, к.т.н.*, затверджені наказом по університету від «___»_____ 2024р. №_____

2. Термін подання студентом проєкту 07 червня 2024 року

3. Вихідні дані до проєкту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. *Електроліт сульфатний. Продуктивність 12500 м^2/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	*Тріщ 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 сталевих деталей	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 *Анастасія ЄФІМОВА*

Керівник *Тетяна МОТРОНЮК*

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	А4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	А4	ДП ХЕ0108.2705.000 ПЗ	Пояснювальна записка	78	
3	А1	ДП ХЕ0108.2705.001СК	Складальне креслення гальванічної ванни для нанесення твердого хромового покриття	1	
5	А1	ДП ХЕ0108.2705.002 СхА	Схема автоматизації процесу нанесення твердого хромового покриття	1	
6	А1	ДП ХЕ0108.2705.003	Схема технологічного процесу нанесення твердого хромового покриття	1	
7	А1	ДП ХЕ0108.2705.004	Економіко-організаційні розрахунки	1	
8	А1	ДП ХЕ0108.2705.005	Схема очищення стічних вод	1	

				ДП ХЕ0108.2705.000		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Єфімова А.О.				Лист	Листів
Керівн.	Мотронюк Т.І.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ТЕХВ Гр. ХЕ-01	
Н/контр.						
В.о. зав.каф.	Косогін О.В.					

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту

на тему: «Гальванічні покриття у машинобудуванні. Розробка технології твердого хромування сталевих деталей**»**

Київ – 2024 року

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття у машинобудуванні. Розробка технології твердого хромування сталевих деталей.».

Єфімова А.О. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-01

Дипломний проєкт, 2024 рік, кількість сторінок - 88, таблиць - 17, рисунків- 6, джерел - 13.

У проєкті було розроблено технологічний процес нанесення твердого хромового покриття на сталеві деталі. Обгрунтовано вибір товщини покриття 30 мкм. Осадження хромового покриття проводиться в розчині, що містить хромовий ангідрид та сульфатну кислоту при температурі 55 – 65 °С та густині струму 70 А/дм^2. Під час виконання дипломного проєкту проведено технологічні, техніко-економічні розрахунки, розроблено схему автоматизації процесу нанесення хромового покриття, проведено аналіз небезпечних екологічних факторів, описані заходи з охорони праці та техніки безпеки. Запропонована схема очищення стічних вод.

Ключові слова: хромування тверде; гальванічна ванна; баланс теплоти; баланс напруги; автоматизація; екологічна безпека; схема очистки стічних вод.

ABSTRACT

"Galvanic Coatings in Mechanical Engineering. Development of Technology for Hard Chrome Plating of Steel Parts"

Yefimova A.O. – Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Faculty of Chemical Technology, HE-01

Diploma Project, 2024, 88 pages, 17 tables, 6 figures, 13 sources.

In the diploma project, a technological process of applying a hard chrome coating to steel parts. The choice of a coating thickness of 30 μm is justified. Sedimentation chrome coating is made in a solution containing chromic anhydride and sulfuric acid at a temperature of 55-65 °C and a current density of 70 A/dm^2. During the implementation of the diploma project, technological, technical economic calculations, a scheme for automating the application process was developed chrome coating, an analysis of dangerous environmental factors was carried out and measures were described occupational health and safety. The proposed wastewater treatment scheme.

Keywords: chrome plating; solid; galvanic bath: heat balance; voltage balance; automation; environmental safety; wastewater treatment scheme.

ЗМІСТ

ВСТУП 11
РОЗДІЛ 1.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 12
1.1. Характеристика деталі, що підлягає покриттю 12
1.2.Вибір виду покриття та його товщини 12
1.3.Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття 13
1.4.Корегування та аналіз електроліту. 17
1.5.Неполадки та причини їх появи. Способи усунення неполадок. 18
1.6. Вибір анодів та анодні процеси при хромуванні 19
1.7. Підготовчі операції перед нанесенням гальванічного покриття 20
1.8. Вибір завершальних операцій 22
1.9. Карта технологічного процесу 23
1.10. Методи контролю якості покриття. 24
1.11. Зняття недоброякісних покриттів. 26
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ 27
2.1. Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання 27
2.2. Визначення виробничої програми обладнання 27
2.3. Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнт завантаження обладнання 28
2.4. Розрахунки технологічних параметрів 32
2.4.1. Баланс кількості електрики на гальванічній ванні 32
2.4.2. Баланс напруги на гальванічній ванні 34
2.4.3. Вибір джерела живлення 37
2.4.4. Визначення джоулевої теплоти. Складання балансу енергії 37
2.4.5. Тепловий розрахунок для гальванічних ванн. 40
2.4.6. Визначення витрати теплоти на розігрів ванни. 43
2.4.7. Розрахунок витрат електрики та потужності теплоелектронагрівачів для нагрівання ванни 44
2.5. Розрахунок витрати ,реагентів матеріалів і води. 45
2.5.1. Витрати нерозчинних анодів 45
2.5.2. Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання. 46

2.5.3. Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми 46
2.6. Розрахунок витрат води 47
2.6.1. Витрати води для приготування електроліту. 47
2.6.2. Витрити води при електролізі в електроліті 48
2.6.3. Витрати води на винесення із газами 48
2.6.4.Витрати води на випаровування з поверхні електроліту 49
2.6.5. Витрати води на промивні операції. 49
2.6.6. Загальні витрати води 50
РОЗДІЛ 3 . АВТОМАТИЗАЦІЯ ТВЕРДОГО ПРОЦЕСУ ХРОМУВАННЯ.. 52
3.1. Процес твердого хромування як об’єкт автоматизації 52
3.2. Опис розробленої схеми автоматизаціїї для процесу твердого хромування. 53
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ 55
4.1.Класифікація виробничих процесів 55
4.2. Розрахунок річної виробничої програми 56
4.3. Розрахунок ВРПП 57
4.4.Матеріальна та організаційно-технічна підготовка виробництва 59
4.6. Розрахунок техніко-економічних показників 62
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ 64
5.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на виробництві. Заходи з охорони праці. 64
5.1.1 Мікроклімат виробничих приміщень 64
5.2.1. Виробниче освітлення 67
5.3.1. Вібрація і виробничий шум. 68
5.4.1. Електробезпека 69
5.5.1. Безпека технологічних процесів і обслуговування устаткування 70
5.6.1. Пожежна безпека 71
РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА 73
6.1. Очищення стічних вод 73

6.2. Реагентне очищення стічних вод від Хрому(VI) 73
ВИСНОВОК 76
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 77

ВСТУП

Електролітичне хромування є ефективним способом захисту від корозії, підвищення зносостійкості, та надання підвищеної твердості металу.

Тверде хромове покриття характеризується високою твердістю, міцністю та зносостійкістю, тому має широку область використання.

Найчастіше хромові покриття використовуються в промисловості для деталей паросилового обладнання, пароводяної арматури, клапанів, штоків гідроциліндрів, а також деталей, що працюють на знос в агресивних середовищах.

Метою даного дипломного проєкту є розробка технології нанесення твердого хромового покриття на сталеві деталі із заданою річною продуктивністю 12500 м^2 /рік.

РОЗДІЛ 1.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Характеристика деталі, що підлягає покриттю

Деталь представляє собою сталеву пластину, яка має форму прямокутної трапеціїі з загальною покривною площею 181 см^2. Покриття, товщиною 30 мкм наноситься на обидві сторони одночасно.

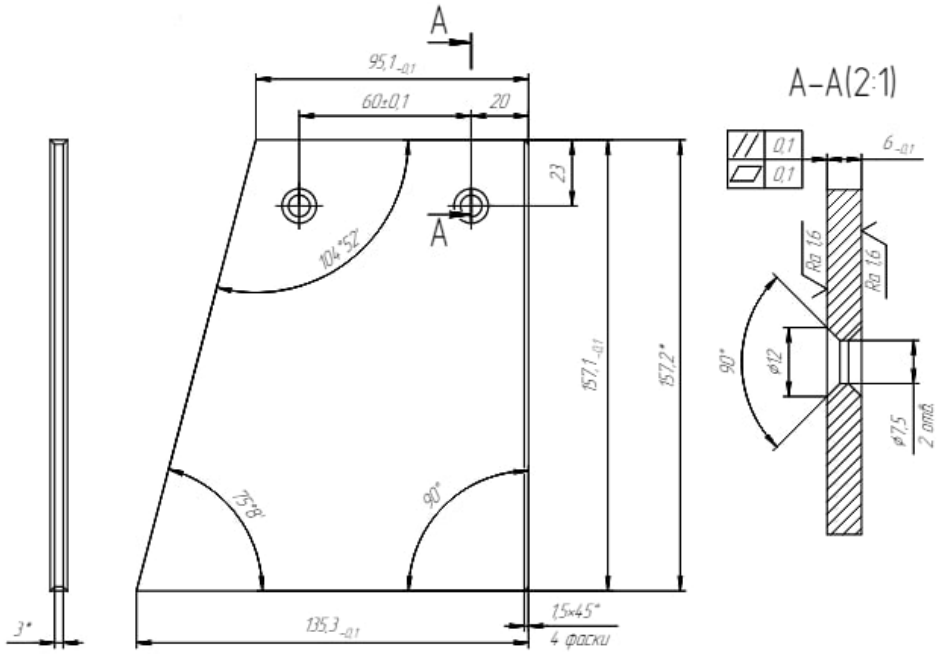


Рис.1.1.1. Ескіз деталі

1.2. Вибір виду покриття та його товщини

Вид покриття - тверде хромування. Цей вид покриття забезпечує деталь надійним захистом від корозії, а також це найміцніше гальванічне покриття.

Ця деталь використовується для виробництва пластинчастих конвеєрів.

Тверде хромове покриття застосовують для навантажених виробів (наприклад, зі сталі) великих механізмів, щоб знизити їх тертя і знос. Це покриття надасть деталі зносостійкості та високої твердості, які необхідні для її подальшого використання.

Матеріал деталі - Сталь20.

Оброблений таким способом метал набуває цілого ряду покращених характеристик:

- кислототривкість, особливо при контакті з нітратною кислотою;

- зносостійкість та збереження первісного зовнішнього вигляду тривалий період часу;
- висока твердість;
- сталь, покрита хромом, може нагріватися до +800 без утворення окалин;
- розширення діапазону робочих температур;
- підвищена стійкість до корозії;
- привабливий зовнішній вигляд з поліпшеною віддзеркалюючою здатністю.

1.3. Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття

Важливу роль у нанесенні гальванічного покриття відіграють електроліти. Від правильності вибору електроліту безпосередньо залежить якість гальванічного покриття.

Для електроосадження хрому використовують сульфатні, фторидні, сульфатно-кремній-фторидні, тетрахроматні електроліти.

Розглянемо характеристики кожного електроліта, їх переваги і недоліки, та оберемо найкращий варіант для нашого покриття.

1) Фторидний електроліт

Склад електроліту (г/л):
CrO_3 300…400;
$KF*2H_2O$ 8…12.
Режим електролізу:
температура - 20…30°С;
катодна густина струму ~10 А/дм^2.
Фтор-іон та інші фторвмісні іони зазвичай використовують в електролітах холодного хромування, у тому числі для осадження покриттів у дзвонових та барабанних установках.
Якщо порівнювати електроліти, що містять сульфат з фторидними електролітами, то останні мають наступні переваги:
- процес відбувається при кімнатній температурі;
- володіють кращою криючою і розсіювальною здатністю;
- менша критична густина струму (осадження хрому відбувається при дуже низькій густині струму - від 0,5 до 2 А/дм^2);
-вищий вихід за струмом хрому.
Недоліки:

-вища агресивність;
-на анодах утворюється плівка фториду свинцю, яка має досить великий електричний опір;
-при осадженні хрому з фторидних електролітів потрібно використовувати ті аноди, що містять в своєму складі олово або сурьму (стибій);
-осади менш тверді і пластичні, в порівнянні з осадами зі стандартного електроліту.

2) Сульфатно-кремній-фторидний електроліт

Інша назва-саморегулюючий електроліт. Принцип його роботи базується на автоматичній підтримці сталого співвідношення між концентраціями стороннього іону та хромової кислоти, що забезпечується тим, що зазначені аніони вводять в електроліт у складі обмежено розчинних солей у кількостях, які мають перевищувати їх розчинність. Надлишок солі , у вигляді осаду на дні знаходиться у рівновазу з іонами,що перейшли в розчин.

Склад електроліту (г/л):

CrO_3	250…300;
$SrSO_4$	5,5…6,5;
K_2SiF_6	18…20;

Режим електролізу:

температура - 55…65 °С;

катодна густина струму 40-100 А/дм^2;

вихід за струмом хрому 17-18%.

Переваги:
-розсіювальна здатність вища, ніж в стандартному сульфатному електроліті;
-вихід за струмом хрому вищий;
-осади дрібнокристалічні, в порівнянні з сульфатним електролітом;
-широкі межі інтервалів температур і катодних густин струму, за яких формуються блискучі покриття.

Недоліки:
-висока хімічна агресивність, через яку розтравлюються нехромовані або погано захищені місця.

За для зменшення агресивності, добавку K_2SiF_6 рекомендовано замінити на ДХТІ-хром-11 або ДХТІ 50, а концентрацію SiF_6^{2-} зменшити, шляхом введення дихромату калію, для зниження розчинності K_2SiF_6.

3) Тетрахроматний електроліт

Електроліт, в якому хромові кислоти найтралізуються лугом, а хром знаходиться в розчині у вигляді тетрахромату натрію ($Na_2Cr_4O_{13}$).

Можна записати так:

$$Na_2[CrO(CrO_4)_3] \text{ або } Na_2O*4CrO_3.$$

$$4CrO_3 + 2NaOH = Na_2O*4CrO_3 + H_2O$$

Склад електроліту (г/л):

CrO_3	350…400;
H_2SO_4	2,5…3;
NaOH	40…60;

Режим електролізу:

температура- 15…24°С;

катодна густина струму- 10…60 А/дм^2;

ВС~ 30%.

Переваги:

-висока покривна і розсіювальна здатність;

-низька агресивна здатність, в порівнянні з саморегулюючим електролітом;

-повторне нанесення покриття без операції зняття старого;

-осади менш пористі;

-може працювати при кімнатній температурі ;

-високий вихід за струмом хрому.

Недоліки:

-осади менш тверді;

-при електроосадженні важко досягти блискучого осаду;

-якщо температура вища за 24°С, тетрахромат може розкладатись, розчин потребує охолодження.

4) Сульфатний електроліт

До складу сульфатних електролітів входять хромовий ангідрид та сульфатна кислота CrO_3 : H_2SO_4 = 100:1. Таке співвідношенні компонентів гарантує максимальну твердість осадів хрому , а також блиск і найбільш високий вихід за струмом хрому. Сульфатні електроліти поділяють на розбавлені, стандартні (універсальні) та концентровані. Розглянемо кожен з них.

4.1**. Розбавлений сульфатний електроліт**

Вид покриття: зносостійке

Склад електроліту (г/л):

CrO_3	150-175
H_2SO_4	1,5 -1,75

Режим електролізу:

катодна густина струму - 40…100 А/дм^2;

температура -50…65 ^oC;
ВС- 16…18%.
Переваги:
-максимальна розсіювальна здатність.
Недоліки:
-співвідношення хромового ангідриду і сульфатної кислоти змінюється в процесі електролізу.

4.2. Стандартний (універсальний) сульфатний електроліт

Вид покриття: зносостійке і блискуче
Склад електроліту (г/л):

CrO_3	220-250
H_2SO_4	2,2-2,5

Режим електролізу:
катодна густина струму-20…60 А/дм^2;
температура-45…55 ^oC;
ВС-12…15%
Переваги:
-великі межі густин струму при отриманні блискучого покриття;
-склад електроліту змінюється повільніше.
Недоліки:
-середня розсіювальна здатність.

4.3. Концентрований сульфатний електроліт

Вид покриття:блискуче
Склад електроліту (г/л):

CrO_3	275-350
H_2SO_4	2,75-3,5

Режим електролізу:
катодна густина струму- 20…30 А/дм^2;
температура-35…45 ^oC;
ВС-8…10%
Переваги:
-великі межі густин струму при отриманні покриття;
-електроліт стабільний.
Недоліки:
-низька розсіювальна здатність.

Вплив різних чинників на процес хромування:

1)Концентрація CrO_3.
Зі збільшенням концентрації – збільшується електропровідність електроліту та знижується вихід за струмом хрому. Концентрація CrO_3 в межах 200…300 г/л.
2)Концентрація H_2SO_4.

Зі збільшенням концентрації - збільшується вірогідність отримання дрібнодисперсних блискучих покриттів, але при цьому зменшується розсіювальна здатність.
Зі зниженням концентрації - покриття стають неякісні та сірі. Вихід за струмом знижується.
3)Іони Cr^{3+}.
При зниженні концентрації іонів – розсіювальна здатність збільшується, катодну густину струму можна знижувати.
При збільшення концентрації іонів - в'язкість розчину збільшується, а електропровідність знижується. Межі катодної густини струму зменшуються, утворюються блискучі покриття.
4)Густина струму.
При збільшенні катодної густини струму збільшується розсіювальна здатність електроліту та вихід за струмом.
5)Температура.
При збільшенні температури робочий інтервал катодної густини струму та вихід за струмом – зменшується.

У дипломному проєкті на сталеві деталі наноситься тверде хромове покриття.
Враховуючи всі вимоги до покриття та умови електроосадження, було обрано розбавлений сульфатний електроліт хромування.

1.4.Корегування та аналіз електроліту.

У конденсаті при температурі 60…80 ºС або у дистильованій воді розчиняють CrO_3 . Електроліт старанно перемішують, після чого добу він відстоюється.
Для визначення концентрації сульфат-іонів проводять аналіз електроліту.
Концентрація H_2SO_4 у розчині доходить до 0,4%, тому домішка сульфат-іону може бути в CrO_3 .
По завершенню аналізу електроліту вводять необхідну концентрацію сульфат – іонів. Через густину струму, за допомогою спеціального прибору (аерометру) визначають концентрацію CrO_3 .
Електроліт коригують систематичним додаванням H_2SO_4 та CrO_3. Якщо в електроліті присутній надлишок сульфатної кислоти, то для її осадження додають карбонат барію у співвідношенні 1:2 відповідно.

1.5. Неполадки та причини їх появи. Способи усунення неполадок.

Таблиця 1.5.1. Види,причини та способи усунення неполадок електроліту

Види	Причини	Способи усунення
Відшарування покриття від металу	1. Поганий контакт деталі з підвіскою 2. Деталі екранують одне одного 3. Низька густина струму 4. Висока температура електроліту	1. Поліпшити контакт деталі з підвіскою 2. Змінити розташування деталей на підвісці 3. Підвищити щільність струму 4.Зменшити температуру електроліту
Нерівномірне покриття на окремих ділянках поверхні та відсутність покриття на інших	Утворення плівки хроматів свинцю на окремих анодах	Очистити аноди сталевою щіткою
Покриття матове, важко полірується	1. Нестача хромового ангідриду 2. Велика густина струму	1. Додати хромовий ангідрид 2. Зменшити щільність струму
На покритті коричневі плями	1. Нестача сульфатної кислоти 2.Надлишок тривалентного хрому	1. Додати сірчану кислоту 2. Пропрацювати електроліт при великій анодній поверхні
Окремі ділянки деталей не покриваються хромом	1. Низька густина струму 2. Низька концентрація хромового ангідриду	1. Підвищити щільність струму 2. Додати хромовий ангідрид

Хром не осаджується навіть у малих поглибленнях деталі	Надлишок сульфатної кислоти	Додати в електроліт вуглекислий барій
Висока напруга на ванні	1. Утворення щільної плівки на аноді; 2. Багато іонів Cr^{3+} або Fe^{3+}	1. Зменшити кількість іонів Cr^{3+} 2. Зачистити аноди

1.6. Вибір анодів та анодні процеси при хромуванні

Для електроосадження хрому на сталеві деталі використовують нерозчинні свинцеві аноди або аноди зі свинцю з добавкою стибію (6-8%).

Добавка стибію збільшує їх хімічну стійкість.

При нанесенні хромового покриття не використовують розчинні хромові аноди по наступним причинам:

- катодний вихід за струмом хрому менший за анодний вихід за струмом, тому що відбувається розчення хрому до іонів Cr^{3+} та Cr^{6+}, що робить процес нестабільним;

- іони Cr^{3+} накопичуються в електроліті за рахунок того, що окиснення Cr^{3+}до Cr^{6+} не відбувається;

-аноди з хрому більш крихкі та нелегко оброблюються механічно.

Реакції, які перебігають на свинцевих анодах:

-виділення кисню

$3\ H_2O \rightarrow 2\ H_3O^+ + 0{,}5\ O_2 + 2e$

-окиснення Cr^{3+} до Cr^{6+}, каталізатором якого є плівка диоксиду свинцю.

$2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O \rightarrow Cr_2O_7^{2-} + 14\ H^+ + 6e$

Для дотримання умов експлуатації анодів, після завершення роботи, їх залишають у ваннах з водою, а перед початком роботи, зачищають сталевою щіткою або протравлюють в розчині хлоридної кислоти.

Цю процедуру потрібно виконувати через руйнацію нерозчинних анодів, оскільки на їх поверхні утворюється плівка хромовокислого свинцю, через яку погано проходить струм, в результаті чого збільшується напруга на ванні. Також частина кисню окиснює свинець, утворюється пероксид свинцю, який частково відділяється від поверхну аноду і осідає на дні ванни.

1.7. Підготовчі операції перед нанесенням хромового покриття

Підготовчі операції включають в себе наступні етапи:

1) Електрохімічне знежирення

Видалення з поверхні деталі жирових забруднень.

Склад, г/л:

Натрій їдкий техн.	10-20
Сода кальцинована техн.	20-30
Тринатрій фосфат техн.	30-50
Скло натрієве рідке	3-5

Режим:

$\tau_к = 2…10$ хв, $\tau_а = 1…2$ хв

Температура – 70…90 ^oC

Густина струму – 2-10 А/дм^2

2) Промивання теплою водою.

Вода питна ДСТУ 7525:2014

Температурний режим : 40-50 ^oC

3)Промивання холодною проточною водою.

Температурний режим : 18-25 ^oC

Промивання деталі здійснюється в холодній проточній воді.

4)Травлення хімічне.

Застосовується для видалення оксидних плівок, іржі та інших сполук, які знаходяться на поверхні металу.

Ванна стаціонарна, обладнана місцевою витяжною вентиляцією (швидкість руху повітря 1-1,2 м/с.

Склад, г/л:

Кислота хлоридна (HCl) ДСТУ 2904-94 200-250

Температурний режим : 18-25 °С

5) Промивання холодною проточною водою.

Вода питна ДСТУ 7525:2014

Температурний режим : 18-25 °С

6)Хімічна активація

Проводять для повного видалення з поверхні оксидних плівок

Вана стаціонарна, обладнана місцевою витяжною вентиляцією (швидкість руху повітря 0,8-1 м/с).

Кислота сульфатна ДСТУ 2184:2018 50-100 г/л

Температурний режим: 18-25°С.

7) Промивання холодною проточною водою.

Вода питна ДСТУ 7525:2014

Температурний режим : 18-25 °С

8) Анодна активація.

Перед хромуванням сталеві деталі піддаються анодному активуванню в електроліті при температурі, що відповідає процесу хромування. Після анодного активування промивання водою не проводиться, тому анодне активування можно проводити в ванні хромування після прогріву деталей.

Прогрівання проводять безпосередньо перед хромуванням у ванні хромування. Час прогріву залежить від товщини стінок деталі. (від 25 с -до 3 хвилин)

Вмикання струму здійснюється рубильником-перемикачем для зміни полюсів (комутація). Далі використовують,так званий, «поштовх струму», протягом 0,5…1 хв, при цьому катодна густина струму в 2-3 рази більша, ніж робоча, потім катодна густина струму знижується протягом 1-2 хв.

9)Хромування

Склад електроліту (г/л):

Ангідрид хромовий 150-200

Кислота сульфатна 1,5-2

Режим:

температура- 55-65 ºС

катодна густина струму- 40…100 А/дм^2

1.8. Вибір завершальних операцій

1) Уловлювання.

Ванна уловлювання з температурою води 18-25ºС

Час уловлювання : 1 хв

2) Промивання холодною проточною водою.

Температура: 18-25 ºС

3) Промивання гарячою водою.

Проводять у стаціонарній ванні.

Вода питна ДСТУ 7525: 2014

Температура: 70-90 ºС

4)Сушіння деталей

5)Демонтаж

1.9. Карта технологічного процесу

Таблиця 1.9.1. Карта технологічного процесу нанесення твердого хромового покриття

№	Операція	Склад розчину і концентрація		Режим			
		Найменування та хімічна формула компонентів	г/л	Час обробки, хв	Темпе-ратура, °С	Густина струму, А/дм^2	pH
1	2	3	4	5	6	7	8
030	Монтаж деталей на пристосування						
040	Знежирення електрохімічне	Натрій їдкий техн. Сода кальцинована техн. Тринатрій фосфат техн. Скло натрієве рідке	10-20 20-30 30-50 3-5	$\tau_к$ = 2-10 $\tau_а$ = 1-2	70-90	2-10	
050	Промивання в теплій воді			0,25-0,5	40-50		
060	Промивання в холодній проточній воді			0,25-0,5	18-25		
070	Травлення хімічне	Кислота хлоридна	200-250	20-30	18-25		
080	Промивання в холодній проточній воді			0,25-0,5	18-25		

090	Хімічна активація	Кислота сульфатна	50-100	0,2-0,5	18-25		
100	Промивання в холодній проточній воді			0,25-0,5	18-25		
110	Анодна активація			2-3хв		На початку 80-200	
120	Хромування	Ангідрид хромовий Кислота сульфатна	150-200 1,5-2	36	55-65	40-100	
130	Уловлювання			1	18-25		
140	Промивання в холодній проточній воді			0,25-0,5	18-25		
150	Промивання у гарячій воді			0,25-0,5	70-90		
160	Сушіння деталей			10-20	70-90		
170	Демонтаж						
180	Упаковка в технологічну тару						
190	Переміщення деталей в кладову						

1.10. Методи контролю якості покриття.

Характеристика якісних хромових покриттів:

-хромові покриття повинні бути суцільними та безпористими;

-низький коефіцієнт тертя;

-хороша адгезія;

-підвищена стійкість до стирання та зносу;

-висока твердість.

1.Візуальний контроль

Зовнішній огляд покриттів роблять з метою виявлення таких дефектів, як «підгар» покриття, відшаровування, механічні ушкодження (подряпини), неоднорідність відтінку, непокриті ділянки.

Зовнішнім оглядом встановлюються також дефекти, що утворилися при підготовці поверхні, наприклад, перетравлення поверхні, спотворення геометричної форми деталей і т.п.

Поверхня виробів оглядається при денному чи штучному освітленні; в останньому випадку освітленість має бути не менше 300 лк.

Огляд деталей необхідно проводити, використовуючи розсіяне світло, для чого між джерелом світла та деталями встановлюється екран з тонкого паперу. За цих умов чітко видно непокриті ділянки, патьоки води, і навіть, так звані проглянцовки.

2.Перевірка товщини покриття.

Прилади фізичного контролю дозволяють вимірювати товщину таких покриттів, як хром, свинець, золото, різних сплавів та інших покриттів, для яких немає надійних методів хімічного контролю.

Прилад ІТП-5. Дія приладу ґрунтується на зміні сили відриву електромагніту від поверхні сталевої деталі в залежності від товщини шару покриття. При цьому сила струму, що живить якір електромагніту, пропорційна товщині покриття.

3. Визначення пористості покриття

Хімічні методи визначення пористості покриття засновані на тому, що розчини певного складу, проникаючи через пори покриття до основного металу деталі, реагують з ним та утворюють яскраво забарвлені продукти реакції.

Табл.1.10.1. Склад розчину для визначення пористості хромового покриття

Покриття	Основний метал	Компоненти розчину	г/л	Час витримки, хв	Забарвлення точок
Хром	Сталь	Гексаціаноферат(III) калію(червона кров'яна сіль) Хлорид натрію	40 15	3-5	Синій

4. Міцність зчеплення покриття з основою

Метод подряпання. На поверхні покриття гострим твердим інструментом наносять ряди глибоких подряпин, що перетинаються між собою.Місце перетину подряпин ретельно оглядають через лупу з семикратним збільшенням, і якщо відшаровування покриття в цих точках не виявлено, зчеплення вважається задовільним.

Метод полірування. Покриття полірують не менше 15 секунд. Швидкість полірування 20- 30 м /с. Після полірування на контрольованій поверхні не повинно бути здуття або відшаровування покриття.

Метод вигину. Деталі з покриттям піддають вигину під кутом 90 ° в обидві сторони до зламу. У місці зламу покриття не повинно відшаровуватися.

1.11. Зняття недоброякісних покриттів.

Існує два методи зняття недоброякісних покриттів зі сталі: хімічний та електрохімічний.

1) Хімічний спосіб.

Реактиви:

HCl + інгібітор (для зменшення розтравлювання і наводнення)

Режим:

температура - 200…250 ^{o}C;

час - 2…2,5 години.

2) Електрохімічний спосіб.

Реактиви:

NaOH 100-150 г/л

Режим:

анодна густина струму - 5…20 А/дм^2

температура – 18…23 ^{o}C.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

2.1. Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання

Час роботи обладнання, яке буде використане в даному проєкті, визначається режимом роботи підприємства, технологічною схемою процесу та особливостями технологічного обладнання.

Розрахунок номінального річного фонду часу роботи обладнання $Т_н$ проводиться, враховуючи, що:

- кількість календарних днів у році $Т_к = 366$;
- святкові дні $Т_с = 0$;
- вихідні $Т_в = 104$;
- передсвяткові дні $t_{перед}=0$;
- п'ятиденний однозмінний робочий тиждень тривалістю 40 годин.

$$Т_н = \left((Т_к - Т_в - Т_с) * \frac{\tau_{тиж}}{t_{роб\ дн}} - t_{перед}\right) * n_{змін}$$

$$= \left((366 - 104 - 0) * \frac{40}{5} - 0\right) * 1 = 2096 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання $Т_д$ (год) визначають, виходячи із $Т_н$ з урахуванням загальних річних витрат часу на неминучі простої обладнання ($К_{пр}$), які в гальванічному виробництві можуть складати від 2 до 8 %.

При роботі неавтоматизованого, немеханізованого обладнання і стаціонарних ванн загальні витрати часу на простої обладнання, яке працює в одну зміну, складає 2 %,

Приймаємо $К_{пр}= 2\%$

Тоді,

$$Т_д = Т_н - К_{пр} * Т_н = 2096 - 0{,}02 * 2096 = 2054 \text{ год}$$

2.2. Визначення виробничої програми обладнання

Для визначення річної виробничої програми $Р_р$, необхідно задану виробничу програму $Р_{звп}$ збільшити на величину виправного браку виробів, який складає зазвичай 0,5…3 % ($К_{бр}$= 0,005...0,03) від $Р_{зп}$

$$Р_р = Р_{звп} + Р_{звп} * К_{бр}$$

де

$Р_{звп}$= 12500 м^2/рік;

$К_{бр}$=0,03

$$Р_р = 12500\ м^2/рік\ +\ 12500\ м^2/рік * 0{,}005 = 12563\ м^2/рік$$

Добова виробнича програма $Р_{доб}$ складає:

$$Р_{доб} = \frac{Р_р}{Т_{роб}}$$

де

$Т_{роб}$-кількість робочих днів у році.

$$Т_{роб} = Т_к - Т_в = 366 - 104 = 262\ доби$$

Тоді,

$$Р_{доб} = \frac{12563}{262} = 47{,}9\ м^2/добу$$

Годинна виробнича програма $Р_г$ визначається за формулою:

$$Р_г = \frac{Р_р}{Т_д}$$

$$Р_г = \frac{12563}{2054} = 6{,}1\ м^2/год$$

2.3. Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання

Тривалість обробки однієї завантажувальної одиниці (підвіски з платами, кількість яких може вимірюватися в [м^2] або [шт.] – «τ» складається із двох величин технологічного часу електрохімічного катодного нанесення покриття на плати ($\tau_т$) та часу технічного обслуговування ($\tau_{об}$) ванни, хв:

$$\tau = \tau_т + \tau_{об}$$

Технологічний час – $\tau_т$ розраховують за формулою, хв:

$$\tau_т = \frac{\sigma_п * d_м * 60 * 10^{-2}}{В_с * К_е * i_к}$$

де $\delta_п$ – товщина покриття, мкм; $d_м$ – густина металу покриття, г/см^3; Вс –катодний вихід за струмом (доля одиниці); $К_е$ – електрохімічний еквівалент металу покриття, г/(А*год); $i_к$ – середня катодна густина струму, А/дм^2.

Величину $\tau_{об}$ - часу технічного обслуговування, необхідного для завантаження підвіски з платами у ванну та її вивантаження, для розрахунків приймають 1...3 хвилини.

$$\tau_т = \frac{30 * 7{,}19 * 60 * 10^{-2}}{0{,}16 * 0{,}324 * 70} = 36 \text{ хв}$$

Отже,

$$\tau = 36 + 1 = 37 \text{ хв}$$

Загальну кількість завантажень розраховують, враховуючи дійсний річний фонд часу, час обробки однієї підвіски з платами та коефіцієнт, який враховує затрати часу на запуск обладнання, допоміжні операції та вивантаження ванни. $К_{об}$ для однозмінного графіку приймають рівним 1,06.

На основі дійсного річного фонду часу роботи обладнання $Т_д$ та тривалості обробки однієї завантажувальної одиниці ванни τ визначають загальну кількість завантажень «ΣN»:

$$\sum N = \frac{Т_д * 60}{\tau * К_{об}}$$

$$\sum N = \frac{2054 * 60}{37 * 1{,}06} = 3142$$

Тоді разове одночасне завантаження усіх ванн «$N_{оз}$», в одиницях (м^2 або шт.) дорівнює

$$N_{оз} = \frac{Р_р}{\sum N}$$

$$N_{оз} = \frac{12563}{3142} = 4 \text{ м}^2$$

Після цього, у залежності від розмірів деталі, які передбачається обробляти, і наявного гальванічного обладнання здійснюють перерахунок уже діючого обладнання, встановленого в цеху.

Відповідно до ДСТУ 23738-85 обирають внутрішні розміри ванни (2000×630×1000)мм. Враховуючи габаритні розміри ванн, визначають довжину і ширину підвіски відповідно:

-довжина підвісного пристрою $l_п$ дорівнює:

$$l_п = l - 2 * l_1$$

де l_1-відстань від краю підвіски до борта ванни (приймають у межах 0,10…0,15 м)

$$l_п = 2 - 2 * 0{,}1 = 1{,}8 \text{ м}$$

-висота підвісного пристрою $h_п$ дорівнює :

$$h_п = h - h_1 - h_2 - h_3$$

де h – внутрішня висота ванни, м; h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски (0,15...0,20 м, більший розмір приймають за наявності на дні ванни барботера); 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

$$h_п = 1 - 0{,}2 - 0{,}05 - 0{,}1 = 0{,}65 \text{ м}$$

Визначивши, що габаритні розміри ванни – 2 м×1 м деталі – 0,135×0,158 м, підвіски – 1,8 ×0,65 м, відстань між деталями на підвісному пристрої – 0,02 м.

Можна розрахувати кількість деталей в довжину:

$$n(135{,}3 + 20) + 20 = 1800$$

n=11

Кількість деталей в висоту:

$$n(157{,}2 + 20) + 20 = 650$$

n=3

Отже загальна кількість деталей $n_д$ = 33 шт

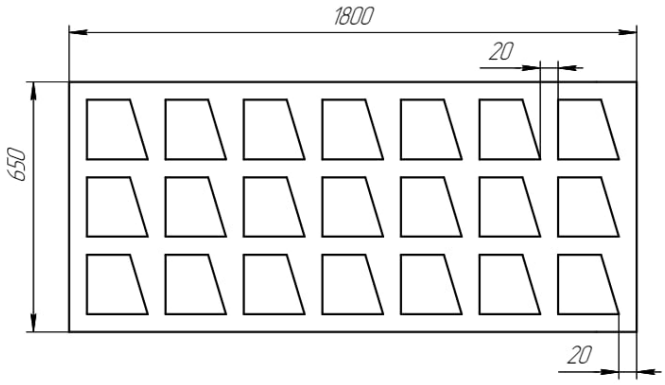


Рис. 2.3.1. Схема розташування деталей на підвісці

Загальна поверхня деталей $S_п$, які завантажуються на одній підвісці, розраховується як добуток площі поверхні однієї деталі до кількості деталей на підвісці:

$$S_п = S_д * n_д$$

де

$S_д$- площа деталі (0,0181 м^2);

$n_д$- кількість деталей (33)

$$S_п = 0{,}0181 * 33 = 0{,}6 \text{ м}^2$$

Поверхня одноразового завантаження у ванну, враховуючи, що кількість одночасно завантажених підвісок у ванну дорівнює 2:

$$S_{оз} = S_п * n_{під}$$

$$S_{оз} = 0{,}6 * 2 = 1{,}2 \text{ м}^2$$

Потім розраховують ширину ванни, виходячи із того, що відстань між анодом і ближнім краєм підвіски з деталями la-k повинна відповідати нормованому значенню, яке складє 0,15...0,25 м. Така відстань необхідна для забезпечення максимальної рівномірності покриття при зворотнопоступальному руху підвіски між анодами. Для однопозиційної ванни l_{a-k} розраховують за формулою:

$$l_{a-k} = \frac{B - B_п - 2B_а - 2B_1}{2n}$$

де B – внутрішня ширина ванни; $B_п$ – товщина підвіски з платами $B_а$ – товщина анодів); B_1 – відстань між анодом і боковою стінкою ванни, приймають 0,05...0,10

м; n – кількість технологічних позицій (катодних штанг) у ванні, 1. У подальшому розрахована величина la-k використовується для визначення напруги на ванні.

$$l_{a-k} = \frac{0{,}63 - 0{,}015 - 2 * 0{,}015 - 2 * 0{,}05}{2} = 0{,}24 \text{ м}$$

Кількість ванн, які потрібні для виконання річної виробничої програми, розраховують як відношення величин одноразового завантаження всіх ванн до разового завантаження однієї:

$$\sum n_{\text{в}} = \frac{N_{\text{оз}}}{S_{\text{оз}}}$$

$$\sum n_{\text{в}} = \frac{4}{1{,}2} = 4$$

Річна продуктивність обладнання становить:

$$P'_{\text{р}} = \sum n_B * S_{оз} * \frac{\text{Т}_{\text{д}} * 60}{\tau * \text{К}_{\text{об}}}$$

$$\text{P}'_{\text{р}} = 4 * 1{,}2 * \frac{2054 * 60}{37 * 1{,}06} = 15082 \text{ м}^2$$

Тоді коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{\text{зав}} = \frac{\text{P}_{\text{р}}}{P'_p}$$

$$\text{К}_{\text{зав}} = \frac{12563}{15082} = 0{,}83$$

При розрахунку обладнання рекомендується, щоб величина $K_{\text{зав}}$ знаходилася в інтервалі 0,75...0,85.

2.4. Розрахунки технологічних параметрів

2.4.1. Баланс кількості електрики на гальванічній ванні

Проводимо розрахунок сили струму для того, щоб обрати джерело живлення.

Силу струму I, А на однопозиційній ванні визначаємо як добуток величини густини струму на катоді i_k , А/м^2 на площу деталей одноразового завантаження S_{03}, м^2:

$$I = i_k * S_{\text{оз}} * K$$

де

К- коефіцієнт, що враховує втрати електрики на осадження металу на контактах підвісного пристрою, обираємо його у межах К = 1,03...1,15

$$I = 7000 * 1{,}2 * 1{,}03 = 8652\ A$$

У сульфатному електроліті хромування на електродах проходять такі електрохімічні процеси :

-на катоді:

1. $Cr_2O_7^{2-} + 14\ H^+ + 12e \rightarrow 2\ Cr + 7\ H_2O$ ($Вс_1$=16%)
2. $Cr_2O_7^{2-} + 14\ H^+ + 6e \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O$ ($Вс_2$=5%)
3. $2\ H_3O^+ + 2e \rightarrow H_2 + 2\ H_2O$ ($Вс_3$=79%)

-на аноді:

4. $3\ H_2O \rightarrow 2\ H_3O^+ + 0{,}5\ O_2 + 2e$ ($Вс_4$=95%)
5. $2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O \rightarrow Cr_2O_7^{2-} + 14\ H^+ + 6e$ ($Вс_5$=5%)

Кількість електрики визначають, виходячи з дійсного часу проведення електролізу. Дійсний час проведення електроосадження визначається як різниця часу обробки однієї підвіски і часу технічного обслуговування ванни, на кількість підвісок n , що можна обробити за 1 годину:

$$n = \frac{60}{\tau}$$

$$n = \frac{60}{37} = 2$$

Кількість електрики,що витрачається на кожну реакцію протягом 37 хвилин :

$$I_1 = \frac{I * Вс}{100} = \frac{8652 * 16}{100} = 1384{,}3\ A$$

$$I_2 = \frac{I * Вс}{100} = \frac{8652 * 5}{100} = 432{,}6\ \text{A}$$

$$I_3 = \frac{I * Вс}{100} = \frac{8652 * 79}{100} = 6835{,}1\ \text{A}$$

$$I_4 = \frac{I * Вс}{100} = \frac{8652 * 95}{100} = 8219{,}4\ \text{A}$$

$$I_5 = \frac{I * Bc}{100} = \frac{8652 * 5}{100} = 432{,}6 \text{ A}$$

Таблиця 2.4.1.1. Баланс кількості електрики для ванни хромування

Надходження	Q, А*год	%	Витрати	Q, А*год	%
на катоді					
Від зовнішнього джерела струму	8652	100	1.Виділення хрому за реакцією 1 2.Відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} за реакцією 2 3. Виділення H_2 за реакцією 3	1384,3 432,6 6835,1	16 5 79
Разом	8652	100	Разом	8652	100
на аноді					
Від зовнішнього джерела струму	8652	100	4.Виділення O_2 за реакцією 4 5.Окислення Cr^{3+} до Cr^{6+} за реакцією 5	8219,4 432,6	95 5
Разом	8652	100		8652	100

2.4.2. Баланс напруги на гальванічній ванні

Робоча напруга на гальванічній ванні визначається сумою її складових: різниці електродних потенціалів, омічного падіння напруги, падіння напруги у контактах та у провідниках першого роду.

$$U_B = \Delta E + U_{\text{ом.ел-т}} + U_{\text{ом.1р}} + U_{\text{ом.к}}$$

де

ΔE – різниця електродних потенціалів.

$$\Delta \mathrm{E} = \mathrm{E_a} - \mathrm{E_к}$$

E_a= 1,8 В

E_k= - 0,8 В

Тоді,

$$\Delta \mathrm{E} = 1{,}8 - (-0{,}8) = 1{,}8 + 0{,}8 = 2{,}6 \text{ В}$$

В процесі електролізу на електродах утворюються гази, бульбашки яких заповнюють міжелектродний простір, то при визначенні падіння напруги в електроліті необхідно урахувати вплив газонаповнення на омічний опір. У цьому разі $\Delta U_{\text{ОМ Ел-т}}$ визначають за формулою:

$$\Delta U_{\text{ом}} = \frac{\mathrm{K} * \mathrm{i_{ср}} * l_{\text{а-к}}}{\chi}$$

де

$i_{ср}$ – середня густина струму в міжелектродному просторі, А/м^2 ;

$l_{a\text{-}k}$ – відстань між анодом і краєм підвіски з платами 0,24 м;

χ - питома електропровідність електроліту 0,6 См/см ;

К – коефіцієнт, який враховує збільшення опору за рахунок газонаповнення, величина К знаходиться у межах 1,01...1,25.

Середня густина струму $i_{ср}$ дорівнює:

$$\mathrm{i_{ср}} = \sqrt{\mathrm{i_к} * \mathrm{i_а}} = \sqrt{7000 * 3500} = 4950 \text{ А} * \text{м}^2$$

Тоді

$$\Delta U_{ом} = \frac{1{,}01 * 4950 * 0{,}24}{60} = 20 \text{ В}$$

Тоді напруга на ванні дорівнює:

$$U_B = \frac{\Delta E + \Delta U_{\text{ом ел-т}}}{0{,}9}$$

$$U_B = \frac{2{,}6 + 20}{0{,}9} = 25{,}1\ B$$

Сума падіння напруги на електродах, провідниках і контактах ванни:

$$\sum \Delta U_{\text{Ом}} \leq 0{,}1\ * U_B$$

$$\sum \Delta U_{ом} = 0{,}1 * 25{,}1 = 2{,}51\ \text{В}$$

Мінімальна напруга на джерелі струму $U_{дс}$ складається із суми напруги на вані U та падіння напруги в шинопроводах від джерела струму до ванни, яке приймають не більшим 10 % від $U_{дс}$.

Тоді, мінімальна напруга джерела струму для ванни хромування дорівнює:

$$U_{дс} = 1{,}1 * U_B = 1{,}1 * 25{,}1 = 27{,}6\ B$$

Таблиця 2.4.2.1. Баланс напруги на ванні хромування

Надходження	Значення		Витрати	Значення	
	В	%		В	%
Напруга на ванні, U_B	25,1	100	1.Різниця потенціалів електродів під струмом, $iE_a - iE_k$	2,6	10,4
			2.Падіння напруги в електроліті, $\Delta U_{Ом\ Ел\text{-}т}$	20	79,6
			3.Падіння напруги в електродах, контактах і провідниках $\Sigma\Delta U_{Ом}$	2,51	10
Разом	25,1	100	Разом	25,1	100

2.4.3. Вибір джерела живлення

Із розрахунків напруги та сили струму на ванні було обрано джерело живлення В-ТПВ-12,5к-450-11 УХЛ4

Характеристика джерела:

-номінальний струм -12500 А;

-номінальна напруга – 450 В.

Визначимо коефіцієнт завантаження для данного джерела живлення за формулою:

$$K = \frac{N_{дс}}{N_{пасп}}$$

де $N_{дс}$ – потужність, яка необхідна для виконання заданої програми;

$N_{пасп}$- паспортна потужність агрегату

$N_{дс}$ знайдемо за формулою:

$$N_{дс} = U * I * 10^{-3}$$

$$N_{дс} = 25{,}1 * 8652 * 10^{-3} = 2{,}17 \text{ кВт}$$

$N_{пасп}$ знайдемо за формулою:

$$N_{пасп} = \frac{U_{пасп} * I_{пасп}}{1000}$$

$$N_{пасп} = \frac{450 * 12500}{1000} = 5625 \text{ кВт}$$

Тоді,

$$К = \frac{2{,}17}{5625} = 0{,}0004$$

2.4.4. Визначення джоулевої теплоти. Складання балансу енергії

Електрична енергія $W_{заг}$, яка підводиться до електролізера, перетворюється в хімічну енергію $W_{хім}$ та в теплову енергію (джоулеву теплоту) $W_{дж}$:

$$W_{заг} = W_{хім} + W_{дж}$$

Електрична енергія, яка витрачається на перебіг процесу в одній гальванічній ванні протягом астрономічної години, визначається за формулою:

$$W_{заг} = U_B * I * 3600 * 10^{-3} * \frac{\tau}{60}$$

$$W_{заг} = 25{,}1 * 8652 * 3600 * 10^{-3} * \frac{58{,}37}{60} = 760556 \text{ кДж/год}$$

Хімічну енергію $W_{хім}$ для сумарного електродного процесу можна визначити за формулою:

$$W_{хім} = 3{,}6 * I * E_{теп} * \tau_т * B_с$$

де $E_{теп}$ визначають виходячи із правила Томсона із величин теплових ефектів (ентальпії ΔH_o) і хімічних реакцій.

$$E_{теп} = -\frac{\sum v_i * \Delta H_1^0}{nF} \ B,$$

Тоді

$$W_{хім} = -3{,}6 * I * \frac{\sum v_i * \Delta H_i^0}{nF} * \tau_т * B_с \ \text{ кДж}$$

де

v_i – кількість молів кожного з учасників електродних реакцій;

z_i – число електронів, які приймають участь у реакції;

F – число Фарадея;

$\Sigma v_i * \Delta H_i^0$ -зміна ентальпії усіх електрохімічних процесів.

Оскільки при проходженні через гальванічну ванну постійного струму електродні процеси в ванні протікають в напрямку протилежному напрямку для самовільних хімічних реакцій, то при розрахунку зміни значення ентальпії сумарних електродних реакцій, в протилежність від розрахунків термодинамічних параметрів, необхідно, із суми величин ентальпій для початкових (вихідних) речовин сумарної електродної реакції відняти суму величин ентальпій для кінцевих продуктів реакцій:

$$\Delta H_i^0 = \sum v_{i\ вих} * \Delta H_{i\ вих}^0 - \sum v_{i\ кін} * \Delta H_{i\ кін}^0$$

Розрахуємо кількість джоулевої теплоти і складання балансу енергії роботи ванни хромування.

Вихідні дані:

I=8652 А;

$U_в$=25,1 В;

$Вс_1$=16 % ;

$Вс_3$=79 %.

За реакцією 4, на аноді проходить розклад води з виходом за струмом 95% , та за реакцією 5 окислення іонів $Cr^{3+} \rightarrow Cr_2O_7^{2-}$ з виходом за струмом 5%.

Тоді перебіг реакції можна записати як

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

Анодну та катодну реакції, а також сумарний процес утворення хрому запишемо як:

1) $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 12e \rightarrow 2Cr + 7H_2O$ Вс=16%

2) $6H_2O = 12H^+ + 3O_2 + 12e$ Вс=16%

Сумарна реація:

$Cr_2O_7^{2-} + 2H^+ \rightarrow 2Cr + H_2O + 3O_2$. Вс=16%

Розрахуємо зміну ентальпії для сумарної реакції утворення хрому:

$$\Delta H^0_{1+2} = \Delta H^0_{Cr2O7^{2-}} + 2\Delta H^0_{H^+} - 2\Delta H^0_{Cr} - \Delta H^0_{H_2O} - 3\Delta H^0_{O_2}$$

$$\Delta H^0_{1+2} = -1470 + 0 - 0 - (-286) - 0 = -1184 \text{ кДж/моль}$$

Інші електрохімічні процеси пов'язані з розкладанням води:

3) $H_2O \rightarrow 2H^+ + 0{,}5\ O_2 + 2e$ Вс=95-16=79%

4) $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$ Вс=79%

Сумарна реакція:

$H_2O \rightarrow H_2 + 0{,}5O_2$ Вс=79%

Розрахуємо зміну етальпії для сумарної реакції розкладання води:

$$\Delta H^0_{3+4} = \Delta H^0_{H_2O} - \Delta H^0_{H_2} - 0{,}5\Delta H^0_{O_2}$$

$$\Delta H^0_{3+4} = -286 - 0 - 0 = -286 \text{ кДж/моль}$$

Після підстановки в формулу для визначення теплової енергії (джоулевої теплоти) значень ентальпії, отримуємо рівняння:

$$W_{дж} = 3{,}6 * I * \tau * (U + \sum \frac{\sum v_i * \Delta H^0_i * B_c * 10^{-2} * \tau_т}{z_i * F}$$

$$W_{дж} = 3{,}6 * 8652 * \frac{58{,}37}{60} * \left(25{,}1 - \frac{1184 * 0{,}16}{12 * 96{,}5} - \frac{286 * 0{,}79}{2 * 96{,}5}\right)$$
$$= 720126 \text{ кДж/год}$$

Тоді $W_{хім}$ дорівнює:

$$W_{хім} = W_{заг} - W_{дж}$$
$$W_{хім} = 760556 - 720126 = 40430 \text{ кДж/год}$$

Таблиця 2.4.4.1. Баланс енергії на ванні хромування

Надходження	Одиниці виміру		Витрати	Одиниці виміру	
	кДж	%		кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	760556	100	Джоулева енергія	720126	94,7
			Хімічна енергія	40430	5,3
Разом	760556	100	Разом	760556	100

2.4.5. Тепловий розрахунок для гальванічних ванн.

Під час нанесення гальванічних покриттів виділяється значна кількість джоулевої теплоти, що може призвести до розігріву електроліту за межі допустимої температури. Метою розрахунку є визначення максимальної температури , до якої може розігрітися ванна за одну годину роботи.

Для розігріву ванни необхідно знайти значення величини $Q_{роз}$, яка складається з:

Q_1-витрата теплоти на розігрів електроліту, футеровки ванни, матеріалу та анодів ;

Q_2- витрата теплоти на компенсацію втрат у навколишнє середовище. Приймемо, що в процесі розігріву ванни, втрати у два рази менші.

Тоді, $Q_{роз}$ дорівнює:

$$Q_{роз} = Q_1 + \frac{Q_2}{2}$$

Знайдемо величину Q_1 за формулою:

$$Q_1 = (V_1 * C_1 * d_1 + C_2 * m_2 + C_3 * m_3 + C_4 * m_4) * (t_k - t_н)$$

де

C_1 -теплоємність електроліту, 3465 Дж/(кг*К) ;

d_1– густина електроліту, 1,2 кг/дм^3;

C_2 – теплоємність корпусу ванни, 480 Дж/(кг*К);

C_3 – теплоємність матеріалу футеровки, 1630 Дж/(кг*К);

m_3 ; – маса анодів, кг;

температура за якої працює ванна, 55-65 ^oC;

V_1 – об'єм електроліту, 1,26 м^3 ;

C_4 - теплоємність матеріалу анода, 129,8 Дж/кг*К ;

m_2- маса ванни, 900 кг;

m_3 , m_4 , - маса футерівки і анодів у ванні.

Знайдемо масу футерівки m_3 за формулою:

$$m_3 = \delta_3 * V_{вн} * \rho_3$$

де

ρ_3– густина матеріалу футеровання, кг/м3;

δ_3 - товщина шару футеровання, м;

$V_{вн}$ - внутрішій об'єм ванни, м^3.

$$m_3 = 3 * 10^{-3} * 1{,}26 * 1040 = 3{,}9 \text{ кг}$$

Знайдемо масу анодів у ванні за формулою:

$$m_4 = \rho_a * V_a$$

де

V_a- об'єм анодів, м^3;

ρ_a- густина матеріалу анодів, кг/м^3 .

V_a дорівнює:

$$V_a = B_a * l_a * h_a$$

$$V_a = 0{,}015 * 0{,}8 * 0{,}24 = 0{,}003 \text{ м}^3$$

Матеріал аноду – Ссу8 (свинцевосурьм`янистий сплав), густину якого розраховуємо за формулою:

$$\rho_a = \frac{1}{\frac{0{,}08}{\rho_{Sb}} + \frac{0{,}92}{\rho_{Pb}}}$$

де ρ_{Sb} і ρ_{Pb}- густина сурьми і свинцю , 6620 кг/м^3 і 11340 кг/м^3 відповідно.

$$\rho_a = \frac{1}{\frac{0,08}{6620} + \frac{0,92}{11340}} = 10728 \text{ кг/м}^3$$

Тоді, маса анодів дорівнює:

$$m_4 = 10728 * 0,003 = 32 \text{ кг}$$

Знайдемо теплоємність анодів за формулою:

$$C_4 = \frac{C_{Sb} * m_{Sb} + C_{Pb} * m_{Pb}}{m_4} = \frac{C_{Sb} * m_4 * 0,08 + C_{Pb} * m_4 * 0,92}{m_4}$$

де C_{Sb} C_{Pb} -теплоємність сурьми і свинцю, 302,4 і 129,8 Дж/(моль*К) відповідно.

$$C_4 = 302,4 * 0,08 + 129,8 * 0,92 = 143,61 \text{ Дж/(моль} * \text{К)}$$

Тоді,

$$Q_1 = (1,26 * 3465 * 1200 + 480 * 900 + 1630 * 3,9 + 129,8 * 32) * (65 - 55) = 56816 \text{ кДж}$$

Знайдемо величину Q_2 за формулою:

$$Q_2 = Q_3 + Q_4$$

Q_3 і Q_4 знайдемо з рівняння:

$$Q_3 = q_3 F_k \tau_p$$

$$Q_4 = q_4 F_3 \tau_p$$

де

F_k-площа поверхні корпусу ванни, 1,3 м^2 ;

F_3– площа поверхні дзеркала електроліту, 2,8 м^2 ;

τ_p– час на розігрів ванни (3500 – 7300 секунд);

q_3 величина питомих витрат теплоти через стінки ванни, Вт/м^2 ;

q_4– величина питомих витрат теплоти через дзеркало електроліту, Вт/м^2 .

Температура у ванній знаходиться у межах 55-65 ºС. Для інтервалу температур у ванні 55-65 ºС розрахуємо величини q3 та q4 за емпіричними рівняннями:

$$q_3 = b_0 + b_1 * t$$

$$q_4 = 82 + 0,0115 * t^3$$

Де b_0 і b_1 дорівнюють відповідно -24,85 і 1,357.

$$q_3 = -24{,}85 + 1{,}357 * 55 = 50 \text{ Вт/м}^2$$

Звідси,

$$Q_3 = 50 * 1{,}3 * 3700 = 241 \text{ кДж}$$

$$q_4 = 82 + 0{,}0115 * 55^3 = 1995{,}3 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_4 = 1995{,}3 * 2{,}8 * 3700 = 20671{,}3 \text{ кДж}$$

$$Q_2 = 241 + 20671{,}3 = 20912 \text{ кДж}$$

Тоді

$$Q_{\text{роз}} = 56816 + \frac{20912}{2} = 67272 \text{ кДж}$$

2.4.6. Визначення витрати теплоти на розігрів ванни.

Кількість теплоти робочої температури ванни дорівнює:

$$Q_{\text{роб}} = Q_2 + Q_5 - Q_{\text{дж}}$$

де Q_2 і Q_5 – теплота на компенсацію теплових витрат у навколишнє середовище і на підігрів підвісок відповідно, з вирахуванням величини джоулевої теплоти $Q_{\text{дж}}$.

$$Q_5 = (C_5 * m_5 + C_6 * m_6) * (t_k - t_{\text{п}}) * n$$

де

C_5 =386 Дж /кг· К – питома масова теплоємність матеріалу підвіски;

C_6 =487 Дж /кг·К – питома масова теплоємність матеріалу оброблювальних деталей;

m_5= 4 кг– маса підвісного пристрою;

m_6= 16 кг – маса оброблюваних деталей на одній підвісці;

n = 2 - кількість підвісок з деталями, які обробляються у ванні за одну годину.

Тоді,

$$Q_5 = (386 * 4 + 487 * 16) * (65 - 55) * 2 = 187 \text{ кДж}$$

Звідси.

$$Q_{\text{роб}} = 20912{,}3 + 187 - 720126 = -699027 \text{ кДж}$$

Табл.2.4.6.1. Тепловий баланс ванни хромування

Надходження	кДж	%	Витрати	кДж	%

1	2	3	4	5	6
Кількість джоулевої теплоти	720126	100	Кількість теплоти,яка відводиться ,Qроб	699027	97
			Кількість теплоти на компенсацію витрат у навколишнє середовище,Q2	20912	2,9
			Кількість теплоти на компенсацію витрат на підігрів підвісок з деталями,Q5	187	0,1
Разом	720126	100	Разом	720126	100

Максимально можлива температуру розігріву ванни T_k, °C визначається за формулою:

$$T_к = 55 + \frac{W_{дж}}{V_1 * C_1 * d_1 + C_2 * m_2 + C_3 * m_3 + C_4 * m_4}$$

Тоді максимально можлива температура розігріву ванни T_k, °C дорівнює:

$$T_к = 55 + \frac{720126}{1{,}26 * 3465 * 1200 + 480 * 900 + 1630 * 3{,}9 + 129{,}8 * 32} = 55{,}1\ °C$$

Охолодження ванни не потрібне, тому що розрахована величина T_k, °C не перевищує допустиму за технологією температуру електроліту.

2.4.7. Розрахунок витрат електрики та потужності теплоелектронагрівачів для нагрівання ванни

Розрахуємо витрату електроенергії на розігрів ванни за одну годину:

$$W_{роз} = \frac{Q_{роз}}{3600}$$

$$W_{\text{роз}} = \frac{67272}{3600} = 19 \text{ кВт} * \text{год}$$

Потужність трубчастих електронагрівачів для розігріву ванни за одну годину дорівнює :

$$N_{\text{роз}} = \frac{19}{1} = 19 \text{ кВт}$$

Опираючись на розрахунки обираємо 4 ТЕНи з потіжністю 5 кВт.

Сумарна витрата теплової енергії для підримки теплового режиму ванн при виконанні річної виробничої програми дорівнює:

$$W_{\text{заг}} = W_{\text{роз}} * T_{\text{д}} * n_{\text{в}}$$

де

$T_{\text{дб}}$ – кількість робочих діб у календарному році;

$n_{\text{В}}$– кількість ванн даного типу.

$$W_{\text{заг}} = 19 * 262 * 4 = 19912 \text{ кВт} * \text{год}$$

2.5. Розрахунок витрати ,реагентів матеріалів і води.

2.5.1. Витрати нерозчинних анодів

Розрахуємо витрати нерозчинних анодів на запуск обладнання за формулою:

$$G_{\text{аз}} = K_1 * K_2 * n_{\text{а}} * l_B * h_B * \delta_a * d_a * n_B$$

де – K_1 коефіцієнт, який враховує співвідношення сумарної ширини анодів до довжини ванни, 0,6; K_2– коефіцієнт, який враховує співвідношення анодів та висоти ванни; $n_{\text{а}}$– кількість анодних штанг у ванні, 2; $l_{B,}$ – внутрішня довжина ванни, 2 м; h_B– внутрішня висота ванни, 1 м ; δ_a– товщина анодів, 0,015 м; d_a– густина матеріалу анодів, 10728 кг/м^3; n_B– кількість ванн даного типу, 4.

Тоді,

$$G_{аз} = 0{,}6 * 0{,}8 * 2 * 2 * 1 * 0{,}015 * 10728 * 4 = 1236 \text{ кг}$$

Розрахуємо витрати анодів для виконання річного виробничого плану за формулою:

$$G_{\text{ан}} = S * A_{\text{н}} * 10^{-3}$$

де $А_н$ – норми витрат нерозчинних анодів, 1,6 г/м^2(для твердого хромування); S - площа покриття для виконання річного виробничого плану, 12563 м^2 .

Тоді,

$$G_{ан} = 12563 * 1,6 * 10^{-3} = 20кг$$

2.5.2. Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання.

Розрахунок здійснюють для усіх операцій технологічного процесу.

Витрати кожного компонента розчину або електроліту G_i визначають за формулою, кг:

$$G_i = C_i * V_в * K_{зап} * n_в$$

де C_i – концентрація кожного компонента електроліту, кг/м^3; $V_в$ – об`єм ванни, 1,26 м^3; $K_{зап}$ – коефіцієнт заповнення ванни, $K_{зап}$ = 0,7...0,9; $n_в$ – кількість ванн даного типу, 14.

$$G_{CrO_3} = 150 * 1,26 * 0,7 * 4 = 529,2 \text{ кг}$$

$$G_{H_2SO_4} = 1,5 * 1,26 * 0,7 * 4 = 5,292 \text{ кг}$$

2.5.3. Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми

Витрати кожного компонента розрахуємо за формулою:

$$G_i = C_i * V_{вт}$$

де $V_{вт}$ – сумарний об`єм електроліту або розчину, який виноситься із ванн при виконанні річної виробничої програми, чи стає непридатним і змінюється на новий.

$$V_{вт} = 1,15 * S * A_e$$

де S – сумарна поверхня деталей, які обробляються за рік, 12563 м^2; коефіцієнт 1,15 враховує площу занурюваної частини підвісок; A_e – норма витрат розчину, 0,15*10^{-3} м^3/м^2, величина якої не залежить від товщини покриття, але залежить від виду технологічної операції, для якої проводять розрахунок.

$$V_{вт} = 1,15 * 12563 * 0,15 * 10^{-3} = 2,17 \text{ м}^3$$

$$G_{CrO_3} = 13,3 * 10^{-3} * 30 * 12563 = 5013кг$$

де 13,3*10^{-3} - витрати хромового ангідриду на виділення металевого хрому на катоді із розрахунку на 1 м^2 поверхні за товщини осаду хрому 1 мкм; 30 мкм-

товщина покриття.

$$G_{H_2SO_4} = 1{,}5 * 2{,}17 = 3{,}26 \text{ кг}$$

2.6. Розрахунок витрат води

Для виконання річного плану виробництва вода витрачається:

- на приготування розчинів;

- на розкладання внаслідок електролізу;

- на випарування з поверхні розчинів;

- на промивні операції.

2.6.1. Витрати води для приготування електроліту.

G'_{H2O} (кг) розраховуємо за формулою:

$$G'_{H_2O} = C_{H_2O} * V_{заг}$$

де G_{H2O} – вміст води в 1 м^3 розчину, кг; $V_{заг}$ – сумарні витрати розчину на виконання річної виробничої програми, м^3.

Величину G_{H2O} розрахуємо за формулою:

$$G_{H2O} = d_{ел} - (C_1 + C_2 + \ldots + C_n),$$

де $d_{ел}$ – густина електроліту або розчину, 1200 кг/м^3; $C_1, C_2, \ldots, C_n$ – вміст компонентів в розчині, кг/м^3.

C_{CrO3} =150 кг/м^3

C_{H2SO4}=1,5 кг/м^3

Тоді,

$$G_{H_2O} = 1200 - (150 + 1{,}5) = 1048{,}5 \text{ кг}$$

$V_{заг}$ розраховуємо за формулою:

$$V_{заг} = V_в \cdot K_{зап} \cdot n_в + V_{вт},$$

де $V_в$ – об'єм ванни, 1,26 м^3; $K_{зап}$ – коефіцієнт заповнення ванни ($K_{зап}$ = 0,7...0,9); $n_в$ – кількість ванн, 4; $V_{вт}$ – об'єм електроліту або розчину, витраченого для виконання річної виробничої програми, 2,17 м^3 .

$$V_{заг} = 1{,}26 * 0{,}7 * 4 + 2{,}17 = 5{,}7 \text{ м}^3$$

Отже,

$$G'_{H_2O} = 1048{,}5 * 5{,}7 = 5976{,}5 \text{ кг}$$

2.6.2. Витрити води при електролізі в електроліті

$G^{//}_{H2O}$, кг розраховуємо за формулою:

$$G''_{H_2O} = I * \frac{18 * \text{Т}_{\text{д}} * B'_c}{2 * 26{,}8} * 10^{-5}$$

де B'_c – вихід за струмом розкладання води для побічного процесу, 79%.

$$G''_{\text{H}_2\text{O}} = 8652 * \frac{18 * 2054 * 79 * 10^{-5}}{2 * 26{,}8} = 4715 \text{ кг}$$

2.6.3. Витрати води на винесення із газами

Якщо у ванній перебігає побічний процес розкладання води,то виконується такий розрахунок. Витрати на винесення із газами C'''_{H_2O}, визначаються за формулою, кг:

$$G'''_{\text{H}_2\text{O}} = G'_{H_2O} * V_{\text{г}}^{t}$$

де G'_{H_2O} – маса води, яка виноситься із ванни одним м^3 газів, кг/м^3; $V_{\text{г}}^{t}$ – загальний об'єм вологого газу, який виділяється при температурі електролізу, м^3.

Величину C'_{H_2O} розраховуємо за формулою:

$$G'_{H_2O} = 0{,}805 * 10^{-3} * \frac{\text{P}_{H_2O}}{P_{\text{б}} - \text{P}_{H_2O}}$$

де $P_{\text{б}}$ – загальний тиск паро-газової суміші, 101,325 кПа; P_{H_2O} – парціальний тиск пари води при температурі електролізу 55°С , 15,752 кПа.

$$G'_{\text{H}_2\text{O}} = 0{,}805 * 10^{-3} * \frac{15{,}752}{101{,}325 - 15{,}752} = 1{,}5 * 10^{-4} \text{ кг/м}^3$$

Об'єми водню і кисню, приведені до нормальних умов, м^3 розрахуємо за формулами:

$$V_{H_2}^0 = 0{,}418 * I * T_д * B'_C * n_в * 10^{-5}$$

$$V_{H_2}^0 = 0{,}418 * 8652 * 2054 * 79 * 4 * 10^{-5} = 23474 \text{ м}^3$$

$$V_{O_2}^0 = 0{,}209 * I * T_д * B'_C * n_в * 10^{-5}$$

$$V_{O_2}^0 = 0{,}209 * 8652 * 2054 * 79 * 4 * 10^{-5} = 11737 \text{ м}^3$$

Сумарний об'єм приведених до нормальних умов газів, м^3 дорівнює:

$$V_г^0 = V_{H_2}^0 + V_{O_2}^0$$

$$V_г^0 = 23474 + 11737 = 35211 \text{ м}^3$$

Об'єм вологого газу за температури електролізу, м^3:

$$V_г^t = \frac{V_г^0 * 1013 * (273 + t_{ел})}{273 * (P_б - P_{H_2O})}$$

де $t_{ел}$ – температура електролізу, 55 °С.

$$V_г^t = \frac{35211 * 101{,}3 * (273 + 55)}{273 * (101{,}325 - 15{,}752)} = 50080 \text{ м}^3$$

Отже,

$$G'''_{H_2O} = 1{,}5 * 10^{-4} * 50080 = 7{,}5 \text{ кг}$$

2.6.4.Витрати води на випаровування з поверхні електроліту

C^{IV} при відповідній температурі можна розрахувати за формулою, кг:

$$C^{IV} = T_д * S_e * q_{H_2O} * n_в$$

де S_e – поверхня дзеркала розчину, 1,2 м^2; $n_в$ – кількість ванн даного типу, 4; q_{H2O} – швидкість випаровування води за 1 годину при температурі розчину 55°С, 3 л/год.

$$C^{IV} = 2054 * 1{,}2 * 3 * 4 = 29578 \text{ кг}$$

2.6.5. Витрати води на промивні операції.

Промивання деталей є важливою підготовкою перед нанесенням гальванічного покриття. Від якості промивки залежить міцність зчеплення покриття з основою та інші види браку.

Витрати води при трьохступеневому каскадному промиванні знайдемо за формулою:

$$_{3}V_{год} = A_e * S_{год} * \sqrt[3]{K}$$

де A_e – норми виносу розчину із ванни поверхнею деталей, $0{,}15*10^{-3}$ м^3/м^2 ; $S_{год}$ – годинна виробнича програма ванни, 6,3 м^2/год; *К* – критерій остаточного промивання деталей.

$$К = \frac{C_0}{C_к}$$

де C_0 – концентрація основного компонента у ванні, після якої проводять промивання, 150 г/л; $C_к$ – гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання, 0,01 г/л.

К зменшують уведенням коефіцієнту 0,4 – для однієї ванни уловлювання

$$K = \frac{150}{0{,}01} * 0{,}4 = 6000$$

Тоді,

$$_{3}V_{год} = 0{,}15 * 10^{-3} * 6{,}3 * \sqrt[3]{6000} = 0{,}017 \text{ м}^3/\text{год}$$

Сумарні витрати води на промивку, дм^3:

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

де коефіцієнт 1,5 ураховує можливе падіння тиску води у водопровідній мережі.

$$V_{сум} = 0{,}017 * 2054 * 1{,}5 = 52{,}4 \text{ м}^3$$

2.6.6. Загальні витрати води

Загальна витрата води $\sum V_{H_2O}$ дорівнює:

$$\sum V_{H_2O} = G'_{H_2O} + G''_{H_2O} + G'''_{H_2O} + G^{IV}{}_{H_2O} + V_{сум}$$

$$\sum V_{H_2O} = 5976{,}5 + 4715 + 7{,}5 + 29578 + 52{,}4 = 40329{,}4 \text{ кг}$$

РОЗДІЛ 3 . АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ХРОМОВОГО ПОКРИТТЯ

3.1. Процес твердого хромування як об’єкт автоматизації

На виробництві автоматизація технологічного процесу передбачає:

-автоматичний контроль технологічних параметрів;

-автоматичне регулювання;

-автоматичне керування;

-передбачення аварійних ситуацій та захист від них;

-сигналізацію про відхилення від нормованих режимів.

Для процесу твердого хромування контролюються і регулюються такі параметри:

-рівень сульфатної кислоти та розчину хромового ангідриду в баках;

-рівень електроліту у ванній;

-температура електроліту у ванній;

-споввідношення витрат компонентів електроліту;

-напруга та сила струму на ванній.

Для контролю і регулювання параметрів, гальванічні ванни обладнані спеціальними датчиками та приборами.

Таблиця 3.1.1. Параметри контролю та регулювання виробництвом

Назва технологічного устаткування	Параметр контролю та регулювання	Технологічні норми режиму та відхилення	Рівень автоматизації
1	2	3	4
Ванна	Рівень електроліту	$0{,}5 \pm 0{,}025$ м	Контроль, регулювання
	Напруга на ванні	$25{,}1 \pm 0{,}25$ В	Контроль
	Сила струму на ванні	8652 ± 5 А	

Продовження таблиці 3.1.1.

1	2	3	4
	Температура електроліту	55…65°C	Контроль, регулювання
Бак з розчином сульфатної кислоти	Рівень електроліту	$0{,}5 \pm 0{,}1$	Контроль, регулювання
Бак з розчином хромового ангідриду		$0{,}5 \pm 0{,}1$	Контроль, регулювання
Трубопроводи	Співвідношення витрати компонентів електроліту $CrO_3 : H_2SO_4$	$100{:}\,1$	Контроль, регулювання

3.2. Опис розробленої схеми автоматизаціїї для процесу твердого хромування.

1) Ванна

-Для контролю рівня електроліту у ванній розроблений контур 1, який включає в себе:

- однорівневий поплавковий датчик (1-1),
- вторинний автоматичний прилад для реєстрації та показу (1-2);
- мікропроцесорний регулятор (1-3)
- зворотний клапан (1-4).

Для контролю температури електроліту розроблений контур 2 для підтримки температури змійовиком, та контур 3 для розігріву ванни.

Контур 2 включає в себе:

- термоперетворювач опору (2-1);
- перетворювач нормувальний (2-2);
- електропневматичний перетворювач (2-3);
- вторинний пневматичний прилад для реєстрації та показу (2-4);
- пропорційно-інтегральний електронний регулятор (2-5);
- пневматичний виконавчий механізм (2-6).

Контур 3 включає в себе:

- термоперетворювач опору (3-1);
- мікропроцесорний регулятор (3-2);
- пропорційно-інтегральний електронний регулятор (3-3);
- підсилювач потужності аналоговий (3-4).

2)Бак з розчином сульфатної кислоти

Для контролю рівня сульфатної кислоти розроблений контур 4, який включає в себе:

- Однорівневий поплавковий датчик (4-1);
- вторинний автоматичний прилад для реєстрації та показу (4-2);
- мікропроцесорний регулятори (4-3);
- зворотний клапан (4-4).

3)Бак з розчином хромового ангідриду

Для контролю рівня розчину хромового ангідриду розроблений контур 5, який включає в себе:

- електричний поплавковий рівнемір (5-1);
- вторинний автоматичний прилад для реєстрації та показу (5-2);
- мікропроцесорний регулятор (5-3);
- зворотний клапан (5-4).

4)Трубопроводи

Для контролю співвідношення витрати компонентів електроліту розроблений контур 6 і 7 ,які включають в себе:

- діафрагми камерні (6-1), (7-1);
- цифрові дифманометри (6-2), (7-2);
- вторинний пневматиний прилад для реєстрації та показу (6-3);
- регулятор співвідношення пневматичний (6-4);
- пневматичний виконавчий механізм (6-5).

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Мета:

- надати уявлення про структуру підприємства;
- надати уявлення про виробничі процеси, види руху предметів праці та шляхи скорочення тривалості виробничого циклу;
- сформувати уявлення про виробничі процеси, види руху предметів праці та шляхи оптимізації тривалості виробничого циклу;
- надати уявлення про сутність та особливості оцінки основних засобів підприємства, формування та застосування основних засобів, їх участь у процесі створення продукції та формування собівартості.

4.1.Класифікація виробничих процесів

Таблиця 4.1.1. Класифікація виробничих процесів

Вид виробничого процесу	Найменування операцій	Тривалість, хв
Основні	1. Монтаж деталей на пристосування	15
	2.Знежирення електрохімічне	20
	3. Промивання в теплій воді	0,5
	4.Промивання в холодній проточній воді	0,5
	5. Травлення хімічне	20
	6.Промивання в холодній проточній воді	0,5
	7. Хімічна активація	0,5
	8.Промивання в холодній проточній воді	0,5
	9. Анодна активація	3
	10. Хромування	36

	11. Уловлювання	1
	12.Промивання в холодній проточній воді	0,5
	13.Промивання в гарячій воді	0,5
	14. Сушіння	20
	15. Демонтаж	15
Допоміжні	16.Упаковка в технологічну тару	5
	17. Переміщення деталей в кладову	5

4.2. Розрахунок річної виробничої програми

Розрахуємо річну виробничу програму $P_р$ за формулою :

$$P_р = P_{звп} + P_{звп} * K_{бр}$$

де $P_{звп}$= 12500 м^2/рік; $K_{бр}$=0,005.

Задану виробничу програму $P_{звп}$ необхідно збільшити на величину виправного браку виробів, який складає зазвичай 0,5…3 % ($K_{бр}$= 0,005...0,03) від $P_{зп.}$

$$P_р = 12500\ м^2/рік\ +\ 12500\ м^2/рік * 0{,}005 = 12563\ м^2/рік$$

Добова виробнича програма $P_{доб}$ складає:

$$P_{доб} = \frac{P_р}{T_{роб}}$$

де

$T_{роб}$-кількість робочих днів у році.

$$T_{роб} = T_к - T_в = 366 - 104 = 262\ доби$$

Тоді,

$$P_{доб} = \frac{12563}{262} = 47{,}9\ м^2/добу$$

Виробнича програма зміни дорівнює:

$$P_{зміни} \frac{P_{доб}}{1}$$

$$P_{зміни} = \frac{47,9}{1} = 47,9\ м^2/зміна$$

Кількість циклів хромування за одну зміну, необхідні для виконання річної виробничої програми:

$$n = \frac{P_{зміни}}{N_{оз}}$$

де $N_{оз}$- разове одночасне завантаження ванн.

$$n = \frac{47,9}{4} = 12\ завантажень$$

4.3. Розрахунок ВРПП

Обчислимо кількість завантажень для ВРПП (послідовного, паралельного, синхронізованого).

Сумарний час основних операцій дорівнює 133,5 хвилин.

1) Послідовний ВРПП

$$N_{завантажень} = \frac{T^{посл}_{в.ц.}}{\sum_{i=1}^{15} t_i} = \frac{16 * 60}{133,5} = 7\ завантажень$$

$$B^{річ}_{посл} = 4 * 262 * 7 = 7336\ м^2$$

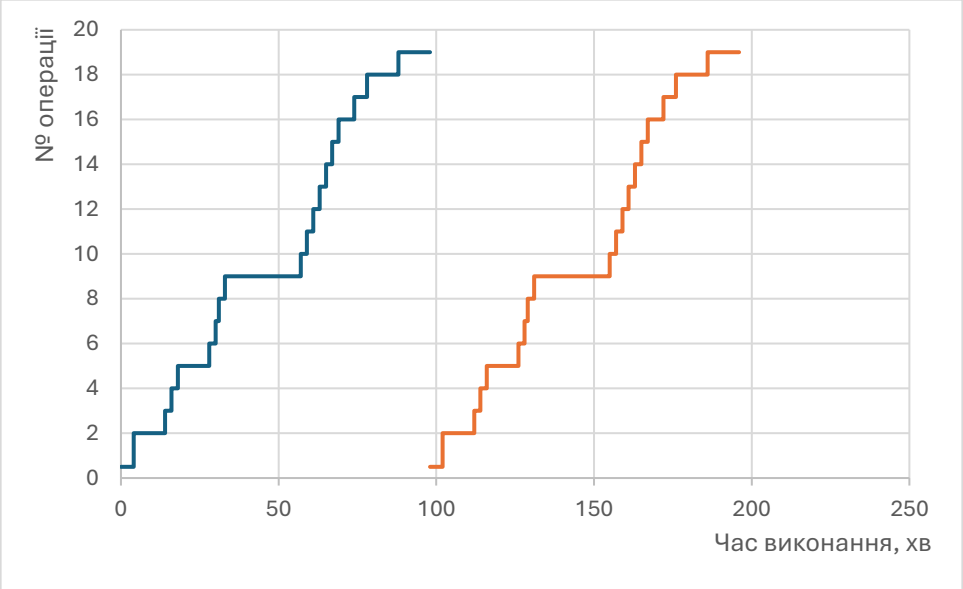


Рисунок 4.3.1. Графік послідовного ВРПп

2)Паралельний ВРПП

$$N_{\text{завантажень}} = \frac{\text{Т}_{\text{в.ц.}}^{\text{пар}} + t_{max} - \sum_{\text{i}=1}^{18} t_{\text{i}}}{t_{max}}$$

$$N_{\text{завантажень}} = \frac{16 * 60 + 37 - 133{,}5}{37} = 23 \text{ завантаження}$$

$$\text{В}_{\text{посл}}^{\text{річ}} = 4 * 262 * 23 = 24104 \text{ м}^2$$

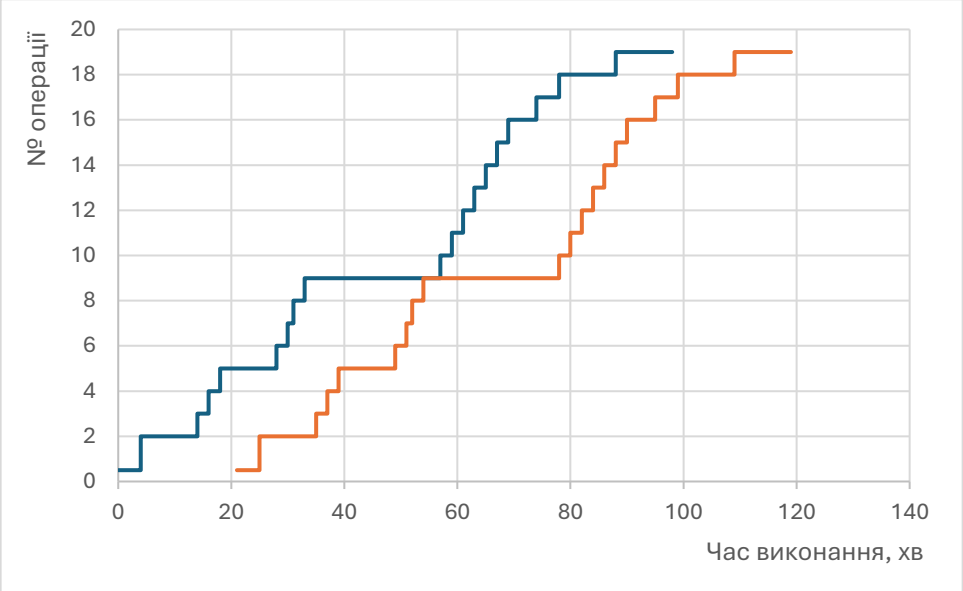


Рисунок 4.3.2. Графік паралельного ВРПП

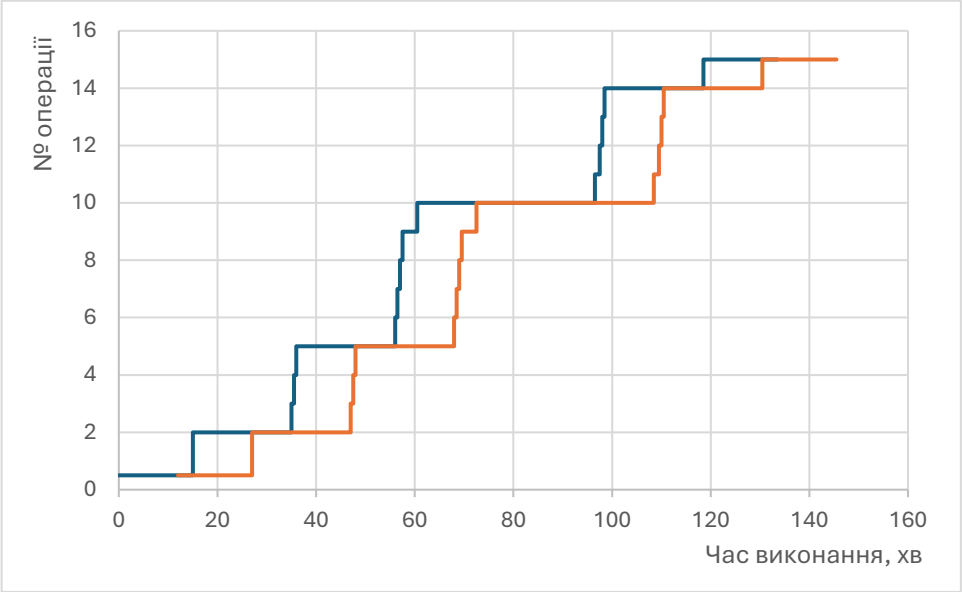
3)Синхронізований ВРПП

$$N_{\text{завантажень}} = \frac{\text{Т}_{\text{в.ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{\text{i}=1}^{18} t_{\text{i}}}{R}$$

Працівники працюють в одну зміну, необхідно виконати 12 завантажень

R=12

$$\text{В}_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 12 * 262 * 4 = 12567 \text{ м}^2$$



Рисинок 4.3.3. Графік синхронізованого ВРПП

Висновок: для виконання річної виробничої програми найбільш доцільним є синхронізований ВРПП. Кількість завантажень за одну зміну становить 12.

4.4.Матеріальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Таблиця 4.4.1. Річні оборотні фонди підприємства

Найменування	Ціна,грн	Витрати на рік	Вартість ,грн
Хромовий ангідрид	104	5013 кг	521 352
Кислота сульфатна	130	3,26 кг	423,8
Проточна вода	16	37226 л	595 616
Аноди марки Ссу-8	250	20 кг	5 000
Електроенергія	4,32	19912 кВт	86 000
Всього:			1 208 392

4.5. Склад основних фондів підприємства

Таблиця 4.5.1 Склад основних фондів підприємства

№	Найменування обладнання	Вартість,грн
1	Ванна для знежирення(2 шт)	20 000
2	Ванна для хімічного травленя(1 шт)	10 000
3	Ванна хромування (4 шт)	100 000
4	Ванна промивання (2 шт)	100 000
5	Сушильна шафа (1шт)	50 000
6	Струмопідводи,штанги	15 000
7	Джерело струму	45 000
8	Засоби автоматизаціїї	95 000
9	Будівлі і споруди	1 500 000
10	Нематеріальні активи	100 000
11	Обладнання для контролю якості покриття	40 000
Всього:		2 075 000

Розрахунок амортизації фондів.

1) Будівлі та споруди:

$$А_{бтс} = \frac{Н_а^{бтс}}{Т_{ек}} = \frac{1\ 500\ 000}{20} = 75\ 000\ грн/рік$$

2) Нематеріальні активи:

$$А_{на} = \frac{Н_а^н}{Т_{ек}} = \frac{100\ 000}{12} = 8\ 333\ грн/рік$$

3) Прилади і обладнання:

$$А_{піб} = \frac{Н_а^{піб}}{Т_{ек}} = \frac{375\ 000}{5} = 75\ 000\ грн/рік$$

4) Загальна амортизація:

$$А = 75\ 000 + 8\ 333 + 75\ 000 = 158\ 333\ грн/рік$$

Розрахунок кількості персоналу та заробітної плати працівників

На виробництві є: 2 хіміки-технологи, 2 хіміки-інженери, 2 директори, 15 лаборантів,15 гальваніків.

$$Ч_{яв} = 36\ осіб$$

Чисельність персоналу за списком дорівнює:

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} * К_{пер}$$

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} * \frac{Т_{підпр}^{рік}}{Т_{прац}^{рік}}$$

$$Ч_{сп} = 36 * \frac{\frac{16}{24} * 262}{\frac{8}{24} * 262} = 72\ особи$$

Таблиця 4.5.2. Заробітна плата цеху гальванічного хромування

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата, грн	
					За день	За рік
Директор	2	15	2,58	58	464	243 136
Хімік-технолог	2	14	2,42	55	440	230 560
Хімік-інженер	2	13	2,27	51	408	213 792
Гальванік	15	11	1,97	45	360	1 414 800

Лаборант	15	10	1,82	41	348	1 367 640
Всього:	36					3 469 928

Нарахування на ЄСВ та військовий збір підприємства - 22% від заробітної плати працівника.

Тоді,

$$ЗП = 0{,}22 * 3\ 469\ 928 = 763\ 384 \text{ грн}$$

Таблиця 4.5.3. Собівартість одиниці продукції

Найменування витрат	Витрати на річний випуск, грн/рік	Відсоток від собівартості
Амортизація	148 333	2,7
Заробітна плата	3 469 928	62
Нарахування на заробітну плату	763 384	13,7
Оборотні фонди	1 208 392	21,6
Всього:	5 590 037	100

Собівартість одиниці продукції:

$$C = \frac{C_р}{P_р} = \frac{5\ 590\ 037}{12\ 563} = 445$$

4.6. Розрахунок техніко-економічних показників

1) Прибуток.

Ц=750 грн/м^2

$$П = Ц - C = (750 - 445) * 12\ 563 = 3\ 831\ 715 \text{ грн}$$

2) Рентабільність

$$P = \frac{П}{C_р} * 100 = \frac{3\ 831\ 715}{5\ 585\ 243} * 100 = 68\ \%$$

3) Капіталовкладення:

$$К = ОЗ + ОбЗ = 2\ 075\ 000 + 1\ 208\ 392 = 3\ 283\ 392 \text{ грн}$$

4) Коефіцієнт економічної ефективності:

$$Е = \frac{1}{Т_{пов}} = \frac{1}{0{,}8} = 1{,}25$$

5) Період повернень капіталовкладень:

$$Т_{пов} = \frac{К}{П} = \frac{3\ 283\ 392}{3\ \ 831\ 715} = 0{,}86 \text{ років.}$$

6) Дохід від реалізації:

$$Ц * В = 750 * 12\ 563 = 9\ 422\ 250 \text{ грн/рік}$$

7) Фондовіддача:

$$ФВ = \frac{ЦВ}{ОЗ} = \frac{9\ 422\ 250}{2\ 075\ 000} = 4{,}5 \text{ грн/грн}$$

8) Фондоємність:

$$ФЄ = \frac{1}{ФВ} = \frac{1}{4{,}5} = 0{,}22 \text{ грн/грн}$$

Розрахувавши економічні показники, розроблений технологічний процес нанесення твердого хромового покриття є економічно-вигідним.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Гальванічне виробництво пов'язане з виділенням шкідливих для людського організму парів, газів та пилу різних хімічних речовин. Крім того, ванни для гальванічних операцій, промивні ванни з гарячою та холодною водою створюють підвищену вологість атмосфери цеху. Технологія нанесення хромового покриття пов'язана із застосуванням та виділенням речовин, шкідливих для здоров'я людини. Всі проєктні рішення ухвалено з урахуванням охорони праці.

На базі моніторингу комплексу шкідливих і небезпечних факторів було розроблено низку заходів для забезпечення регламентованих умов праці для персоналу.

5.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на виробництві. Заходи з охорони праці.

5.1.1 Мікроклімат виробничих приміщень

Згідно ДСН 3.3.6.042-99, роботи на виробництві відносяться до категорії середньої важкості IIа .

Таблиця 5.1.1.1 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура повітря в приміщенні, °С		Відносна вологість (%) на робочих місцях	Швидкість руху (м/сек.) на робочих місцях
		Верхня межа	Нижня межа		
Теплий період року	Середньої важкості IIа	29	17	65 - при 26° С	0,4 - 0,2
Холодний період року	Середньої важкості IIа	24	15	75	не більше 0,3

Таблиця 5.1.1.2. Санітарні норми параметрів мікроклімату

Найменування виробничого місця	Шкідливі речовини	Характеристика впливу на організм	ГДК, мг/м^3	Клас небезпечності	Засоби індивідуального засобу	Домедична допомога	Санітарна група технологічного процесу
Ванна травлення	HCl	При попаданні на шкіру спричиняє сильні хімічні опіки. Особливо небезпечним вважається попадання у очі (у значній кількості).	0,2	2	Респіратор класу А, захисні окуляри, халат,гумові рукавички	Для нейтралізації опіків застосовують розчин слабкої основи, або солі слабкої кислоти, зазвичай харчової соди.	1б
Ванна хімічного та електрохімічного	NaOH	При попаданні на шкіру, слизові оболонки, очі	0,5	2	Захисні окуляри, гумові рукавички, прорезинений	При потраплянні на шкіру — промити слабким	3а

знежи рення		утворюють ся сильні хімічні опіки.			хімічностій кий одяг.	розчином оцтової кислоти.	
Ванна хрому вання	CrO3	*При* потра плянні на *шкіру* в икликає опіки, дерматити, захворюва ння, що ведуть до раку шкіри	0,01	2	Захисні окуляри, гумові рукавички, прорезинен ий хімічностій кий одяг.	При потрапля нні на шкіру – промити великою кількістю води, або розчином спирту і соляної кислоти	3б
	H_2SO_4	Подразнює верхні дихальні шляхи, при потраплян ні на шкріу викликає хімічні опіки	0,1	5	Захисні окуляри, гумові рукавички, прорезинен ий хімічностій кий одяг.	Вражені ділянки промиваю ть великою кількістю води і 5 % розчином питної соди.	3б

На підприємсті працівникам надаватимуться наступні засоби індивідуальнго захисту:

-гумові рукавиці (хімічні);

-халати;

-респіратори;

-противогази;

-захисні окуляри та маски.

У виробничому приміщенні передбачено загальнобмінну вентиляцію. Кожен тиждень проводитиметься перевірка якості системи вентиляції, для її правильного функціонування. Перед викидом у повітря, шкідливі домішки очищуватимуться за допомогою фільтрів.

5.2.1. Виробниче освітлення

У приміщеннях проєктом передбачено природнє, штучне або суміщене освітлення. Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, охоронне, чергове.

Таблиця 5.2.1.1 Норми освітленості та коефіцієнт природного освітлення в цеху

Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Освітленість,лк		КПО,%			
			Штучне		Природнє		Суміщене	
			Загальне	Комбіноване	Верхнє	Бічне	Верхнє	Бічне
Середньої точності	IV	в	200	200	4	1,5	2,4	0,9
Постійне спостереження за ходом виробничого процесу	VIII	а	200	-	3	1	1,8	0,6

Розміри приміщення гальванічного цеху:

довжина-90 м;

ширина-50 м;

висота- 5,5 м.

Розрахуємо площу приміщення за формулою:

$$S = a * b$$

$$S = 90 * 30 = 4500 \text{ м}^2$$

Врахуємо, що світло відбивається від стелі та стіни, тоді світловий потік для однієї лампи, лм дорівнює:

$$F = \frac{E * S * k * z}{\mathrm{N} * \mathrm{n} * \eta}$$

де

E- фактичне значення освітленості в приміщенні , 700лк;

S – площа приміщення, 4500 м^2 ;

z – коефіцієнт нерівномірності , z = 1,1;

k – коефіцієнт запасу, 1,5;

N– кількість світильників, 360;

n – кількість ламп в світильнику, 5

η- коефіцієнт використання світлового потоку, 0,6

$$F = \frac{700 * 4500 * 1{,}5 * 1{,}1}{360 * 5 * 0{,}6} = 4800$$

Отже, обираємо лампу типу ЛБ з потужністю 65 Вт. Напруга мережі на лампі 220/110 Вт. Цоколь - G13d/35. Термін експлуатації - 10000 год.

Розміри лампи:

-довжина без штирків – 1500 мм;

-діаметр – 38 мм.

5.3.1. Вібрація і виробничий шум.

На виробничому підприємстві джерелами шуму та вібраціїї виступають:

-станки та електродвигуни;

-витяжна система, вентилятори.

Санітарно-гігієнічне нормування, контроль та вимірювання шумів здійснюється у відповідності до ДСН 3.3.6.037-99. Допустимий рівень шуму в цеху – 80 дБА. Фактичне значення шуму складає 74 дБА, що відповідає вимогам.

Способи зниження рівня шуму, запороваджені в проєкті:

- заміна ударної взаємодії на безударну;

-застосування звукопоглинання.

Індивідуальний захист працівників досягається протишумовими навушниками DeltaPlus Interlight та берушами «СТ-1», що застосовуються для захисту органів слуху від дії високочастотних шумів (до 115 дБА).

5.4.1. Електробезпека

Працівники, які безпосередньо працюють з обладнанням під напругою, матимуть спеціальний захисний одяг та відповідні засоби індивідуального захисту.

Причинами електротравматизму на даному виробництві можуть бути:

-дотик до неізольованих частин устаткування;

-експлуатація несправних електроприладів;

-робота без захисних засобів;

-застосування несправних світильників напругою 220 В;

-пошкоджена ізоляція;

-пряме влучання блискавки у будівлю.

Розрахуємо силу струму, що проходить через людину за формулою:

$$I_л = \frac{U_ф * 10^3}{R_л + R_0}\ , мА$$

де $R_л$ = 3000 – загальний опір тіла людини; $U_ф$ = 220 – фазна напруга, В;. Ом; R_0 = 4 – опір робочого заземлення нейтралі, Ом.

$$I_л = \frac{220 * 10^3}{3000 + 4} = 73{,}2\ мА$$

Напругу дотику $U_д$ розрахуємо за формулою:

$$U_д = I_л * R_л\ , В$$

$$U_д = 73{,}2 * 10^3 * 3000 = 219\ B$$

Таблиця 5.4.1.1. Допустимі рівні напруг дотику ($U_д$) і струму ($I_л$), що проходить через тіло людини.

	Нормальний режим	Аварійний режим
Напруга дотику, В	2	36
Напруга струму, мА	0,3	6

Порівнявши нормативні значення з розрахунковими, можна зробити висновок, що при порушенні вимог електробезпеки на підприємстві можуть бути випадки ураження електричним сттрумом. Відтак, виробничий цех вважається приміщенням з підвищеною небезпекою.

Електробезпека в проєкті забезпечується низкою заходів:

-ізоляцією струмовідних ділянок;

-захисним розділенням електромереж;

-спеціальними умовними позначеннями на обладнанні;

-захисним заземленням та захисним вимиканням.

5.5.1. Безпека технологічних процесів і обслуговування устаткування

Безпека виробничого обладнання забезпечуватиметься наступними параметрами:

-вибором безпечних конструктивних схем та елементів конструкції;

-застосуванням засобів автоматизації;

-дотриманням ергономічних вимог.

Проєктом передбачено запровадження наступних заходів і засобів :

-захисні огородження;

-аварійна сигналізація;

-дистанційне управління технологічним процесами;

-блоківки безпеки;

-запобіжні захисні засоби (гальмівні пристрої, реле захисту від високого струму, запобіжні клапани).

До технологічного обладнання та робіт на ньому будуть забезпечені наступні вимоги:

-повне обмеження контакту працівників з матеріалами, які мають небезпечну дію;

-комплексна механізація виробництва;

-герметизація обладнання;

-використання засобів захисту працівників;

-раціональність планування цехів та робочих місць;

-дотримання санітарних вимог до обладнання;

-планові інструктажі з охорони праці.

5.6.1. Пожежна безпека

Основними напрямками забезпечення пожежної безпеки є усунення умов виникнення пожежі та мінімізація її наслідків.

Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон здійснюється згідно ДНАОП 0.00-1.32-01.

Усі електричні машини, апарати і прилади, розподільні пристрої, трансформаторні і перетворювальні підстанції, елементи електропроводки, струмоводи, світильники, тощо, використовуються у виконанні, яке б відповідало класу зони з пожежовибухонебезпеки, тобто матиме відповідний рівень і вид вибухозахисту згідно ДНАОП0.00-1.32-01.

Система протипожежного захисту включає:

-пожежні сповіщувачі Артон (пристрій для створення сигналу про пожежу);

-приймальний прилад (засоби пожежної сигналізації, що призначені для прийому інформації від пожежних сповіщувачів);

-засоби пожежогасіння (вогнегасники ВВК-3,5 і ВП-5, пожежний інвентар (пожежні гідранти, покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском).

На підприємстві мають бути розташовані евакуаційні виходи, згідно вимог

ДСТУ ISO 23601:2019. Захист від блискавок досягатиметься встановленням стрижньових блискавковідводів. Передбачено наявність планів евакуації.

РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

6.1. Очищення стічних вод

Одним з головних аспектів застосування гальванічного виробництва є його екологічна небезпека. Використання різноманітних хімічних речовин, у тому числі токсичних, таких як важкі метали, ціаніди, органічні розчинники, обумовлює попадання їх у тверді, газоподібні та рідкі відходи. Проблеми знезараження відходів, зменшення їх кількості або повного їх виключення слід вирішувати при розробці та реалізації технологічних процесів.

6.2. Реагентне очищення стічних вод від Хрому (VI)

Реагентами-відновниками виступають натрієві солі сульфатної кислоти: Na_2SO_3, $NaHSO_3$, $Na_2S_2O_5$, а також натрій дітіонід ($Na_2S_2O_4$).

Як реагенти-відновники найбільше застосовуються натрієві солі сульфатної кислоти - Na_2SO_3, $NaHSO_3$, $Na_2S_2O_5$, а також натрій дітіонід ($Na_2S_2O_4$).

Солі сульфатної кислоти додають до стічних вод у вигляді 10% водних розчинів. Від початкової концентрації Cr^{3+} в стічній воді і величини pH залежить доза відновника. Швидкість і повнота реакцій відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} у великій мірі також залежить від величини pH реакційної суміші. Найбільша швидкість реакцій відновлення досягається при pH = 2-2,5 (кисле середовище), що зазвичай вимагає додаткового підкислення стічних вод 10-15% розчином сульфатної кислоти.

Передозування відновника неприпустиме, перевитрата реагенту навіть на 10% приводить до утворення комплексних солей Хрому(III) і сульфатної кислоти, які не повністю руйнуються при подальшій нейтралізації стічних вод.

Як реагенти-відновники можна також використовувати

- Відходи заліза (у вигляді сталевої стружки, скрапу і тому подібне), стічні води підкислюють до pH=2 після чого фільтрують через шар залізної стружки, що знаходиться в реакторі, при постійному барботуванні повітрям.
- Ферум(III) сульфат. (у вигляді 10% водного розчину вводять в реактор, в який поступають стічні води). На відміну від солей сульфатної кислоти

відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} солями Ферум(II) протікає з достатньо високою швидкістю не тільки в кислому, але і в нейтральному, і лужному середовищах за реакціями:

$$Cr_2O_7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14H^+ > 2Cr^{3+} + 6Fe^{2+} + 7H_2O;$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 3Fe(OH)_2 + 6H_2O > 2Cr(OH)_3 + 3Fe(OH)_3 + 3OH^-.$$

Тому у разі застосування сульфату Fe^{2+} як реагента-відновника попереднє підкиснення стічних вод не потрібне, а для повного відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} необхідний лише незначний надлишок реагента (близько 5% від стехіометричної кількості) незалежно від початкової концентрації Cr^{6+} в стічних водах і величини pH.

Недоліки:

-5-кратне збільшення об'єму твердих осадів, що утворюються при подальшій нейтралізації.

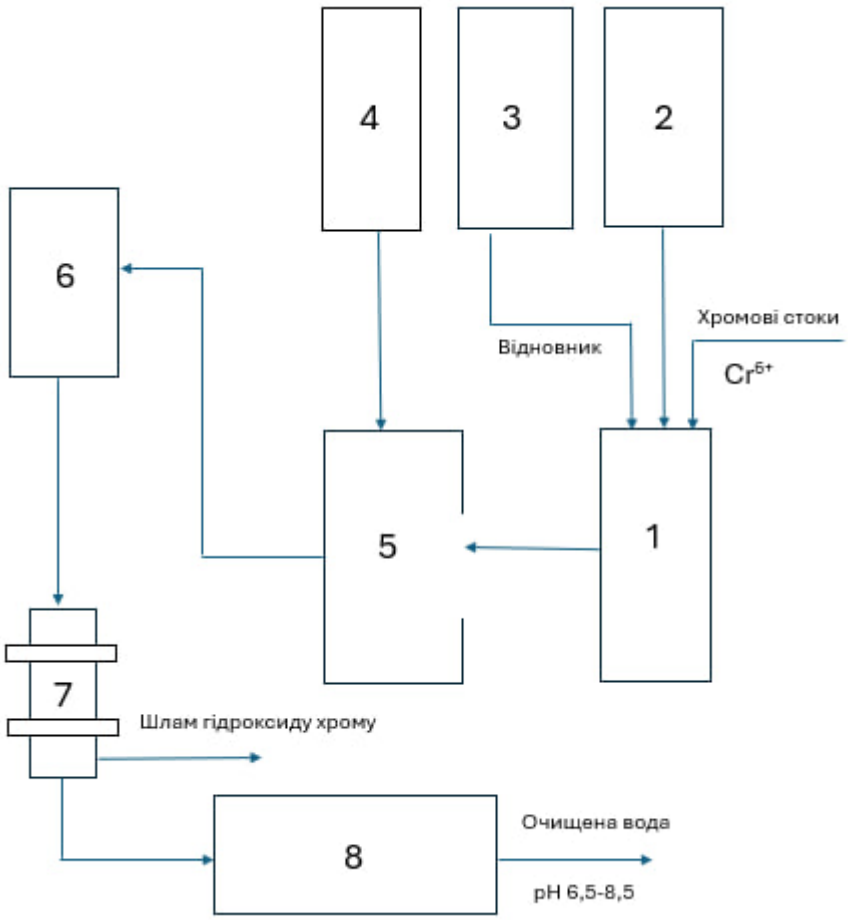


Рис.6.2.1. Принципова схема очищення хромовмістних стічних вод реагентним методом: 1 - реактор-накопичувач хромових стоків; 2 - дозатор кислоти; 3 - дозатор відновника; 4 - дозатор лугу; 5 - реактор-нейтралізатор; 6 – відстійник; 7 - механічний фільтр; 8-реактор-нейтралізатор.

ВИСНОВОК

Розроблено технологічний процес нанесення твердого хромового покриття товщиною 30 мкм на сталеві деталі з метою підвищення їх зносостійкості та твердості.

Для нанесення покриття було обрано розбавлений сульфатний електроліт.

Вибрано ванни для нанесення хромового рокриття, які оснащені бортовими відсмоктувачами ,потужним силовим блоком для подачі струму, нагріваючим елементом . Всередині – футерування, для попередження пошкодження ванни, ззовні - теплоізолюючий шар, який попереджує втрати тепла в навколишнє середовище.

Були проведені розрахунки технологічного процесу (баланс напруги, тепловий баланс, витрати реагентів, води).

Розраховано основні техніко-економічні показники цеху нанесення хромового твердого покриття, наведені відповідні графіки ВРПП.

Запропоновано схему автоматизації процесу нанесення твердого хромового покриття.

Розроблено систему захисту працівників: захист від шуму, вібрації, ураження електрообладнанням з пожежною безпекою згідно ДСТУ та норм виробничого освітлення, вібрації та ураження електричним струмом, пожежної безпеки, підібрані заходи індивідуального захисту для робітників.

Запропоновано схему очищення стічних вод реагентним методом від шестивалентного хрому.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гальванічні покриття у виробництві друкованих плат. Дипломне проектування Навч. посіб. [Текст] / О.В. Лінючева, Л.А. Яцюк, Ю.Ф. Фатєєв, Т.І. Мотронюк, О.І. Букет. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 145 с.

2. 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.

3. Дефекти твердих хромових покриттів. Частина 1. Електрохімічний портал/ Устюгов А.Г., 1990.-9 с.

4. Кислова О. В., Гондзьо О. В. ОСОБЛИВОСТІ ГАЛЬВАНІЧНОГО ХРОМУВАННЯ В ЕЛЕКТРОЛІТАХ РІЗНОГО СКЛАДУ. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ДИЗАЙН. Т. 2, № 27.

5. ГАЛЬВАНОТЕХНІКА. Проектування гальванічних виробництв: навч. посіб. / О.В. Лінючева, Л.А. Яцюк, Т.І. Мотронюк, О.І. Букет, С.В. Фроленкова – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 147 с.

6. Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с.

7. Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 4,7 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с

8. Екологічна безпека гальванотехніки. Стічні води. Механічна та сорбційна очистка [Електронний ресурс] : підручник для студ. кваліфікації 2146.2 – інженер – технолог (хімічні технології) та 2149.2 – інженер – дослідник (хімічні технології) спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів» / М.І. Донченко, С.В. Фроленкова, Т.І. Мотронюк ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,89 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 202 с.

9. Економіка, організація та управління хімічних підприємств: Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / О. А. Підлісна, Н. М. Покровська ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 130 с.

10. Основи процесів осадження і розчинення металів. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавр за освітньою програмою «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. І. Мотронюк, Д. Ю. Ущаповський, О. В. Лінючева, С. В. Фроленкова, М. В. Бик. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,49 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 116 с. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48690

11. Гальванопластика. Лабораторний практикум. Видання оновлене та доповнене [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Д. Ю. Ущаповський, Т. І. Мотронюк. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,14 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 119 с. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65736

12. Технологія нанесення гальванічних покриттів. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» спец. 161 Хімічні технології та інженерія / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т.

І. Мотронюк, О. В. Косогін, М. В. Бик, С. В. Фроленкова, Д. Ю. Ущаповський. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.21 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 111 с. – https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62955

13. Технологія нанесення неметалевих покриттів та виробництво плат друкованого монтажу [Електронний ресурс] : підручник / Л. А. Яцюк, О. В. Косогін, Д. Ю. Ущаповський, О. В. Лінючева, Ю. Ф. Фатєєв ; КПІ ім Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 330 с. – Назва з екрана. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/24954