

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Факультет хімічних та біофармацевтичних технологій

Кафедра хімічних технологій та ресурсозбереження

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (ПРОЄКТ)

на тему

«Проектування гальванічного цеху з нанесення нікелевого покриття
на мідні деталі річною програмою 16500 м²»

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 161 Хімічні технологія та інженерія

Освітня програма Технічна електрохімія та електрохімічна енергетика

Виконала: студентка групи МгТЕ-22

Гринько Т.О.

Науковий керівник к.т.н., доц. Крюкова О.А.

Рецензент Павлій О.В.

Київ 2023

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Факультет хімічних та біофармацевтичних технологій
Кафедра хімічних технологій та ресурсозбереження
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія
Освітня програма Технічна електрохімія та електрохімічна енергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри ХТР
Вікторія ПЛАВАН
“ ____ ” _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТЦІ

Гринько Тетяні Олександрівні

1. Тема кваліфікаційної роботи (проєкту): «Проекткування гальванічного цеху з нанесення нікелевого покриття на мідні деталі річною програмою 16500 м²»
Науковий керівник роботи Крюкова Олена Анатоліївна к.т.н., доцент
затверджені наказом КНУТД від “12” вересня 2023 р. № 210-уч.
2. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи (проєкту): матеріали з практики.
Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Електроліт кислий.
Завдання з річною програмою 16500 м².
3. Зміст кваліфікаційної роботи (проєкту) (перелік питань, які потрібно опрацювати): складання технологічної карти, розрахунок балансів струму, напруги, енергії, вибір і обґрунтування покриття, заходи охорони праці, автоматизація процесу нікелювання, екологічна безпека.
4. Дата видачі завдання 06.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапу кваліфікаційної роботи (проєкту)	Орієнтовний термін виконання	Примітка про виконання
1	Вступ		
2	Розділ 1. Аналіз літературних джерел з нанесення нікелевих покриттів на мідні деталі		
3	Розділ 2. Об'єкт та методи досліджень		
4	Розділ 3. Технологічна частина		
5	Розділ 4. Охорона праці		
6	Висновки		
7	Оформлення (чистовий варіант)		
8	Подача кваліфікаційної роботи (проєкту) науковому керівнику для відгуку		
9	Подача кваліфікаційної роботи (проєкту) для рецензування (за 14 днів до захисту)		
10	Перевірка кваліфікаційної роботи (проєкту) на наявність ознак плагіату та текстових співпадінь (за 10 днів до захисту)		
11	Подання кваліфікаційної роботи (проєкту) на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)		

З завданням ознайомена:

Студентка

(підпис)

Тетяна ГРИНЬКО

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник роботи

(підпис)

Олена КРЮКОВА

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

«Проектування гальванічного цеху з нанесення нікелевого покриття на мідні деталі річною програмою 16500 м²».

Гринько Т.О., Київ. КНУТД

Кваліфікаційна робота (проект), 2023 рік, кількість сторінок - 72, таблиць - 13, рисунків - 4, схем - 2.

У кваліфікаційній роботі запропоновано технологію та проведені технологічні розрахунки параметрів процесу та обладнання для нанесення нікелевого покриття на мідні деталі у автоматичній лінії річною програмою 16500 м². Запропоновано оптимальні параметри технологічного процесу, які забезпечують якісне покриття, яке надійно захищає деталі від корозії. Осадження нікелю проводиться у кислому електроліті при катодній густині струму 3 А/дм².

Було проаналізовано приміщення цеху з точки зору пожежної безпеки, запропоновано ряд протипожежних заходів, а також заходи на випадок виникнення надзвичайної ситуації.

Ключові слова: нікелювання, автоматична лінія, гальванічна ванна, електроліт нікелювання, електроди, очищення стічних вод.

ANNOTATION

"Designing of an electroplating shop for applying nickel coating on copper parts with an annual program of 16,500 m²".

Grynko T.O., Kyiv. KNUTD

Qualification work (project), 2023, number of pages - 72, tables - 13, figures - 4, schemes - 2.

In the qualification work, technology was proposed and technological calculations of process parameters and equipment were carried out for applying nickel coating on copper parts in an automatic line with an annual program of 16,500 m². The optimal parameters of the technological process are proposed, which ensure a high-quality coating that reliably protects the parts from corrosion. Nickel deposition is carried out in an acidic electrolyte at a cathodic current density of 3 A/dm².

The premises of the workshop were analyzed from the point of view of fire safety, a number of fire prevention measures were proposed, as well as measures in case of an emergency situation.

Key words: nickel plating, automatic line, galvanic bath, nickel plating electrolyte, electrodes, wastewater treatment.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
Розділ 1. Аналіз літературних джерел з нанесення нікелевих покриттів на мідні деталі.....	11
1.1 Нікелеві гальванічні покриття.....	11
1.2 Застосування у промисловості нікелевих покриттів.....	11
1.3 Види покриттів.....	12
Розділ 2. Об'єкт та методи досліджень.....	16
2.1 Об'єкти досліджень.....	16
2.2 Методи досліджень якості покриття.....	17
Розділ 3. Технологічна частина.....	20
3.1 Вибір електроліту нікелювання.....	20
3.2 Приготування електроліту нікелювання	22
3.3 Аноди.....	23
3.4 Шкідливі домішки.....	23
3.5 Коригування електроліту.....	26
3.6 Технологічний процес нанесення нікелевого покриття.....	28
3.6.1 Механічна підготовка.....	28
3.6.2 Технологічний процес нікелювання.....	30
3.6.2.1 Схема технологічного процесу.....	30
3.6.2.2 Карта технологічного процесу.....	31
3.6.2.3 Опис технологічного процесу.....	32
3.6.2.4 Видалення неякісного покриття.....	35
3.7 Проблеми при роботі нікелевих електролітів, причини їх появи та способи усунення.....	35
3.8 Очистка стічних вод.....	36
3.9 Технологічні розрахунки.....	40
3.9.1 Визначення фондів робочого часу обладнання.....	40
3.9.2 Визначення виробничої програми.....	41
3.9.3 Вибір та розрахунок кількості обладнання та його габаритні розміри.....	42
3.9.4 Баланс струму.....	46
3.9.5 Баланс напруги на ванні.....	47
3.9.6 Вибір джерела живлення.....	48

3.9.7	Баланс енергії.....	49
3.9.8	Тепловий баланс.....	50
3.9.8.1	Визначення витрати теплоти на розігрів ванни.....	50
3.9.8.2	Визначення витрати теплоти на підтримку робочої температури.....	51
3.9.8.3	Визначення кількості енергії на підтримку робочої температури у ванні...	52
3.9.9.	Матеріальний баланс.....	53
3.9.9.1	Розрахунок витрати анодів.....	53
3.9.9.2	Розрахунок витрат хімічних реагентів.....	53
3.9.9.3	Розрахунок витрати води.....	55
Розділ 4.	Охорона праці.....	58
4.1	Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів. заходи з охорони праці.....	58
4.1.1	Повітря робочої зони.....	58
4.1.2	Виробниче освітлення.....	61
4.1.3	Виробничий шум.....	63
4.2	Заходи з електробезпеки.....	63
4.3	Безпека технологічного процесу та обслуговування устаткування.....	65
4.5	Пожежна безпека.....	66
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	69
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	70

ВСТУП

Для поверхневого захисту виробів та конструкцій, надання їм декоративного вигляду, а також певних функціональних властивостей сьогодні у промисловості широко застосовують гальванічні покриття хромом, нікелем, їх сплавами та багат шаровими композиціями цих металів. Деякі недоліки таких гальванічних покриттів, а саме: виникнення залишкових напружень розтягу у поверхневих шарах готових виробів, наводнювання основи, зниження їх циклічної міцності та твердості під час нагрівання, являється причиною недостатньої їх ефективності при умовах одночасної дії підвищених температур чи агресивних середовищ та динамічних навантажень.

Нікелеві покриття застосовують в промисловості для захисту від корозії деталей та виробів із сталі та кольорових металів, для підвищення зносостійкості металевих поверхонь, схильних до тертя. Гальванічні нікелеві покриття по відношенню до заліза будуть катодними і можуть забезпечувати захист тільки за умови відсутності в них пор. З цієї причини сталь покривають спочатку шаром міді (25-35 мкм), а вже потім нікелем (10-15 мкм). Найбільш широкого застосування знайшли сульфатно-хлоридні електроліти [1]. Електроліти з добавками похідних бутіндіолу мають властивість осаджувати дрібнозернисті, еластичні, рівні блискучі покриття. До основного недоліку покриття слід віднести малу корозійну стійкість, обумовлену включеннями сірки. Уникнути цього недоліку можна нанесенням двох-або тришарових покриттів. Підвищеною корозійною стійкістю володіють композиційні нікелеві покриття, що містять у своєму складі дрібнодисперсні діелектричні частинки - каолін, карбіди та ін.

Хімічні нікелеві покриття в наш час стають все більш затребуваними і стає очевидним, що один тип цих покриттів (високофосфористі, середньофосфористі, низькофосфористі та композиційні нікелеві покриття та ін.), навіть при всьому бажанні не можуть володіти всіма фізико-механічними властивостями, які необхідні для конкретної області застосування. Саме двошарові покриття здатні забезпечити таку можливість.

Актуальність теми. Двошарові нікелеві покриття зазвичай поєднують в собі два типи покриттів, які здатні покращити характеристики кожного окремого шару. Значна кількість варіантів таких покриттів вже знайшли застосування в металообробній промисловості [2]. Споживчі властивості, які можна покращити для використання в певних умовах, включають:

- покращену зносостійкість;
- підвищену корозійну стійкість;
- кращі змащувальні та антиадгезійні властивості;
- більший термін служби ванни для алюмінію;
- кращу відбивну здатність покриттів;
- чорніння покриттів.

З огляду на актуальність обраної тематики, було поставлено за мету зробити аналіз сучасних методів нанесення багатшарових захисних покриттів та порівняти споживчі характеристики утворених захисних плівок та спроектувати гальванічний цех з нанесення нікелевого покриття на мідні деталі.

Мета дослідження – розробити технологію нанесення захисно-декоративного нікелевого покриття на мідні деталі.

Завдання дослідження:

- проаналізувати сучасний стан проблеми надання електрохімічних послуг й визначити, який склад електролітів є актуальним серед виробників гальванічних покриттів;
- спроектувати технологічний процес з нанесення нікелевого покриття на мідні деталі;
- проаналізувати шкідливі й небезпечні виробничі фактори на проєктованому виробництві та запропонувати заходи з охорони праці.

Об'єктом дослідження являється процес нанесення захисно-декоративних нікелевих покриттів на мідні деталі з метою надання ним антикорозійних властивостей.

Предметом дослідження являється технологічний процес електроосадження нікелю з оптимізацією розміщення деталей на підвісках.

Методи дослідження:

- проведення порівняльного аналізу основних видів нікелевих електролітів, які набули найбільш широкого вжитку в сучасній електрохімічній промисловості;
- використання методик розрахунків технологічних параметрів процесів електроосадження нікелю;
- використання методики аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

Практична цінність. У даному дипломному проєкті розроблена технологія та проведений розрахунок обладнання для нанесення нікелевого покриття на мідні деталі. Розраховані оптимальні параметри гальванічного процесу, при проведенні якого осаджується якісне покриття, яке надійно захищає деталі від корозії, а також запропоновані відповідні заходи з охорони праці.

Елементи наукової новизни. Запропоновано технологію нанесення захисно-декоративного нікелевого покриття на мідні. Виконано розрахунок технологічного обладнання з оптимізацією розміщення електродів у ванні, що призведе до зменшення витрат електроенергії на одиницю продукції. Запропоновано методику очищення стічних вод реагентним методом, яка є дуже простою та економічно вигідною.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З НАНЕСЕННЯ НІКЕЛЕВИХ ПОКРИТТІВ НА МІДНІ ДЕТАЛІ

1.1. Нікелеві гальванічні покриття

Висока зносостійкість і твердість нікелевих покриттів широко використовуються в промисловості.

Багатошарове нікелювання використовується для підвищення корозійної стійкості нікелевих покриттів у порівнянні з таким же одношаровими покриттями. На практиці це досягається послідовним осадженням шарів нікелю з різних електролітів, що відрізняються фізико-хімічними властивостями покриття. До багатошарових нікелевих покриттів відносяться: бі-нікель, три-нікель, сил-нікель [5].

Гальванічні покриття основані на виділенні металів із розчинів їх солей під дією електричного струму. Осадження металу на вироби відбувається за умови підключення його до негативного полюсу джерела струму. Таким чином, виріб є негативним електродом, який називається катодом. Другий електрод, який підключається до позитивного полюсу джерела струму, зветься анодом.

Гальванічний спосіб забезпечує покриття виробів чистими металами або їх сплавами з мінімальною втратою металів, простоту товщини покриття, його пористості, зчеплення із поверхнею деталі, на яку воно наноситься.

Деталі, які піддають покриттю, монтуються на підвіски на монтажних столах, що знаходяться в цеху завантаження ліній або завантажуються одразу у барабан.

1.2. Застосування у промисловості нікелених покриттів

Нікелеві покриття використовують в промисловості для захисту від корозії деталей, виробів із сталі та кольорових металів, а також для підвищення зносостійкості металевих поверхонь, які схильні до тертя. Осадженні електрохімічно нікелеві покриття по відношенню до заліза будуть катодними та можуть забезпечувати захист покриття тільки за умови відсутності у них пор. Саме з цієї причини сталь вкривають спочатку шаром міді (25-35 мкм), а тільки

потім вже нікелем (10-15мкм). Найбільш широкого знайшли сульфатно-хлоридні електроліти [1, 6]. Електроліти із добавками похідних бутіндіолу мають здатність осаджувати дрібно-зернисті, еластичні, та рівні блискучі покриття. До недоліку покриття слід віднести невисоку корозійну стійкість, що обумовлена включеннями сірки. Усунути цей недолік можна нанесенням двох-або тришарових покриттів. Підвищену корозійну стійкість мають композиційні нікелеві покриття, які мають у своєму складі дрібнодисперсні діелектричні частинки (карбіди, каолін та інші).

Гальванічні нікелеві покриття в наш час стають все більш затребуваними та стає очевидним, що один тип покриттів (високофосфористі, середньофосфористі, низькофосфористі й композиційні нікелеві покриття), навіть при всьому бажанні не можуть мати всі фізико-механічні властивості, які необхідні для конкретної області використання. Саме двошарові покриття можуть забезпечити таку можливість.

1.3 Види покриттів

Висока зносостійкість і твердість нікелевих покриттів широко використовуються в промисловості.

Багатошарове покриття нікелем використовується для покращення корозійної стійкості покриттів у порівнянні із таким же одношаровими покриттями. Це досягається послідовним осаджуванням шарів нікелю із різних електролітів, що мають різні фізико-хімічні властивості покриття. До таких багатошарових нікелевих покриттів відносяться: бі-нікель, три-нікель, сил-нікель [2, 3].

Стійкість до корозії гальванічних покриттів бі-нікель у 1,5-3,0 рази є вищою ніж одношарові покриття. Тому їх рекомендовано використовувати замість блискучих та одношарових матових нікелевих покриттів. Для одержання кращої корозійної стійкості перший шар нікелю (матовий або напівблискучий), який повинен бути не менше $1/2-2/3$ від загальної товщини покриття, осаджений із стандартного електроліту та практично не містить

сірки. Другий підшар нікелю одержують з електроліту блискучого нікелювання; сірка, що входить до органічних блискоутворювачів, входить також і до складу нікелевого покриття, причому електродний потенціал цього блискучого шару зміщується на 60-80 мВ в сторону негативних значень по відношенню до першого утвореного шару. З цієї причини, блискучий шар нікелю в гальванічній парі є анодом і захищає перший шар від корозії [3].

Тришарове нікелеве покриття має найвищу корозійну стійкість. Після осадження першого шару нікелю із того самого електроліту, що й при двошаровому нікелюванні, осаджується проміжний або середній шар нікелю із електроліту, який містить сірковмісну добавку, що і забезпечує додатковий вміст кількості сірки (0,15-0,20%) у складі проміжного підшару нікелю [4, 6]. На фінальній стадії наноситься верхній третій шар з електроліту для одержання блискучих покриттів. Проміжний шар, який має найбільший електронегативний потенціал, захищає всі шари нікелю, які з ним контактують, від корозії.

Головна перевага двошарових нікелевих покриттів в тому, що вони мають декілька з наведених вище властивостей, в той же самий час як одношарове покриття - тільки одну. Нище наведені приклади двошарових покриттів.

1. Верхній шар являє собою високофосфористе хімічне нікелеве покриття, а нижній шар є низькофосфористим нікелевим покриттям. Такі деталі використовують коли покриття повинно мати зносостійкість та висока твердість. Рекомендують використовувати низькофосфористе хімічне нікелеве покриття. Але як самостійне одношарове покриття воно не буде мати високу корозійну стійкість. А якщо нанести спочатку підшар високофосфористого покриття, то нове утворене двошарове покриття може забезпечити високу зносостійкість та корозійний захист.

2. Верхній шар представляє собою композиційне нікелеве покриття, а нижній – високофосфористе нікелеве покриття. Такий тип покриття знаходить застосування у сфері де потрібна висока корозійна стійкість і хороші мастильні та адгезійні властивості. Одношарове високофосфористе покриття не спроможне це забезпечити. Але верхній шар композитного покриття може

надати покриттю або нижчий коефіцієнт тертя, або кращу зносостійкість. З огляду на те, композиційні покриття дуже пористі, вони мають невисоку корозійну стійкість. Завдяки поєднанню високофосфористого покриття для підшару та композитного покриття у якості верхнього шару можна отримати характеристики обох складів в одному покритті.

3. Верхній шар являє собою блискуче середньо-фосфористе нікелеве покриття, а нижній шар є високофосфористим хімічним покриттям. Для деяких сфер застосування дуже важливим є зовнішній вигляд самого покриття. Тому досить часто замінюють блискуче гальванічне нікелеве покриття на інші покриття з невисоким вмістом фосфору. Середньо-фосфористі сполуки надають покриттю якості, що підходить для переважної більшості сфер застосування, але вони не спроможні забезпечити додаткової корозійної стійкості, яка вельми необхідна при певних умовах експлуатації. Осадження першого блискучого середньо-фосфористого шару на високофосфористих шарах нікелевого покриття допомагає одержати блискуче покриття із достатньо високою корозійною стійкістю.

4. Верхній шар утворений з середньо- або високофосфористого покриття, а нижній – із лужного хімічного нікелевого покриття. Термін експлуатації більшості кислотних складів електродитів для хімічного нікелювання може бути зменшений при нанесенні на алюмінієві підложки у порівнянні з використанням сталевих підложок. Напрацювання останніх років показали, що використання саме лужного електродиту нікелювання перед нікелюванням в кислотному електродиті здатне подовжити термін служби ванни, а також покращити адгезію. Також при цьому також зменшуються витрати на нанесення покриття [4-6].

5. Верхній шар являє собою матове низькофосфористе нікелеве покриття, а нижній є високофосфористим нікелевим покриттям. Останні дослідження показали, що нанесення низькофосфористих покриттів на високофосфористі шари дозволяє одержати високоякісну чорнену поверхню деталі. Якщо на низькофосфористе нікелеве покриття, яке може легко окиснюватися, нанести

корозійно стійке високофосфористе нікелеве покриття, то можна одержати блискуче або матове чорніння, що буде придатне для багатьох областей застосування [4].

Висновки до розділу.

З аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що двошарові нікелеві покриття, які одержані методами хімічного нікелювання, можуть характеризуватися різними властивостями, які можна використати в багатьох галузях, зараз та в майбутньому. Поєднуючи різні види нікелевих покриттів, які зараз є доступними на ринку, можна забезпечити підвищений попит виробів з двошаровим покриттям, у порівнянні з одношаровими покриттями.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єктом дослідження є процес нанесення нікелевих покриттів на мідні деталі з метою надання їм антикорозійних властивостей.

Вихідні дані для технічних розрахунків:

- задана продуктивність обладнання (ванн): $16500 \text{ м}^2/\text{рік}$;
- товщина гальванічного покриття: 9 мкм ;

Характеристика покриваємих деталей

- габаритні розміри: $h=5\text{мм}$, $d=50\text{мм}$;
- площа вкриваємої поверхні: $4,71 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$;

Характеристика розчину електроліту [8].

Склад електроліту:

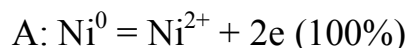
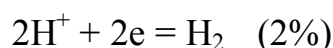
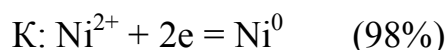
$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	66 г/л;
NiCl_2	12 г/л;
H_3BO_3	40 г/л.

Густина та електропровідність розчину електроліту:

1190 кг/м^3 ; $0,4 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}$.

Режим проведення електролізу.

- Напруга на клеммах ванни: 12 В .
- Потенціал під струмом: катода та анода: $E_{\text{К}}=-0,73\text{В}$; $E_{\text{А}}=0,43\text{В}$.
- Основні та побічні катодні і анодні електродні реакції:



Густина струму: на катоді 3 А/дм^3

Температура електроліту: 55°C .

Значення ентальпії вихідних і кінцевих продуктів електродних реакцій, що протікають в процесі нанесення покриття

$$\Delta H(\text{Ni}) = - 53,14 \text{ кДж/моль}; \Delta H(\text{H}_2) = 0.$$

2.2. Методи досліджень якості покриття.

Контроль якості здійснюється відповідно до ГОСТ 9.302-88.

Якість покриттів багато в чому залежить від якості металу його основи, тому контролю піддають як самі покриття, так і основний метал. При контролі металу перед покриттям визначають шорсткість його поверхні, а також встановлюють наявність дефектів. Нікелеві покриття повинні відповідати вимогам: до зовнішнього вигляду, товщині, пористості та міцності зчеплення з металом.

Контроль зовнішнього виду покриття.

Контроль проводиться на всіх деталях неозброєним оком в добре освітленому приміщенні на відстані не менше ніж 25 см від контрольованої поверхні. За зовнішнім виглядом покриття:

- від сріблясто-сірого кольору до сріблясто-білого;
- на поверхні покритих деталей допускаються сліди від механічної обробки прокату та інші відхилення, які допускаються стандартами або технічними умовами на основний метал (плями та темні смуги у важкодоступних для зачистки отворах);
- на поверхні деталі з покриттям не вважається браком наступні ознаки: нерівномірність кольору та блиску, сліди від потьоків води, що утворилися при контролі вимірювальними інструментами та приладами;
- на поверхні деталі, вкритої декількома видами покриттів або при використанні ізоляції не є браком наступні ознаки: зсув межі покриття до 2 мм вниз або іншу сторону; окремі точкові влипання одного покриття в інше; потемніння металу у зоні переходу одного кріплення в інше [8].

Контроль товщини покриття

1. Для проведення контролю товщини покриття відбирають з кожної партії від 0,1 до 10% деталей, але не менше 3 штук, за винятком контролю

товщини покриття металографічним методом, який може бути зроблений на одній деталі з партії.

2. Товщина покриття має відповідати конструкторській документації. В отворах та порах, на внутрішніх поверхнях товщина покриття може зменшуватися на 50%.
3. Товщину утвореного покриття слід контролювати одним з зазначених методів: методом краплі, методом струменя, металографічним або гравіметричним [8-9].
4. Метод струменя слід застосовувати для визначення товщини покриття при 3 - 30 мкм його товщини на поверхні $0,3 \text{ см}^2$. Метод ґрунтується на тому, що на ділянку покриття із каліброваного капіляра направляють струмінь розчину, який руйнує метал покриття. Товщина покриття визначається за часом руйнування металу покриття, або за об'ємом розчину, який застосовували на руйнування [2].
5. Метод краплі використовується для вимірювання місцевої товщини покриття. З спеціальної крапельної установки на покриття наносять краплі розчину, які здатні розчиняти метал покриття. Час життя краплі на поверхні виробу фіксований, потім краплю видаляють та наносять наступну до тих пір, поки покриття не буде зруйновано вщент. Товщину визначають за допомогою калібрувального графіка залежно від кількості крапель, які пішли на повне руйнування покриття.
6. Металографічний метод застосовують як арбітражний і також при налагодженні процесу. Даний метод оснований на тому, що проводиться розріз деталі із покриттям, а потім на зрізі роблять металографічний шліф і застосовуючи оптичні прилади, вимірюють товщину покриття [2, 8].
7. Гравіметричний метод використовується для визначення товщин дорогих покриттів (золото, срібло, паладій). Метод використовують для деталей будь-якої партії, масою не більше 200 г при вибірковому контролі. Деталь з нанесеним покриттям попередньо знежирюють, висушують та зважують. Потім у спеціальному розчині знімають покриття та знову зважують

деталь. За зменшенням ваги, знаючи площу поверхні деталі, можна визначити товщину покриття, яке було нанесено на деталь до розчинення [8].

Контроль міцності зчеплення

Метод нанесення сітки подряпин використовують для визначення міцності зчеплення покриттів товщиною не більше 20 мкм. На поверхню наносять 4 - 6 паралельних ліній сталевим вістря аж до основного металу на відстані 2 - 3 мм один від одного та 4 - 6 перпендикулярних їм паралельних ліній. На поверхні деталі не повинно спостерігатися відшаровування. При використанні методу опилювання зразок із покриттям затискають у лещата та обпилюють по зрізу напилком з набором дрібних зубів. Тирсу знімають в напрямку основного металу до покриття під кутом 45°. При цьому не повинно утворюватися відшаровування покриття. Метод придатний для деталей з покриттям товщиною більше 5 мкм.

Контроль пористості покриття.

Для контролю пористості покриття відбирають для кожної партії від 0,1 до 10% деталей, але не менше 3 штук. Контроль здійснюється за допомогою фільтрувального паперу. При проведенні вимірювання на підготовлену деталь накладають фільтрувальний папір, який змочений розчином калію заліzosиньородистого або хлористим натрієм, таким чином, щоб між поверхнею деталі та папером не було бульбашок повітря. Через 5 хвилин папір з відбитком пор у вигляді точок або плям знімають, промивають діонізованою водою і сушать на чистому склі (для сталі сині точки, для міді - червоно-бурі) [8].

Висновки до розділу.

У розділі визначений об'єкт дослідження, яким є процес електролітичного нікелювання та методи дослідження якості утворених покриттів.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вибір електроліту нікелювання

Блискуче нікелювання зменшує витрату нікелю та усуває небезпеку прополірування покриття по краях та ребрах виробу. Електроліти для блискучого нікелювання, окрім основних хімічних компонентів - сульфату нікелю, борної кислоти та хлоридів повинні ще містити спеціальні добавки (блискоутворювачі), які повністю змінюють процес осадження нікелю, дозволяючи одержувати його блискучим у шарах достатньої товщини поверху блискучої й матової поверхні. Додавання блискоутворювача дає кращий ефект при підвищенні густини струму, у зв'язку з чим основні хімічні компоненти також вводяться у підвищеній концентрації, вміст нікелю доводять до 60-100 г/л, хлоридів не менше 10 г/л, а в деяких випадках до 68 г/л. Борна кислота повинна бути введена в кількості не менше 38 г/л. За таких умов попереджається легкий загар на ділянках з підвищеною густиною струму. Висока концентрація борної кислоти сприяє осадженню пластичних та добре зчеплених покриттів [9].

Блискоутворюючі добавки поділяються на два класи: перший - слабкі блискоутворювачі, другий - сильні.

Слабкі блискоутворювачі дають змогу отримувати блискучі нікелеві покриття тільки на полірованій поверхні, їх блиск є обернено пропорційним товщині. Вони не мають впливу на катодну поляризацію. До таких блискоутворювачів відносяться уротропін, паратолуолсульфамід, сахарін, хлорамін та ін.

Сильні блискоутворювачі надають блиску не тільки полірованій поверхні, а й на матовій, причому блиск вже не залежить від товщини покриттів. Вони збільшують катодну поляризацію та вирівнюють мікрорельєф, але й погіршують механічні властивості осадів. До них відносяться кумарин, тіосечовина, 1,4-бутіндіол та ін.

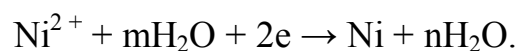
При спільній роботі добавок 1-го і 2-го класів осаді отримуються пластичними з рівномірним блиском. Блискоутворювачі 1-го класу в цих

випадках є пластичними добавками. Важлива комбінація блискоутворювачів, при якій добавки 2-го класу не зменшують адсорбції на катоді добавок 1-го класу.

Слід відзначити, що більшість блискоутворюючих та змочувальних добавок є сульфосполуками. Під час електролізу в результаті ряду перетворень утворюється сульфамід нікелю. Вміст сірки в осадах погано позначається на механічних та корозійних властивостях утворених осадів [9].

На властивості нікелевих покриттів суттєво впливає режим роботи. Збільшення температури і густини струму сприяє зменшенню внутрішньої напруги та збільшенню блиску покриттів. Оптимальною вважається температура 50-60°C. Всі електроліти потребують перемішування, безперервного фільтрування та селективного очищення.

Електроліз нікелю з розчинів простих солей має ряд своїх особливостей у порівнянні з іншими металами. Розряд іонів металу відбувається при високій катодній поляризації та низькому перенапруженні водню, що створює певні ускладнення, через те, що на катоді одночасно з металом виділяється водень:



Іони нікелю в електроліті сольватовані дипольними молекулами води. У подвійному електричному шарі частина молекул води відщеплюється. Дегідратація інших молекул води вимагає витрат енергії, яке виявляється у зростанні перенапруги, яка називається хімічною поляризацією. Рівноважний потенціал нікелю навіть при малих густинах струму стає негативним. При низьких значеннях рН (нижче 1-2) нікель майже не осаджується і на катоді виділяється водень. При збільшенні рН потенціал виділення водню ще більш негативний і на катоді утворюються умови для спільного виділення водню та нікелю. Частка виділення водню є тим меншою, чим вище рН. При високих значеннях рН проводити осадження нікелю не можна, так як починається гідроліз. Продукти гідролізу (оксид та

гідроксид нікелю), проникають у покриття, що призводить до утримання бульбашок водню на поверхні катода, тому осаджений нікель стає пористим, шороховатим та темним. При достатньо високих значеннях рН можна помітити на деталях зелений осад нерозчинних солей нікелю.

Для процесу нікелювання характерно явище «підтинг». Бульбашки газоподібного водню утримуються на катодній поверхні, тому цих місцях неможливим стає подальший розряд нікелю. Нікель починає розряджатись біля бульбашок. На утворенню покритті виникають пори, воно втрачає захисні та декоративні властивості. Прилипанню бульбашок до катода спричиняють всі речовини, які збільшують поверхневий натяг. Сильний вплив надають гідроксиди та органічні сполуки, також продукти їх розкладу та навіть пил [10].

Найбільш ефективно у якості анодів використовувати плоскі рами з смугового титану з стінками із перфорованої пластмаси. В такі рами поміщують шматочки нікелю, які збільшують поверхню анодів і сприяє їх більш повному використанню. Усі аноди, в тому числі і рами також, слід поміщувати у чохла з тканини «хлорин» або «бельтинг», які попередньо оброблюють в 2-10%-ому розчині HCl; аноди попередньо зачищують сталевими щітками від шламу.

3.2 Приготування електроліту нікелювання

Для електрохімічного нанесення нікелевого покриття на мідні деталі у проєкті пропонується наступний склад електроліту:

Нікелю сульфат	66 г/л;
Нікелю хлорид	12 г/л;
Кислота борна	40 г/л;
Температура	55-60°C;
Катодна густина струму	3 А/дм ² ;
Вихід за струмом	95-98%;
рН розчину електроліту	4,4-4,8.

У реакторі для приготування електроліту при безперервному перемішуванні додають наступні компоненти у послідовності: борна кислота, нікелю сульфат, нікелю хлорид. Потім додають 0,4 кг активованого вугілля Filterkohle Schering N у вигляді порошку на 100 л приготованого електроліту. Приблизно через 30 хвилин розчин фільтрують у робочу ванну та доливають дистильованої води до потрібного об'єму. Якщо ж рН нижче 4,0, то його доводять до заданого значення шляхом пропрацювання приблизно при 3А/дм². Після цього у ванну нікелювання додають розраховану кількість добавок та перемішують. Типи добавок представлені у таблиці 3.2.1:

Таблиця 3.2.1

Типи добавок

Назва добавки	Функція	Кількість, г/л
Glanzkorrkturlosung Ni konz	Основна блискоутворююча добавка	3
Формальдегід	Покращує глянець	0,2
Glanzzusatz	Покращує розсіювану здатність	0,35
Netzmittel	Змочувальний засіб проти пористості і піттинга	1

3.3 Аноди

Електролітний нікель (S-Nickel Rounds) для анодів виготовляється в корзинах з титану. При використанні титанових анодних корзин потрібно слідкувати за тим, щоб напруга не перевищувала 10 В. Бо це може призвести до пошкодження титану. Нікелеві аноди (анодні кошики) слід обернути у мішечки із поліпропіленової тканини. При роботі з таким нікелем потрібно 2 анодних мішечка на кожний кошик, щоб поверхня не була шорсткостою через попадання механічного бруду.

3.4 Шкідливі домішки

Домішки сприяють утворенню осадів, що розтріскуються. Шкідливими домішками у електроліті нікелювання є, перш за все, солі різних металів, які осаджуються на катоді при більш позитивному потенціалі, аніж нікель.

Найбільш шкідливими для нікелевого електроліту є: мідь, миш'як, сурма та свинець. У присутності міді осади отримуються шорсткими; домішки цинку сприяють утворенню маленьких чорних цяток та навіть чорних смуг. При наявності незначних домішок свинцю утворюється лускате покриття, яке легко обсипається. Шкідливим так само є присутність солей заліза тривалентного заліза, які гідролізують при більш низькому значенні рН, ніж солі нікелю. Такі осади володіють підвищеною крихкістю, розтріскуються та відшаровуються від поверхні катода. З поміж аніонів найбільш шкідливими є NO_3^- , який сприяє відшаруванню покриттів. Такі електроліти не є придатними до експлуатації. Нітратна кислота може потрапити в електроліт при поганій промивці деталей після травлення. Органічні сполуки сприяють утворенню піттинга, крихкості та шорсткості покриттів [11].

Для видалення та ліквідації піттинга в електроліт при температурі 50-60°C додають H_2O_2 та інтенсивно перемішують її стисненим повітрям для окиснення Fe^{2+} до Fe^{3+} , який при рН 6,0 випадає в результаті гідролізу у вигляді $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в осад. Разом з осадом видаляються і адсорбовані на ньому органічні сполуки. Видалення міді відбувається при рН 2,5-3, пропрацьовуючи електроліт струмом при напрузі 0,8-1,0 В і густині струму 0,1-0,2 А/дм². Швидке та повне видалення міді відбувається під час фільтрування електроліту через шар порошку металевого нікелю за рахунок контактного виділення міді. Цинк можна осадити при додаванні 0,01 г/л скаламученої крейди або гашеного вапна до рН 6,1-6,3 при інтенсивному перемішуванні електроліту.

Таблиця 3.4.1

Шкідливі домішки нікелюванні та способи їх усунення

Домішки	Критична концентрація (мг/л)	Вид дефекту	Усунення
залізо	вище 10	Шорсткість або пористі включення $\text{Fe}(\text{OH})_3$	Комплексоутворення лимонної та винної

			кислот (0,05 – 0.1г/л)
	вище 1000	Крихке покриття	0,3 – 1,0 H ₂ O ₂ (30%-ва) і фільтрація при рН вище 5,0
мідь	10-20	Чорні в вигляді сажі покриття в областях низької густини струму	Селективна очистка
цинк	20-40	Темні вуалеві, смугасті покриття	Селективна очистка
Хром (6+)	5	Погане розсіювання та погана адгезія Cr(OH) ₃ ведуть до шорсткості	Відновлення перекисом водню 0,3-1,0 мл / л Відновлення за допомогою NaHSO ₃ (порції по 0,025г/л) Пропрацювання з катодом при високій густині струму, по можливості при рН 5,0
Кальцій	500	Через кристалізації пористість та шорсткість	Додавання 0,5-1,0 г/л фториду натрію та фільтрація

Селективна очистка - це операція, яка найчастіше зустрічається в металевих забрудненнях катодним способом при 0,8-1,2 В і 0,05-0,1 А/дм².

Також виникає багато проблем при нікелюванні, в зв'язку з забрудненням електроліту органічними сполуками (жири, масла, антикорозійні засоби) і передозуванням добавок.

Характерні дефекти викликані органічними включеннями:

- темні покриття;
- тонкі шари;
- нерівномірність покриття з вуаллю.

У переважній більшості випадків такі забруднення можна усунути при змішуванні 5-10 г/л порошку активованого вугілля. Після осадження вугілля електроліт треба ретельно профільтрувати. Іноді такі забруднення спочатку потрібно окиснити, щоб потім їх можна було видалити активованим вугіллем. Для цього використовують перекис водню. Під дією калій перманганату як дуже сильного окисника також можна ефективно усунути органічні речовини.

3.5 Коригування електроліту

Один раз на місяць електроліт підлягає фільтрації, а сама ванна чищенню. Електроліт викачують у ванну для приготування та коригують. Робочу ванну слід вичистити від осаду та деталей, вимити та витерти. Аноди добре помити, вичистити, обернути у поліпропіленову тканину та вставити в титановий кошик. Перевірити відсутність тріщин в футерівці. При наявності тріщин їх потрібно негайно заварити. Після цього електроліт з ванни приготування після фільтрування заливають у робочу ванну. Потім потрібно завісити в ванну, на очищених штангах, аноди. Аналіз електроліту на вміст нікелю сірчаноокислого, нікелю хлористого та борної кислоти відбувається два рази на тиждень, коригувати електроліт потрібно за даними хімічного аналізу. Повна заміна електроліту відбувається один раз на рік.

Аналіз електроліту нікелювання.

Визначення нікелю.

Об'ємний метод з застосуванням трилону Б: 1 мл електроліту (взятий з розведенням) поміщують в колбу на 250 мл, додають 50 мл води, 5 мл 20% - ного розчину двохзаміщеного фосфорнокислого натрію для осадження магнію, 10 мл буферної суміші (20 г хлористого амонію і 100 мл 25% -ного аміаку в 1 л розчину), 0,3 г індикатора мурексиду і при енергійному помішуванні титрують нікель розчином трилону Б до яскраво-фіолетового забарвлення розчину.

Вміст нікелю (г/л) підраховують за формулою

$$C(\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 4,78 \cdot 1000 \text{ TNi a} / n,$$

де T_{Ni} - титр розчину трилону Б виражений в г Ni;

a - кількість розчину трилону Б, витрачений на титрування, мл;

4,78 - коефіцієнт перерахунку на $NiSO_4 \cdot 7H_2O$;

n - кількість електроліту, взятого для аналізу, мл.

Визначення борної кислоти.

Метод без відділення нікелю: 10 мл електроліту в конічній колбі місткістю 500 мл розбавляють водою до 100 мл, додають дві-три краплі змішаного індикатора (1 частина 0,2% -ного спиртового розчину метилротом і 1 частина 0,1% - ного спиртового розчину метиленової сині). Якщо при цьому електроліт має кислу реакцію (брудно-фіолетове забарвлення), то доливають по краплях 0,1 н. розчин NaOH до переходу забарвлення в зелене. Потім додають надлишок одномолярного розчину шавлевокислого калію (20 мл) для зв'язування нікелю в комплекс. Якщо реакція розчину є кислою, знову додають розчин до появи зеленого забарвлення. Потім доливають 15-20 мл гліцерину, 10-12 крапель фенолфталеїну і титрують 0,1 н. розчином NaOH до переходу зеленого забарвлення в брудно-фіолетове. Метод придатний тільки при відсутності амонійних солей в електроліті.

Визначення оптимальних режимів нікелювання та вмісту блискоутворюючої добавки.

pH в процесі роботи підвищується, тому його потрібно кілька разів вимірювати електрометричним методом або за допомогою індикаторного паперу Lyphan L 663 (pH, виміряний електрометричним методом на 0,2-0,3 нижче).

Для підкислення рекомендується 10% -а сульфатна кислота (хімічно чиста).

Визначити оптимальну густину струму, при якій осаджується найбільш якісне покриття. Одержаними даними потрібно керуватися при регулюванні параметрів процесу у робочій ванні [12].

При достатній кількості блискоутворюючих добавок, нікелеве покриття має сріблясто-білий колір та помірний блиск по всій поверхні пластини. Поява

крихкості та потемніння на ділянці біля катода, сильний блиск покриття по всій поверхні свідчить про надмірну концентрацію блискоутворюючої добавки у електроліті. Зменшення густини осадження блискучих покриттів і поява на краях катода матового покриття вказує на недоліки блискоутворювача в електроліті. Чим більші зони матового покриття, тим меншим є вміст блискоутворювача. Додавання органічних добавок рекомендовано проводити автоматичним дозуванням.

3.6 Технологічний процес нанесення нікелевого покриття

3.6.1 Механічна підготовка

Всі деталі, які надходять у гальванічний цех перед нанесенням покриття, піддаються механічній підготовці. На поверхні деталей не повинно бути видимого шару мастил, емульсій, механічної стружки та пилу.

На якість поверхні деталі впливають фізико-механічні властивості вихідного матеріалу, спосіб та режим обробки, а також вплив навколишнього середовища.

Кожен метод обробки характеризується точністю, діапазоном шорсткості оброблюваних поверхонь, формою та напрямком розташування мікронерівностей.

Основними операціями механічної підготовки поверхні деталей для гальванічних покриттів є:

- шліфування;
- полірування;
- вібраційна та магнітно-абразивна обробка;
- відцентрово-абразивна та струменева гідроабразивна обробка;
- галтування та ін.

Перед нанесенням нікелевого покриття деталі шліфують і полірують для усунення забоїн, рисок та інших дефектів поверхні, та для отримання заданого класу шорсткості. В процесі шліфування знімається тонка стружка металу гострими ріжучими гранями зерен абразивних матеріалів. Найменше значення

шорсткості при цьому досягається 1,25 мкм. Шліфування проводиться на шліфувальних кругах, які виготовляють з повсті, бязі, брезенту, на які наносять абразив. В залежності від стану поверхні деталі шліфування ведуть в кілька переходів із поступовим зниженням величин зерен абразиву від першої операції аж до останньої. Як абразив використовують шліфувальні порошки із різними групами зернистості [13].

Потім деталі протирають та вони надходять на полірування, після цього поверхня деталі набуває блискучого, дзеркального вигляду. Полірування роблять еластичними колами різної конструкції, виготовленої з бязі, фланелі, повсті, шкіри. Вони є аналогічними шліфувальним кругам, але без абразивного шару. Можна для полірування застосовувати полірувальні пасти, які при взаємодії з навколишнім середовищем розчиняють оксиди з поверхні металу. Склад полірувальних паст обирається залежно від матеріалу деталі та стану поверхні. Для мідних деталей пропонується паста:

Шліфпорошки 3; 4; 6 - 75 кг/м³;

Парафін - 10 кг/м³;

Гліцерин - 10 кг/м³.

Для більш тонкого полірування:

Склад №1: паста Гойї

Склад №2: оксид хрому 50 кг/м³;

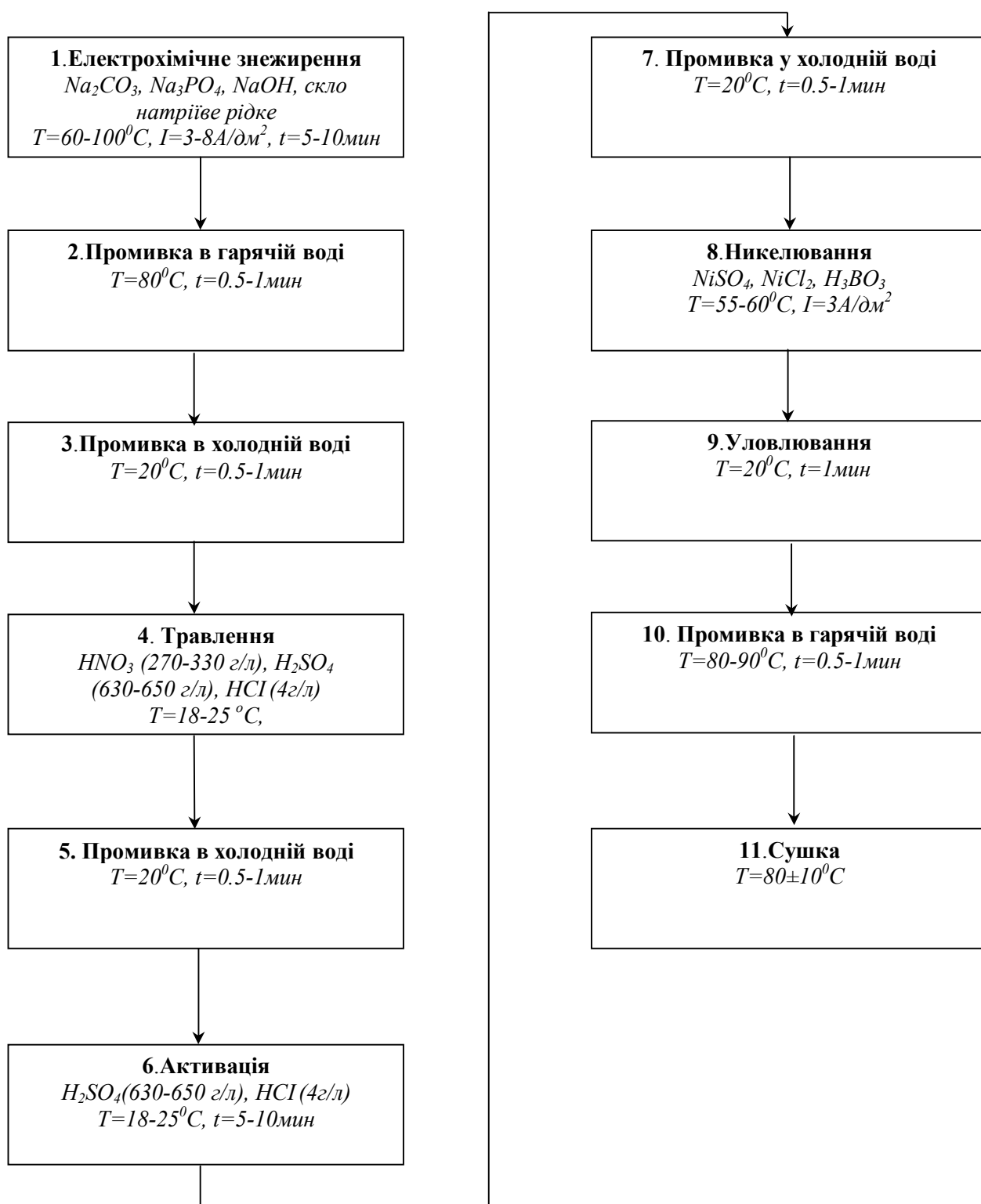
стеарин 40 кг/м³;

парафін 10 кг/м³.

Після полірування мінімальне значення шорсткості повинно становити 0,32 мкм.

3.6.2 Технологічний процес нікелювання

3.6.2.1. Схема технологічного процесу



3.6.2.2. Карта технологічного процесу

Таблиця 3.6.2.2.1

Операція	Обладнання	Компонент	Концентрація, г/л	Температура, °С	Час операції, хв
Монтаж деталей	Монтажний стіл				1-2
Електрохімічне знежирення (густина струму 3-8 А/дм ²)	Ванна стаціонарна	Гідроксид натрію Вуглекислий натрій Тринатрійфосфат Скло рідке	30-40 20-30 50-60 8-10	60-100	5-10
Промивка в гарячій воді	Ванна стаціонарна	Вода водопровідна		80-90	0,5-1
Промивка в холодній воді	Ванна стаціонарна	Вода водопровідна		15-25	0,5-1
Травлення	Ванна стаціонарна	Нітратна кислота Сульфатна кислота Соляна кислота	270 630 5	18-25	0,3-0,5
Промивка в холодній воді	Ванна стаціонарна	Вода водопровідна		15-25	0,5-1
Декапіювання	Ванна стаціонарна	Сульфатна кислота Хлоридна кислота	630 5	18-25	5-10
Промивка в холодній воді	Ванна стаціонарна	Вода водопровідна		15-25	0,5-1
Нікелювання (густина струму 3 А/дм ²)	Ванна стаціонарна	Нікелю сульфат Нікелю хлорид Борна кислота	66 12 40	55-60	15
Уловлювання	Ванна стаціонарна	Вода водопровідна		15-25	1
Промивка в гарячій воді	Ванна стаціонарна	Вода водопровідна		80-90	0,5-1
Сушка	Сушильний шкаф			80-90	15

3.6.2.3 Опис технологічного процесу

Вхідний контроль

Вхідному контролю піддаються всі деталі, які надійшли на нікелювання, відповідно до вимогам якості поверхні деталей перед нанесенням покриття у відповідності з ГОСТ 3002-70.

Шорсткість поверхні деталі, для нанесення захисного покриття, повинна бути не нижче 4 по ГОСТ 2789-59. Але ця вимога до шорсткості не поширюється на важкодоступні для обробки або неробочі та внутрішні поверхні деталей а також на деталі із дроту, на різьбові поверхні та поверхні зрізу штампованих деталей із товщиною матеріалу до 4 мм.

Поверхня деталей, які виготовлені з гарячекатаного металу, повинна бути чистою, без травильного шламу, окалини та ін. забруднень).

Неоднорідність прокату, окалина, раковини, тріщини, розшарування, виявлені після травлення, є підставою для відбракування деталей, якщо при контрольній зачистці, ці дефекти виводять деталі за межі відхилення [13].

На деталях, отриманих газовим і електродуговим зварюванням встик і внахлест, кутові шви зварних з'єднань повинні бути безперервними та не мати непроварів. Зварні та паяні шви повинні бути зачищені та не мати дефектів.

Правила прийому деталей по ГОСТ 3002-70.

Перед нанесенням гальванічного покриття 2-5% партії, але не менше 3 деталей контролюють на відповідні вимоги щодо якості поверхні перед нанесенням покриття. При одержанні незадовільних результатів проводять контроль ще раз на подвоєній кількості деталей. При незадовільних результатах повторного контролю, хоча б на одній деталі, вся партія повертається на усунення дефектів.

Деталі повинні надходити в чистих контейнерах, які застелені папером, що попереджають появу рисок, забоїв при транспортуванні.

Поверхні деталей після механічної обробки повинна бути без видимого шару мастила, емульсії, металевої стружки, задирок, пилу та продуктів корозії.

Монтаж деталей на підвіски

Підвіски повинні бути виготовлені з латуні. Контактуючі поверхні обладнання повинні бути очищені від забруднень. При монтажі деталей на підвіску слід уникати утворення газових мішків при завантаженні в ванну. Ділянки, які не контактують з підвіскою ізолювати поліхлорвініловою ізоляційною стрічкою. Контактний гачкотримач підвіски повинен бути виготовлений з латуні або міді. Неприпустимим є застосування підвісок, виготовлених з нержавіючих або хромових сталей.

Електрохімічне знежирення

Найбільш ефективний метод очищення поверхні тому, що бульбашки, які виділяються з поверхні деталей водню або кисню відривають жирові частинки.

На деталі подають струм змінної полярності: катодний період складає 2-3 хвилини, анодний -1 хвилину. Деталі завішують в ванну у якості катода.

Промивка в гарячій воді

Проводить з метою видалення з поверхні деталей продуктів реакції та розчинів, які залишилися після знежирення. Промивають деталі проточною водопровідною водою при температурі $80 \pm 10^{\circ}\text{C}$.

Промивка в холодній воді

Така промивка проводиться для більш повного видалення з поверхні деталей продуктів реакції та розчинів від попередніх операцій. Промивають деталі проточною водопровідною водою без підігріву.

Травлення

Операція проводиться для видалення із поверхні деталей продуктів корозії й оксидних плівок, шляхом розчинення їх у кислотах або розчинах лугів. Така оксидна плівка або продукти корозії утворюється на поверхні металу під дією навколишнього середовища. Плівка може з'являтися також і в результаті попередньої обробки металу. Поверхня міді після термічної обробки покривається шаром окалини. Плівки на поверхні деталі перешкоджають нанесенню якісного гальванічного покриття.

Промивка у холодній воді

У проточній водопровідній воді без підігріву.

Зняття травильного шламу.

Проводиться промивка деталей, повторивши операцію 6. Деталі після попередніх операцій мають колір від яскраво-червоного до рожевого.

Промивка у холодній воді

В проточній водопровідній воді без підігріву.

Декапірування (активація)

Операція проводиться безпосередньо перед завантаженням деталей в гальванічну ванну для видалення найтонших оксидних плівок, які утворюються в результаті навіть короткочасного зберігання. При активації полірованих деталей потрібно стежити за тим, щоб на поверхні деталей не залишався шлам.

Промивка в холодній воді

Провести операцію, повторивши операцію 9.

Нікелювання

Параметри процесу і електроліт вказані в табл.3.6.2.2.1.

Перед вивантаженням деталей із ванни заміряти розмір деталей та товщину покриття.

Промивка в гарячій воді

У проточній водопровідній воді при температурі 80°C.

Сушка

Проводити в сушильній шафі. Деталі з сітчастих кошиків висипаються на піддон сушильної шафи. Температура сушки 40-60°C. Потім провести термообробку деталей в сушильній шафі при температурі 180-200°C протягом 2-8 годин.

Демонтувати деталі з підвіски

Провести на робочому столі.

Контроль якості та товщини нікелевого покриття

Після нанесення покриття деталі проводиться контроль з метою визначення товщини утвореного покриття, міцності зчеплення. Якщо покриття неякісне його видаляють та наносять заново.

3.6.2.4. Видалення неякісного покриття

Для видалення неякісного нікелевого покриття використовують розчин:

Гліцерин	ГОСТ 2548-77	20-25 г/л
Сульфатна кислота	ГОСТ 4204-76	500-555 г/л

Температура 18-25°C. Час операції 3-5 хвилин.

Видалення покриття виконують електрохімічним розчиненням нікелю в зазначеному вище розчині при анодній густині струму 3-8 А/дм² [12].

3.7 Проблеми при роботі нікелевих електролітів, причини їх появи та способи їх усунення

Таблиця 3.7.1

Проблеми при роботі нікелевих електролітів

Характер проблем	Причина	Спосіб усунення
Покриття не осідає, спостерігається сильне газовиділення на катоді	Підвищена кислотність Низька температура електроліту Розчин забруднений нітратною або хромовою кислотою	Виміряти і відкоригувати рН електроліту Підвищити температуру електроліту вище 15°C Замінити електроліт
Низька швидкість осадження нікелю і безперервне виділення водню при нормальній катодній густині струму	Знижена температура електроліту Мала площа анодів Мала провідність електроліту Пасивування анодів	Підігріти електроліт Збільшити поверхню анодів Додати провідні солі Зачистити аноди металевою щіткою, встановити співвідношення між $S_k:S_a=1:1$
Темний з плямами осад при нормальній катодній густині струму	Ванна забруднена домішками міді, заліза, цинку Високе значення рН електроліту Низька електропровідність електроліту	Провести очистку електроліту Перевірити та відкоригувати кислотність розчину Довести до рецептурного значення концентрацію провідних солей

Погане зчеплення покриття з основою, відшаровування нікелю	Погане знежирення виробів Забруднення електроліту неорганічними та органічними домішками Перебої електричного струму під час електролізу	Відкоригувати або змінити ванни підготовки Провести селективну очистку ванни та обробити її активованим вугіллям із перманганатом калію Перевірити та ретельно зачистити всі контакти
Пригорілі краї виробів	Завищена густина струму	Знизити значення катодної густини струму, підвищити температуру розчину та інтенсивність перемішування
Шорсткі осади	Зниження концентрації нікелю та борної кислоти	Відкоригувати розчин до рецептурного значення
Піттинг на покритті	Ванна забруднена органічними домішками Завищена густина струму та кислотність розчину, знижена температура Зниження концентрації борної кислоти в розчині	Провести обробку розчину активованим вугіллям та перманганатом калію Відкоригувати режим електролізу Відкоригувати зміст борної кислоти в електроліті

3.8 Очистка стічних вод

Промивні води та відпрацьовані електроліти після електролітичних покриттів, знежирення, травлення та кислотної активації без ціаністих і хромових сполук змішуються перед очищенням і утворюють групу кислих, лужних з важкими металами стічних вод. У стічних водах гальванічних виробництв зазвичай містяться катіони важких металів: Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} і т.і.

Лужні води характеризуються рН 10-12. Кислі води забруднені кислотами (рН 2-5). Концентрація іонів важких металів досягає для Fe^{3+} + і Fe^{2+} до 1,5 г/л, для Cu^{2+} , Ni^{2+} до 100 мг/л.

При змішуванні вод різних технологічних операцій досягається попередня часткова нейтралізація. Для скидання стічних вод у міські каналізаційні мережі проводять корекцію рН середовища до ГДК 6,5-8,5. Нейтралізація та очистка кислотно-лужних скидів з іонами важких металів

можуть бути виконані реагентними, іонообмінними та електрохімічними методами [15, 16].

Запропонований метод очищення стічних вод простий в експлуатації та має можливість автоматизації безперервного очищення до ГДК.

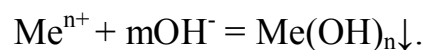
Реагентний метод використовують для знешкодження вод, що не містять ціаністих та хромових сполук з іонами важких металів до гранично допустимих концентрацій.

Основні процеси. Хімічна нейтралізація кислих (з рН <6,9) і лужних (з рН > 8,5) вод відбувається за реакцією:



Нейтралізація кислот добавками розчинних у воді лужних реагентів.

Іони важких металів при нейтралізації перетворюються у важкорозчинні гідроксиди, які випадають в осад:



Реагентний спосіб очищення стічних вод від іонів важких металів складається з двох процесів: утворення важкорозчинних сполук та їх виділення в осад. Для кращої та більш швидкої коагуляції осаджених гідроксидів використовують флюкулянт - поліакриламід.

Обладнання. Очищення кислотно-лужних стічних вод, які містять іони важких металів, входить в загальну схему каналізації. Кожен вид стоків каналізується окремо, щоби уникнути змішування, яке може призвести до утворення токсичних речовин.

При осадженні гідроксидів важких металів утворюються значна кількість шламів. Для відділення застосовують відстійники різних конструкцій (горизонтальні, вертикальні), для зневоднення - вакуум-фільтри, преси та центрифуги [17].

Нейтралізація та очистка води

Номер операції	Найменування та зміст операції	Обладнання	Матеріал		Режим роботи, час витримки, хв.
			Найменування, марка	Кількість	
Очистка кисло-лужних стоків, нейтралізація.					
005	Нейтралізація	Інструкція № 260 з охорони праці для коректувальників гальванічного цеху			
	Нейтралізація поданих з бака накопичувача стоків розчином їдкого натрію в реакторі	10%-ий розчин NaOH _{тех.} ГОСТ 2263-79			15
010	Контрольна	Інструкція № 262 з охорони праці для контролерів гальванічного цеху			
	Перевірити повноту нейтралізації за значенням рН, яке повинно бути 7-8.	Іонометр ЕВ-74			
015	Нейтралізація	Інструкція № 260 з охорони праці для коректувальників гальванічного цеху			
	При необхідності підкислення розчину в реакторі додають розчин сульфатної кислоти. Подати стоки в бак відстійник, попередньо повторивши операцію 010.	10%-ий розчин сульфатної кислоти технічної ГОСТ 2184-77			15

Технологічний процес нейтралізації та очистки стічних вод**1. Очистка кислото-лужних стоків**

1. По мірі накопичення кислото-лужних стоків із бака накопичувача стоки перекачуються насосом в нейтралізатор 6.

2. Нейтралізуються кислото-лужні стоки 10% розчином лугу (NaOH) до значення рН=7-8 (для переведу катіонів важких металів у осад). Розчин в реактор подають вручну через люк, а потім включають мішалку. Час контакту стоків з лугом 15 хв.

3. Перевірка повноту нейтралізації здійснюється перевіркою величини рН на іонометрі універсальному ЕВ-74. Значення рН повинні бути 7-8. При

необхідності підкислення до розчину додають 10% розчин H_2SO_4 . Кислота зберігається в бутлі в пластиковому кожусі.

4. Подати стоки насосом в бак відстійник.

2. Робота бака відстійника

5. З всіх реакторів-нейтралізаторів рідини подаються в реактор-відстійник 8.

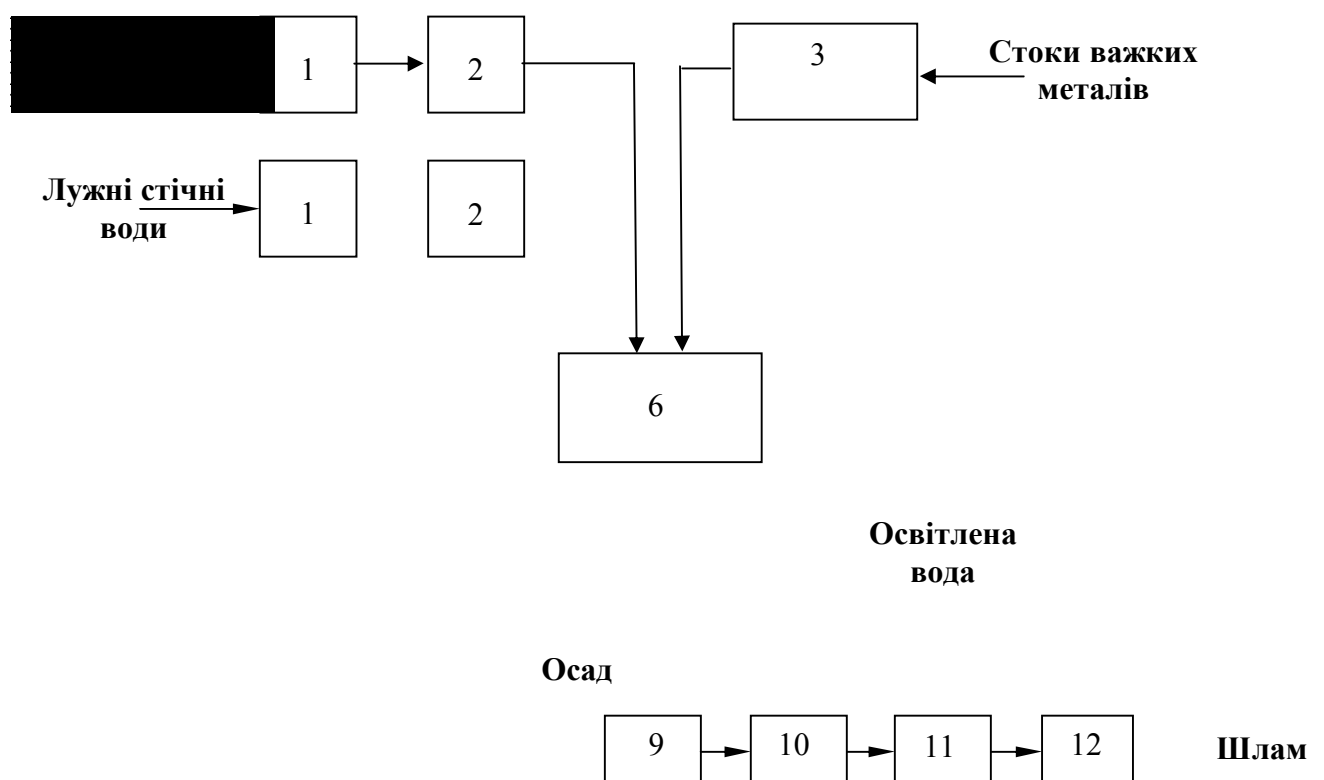
6. У міру необхідності в відстійник для коригування рН розчину додають 10% розчин їдкою натрію та H_2SO_4 . Час контакту стоків з лугом 15 хв. Час нейтралізації 1 година. Для покращення процесу відстоювання в станції нейтралізації передбачено приготування 0,5% розчину поліакриламід, що додається в бак-відстійник.

7. Одержання 0,5%-го розчину поліакриламід здійснюється в мішалці при тривалому перемішуванні з гарячою водою.

8. З відстійника стоки подають на вакуум-фільтр 10.

9. На вакуум-фільтрі відбувається відділення шламу від очищеної води. Вода подається в каналізацію. Осад вивантажують у ящики, просушують і направляють на утилізацію або на місце зберігання відходів.

СХЕМА ДІЛЯНКИ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД



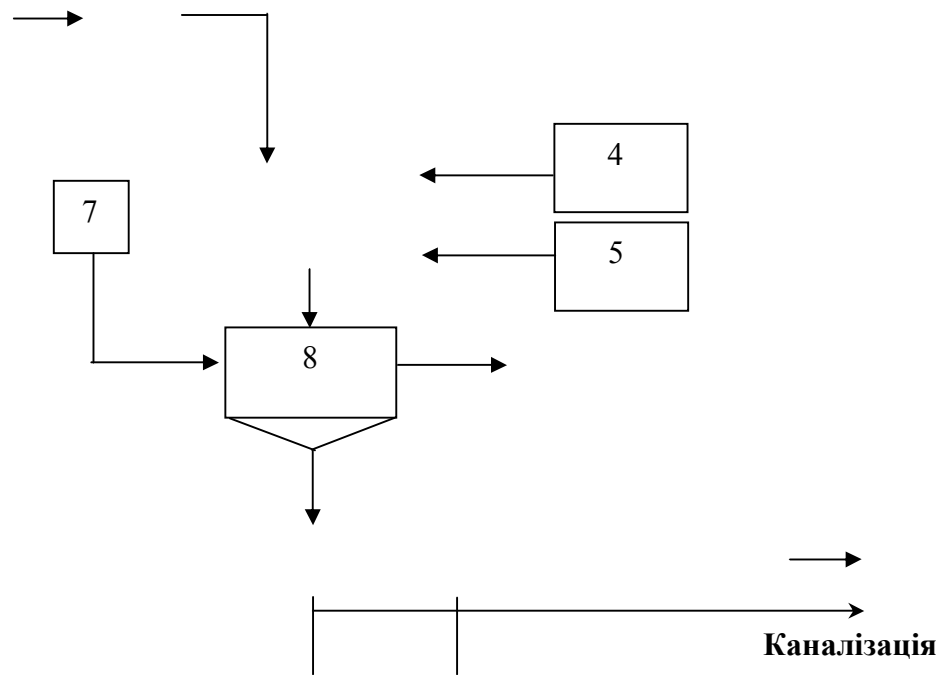


Рисунок 3.8.1.Схема ділянки очистки стічних вод

1 - фільтр грубого очищення; 2 - бак накопичувач; 3 стоки важких металів; 4 - луг; 5 - кислота; 6 - нейтралізатор; 7 - флокулянт; 8 - відстійник; 9 - осадодушільнювач; 10 - вакуум-фільтр; 11 - накопичувач зневоднених опадів; 12 - шламовий майданчик.

3.9 Технологічні розрахунки

3.9.1 Визначення фондів робочого часу обладнання

Режим роботи, за яким розраховується номінальний фонд робочого часу T_n , залежить від характеру та роду виробництва всього підприємства, місцевих умов роботи, особливостей процесів і обладнання.

$$T_n = [T_{д\bar{б}} (T_v + T_{св}) / T_{р.д.} \cdot T_{р.н.} - T_{пр}'] \cdot N_{зм},$$

де $T_{д\bar{б}}$ – кількість діб в році, 365; T_v – кількість вихідних днів на рік, 104 дні; $T_{пр}$ – кількість офіційних свят в рік, 10 днів; $T_{р.д.}$ – кількість робочих днів в тиждень, 5 днів; $T_{р.н.}$ - кількість робочих годин на тиждень, 36 год; $T_{пр}'$ – кількість годин, на які коротшають святкові дні, 6 год; $N_{см}$ – кількість змін.

$$T_n = [365 - (104 + 10) \cdot 41/5 - 6] \cdot 1 = 2052 \text{ год.}$$

При визначенні дійсного фонду часу обладнання T_d необхідно врахувати загальні річні втрати часу на неминучі простой устаткування, які складають нарік від 3 до 10% від T_n .

$$T_d = T_n - K \cdot T_n,$$

де K – коефіцієнт, що враховує втрати часу на ремонт обладнання і простой устаткування внаслідок невиходу робітників з поважних причин. Втрати часу на ремонт обладнання залежать від його ремонтної складності для третьої групи (автомати) $K = 5\%$.

$$T_d = 2052 - 0,05 \cdot 2052 = 1950 \text{ год.}$$

3.9.2 Визначення виробничої програми

Розрахунок виробничої програми роблять на рік, добу або годину. Річне завдання цеху $P_{завд} = 16500 \text{ м}^2/\text{рік}$. Для того щоб встановити річну виробничу програму $P_{рік}$, річне завдання необхідно збільшити на величину виправляючого браку деталей:

$$P_{рік} = P_{завд} + \alpha \cdot P_{завд},$$

де α - коефіцієнт, що враховує виправлений брак деталей, дорівнює 2%.

$$P_{рік} = 16500 + 0,02 \cdot 16500 = 16830 \text{ м}^2/\text{рік.}$$

Добова виробнича програма $P_{доб}$:

$$P_{доб} = P_{рік} / T_{доб},$$

Де $T_{доб}$ – кількість діб в році.

$$P_{доб} = 16830 / 251 = 67 \text{ м}^2/\text{доб.}$$

Годинна виробнича програма $P_{год}$:

$$P_{год} = P_{рік} / T_d,$$

де T_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання.

$$P_{год} = 16830 / 1950 = 8,6 \text{ м}^2/\text{год.}$$

3.9.3. Вибір та розрахунок кількості обладнання та його габаритні розміри

Вибір обладнання обумовлюється характером обробки деталей, об'ємом завдання, а також технологічним процесом. Для покриття мідних деталей використовують стаціонарні ванни із перфорованими стінками.

Для розрахунку кількості обладнання необхідно знати:

- час τ , необхідний для обробки деталей на даній операції із урахуванням часу на їх завантаження, хв;
- час $\tau_{н(к)}$, на організацію та проведення первинного завантаження і кінцевого вивантаження ванн, хв.
- час τ відноситься до обробки однієї завантажувальної одиниці і складається з двох величин:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2,$$

де τ_1 – технологічний час (час обробки деталей в барабані), хв;

τ_2 – допоміжний час, хв.

Час τ_1 розраховується за формулою

$$\tau_1 = \delta \cdot d \cdot 60 / i_k \cdot V_T \cdot K_e,$$

де δ – товщина покриття, $9 \cdot 10^{-6}$ м; d – густина осаджуваного металу, 8900 кг/см^3 [1]; i_k – середня катодна густина струму, 300 А/м^2 [2]; V_T – вихід за струмом, 98 %; K_e – електрохімічний еквівалент, $1,095 \cdot 10^{-3} \text{ кг/(А} \cdot \text{ч)}$.

$$\tau_1 = 9 \cdot 10^{-6} \cdot 8900 \cdot 60 / 300 \cdot 0,98 \cdot 1,095 \cdot 10^{-3} = 15 \text{ хв.}$$

Витрати часу τ_2 при первинне завантаження та вивантаження деталей з вмиканням струму час збільшуємо до 2 хвилин.

$$\tau_1 = 2 + 15 = 17 \text{ хв.}$$

На підставі дійсного річного фонду часу роботи обладнання T_d визначаємо кількість завантажень $n = T_d \cdot 60 / \tau \cdot K_{обор} = 1950 \cdot 60 / 17 \cdot 1,08 = 6373$

де $K_{обор}$ – коефіцієнт, що враховує витрати часу (1.08 при роботі в одну зміну).

Тоді разове завантаження всіх ванн U_c , кг:

$$Y_c = P_{\text{доб}} / n = 16830 / 6373 = 2,6$$

Виходячи з розмірів деталей визначаємо кількість деталей на підвісці:

$$P = N_{\text{дет}} \cdot S_{\text{дет}} \text{ м}^2.$$

$N_{\text{дет}}$ - кількість деталей на підвісці

$S_{\text{дет}}$ – площа деталі

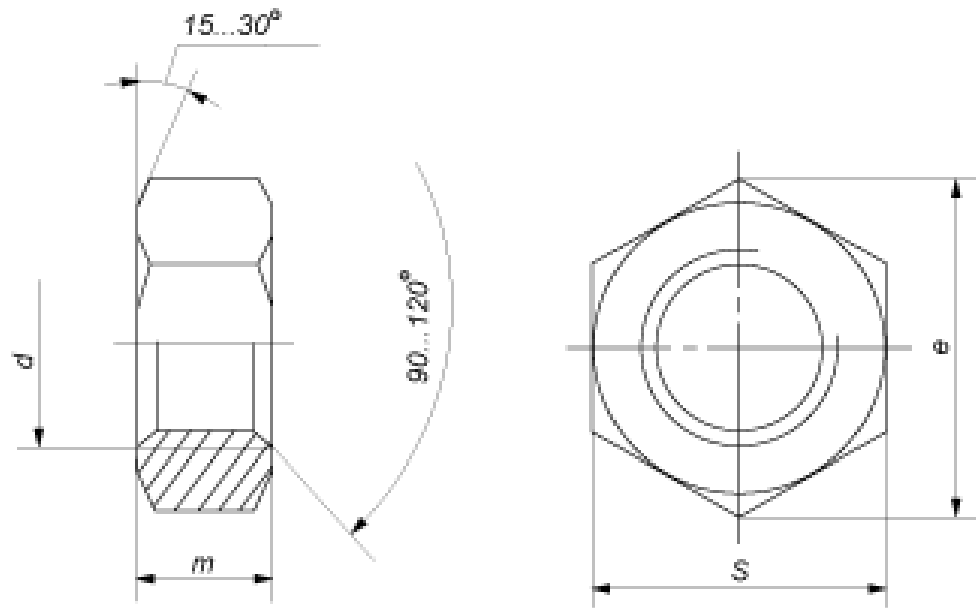


Рисунок. 3.9.3.1 Ескіз деталі

Площа деталі:

$$S_{\text{дет}} = 2\pi r(r+h) = 4712,4 \text{ мм}^2 = 4,71 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$V_{\text{дет}} = \pi r^2 h = 9,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

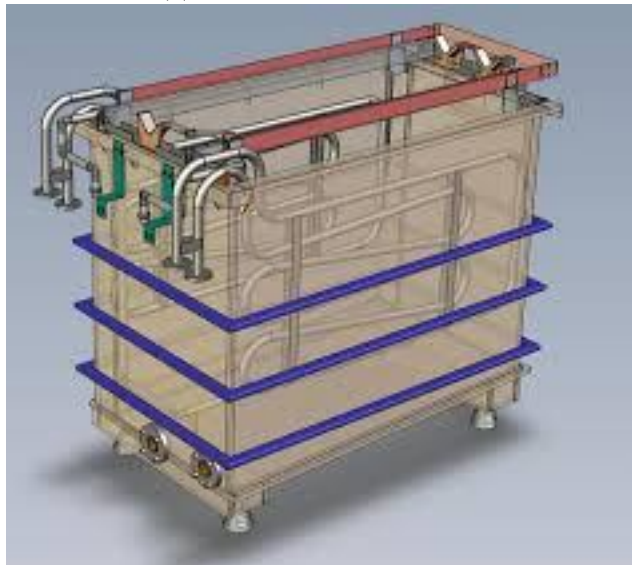
$$m = 87,7 \text{ гр}$$

$$d = 8900 \text{ кг/м}^3$$

Матеріал: мідь



Рисунок.3.9.3.2. Ванна міднення



На одній підвісці розміщується 20 рядів з деталями. В кожному ряду 6 деталей. Одночасно в ванні розміщується:

$$N_{\text{дет}} = 20 \cdot 6 = 120 \text{ дет.}$$

$$P = 4,71 \cdot 10^{-3} \cdot 120 = 0,564 \text{ м}^2$$

Габарити підвіски: $l_{\text{п}} = 1,4 \text{ м}$, $B_{\text{п}} = 0,14 \text{ м}$, $h_{\text{п}} = 0,4 \text{ м}$

Визначаємо необхідну кількість ванн n :

$$n = P_{\text{п}}/P = 2.4/0.56 = 4,25 = 5$$

Виходячи з отриманих величин, розраховують річну продуктивність ванни:

$$P_{\text{рік}}' = P \cdot n \cdot T_{\text{д}} \cdot 60 / \tau = 0,56 \cdot 5 \cdot 1950 \cdot 60 / 17 = 19408 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_1 = P_{\text{рік}} / P_{\text{рік}}' = 16830 / 19408 = 0,87$$

Внутрішня довжина ванни:

$$L_{\text{вн}} = l_{\text{п}} + 2l_1$$

де; $l_{\text{п}}$ - розмір підвіски по довжині ванни, м; l_1 - відстань між анодом і торцевою стінкою, м;

$$L_{\text{вн}} = 1,4 + 2 \cdot 0,10 = 1,6 \text{ м}$$

l_1 - відстань між підвіскою і торцевою стінкою приймається рівною в межах 0,1...0,15 м;

Внутрішня ширина ванни:

$$B_{\text{вн}} = B_{\text{п}} + 2l_{\text{а-к}} + 2B_{\text{а}} + 2B_1$$

$B_{\text{п}}$ - розмір підвіски по ширині ванни; $B_{\text{п}} = 0,14$ м;

$l_{\text{а-к}}$ - відстань між підвіскою і анодом; приймаємо 0,1...0,25м;

$l_{\text{а-к}} = 0,20$ м;

$B_{\text{а}}$ - товщина анодів; приймаємо $B_{\text{а}} = 0,005$ м

B_1 - відстань між внутрішньою стінкою ванни і анодом; приймаємо 0,05...0,1м; $B_1 = 0,1$ м;

$$B_{\text{вн}} = 0,14 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,005 + 2 \cdot 0,1 = 0,75 \text{ м.}$$

Внутрішня висота ванни:

$$H_{\text{вн}} = h_{\text{п}} + h_1 + h_2 + h_3$$

$h_{\text{п}}$ - висота підвіски;

$h_{\text{п}} = 0,4$ м ;

h_1 - відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски; приймаємо 0,15...0,2м; $h_1 = 0,2$ м;

h_2 - висота електроліту над верхнім краєм підвіски; приймаємо $h_2 = 0,15$ м;

h_3 - відстань від поверхні дзеркала електроліту до верхнього краю бортів ванни; приймаємо $h_3=0,2$ м;

$$H_{\text{вн}}=0,4+0,2+0,15+0,2=0,95 \text{ м.}$$

Виходячи з отриманих розрахунків вибираємо ванну яка найбільш близька за своїми габаритними розмірами:

$$L=1600\text{мм}; V=1000\text{мм}; H=1000\text{мм.}$$

Так як коефіцієнт завантаження знаходиться в межах (0,75 - 0,95) то ванна буде працювати в нормальному режимі. Таким чином обрана ванна повністю задовольняє нашим вимогам.

позначення 66.000-08, позначення ванни по ОСТ2П-65-1-80 1808.

маса ванни: $M_B = 465$ кг ;

маса футеровки: $M_{\text{ф}} = 34$ кг;

об'єм ванни: - $V_B = 1,45$ м².

3.9.4 Баланс струму

Сила струму, яка протікає в ванні:

$$I = i_k \cdot S_{\text{сум}} \cdot K,$$

де i_k - катодна густина струму, рівна $3 \text{ А/дм}^2 = 300 \text{ А/м}^2$; K – коефіцієнт, що враховує площу контакту (1,1); $S_{\text{сум}}$ - сумарна площа, що покривається $S = 0,564$ м і неізолюваної частини занурюваної поверхні підвіски S_2 , м². Значення S_2 зазвичай приймають рівним 3....15% величини $S=10\%$.

$$S_{\text{сум}} = (S + S_2) \cdot n_{\text{п}} ,$$

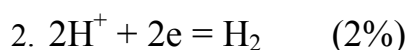
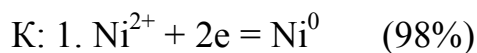
де $n_{\text{п}}$ – кількість підвісок з деталями в одній ванні, шт.

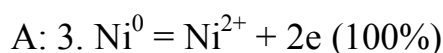
$$S_{\text{сум}} = (0,564 + 0,05) \cdot 1 = 0,62\text{м}^2.$$

Отже, сила струму, що протікає в ванні дорівнює:

$$I = 300 \cdot 0,62 \cdot 1,1 = 205 \text{ А.}$$

На електродах проходять наступні електрохімічні процеси:





Частка струму йде на певний процес, визначається виходом по струму
Вт даного процесу, А:

$$I = I \cdot V_T / 100.$$

Сила струму при протіканні реакцій:

$$I_1 = 205 \cdot 98 / 100 = 201 \text{ A}$$

$$I_2 = 205 \cdot 2 / 100 = 4 \text{ A}$$

В таблиці 3.9.4.1 наведено баланс кількості електрики:

Таблиця 3.9.4.1

Баланс струму

Подача	Q, А·год	%	Витрата	Q, А· год	%
Від зовнішнього джерела струму	205	100	Виділення Ni	201	98
			Виділення H ₂	4	2
Разом	205	100	Разом	205	100

3.9.5 Баланс напруги на ванні

Напруга на ванні є сумою з різниці електродних потенціалів на катоді та аноді E_K і E_A , і суми омичних втрат напруг ΔU_{OM} на окремих ділянках електролізера:

$$U_{\text{на ванні}} = E_A - E_K + \Delta U_{OM},$$

$$\Delta U_{OM} = \Delta U_{OM. \text{ ЕЛ-ТУ}} + \Delta U_{OM. \text{ ЕЛ-ДА}}$$

E_A - електродний потенціал на аноді;

E_K - електродний потенціал на катоді;

$\Delta U_{OM. \text{ ЕЛ-ТУ}}$ - омичне падіння напруги в електроліті;

$\Delta U_{OM. \text{ ЕЛ-ДА}}$ - омичне падіння напруги в провідниках першого роду і в контактах.

$$\Delta U_{\text{ОМ. ЕЛ-ТУ}} = (i_{\text{ср}} \cdot l) / \kappa,$$

де l – відстань між анодом і катодом.

З довідника знаходимо, що електропровідність для електроліту нікелювання дорівнює $\kappa = 4 \text{ См/дм}$.

Визначимо відстань між анодом і підвіскою:

$$\Delta U_{\text{ОМ. ЕЛ-ТУ}} = 2,12 \cdot 2/4 = 1,06 \text{ В}$$

$$i_{\text{ср}} = \sqrt{i_{\text{К}} \cdot i_{\text{А}}}; \text{ так як } S_{\text{А}}/S_{\text{К}} = 2/1, \text{ то } i_{\text{А}}/i_{\text{К}} = 1/2, \text{ звідси можна знайти } i_{\text{ср}}$$

як

$$i_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{i_{\text{К}}^2}{2}} = \sqrt{3^2 / 2} = 2,12 \text{ А/дм}^2$$

$$U_{\text{на ван.}} = (E_{\text{А}} - E_{\text{К}} + \Delta U_{\text{ОМ.ЕЛ-ТУ}}) / 0,9 = (-0,43 - (-0,73) + 1,06) / 0,9 = 1,51 \text{ В};$$

Напруга джерела постійного струму для живлення ванни нікелювання:

$$U_{\text{П.Д.}} = U_{\text{на ван.}} / 0,9 = 1,51 / 0,9 = 1,68 \text{ В}$$

Падіння напруги в контактах і в провідниках першого роду.

$$\Delta U_{\text{ш}} = 0,1[(E_{\text{А}} - E_{\text{К}}) + \Delta U_{\text{ОМ.ЕЛ-ТУ}}] / 0,9 = 0,1 [(-0,43 - (-0,73) + 1,06) / 0,9] = 0,15 \text{ В}.$$

3.9.6 Вибір джерела живлення

Виходячи з сили струму на ванні $I = 205 \text{ А}$ та напруги на ванні

$E = 3\text{-}6 \text{ В}$ обираємо джерело постійного струму.

Живлення ванн для електрохімічних покриттів здійснюється від випрямних агрегатів. Випрямний агрегат серії Т має високу точність стабілізації параметрів, а також можливе дистанційне керування.

Т - вказує вид випрямного агрегату (терристорний);

Е - вид охолодження (природне);

Обираємо TE1- 400/12Т.

Перший цифровий індекс позначає клас перевантажувальної характеристики по ГОСТ 1842-80, другий - номінальну силу струму (постійного) в амперах $I = 400\text{А}$; третій - номінальну постійна напругу у вольтах $U = 12\text{В}$.

3.9.7 Баланс енергії

Електрична енергія $W_{\text{заг.}}$, підведена до електролізерів, перетворюється в хімічну $W_{\text{хім.}}$ та в теплову (джоулеве тепло) $W_{\text{дж.}}$ енергії. Енергія $W_{\text{хім.}}$ відображає зміни хімічного складу, що відбуваються в результаті проходження електрохімічних реакцій на поверхні електродів і хімічних реакцій в об'ємі розчину електроліту. Енергія $W_{\text{дж.}}$ витрачається на розігрів розчину.

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

$$W_{\text{заг.}} = I \cdot U_{\text{в}} \cdot \tau_{\text{д}} \cdot 60 = 205 \cdot 1,51 \cdot 53 \cdot 60 = 984369 \text{ Дж} = 984\text{кДж},$$

де $\tau_{\text{д}}$ – робочий час ванни, 53 хв.

Процес електроосадження проходить з розчинними анодами і з виходом по струму близьким до 100%, тому вся електрична енергія перетворюється на теплову.

$$W_{\text{заг.}} = W_{\text{дж}}$$

Таблиця 3.9.7.1

Баланс енергії

Подача	$W_{\text{заг.}}$, кДж	%	Витрата	$W_{\text{дж.}}$, кДж	%
Загальний прихід енергії	984	100	Джоулеве тепло	984	100
Разом	984	100	Разом	984	100

3.9.8. Тепловий баланс

В гальванічних цехах для розігріву розчинів використовують електричний струм, водяну пару та гарячу воду. Найчастіше у якості теплоносія використовується пара під тиском 0,2-0,3 МПа. Електричний нагрів застосовують у тих випадках, коли за регламентом температура ванн повинна бути не нижче 110°C (хімічне оксидування сталі), а також на невеликих ділянках металопокриттів на ваннах невеликого об'єму.

Метою теплового розрахунку ванни є визначення кількості тепла, яке необхідно підвести до ванни у період її розігріву та для підтримки робочої температури. На основі розрахунків визначають параметри нагрівального пристрою та витрату теплоносія [17].

3.9.8.1 Визначення витрати теплоти на розігрів ванни

Кількість теплоти $Q_{роз}$, яка необхідна для розігріву ванни, складається з витрат теплоти Q_1 на розігрів розчину, матеріалу і футерівки ванни та витрат теплоти $Q_2/2$ на компенсацію теплових витрат у навколишнє середовище:

$$Q_{роз} = Q_1 + \frac{Q_2}{2}, \text{ и}$$

де Q_2 - теплові витрати при робочій температурі за період розігріву ванни. Прийнято, що у процесі розігріву теплові витрати у два рази нижче.

Величину Q_1 визначають як

$$Q_1 = (V_1 \cdot C_1 \cdot \gamma_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3 + C_a \cdot m_a) \cdot (t_k - t_n),$$

де V_1 , C_1 , γ_1 - відповідно об'єм, питома масова теплоємність, 3060 Дж/кг·К і густина розчину, що нагрівається 1190 кг/м³; C_2 і C_3 , C_a - теплоємність матеріалів корпусу ванни, аноду, футерівки: для сталі - близько 500 Дж/(кг·К), для вініпласту - близько 1630 Дж/(кг·К), для нікелевих анодів - 448 Дж/(кг·К); m_2 , m_3 , m_a , маси корпусу ванни, анодів - 112 кг і футерівки; t_k і t_n - кінцева та початкова температури розчину. $V_1 = 1,45 \text{ м}^3$, $m_2 = 465 \text{ кг}$,

$$m_3 = V_{\phi} \cdot \gamma_3 = 0,02 \text{ м}^3 \cdot 1405 \text{ кг/м}^3 = 34 \text{ кг}$$

$$V_{\phi} = 2 \cdot V_B + 2 \cdot V_L + V_{\text{дно}}$$

$$V_{\phi} = 2 \cdot 0,00284 + 2 \cdot 0,0064 + 0,00568 = 0,02416 \text{ м}^3$$

Кількість теплоти на компенсацію теплових витрат у навколишнє середовище складається з витрат теплоти Q_3 нагрітої рідиною через стінки ванни та витрат теплоти Q_4 через дзеркало електроліту:

$$Q_2 = Q_3 + Q_4$$

Втрати теплоти через стінки ванни

$$Q_3 = q_3 \cdot F_k \cdot \tau_p,$$

$$Q_4 = q_4 \cdot F_3 \cdot \tau_p.$$

Де поверхня, яка віддає тепло (корпусу ванни F_k , $6,8 \text{ м}^2$ чи дзеркала електроліту F_3 , $1,6 \text{ м}^2$); величина питомих втрат теплоти q через стінки ванни; час розігріву ванни τ_p .

Величина питомих витрат теплоти q_3 (Вт/м^2) через стінки ванни в інтервалі температур в ванні $40\text{-}100^\circ\text{C}$ дорівнює:

$$q_3 = b_0 + b_1 \cdot t = -40,54 + 2,435 \cdot 60 = 105,56 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_4 = 82 + 0,0115 \cdot t^3 = 82 + 0,0115 \cdot (60)^3 = 2566 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_3 = 105,56 \cdot 6,8 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 2584 \text{ кДж}$$

$$Q_4 = 2566 \cdot 1,6 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 14780 \text{ кДж}$$

$$Q_2 = 2584 + 14780 = 17364 \text{ кДж}$$

$$Q_1 = (1,45 \cdot 3060 \cdot 1190 + 500 \cdot 465 + 34 \cdot 1630 + 448 \cdot 56) \cdot (60 - 20) = 223721 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{роз}} = 223721 + 17364 / 2 = 232403 \text{ кДж}$$

3.9.8.2 Визначення витрати теплоти на підтримку робочої температури

Теплота $Q_{\text{раб.}}$, яка необхідна для підтримки робочої температури у ванні, складається з витрат теплоти Q_2 на компенсацію теплових витрат у

навколишнє середовище та витрати теплоти Q_5 на нагрів обладнання з деталями, що періодично надходять в ванну. Для ванн електрохімічної обробки від суми Q_5 і Q_2 слід відняти величину Q_6 - кількість теплоти, яка виділяється при проходженні через ванну електричного струму. Тому:

$$Q_{\text{роб.}} = Q_2 + Q_5 - Q_6$$

$$Q_6 = W_{\text{Дж}} = 984 \text{ кДж}$$

$$Q_5 = (C_4 \cdot m_4 + C_5 \cdot m_5) \cdot (t_k - t_n) \cdot n_{\text{од.зав.}}$$

де - C_4, C_5 - питомі масові теплоємності оброблюваних деталей та підвіски; m_4, m_5 - маси підвіски (12 кг) та оброблюваних деталей однієї одиничної завантаження (10,5 кг); $n_{\text{од.зав.}}$ - кількість одиниць, оброблюваних у ванні за годину.

$$Q_5 = (452 \cdot 12 + 385,2 \cdot 10,5) \cdot (60 - 20) \cdot 3,53 = 1337 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{роб.}} = 12059 + 1337 - 984 = 12412 \text{ кДж.}$$

3.9.8.3 Визначення кількості енергії підтримку робочої температури у ванні

$$W_{\text{роб.}} = Q_{\text{роб.}} / 3600 \cdot 1000 = 12412 \cdot 10^3 / 3600 \cdot 1000 = 3,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахуємо кількість енергії, яка необхідна для розігріву ванни

$$W_{\text{роз}} = Q_{\text{роз}} / 3600 \cdot 1000 = 133223 \cdot 10^3 / 3600 \cdot 1000 = 64 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таблиця 3.9.8.3.1

Тепловий баланс

Надходження	Q, кДж	%	Витрата	Q, кДж	%
Джоулеве тепло	984	7	На розігрів розчину і матеріалу ванни Q_2	12059	90
На підтримку робочої температури ванни $Q_{\text{раб}}$	12412	93	Витрата теплоти на нагрівання пристосувань з деталями Q_5	1337	10
Разом	13396	100	Разом	13396	100

3.9.9 Матеріальний баланс

Матеріальний баланс ванни складають з метою визначення потреби у вихідній сировині для отримання даного виду покриття.

3.9.9.1 Розрахунок витрати анодів

Розрахунок витрати розчинних електродів на запуск нового обладнання:

$$G_3 = k_1 \cdot k_2 \cdot n_a \cdot l \cdot h \cdot \delta_a \cdot d_m = 0,48 \cdot n_a \cdot l \cdot h \cdot \delta_a \cdot d_m,$$

де k_1 - коефіцієнт, що враховує ширину всіх анодів по відношенню до його довжини ванни, приймають рівним 0,6; k_2 - коефіцієнт, який враховує довжину анодів по відношенню до глибини ванни, рівний 0,8; n_a - число анодів; l , h - внутрішні довжина та висота ванни, м; δ_a - товщина анода, м; d_m - густина матеріалу анода (анод нікелевий) = 8900 кг/м³.

$$G_e = 0,48 \cdot 2 \cdot 0,005 \cdot 8900 \cdot 5 \cdot 1,6 \cdot 1,0 = 342 \text{ кг}$$

Витрати розчинних анодів на виконання річної програми, кг:

$$G_p = S \cdot A_p \cdot \sigma_{\Pi} = 15300 \cdot 0,0094 \cdot 9 = 1294,4 \text{ кг/Год}$$

$$A_p = d_m \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 8900 \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 0,0094 \text{ кг/м}^2.$$

3.9.9.2 Розрахунок витрат хімічних реагентів

Витрати реагентів на хімічні та електрохімічні процеси включає в себе матеріали, які необхідні для виконання річної програми за вирахуванням технологічних втрат на винесення електроліту з виробами, винесення в атмосферу через вентиляцію, на коригування та заміну розчину, а також на матеріали на пуск нового обладнання.

Витрата кожного реактиву на виконання річної програми:

$$G = A_{\text{ел.}} \cdot (S + S_{\Pi}) \cdot C = C \cdot V_{\text{пот.}}$$

де $A_{\text{ел.}}$ - норма витрати електроліту, 0,2 л/м²; C - концентрація кожного компонента в розчині; $V_{\text{пот.}}$ - загальний об'єм втрат електроліту, м³. V - робочий об'єм ванни, дорівнює 1,45 м³; S_{Π} - площа поверхні занурюваної частини, м² ($S + S_{\Pi} = 1,15 \cdot S = 1,15 \cdot 15300 = 17595 \text{ м}^2$). S - річна покриваюча поверхня всіх виробів, м²:

$$V_{\text{пот}} = A_{\text{ел}}(S + S_{\text{п}}) = 0,2 \cdot 17595 = 3519 \text{ л} = 3,5 \text{ м}^3.$$

Отримуємо витрату кожного реактиву:

$$G_{\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 66 \cdot 3519 \cdot 10^{-3} = 232,25 \text{ кг}$$

$$G_{\text{NiCl}} = 12 \cdot 3519 \cdot 10^{-3} = 42,23 \text{ кг}$$

$$G_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 40 \cdot 3519 \cdot 10^{-3} = 140,76 \text{ кг}$$

$$G_{\text{блискоутв.}} = 3 \cdot 3519 \cdot 10^{-3} = 10,56 \text{ кг}$$

$$G_{\text{формальдегид}} = 0,2 \cdot 3519 \cdot 10^{-3} = 0,7 \text{ кг}$$

$$G_{\text{підс.глянц.}} = 0,35 \cdot 3519 \cdot 10^{-3} = 1,23 \text{ кг.}$$

$$G_{\text{змочув.}} = 1 \cdot 3519 \cdot 10^{-3} = 3,52 \text{ кг.}$$

Витрата реактивів на пуск нового обладнання:

$$G = C \cdot V_{\text{в}} \cdot K_{\text{зап}} \cdot n_{\text{в}},$$

де $V_{\text{в}}$ – об'єм ванни, м^3 ; $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення, 0,8

$$G'_{\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 66 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 5 = 383 \text{ кг}$$

$$G'_{\text{NiCl}} = 12 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 5 = 69,6 \text{ кг}$$

$$G'_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 40 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 5 = 232 \text{ кг}$$

$$G'_{\text{блискоутв.}} = 3 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 5 = 17,4 \text{ кг}$$

$$G'_{\text{формальдегид}} = 0,2 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 5 = 1,16 \text{ кг}$$

$$G'_{\text{підсил.глянц.}} = 0,35 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 5 = 2,03 \text{ кг.}$$

$$G'_{\text{змочув.}} = 1 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 5 = 5,8 \text{ кг.}$$

Сумарна витрата реактивів:

$$M = G + G'$$

$$M_{\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 232,25 + 383 = 615,25 \text{ кг}$$

$$M_{\text{NiCl}} = 42,23 + 69,6 = 111,83 \text{ кг}$$

$$M_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 140,76 + 232 = 372,76 \text{ кг}$$

$$M_{\text{блискоутв.}} = 10,56 + 17,4 = 27,96 \text{ кг}$$

$$M_{\text{формальдегід}} = 0,7 + 1,16 = 1,86 \text{ кг}$$

$$M_{\text{посил.глянц}} = 1,23 + 2,03 = 3,26 \text{ кг}$$

$$M_{\text{змочув.}} = 3,52 + 5,8 = 9,32 \text{ кг}$$

3.9.9.3 Розрахунок витрати води

Вода витрачається на приготування розчину електроліту, при електролізі під час її розкладання, при винесенні газами, у результаті випаровування з поверхні електроліту. Найбільша кількість води використовується на промивні операції.

Витрати води на приготування розчину електроліту:

$$G'_{\text{H}_2\text{O}} = C_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{заг}},$$

де $C_{\text{H}_2\text{O}}$ – вміст води в 1 м^3 розчину, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$V_{\text{заг}}$ – річна витрата розчину, м^3 .

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = d_{\text{ЕЛ}} - (C_{\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} + C_{\text{NiCl}} + C_{\text{H}_3\text{BO}_3} + C_{\text{блискоутв.}} + C_{\text{форм.}} + C_{\text{посил.глянц}} + C_{\text{змоч.}})$$

де $d_{\text{ЕЛ}}$ – густина електроліту, $\text{кг}/\text{м}^3$; C – концентрація компонентів електроліту $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = 1190 - (66 + 12 + 40 + 3 + 0,2 + 0,35 + 1) = 1067,45 \text{ кг}/\text{м}^3$$

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

де $V_{\text{в}}$ – об'єм ванни, м^3 ; $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення ванни ($K_{\text{зап.}} = 0,7 \dots 0,9$); $n_{\text{в}}$ – кількість ванн; $V_{\text{пот.}}$ – об'єм електроліту, винесеного деталями.

$$V_{\text{заг}} = 3,5 + 5 \cdot 1,45 \cdot 0,8 = 9,3 \text{ м}^3$$

$$G'_{\text{H}_2\text{O}} = 9,3 \cdot 1067,45 = 9927,3 \text{ кг}$$

Витрати води на винісі з газами:

$$G'''_{\text{H}_2\text{O}} = C'_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{Г}}^{\text{T}},$$

де C_{H_2O} – кількість води питома, що виноситься із ванни з виділенням газу, кг/м³:

$$C'_{H_2O} = 0,805 \cdot P_{H_2O} / (P_6 - P_{H_2O}) = 0,805 \cdot 118,8 / (760 - 118,8) = 0,15 \text{ кг/м}^3$$

V_{Γ^T} – об'єм вологого газу при певній температурі, що виділяється в процесі виконання річної програми, м³.

Об'єми приведенного до нормальних умов газу:

$$V^0_{H_2} = 0,418 \cdot I \cdot T_d \cdot V_{\Gamma'} \cdot 10^{-5} = 0,418 \cdot 205 \cdot 2 \cdot 1950 \cdot 10^{-5} = 3,3 \text{ м}^3$$

Об'єм вологого газу при реальній температурі:

$$V_{\Gamma^T} = V^0_{H_2} \cdot 760 \cdot (273 + t_{эл}) / 273 \cdot (P_6 - P_{H_2O})$$

$$V_{\Gamma^T} = 3,3 \cdot 760 \cdot (273 + 55) / 273 \cdot (760 - 118,8) = 4,7 \text{ м}^3$$

$$G'''_{H_2O} = 0,15 \cdot 4,7 = 0,705 \text{ кг.}$$

Витрати води на випаровування з поверхні електроліту:

$$G^N_{H_2O} = 45,6 \cdot K_B \cdot S_3 (P_{H_2O} - P_{II}) \cdot T_d \cdot n_B / P_6 =$$

$$= 45,6 \cdot 0,71 \cdot 1,6 \cdot (118,8 - 13,9) \cdot 1950 \cdot 5 / 760 = 69712,34 \text{ кг;}$$

де 45,6 – коефіцієнт пропорційності, кг/(м²·год); K_B – коефіцієнт, який залежить від швидкості руху повітря (повільно рухається $K_B = 0,71$); S_3 – поверхню дзеркала випаровування, м² ($S_3 = 1,6$); P_{II} парціальний тиск водяної пари при даній вологості та температурі повітря, Па ($P_{II} = P_S \cdot y / 100 = 19,83 \cdot 70 / 100 = 13,9$).

Витрати води на промивні операції:

Витрати води на промивку залежить від кількості ступенів промивної операції.

$$Q = q \cdot \sqrt[3]{K} \cdot F,$$

де q – питома винос з розчину посверхнею деталей, $0,2 \cdot 10^{-3}$ дм³/м²; K – критерій остаточної промивки деталей; F – добова виробнича програма, 7,8

м²/ч. Питомий винос - це об'єм розчину, який виноситься із ванни 1м² поверхні виробів; N – кількість ступенів промивки.

$$K = C/C_{\text{п}},$$

де C – концентрація основного компонента в розчині, г/л; C_п – гранично допустима концентрація основного компонента в воді після промивання, 0,1 г/л.

$$K = 66 \cdot 0,4 / 0,1 = 264$$

$$Q = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 264 \cdot 7,8 = 0,21 \text{ м}^3/\text{год}$$

Річні витрати води на промивку виробів складуть:

$$Q_{\text{год}} = Q \cdot T_{\text{д}} = 0,21 \cdot 1950 = 409,5 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Висновки до розділу.

У розділі проведені технологічні та конструктивні розрахунки, обґрунтований вибір відповідного обладнання, розроблена технологічна схема процесу нікелювання.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Сучасне гальванічне виробництво неможливе без впровадження нових енергоємних технологій, які значно підвищують виробничі показники, що призведе у подальшому до зниження шкідливості виробництва та частку ручної праці в виробничому процесі. Сучасні технології неможливі без висококваліфікованого персоналу і турбота лежить на плечах проектувальника. Тому розділ з охорони праці має важливе значення при проектуванні або реконструкції виробництва [16].

З технологічної частини проекту очевидно, що у виробничому процесі мають місце шкідливі, пожежо- та вибухонебезпечні речовини і матеріали, а також використовується електрична та механічна енергія. Небажаними виробничими факторами на підприємстві є так само шум, вібрація, що викликані роботою обладнання.

В цьому розділі на підставі аналізу шкідливих та небезпечних виробничих факторів, пропонуються заходи щодо створення здорових та безпечних умов праці, протипожежної безпеки та охорони навколишнього середовища. Проектні рішення прийняті із урахуванням сучасних норм охорони праці й вимог до екологічності виробництва.

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Заходи з охорони праці

4.1.1 Повітря робочої зони

Робота у гальванічному цеху пов'язана з обслуговуванням автооператорних ліній, а саме з ходьбою та перенесенням ваги до 10 кг, що призводить до енерговитрат організму і може бути віднесена до категорії робіт середньої тяжкості [17].

Згідно ДСН 3.3.6.042- 99 проектом передбачені санітарні норми параметрів мікроклімату у робочій зоні в залежності від категорії робіт по важкості та періоду року (табл.4.1.1).

Таблиця 4.1.1

Нормовані значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщення.

Період року	Категорії робіт	Оптимальні норми		
		t, °C	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Легка	17-19	40-60	0,3
Теплий	Середня	19-21	40-60	0,4

В таблиці 4.1.1.2 наведена коротка санітарна характеристика спроектованого цеху.

Таблиця 4.1.1.2.

Коротка санітарна характеристика виробництва

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Найменування виробничої ділянки	Шкідливі речовини (ШР) і причини виділення	Група (ШР) і характеристика токсичної дії	ПДК (ШР) в повітрі робочої зони, мг / м	Клас безпеки (ШР)	Засоби індивідуального захисту	Засоби долікарської допомоги	Метод контролю змісту ШР в пов. робочої зони	Клас виробництва згідно СН245-71	Сан. група процесу по СнП2.09.04-87
Гальванічний цех	NaOH, при приготуванні розчинів, випаровування з поверхні	Дратівливість, впливає на шкіру та дихальні шляхи, хімічні опіки	2	3	Спец. одяг, Респіратор типу "пелюстка"	Промити водою, потім примочки з 5% -го розчину оцтової або лимонної кислоти	Фотометричний	2	Б

ТУ6-09-40-2871-81. При приготуванні розчинів, випаровування з поверхні	Дратівливі, дії на шкіру, очі	2	2	Непроник. відповідний костюм, рукавиці з гуми, щільно-прилеглі захисні окуляри	Промити проточною водою	фотометричний		
ZnO. При приготуванні, випаровування з поверхні	Загальнотоксичні, вдихання найдрібніших частинок викликає захворювання ("ливарну лихоманку"), що протікає по типу інфекційного катару дихальних шляхів	2	3	Спец. одяг, респіратор типу "пельюстка"	Викликати блювоту, дати яйце або протиотруту	фотометричний		

В гальванічному цеху пропонується механічна припливна та місцева витяжна вентиляція безпосередньо біля місць виділення шкідливих речовин [18].

Для підтримання оптимальних параметрів у цеху передбачена центральна система опалення відповідно до СНиП 2.04.05-84 однотрубна з нижньою підводкою, з температурою води до 70°C. Забезпечення нормальних умов та чистоти повітря на робочих місцях суттєво залежить від правильно організованої системи вентиляції. Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони фіксується за допомогою місцевої, загальної та аварійної вентиляції. Ванни обладнані бортовими відсмоктувачами, які виготовлені зі сталі 12Х18Н10Т.

Приміщення цеху обладнані повітряними калориферами, які суміщені з припливною вентиляцією, для забезпечення комфортної температури повітря в холодну пору. Для попередження простудних захворювань робітників біля входу в цех є теплові повітряні завіси, що направляють потік холодного повітря у верхню зону приміщення.

Контроль повітря при невеликих концентраціях пилу проводиться за допомогою фотоелектричного аналізатора типу АЗ-2М. Визначення частинок пилу, неоднакового розміру, одночасно проводиться із використанням автоматичного аналізатора мікрочастинок СМФ-5 [19].

Згідно ГОСТ 12.1.007-86 контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони проводять:

- безперервно - для речовин 1-го класу небезпеки;
- періодично - для речовин 2, 3, 4-го класів небезпеки.

4.1.2 Виробниче освітлення

Важливою умовою охорони праці є правильне освітлення виробничих приміщень та робочих місць.

Згідно СНиП П-4-79/95 роботи у гальванічному цеху по зорових умовах відповідають ІVб розряду.

У виробничому цеху використовується природне, штучне та поєднане освітлення.

Аварійне освітлення у цеху використовується для освітлення виробничих приміщень при відключенні робочого освітлення.

Таблиця 4.1.2.1

Норми та фактичні значення освітленості при штучному освітленні і КПО при природному й суміщеному освітленні

Розряд зорових робіт	Освітленість при штучному освітленні, лк	Значення КПО, %			
		При природньому освітленні		При суміщеному освітленні	
		Освітленість при штучному освітленні	Бокове	Верхнє чи верхнє бокове	Бокове
ІVб	200	0.7	0.2	0.5	0.2

У виробничих приміщеннях підприємства застосовується штучне освітлення тому, підприємство працює в час, коли природне освітлення вже відсутнє [20].

В даному проєкті передбачено загальне штучне освітлення, яке по функціональному призначенню розділяється на:

- робоче (у всіх приміщеннях для забезпечення нормальної роботи людей та руху транспорту);
- чергове (включається не робочий час);
- аварійне (в разі відключення робочого освітлення та для забезпечення мінімальної освітленості).

Таблиця 4.1.2.2

Норми освітленості при аварійному, ремонтному, евакуаційному та черговому висвітленні

Вид освітлення	Приміщення, територія	Норма освітлення
Аварійне	Робоча поверхня виробничих приміщень та територія підприємства	Не менше 2 Не менше 1
Евакуаційне	По лінії основних проходів, на рівні підлоги та на сходах (в приміщеннях) на відкритих майданчиках	Не менше 0.5 Не менше 0.2
Ремонтне	Пульт управління різних агрегатів та машин, поверхня робочого місця	Не менше 2
Чергове	На рівні землі в горизонтальній площині	Не менше 0.5

Для загального освітлення цеху, відповідно до галузевих норм, застосовують газорозрядні лампи низького тиску типу ЛДЦ або ЛБ, які використовуються для освітлення приміщення із розрядами робіт II.

Світильники аварійного освітлення приєднані до мережі, яка не залежить від мережі живлення робочого освітлення.

Для аварійного освітлення використовуються лампи розжарювання типу В або Б (по ГОСТ 2239-79) та люмінесцентні типу ЛДЦ (по ГОСТ 6825-74).

Контроль освітлення проводиться після заміни світильників люксометром Ю-116 (ГОСТ 14841-69) один раз на рік та після кожного ремонту освітлювальних установок.

4.1.3 Виробничий шум

Джерелами шуму в гальванічному цеху є випрямлячі змінного струму, система вентиляції, електроприводи.

Рівень звукового тиску на даному виробництві становить 86 дБА, що перевищує значення рівня звукового тиску та звуку на постійних робочих місцях і у робочих зонах виробничих приміщеннях й на території підприємства по ДСНЗ.3.6037-95 (80 дБА) [21].

Згідно СНиП||-12-77 у проєкті прийнято зниження шуму проводити наступними способами:

- ізоляція джерел шуму способами звукоізоляції та звукопоглинання перегородок та кожухів, що перешкоджають поширенню шуму;
- зменшенням шуму у місці їх утворення - мінімальні допуски, балансування, демпфірування вібрацій деталей;
- архітектурно-планувальне рішення, що передбачає раціональне розміщення технологічного обладнання, механізмів, також акустична обробка приміщень.

Таким чином, досягається значення рівня звуку $L_{\text{фак}}=80\text{дБА}$, що відповідає ДСН 3.3.6.037-99.

Для захисту рук від впливу локальної вібрації згідно ГОСТ 12.4.002-74 застосовують рукавиці із спеціальними віброзахисними або демпфірувальними вкладками.

4.2 Заходи з електробезпеки

Гальванічні цехи за ступенем небезпеки ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних тому, що характеризується наявністю

хімічно небезпечного середовища, що руйнує ізоляцію та струмопідводи електрообладнання.

Електропостачання обладнання здійснюється від трьохфазної чотирьох провідної електричної мережі змінного струму напругою 380 або 220 В, частотою 50 Гц з заземленою нейтраллю.

Причини ураження електричним струмом можуть бути наступні:

1. Випадковий дотик до струмопідводів, що знаходяться під напругою у результаті:

- помилкових дій при виконанні робіт;
- несправності захисних засобів.

2. Поява напруги на металевих конструкціях електрообладнання в результаті:

- пошкодження ізоляції струмопідводів;
- замикання фази мережі на землю;
- падіння проводу, який знаходився під напругою на конструктивні частини електрообладнання.

3. Поява напруги на відключених струмовідводах внаслідок:

- помилкового включення відключеного обладнання;
- замикання між відключеними струмоведучими частинами;
- розряду блискавки в електроустановку.

4. Виникнення напруги на ділянці землі, де знаходиться людина в результаті:

- замикання фази на землю;
- винесення потенціалу струмопровідними предметами;
- несправності в пристрої захисного заземлення.

Сила струму, яка проходить через людину при однофазному дотику в електроланцюзі:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{т}} + R_{\text{н}}} \cdot 10^3, \text{ мА}$$

де $U_{\phi} = 220$ - фазна напруга, В;
 $R_{\text{л}}$ - 1000 - опір тіла людини, Ом;
 R_0 – опір заземлення, Ом.

$$I_{\text{л}} = \frac{220}{1000+4} \cdot 10^3 = 219 \text{ мА.}$$

Згідно ГОСТ 12.1.038-82 в нормальному режимі роботи електрообладнання $I = 0.3$ мА, $U = 2$ В, а при аварійному режимі $I = 6$ мА, $U = 36$ В.

Напруга дотику:

$$U_{\text{ТП}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} = 219 \cdot 1000 \cdot 10^{-3} = 219 \text{ В.}$$

Звідси випливає, що при порушенні вимог ПУЕ на виробництві можливі електротравми із важкими наслідками.

Для захисту людей від ураження електричним струмом необхідно взяти наступних заходів:

- захисне відключення електроустановок;
- захисні засоби для персоналу (діелектричні рукавички, гумові килими, інструменти із ізолюючими ручками).
- мережа із ізолюваною нейтраллю в період нормального режиму, мережа з заземленою нейтраллю - аварійний період.
- контроль та профілактика пошкоджень ізоляції повинна проводитися періодично оглядом та перевіркою.
- регулярне проведення інструктажу з розміщенням наочного матеріалу.

4.3 Безпека технологічного процесу та обслуговування устаткування

Небезпеку може становити рухомий автооператор автоматичної лінії. Автооператор перевозить підвіски з однієї ванни в іншу та може травмувати працівника, що обслуговує ванни.

Технологічним процесом передбачається заміна та коригування розчинів електролітів у ваннах відповідно до технологічного регламенту. Це становить небезпеку тому, що при заміні електролітів та їх приготуванні мають справу з великим об'ємом лугів та кислот.

Нанесення гальванічного покриття виконується в автоматичній лінії. Установка автоматичної лінії нікелювання відповідає вимогам СН 245-71. Відстань від стіни до обладнання з робочого боку лінії 1.5 м, з неробочої 1.2-1.5 м. Площа виробничого приміщення на одного працівника не менше 4.5 м, мінімальна висота приміщень 5 м (для нижнього поверху), площа приміщення зайнята лінією нікелювання не перевищує 25% загальної площі гальванічного цеху.

Для екстреної (аварійної) зупинки всіх рухомих частин передбачено аварійну кнопку «Стоп загальний» та «Аварійний стоп» [21].

Автомат, який забезпечений обмежувачами та гальмівними пристроями. Для попередження переливання електроліту через краї ванни, при загрузці підвісок між верхнім краєм ванни та дзеркалом електроліту витримується відстань не менше 200 мм. Відстань між ваннами закривається козирками, щоб запобігти попаданню на підлогу розчинів при перенесенні підвісок з деталями. Для зниження виносу електроліту з деталями, до складу електроліту вводять різні добавки: інгібітори корозії, присадки, ПАР.

4.5 Пожежна безпека

У гальванічному цеху причинами пожеж в електрообладнанні є: коротке замикання між струмоведучими частинами обладнання, розряди статичної електрики, різні механічні пошкодження обладнання та електропроводки.

Для гасіння пожежі на підприємстві передбачена водопровідна мережа, обладнана системою стоків, на яких встановлені пожежні гідранти. Вони розташовані один від одного на відстані не менше 20 м та на висоті 1.35 м від рівня підлоги. В цеху передбачені вогнегасники рідинні та вуглекислі ГОСТ 7276-77. Для пожежного зв'язку й сигналізації передбачені гучномовці типу ПК і ГА та телефонний зв'язок. Цех обладнаний охоронопожежною сигналізацією.

Причинами пожежі від електричних машин та мереж може бути поява теплової та іскрової дії електричного струму.

Головними причинами короткого замикання є пошкодження ізоляції електропроводів, потрапляння на електричні дроти хімічно активних речовин. Для запобігання перевантажень й короткого замикання в електричних мережах передбачається використання плавких запобіжників та спеціальних автоматів, які включені в мережу послідовно. При поганих контактах в місцях сполучення електропроводки, а також при окисненні місць з'єднань виникає перехідний опір, що може призвести до місцевого нагріву та пожежі [21].

Від перегріву проводів перехідних опорів можна убезпечитися збільшенням площі опору контактів та застосування пружних контактів.

З метою зменшення статичної електрики застосовують занулення металічних частин технологічного устаткування, площадок, рукояток, приладів та поручнів, де може бути електризація поверхні. Це також стосується металевих резервуарів, у яких знаходяться рідини.

У спроектованому цеху всі ділянки відносяться до категорії В.

Дієвими засобами захисту від вибуху в проєкті пропонується:

- попередження вибуху при його появі шляхом введення в осередок вибуху вогнегасної речовини;
- відключення апарату, в якому стався вибух, за допомогою спеціальних пристроїв;
- автоматична зупинка обладнання.

Таблиця 4.5.1

Показники пожежо-та вибухонебезпечності речовин та матеріалів.

Поміст	Ізоляція		Гальванічна ванна		Найменування ділянки
	Текстоліт	Тканина	Вініпласт	H ₂	
Дерево, гума				H ₂	
тв.	тв.	тв.	тв.	газ	Агрегатний стан речовин
горюче	важко-горюче	горюче	важко-займ.	Займист	Горючість, займистість, Вибухонебезпечність
170	'	210	'	132	Т-ра спалахнення, °С
400	358	260	580	324	Т-ра займання, °С
400	358	260	580	57.5	Т-ра самозаймання, °С
			'	47.5	Об'ємних %
			'	3.45-82.5	Мг/м ³
			'	с	Категорія
			'		Група
Вогнегасники рідинні і вуглекислі СУБ-7, ГОСТ 7276-77, пісок, піна			Вода, піна	Інерт. газ	Вогнегасні пристрої
					Категорія приміщення по ОНТП24-86
					Клас приміщення (зони) та установок по ПЕУ
					Катег-я об'єкта та тип зони захисту по захисту від блискавки відповідно СН305-77

Висновки до розділу. В даному розділі було проаналізовано умови праці у гальванічному цеху, запропоновані заходи з охорони праці, електробезпеки (при ураженні електричним струмом). Було проаналізовано приміщення цеху з точки зору пожежної безпеки, запропоновано ряд протипожежних заходів, а також заходи на випадок виникнення надзвичайної ситуації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

З метою одержання захисно-декоративного покриття в даному випускному кваліфікаційному проєкті розроблена автооператорних лінія блискучого нікелювання річною програмою 16500 м². Проведено розрахунок технологічного процесу.

Запропонована оптимізація розміщення деталей на підвісках та електродів у ванні нікелювання з метою зменшення витрат енергії на одиницю продукції.

У проєкті пропонується методика очищення стічних вод реагентним методом, яка є дуже простою й економічно вигідною.

Згідно з аналізом спроектованого виробництва, а також існуючим нормам запропоновані відповідні заходи з охорони праці у гальванічному цеху, а саме: нормалізація повітря робочої зони, розраховано виробниче освітлення, захист від шуму та вібрацій, від ураження електричним струмом, а також підібрані засоби індивідуального захисту для працівників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кондращенко О.В. Корозія і захист матеріалів та конструкцій // Харків: ХНАМГ, 2005. – 124 с.
2. Кунтій О.І. Гальванотехніка // Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2004. – 236 с.
3. Fumitaka S. Nickel electroplating bath using malic acid as a substitute agent for boric acid / S.Fumitaka, K.Keisuke, N.Yuzuru, K.Koichi, S.Yuichi // *Metal Finish.*–2007. – Vol. 105, № 12. – P. 34-38.
4. D.Yu. Ushchapovskiy, O.V. Linyuicheva, T.I. Motronyuk, A.S. Tsymbaliuk, Promising materials and processes in applied electrochemistry: monograph. Kyiv.: KNUTD, 2017. pp. 81 – 88.
5. Tripathy B. Effect of organic extractants on the electro-crystallization of nickel from aqueous sulphate solution / B.Tripathy, P.Singh, D.Muir, S.Das // *Journal of Applied Electrochemistry.*–2001.–V.34.– P. 301-308.
6. Hrynko T. O. Two-layer nickel coatings for increasing corrosion resistance // "Modern engineering and innovative technologies". - (2023 online). – 26(04), pp. 90 – 95, DOI: 10.30890/2567-5273.2023-26-04-053
7. Спосіб електроосадження мультишарового цинк-нікелевого покриття: пат. 127761 Україна: МПК (МПК8) C25D3/56, 5/10, 5/18; заявл. 09.02.2018; опубл. 27.08.2018, Бюл. № 16.
8. Якименко Г.Я., Артеменко В.М. Технічна електрохімія.ч.3. Гальванічні виробництва: Підручник. – Харків: НТУ «ХП», 2006. – 272 с.
9. Gamburg Y.D., Zangari G. Theory and Practice of Metal Electrodeposition. - New York: Springer, 2011. – p. 385, DOI: 10.1007/978-1-4419-9669-5.
10. Електроосадження нікелю і композиційних нікель-алмазних покриттів реверсним струмом / М. І. Донченко, С. В. Бистрицький, Р. М. Редько, Н. А. Щур // Наукові вісті НТУУ «КП» : науково-технічний журнал. – 2010. – № 3(71). – С. 60–66.
11. Антропов Л.І. Теоретична електрохімія. – К: Либідь, 1993. – 544 с.

12. Гальванопластика: Лабораторний практикум навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Енергоефективна технічна електрохімія та захист металів від корозії» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Д. Ю. Ущатовський, Т. І. Мотронюк, О. В. Лінючева, М. В. Бик. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,49 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 95 с.
13. Protsenko, V. S. Physicochemical and Electrochemical Properties of Deep Eutectic Solvents Containing Dissolved Ni(II) and Cr(III) Salts: The Effects of Water Content (Chapter 1) / V. S. Protsenko, A. A. Kityk, L. S. Bobrova, D. A. Shaiderov, F. I. Danilov // *Ionic Liquids Electrochemistry, Uses and Challenges. Monograph* (Editor Bính Xuân). – New York: Nova Science Publishers, 2017. – P. 1-34.
14. Watson S. A. The Throwing Power of Nickel and Other Plating Solutions // *Transactions of the IMF*. – (2017 online). – 37(1), pp. 28 – 39, DOI: 10.1080/00202967.1960.11869799
15. Кітик, А. А. Електроосадження хрому та нікелю з низькотемпературних органічних розплавів / А. А. Кітик, Д. А. Шайдеров, Л. С. Боброва, В. Є. Пугач, В. С. Проценко // *Сучасні проблеми електрохімії: освіта, наука, виробництво: збірник наукових праць*. – Харків, 2015. – С. 233.
16. Дослідження впливу густини струму на розсіювальну здатність комплексного електроліту, вихід за струмом та склад покривів сплавами Fe-Co-Mo/ Ю. І. Сачанова, М. Д. Сахненко, М. В. Ведь, І. Ю. Єрмоленко // *Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ»*. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів, 2018. – № 18 (1294). – С. 85 – 88.
17. Технологія нанесення гальванічних покриттів [Текст] : метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт. з кредит. модуля «Захисні і захисно-декоративні 116 покриття» для студ. спец. 7.05130103 «Технічна електрохімія» / Уклад.: В.Ф. Панасенко, Л.А. Яцюк, Т.І. Мотронюк та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 60 с. 10. Кінетика контактного обміну металів: монографія

- / А. О. Майзеліс; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків: Іванченко І. С., 2021. – 180 с.
18. Гальванічні покриття. Аспекти вибору, функціональні властивості і технологія одержання: навч. посібник / Г. Я. Якименко, В. М. Артеменко; за ред. Б. І. Байрачного. – Х.: НТУ «ХПІ», 2009. – 148 с.
 19. Технологія нанесення неметалевих покриттів та виробництво плат друкованого монтажу [Електронний ресурс] : підручник / Л. А. Яцюк, О. В. Косогін, Д. Ю. Ушаповський, О. В. Лінючева, Ю. Ф. Фатєєв. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 330 с.
 20. Лінючева О.В. Гальванічні покриття у виробництві друкованих плат. Дипломне проектування: навч. посіб. / О.В. Лінючева, Л.А. Яцюк, Ю.Ф. Фатєєв, та ін. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 145 с.
 21. Житецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В. М. та ін. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / За ред. В.Ц. Житецького.- Львів, Афіша, 2000- 352 с.