

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

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології електрохімічних виробництв

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

_____ Олександр БУКЕТ

«__»__ 06_____ 2022 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 в приладобудуванні. Розробка технології
нанесення глянцевого блискучого хромового покриття на елементи
апаратури для використання в агресивних середовищах»**

Виконав :

студент Корженівський Олександр Андрійович

IV курсу, групи ХЕ-81 _____

Керівник:

доцент, к.х.н.

Бик Михайло Володимирович _____

Консультант з

Охорони праці: Полукаров Юрій Олексійович доц., к.т.н. _____

Економічна частина: Підлісна Олена Анатоліївна доц., к.т.н. _____

Автоматизація: Жураковський Ярослав Юрійович доц., к.т.н. _____

Рецензент: Косогіна Ірина Володимирівна доцент кафедр и ТНР, В та
ЗХТ, к.т.н. _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2022 року

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

_____ Олександр БУКЕТ

«__» ____ 06 _____ 2022р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Корженівського Олександра Андрійовича

1. Тема проєкту «Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології нанесення глянцевого блискучого хромового покриття на елементи апаратури для використання в агресивних середовищах», керівник проєкту Бик Михайло Володимирович, доцент, к.х.н., затверджені наказом по університету від « 01 » червня 2022 р. № 820-с.

2. Термін подання студентом проєкту 14 червня 2022 року _____

3. Вихідні дані до проєкту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Електроліт саморегулюючий для блискучого хрому. Продуктивність 7500 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	Підлісна О.А. доц.,к.т.н.		
Автоматизація	Жураковський Я.Ю. доц.,к.т.н.		

7. Дата видачі завдання 28 квітня 2022року_____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Характеристика деталей ,що підлягають обробці.	До 20.05.2022	виконано
2.	Вибір виду покриття	До 22.05.2022	виконано
3.	Вибір підготовчих операцій	До 24.05.2022	виконано
4.	Вибір складу електроліту для покриття плат	До 24.05.2022	виконано
5.	Складання карти технологічного процесу	До 25.05.2022	виконано
6.	Складання схеми очищення стічних вод	До 29.05.2022	виконано
7.	Складання схеми автоматизації основного процесу.	До 30.05.2022	виконано
8.	Виконання економічних розрахунків	До 05.06. 2022	виконано
9.	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	До 06.06.2022	виконано
10.	Оформлення пояснювальної записки	До 07.06.2022	виконано
11.	Оформлення графічної частини проєкту	До 08.06.2022	виконано

Студент

Олександр КОРЖЕНІВСЬКИЙ

Керівник

Михайло БИК

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Гальванічні покриття в приладобудуванні.
Розробка технології нанесення глянцевого блискучого
хромового покриття на елементи апаратури для
використання в агресивних середовищах»

Київ – 2022 року

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології нанесення глянцевого блискучого хромового покриття на елементи апаратури для використання в агресивних середовищах»

Корженівський О.А. – Київ: «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ–81 Дипломний проект, 2022 рік, кількість сторінок – 73 , таблиць – 21 , рисунків – 5 , джерел – 11.

У проекті розроблено технологію нанесення захисного хромового покриття на деталь хімічної апаратури, що працюватиме у жорстких умовах хімічної лабораторії із товщиною блискучого глянцевого шару хрому товщиною 18 мкм. Таке покриття сприяє підвищенню корозійної стійкості деталі, а також надає їй привабливого зовнішнього вигляду. Хром осаджується у саморегулюючому електроліті за катодної густини струму 45 А/дм^2 і температури 55°C . У проекті наведені технологічні розрахунки, а також схеми і креслення обраної деталі та обладнання, розроблена схема автоматичного регулювання процесу хромування. Проведено розрахунки економічної частини організації виробництва. Розроблена схема очищення стічних вод реагентним методом, перелічені шкідливі фактори виробництва та способи уникнення їх впливу при дотриманні техніки безпеки.

Ключові слова: гальванічні покриття, хромування, гальванічна ванна, стаціонарна ванна, баланс напруги, електроліт, електроліз, стічні води.

					ДП ХЕ8105.1450.000 ПЗ						
Зм.	Арк	№ доквм.	Підпис	Дата							
Розроб.	Корженівський				Пояснювальна записка			Літ	Лист	Листів	
Перевір.	Бик									6	73
								«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ-81			
Н. Контр.											
Затв.	Букет										

ABSTRACT

"Galvanic coatings in instrument making. Development of technology for applying a glossy shiny chrome coating on equipment elements for use in aggressive environments "

Korzhenivsky AA - Kyiv: "Kyiv Polytechnic Institute. Igor Sikorsky », HTF, HE-81 Diploma project, 2022, number of pages - 73, tables - 21, figures - 5, sources - 11.

The project developed a technology for applying a protective chrome coating on a part of chemical equipment that will work in harsh conditions of a chemical laboratory with a thickness of a shiny glossy layer of chromium with a thickness of 18 μm . Such coating increased the corrosion resistance of the part, as well as gives it an attractive appearance. Chromium is deposited in the self-regulating electrolyte at a cathode current density of 45 A/dm² and a temperature of 55°C. The project provides technological calculations, as well as diagrams and drawings of the selected part and equipment, developed a scheme of automatic control of the chrome plating process. Calculations of the economic part of the production. The scheme of sewage treatment by the reagent method is developed, the harmful factors of production and ways of avoiding their influence at observance of safety measures are listed.

Key words: galvanic coatings, chrome plating, galvanic bath, stationary bath, voltage balance, electrolyte, electrolysis, wastewater.

					ДП ХЕ8105.1450.000 ПЗ	АБК
						5
Зм.	Лист	№ локум.	Пілпис	Лата		

ЗМІСТ

ВСТУП	8
Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1. Характеристика деталі, що підлягає обробці	9
1.2. Вибір виду покриття	10
1.3. Вибір підготовчих операцій	11
1.4. Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття	13
1.5. Вибір завершальних операцій	20
1.6. Методи контролю якості	18
Розділ 2. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	22
2. 1. Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання цеху	22
2.2. Вибір виду обладнання для нанесення гальванічного покриття, розрахунок кількості та габаритних розмірів	244
2.4. Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження	25
2.5. Баланс електрики	30
2.6. Баланс напруги	33
2.7. Вибір джерела струму	33
2.8. Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії	34
2.9. Визначення витрат реактивів і матеріалів	37
2.10. Ескіз основного та супутнього обладнання	46
Розділ 3. АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ХРОМУВАННЯ	48
3. 1. Опис технологічної схеми процесу	48
3. 2. Процес нанесення хромового покриття, як об'єкт автоматизації	49
Розділ 4. АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ХРОМУВАННЯ	22

4.1. Визначення оптимального виду руху предметів праці.	22
4.2. Розрахунок витрат електроенергії.	22
4.3. Витрати сировини на покриття однієї партії деталей.	22
Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	22
5.1. Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектованому об'єкті. Заходи з охорони праці.	22
5.1.1. Повітря робочої зони.	55
5.1.2. Виробниче освітлення.	59
5.1.3. Захист від виробничого шуму та вібрації.	22
5.1.4. Електробезпека.	22
5.1.5. Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання.	22
5.2. Пожежна безпека.	63
Розділ 6. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД	55
Розділ 7. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	69
ВИСНОВОК	Помилка! Закладку не визначено. 1
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	722
ДОДАТОК А	22
ДОДАТОК Б	22

ВСТУП

Гальванічне покриття різними металами і сплавами використовується у багатьох галузях промисловості для захисту деталей від корозії та надання різних функціональних властивостей: підвищеної поверхневої світловідбиваючої здатності, твердості, антифрикційних властивостей, зносостійкості тощо. За вартістю одержання, механічними властивостями, та функціональними властивостями гальванічні покриття перевершують усі інші способи одержання металічних покриттів для зміни стану поверхні. Однією з переваг гальванічного нанесення покриттів є можливість регулювання товщини покриття за рахунок зміни часу нанесення покриття та густини струму електролізу.

Гальванічне хромування має дуже широку область використання від тонких декоративних покриттів до товстих покриттів із регульованою структурою для забезпечення певних функціональних властивостей. Таке покриття відрізняється високою зносостійкістю, твердістю, міцністю, хімічною і термічною стійкістю. Також хромове покриття не тьмяніє і не змінює колір навіть при нагріванні. Хромове покриття застосовують також і для захисту від корозії.

Метою дипломного проекту є розробка технології нанесення блискучого глянцевого хромового покриття на сталеві деталі продуктивністю 7,5 тис. м² на рік. Підібрані оптимальні умови процесу, за яких можна одержати якісне покриття, що надійно захищає деталі від корозії, має декоративні властивості та підвищує зносостійкість деталі.

Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Характеристика деталі, що підлягає обробці

Кріпильна деталь – це фактично спеціальний елемент для закріплення решти деталей на обладнанні у хімічній лабораторії, а саме кріплення у роторному випарювачі. Деталь знаходиться в помірно континентальному кліматі в постійному контакті з атмосферним повітрям та вологістю до 80%. Кріплення знаходиться під дією випарів агресивних речовин, зокрема мінеральних кислот, за невисокого атмосферного тиску. Беручи до уваги характерність розміщення деталі саме у хімічній лабораторії, де вона постійно контактує з парами мінеральних кислот, за категорією розміщення деталей відноситься до групи жорстких умов експлуатації.

Конструкція складається із пластини шириною 48 мм довжиною 78 мм, а товщина самої пластини складає 3 мм. Також на пластині міститься 7 отворів для шурупів, діаметр яких складає 5 мм. Матеріал деталі сталь, маса деталі 0,3 кг, а покривна площа складає 0,37 дм².

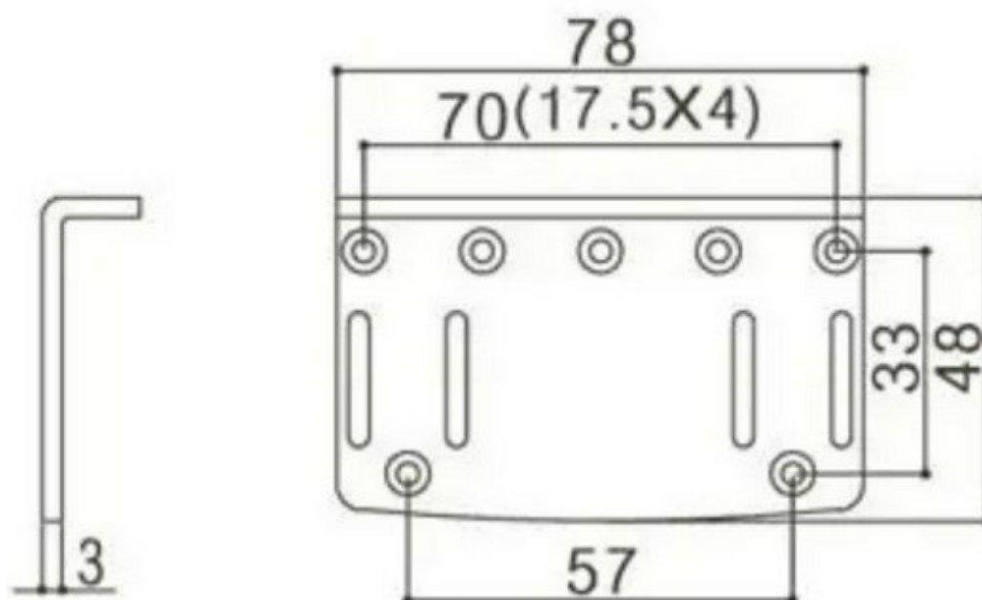


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

1.2. Вибір виду покриття

Хромові покриття використовують в якості захисно-декоративного та корозійно-стійкого покриття, що експлуатується в умовах тертя. Метал сріблясто-білого кольору з блакитним відтінком і має високу хімічну стійкість, твердість, зносостійкість.

Покриття, що містять хром в якості зовнішнього захисного шару, в атмосферних умовах закономірно вкриваються тонкою і міцною оксидною плівкою, саме за рахунок цього хром відрізняється своєю високою корозійною стійкістю ($E_{cr} \rightarrow 0,2 \text{ В}$) і тривалий час зберігає колір і блиск. До особливостей хромових покриттів також відносять те, що вони не окиснюються на повітрі та зберігають свої властивості навіть при нагріванні до 450...500 °С.

Оскільки деталь використовуватиметься не як декоративна, а як елемент кріплення і економія металу тут є недоцільною, тому прийнято рішення нанесення товстого хромового покриття (18 мкм), а підкладки з міді та ніколу нанесено не буде, оскільки хоч хромове покриття є досить пористим, але велика товщина дозволить зарощувати усі пори. Глянцеве гладеньке покриття дозволить не затримуватися мікрокраплинам випарів агресивних кислот, наприклад нітратної або хлористоводневої, воно не дозволить проникати цим речовинам у глибину покриття, що зумовить його швидку руйнацію. Також на блискучому покритті краще видно забруднення агресивними речовинами, ніж наприклад на пористому покритті, а тому за рахунок того, що вони швидше були помічені їх можна швидше видалити з поверхні деталі.

Деталі, що піддаються обробці перед нанесенням покриття, повинні відповідати вимогам, які конкретизовані у ГОСТ 9.301 та у ГОСТ 2789-73. Саме таким чином з'являється можливість отримання максимальної кількості якісних покриттів, що відповідають поставленій задачі.

					ДП ХЕ8105.1450.000 ПЗ	Арк
						10
Зм	Лист	№ локум	Пілпис	Лата		

1.3. Вибір підготовчих операцій

Перед початком процесу гальванічного нанесення покриття, оброблювальні деталі отримують у кладовій та попередньо проводиться контроль робітником стану поверхні 2-5 % деталей. При цьому не допускається: наявність шару мастила, емульсії, металевої стружки, задирок, пилу і продуктів корозії, проникнення частинок іншого матеріалу (ГОСТ 9.301). Поверхня кованих деталей повинна бути без газових раковин, шламів, спаїв, недоливів і тріщин.

Чистота поверхні деталі є дуже важливим фактором при її підготовці перед початком реалізації усіх послідовних операцій, який відіграє вирішальну роль в отриманні якісного функціонального тришарового покриття мідь-нікель-хром. Від її чистоти залежить міцність зчеплення поверхні з основою, корозійна стійкість, зносостійкість.

Хімічне знежирення. Даний тип знежирення деталей базується на обробці в лужних розчинах, здатності лужних розчинів та солей лужних металів омилювати й емульгувати жири та масла, після чого вони змиваються з поверхні деталей.

Суцільна плівка масел на поверхні деталей розривається при зануренні в лужний розчин, що містить ПАР, масла збираються в краплі і відриваються від поверхні металу.

Склад розчину для знежирення (г/дм³):

Натрій гідроксид техн..(ГОСТ 2263-79) – 20...40

Сода кальцинована техн.. (ГОСТ 5100-73) – 15...35,

Три натрій фосфат техн.. (ГОСТ 201-76) – 20...35,

Синтанол техн. (ГОСТ: 2483-89) – 3..5,

Температура розчину 70 – 80 °С. Тривалість обробки 20 хвилин.

Після знежирення поверхні деталі промивають теплою водогінною водою, що має температуру 50...60 °С. Процес відбувається протягом 0,2...0,5 хв у ванні теплового промивання. Після чого деталі промивають ще

проточною холодною водогінною водою у ванні холодного промивання, що має температуру 18...25 °С впродовж 0,25...0,5 хв.

Травлення хімічне. В загальному процес травлення – це процес видалення оксидних плівок та інших хімічних сполук з поверхні деталей в розчинах кислот, солей або лугів. При цьому відбувається виявлення структури. На поверхні чорних металів (наприклад, заліза) можуть знаходитись різні оксиди та гідроксиди.

Розчин травлення повинен швидко розчиняти оксидну плівку, але не взаємодіяти з металом основи. Тому травлення проводять у хлоридній кислоті, Швидкість розчинення оксидів в HCl збільшується з ростом її концентрації.

Склад розчину травлення (г/дм³):

Кислота соляна (ГОСТ 857-78) – 200...250

Інгібітор уротропін – 3...5.

Дану операцію проводять за температури 18 – 25° С, а час 20 – 40 хвилин. Після цього деталі знову обов'язково промивають у холодній проточній воді за температури 18..25 °С впродовж 0,2 – 0,5 хвилин.

Хімічна активація поверхні деталі. Активація поверхні деталей - це процес видалення тонких плівок оксидів або солей, що утворилися в процесі знежирення, промивання, транспортування деталей та виявлення кристалічної ґратки металу основи перед нанесенням покриттів. Активація проводиться безпосередньо перед осадженням самого покриття.

Склад розчину, в якому проводиться активація поверхні (в г/дм³):

Кислота сірчана (ГОСТ 2184 – 82) – 50...100.

Цей процес триває протягом 0,25 – 0,5 хвилин за температури 18 - 25° С. Після чого деталі промиваються у холодній проточній воді впродовж 0,25 – 0,5 хвилин.

1.4. Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття

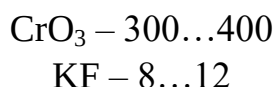
При промисловому отриманні гальванічних хромових покриттів широкого застосування знайшли саме водні розчини хромового ангідриду з введенням додаткових тих чи інших сполук та аніонів. В залежності від природи доданих речовин, а саме аніонів електроліти гальванічного хромування поділяються на:

- сульфатні,
- фторидні,
- сульфатно-кремнійфторидні (саморегулюючі),
- тетрахроматні.

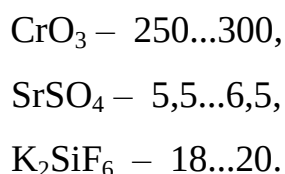
Сульфатний електроліт хромування у своєму складі містить як основне джерело іонів хрому - хромовий ангідрид та сульфатну кислоту, а співвідношення їх концентрацій в обов'язковому порядку складає саме 100 : 1, а це в свою чергу забезпечує осадження якісних покриттів хрому з максимальним виходом за струмом. Зменшення концентрації сульфатної кислоти призводить до осадження сірих та неякісних хромових покриттів, а її збільшення зумовлює формування більш дрібнозернистих блискучих осадів [1]. Перевагою сульфатних електролітів є їх низька корозійна агресивність по відношенню до сталі та свинцю в якості анодного матеріалу, а також відносна дешевизна матеріалів [1]. А до основних недоліків вказаних електролітів відносяться низькі значення виходу за струмом і розсіювальної здатності.

Фторидний електроліт хромування містить замість сульфат-іону фторид-іони. Дані електроліти можуть добре використовуватись для хромування дрібних деталей в електролізерах ковпакової чи барабанної конструкцій [2]. Основними перевагами фторидних електролітів у порівнянні із сульфатним електролітом, є більший вихід за струмом утвореного хрому, вища розсіювальна здатність, можливо реалізувати електроліз за відносно низькій густині струму (2,5...12 А/дм²) і невисокій

температурі (18...35 °C) [2]. Але низька ступінь використання фторидних електролітів зумовлена їх підвищеною токсичністю та агресивністю. Також, під час електролізу на свинцевих анодах утворюється пасивуюча плівка фториду свинцю (II), що призводить до збільшення напруги на ванні та пришвидшення зношування анодів. Можливий склад фторидного електроліту хромування, (г/дм³) [2]:



Сульфатно-кремній-фторидний електроліт хромування містить у своєму складі додаткові аніони у складі сполук з обмеженою розчинністю, а саме, таких як стронцію сульфат та гексафторосилікат калію або кальцію фторид. Постійна концентрація аніонів у розчині підтримується за рахунок стану їх рівноваги із надлишком відповідних солей, тобто за відсутності аніонів у розчині, осад солей починає розчинятись, і за рахунок цього поповнює склад розчину. До основних переваг саморегулюючих електролітів відносяться їх досить висока стабільність в роботі, швидкість осадження хромового покриття та розсіювальна здатність, яка є ще більшою, ніж в сульфатних електролітах [3]. Але саморегулюючі електроліти мають ті ж самі недоліки, що мають фторидні електроліти хромування. Дрібнокристалічність осаду в порівнянні з сульфатним електролітом є вищою, що може дозволити отримувати більш блискучі та глянцеві покриття. Приклад складу саморегулюючого кремній-фторидного електроліту хромування, (г/дм³) [2]:



Тетрахроматний електроліт хромування, у порівнянні із сульфатним електррлітом, тетраchromатний містить у своєму складі іони хрому у вигляді тетраchromату натрію ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 4\text{CrO}_3$), що призводить до осадження хрому з виходом за струмом, що є близьким до 30 % [4]. Тетрахроматні електроліти мають високу розсіювальну здатність, а також здатні працювати працюють за кімнатної температури. Але отримані хромові покриття характеризуються низькою твердістю, хоч і є пластичними та є мінімально пористісти, тому такий електроліт використовується тільки для як для утворення хромових осадів з ціллю отримання захисно-декоративного покриття. Приклад складу тетраchromатного електроліту хромування, (г/дм³) [5]:

CrO_3 – 350...400,

NaOH – 40...60,

H_2SO_4 – 2,5...3.

Для процесу гальванічного нанесення блискучого, глянцевого хромового покриття *сульфатно кремній-фторидний електроліт хромування*, (г/дм³):

CrO_3 – 250...300,

SrSO_4 – 5,5...6,5,

K_2SiF_6 – 18...20.

Електроліз проводиться при катодній густині струму (45) А/дм² та температурі (55) °С, час осадження складає 31 хвилину.

Покриття з обраного електроліту матимуть достатній ступінь блиску за рахунок утворення дрібнокристалічних осадів, що обумовлено високою розсіювальною здатністю електроліту. Також за рахунок того, що електроліт є саморегулюючим забезпечується висока стабільність при тривалому використанні, що дозволить зекономити на реактивах і не готувати електроліт новий в процесі простоювання гальванічних ван, оскільки кріпильні елементи у роторних випарювачах власне як і сам роторний випарювач не є обладнанням широкого вжитку, а тому великої кількості та

постійної роботи гальванічної ванни при нанесенні хромового покриття для цих цілей не потрібно.

Приготування сульфатно-кремнієво-фторидного електроліту хромування.

Необхідно розчиняють у воді хромовий ангідрид, а далі визначити концентрацію в електроліті CrO_3 та SO_4^{2-} . У тому випадку, якщо є надлишок іону SO_4^{2-} , то його нейтралізують шляхом додавання карбонату стронцію. Після введення усіх компонентів електроліту, електроліт підігрівають до температури $60\ldots 70^\circ\text{C}$ та перемішують до повного розчинення усіх компонентів електроліту. Вказану температуру підтримують протягом однієї доби, а далі охолоджують близько двох трьох годин.

Аналіз електроліту хромування проводиться за відповідними методиками [6], наведеними у додатку А, за якими визначається вміст хромового ангідриду, утвореного хрому (III) [5], сульфат-іонів, заліза.

Коригування електроліту проводиться згідно ОСТ 107.460092.001-86 один раз на тиждень, визначаючи вміст основних компонентів електроліту. Аналіз на вміст домішок проводиться один раз на місяць. Гранична концентрація домішок, (г/дм³): заліза – до 8. Хоча електроліт є саморегулюючим, але у випадку повного виснаження електроліту за компонентами то проводиться коригування за результатами аналізу додаванням основних компонентів до необхідної концентрації. Для цього розрахована кількість хромового ангідриду розчиняється у невеликому об'ємі електроліту в окремій ємкості, а потім цей розчин декантують у ванну хромування. Додається необхідна кількість сульфату стронцію та гексакремнійфториду калію. Постійна концентрація аніонів у розчині підтримується за рахунок стану їх рівноваги із надлишком відповідних солей, тобто за відсутності аніонів у розчині, осад солей починає розчинятись, і за рахунок цього поповнює склад розчину.

Аноди для процесу хромування виготовляються зі свинцево-стибієвого сплаву марки Ссу8. Для їх завішування на анодну штангу використовують мідні пласкі гачки, які вкладаються у сплав при його відливанні у форми анодів. Введення добавки стибію до свинцю збільшує його корозійну стійкість і, відповідно, термін експлуатації анодів. Хромові аноди використовувати недоцільно, оскільки вони є досить крихкими та важко оброблюються.

1.5. Вибір завершальних операцій

Уловлювання реалізовано в непроточній воді протягом 0,25...0,5 хвилини при температурі навколишнього середовища. Операція проводиться з метою зменшення втрати електроліту у ваннах промивання, а тим самим, обумовлює менші витрати реагентів на очистку хромвмісних стічних вод [7].

Промивання холодне реалізовано в проточній воді впродовж 0,25...0,5 5 хвилини при температурі навколишнього середовища. Для збільшення ефективності промивання деталей від електроліту, що містить сполуки хрому (VI), дана операція може бути реалізована двічі (у двох окремих ваннах з однаковою температурою води та тривалістю обробки).

Сушіння проводиться у сушильній ванні протягом 10...20 хвилин при температурі 90...110 °С. В кінці усіх операцій, після демонтажу деталей з підвісного пристрою, знімаються ізоляційні втулки з кожної деталі та проводиться контроль якості покриття.

1.6. Методи контролю якості

Контроль якості покриття. Для контролю якості відбирати 0,1 % ... 0,5 % деталей з кожних 100 - 200 деталей, але не менше 2 деталей на добу.

Методи визначення адгезії. Зовнішні ознаки низької адгезії: здуття, бульбашки, локальне відшарування покриття.

Випробування осадків товщиною не більше 20 мкм -30 мкм відбувається за методами полірування або крацювання шляхом короточасного (15 с), але інтенсивного полірування поверхні на полірувальному кругу із застосування полірувальної пасти або крацювання поверхні дратовими щітками [8]. Показником високої адгезії являється відсутність здуття на покритті або локального відшарування.

Контроль зовнішнього виду покриття проводиться шляхом оглядання стану поверхні деталей неозброєним оком на відстані 25 см у приміщенні з освітленням не менше 300 люкс (тобто при використанні ламп розжарювання). Колір покриття має бути сріблястим, блискучим та добре відбивати світло згідно ГОСТ 9.301-86. Осад хрому повинен бути гладким, рівномірним по товщині на всій поверхні, не має бути дендритів, здуття та відшарувань покриття. На поверхні деталі, яка покривається, допускається: - відсутність покриття в місцях монтування, які знаходяться на неробочій поверхні деталі; - наявність ділянок матових та блискучих осадів, нерівномірність кольору покриття, оскільки ці ділянки відкидаються.

Контроль товщини покриття проводиться в місцях, які не мають дефектів поверхні, на доступних ділянках, віддалених не менше ніж на 5 мм від країв, отворів та місць монтування контакту. Для контролю відбирається від 0,1 до 1 % деталей, але не менше трьох штук. Товщина шару хромового покриття визначається за допомогою товщиноміра магнітного МТ-41НЦ. У впадинах допускається зменшення товщини покриття не більше ніж на 50 % порівняно із середньою товщиною покриття.

Контроль міцності зчеплення покриття проводиться за допомогою методу полірування або нагріву. Для методу полірування застосовуються круги з бязі або фетру та паста ГОІ. Поверхня полірується не менше 15 секунд при швидкості полірування 20...30 м/с. Після полірування на поверхні не повинно бути здуття та відшарування покриття. При застосуванні методу нагріву деталі зі сталі нагріваються до (300 - 400) °С, витримуються протягом однієї години та охолоджуються на повітрі. На поверхні не повинно бути здуття та відшарування покриття.

Основні види браку та неполадки при гальванічному осадженні хрому
наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Неполадки при хромуванні із саморегулюючого електроліту [1]

№ п/п	Неполадки	Причини появи
1	Відшарування покриття	- неякісна підготовка поверхні; - не прогріті деталі; - перерив струму;
2	Не повністю покриття покриває поверхню деталей	- не використано «поштовх струму»; - низька густина струму; - екранування іншими деталями; - невдале розташування анодів; - утворення «газових мішків»;
3	Велика напруга на ванні	- утворення щільної плівки на аноді; - багато іонів Cr^{3+} або Fe^{3+} ; - поганий контакт;
4	Темні осади хрому; припинення осадження хрому; розчинення свинцевої футеровки;	- нітрат-іони в електроліті;
5	Швидке накопичення в електроліті Cr^{3+}	- анодна густина струму значно більша катодної;
6	Покриття матові, важко поліруються	- недостатньо CrO_3 ; - велика катодна густина струму або низька температура; - низька концентрація сульфатної кислоти; - надлишок Cr^{3+} ; - нестача
7	Низька швидкість осадження хрому	- низька катодна густина струму; - висока концентрація CrO_3 ; - надлишок сульфатної кислоти; - поганий контакт; - наявність хлоридної або нітратної кислот.
8	Поява дрібних чорних точок	- нестача SrSO_4

Зняття недоброякісних покриттів. Хромове покриття видаляється анодним розчиненням у водному розчині гідроксиду натрію ($50 \dots 100 \text{ г/дм}^3$) при температурі до 60°C та густині струму $5 \dots 10 \text{ А/дм}^2$. Після зняття хрому та перед його повторним нанесенням необхідно проводити зневоднення (протягом $2 \dots 3$ годин за температурі $200 \dots 230^\circ\text{C}$)

Карта технологічного процесу наведена в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – *Карта технологічного процесу покриття хромом сталевий деталі*

№ п/п	Операція	Склад розчину і концентрація		Режим				
		Найменування та хімічна формула компонентів	г/дм ³	Час обробки, хв.	Температура, °C	Густина струму, А/дм ²	pH	Примітки
010	Контроль							
020	Монтаж деталі на підвіску							
030	Знежирення хімічне	NaOH Na ₂ CO ₃ Na ₃ PO ₄ синтанол	20-40 15-35 20-35 3-5	20	70-80			
040	Промивка тепла			20	50-60			
050	Промивка холодна			0,25...0,5	18...25			
060	Травлення	HCl Уротропін	200... 250 3...5	20...40	18...25			
070	Промивка холодна			0,25...0,5	18...25			
080	Активация хімічна	H ₂ SO ₄	50...100	0,25...0,5	18...25			
090	Промивка холодна			0,25...0,5	18...25			
100	Хромування електрохімічне	CrO ₃ SrSO ₄ K ₂ SiF ₆	250-300 5,5-6,5 18-20	31	55	45-60		
110	Уловлювання			0,25...0,5	18...25			
120	Уловлювання			0,25...0,5	18...25			
130	Промивка холодна			0,25...0,5	18...25			
140	Сушка			10...20	90...110			
150	Демонтаж							
160	Контроль							

Розділ 2. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

2. 1. Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання цеху

Гальванічні цехи проектують, як правило, із розрахунку їх роботи у дві зміни. Для невеликих виробництв з неповним навантаженням приймають роботу в одну зміну [9].

Вихідними даними для визначення фонду часу роботи обладнання є режим роботи підприємства і неминучі втрати часу на ремонт і наладку обладнання. Розрізняють номінальний річний фонд часу роботи обладнання (T_n) і дійсний річний фонд часу роботи обладнання (T_d).

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання T_n при переривчастому виробництві приймають рівним кількості календарних днів у році T_k (365) за вирахуванням вихідних T_v (105) та святкових T_c (11) днів. Для п'ятиденного 40-годинного робочого тижня при двозмінній роботі (дані для розрахунку взяті за 2022 рік):

$$T_n = ((365 - 11 - 105) \cdot \frac{40}{5} - 8) \cdot 2 = 3968 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання T_d визначаємо, виходячи із T_n з урахуванням загальних річних витрат часу на неминучі простої обладнання, які в гальванічному виробництві при роботі автоматизованому обладнання у дві зміни складають 3% ($K_{пр}$)

$$T_d = T_n - K_{пр} \cdot T_n = 3968 - 0,03 \cdot 3968 = 3849 \text{ год}$$

2.2. Вибір виду обладнання для нанесення гальванічного покриття, розрахунок його кількості та габаритних розмірів

Вид обладнання вибирають, виходячи із розмірів оброблюваних виробів та особливостей технологічного процесу. Для нанесення покриття на деталь процес здійснюють у гальванічних ваннах, обладнаних підвісними пристроями.

Для розрахунку обладнання необхідно знати:

- річна виробнича програма: $7500 \text{ м}^2 \cdot \text{рік}^{-1}$;
- час обробки однієї завантажувальної одиниці (підвіска з деталями) з урахуванням часу на завантаження і вивантаження τ , хв;
- товщина покриття на деталях: 18 мкм;
- тривалість обробки однієї завантажувальної одиниці (підвіски) τ складається із двох величин:

$$\tau = \tau_m + \tau_{об}$$

де τ_m — технологічний час (час обробки деталей у ванні), $\tau_{об}$ — час обслуговування, необхідного для завантаження деталей у ванну та їх вивантаження, приймають 1...3 хвилини [10].

$$\tau_m = \frac{\delta \cdot d_m \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{V_{cm} \cdot K_e \cdot i_k} \text{ хв.}$$

$$\tau_m = \frac{18 \cdot 7,2 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0,18 \cdot 0,324 \cdot 45} = 30 \text{ хв}$$

де $\delta = 18 \text{ мкм}$ — товщина покриття; $d_m = 7,2 \text{ г/см}^3$ — густина металу покриття;

$V_c = 0,18$ — катодний вихід за струмом; $K_e = \frac{52}{6 \cdot 26,8} = 0,324 \text{ г/(А*год)}$ — електрохімічний еквівалент хрому; $\tau_{об} = 2 \text{ хв}$ — час обслуговування, необхідний для завантаження деталей у ванну та їх вивантаження; $i_k = 45 \text{ А/дм}^2$ — середня катодна густина струму.

$$\tau = 30 + 2 = 32 \text{ хв}$$

На основі дійсного річного фонду часу роботи обладнання T_d та тривалості обробки одного завантаження ванни τ визначаємо кількість оброблюваних завантажень n :

$$n = \frac{T_d * 60}{\tau * K_{об}}$$

$K_{об}$ - коефіцієнт, що враховує затрати часу на початковий запуск обладнання, кінцеве вивантаження ванни і на допоміжні операції;

$$n = \frac{3849 * 60}{32 * 1,05} = 6873$$

Тоді разове завантаження усіх ванн Y_c , м²:

$$Y_c = \frac{P_p}{n}$$

$$Y_c = \frac{7650}{6873} = 1,11 \text{ м}^2$$

Після цього, у залежності від розмірів деталей, які передбачається обробляти, і наявного гальванічного обладнання, встановленого в цеху, розраховують кількість обладнання та його габаритні розміри.

2.3. Визначення виробничої програми обладнання

Для визначення річної виробничої програми P_p річне виробниче завдання P_z необхідно збільшити на величину виправного браку виробів, який складає 2% ($K_{бр} = 0,02$) від P_z (квадратні метри площі)

$$P_p = P_z + K_{бр} P_z = 7500 \text{ м}^2 + 0,02 \cdot 7500 \text{ м}^2 = 7650 \text{ м}^2$$

Добова виробнича програма складає:

					ДП ХЕ8105.1450.000 ПЗ	Арк
						24
Зм.	Лист	№ локум.	Пілпис	Лата		

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_p}{T_{\text{доб}}} = \frac{7650}{251} = 30,47 \frac{\text{м}^2}{\text{день}},$$

де $T_{\text{доб}}$ – кількість робочих днів у календарному році.

Годинна виробнича програма $P_{\text{год}}$ визначається як

$$P_{\text{год}} = \frac{P_p}{T_d} = \frac{75150}{3849} = 1,99 \text{ м}^2/\text{год}$$

2.4. Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання

Гальванічну ванну обирають згідно з ГОСТ 23738-85, з врахуванням розмірів завантажувальних деталей, а матеріал ванни підбирають, врахувавши склад електроліту та умови електролізу. Основною складовою ванни для хромування є хромовий ангідрид. Крім того, необхідний так званий каталізатор, яким в традиційних ваннах є сірчана кислота. Необхідність застосування досить високих температур і струму великої щільності вимагає обладнання ванн для хромування ефективною витяжною системою. Навіть ванни, які не перебувають під струмом, але при робочій температурі, виділяють шкідливі для людського організму пари. Великий вміст хромового ангідриду тягне за собою значні втрати за рахунок виносу електроліту з ванни з деталями. Ванни уловлювання є неминучою необхідністю. Часто застосовують дві промивки. Гальванічні ванни хромування футеровані зсередини полівінілхлоридом. Зовнішній матеріал ванни – сталь.

Отож, внутрішні розміри ванни відповідають наступним значенням (мм):

$V = 0,5 \text{ м}^3$ – об'єм ванни; $B = 0,5 \text{ м}$ – ширина ванни; $L = 0,8 \text{ м}$ – довжина ванни; $H = 0,5 \text{ м}$ – висота ванни.

Виходячи із габаритних розмірів електролітичної ванни, визначають довжину l_n та висоту h_n підвісного пристрою, м:

$$l_n = l - 2l_1 = 0,8 - 2 \cdot 0,12 = 0,56 \text{ м},$$

де l – внутрішня довжина ванни, м; l_1 – відстань від краю підвіски до

стілки ванни (приймаємо 0,12м).

$$h_{\text{п}} = h - h_1 - h_2 - h_3 = 0,5 - 0,1 - 0,05 - 0,1 = 0,25 \text{ м},$$

де h – внутрішня висота ванни, 1 м; h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски, 0,1 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 (0,1 м).

Визначивши габаритні розміри підвіски і знаючи габаритні розміри деталей, визначаємо кількість деталей $n_{\text{д}}$, яку можна закріпити на одну підвіску (між деталями необхідно передбачити невеликі зазори, деталі не повинні екранувати одна одну).

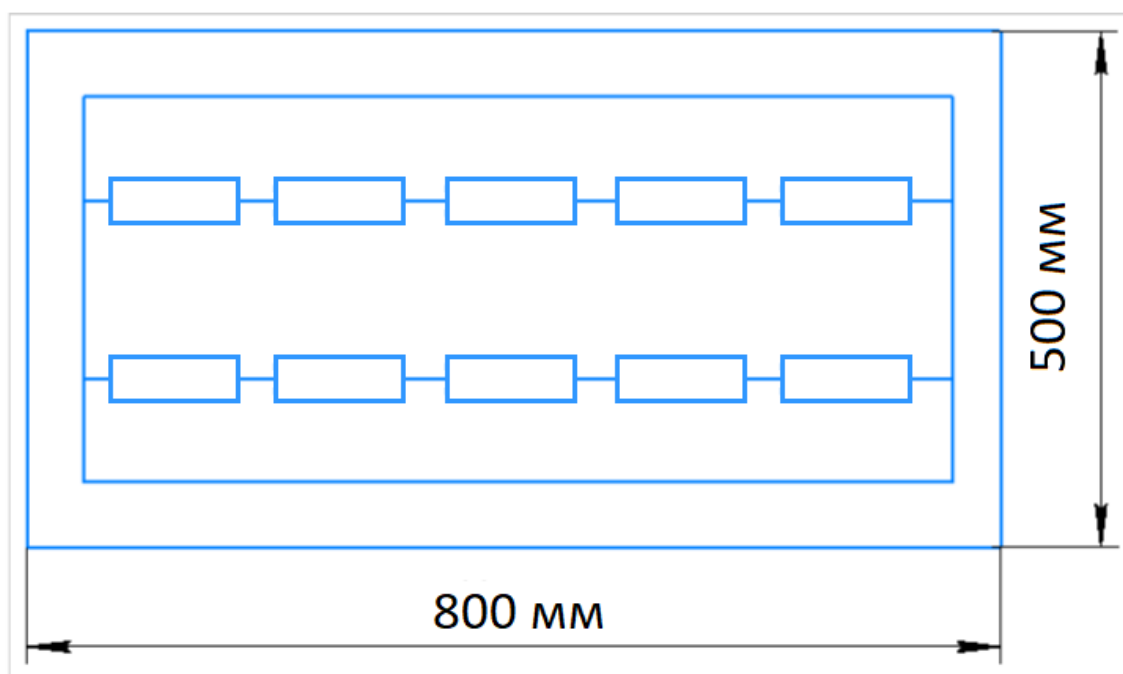


Рисунок 2.1. Розташування деталей на одній підвісці

$$n_{\text{д}} = 10 \text{ шт.}$$

Розраховуємо сумарну поверхню деталей $S_{\text{п}}$, які завантажують на одну підвіску (м^2):

$$S_{\text{п}} = S_{\text{д}} \cdot n_{\text{д}} = 0,0037 \cdot 10 = 0,037 \text{ м}^2$$

де $S_{\text{д}}$ – поверхня однієї деталі;

$n_{\text{д}}$ – кількість деталей на підвісці.

Визначаємо поверхню одноразового завантаження у ванну S_{03} , м^2 :

$$S_{03}=S_n \cdot N_{\partial}=0,037 \cdot 2=0,074 \text{ м}^2$$

де N_n – кількість підвісок, які одночасно завантажують у ванну. У разі використання підвіски рамкової конструкції для однопозиційної ванни $N_n=2$.

Використовуючи визначену величину одноразового завантаження ванни S_{03} , розраховуємо кількість ванн, необхідних для виконання річної виробничої програми:

$$n_B = \frac{Y_c}{S_{03}}$$

$$n_B = \frac{1,11}{0,074} = 15,041 \approx 16 \text{ ванни.}$$

Проводимо перерахунок із вибором ванни більшого розміру.

$V = 1 \text{ м}^3$ – об'єм ванни; $B = 0,71 \text{ м}$ – ширина ванни; $L = 1,6 \text{ м}$ – довжина ванни; $H = 1 \text{ м}$ – висота ванни.

Виходячи із габаритних розмірів електролітичної ванни, визначають довжину l_n та висоту h_n підвісного пристрою, м:

$$l_n = l - 2l_1 = 1,6 - 2 \cdot 0,12 = 1,36 \text{ м,}$$

де l – внутрішня довжина ванни, м; l_1 – відстань від краю підвіски до стінки ванни (приймаємо 0,12м).

$$h_n = h - h_1 - h_2 - h_3 = 1,0 - 0,1 - 0,05 - 0,1 = 0,75 \text{ м,}$$

де h – внутрішня висота ванни, 1 м; h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски, 0,1 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 (0,1 м).

Визначивши габаритні розміри підвіски і знаючи габаритні розміри деталей, визначаємо кількість деталей n_{∂} , яку можна закріпити на одну

підвіску (між деталями необхідно передбачити невеликі зазори, деталі не повинні екранувати одна одну).

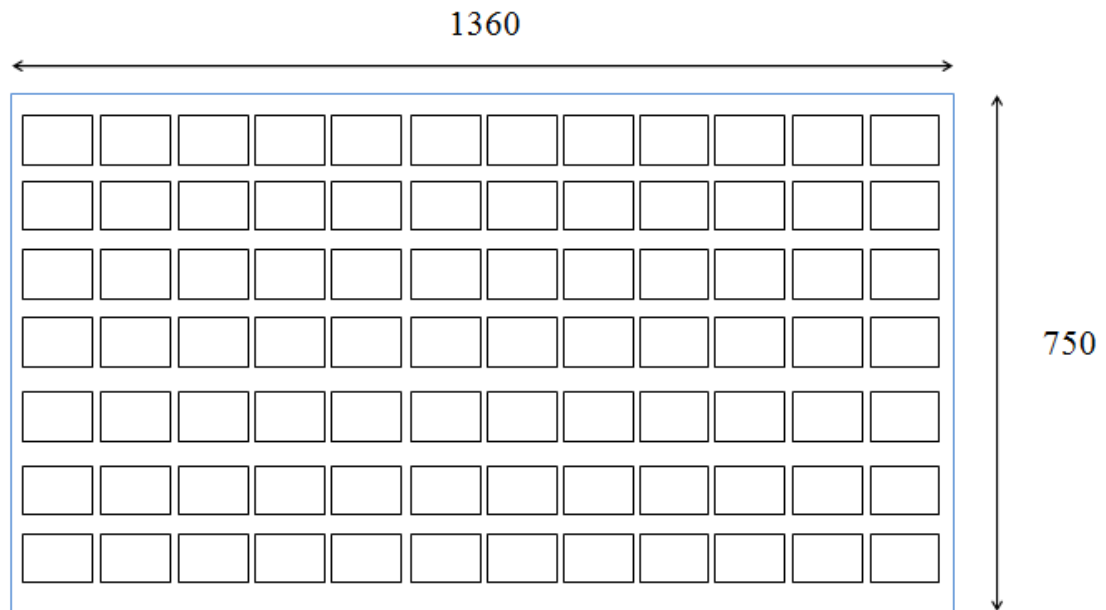


Рисунок 2.2. Розташування деталей на одній підвісці

$$n_d = 84 \text{ шт.}$$

Розраховуємо сумарну поверхню деталей S_n , які завантажують на одну підвіску (m^2):

$$S_n = S_d \cdot n_d = 0,0037 \cdot 84 = 0,3108 \text{ м}^2$$

де S_d – поверхня однієї деталі;

n_d – кількість деталей на підвісці.

Визначаємо поверхню одноразового завантаження у ванну S_{03} , m^2 :

$$S_{03} = S_n \cdot N_n = 0,3108 \cdot 1 = 0,3108 \text{ м}^2$$

де N_n – кількість підвісок, які одночасно завантажують у ванну. У разі використання підвіски рамкової конструкції для однопозиційної ванни $N_n = 1$.

Використовуючи визначену величину одноразового завантаження ванни

S_{03} , розраховуємо кількість ванн, необхідних для виконання річної

виробничої програми:

$$n_B = \frac{y_c}{S_{03}}$$

$$n_B = \frac{1,11}{0,3108} = 3,57 \approx 4 \text{ ванни.}$$

Розрахуємо відстань між анодом і ближнім краєм підвіски з деталями l_{a-k} . Для однопозиційних ванн, які найбільш поширені в промисловості:

$$l_{a-k} = \frac{B - B_{\Pi} - 2B_a - 2B_1}{2} = \frac{0,71 - 0,048 - 2 \cdot 0,01 - 2 \cdot 0,1}{2} = 0,221 \text{ м}$$

де B – внутрішня ширина ванни, м; B_{Π} – товщина підвіски з деталями, м; B_a – товщина анодів, м; B_1 – відстань між анодом і боковими стінками ванни, приймають 0,05...0,10 м.

Виходячи із визначеної кількості ванн, розраховують річну продуктивність вибраного обладнання, $P_p^{'}$:

$$P_p^{'} = S_{03} * n_B * \frac{T_d * 60}{\tau * K_{об}}$$

$$P_p^{'} = 0,3108 * 4 * \frac{3849 * 60}{32 * 1,05} = 8544,8 \text{ м}^2/\text{рік}$$

та коефіцієнт завантаження обладнання

$$K_{зв} = \frac{P_p}{P_p^{'}}$$

$$K_{зв} = \frac{7500}{8544,8} = 0,88$$

Отже визначений коефіцієнт завантаження ванни, є трохи завищеним, але із врахуванням запасу і мінімізації браку це дозволить виконати вчасно виробничу програму.

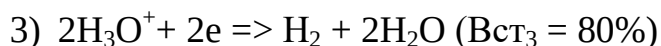
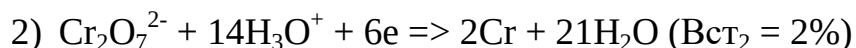
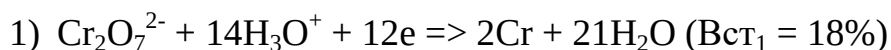
2.5. Баланс кількості електрики на гальванічній ванні

Сила струму I , А однопозиційної ванни визначається як добуток величини технологічної густини струму на катоді i_k , А/м² на площу деталей одноразового завантаження S_{03} , м²:

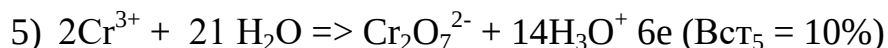
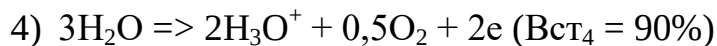
$$I = K i_k S_{03} = 1,12 \cdot 4500 \cdot 0,3108 = 1566 \text{ А}$$

де коефіцієнт K враховує втрати електрики на осаджування металу на контактах підвіски; вибирають його в межах $K=1,03 \dots 1,15$.

У саморегулюючому електроліті хромування на електродах перебігають такі електрохімічні процеси: на катоді:



На аноді:



Сила струму, яка витрачається на кожну реакцію:

на катоді

$$I_1 = \frac{I \cdot \text{Вст}_1}{100} = \frac{1566 \cdot 18}{100} = 282 \text{ А};$$

$$I_2 = \frac{I \cdot \text{Вст}_2}{100} = \frac{1566 \cdot 2}{100} = 31 \text{ А};$$

$$I_3 = \frac{I \cdot \text{Вст}_3}{100} = \frac{1566 \cdot 80}{100} = 1253 \text{ А};$$

На аноді:

$$I_4 = \frac{I \cdot \text{Вст}_4}{100} = \frac{1566 \cdot 90}{100} = 1409 \text{ А};$$

$$I_5 = \frac{I \cdot \text{Вст}_5}{100} = \frac{1566 \cdot 10}{100} = 157 \text{ А};$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю.

Таблиця 2.1 - Баланс струму ванни хромування на одну годину роботи

Надходження	Q, А	%	Витрати	Q, А	%
На катоді:			Виділення хрому за 1		
Від зовнішнього джерела			реакцією	282	18
струму	1566	100	Відновлення Cr^{+6} до Cr^{+3} за	31	2
			реакцією 2		
			Виділення водню за реакцією	1253	80
			3		
Разом	186	100	Разом	186	100
На аноді:			Утворення кисню за реакцією		
Від зовнішнього джерела			4	1409	90
струму	1566	100	Окиснення Cr^{+3} до Cr^{+6} за		
			реакцією 5	157	10
Разом	1566	100	Разом	1566	100

2.6. Баланс напруги на гальванічній ванні

Напруга на ванні U складається із різниці електродних потенціалів анода і катода під струмом $E_a - E_k$, омичного падіння напруги в електроліті $\Delta U_{\text{ом}}$, у провідниках першого роду (електродах, струмопідводах у ванні, штангах) ΔU_1 та в контактах ΔU_k :

$$U = E_a - E_k + \Delta U_{\text{ом}} + \Delta U_1 + \Delta U_k.$$

$$E_a - E_k = 1,8 - (-0,8) = 2,6 \text{ В},$$

Середня густина струму, яка проходить через електроліт

$$i_{\text{ср}} = \sqrt{i_k i_a} = \sqrt{4500 \cdot 1667} = 2739 \text{ А/м}^2$$

Омічне падіння напруги в електроліті $\Delta U_{ом}$, В розраховують за формулою [10]:

$$\Delta U_{ом} = \frac{K \cdot i_{cp} \cdot l_{a-k}}{\chi} = \frac{1,22 \cdot 2739 \cdot 0,221}{1,62 \cdot 100} = 4,6 \text{ В}$$

де i_{cp} – середня густина струму в міжелектродному просторі, А/м², розраховується за формулою $i_{cp} = \sqrt{i_k \cdot i_a}$; l_{a-k} – відстань між анодом і краєм підвіски з деталями; χ – питома електропровідність електроліту, См/см.

Суму падіння напруги в електродах, провідниках першого роду та в контактах ванни $\Delta U_1 + \Delta U_k$ приймають у межах величини, яка не перевищує 10% загальної напруги на ванні. Сума $\Delta U_1 + \Delta U_k = 0,1(E_a - E_k + \Delta U_{ом})$.

U визначається як:

$$U = 1,1(E_a - E_k + \Delta U_{ом}) = 1,1 \cdot (1,8 - (-0,8) + 4,7) = 8 \text{ В.}$$

Таблиця 2.2 – Баланс напруги на ванні хромування

Надходження	В	%	Витрати	В	%
Напруга на ванні	8	100	Різниця електродних потенціалів під струмом $E_a - E_k$	2,6	32,5
			Падіння напруги в електроліті $\Delta U_{ом}$	4,6	57,5
			Падіння напруги в електродах, контактах і провідниках $\Delta U_1 + U_k$	0,8	10
Разом	8	100	Разом	8	100

Мінімальна напруга на джерелі струму $U_{дс}$ складається із суми напруги на ванні U та падіння напруги в шинопроводах. Падіння напруги в шинопроводах від джерела струму до ванни приймають не більшим, ніж 10% $U_{дс}$. Звідси випливає, що

$$U_{\text{дс}} = 1,1 U = 8,8 \text{ В.}$$

2.7. Вибір джерела струму для гальванічної ванни

Джерело постійного струму вибирають, виходячи із сили струму і напруги на ванні із урахуванням падіння напруги в шинопроводах. Виходячи із сили струму і напруги на ванні, було вибрано джерело постійного струму серії В-ТПВ-1600-12-01 УХЛ4, який має такі характеристики:

- номінальна напруга – 12 В;
- номінальний струм – 1600 А.

Для вибраного випрямного агрегату визначають коефіцієнт завантаження:

$$K = \frac{N_{\text{дс}}}{N_{\text{пас}}} = \frac{13,78}{19,2} = 0,72$$

де $N_{\text{дс}}$ – потужність, необхідна для виконання завданої програми,

$$N_{\text{дс}} = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 8,8 \cdot 1566 \cdot 10^{-3} = 13,78 \text{ кВт}$$

$N_{\text{пас}} = \frac{1600 \cdot 12}{1000} = 19,2 \text{ кВт}$ – паспортна потужність вибраного агрегату.

2.8. Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії

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

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

Енергія $W_{\text{хім}}$ відображає зміни матеріального стану, які відбуваються в результаті перебігу електрохімічних реакцій в електролізері, а енергія $W_{\text{дж}}$ витрачається на розігрівання електроліту і повинна бути урахована при складанні теплового балансу.

Електрична енергія, яка витрачається на перебіг процесу в одній ванні, визначається за формулою:

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

де I – струм на ванні, А; U – напруга на ванні, В; τ – час роботи ванни під струмом, год. Зазвичай баланс енергії складають на одну астрономічну годину роботи ванни.

Енергію $W_{\text{хім}}$ можна визначити за формулою:

$$W_{\text{хім}} = -I \frac{10^{-2} \cdot \sum V_i \cdot \Delta H_i^0 \cdot B_{\text{ст}}}{Z_i \cdot F} \cdot \tau, \text{кДж}$$

де $\sum \Delta H_i$ – зміна ентальпії усіх електрохімічних процесів, яка розраховується за значеннями ентальпії вихідних та кінцевих продуктів реакції за температури, яка відповідає технологічному процесу із урахуванням стехіометричних коефіцієнтів V_i та виходу за струмом $B_{\text{ст}}$; z_i – число електронів, які приймають участь у реакції. При розрахунку $\sum \Delta H_i$ – для усіх процесів, які перебігають одночасно, приймають однакову направленість реакції.

Тоді

$$\sum \Delta H_i = \sum V_{i \text{ вих}} * \sum \Delta H_{i \text{ вих}} - \sum V_{i \text{ кінц}} * \sum \Delta H_{i \text{ кінц}}$$

Коли в сумарній електродній реакції приймають участь розчинні речовини, а у довідковій літературі відсутні дані для ΔH_i з урахуванням теплоти їх розчинення, то при розрахунку ΔH_i необхідно до ΔH_i утворення речовини додати $\Delta H_i'$ її розчинення. Коли ж окисно-відновна реакція перебігає в протилежних напрямках на катоді і аноді, то для неї $\Delta H = 0$, так як ця реакція не призводить до зміни матеріального стану системи.

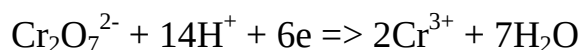
При одночасному перебігу декількох електрохімічних процесів необхідно врахувати витрати хімічної енергії на всі процеси, що мають місце в системі, яку розглядають:

$$W_{\text{хім}} = -I * \sum 10^{-2} \frac{\sum V_i * \Delta H_i^0 * B_{\text{ст}}}{Z_i * F} * \tau, \text{кДж}$$

Тоді

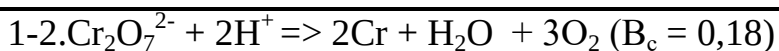
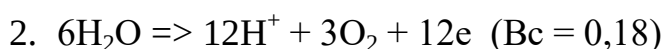
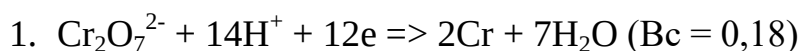
$$W_{\text{дж}} = W_{\text{заг}} - W_{\text{хім}} = 3,6 * I * \tau * \left(U_i * \sum 10^{-2} \frac{\sum V_i * \Delta H_i^0 * B_{\text{ст}}}{Z_i * F} \right) \text{кДж}$$

Визначаємо кількість джоулевої теплоти і складаємо баланс енергії на одну годину роботи ванни хромування за таких умов: сила струму $I=1566 \text{ А}$; напруга на ванні $U=8,8 \text{ В}$; на катоді перебігають реакції утворення хрому ($B_c=0,18$, виділення водню ($B_c=0,8$) та утворення іонів Cr^{3+} ($B_c=0,02$; на аноді відбувається розклад води ($B_c=0,95$) та окиснення іонів Cr^{3+} до $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ($B_c=0,05$). Отже, перебіг реакції:



у прямому напрямі на катоді та в зворотному на аноді з виходами за струмом $0,05$ в стаціонарних умовах не змінює складу системи, тобто для цих процесів $W_{\text{хім}} = 0$.

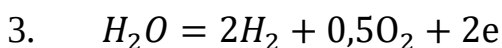
Катодну і анодну реакції та сумарний процес утворення хрому можна записати у вигляді:



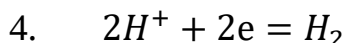
Зміна ентальпії для сумарної реакції 1-2 складає

$$\begin{aligned} \Delta H_{1-2}^0 &= \Delta H_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}}^0 + 2\Delta H_{\text{H}^+}^0 - 2\Delta H_{\text{Cr}}^0 - \Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^0 - 3\Delta H_{\text{O}_2}^0 = \\ &= -1470 + 0 - 0 - (-286) - 0 = -1184 \text{ кДж/моль}. \end{aligned}$$

Решта електрохімічних процесів пов'язана з розкладанням води



$$(\text{Вс} = 0,98-0,18=0,8)$$



$$(\text{Вс} = 0,8)$$



для яких

$$\Delta H_{3-4}^0 = \Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^0 - \Delta H_{\text{H}_2}^0 - 0,5\Delta H_{\text{O}_2}^0 = -286 - 0 - 0 = -286 \text{ кДж/моль}.$$

Звідки знаходимо

$$\begin{aligned} W_{\text{хім}} &= 3,6 \cdot I \cdot \tau \left(U + \frac{\Delta H_{1-2}^0 \cdot \text{Вс}}{12 \cdot 96,5} \frac{\Delta H_{3-4}^0 \cdot \text{Вс}}{12 \cdot 96,5} \right) = \\ &= 3,6 \cdot 1566 \cdot \frac{32}{60} \left(8 - \frac{1184 \cdot 0,18}{2 \cdot 96,5} - \frac{286 \cdot 0,8}{2 \cdot 96,5} \right) = 17171 \text{ кДж/год} \end{aligned}$$

$$W_{\text{заг}} = 8 \cdot 1566 \cdot 32 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} / 60 = 24054 \text{ кДж/год};$$

$$W_{\text{дж}} = W_{\text{заг}} - W_{\text{хім}} = 24054 - 17171 = 6883 \text{ кДж/год};$$

Таблиця 2.3 – Баланс енергії на ванні хромування

Надходження	кДж	%	Витрати	кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	24054	100	Джоулева теплота	6833	28
			Хімічна енергія	17171	72
Разом	24054	100	Разом	24054	100

Витрати електроенергії на електроліз розраховують як:

$$W_e = (I \cdot U_i \cdot \tau \cdot N_{03}) / (1000 \cdot 0,82) = \frac{1566 \cdot 8 \cdot \frac{32}{60} \cdot \frac{7650}{0,3108}}{1000 \cdot 0,82} = 200561 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де I – струм на ванні, А; U_i – напруга на ванні, В; τ – час обробки однієї завантажувальної одиниці, год; N_{03} – кількість завантажень (підвісок) за рік, визначається як P_p/S_{03} ; 0,82 – ККД джерела струму.

2.9. Розрахунок витрат матеріалів

Розрахунок витрат матеріалів проводимо з метою визначення річних потреб виробництва у вихідній сировині та матеріалах для нанесення даного виду покриття.

2.9.1. Розрахунок витрат анодів

Розрахунок витрат анодів на початковий запуск обладнання

Витрати розчинних та нерозчинних анодів на запуск обладнання (кг) визначаємо за формулою:

$$G_{az} = K_1 \cdot K_2 \cdot n_{ан} \cdot l_B \cdot h_B \cdot \delta_a \cdot d_a \cdot n_B,$$

де $K_1 = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує співвідношення сумарної довжини анодів до довжини ванни;

$K_2 = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує співвідношення висоти анодів та висоти ванни;

$n_{an} = 2$ – кількість анодних штанг у ванні;

$l_B = 1,6$ м – внутрішня довжина ванни;

$h_B = 1$ м – внутрішня висота ванни;

$d_a = 11340$ кг/м³ – густина матеріалу анодів;

$\delta_a = 0,01$ м – товщина анодів;

$n_B = 4$ – кількість ванн даного типу.

$$G_{az} = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 0,01 \cdot 11340 \cdot 1 \cdot 4 = 928,8 \text{ кг}$$

Витрати нерозчинних анодів на виконання річної виробничої програми

Такі витрати обумовлені технологічними витратами, відходами і визначаються за формулою:

$$G_{an} = S \cdot A_n \cdot 10^{-3}, \text{ кг},$$

де $S = 7650$ м² – площа нанесеного покриття при виконанні річної програми;

$A_n = 3,32$ г/м² — норма витрат нерозчинних анодів.

$$G_{an} = 7650 \cdot 3,32 \cdot 10^{-3} = 25,4 \text{ кг}$$

2.9.2. Розрахунок витрат хімічних реактивів

Витрати кожного компонента електроліту G_i (кг) визначаються за формулою:

$$G_i = C_i \cdot V_B \cdot K_{zan} \cdot n_B,$$

де C_i – концентрація відповідного компонента електроліту, кг/м³;
 $V_B = 1$ м³ – об'єм ванни; $K_{zan} = 0,7$ – коефіцієнт заповнення ванни; $n_B = 1$ – кількість ванн даного типу; $C_{CrO_3} = 250$ кг/м³; $C_{H_2SO_4} = 2,5$ кг/м³.

$$G_{CrO_3} = 250 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 175 \text{ кг},$$

$$G_{H_2SO_4} = 2,5 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 1,75 \text{ кг}.$$

Розрахунок витрат кожного компонента здійснюється за формулою:

					ДП ХЕ8105.1450.000 ПЗ	Арк
						38
Зм.	Лист	№ локум.	Пілпис	Лата		

$$G_i = C_i \cdot V_{BT}, \text{ кг},$$

де V_{BT} , м^3 – сумарний об’єм електроліту, який виноситься із ванни при виконанні річної виробничої програми.

Величину V_{BT} можна визначити як:

$$V_{BT} = 1,15 \cdot S \cdot A_e,$$

де $S = 7650 \text{ м}^2$ – сумарна поверхня деталей, яка обробляється за рік;

1,15 – коефіцієнт, що враховує площу занурюваної частини підвісок;

$A_e = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{м}^2$ – норма витрат електроліту, який виноситься з деталями.

$$V_{BT} = 1,15 \cdot 7650 \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} = 1,32 \text{ м}^3,$$

$$G_{CrO_3} = 250 \cdot 1,32 = 330 \text{ кг},$$

$$G_{H_2SO_4} = 2,5 \cdot 1,32 = 33 \text{ кг}$$

Так, як в процесі хромування працюють із нерозчинними анодами, необхідно додатково враховувати витрати хромового ангідриду на осадження металевого хрому на катоді з розрахунком $13,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг CrO}_3$ на один м^2 поверхні при товщині осаду хрому $1,5 \text{ мкм}$. Тоді, враховуючи, що поверхня $S = 7650 \text{ м}^2$ покривається хромом товщиною $\delta = 18 \text{ мкм}$, необхідно $122,1 \text{ кг}$ хромового ангідриду.

2.9.3. Розрахунок витрат води

При виконанні річної виробничої програми вода витрачається на приготування електролітів та розчинів, на розкладання внаслідок електролізу, на випарування з поверхні електроліту, на промивні операції.

Витрати води на приготування електроліту

Такі витрати G'_{H_2O} (кг) визначаємо за формулою:

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

де C_{H_2O} – вміст води в одному 1 м³ електроліту, кг/м³;

$V_{заг}$ – сумарні витрати електроліту на виконання річної виробничої програми, м³

Величину C_{H_2O} можна визначити за формулою:

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

де $d_{ел} = 1,2 \cdot 10^3$ кг/м³ – густина електроліту;

$C_1, C_2, \dots, C_n$ – вміст компонентів в електролітах, кг/м³.

$$C_{CO_3} = 250 \text{ кг/м}^3;$$

$$C_{H_2SO_4} = 2,5 \text{ кг/м}^3.$$

$$C_{H_2O} = 1,2 \cdot 10^3 - (250 + 2,5) = 947,5 \text{ кг/м}^3.$$

Сумарні витрати електроліту знаходимо за формулою:

$$V_{заг} = V_B \cdot K_{зан} \cdot n_B + V_{BT},$$

де $V_B = 1$ м³ – об'єм ванни;

$K_{зан} = 0,7$ – коефіцієнт заповнення ванни;

$n_B = 1$ – кількість ванн даного типу.

$V_{BT} = 1,32$ м³ – об'єм електроліту, винесеного деталями.

$$V_{\text{заг}} = 1 \cdot 0,7 \cdot 4 + 1,32 = 4,12 \text{ м}^3$$

Тоді

$$G'_{\text{H}_2\text{O}} = 947,5 \cdot 4,12 = 3904 \text{ кг}$$

Витрати води на розкладання при електролізі

Витрати води на розкладання $C''_{\text{H}_2\text{O}}$ (кг), розраховуємо за формулою:

$$C''_{\text{H}_2\text{O}} = I \cdot \frac{18 \cdot T_d \cdot B'_c \cdot n_b}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} \text{ кг},$$

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

$$C''_{\text{H}_2\text{O}} = 1566 \cdot \frac{18 \cdot 3849 \cdot 80 \cdot 4}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} = 6477 \text{ кг}$$

Витрати води на винесення із газами

Витрати на винесення із газами $C'''_{\text{H}_2\text{O}}$ (кг), визначаємо за формулою:

$$C'''_{\text{H}_2\text{O}} = C'_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_z^t,$$

де $C'_{\text{H}_2\text{O}}$ – вміст води, який виноситься із ванни одним 1 м³ газів, кг/м³;

V_z^t – загальний об'єм вологого газу, який виділяється за температури електролізу, м³.

Величину $C'_{\text{H}_2\text{O}}$ визначаємо як:

$$C'_{\text{H}_2\text{O}} = 0,000805 \cdot \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_0 - P_{\text{H}_2\text{O}}},$$

де $P_{\text{H}_2\text{O}} = 15,996 \text{ кПа}$ – парціальний тиск парів води за температури електролізу;

$P_0 = 101,308 \text{ кПа}$ – загальний тиск парогазової суміші.

$$C'_{\text{H}_2\text{O}} = 0,000805 \cdot \frac{15,996}{101,308 - 15,996} = 0,000151 \text{ кг/м}^3$$

Для визначення величини V_z^t спочатку визначають об'єми водню і кисню, приведені до нормальних умов:

					ДП ХЕ8105.1450.000 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ локум.	Пілпис	Лата		41

$$V_{H_2}^0 = 0,418 \cdot I \cdot T_o \cdot B_c' \cdot n_B \cdot 10^{-5} = 0,418 \cdot 1566 \cdot 3849 \cdot 80 \cdot 1 \cdot 10^{-5} = 2015,6 \text{ м}^3,$$

$$V_{O_2}^0 = 0,209 \cdot I \cdot T_o \cdot B_c' \cdot n_B \cdot 10^{-5} = 0,209 \cdot 1566 \cdot 3849 \cdot 90 \cdot 1 \cdot 10^{-5} = 1133,8 \text{ м}^3,$$

і сумарний об'єм приведених до нормальних умов газів:

$$V_z^0 = V_H^0 + V_{O_2}^0 = 2015,6 + 1133,8 = 3149,4 \text{ м}^3$$

Об'єм вологого газу за температури електролізу:

$$V_z^t = \frac{V_z^0 \cdot 1013 \cdot (273 + t_{el})}{273 \cdot (P_o - P_{H_2O})},$$

де $t_{el} = 55^\circ C$ – температура електролізу.

$$V_z^t = \frac{3149,4 \cdot 1013 \cdot (273 + 55)}{273 \cdot (1013,08 - 159,96)} = 4493 \text{ м}^3,$$

тоді

$$C_{H_2O}''' = 0,000151 \cdot 4493 = 0,678 \text{ кг}$$

Витрати води на випаровування з поверхні електроліту

Такі витрати води $C_{H_2O}^{IV}$ (кг), розраховуємо за формулою:

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot K_B \cdot S_e \cdot (P_{H_2O} - P_n) \cdot T_o \cdot n_B}{P_o},$$

де 45,6 – коефіцієнт пропорційності, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

$K_B = 0,86$ – коефіцієнт, величина якого залежить від швидкості руху повітря над дзеркалом електроліту;

$S_e = 1,136 \text{ м}^2$ – поверхня дзеркала електроліту;

$n_B = 4$ – кількість ванн даного типу;

P_n – парціальний тиск водяної пари за температури та вологості навколишнього середовища, $Па$.

Величину P_n визначають за формулою:

$$P_n = \frac{P_s \cdot \varphi}{100},$$

де $P_s = 15996 \text{ Па}$ – тиск насиченої водяної пари за температури навколишнього середовища повітря;

$\varphi = 70 \%$ – вологість повітря в умовах цеху.

$$P_n = \frac{15996 \cdot 70}{100} = 11197 \text{ Па},$$

тоді

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot 0,86 \cdot 1,136 \cdot (15996 - 11197) \cdot 3849 \cdot 4}{101308} = 32490 \text{ кг}$$

Витрати води на промивні операції

Витрати води на промивні операції після травлення та нанесення гальванічних покриттів

Витрати води на промивання деталей у значній мірі залежить від кількості ступенів промивки. При трьохступеневому промиванні способом занурення, погодинна витрата води ${}_3V_{год}$ визначаємо за формулою:

$${}_3V_{год} = A_e \cdot \sqrt[3]{K \cdot P_e}, \text{ м}^3 / год$$

де $A_e = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{м}^2$ – норми виносу розчину із ванни поверхнею деталей;

$P_e = 1,99 \text{ м}^2 / год$ – годинна виробнича програма ванни;

K – критерій залишкової промивки деталей.

Його визначаємо за співвідношенням:

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

де $C_0 = 250 \text{ кг/м}^3$ – концентрація основного компонента у ванні, після якої проводиться промивка;

$C_k = 0,01 \text{ кг/м}^3$ – гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивки.

Коли перед промивкою деталей здійснюють уловлювання електроліту, то для розрахункових витрат води вводять коефіцієнт рівний 0,4:

$$K = \frac{250}{0,01} \cdot 0,4 = 10000$$

$${}_3V_{\text{год}} = 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot 1,99 \cdot \sqrt[3]{10000} = 0,0064 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Сумарні витрати води на промивку при виконанні виробничої програми визначаємо як, м^3 :

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

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

$$V_{\text{сум}} = 0,0064 \cdot 3849 \cdot 1,5 = 36,95 \text{ м}^3$$

Витрати води на промивні операції після знежирення

Концентрація основного компоненту (Na_3PO_4) — 50 г/л

Гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання, для ванн знежирення: 0,8 г/л.

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{50}{0,8} = 62,5$$

$$V_{\text{год}} = 0,2 \cdot 62,5 \cdot 1,99 = 24,88 \text{ л/год}$$

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{зод}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5 = 24,88 \cdot 3849 \cdot 1,5 / 1000 = 143,61 (\text{м}^3)$$

У технологічному процесі підготовки поверхні і нанесення гальванічного покриття недостатнє промивання деталей може бути причиною поганого зчеплення покриття з основним металом, появою на покритті плям та інших видів браку. З іншого боку, екологічні та економічні проблеми вимагають раціонального використання водних ресурсів.

Загальна витрата води

Загальну витрату води за рік (м^3) знаходимо додаванням всіх вище розрахованих витрат:

$$\sum V(\text{H}_2\text{O}) = 3,904 + 6,447 + 0,000678 + 32,49 + 36,95 + 143,61 = 223,4 \text{ м}^3$$

Оскільки виконання дипломного проекту передбачає розрахунок лиш процесу хромування, то щоб врахувати витрату води на промивні операції після знежирення, травлення, а також на використання води в цих процесах, було прийнято збільшити загальну витрату в 4 рази. Тоді комплексна витрата води в рік становитиме 900 тонн на рік.

2.10. Ескізи основного та супутнього обладнання

Одним з різновидів основного обладнання гальванічних виробництв є ванни. Конструктивно гальванічні ванни являють собою прямокутні ємкості з робочими розчинами, в яких виконують підготовчі, основні та завершальні операції з нанесення гальванічних, хімічних і анодних покриттів.

Ванна для гальванопокриття вимагає підігріву або охолодження, оскільки працює не за кімнатних температур. Внутрішні розміри ванни відповідають наступним значенням (мм): $1600 \times 1000 \times 710$.

Анодні і катодні штанги виготовленні із латунних труб, до яких підводять струм від випрямляча. По центру встановлена одна катодна штанга для завішування рамної підвіски з деталями, а з двох боків від її центру розташовані штанги для підвішування допоміжних електродів – анодів. Густина струму по перерізу латунної штанги $1,5 - 2,0 \text{ А/мм}^2$.

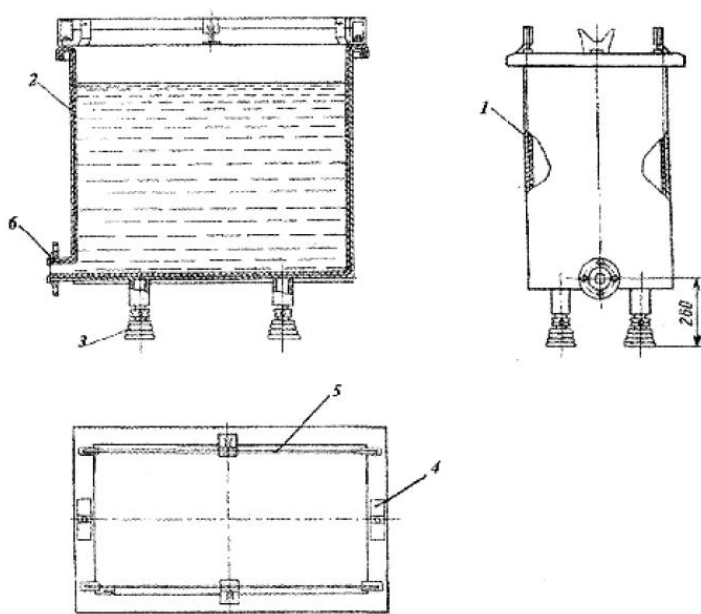


Рисунок 2.3 – Ванна хромування без супутнього обладнання [9]:

1 – корпус; 2 – футеровка; 3 – опора ванни; 4 – опора для катодної штанги; 5 – анодна штанга; 6 – зливний штуцер.

У ванні розміщений пневматичний спосіб перемішування електроліту – барботер. Труби з отворами діаметром 1,1 – 1,5 мм зі збільшенням діаметра по довжині труби у бік її закінчення (рис. 2.4.). Сумарна площа отворів повинна бути в 1,5 – 1,8 рази менша площі перерізу труби.

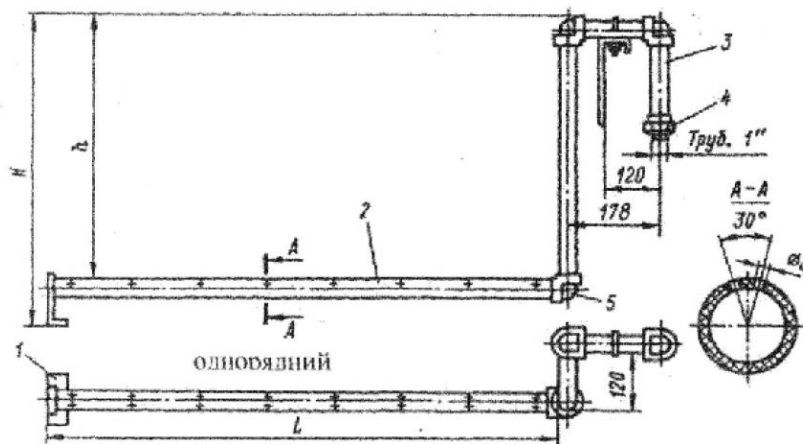


Рисунок 2.4 – Барботер для перемішування однорядний [9]:

- 1 – підставка; 2 – труба перфорована; 3 – труба підводу;
4 – муфта; 5 – кутки.

РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ХРОМУВАННЯ

Автоматизація виробництва є одним із найважливіших факторів забезпечення якісного перебігу технологічного процесу з мінімальним впливом людського фактору. Завдяки автоматизації з'являється можливість реалізувати безпечний виробничий процес навіть в умовах роботи з агресивними речовинами. Також ж автоматизація дозволяє зменшити загальні витрати електроенергії, основних реактивів та скоротити кількість працівників.

Гальванічні ванни – це автоматичні лінії, що обладнуються приладами для контролю та регулювання основних параметрів таких як: густини струму, значення рН, температури та концентрації компонентів в електроліті.

Схема автоматизації процесу це технічний документ у вигляді креслення, що містить всі вузли автоматизованого виробництва. Ефективність технологічного процесу забезпечується за умови врахування цілісності та правильності роботи обладнання, вчасного поповнення гальванічної ванни реактивами, контролю та реєстрації технологічних параметрів. Ці параметри можна контролювати, проаналізувавши умови роботи технологічного обладнання.

Мета автоматизації даного виробництва: підвищення ефективності технологічного процесу нанесення хромового покриття на сталеві деталі.

3.1. Опис технологічної схеми процесу

Нанесення захисно-декоративного хромового покриття здійснюється на сталеву деталь переднього перехідника диску автомобіля. Гальванічне покриття покращує фізико-механічні властивості перехідника (забезпечує захист від корозії та ерозії, забезпечує підвищену стійкість сталі до газової корозії, підвищує зносостійкість, збільшує твердість поверхні) та сприяє його декоративному оздобленню.

Процес будемо проводити в електроліті, що містить:

$C(\text{CrO}_3) - 250 \dots 300 \text{ г/дм}^3$

$C(\text{SrSO}_4) - 5,5 \dots 6,5 \text{ г/дм}^3$

$C(\text{K}_2\text{SiF}_6) - 18 \dots 20 \text{ г/дм}^3$

Режим електролізу:

температура – $53 \dots 58^\circ\text{C}$

сила струму – 1566 А

напруга – 8 В

pH – $2 \dots 2,5$

Закладені в роботі задачі стосовно автоматизації вимірювання, регулювання та реєстрації параметрів значення температури ($53 \dots 60^\circ\text{C}$), рівня, концентрації ($C(\text{CrO}_3) = 250 \text{ г/л}$) вирішені за рахунок складання функціональної схеми автоматизації, що є основним технічним документом, який визначає функціональну структуру окремих вузлів автоматизації керування і регулювання технологічного процесу та оснащення об'єкта керування (в даному випадку електролітичної ванни процесу нанесення хромового покриття) приладами і засобами автоматизації.

3.2. Процес нанесення хромового покриття, як об'єкт автоматизації

В автоматичних системах вимірювань зміна температури здійснюється на основі фізичних властивостей тіл, що функціонально пов'язані з їх температурою. Процес нанесення захисно-декоративного хромового покриття проводять з підігрівом електроліту. Тому у ванні хромування слід постійно підтримувати сталу температуру, при якій ведуть процес ($53 - 60^\circ\text{C}$), оскільки виділяється велика кількість джоулевої енергії внаслідок процесів хромування, що може призводити до нагрівання ванни. Контроль та регулювання температури здійснюють з використанням різних видів термометрів.

Необхідний безперервний контроль сили струму та напруги для запобігання короткого замикання. У процесі нанесення хромового покриття

					ДП ХЕ8105.1450.000 ПЗ	Арк
Зм	Лист	№ локум	Пілпис	Лата		49

можлива зміна складу та об'єму електроліту. Об'єм електроліту може змінюватись у результаті втрати його під час вивантаження деталей. Зміна компонентного складу електроліту може призвести до погіршення структури осаду, його рівномірності і, як результат, погана якість покриття. Тому необхідно автоматично підтримувати постійний склад електроліту та його рівень у гальванічній ванні.

Важливим показником також є контроль значення рН електроліту. Його проводять один раз на день та підтримують у межах 2...2,5 за допомогою добавок кислоти або лугу.

Струм на ванні має бути завжди в межах, встановлених у технологічній частині процесу, оскільки він відповідає за пористість покриття, яке має бути мінімальним при нанесенні захисно-декоративного покриття.

Параметри регулювання та контролю технологічного процесу нанесення хромового покриття згруповані у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри регулювання та контролю процесу нанесення хромового покриття

№	Назва стадії процесу, місце заміру параметру	Назва параметру, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму	Вимоги до схеми автоматизації
1	Стадія нанесення хромового покриття, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	температура	53...60 °C	контроль
2	Стадія нанесення хромового покриття, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рівень	0,5 м	контроль, регулювання
3	Ванна для нанесення хромового покриття	Сила струму та напруга	1566А; 8 В;	Контроль, регулювання

На основі проведеного аналізу запропоновані технічні рішення з автоматизації, які реалізовані на схемі автоматизації. Запропоновано два варіанти реалізації системи контролю та керування технологічним процесом – на базі локальних засобів автоматизації та на базі мікроконтролера Реміконт. Варіант на базі мікроконтролера Реміконт рекомендую використовувати якщо на підприємстві впроваджено сучасну SCADA до якої можна передавати дані з мікроконтролера і з якої можна отримувати команди керування та використовувати засоби SCADA для візуалізації та аналізу стану технологічного процесу на автоматизованому робочому місці оператора.

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

4.1 Визначення оптимального виду руху предметів праці.

Весь технологічний процес складається з об'єднаних 7 стадій. Для того, щоб не порушувалась його неперервність, кожна з них повинна виконуватись певний проміжок часу.

№	Операція	Час., хв.
1	Знежирення хімічне	20
2	Травлення	20
3	Активація хімічна	1
4	Хромування електрохімічне	31
5	Уловлювання	1
6	Промивка холодна	1
7	Сушка	20

Розглянемо можливість застосування паралельного, послідовного та синхронізованого ВРПП на даному підприємстві.

При послідовному ВРПП тривалість виробничого циклу становить:

$$T_{\text{вц}}^{\text{послід}} = B \times \sum_{i=1}^n t_i = 4 \times (20 + 20 + 1 + 31 + 1 + 1 + 20) = 374 \text{ хв.}$$

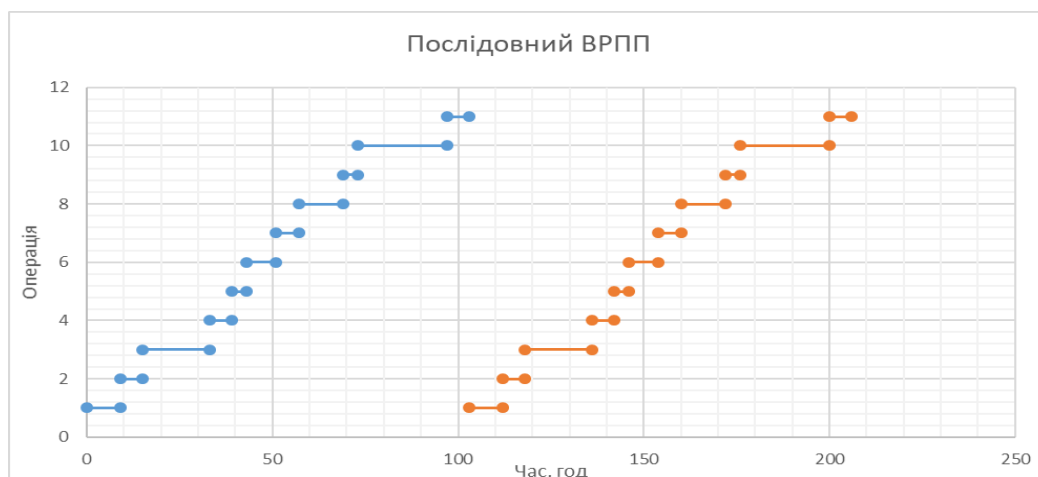


Рисунок 4.1 При паралельному ВРПП тривалість виробничого циклу становить:

$$T_{\text{вц}}^{\text{парал}} = \sum_{i=1}^n t_i + (B - 1) \times t_{\text{max}}$$

$$= (20 + 20 + 1 + 31 + 1 + 1 + 20) + (1 - 1) \times 31 = 105 \text{ хв.}$$

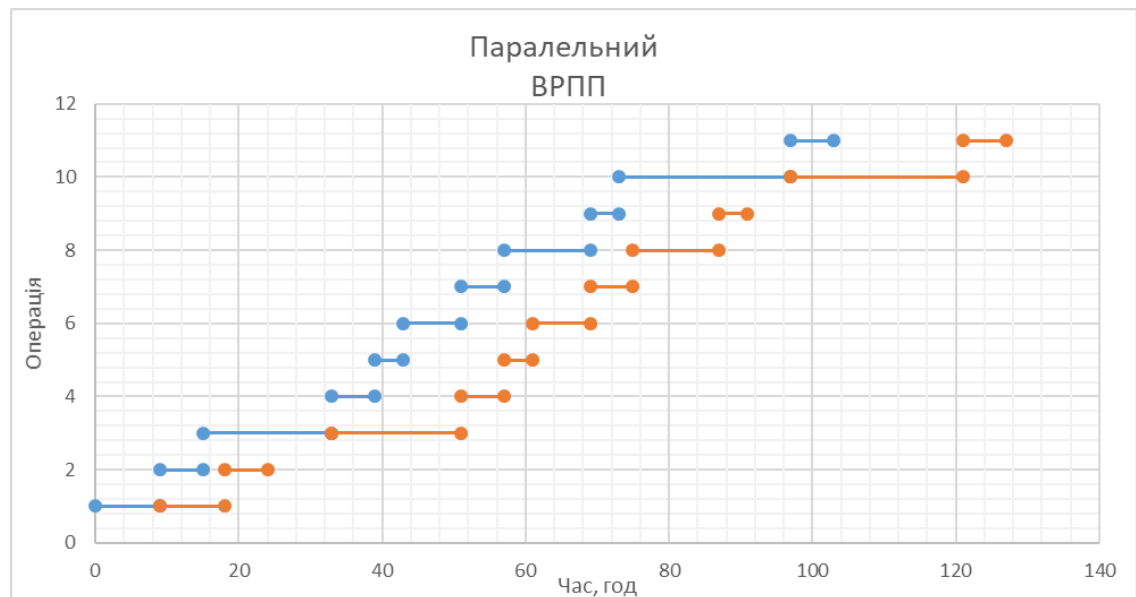


Рисунок 4.2 При синхронізованому ВРПП тривалість виробничого циклу, якщо ритм буде у нас 5 хв. становить:

$$T_{\text{вц}}^{\text{парал}} = \sum_{i=1}^n t_i + (B - 1) \times R$$

$$= (20 + 20 + 1 + 31 + 1 + 1 + 20) + (1 - 1) \times 5 = 79 \text{ хв.}$$

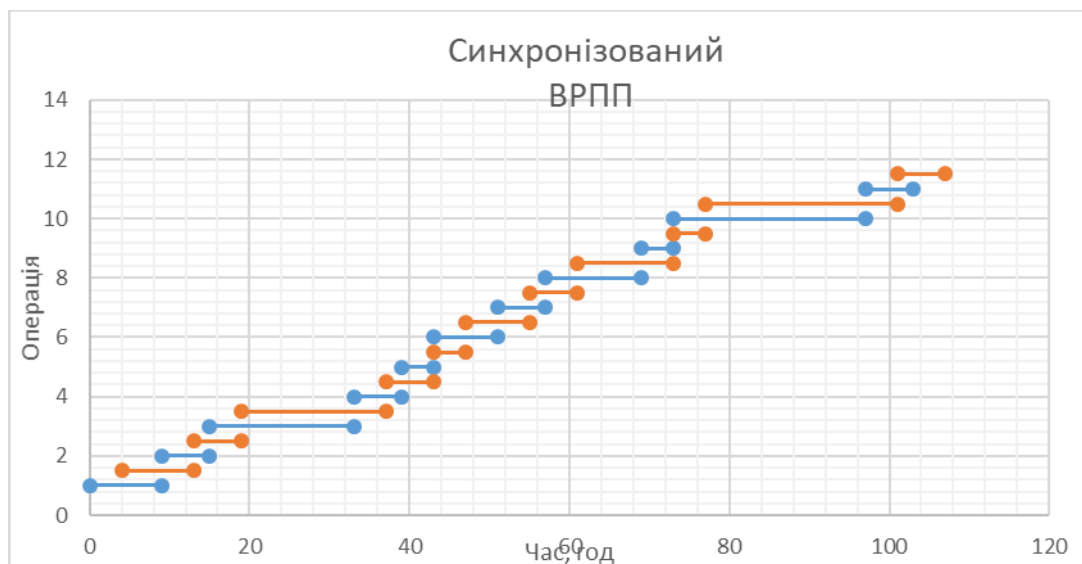


Рисунок 4.3 Синхронізований ВРПП

4.2 Розрахунок витрати електроенергії

Середня витрата потужності цехом = 103,75 кВт/год. Оскільки потужність більше 27,5 кВт маємо І клас напруги. Роздрібні тарифи для споживачів електричної енергії у місті Києві з урахуванням ПДВ становлять: 1 кВт = 296 копійок (2,96 грн). Для двозонних тарифів диференційованих за періодами часу встановлюються такі тарифні коефіцієнти: нічний період - 0,4 ; денний період - 1,5. Цех працює 16 години на добу 250 днів на рік в денний час(8.00-23.00), а також 2 годину вночі (23.00–01.00). Сумарні витрати на електроенергію:

$$B_{\text{рік}}^{\text{в/в}} = 250 \cdot 14 \cdot 103,75 \cdot 2,96 \cdot 1,5 + 250 \cdot 2 \cdot 103,75 \cdot 2,96 \cdot 0,4 = 1673695 \text{ грн/рік}$$

4.3 Витрати сировини на покриття однієї партії деталей

Таблиця 4.4 – Річні оборотні фонди підприємства

Назва	Закупка		
	Ціна	Витрата на рік	Вартість, грн
Гідрооксид натрію	223,7 грн/кг	146,3	32672,31
Кальцинована сода	696 грн/кг	22	15247
Кислота соляна	35,4 грн/кг	800	28316
Технічна сульфатна кислота	49 грн/кг	710	34850,46
Хромовий ангідрид	2761 грн/кг	7,1	19603,4
Уротропін	396 грн/кг	22	8712,6
Свинець (аноде)	660,8 грн/кг	24,9	16453,92
Вода	16 грн/м ³	5759	92144
Електроенергія	10,37 грн/кВт	1673695	
Всього			743490,42

Розділ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У дипломному проекті розроблено технологію нанесення хромового покриття, яка несе певну небезпеку для здоров'я людини. Внаслідок використання ряду шкідливих речовин, які утворюють отруйну пару виникає забруднення повітря робочої зони у цеху, створюються ризики захворювань для працівників.

Всі проектні рішення прийнято з урахуванням встановлених у нормативно-правових актах вимог з охорони праці.

У даному розділі запропоновано технічні рішення, спрямовані на забезпечення здорових і безпечних умов праці.

5.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектуваному об'єкті. Заходи з охорони праці

5.1.1 Повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042 – 99, роботи в проектуваному цеху відносяться до категорії середньої тяжкості Пб

Небезпеку у гальванічних цехах становлять технологічні процеси підготовки поверхні перед нанесенням покриття, приготування розчинів знежирення, травлення та електролітів для осадження. Розчини лугів, кислот та солей при впливі на організм під час приготування до процесу електролізу можуть викликати отруєння. Наявність великої кількості промивних ванн у приміщенні створює підвищену вологість. Нормальні для роботи умови забезпечуються припливно-витяжною вентиляцією і підтримкою нормованої температури повітря в цеху. Передбачено забезпечення персоналу цеху засобами індивідуального захисту, а саме – респіраторами типу "Пелюсток" та спецодягом типу "П" і взуттям. Два рази на місяць за допомогою пиломіра заплановано проводити контроль вмісту в повітрі робочої зони шкідливих речовин і їх параметрів.

У процесі гальванічного виробництва повітря забруднюється за рахунок роботи обладнання за рахунок бризок та пилу хімікатів, пилу

					ДП ХЕ8105.1450.000 ПЗ	Арк
						55
Зм	Лист	№ локум	Пілпис	Лата		

абразивів, парів розчинників і т.п. Для того, щоб їх концентрація не перевищила допустиму межу, застосовується припливно-витяжна вентиляція, призначена для відсмоктування забрудненого і подачі свіжого повітря, за рахунок чого, підтримуватиметься вміст шкідливих речовин у повітрі гальванічного цеху на допустимому рівні. Вентиляція повітря може відбуватися за рахунок різниці його температур всередині і зовні приміщення, через відкриті вікна. Значно більш ефективна примусова промислова вентиляція, при якій повітря відсмоктується або подається вентилятором з силовим приводом. Примусова вентиляція дозволяє відсмоктувати повітря з потрібною інтенсивністю безпосередньо з місць шкідливих виділень і подавати свіже повітря, раціонально розподіляючи його по приміщенню.

Санітарні норми мікроклімату робочої зони цеху наведено у таблиці 9.1.

Таблиця 5.1 – Оптимальні параметри у виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Теплий	Легка 1б	22-24	40-60	0,2
Холодний	Легка 1б	21-23	40-60	0,1

Розрахунок системи місцевої механічної вентиляції

В якості місцевої витяжної вентиляції, для уловлювання шкідливих виділень з поверхні розчинів, в цеху прийняті двосторонні бортові відсмоктувачі.

Відповідно до технологічної схеми установка бортових відсмоктувачів необхідна на ваннах, з поверхні яких можливе виділення шкідливих і небезпечних речовин. Виділення таких речовин можливе при електрохімічному знежиренні ($t = 70 \dots 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$), хромуванні ($t = 50 \dots 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Таким чином, є 2 ділянки з яких необхідне видалення повітря через місцеві бортові відсмоктувачі.

Об'ємну витрату повітря, що видаляється через бортові відсмоктувачі, розраховуємо за формулою:

$$l_{\text{опт}} = 3600 * a * b * K_3 * K_t * \sqrt{(t_p - t_n) * n * b^3, \frac{\text{м}^3}{\text{год}}}$$

де а - довжина ванни (0,8 м);

б - ширина ванни (0,5 м);

t_p – температура розчину;

t_n – температура навколишнього середовища;

K_3 – коефіцієнт запасу (1,5);

$K_t = \left(1 + \frac{b}{8*a}\right)^2$ -коефіцієнт запасу для двостороннього бортового відсмоктувача;

б – безрозмірна характеристика (1/15 для двостороннього бортового відсмоктувача);

п – кількість прямих кутів між границями потоку повітря (п = 3 для вільного розташування ванн).

Таблиця 5.2 Коефіцієнти і результати розрахунків витрат повітря

Процес	$t_p, ^\circ \text{C}$	$t_n, ^\circ \text{C}$	K_t	Кількість ванн, шт	$L_{\text{отс}}, \text{м}^3/\text{год}$
Знежирення (NaOH)	80	19	1,1623	1	1601
Травлення (HCl)	20	19	1,1623	1	205
Активация(H ₂ SO)	20	19	1,1623	1	205
Хромування	55	19	1,1623	298	1223
Сумарно					3234

Розрахуємо втрати тиску у трубопроводах:

$$P = \sum (R * l + Z), \text{ кг/м}^2$$

Де $R = \frac{\lambda}{d} * \frac{v^2 * \gamma}{2g}$ - опір одного погонного метру трубопроводу.

Для трубопроводу діаметром 560 мм, довжиною 20 м та швидкості руху повітря 1,5 м/с значення $R = 0,005 \text{ кг/м}_2$

Втрати на місцевих опорах

$$Z = \sum \zeta * \frac{v^2 * \gamma}{2g}, \text{ кг/м}^2$$

Місцеві опори:

1. витяжна шахта з зонтом $\zeta = 1,83$ при $h/d = 0.2$;
2. коліна з закругленими кромками $\zeta = 0,26$ при $r/d_e = 0.4$, $\alpha = 90^\circ$;
3. дросельний клапан $\zeta = 118$ при $\alpha = 90^\circ$;
4. відбір з колектору $\zeta = 0,5$;
5. фільтр $\zeta = 148$.

$$Z = 37,06 \text{ кг/м}^2$$

$$P = \sum (0,005 * 20 + 37,06) = 37,16 \text{ кг/м}^2$$

Виходячи з витрати повітря та втрат тиску вибрано вентилятор Ц4-70 №4 А4095 2а. Потужність на валу 0,5 кВт, частота обертів 1400 об/хв.

Двигун А02-11-6 комплектується разом з вентилятором.

5.1.2 Виробниче освітлення

На проектованому об'єкті передбачається природне, штучне і суміщене освітлення. Система природного освітлення – комбінована. Вона являє собою сполучення верхнього й бічного освітлення. Передбачене використання систем штучного робочого, аварійного, евакуаційного, ремонтного і охоронного освітлення. Норми освітлення, КПО, згідно ДБН В.2.5-28:2018, наведені в табл. 9.3

Таблиця 5.3 – Норми освітлення для категорій IIIa та VIIIб

Характер зорових робіт	Розряд та підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		Значення КПО, e_n , %	
		Штучне освітлення		Природне освітлення	Суміщене освітлення
		Комбіноване	Загальне		
Високої точності	IIIa	1500	500	–	1,2
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу	VIIIб	-	100	0,3	0,2

Для освітлення виробничого приміщення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ–40(G13) та ЛБ–60(G13). Для місцевого освітлення передбачене аварійне і евакуаційне освітлення, для якого використовують світильники прямого типу "Альфа". Для виміру і контролю освітленості в приміщеннях використовують люксметри Ю–117 з періодичністю 1 раз на рік і після ремонту освітлювальних установок і заміни ламп. Для підвищення рівномірності розподілу яскравості для поля зору, стелі і стіни пофарбовані в кремовий колір. Виробниче устаткування пофарбоване в яскраво-зелений колір, частини, що рухаються в яскраво–

жовтий, відкриті механізми – у яскраво-червоний колір. При аварійному освітленні мінімальна освітленість складає 5 % від нормованої, але не менше 2 лк. Для евакуації людей передбачається освітлення на підлозі основних проходів та на сходах не менше 0,5 лк, на відкритих майданчиках – не менше 0,2 лк

5.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

Джерелом вібрації та шуму в цеху є барботери, автооператори, вентилятори, електродвигуни, компресори тощо. Рівень шуму на даному виробництві залежить від одночасної роботи всіх видів устаткування і може сягати 76...92 дБА за даними лабораторних вимірів, що перевищує допустимий рівень звуку на робочих місцях, згідно ДСН 3.3.6.037–99 (80 дБА). Зниження шуму в проекті досягається наступними способами: – ізоляцією джерел шуму засобами звукоізоляції і звукопоглинання (перегородки і кожухи, які перешкоджають розповсюдження шуму); використання глушників, які встановлюються на повітроводах; – акустичною обробкою приміщень, а зокрема, приміщення звукопоглинаючих пористих матеріалів; – зменшенням шуму в джерелі їх утворення – мінімальні допуски, ретельне балансування, демпфірування вібрації деталей що співударяються; – використанням засобів захисту (беруші, тампони з ультратонкого волокна, навушники, шлеми, каски); – архітектурно–планувальним рішенням: відстань від стіни до обладнання з робочої сторони лінії 1,5 м, з неробочої 1,2...1,5 м; площа виробничого приміщення на одного працюючого не менше 4,5 м²; мінімальна висота приміщення 5 м, при цьому площа приміщення зайнята лінією хромовання, не перевищує 25 % загальної площі гальванічного цеху. В цеху, що проектується, передбачено прилад ИШВ-003 для вимірювання рівня шуму і контролю рівня вібрації.

5.1.4 Електробезпека

У даному відділенні електричним обладнанням виступають: насоси, система автоматизації та керування, привід освітлювача, привід УФ-реактору з мішалкою, світильники.

Живлення електроустаткування здійснюється від трифазної 4-х провідної електричної мережі змінного струму промислової частоти із глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Даний цех відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою. Для забезпечення безпеки праці передбачені наступні технічні способи і засоби: занулення, вирівнювання потенціалів, мала напруга, захисне відключення, ізоляція струмоведучих частин, електричний поділ мереж, попереджувальні плакати, огорожувальні пристрої, блокування, сигналізація, знаки безпеки. Безпека експлуатації при нормальному режимі електроустановок дотримується за рахунок наступних чинників: ізоляцією струмоведучих частин (опір ізоляції не менше 0,5 Ом), недоступністю струмоведучих частин, малими напругами (на переносних світильниках). Проектом прийнято такі захисні засоби: діелектричні гумові рукавички, інструмент з ізолюючими рукоятками і струмошукачі, гумові ізолюючі

підставки. Також передбачено розміщення оголених дротів та апаратів з оголеними струмопровідними частинами в спеціальних ящиках, що закриваються суцільними або сітчастими огороженнями.

5.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

У процесі гальванічного виробництва може статися відхилення від нормального режиму роботи обладнання, внаслідок перевантаження електроустаткування, утворення окислів у газах, що відходять від ванни, утворення займистої суміші водню з повітрям. Можливе коротке замикання між частинами обладнання (шини, електроди), механічні

пошкодження обладнання і електропроводу. Основними причинами короткого замикання є пошкодження електроізоляції дротів, попадання на неізольовані дроти струмопровідних предметів, дія на дроти хімічно активних речовин. Необхідно забезпечити ізоляцію струмовідводу від дії хімічних речовин використовують гофрований металевий кожух із нержавіючої сталі, прокладання проводів у пластиковому захисному кожуху. Для попередження перевантажень і короткого замикання в електричних мережах застосовують плавкі запобіжники і спеціальні автомати, включені в мережу послідовно. Попередження перегріву проводів від перехідних опорів досягається збільшенням площі опору контактів, застосування пружних контактів. При обслуговуванні ванн електрохімічного нанесення особливо небезпечною може бути висока температура. Причинами одержання травм від можуть бути необережне поводження з автооператорною лінією, машинами штамповки деталей, де є відкриті обертові частини, що рухаються.

Усунення безпосереднього контакту працюючих зі шкідливими речовинами досягається дистанційним керуванням процесами, застосуванням засобів механізації на стадіях вивантаження, завантаження і транспортування вихідних матеріалів, проміжних продуктів і готової продукції.

Проектом передбачені заходи і засоби для захисту працюючих від травмування в небезпечних зонах. До них відносяться огорожувальні пристрої, що перешкоджають проходженню людини в небезпечну зону (до розподільних пристроїв електроустаткування, корпусам електродвигунів, травмонебезпечним ділянкам); прилади, що сигналізують і подають інформацію про роботу технологічного устаткування, про зміни протягом процесу, попереджають про небезпеки і повідомляють, про місце їхнього знаходження і при необхідності автоматично відключають аварійні ділянки; швидкість руху транспортних засобів (автокари, електровози) у цеху не більше 5 км/ч; всі вантажопідйомні механізми будуть піддаватися

періодичним оглядам і технічному огляду. По всьому цеху розміщені попереджувальні плакати для інформування працюючих про можливі небезпеки і першу допомогу при одержанні різного роду травм.

5.2 Пожежна безпека

В електрохімічному цеху можливе виникнення джерел загоряння внаслідок перевантаження електроустаткування, утворення окислів у газах, що відходять від ванни, утворення займистої суміші водню з повітрям. Головними причинами короткого замикання є пошкодження електроізоляції дротів, контакт неізольованих дротів та струмопровідних предметів, а також дія на дроти хімічно активних речовин. Для попередження захисту ізоляції струмовідводу від дії хімічних речовин використовують гофрований металевий кожух із нержавіючої сталі, прокладання проводів у пластиковому захисному кожуху. Для попередження перевантажень і короткого замикання в електричних мережах застосовують плавкі запобіжники і спеціальні автомати, під'єднані в мережу послідовно. Попередження перегріву проводів від перехідних опорів досягається збільшенням площі опору контактів, застосування пружних контактів. На робочих місцях обладнано протипожежні щити з набором засобів пожежогасіння (вогнегасники СУБ–7, пінні вогнегасники і ящики з піском). Також виробничі приміщення та склади обладнані внутрішніми пожежними кранами – елемент внутрішнього пожежного водопроводу. Між виробничими будинками передбачені пожежні розриви 10 м. Для попередження вибухів газопроводів їх будуть періодично перевіряти на герметичність.

Будівля захищена від прямого удару блискавки одиночним блискавковідводом стрижньового типу.

Передбачено встановлення охоронно–пожежної сигналізації автономного типу. Кабелі високої напруги проведені в броньованих оболонках. Перед початком електролізу трубопроводи (подачі і відведення

					ДП ХЕ8105.1450.000 ПЗ	Арк
Зм	Лист	№ локум	Пілпис	Лата		63

електроліту) передбачено продувати повітрям та аналізувати результати продувки. Для захисту електроустаткування від загоряння заплановано регулярне технічне обслуговування і фарбування електроустаткування негорючими матеріалами.

Розділ 6. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД

Основним токсичним забруднювачем стічних вод в гальванічному виробництві є важкі метали, в тому числі сполуки хрому (VI). Крім того, стоки містять кислоти та луги[11].

Кислі стічні води. Утворюються при промиванні після операцій декапірування і травлення, містять в основному хлоридну, сульфатну та нітратну кислоти, солі заліза та інших металів, що підлягають травленню.

Кислі концентрати, це на 50 % - 80 % відпрацьовані розчини з вмістом вільної кислоти 20 % -50 % по відношенню до вихідного.

Лужні стічні води. Включають промивні води після знежирення, промивання лужних гальванопокриттів цинкування, містять 50 – 150 мг/дм³ мастил і нафтопродуктів (після операції знежирення)

Концентрування стоки утворюються при зміні концентрованих знежирюючи розчинів і мають наступній приблизний склад: NaOH – 20-30 г/дм³ , Na₂CO₃ – 10-30 г/дм³ , Na₃PO₄ – 20-30 г/дм³ , Na₂SiO₃ – 1-2 г/дм³ , мастила и нафтопродукти – до 1 г/дм³.

Хромвмісні стічні води (pH 4...5). Промивні води після хроматування містять 10 – 100 мг/ дм³ Cr(VI) і 1 – 15 мг/ інших металів.

Рекомендується використання реагентного методу очищення стічних вод. Цей метод дозволяє знижувати концентрацію домішок до рівня їх ГДК (табл.3.1). Даний метод очистки стічних вод оснований на реакціях окислення, відновлення, нейтралізації, коагуляції, осадження. В результаті обробки стоків токсичні речовини руйнуються з утворенням малотоксичних з'єднань, які виводяться разом з осадом.

Реагентний метод має наступні переваги: обробка води зі складним складом домішок, простота експлуатації обладнання.

Таблиця 6.1 – Величина рН осадження гідроксидів металів і залишкова концентрація іонів металів

Формула сполуки	рН початку осадження	рН повного осадження	рН початку розчинення	Залишкова концентрація іонів металу при рН 8,5-9,0 мг/л
Fe(OH) ₂	7,5	9,7	13,5	0,3-1,0
Fe (OH) ₃	2,3	4,1	14,0	0,3-0,5
Zn(OH) ₂	6,4	8,0	10,5	0,1-0,05
Cr(OH) ₃	4,9	6,8	12,0	0,1-0,05
Ni(OH) ₂	7,7	9,5-10,0	—	0,25-0,75
Al(OH) ₃	4,0	5,2	7,8	0,1-0,5
Cd(OH) ₂	8,2	9,7-10,5	—	2,5
Cu(OH) ₂	5,5	8,0-10,0	—	0,1-0,15
Mn(OH) ₂	8,8	10,4	14,0	1,8-2,0

Очищення стічних вод від домішок важких металів здійснюється шляхом переведення іонів важких металів у малорозчинні сполуки – гідроксиди чи основні карбонати. Нейтралізацію стічних вод здійснюють за допомогою різних лужних реагентів: гідроксидів Ca, Mg, Na, оксидів Ca, карбонатів натрію, кальцію, магнію.

Очистка відновленням. Відновлювальна очистка використовується у тих випадках, коли стічні води містять легко відновлювальні токсичні сполуки (Cr⁶⁺, барвники, ПАР).

Реагентне очищення від Cr⁶⁺ відбувається у дві стадії:

1. Cr⁶⁺ → Cr³⁺;
2. Cr³⁺ → Cr(OH)₃ ↓;

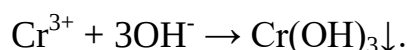
Як реагенти – відновники найбільше поширення отримали натрієві солі сірчистої кислоти: Na₂SO₃ – сульфит натрію; NaHSO₃ - бісульфит натрію; Na₂S₂O₅ – піросульфит натрію; а також дитіоніт натрію Na₂S₂O₄.

Відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} відбувається за реакціями:

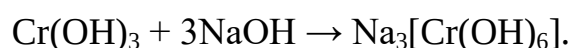
1. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{SO}_3^{2-} + 8\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ (сульфітом Na);
2. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{HSO}_3^- + 5\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ (бісульфітом Na);
3. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 10\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{SO}_4^{2-} + 5\text{H}_2\text{O}$ (піросульфідом Na);
4. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$ (дитіонітом Na).

Солі сірчистої кислоти додаються до стічних вод у вигляді 10% водних розчинів.

Після відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} у кислому середовищі стічні води піддають нейтралізації лужними реагентами. З цією метою використовують 10-15% розчин NaOH або вапняного молока. При цьому відбувається утворення $\text{Cr}(\text{OH})_3$ за реакцією:



Оптимальне значення складає pH 8,5...9. Гідрооксид хрому має амфотерні властивості і при $\text{pH} \geq 12$ розчиняється в надлишку лугу, утворюючи розчинні хроміти:



Очищення стічних вод проводять в установках безперервної дії нейтралізацією кислих вод, що містять Cr^{3+} , проводять після їх попереднього змішування із кислотними та лужними стоками.

Для нейтралізації використовують вапняне молоко, більш рідко – соду або їдкий натр.

Очищення кисло-лужних стоків. Вихідні стоки із виробничого процесу направляються в резервуар усереднювач кисло-лужних стоків, сюди ж поступють і стічні води після процесу відновлення хрому, в усереднювачі відбувається взаємна нейтралізація кислот і лугів, змішування стічних вод з різних виробничих процесів і, відповідно, усереднення стоку по складу, дозволяє подавати на очисні споруди стоки стабільного складу без пікових концентрацій забруднюючих компонентів.

Усереднювачі можуть конструктивно виконуватися різноманітної форми і з використанням різноманітних матеріалів, основні вимоги до яких, їх хімічна стійкість до доволі агресивної стічної води гальванічного виробництва.

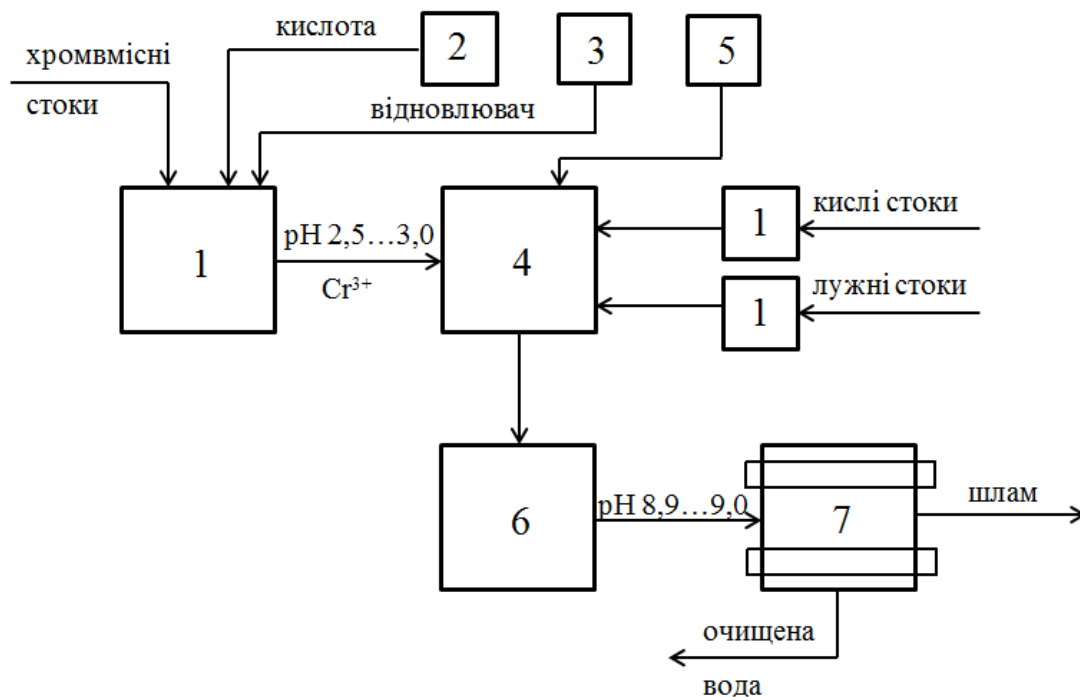


Рисунок 6.1 – Схема очищення стічних вод:

1 – реактор накопичувач; 2 – дозатор кислоти; 3 – дозатор відновлювача; 4 – реактор нейтралізатор (усереднювач); 5 – дозатор луку; 6 – відстійник; 7 – механічний фільтр.

Розділ 7. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Гальванічне виробництво пов'язано з виділенням шкідливих для людини парів, газів і пилу різних хімічних речовин. Крім того, ванни гальванічних операцій, промивні ванни з гарячою та холодною водою створюють підвищенню вологості атмосфери цеху.

В таблиці 7.1 у відповідності з ГОСТ 1324-47 вказані гранично допустимі концентрації деяких шкідливих хімічних речовин в повітрі.

Таблиця 7.1 – Гранично допустимі концентрації хімічних речовин і ядовитих газів у промислових приміщеннях

Назва домішки	ГДК, мг/л	Назва домішки	ГДК, мг/л
Хромовий ангідрид і інші сполуки хрому	0,0001	Трихлоретилен, дихлоретан	0,05
Фосфористий водень	0,0003	Сірководень	0,01
Вуглекислий газ	0,02	Сірчаний газ	0,02
Хлоридна кислота	0,01	Оксиди азоту	0,005
Азотна кислота	0,002	Оксиди цинку	0,005
Сульфатна кислота	0,002	Бензин, керосин	0,3
Хлор	0,001	Аміак	0,02

Нормальні умови роботи в гальванічному цеху забезпечують створення достатньо потужної витяжної вентиляції, підтриманням температури повітря цеху, в зимній час, в межах 15...18°C і гарним освітленням цеху.

Загальні правила по охороні труда і техніці безпеки при роботі в гальванічних цехах

1. Працівники в гальванічних цехах зобов'язані виконувати правила особистої гігієни, техніки безпеки та протипожежної охорони. До роботи в цеху допускаються особи, що пройшли відповідний інструктаж.
2. Працівники гальванічних цехів забезпечуються спецодягом: гумовими чоботами, фартухами, гумовими рукавицями та халатами,

використання якими дозволяється тільки в робочий час; в обідню перерву і після закінчення робочого дня спецодяг зберігається в відведених для цього приміщеннях.

3. Прийом їжі і куріння біля робочого місця забороняється.
4. При нещасному випадку – отруєнні, опіку, пораненні – працівник зобов'язаний негайно заявити про це майстру або начальнику цеху і звернутися за допомогою в медпункт.
5. Робота на ваннах, що оснащені бортовими вентиляційними відсмоктувачами, допускається тільки при включеній вентиляції.

Для приготування електролітів і розчинів для травлення необхідно дотримуватися всіх запобіжних заходів:

1. Приготовленні розчини для травлення і електролітів необхідно виробляти при включеній вентиляції. Для захисту очей від випадкового потрапляння кислоти або інших мімічних матеріалів необхідно користуватися захисними окулярами.
2. При розбавленні концентрованих кислот водою необхідно обов'язково кислоту вливати в воду, а не навпаки. Кислоту необхідно приливати обережно, повільним струменем і невеликими порціями. При змішуванні нітратної і сульфатної кислоти слід сульфатну вливати в азотну.
3. Випадково пролиту на підлогу або обладнання концентровану кислоту слід негайно змити проточною водою, а потім залишки її нейтралізувати сухою кальцинованою содою до припинення реакції. Пролитий луг достатньо змити водою.
4. При потраплянні кислоти або лугу на шкіру або в очі ураженні місця необхідно негайно обмити струменем води. Для цього гарно користуватися водним душем і спеціальними фонтанчиками для промивки очей. При потраплянні кислота або лугу на одяг необхідно негайно зняти її і промити в проточній воді.

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті розроблено технологію гальванічного нанесення блискучого глянцевого хромового покриття товщиною 18 мкм. У подальшому це покриття застосовуються у агресивних середовищах, а саме в умовах роботи в хімічній лабораторії. Запропоновано послідовність і режими підготовчих операцій, а також склад і режим ванни хромування.

Проведені розрахунки балансів напруги, струму, теплової енергії. Розраховані витрати води, електроенергії, анодних матеріалів та компонентів електроліту.

З економічної точки зору були розглянуті способи організації виробництва з заданою річною продуктивністю 7500 м². Враховані витрати на сировину, обладнання, електроенергію.

У результаті обладнання гальванічних ванн спеціальними датчиками, вдалось автоматизувати виробництво, що дозволяє вчасно регулювати температуру, напругу та струм на ванні.

Розглянуті технологічні правила безпеки на виробництві та розроблена схема очищення стічних вод.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник. В 2-х томах/Под ред. М.А. Шлугера. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
2. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении/ П.С. Мельников – М.: Машиностроение, 1991. – 384 с.
3. Электролитические покрытия металлами / Н.Т. Кудрявцев. – М.: Химия, 1979. – 352 с.
4. Технология электрохимических покрытий: Учеб. для средних специальных учебных заведений/ М.А. Дасоян, И.Я. Пальмская, Е.В. Сахарова. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 391 с.
5. Кубасов В. Л. Электрохимическая технология неорганических веществ : [учеб. для техникумов] / В. Л. Кубасов, В. В. Банников. – М. : Химия, 1983. – 288 с.
6. Электроосаждение металлических покрытий/ М.А. Беленький, А.Ф. Иванов. – М.: Металлургия, 1985. – 288с.
7. Краткий справочник гальванотехника/ А.М. Ямпольский, В.А. Ильин. – М.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1962. – 239 с.
8. Гальванические покрытия. Справочник по применению/ Ю.Д. Гамбург. – М.: Техносфера, 2006. – 216с.
9. 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.
10. Технологічні та енергетичні розрахунки з гальванотехніки при дипломному проектуванні. Навчальний посібник. для студентів спеціальності 7.091603 - Технічна електрохімія /Уклад. Л.А.Яцюк, В.П. Чвірук, В.Ф. Панасенко, І.Ф. Хірх-Ялан, Т.І. Мотронюк, М.І. Донченко, О.І. Букет, О.В. Лінючева.– К. :НТУУ "КПІ" , 2008. - 100с.

11. Оборудование цехов электрохимических покрытий: Справочник / Под ред. П.М Вячеславова. – Л.: Машиностроение, 1987.– 309 с.

					ДП ХЕ8105.1450.000 ПЗ	АБК
						73
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Таблиця А.1- Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

					ДП ХЕ8105.1450.000 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ локум.	Пілпис	Лата		74

					ДП ХЕ8105.1450.000 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		76

ДОДАТОК Б

[illegible]