

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

_____ В.Л. Чумак

“ ____ “ _____ 2020р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
за спеціальністю: 161 «Хімічні технології та інженерія»,
освітньо-професійної програми «Хімічна технологія високомолекулярних
сполук»

**Тема: «Порівняння антикорозійних властивостей поліуретанових,
алкідних та епоксидних фарб залежно від способу підготовки сталевих
поверхонь»**

Виконавець: студентка групи ХС-206М Кучеренко О.О.

Керівник: проф. Ледовських В.М. _____
(підпис)

Консультант розділу «Охорона праці»: _____ Халмурадов Б. Д.
(підпис)

Консультант розділу «Охорона
навколишнього середовища»: _____ Дмитруха Т.І.
(підпис)

Нормоконтролер: _____ доц. Столярова Н. В.

Київ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології
Спеціальність: 161 «Хімічні технології та інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ В.Л.Чумак
“ _____ ” _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Кучеренко Ольги Олександрівни

1. Тема дипломної роботи: **«Порівняння антикорозійних властивостей поліуретанових, алкідних та епоксидних фарб залежно від способу підготовки сталевих поверхонь»** затверджена наказом ректора від “19” листопада 2019 р. №26871/ст.

2. Термін виконання роботи: з 14.10.2019 р. по 29.12.2019 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- зразки сталі СТ 20;
- двокомпонентна епоксидна фарба Tikkurila Temacoat RM-40;
- алкідна фарба Alpina;
- поліуретанова фарба «Polifarb»
- епоксидний двокомпонентний клей Contour 20.

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Розділ 1. Підготовка поверхні металів перед нанесенням ЛФП. Розділ 2. Лакофарбове покриття як спосіб захисту металевих конструкцій. Розділ 3. Експериментальна частина. Розділ 4. Охорона навколишнього середовища. Розділ 5. Охорона праці. Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.

5. Перелік обов’язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Пошук та оформлення літературного огляду.	14.10.19 – 21.10.19	
2.	Нанесення ЛФП алкідного, епоксидного та поліуретанового типу на сталеву поверхню, оброблену різними методами підготовки поверхні.	22.10.19- 24.10.19	
3.	Вимірювання перехідного опору ЛФП алкідного, епоксидного та поліуретанового типу.	08.11.19- 10.01.2020	
4.	Визначення адгезії ЛФП алкідного, епоксидного та поліуретанового типу методом «грибків» та методом решітчастих надрізів до експозиції в камері сольового туману КСТ-1.	10.01.2020 – 15.01.2020	
5.	Проведення прискорених корозійних випробувань зразків сталі в камері сольового туману КСТ-1.	01.10.19 – 10.01.2020	
6.	Визначення адгезії ЛФП методом відриву та методом решітчастих надрізів до експозиції в камері сольового туману КСТ-1.	10.01.2020- 15.01.2020	
7.	Обробка і узагальнення експериментальних результатів.	15.01.2020 – 19.01.2020	
8.	Оформлення пояснювальної записки і підготовка до захисту.	20.01.2020 – 22.01.2020	

7. Дата видачі завдання: «01» жовтня 2019р.

Керівник дипломної роботи (проекту) _____ проф. Ледовських В.М.

Завдання прийняла до виконання _____ Кучеренко О.О.

Реферат

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Порівняння антикорозійних властивостей поліуретанових, алкідних та епоксидних фарб залежно від способу підготовки сталевих поверхонь»: 95 сторінки, 24 рисунків, 4 таблиці, 52 використаних джерела.

Об'єкт дослідження – антикорозійні властивості лакофарбових покриттів алкідного, епоксидного та поліуретанового типу.

Предмет дослідження – лакофарбове покриття алкідного, епоксидного та поліуретанового типу; зразки сталі марки СТ 2 0.

Мета дипломної роботи – дослідження впливу електроіскрового механічного методу підготовки сталевих поверхонь на антикорозійні властивості ЛФП епоксидного, поліуретанового та алкідного типу.

Метод дослідження – підготовка сталеві поверхні електроіскровим механічним методом електричною шліфувальною машиною сталеві та оцинкованою щіткою; визначення адгезійних властивостей ЛФП різних типів методом відриву і методом решітчастих надрізів; прискорені корозійні випробування в камері сольового туману КСТ-1; визначення перехідного опору ЛФП різних типів.

Наукова новизна одержаних результатів – полягає у виявленні явища синергізму між дією цинкового протектору, нанесеного електроіскровим механічним методом, та захисними властивостями лакофарбового покриття епоксидного, поліуретанового та алкідного типу.

Практичне значення одержаних результатів - одержані результати призначені для оцінки ефективності лакофарбових покриттів нанесених на поверхню металу після її підготовки електроіскровим механічним методом оцинкованою щіткою, який передбачає формування на поверхні металу цинкових протекторних осередків. Результати досліджень доцільно використовувати для забезпечення ефективного протикорозійного захисту металевих конструкцій методом нанесення ЛФП після обробки сталевих поверхонь .

АНТИКОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ, ПІДГОТОВКА ПОВЕРХНІ,
ЕЛЕКТРОІСКРОВИЙ МЕХАНІЧНИЙ МЕТОД, ПІСКОСТРУМЕННЕВИЙ МЕТОД,
ЛАКОФАРБОВЕ ПОКРИТТЯ АЛКІДНОГО, ЕПОКСИДНОГО ТА
ПОЛІУРЕТАНОВОГО ТИПУ, АДГЕЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ, ПЕРЕХІДНИЙ ОПІР,
МЕТОД ВІДРИВУ, МЕТОД РЕШІТЧАСТИХ НАДРІЗІВ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	13
РОЗДІЛ 1. ПІДГОТОВКА ПОВЕРХНІ МЕТАЛІВ ПЕРЕД НАНЕСЕННЯМ ЛФП.....	14
1.1. Механічна обробка.....	14
1.2. Високоенергетична обробка металів.....	15
1.2.1. Електроерозійні методи обробки.....	16
1.2.2. Електроіскрова обробка.....	17
1.2.3. Електроімпульсна обробка.....	19
1.2.4. Високочастотна електроіскрова обробка.....	20
1.2.5. Електроконтактна обробка.....	21
1.2.6. Електрохімічна обробка.....	21
1.2.7. Анодно-механічна обробка.....	22
1.3. Використання технологічних рідин в процесах обробки металевих поверхонь.....	23
1.4. Протекторний захист металів від корозії.....	24
1.5. Висновки до розділу 1.....	25
РОЗДІЛ 2. ЛАКОФАРБОВЕ ПОКРИТТЯ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	26
2.1. Загальна характеристика та класифікація лакофарбового покриття ...	26
2.2. Способи нанесення ЛФМ.....	28
2.3. Адгезійні властивості ЛФП та методи їх визначення.....	30
2.3.1. Теорії обґрунтування адгезії.....	33
2.3.2. Вплив форми субстрату на утворення адгезійного контакту...	35
2.3.3. Напруження в адгезиві та їх релаксація.....	36
2.3.4. Методи дослідження адгезії.....	37
2.4. Лакофарбове покриття епоксидного типу.....	40

2.5. Лакофарбове покриття алкідного типу.....	44
2.6. Лакофарбове покриття поліуретанового типу	46
2.6.1. Мономери та олігомери для виробництва поліуретанів.....	47
2.6.2. Одержання поліуретанового покриття.....	52
2.7. Висновки до розділу 2.....	51
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	54
3.1. Вихідні дані	54
3.2. Методика виконання експерименту.....	55
3.2.1. Визначення товщини лакофарбового покриття	56
3.2.2. Вимірювання перехідного опору	57
3.2.3. Визначення адгезії методом решітчастих надрізів.....	58
3.2.4. Визначення адгезії методом відриву.....	59
3.3. Обговорення результатів.....	70
3.4. Висновки до розділу 3.....	70
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	71
4.1. Забруднення повітря навколишнього середовища.....	72
4.2. Механізм дії летких органічних сполук на організм людини.....	73
4.3. Вплив електричних полів на навколишнє середовище.....	77
4.4. Висновки до розділу 4.....	79
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	80
5.1. Аналіз умов праці.....	80
5.1.1. Організація робочого місця.....	80
5.1.2. Мікроклімат виробничих приміщень.....	80
5.1.3. Шкідливі речовини в повітрі робочої зони.....	81
5.1.4. Освітлення.....	81
5.1.5. Шум, вібрація, ультразвук, інфразвук.....	81
5.1.6. Небезпека ураження електричним струмом.....	82
5.1.7. Статична електрика.....	83
5.2. Розробка заходів з охорони праці.....	83

5.2.1. Організація робочого місця.....	83
5.2.2. Захист від ураження електричним струмом.....	84
5.3. Пожежна безпека.....	84
5.4. Розрахункова частина.....	85
5.5. Висновки до розділу 5.....	87
ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЛФП – лакофарбове покриття.

ЛФМ – лакофарбові матеріали.

КСТ – камера сольового туману.

ПАР – поверхнево-активні речовини.

ВСТУП

Корозія металів завдає значних економічних втрат всім галузям господарства. Ці втрати визначається не стільки вартістю металу, що кородує, скільки витратами необхідними для захист від корозії, вартістю ремонтних робіт, а також збитками за рахунок тимчасового припинення нормального функціонування ушкодженого корозією обладнання.

Актуальність питань захисту від корозії підземних металевих споруд з року в рік зростає. Це пояснюється тим, що основне технологічне обладнання вже відпрацювало свій амортизаційний термін (близько 30 років), але продовжує експлуатуватися.

Вирішення проблеми протикорозійного захисту основного виробничого обладнання й до сьогодні лишається однією з найбільш актуальних з погляду забезпечення безпеки як на виробництві, так і навколишнього середовища в цілому. Причиною цього є те, що сучасна промисловість базується на використанні обладнання, виготовленого в переважно зі сталей та сплавів на основі заліза, незважаючи на значне поширення композиційних, полімерних та інших неметалевих матеріалів з високим хімічним опором. Навіть для сплавів підвищеної корозійної стійкості існує небезпека у будь-якому природному (повітря, природні водойми, природні ґрунти) чи технологічному середовищах. Тому для експлуатації металевих обладнання необхідне збільшення робочих місць.

Лакофарбові матеріали являють собою багатокомпонентні композиції, які застосовують для протикорозійного захисту різних виробів і обладнання, автомобілів, сільськогосподарських машин і механізмів, для збільшення атмосферостійкості, для надання виробам декоративного вигляду і багатьох інших цілей.

Є у лакофарбових покриттів і недоліки: поверхня може бути змоченою не повністю, адгезія покриття – порушеною, а тому під захисним шаром може зібратися електроліт, унаслідок чого корозійні процеси прискорюються. Крім того, на поверхні покриття можуть сформуватися пори, що збільшить проникність вологи. Навіть при пошкодженні лфп вони захищають сталь від корозії.

Перед нанесенням ЛФП здійснюється підготовка металевих поверхонь різними методами, а саме: лазерним, анодно-механічним, електроерозійним. Методи дозволяють покращити якість металічної поверхні, але разом з цим мають ряд суттєвих недоліків: висока вартість обладнання, можливість розтріскування металу завдяки різкому перепаду температури, значні енергетичні витрати та неможливість обробляти деталі незначних розмірів. Тому одним з перспективних методів обробки сталевих поверхонь є електроіскровий механічний метод за допомогою електричних шліфувальних машин з обертовими дисковими щітками.

Об'єкт дослідження – антикорозійні властивості (адгезія, перехідний опір) лакофарбових покриттів алкідного, епоксидного та поліуретанового типу.

Предмет дослідження – лакофарбове покриття алкідного, епоксидного та поліуретанового типу; зразки металевих поверхонь магістральних трубопроводів марки СТ 20.

Мета дипломної роботи – дослідження впливу електроіскрового механічного методу підготовки сталевих поверхонь на адгезійні властивості та перехідний опір ЛФП алкідного, поліуретанового та епоксидного типу.

Для досягнення поставленої мети виконувались наступні завдання:

- проведення літературного пошуку з даної проблеми;
- підготовка сталевих поверхонь електричною шліфувальною машиною з сталевією та оцинкованою щітками;
- вимірювання адгезії методом відриву та методом решітчастих надрізів до і після експозиції пофарбованих зразків в камері сольового туману КСТ-1;
- визначення перехідного опору лакофарбових покриттів алкідного типу, епоксидного та поліуретанового типу.
- дослідження впливу електроіскрової обробки на адгезію та перехідний опір лакофарбових покриттів різних типів;
- порівняння впливу різних методів обробки сталі на захисні властивості ЛФП.

Методи проведення дослідження:

- підготовка поверхні сталі електроіскровим механічним методом;

- прискорені корозійні випробування в камері сольового туману КСТ-1;
- визначення адгезійних властивостей лакофарбового матеріалу алкідного, епоксидного та поліуретанового типу до та після експозиції в КСТ-1 методом відриву та методом решітчастих надрізів;
- вимірювання перехідного опору ЛФП алкідного, епоксидного та поліуретанового типу.

Одержані результати призначені для оцінки ефективності лакофарбових покриттів нанесених на поверхню металу після її підготовки електроіскровим механічним методом оцинкованою щіткою, який передбачає формування на поверхні металу цинкових протекторних осередків. Результати досліджень доцільно використовувати для забезпечення ефективного протикорозійного захисту металевих конструкцій методом нанесення ЛФП після обробки сталевих поверхонь [1-7].

РОЗДІЛ 1

ПІДГОТОВКА ПОВЕРХНІ ПЕРЕД НАНЕННЯМ ЛФП.

Існує необхідність підготовки металевих поверхонь, що вимагають очищення перед фарбуванням. Насамперед, це стосується ремонту раніше пофарбованих об'єктів. Вік об'єкта і його розташування, якість вихідної поверхні, властивості пошкодженого лакофарбового покриття і кількість дефектів, тип попередніх і майбутніх агресивних умов і передбачувана система захисних покриттів – все це впливає на вибір методів майбутньої підготовки поверхні перед фарбуванням. При виборі методу підготовки поверхні слід враховувати необхідний ступінь очищення і шорсткості поверхні.

Металеві поверхні, що підлягають очищенню, класифікують за ступенем окиснення за стандартами ISO 8501-01-1988 і ISO 8504-1992. Характеристика окислення поверхні визначається ступенем окислення:

А – поверхня сталі майже повністю покрита міцно зчепленою з металом прокатною окалиною. На поверхні майже немає іржі;

В – поверхня сталі почала іржавіти, від неї починає відшаровуватися прокатна окалина;

С – поверхня сталі, з якої в результаті корозії майже повністю зникла прокатна окалина, або з якої прокатна окалина може бути легко видалена. На поверхні сталі при візуальному огляді спостерігаються невеликі прояви корозії;

Д – поверхня сталі, з якої в результаті корозії прокатна окалина зникла і на якій спостерігається виразкова корозія на всій поверхні при візуальному огляді [7].

1.1. Механічна обробка

Застосування механічних видів підготовки поверхні металу дозволяє одержати очищену поверхню із рівномірною шорсткістю, що сприяє найкращій адгезії антикорозійних лакофарбових матеріалів.

Піскоструменева обробка є найбільш універсальним і найякіснішим методом очищення поверхонь від будь-яких забруднень – корозії, іржі, окалини, нагару,

бітуму, мазуту, смоли, кіптяви, масла, цвілі і залишкових слідів пошкодженого покриття – фарби, лаку, штукатурки тощо.

За допомогою піскоструменевого методу можна очищувати поверхні з найрізноманітніших матеріалів – бетону, каменю, дерева, металу, цегли, кістки, скла, скловолокна.

Окрім очищення поверхні додатково відбувається зміцнення її матеріалу, і вона стає готовою для нанесення покриття. Окрім того, частинки абразиву роблять поверхню шорсткою, покращуючи зчеплення частинок лакофарбового або клейового покриття з матеріалом поверхні.

Сутність методу піскоструменевої очистки в тому, що частинки абразивного порошку (абразиву) розпорошуються під тиском потоком стисненого повітря або рідини (гідроабразивна обробка), таким чином бруд з оброблюваної поверхні усувається.

Основні переваги методу:

- стійкий та тривалий ефект порівняно з іншими методами;
- висока швидкість очистки;
- не пошкоджує матеріал покриття;
- у 5 разів збільшує терміни експлуатації усіх видів покриттів, що призводить до величезної економії на поточному/капітальному ремонті.

Основні недоліки методу:

- утворення величезної кількості пилу, що є загрозою для самого піскоструминного апарату і здоров'ю працівників, тому його необхідно захищати, інакше він швидко вийде з ладу;
- високий рівень шуму, який призводить до погіршення слуху.

1.2. Високоенергетична обробка металів

У даний час для обробки твердих матеріалів, таких, як алмаз, ферит, кварц, корунд та інші застосовують фізико-хімічну, променеву та інші види обробки в тих випадках, коли механічна обробка ускладнена або й зовсім неможлива. Наприклад отримання дуже точних отворів, обробка фасонних прорізів малої величини та інших фасонних поверхонь. Залежності від суті процесу, який використовується,

розрізняють шість груп обробки матеріалів за допомогою високих енергій:

- електроерозійна обробка;
- ультразвукова обробка;
- променева обробка;
- плазмова обробка;
- лазерна обробка;
- електрохімічна обробка.

1.2.1. Електроерозійні методи обробки

Електроерозійні методи обробки ґрунтуються на законах ерозії (руйнування) електродів із струмопровідних матеріалів при пропусканні через них імпульсного електричного струму. Електричний розряд між двома електродами відбувається в газовому середовищі чи при заповненні між електродного проміжку діелектричною рідиною (гасом, мінеральним маслом і т. д.). У рідкому подібному середовищі процес електроерозії проходить інтенсивніше.

Методом електроерозійної обробки можна здійснювати різання, шліфування полірування, отримувати та обробляти отвір з криволінійною віссю. Розрізняють наступні види електроерозійної обробки:

- 1) електроіскрова;
- 2) електроімпульсна;
- 3) високочастотна електроіскрова;
- 4) електроконтактна
- 5) анодно-механічна.

Якщо на електродах є різниця потенціалів, то відбувається іонізація міжелектродного простору. Коли напруга досягає певного значення, в середовищі між електродами утворюється канал провідності, по якому проходить електрична енергія у вигляді імпульсного іскрового чи дугового розряду. При високій концентрації енергії, що витрачається за 10^{-5} - 10^{-8} с, миттєва густина струму в каналі провідності досягає $8 \cdot 10^3$ - $10 \cdot 10^3$ А/мм², внаслідок чого температура на поверхні

оброблюваної заготовки-електрода зростає до $10 \cdot 10^3 - 12 \cdot 10^3$ °C. При такій температурі миттєво оплавляється і випаровується елементарний об'єм металу і на поверхні, яка обробляється, утворюється лунка. Видалений метал застигає в газовому середовищі або в діелектричній рідині (гас, мінеральне масло).

Наступний імпульс струму пробиває міжелектродний простір там, де відстань між електродами найменша. При безперервному підведенню до електродів імпульсного струму процес ерозії продовжується до тих пір, поки не видалиться увесь метал, що знаходиться між електродами на відстані, на якій можливий електричний пробій (0,01-0,05мм). Для продовження процесу необхідно зближувати електроди до вказаного значення, яке відбувається на верстатах для електроерозійної обробки автоматично.

Крім теплового впливу при електроерозійних методах обробки на матеріал заготовки–електрода діють електродинамічні і електростатичні сили, а також тиск рідини від явища кавітації (явище утворення газових або повітряних бульбашок в рідині, в тому числі під дією ультразвукових коливань. Захлопування бульбашок викликає гідравлічні удари, здатні зруйнувати тверді і крихкі матеріали, оскільки в момент захопування тиск в бульбашках досягає декількох сотень атмосфер), що супроводжує процес імпульсного розряду. Сукупність теплових і силових факторів до руйнування металу і формоутворенню поверхні заготовки–електрода [8].

1.2.2. Електроіскрова обробка

Електроіскрова обробка основана на використанні імпульсного іскрового розряду між двома електродами, один з яких є заготовкою, що обробляється (анод), а другий – інструментом (катод). Принципова схема електроіскрового станка з генератором імпульсів RC приведена на рис. 1.1. Конденсатор C , включений в зарядний контур, заряджається через резистор R від джерела постійного струму напругою 100-200 В. Коли напруга на електродах, що утворюють розрядний контур, досягне пробійного значення, відбувається розряд енергії, накопиченої конденсатором. Тривалість імпульсу становить 20-200 мкс.

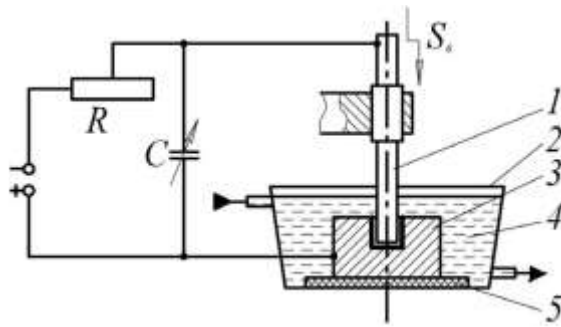


Рис. 1.1. Схема електроіскрового верстата: 1 – електрод-інструмент (катод); 2 – ванна; 3 – електрод-заготовка (анод); 4 – діелектрична рідина; 5 – ізолятор.

Механізм руйнування матеріалу можна уявити таким чином: при зближенні двох металевих електродів, що знаходяться під напругою, настає момент, коли між ділянками електродів, що знаходяться на мінімальній відстані один від одного, створюється електричне поле високої напруги. Це призводить до пробію міжелектродного проміжку, на початку якого електрони, що вириваються з найбільш виступаючих ділянок поверхні катода, спрямовуються до анода. При зіткненні електронів з молекулами газу (повітря) відбувається його іонізація в міжелектродному середовищі і утворюється вузький провідний канал, по якому рухається потік електронів, що несуть значну кількість енергії, яка звільняється на матеріалі електрода-анода у вигляді теплової енергії і призводить до локального розплавлення і часткового випаровування електрода.

Виникнення і розподіл електричних розрядів на поверхні визначається зміною мінімальної відстані між взаємодіючими поверхнями електродів. Внаслідок цього при обробці (в умовах дії на матеріал періодичних імпульсів визначеної послідовності) на електроді-заготовці відображається форма електрода-інструменту.

Характер перебігу електроерозійного процесу, кількість і склад матеріалу, що видаляється з ерозійної лунки, швидкість його видалення залежать від різних параметрів імпульсів електричного струму. Основними параметрами імпульсів є: тривалість, амплітуда і частота.

Для забезпечення неперервності процесу обробки необхідно, щоб зазор між інструментом–електродом і заготовкою був постійним. Для цього електроіскрові

станки виготовляють із спостережною системою і автоматичною подачею інструмента. Величина подачі залежить від режиму обробки. Інструменти–електроди виготовляють з латуні, міді, вулцевографітових та інших металів.

Електроіскровим методом обробки обробляють всі струмопровідні матеріали. Раціонально обробляти тверді сплави, метали, які складно обробити, та їх сплави, тантал, вольфрам, молібден та інші матеріали.

До переваг методу відносять простоту обробки і простоту обладнання. Проте метод має і недоліки: порівняно низьку продуктивність, значні енергетичні витрати процесу, швидко руйнуються інструменти–електроди.

1.2.3. Електроімпульсна обробка

При електроімпульсній обробці (рис.1.2.) використовують електричні імпульси великої тривалості (500-10000 мкс), внаслідок чого відбувається дуговий розряд. Значні потужності імпульсів, одержаних від електронних чи машинних генераторів, забезпечують високу продуктивність процесу обробки. Застосування графітових електродів і обробку на зворотній полярності (заготовка – катод) дозволило зменшити руйнування електродів.

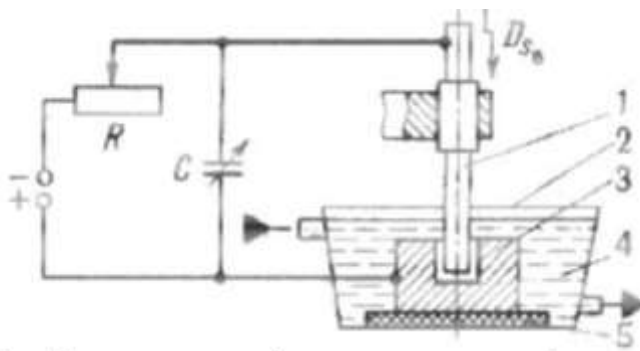


Рисунок 1.2. Схема електроімпульсної обробки: 1 – електродвигун; 2 – імпульсний генератор постійного струму; 3 – інструмент – електрод; 4 – заготовка – електрод; 5 – ванна.

При електроімпульсній обробці інструменти–електроди зношуються значно менше, ніж при електроіскровій обробці. Великі потужності імпульсів забезпечують високу продуктивність процесу. Метод найбільш раціональний при попередній обробці штампів, турбінних лопаток, фасонних отворів в деталях з твердих,

корозостійких (нержавіючих) і жаростійких сплавів. Точність розмірів і шорсткість оброблюваних поверхонь залежать від режиму обробки. При електроімпульсній обробці знімання металу за одиницю часу в 8-10 раз більше, ніж при електроіскровій обробці [9].

1.2.4. Високочастотна електроіскрова обробка

Цей спосіб обробки застосовують для підвищення точності і зменшення шорсткості поверхонь, оброблених електроерозійним методом. Спосіб ґрунтується на використанні електричних імпульсів малої потужності при частоті 100-150 кГц. Схема високочастотної електроіскрової обробки показана на рис.3.13. Конденсатор C розряджається при замиканні первинного контуру імпульсного трансформатора перемикачем, вакуумною лампою або тиратроном. Так як інструмент–електрод і заготовка включені у вторинний контур трансформатора, то це виключає виникнення дугового розряду. Продуктивність методу в 30–50 разів вища порівняно з електроіскровим методом при значному підвищенні точності і зменшенні шорсткості. Зношення інструмента незначне.

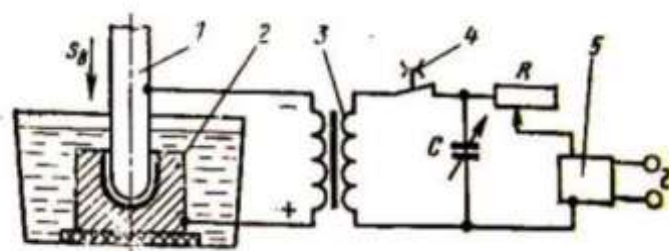


Рисунок 1.3. Схема високочастотної електроіскрової обробки: 1 – інструмент–електрод; 2 – заготовка–електрод; 3 – імпульсний трансформатор; 4 – перемикач струму; 5 – випрямляч.

Високочастотний електроіскровий метод застосовують для обробки деталей з твердих сплавів, оскільки він виключає структурні зміни і утворення мікротріщин у поверхневому шарі матеріалу заготовки, яка обробляється.

1.2.5. Електроконтактна обробка

Метод оснований на локальному нагріві заготовки в місці її контакту з інструментом–електродом і видалення розм'якшеного або розплавленого металу з зони обробки механічним способом за рахунок відносно руху заготовки та інструмента. Джерелом утворення тепла в зоні обробки є імпульсні дугові розряди.

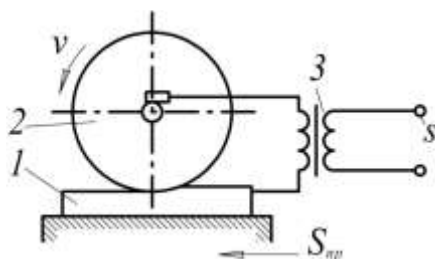


Рисунок 1.4. Схема електроконтактної обробки плоскої поверхні: 1 – оброблювана заготовка; 2 – інструмент – електрод; 3 – трансформатор.

Інструментом-електродом є чавунний або мідний диск, якому надається обертовий рух. Деталі обробляють на постійному або змінному струмі з напругою 10–40 В. У процесі обробки диск охолоджується. Електроконтактну обробку застосовують при точінні, свердлінні та інших заготовочних операціях: розрізанні злитків, очистці складних фасонних і плоских поверхонь, очистці деталей від окалини і т.д. На рис.1.4. показана схема електроконтактної обробки плоскої поверхні.

Метод не забезпечує високу точність і низьку шорсткість, проте є високопродуктивним внаслідок використання великих електричних потужностей.

1.2.6. Електрохімічна обробка

Електрохімічні методи обробки ґрунтуються на законах анодного розчинення при електролізі. При пропусканні постійного електричного струму крізь електроліт на поверхні заготовки, що є анодом, відбуваються хімічні реакції і поверхневий шар металу перетворюється в хімічну сполуку, яка переходить у розчин або видаляється механічним способом.

У процесі пропускання постійного електричного струму через електроліти спостерігаються такі явища:

1) осадження металів з їхніх сполук, що знаходяться у водному розчині (електроліті) і (або) виділення газоподібного водню по поверхні електрода (катода), підключеного до негативного полюса («мінуса») джерела струму;

2) розчинення поверхні металевого електрода (анода), підключеного до позитивного полюса джерела струму з утворенням нерозчинних сполук, що залишаються на поверхні або переходять в розчин і (або) виділення газоподібного кисню [5].

До електрохімічних методів відносяться:

- електрохімічне полірування;
- електрохімічна розмірна обробка;
- електроабразивна і електроалмазна обробка;
- електрохонінгування.

1.2.7. Анодно-механічна обробка.

Анодно-механічна обробка є перехідною між електроерозійним та електрохімічним методами обробки. Анодно-механічний спосіб обробки побудовано на законах електролізу та явища поляризації. Оброблювана деталь підключається до аноду, а інструмент – до катода. В якості інструмента використовують металеві диски, циліндри, стрічки, проводи. Процес здійснюється в середовищі електроліту при постійному струмі. Заготовці та інструменту надають переміщення, як при звичайних методах механічної обробки. Електроліт подають в зону різання через сопло. (рис.1.5.)

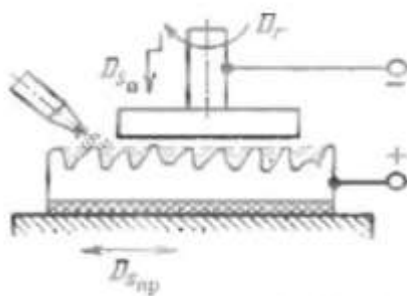


Рисунок 1.5. Схема анодно-механічної обробки плоскої поверхні.

При пропусканні через електроліт постійного електричного струму відбувається процес анодного розчинення, властивий електрохімічній обробці. При дотиканні інструменту-катода з мікронерівностями оброблюваної поверхні заготовки-анода відбувається процес електроерозії, властивий електроіскровій обробці. Крім того, при пропусканні електричного струму метал заготовки розігрівається в точках контакту її з інструментом, як при електроконтактній обробці, і оброблюваний метал розм'якшується. Продукти електроерозії і анодного розчинення видаляються із зони обробки за рахунок відносних переміщень інструмента і заготовки.

1.3. Використання технологічних рідин в процесах обробки сталевих поверхонь.

Електроерозійна обробка проводиться в робочій рідині, яка є діелектричним середовищем, і в процесі електроерозійної обробки виконує такі функції:

- 1) захоплюючи частинки розплавленого металу і пари металу, що викидаються з лунки в процесі контакту електроду з поверхнею, рідина сприяє процесу диспергування продуктів ерозії, утворенню кулястої форми гранул;
- 2) видаляє продукти ерозії із зони обробки, очищає міжелектродний проміжок і таким чином сприяє стабільному перебігу процесу;
- 3) охолоджує електроди, а також різко збільшує електричну міцність міжелектродного проміжку.

Тому до робочої рідини пред'являються наступні вимоги:

- 1) низька в'язкість, безпека в експлуатації;
- 2) хімічна нейтральність до матеріалу інструменту - електрода і деталі ;
- 3) висока стійкість у процесі обробки;
- 4) надійні електроізоляційні властивості;
- 5) низька токсичність або відсутність токсичності ;
- 6) низька вартість.

При електроімпульсній обробці найчастіше застосовують індустриальне і трансформаторне масла, при електроіскровій – гас і воду.

При обробці робоча рідина забруднюється продуктами ерозії, підвищується її зольність і в'язкість, що знижує продуктивність обробки. Встановлено, що витрата індустриального масла при електроімпульсній обробці становить близько 0,5-0,85 л/(кВт • год).

1.4. Протекторний захист металів від корозії

Згідно із законами електрохімії катодний захист металевої конструкції забезпечується за умови надання їй відповідного захисного потенціалу. Потенціал такого анода, з огляду на те, що система протекторного захисту є фактично хімічним джерелом струму, має бути від'ємною за потенціал об'єкту, що підлягає захисту, на величину, яка відповідає одному з критеріїв катодного захисту. Внаслідок різниці потенціалів від анодом, який називають протектором, до конструкції, по провіднику, що їх з'єднує, проходить електричний струм. Електроенергія в цьому елементі генерується за рахунок витрати активного матеріалу протектора та деполяризатора катодного процесу, який відновлюється на об'єкті захисту. Вибір щодо типу джерела енергії катодного захисту спершу проводять з огляду на загальні рекомендації щодо застосування протекторного захисту. Вони базуються на природі анодних матеріалів, які використовуються. Так для захисту від підземної корозії найчастіше використовують магнієві протектори й цинкові. З огляду на малу різницю корозійного потенціалу цинкового анода й катодно захищеної сталі (до -200 мВ), цинкові протектори категорично не рекомендується встановлювати у ґрунтах з питомим опором вище 20 Ом·м. Магнієві протектори можна ефективно використовувати в ґрунтах з питомим опором до 50 Ом·м. При більших опорах ґрунту протектори розміщують безпосередньо на поверхні, яка захищається.

Як протектори використовують сплави на основі магнію, алюмінію чи цинку. Протектори є портативними джерелами електроенергії й особливо корисні за наявності труднощів з подачею електроенергії чи коли споруджувати спеціальну лінію електропередачі економічно недоцільно.

Протектори застосовують для захисту апаратури зі сталі, що застосовується у морській воді, розчинах солей тощо, наприклад, при захисті холодильного

обладнання, суден, котлів, апаратів хімічної промисловості, сховищ нафти тощо. Конструкції зі сталі й чавуну захищають з використанням протекторів з магнію, цинку, і ряду сплавів. При приєднанні протектора необхідно забезпечити постійний контакт його з конструкцією, доступність для огляду, очистки і заміни. Загалом активний захист від корозії протекторами рекомендується поєднувати з використанням захисних лакофарбових покриттів, що дозволяє значно знизити витрати струму, а отже, і витрати протекторного сплаву, таким чином, збільшуючи термін служби протекторного захисту [10-13].

1.5. Висновки до розділу 1.

Підготовка металевих поверхонь є важливим необхідним етапом забезпечення протикорозійного захисту перед нанесенням ЛФП. Способи підготовки поверхні для нанесення антикорозійних покриттів поділяються на три основні групи: механічні, хімічні та термічні. Методи дозволяють покращити якість металевої поверхні, але разом з цим мають ряд суттєвих недоліків: висока трудоемність процесу, висока вартість обладнання, можливість розтріскування металу завдяки різкому перепаду температури, значні енергетичні витрати та неможливість обробляти деталі незначних розмірів.

Існує необхідність розробки нових перспективних економічно обґрунтованих методів підготовки сталевих поверхонь, які здатні забезпечувати ефективний протикорозійний захист як під час обробки так і в період післяопераційного зберігання металевих конструкцій.

РОЗДІЛ 2

ЛАКОФАРБОВЕ ПОКРИТТЯ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Лакофарбові матеріали (ЛФМ) мають дві основні функції: захисну та декоративну. Їх використовують для захисту конструкцій від впливу атмосферної корозії та надання виробу товарного вигляду.

Властивості лакофарбових покриттів залежать не тільки від якості лакофарбових матеріалів, що застосовуються, але і від таких факторів, як спосіб підготовки поверхні до фарбування, правильний вибір і дотримання технологічного режиму забарвлення і сушки [14].

2.1. Загальна характеристика та класифікація ЛФП

Лакофарбові покриття класифікують переважно за експлуатаційними та хімічними ознаками та за зовнішнім виглядом.

В основі хімічної класифікації лежить природа плівкоутворюючої речовини лакофарбової композиції, з якої виготовлене покриття.

Класифікація покриттів за експлуатаційною ознакою або за призначенням (наприклад : термостійкі, хімічностійкі, атмосферостійкі тощо) також поширена.. Зовнішній вигляд покриттів характеризується кольором, фактурою поверхні і якістю виконання (відсутністю або присутністю тих чи інших дефектів).

За зовнішнім виглядом покриття діляться на сім класів: найвищий клас I, найнижчий -VII. Стандарт ISO визначає сім ступенів підготовки поверхні:

– I - Обробка вручну і електроінструментами. Перш, ніж почати очищення вручну або електроінструментами, товсті шари іржі мають бути видалені способом обрубки. Видимі забруднення від масла, жиру і бруду теж повинні бути вилучені. Після очищення вручну та електроінструментами поверхня повинна бути очищена від фарби і пилу.

– **II** - Ретельне очищення вручну та електроінструментами. При поверхневому розгляді неозброєним оком, підкладка повинна виглядати очищеною від видимих слідів масла, жиру і бруду, іржі, фарби та сторонніх речовин.

– **III** - Дуже ретельне очищення вручну та електроінструментами: підкладка має бути очищена набагато більш ретельно, до появи металевого блиску.

– **IV** - Піскоструменева обробка. Після піскоструменевої обробки підкладка має бути очищена від пилу та сміття.

– **V** - Ретельна піскоструменева обробка. При перевірці неозброєним оком поверхня повинна виглядати зачищеною від видимих масляних, жирових плям і бруду, іржі, фарби та інших сторонніх речовин. Кожне залишкове забруднення повинно мати щільне прилягання.

– **VI** - Дуже ретельна піскоструменева обробка. Всі залишкові сліди зараження повинні виявлятися тільки у формі ледь помітних плям і смуг.

– **VII**- Піскоструминне очищення до візуально чистої сталі. Поверхня повинна мати однорідний металевий блиск.

Плівковий стан покриттів обумовлює своєрідне формування їх властивостей: чим тонше плівка, тим більшою мірою проявляється роль її поверхні. Висока питома поверхня створює несприятливі умови для експлуатації матеріалів у покриттях.

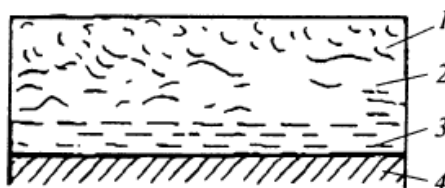


Рис 2.1. Схема будови лакофарбового покриття: 1 – верхній шар, що контактує з зовнішнім середовищем; 2 – проміжний шар; 3 – нижній (адгезійний) шар; 4 – підкладка.

ЛФП мають дві поверхні контакту: одну із зовнішнім середовищем, іншу – з підкладкою або твердим тілом. Це відрізняє їх від клейових сполук, де клейовий шар з обох сторін пов'язаний лише з твердими субстратами.

ЛФП має три шари, що мають безперервні межі переходу: верхній, проміжний і нижньоадгезійний. Верхній шар, дотичний в процесі формування плівки з повітрям або іншим середовищем, значною мірою зазнає їх впливу. Ступінь окиснювальної деструкції та інших видів хімічних перетворень плівкоутворювача, що протікають за участю, наприклад, кисню і вологи повітря, головним чином реалізуються в цьому шарі. Проникнення їх в середній, а тим більше в нижній (адгезійний) шар сповільнюється. Субстрат також може брати участь у протіканні хімічних реакцій: при формуванні покриттів, особливо при високих температурах, він нерідко виступає каталізатором або інгібітором.

За будовою ЛФП поділяють на одно- і багатошарові; багатошарові можуть бути однорідними і різнорідними, тобто виготовленими з одного або з різних за хімічною природою лакофарбових матеріалів. Для багатошарових різнорідних покриттів прийнято відповідну назву шарів. Перший шар, що контактує з субстратом, називається ґрунтовим або ґрунтом, далі йдуть проміжні шари і верхній шар[15-16].

2.2. Способи нанесення лакофарбових матеріалів.

При нанесенні лакофарбових матеріалів застосовують наступні способи фарбування:

- щіткове фарбування;
- фарбування розпиленням;
- фарбування зануренням і обливанням;
- накатка фарби валками.

Ручні способи нанесення (валиком, щіткою, пензлем) - для фарбування будівельних споруд, деяких промислових конструкцій, виправлення дефектів в побуті.

Ручні способи економічні, але трудомісткі та не продуктивні.

Занурення й облив. Принцип цього методу заснований на змочуванні поверхні рідким лакофарбовим матеріалом і утриманні його у вигляді тонкого шару за

рахунок в'язкості матеріалу і адгезії.

Переваги способу: простота обладнання.

Недоліки способу: нерівномірність товщини покриттів по висоті виробу і значні втрати матеріалу.

Пневматичне розпилення – найбільш поширений спосіб фарбування. При такому способі ЛФМ дробиться струменем стислого повітря. Утворений аерозоль коагулює при зіткненні з поверхнею субстрату і осідає у вигляді рівномірного шару.

Переваги: надійність в експлуатації, можливість розпилювання високов'язких рідин.

Недоліки: утворення туману з ЛФМ, підвищена витрата енергії на розпилювання (50-60 кВт на 1 т рідини), значні втрати лакофарбового матеріалу при розпиленні, велика втрата розчинників.

Електростатичне розпилення – фарбування в електричному полі високої напруги. Цей метод полягає в наступному: між двома електродами, які знаходяться під напругою та розташовані на деякій відстані, створюється електричне поле. Одним з електродів є виріб – позитивний заземлений електрод, а інший електрод установки – негативний. В створене електричне поле високої напруги вводять розпилений ЛФМ, частинки якого заряджаються від іонізованого повітря або кромки електрода та рухаються за силовими лініями електричного поля і осаджуються на заземленому виробі, утворюючи на ньому рівномірне покриття. В електричному полі можна розпилювати ЛФМ з питомим об'ємним опором від 10^6 до 10^7 Ом·см і діелектричною проникністю 6 – 10.

Недоліками електростатичного розпилювання: потреба в дорогому обладнанні, висока енергоємність, мала продуктивність і складність обслуговування.

Електроосаджування – найбільш перспективний спосіб, який полягає в осаджуванні ЛФМ у вигляді концентрованого осаду на поверхні виробу під дією постійного електричного струму.

Переваги: покриття корозостійкі і рівномірні за товщиною [16-19].

2.3. Адгезійні властивості лакофарбового покриття та методи їх визначення.

Адгезія має найбільше значення в комплексі явищ, яке лежить в основі процесу склеювання. Природу і закономірності адгезії досліджують різноманітними методами на різних об'єктах. Однак до теперішнього часу немає єдиної теорії адгезії.

Початкові уявлення про адгезію лфп відносять до ХІХ століття. Для створення ефективного захисту металевих конструкцій потрібно детально проаналізувати переваги і недоліки теорій адгезії покриття.

Бехгольц і Нейман вивчали міцність склеювання деревини різних порід і прийшли до висновку, що на міцність склеювання значно впливає природа основи: порода дерева, капілярна його структура, напрямок зрізу.

Талмуд, Гороховський, Бреслер вважали, що на процес склеювання значно впливає зміна поверхневого натягу поверхні на межі поділу фаз. Талмуд і Бреслер виявили в деяких випадках також наявність адсорбційних сил. Вони вважали, що явище адсорбції має місце при кріпленні каучуку до латуні: в результаті вулканізації відбувається адсорбція молекул каучуку, які викликаються зміну властивостей всього склеювального шару. На адсорбційні властивості впливає наповнювач, який може сприяти розвитку адсорбційних сил при адгезії.

Мак-Бейн вважав, що найменшим склеюванням володіють рідини, а найбільшим – аморфні смоло-подібні речовини. Було також встановлено, що адгезійна здатність клею збільшується з підвищенням температури плавлення. На адгезію, на його думку, впливає наявність у молекулах клею гідроксильних і карбонільних груп, оскільки вони зумовлюють міцний зв'язок клей-субстрат.

Процес склеювання розглядається не як фізико-хімічний процес на поверхні поділу фаз, а як процес, пов'язаний зі структурою субстрату і клейового шару. Отже, ці міркування не дають повного уявлення про причини адгезії.

Адгезія є також однією з характеристик захисного покриття, що є показником його ефективності і довговічності. В своїй книзі «Адгезия твердых тел.» Дерягін

Б.В. дає таке визначення адгезії: «Адгезія – явище з'єднання приведених в контакт конденсатів, фаз. Ці фази складають основу, що утворюється в результаті молекулярного (по всій міжфазній площі) контакту адгезійного з'єднання і називаються субстратами, а речовини, що забезпечують з'єднання субстратів – адгезиви. Зазвичай, субстрати – тверді тіла (метали, скло, кераміка, полімери), адгезиви – рідини (розчини або розплави полімерів).

Закономірності утворення і руйнування адгезійних з'єднань описують на основі двох незалежних підходів, термодинамічного і молекулярно-кінетичного. Термодинамічний підхід розглядає енергетичні характеристики (поверхневі енергії адгезива-субстрату і міжфазної границі), а молекулярно-кінетичний – когезійні властивості адгезивів і субстратів (міцність).

Кількісною характеристикою адгезії вважається робота адгезії яка необхідна для зворотнього ізотермічного розділення двох, приведених в контакт, конденсованих фаз по площі одиничного перерізу. Рівнянням це можна записати у вигляді :

$$W_a = wN \quad (2.1)$$

де: W_a - робота адгезії; w – середня енергія одиниці зв'язку, який забезпечує адгезію; N – число зв'язків, які припадають на одиницю площі контакту субстрату і адгезива.

Число N визначається площею фактичного контакту між адгезивом і субстратом, яка залежить від властивостей поверхонь адгезиву і субстрату: енергетичних характеристик поверхонь контактуючих фаз, шорсткості поверхні субстрату, умов формування адгезійного з'єднання, теплових і механічних властивостей адгезиву і субстрату.

Методи дослідження адгезії описані в ГОСТ 28574-90 Ф.М.Івановим і Е.А.Гузєєвим. Досліджуючи дані методи, була виведена формула для визначення величини адгезії по силі, необхідної для того, щоб відклеїти захисне покриття:

$$R = F/A,$$

де: R – величина адгезії; F – сила, при якій відбувся відрив; A – площа відриву в m^2 – для лакофарбових покриттів.

Згідно наведеного ГОСТу, результатом дослідження є середньоарифметичне значення результатів 5 експериментів.

Адгезійна міцність – сила, що необхідна для руйнування адгезійного з'єднання, віднесена до площі адгезійного контакту. Отже, навіть розмірність залежить від способу її визначення і від характеру прикладення зусилля, що викликає руйнування адгезійного з'єднання. Отже, навіть розмірність залежить від способу її визначення і від характеру прикладення зусилля, що викликає руйнування адгезійного з'єднання. Величина адгезійної міцності не інваріантна по відношенню до методу вимірювання, оскільки зовнішнє зусилля, що викликає відділення адгезиву від субстрату, витрачається не тільки на подолання сил адгезії, але і на інші побічні процеси. Найбільш значні з них – деформація адгезиву внаслідок неодночасного відриву від поверхні субстрату, подолання механічного зачеплення адгезиву і субстрату, що виник через шорсткості поверхні або електричних сил в разі, якщо в результаті контакту адгезиву і субстрату виникає подвійний електричний шар (рис.2.2). Таким чином, адгезійна міцність є кінетичною величиною.

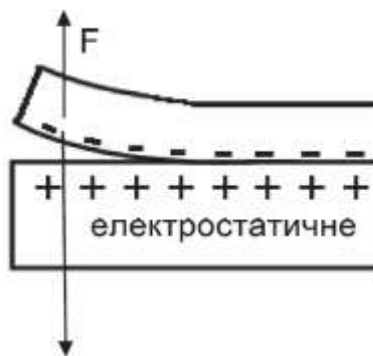


Рис.2.2 Робота відшарування плівки адгезива від поверхні субстрату .

Адгезійна міцність з'єднання «адгезив-субстрат» (τ_0) - статистична величина, що визначається випадковим розподілом на поверхні поділу «адгезив-субстрат». Тому значення адгезійної міцності дуже чутливі до розміру експериментальних зразків. Отже, робота адгезії може відповідати адгезійній міцності в тому випадку, якщо τ_0 буде визначатися в рівноважних умовах, тобто при деформації з нескінченно малою швидкістю [20].

2.3.1. Теорії обґрунтування адгезії.

Відомо кілька теорій адгезії. Кожна з них була розроблена для пояснення конкретних результатів фізико-хімічних експериментів з вимірювання адгезійної міцності з'єднання «адгезив-субстрат» на макрозразках і вивченню впливу на τ_0 різних факторів.

Механічна (мікрореологічна) теорія адгезії. Засновником механічної теорії адгезії є Мак-Бейн. Відповідно до цієї теорії, адгезія здійснюється за рахунок затікання адгезиву в пори або тріщини на поверхні субстрату з наступним затвердінням. При цьому вважається, що між адгезивом і субстратом утворюється «заклепки», що зв'язують компоненти адгезійного з'єднання шляхом механічного заклинювання. Отже, міцність адгезійного визначається пористістю субстрату (включаючи форму пор) і міцністю плівки адгезиву.

Механічне зчеплення адгезиву і субстрату, безумовно, відіграє істотну роль у забезпеченні міцності адгезійного з'єднання, особливо якщо субстрат пронизаний сіткою наскрізних пор (тканина). Тим не менш, ця теорія не пояснює адгезію непористих тіл з гладкими поверхнями і не враховує хімічну природу і фізико-хімічні властивості адгезиву і субстрату. Основний висновок механічної теорії адгезії полягає в тому, що збільшення площі контакту адгезиву і субстрату призводить до збільшення міцності адгезійного з'єднання.

Адсорбційна (молекулярна) теорія адгезії. Розроблена Дебройном і Мак-Лареном. Ця теорія визначає адгезію як результат взаємодії між адгезивом і субстратом за рахунок міжмолекулярних сил, тобто як фізичну адсорбцію.

Основний висновок цієї теорії полягає в тому, що висока міцність адгезійного з'єднання досягається тільки в тих випадках, коли адгезив і субстрат володіють полярними функціональними групами. Це робить проблематичним пояснення адгезії між слабополярними і неполярними полімерами. Тим не менше, адсорбційна теорія адгезії добре узгоджується з уявленнями про взаємозв'язки адгезії і питомої вільної поверхневої енергії міжфазних кордонів, величина якої визначається міжмолекулярними взаємодіями в об'ємі контактуючих фаз. Взаємодія між іонами,

в тому числі і молекулярними, реалізується завдяки кулонівським силам. Згідно закону Кулона, сила f яка виникає при взаємодії двох точкових зарядів q_1, q_2 , в вакуумі на відстані r , визначається формулою $f = q_1 q_2 / r^2$, з якої визначаємо, що потенційна енергія Кулонової взаємодії $U_{kul}(r) = 1/r$.

Хімічна теорія адгезії. Дана теорія розглядає явище адгезії, як результат хімічної взаємодії компонентів адгезійного з'єднання. Потрібно зазначити, що межу між адгезією, обумовленою фізичними силами, і адгезією, яка реалізується за рахунок утворення хімічних зв'язків між адгезивом і субстратом, провести неможливо, точно так само, як неможливо чітко розмежувати явища фізичної адсорбції та хемосорбції.

Електрична теорія адгезії. Запропонована Дерягиним і Кротовою. Відповідно до цієї теорії, адгезія реалізується шляхом контактної електризації, що спостерігається при тісному зіткненні адгезиву і субстрату.

Адгезив і субстрат в адгезійних з'єднаннях ототожнюються з пластинами електричного конденсатора, а процес роз'єднання адгезиву і субстрату – з розсуванням пластин конденсатора. При цьому між пластинами різниця потенціалів, яка росте із збільшенням зазору між ними до настання електричного розряду. При повільному роз'єднанні адгезиву і субстрату заряди встигають стекти з пластин конденсатора, при високій швидкості роз'єднання висока густина заряду на пластинах конденсатора зберігається аж до настання розряду.

Релаксаційна теорія адгезії. Теорія розглядає процеси деформації, виникнення внутрішніх напружень і їх релаксацію в адгезиві при відділенні плівок від поверхні субстрату. Необхідно зазначити, що внутрішні напруження виникають у процесі формування плівок адгезиву і впливають на адгезійну міцність з'єднання «субстрат-адгезив». Природа адгезійного зв'язку при цьому не змінюється: виникає лише умова для зміни адгезії шляхом зменшення числа зв'язків, що припадають на одиницю площі контакту адгезиву і субстрату. Теорія також враховує виникнення і релаксацію внутрішніх напружень в процесі експлуатації матеріалу, елементарним наслідком яких є адгезійне з'єднання.

2.3.2. Вплив форми субстрату на утворення адгезійного контакту.

Внаслідок збільшення площі контакту між адгезивом і субстратом підвищується адгезія незалежно від того, якими силами обумовлено зв'язок між фазами. На величину площі контакту впливають такі чинники, як змочуваність, здатність адгезиву заповнювати нерівності твердої поверхні, витісняючи при цьому повітря. Численні бульбашки повітря, що знаходяться в глибоких борозенках і порах поверхні зразка, перешкоджають досягненню максимально можливого контакту. Таким чином, морфологія поверхні субстрату, її топографія, мікрорельєф і чистота є важливими факторами, що впливають на повноту контакту і в кінцевому підсумку на адгезію.

Мікрорельєф і шорсткість твердої поверхні, зумовлені особливостями внутрішньої структури, можна умовно назвати первинними або атомно-молекулярними. Також шорсткість може бути механічною, при цьому маються на увазі численні дефекти (пори, тріщини, капіляри), що з'являються в результаті процесів структуроутворення, старіння і т.д. До цієї групи відноситься і штучний мікрорельєф (рис.2.3), створений різними способами.

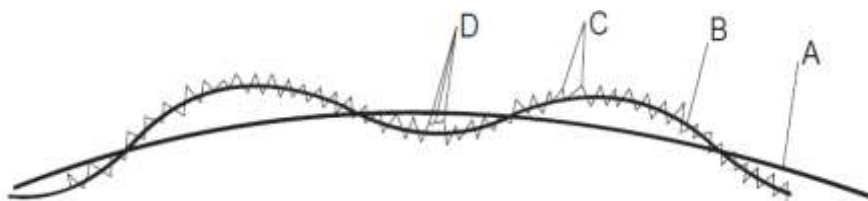


Рис. 2.3 Основні види нерівностей твердої поверхні: А – макроскопічні порушення; В – хвилястість поверхні; С – мікроскопічні нерівності; D – ультрамікроскопічні нерівності.

На топографію твердої поверхні впливають такі процеси як окиснення та гідроліз. При цьому на поверхні виникає своєрідний чохол, товщина якого нерівномірна. У цьому випадку говорять про додаткову шорсткість, яка називається вторинною.

Найбільшу роль у взаємодії на межі поділу адгезив-субстрат відіграють мікроскопічні і ультрамікроскопічні нерівності. Величина останніх коливається в

межах 10^{-9} - 10^{-8} м і в деяких випадках лежить за межами чутливості стандартних методів вивчення у твердій поверхні.

Отже, для досягнення найбільшого показника міцності адгезії необхідно, щоб молекули адгезиву проникали не тільки у великі, але і мікроскопічні і ультрамікроскопічні дефекти поверхні субстрату, так як в цьому випадку величина поверхні контакту досягає величезних розмірів.

2.3.3. Напруження в адгезиві та їх релаксація.

Будь-яка система адгезив-субстрат характеризується не тільки величиною адгезії, але і типом порушення зв'язку між компонентами, тобто характером руйнування. Питання про характер руйнування має теоретичний і практичний інтерес. Знаючи слабкі ланки системи, можна шукати шляхи підвищення її міцності. Загальноприйнятою є наступна класифікація видів руйнування : адгезійне (адгезив повністю відокремлюється від субстрату) (рис.2.4, а), когезійне (розрив відбувається по масиву адгезиву чи субстрату) (рис.2.4,b,c) і мішане (відбувається часткове відділення адгезиву від субстрату і часткове руйнування адгезиву) (рис.2.4,d).

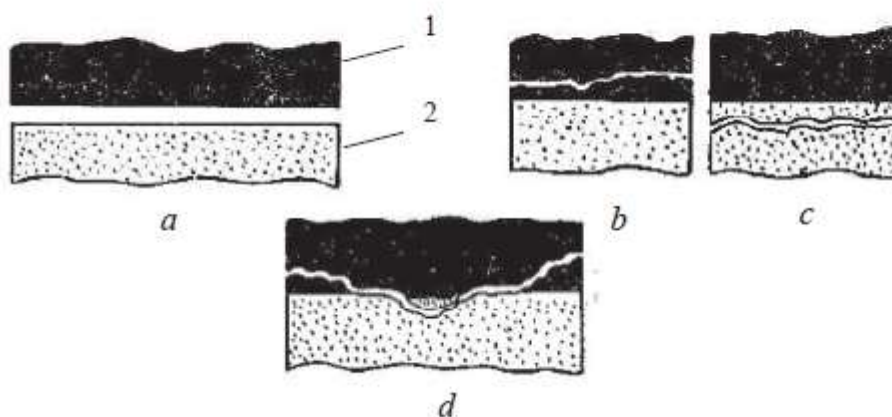


Рис.2.4 Види руйнування адгезійних з'єднань : а – адгезійне; b,c – когезійне; d – змішане; 1 – адгезив; 2 – субстрат.

Міцність адгезійних з'єднань залежить від ряду факторів. По-перше, величина адгезійної міцності має чітко виражену швидкісну залежність: збільшення

швидкості наростання руйнівного зусилля приводить до підвищення межі опору руйнуванню .

Когезійне руйнування спостерігається при невеликій швидкості руйнування. Підвищення швидкості призводить до змішаного руйнування, а при високих швидкостях розрив меж переважно адгезійний характер.

Величина адгезійної міцності в значній мірі залежить від температури випробування, причому ця залежність має немонотонний характер.

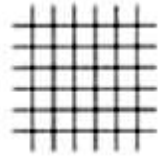
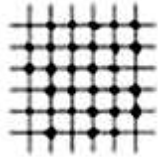
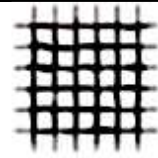
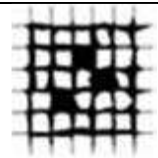
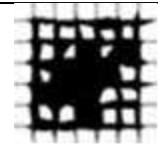
Тимчасова залежність міцності притаманна всім матеріалам, а швидкість руйнування механічно напруженого тіла визначається величиною напруження і температурою. Руйнування матеріалів відбувається в результаті зростання тріщин, і визначає швидкість утворення тріщини, тобто фактичну міцність матеріалу. Розподіл небезпечних місць, в яких можливе зародження тріщини, узгоджується із законами статистики [21-25].

2.3.4. Методи дослідження адгезії.

Метод решітчастих надрізів. Метод полягає в оцінюванні ступеня прилипання лакофарбової плівки до підложки за кількістю сегментів, які відпали від підложки при нарізанні лакофарбової плівки. На поверхню покриття, нанесеного на металеву підложку, по лінійці лезом роблять не менше п'яти паралельних надрізів на відстані 1мм один від одного (для покриття товщиною більше 60мкм надрізи роблять на відстані 2мм один від одного). Таку ж кількість аналогічних надрізів роблять перпендикулярно першим. Надрізи на покритті утворюють сегменти у вигляді ґратів з квадратів однакового розміру. Після нанесення квадратів очищають плівку від її шматочків, які відшарувалися.

Адгезію оцінюють за станом надрізів на покритті і виражають у балах (за чотирибальною системою) у відповідності з наступною шкалою, наведеною в табл. 2.1. За результати дослідження приймають значення адгезії в балах, яке відповідає більш співпадаючих значень, визначених на всіх досліджених ділянках поверхні двох зразків; при цьому розходження між значеннями не повинно перевищувати 1 бал.

Шкала оцінювання надрізів у вигляді решітки

Бал	Опис поверхні лакофарбового покриття після нанесення надрізів у вигляді решітки	Зовнішній вигляд покриття
0	Краї надрізу гладенькі, відшарованого покриття не спостерігається	
1	Незначне відшаровування покриття у вигляді точок вздовж ліній надрізу або в місцях їх перетину. Порушення спостерігаються не більше, ніж на 5% поверхні решітки	
2	Значні відшаровування в місцях перетинання надрізів, площа відшарування не перевищує 15 %	
3	Покриття відшаровується вздовж надрізів, є відшарування покриття у прямокутниках, площа відшарування не перевищує 35 %	
4	Значне відшарування покриття, площа відшарування не перевищує 65 %	
5	Любе відшарування, що не можливо класифікувати за 4-х бальною шкалою	

Метод «грибків». Його сутність полягає у визначенні зусилля, необхідного для відриву покриття від захищеною ним поверхні у напрямі, перпендикулярному площі покриття, за допомогою приклеєного металічного диску і динамометру адгезиметру (ДСТУ 4219-2003). Такі методи можна застосовувати у таких випадках,

коли адгезійна міцність покриттів менша за міцність самої лакофарбової плівки.

Обладнання і матеріали : плоскі сталеві зразки розміром 30x130 мм, вкриті досліджуваним лакофарбовим покриттям у декілька шарів; епоксидний двокомпонентний клей Contour 20; адгезиметр АЦ (рис.2.5).

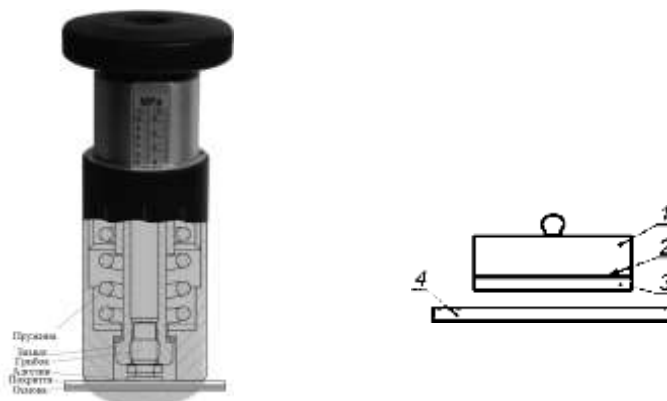


Рис.2.5. Адгезиметр АЦ і адгезійний відрив на межі покриття-металічна пластина : 1-штамп; 2-клей; 3-лакофарбове покриття; 4-сталева основа.

Порядок виконання роботи: до поверхні досліджуваного сталевих зразка розміром 30x130 мм, вкритого лакофарбовим покриттям, приклеюють три металічні диски з різьбовими з'єднаннями діаметром 15 і 20 мм на відстані не менше 30 мм один від одного.

Приготування клею виконують у такій послідовності. Змішують епоксидну смолу 60% об., затверджувач 10% об. і наповнювач (тальк) 30% об. Одержану суміш перемішують до рівномірної консистенції і застосовують протягом 4 годин (після цього починається повне затвердіння суміші).

На попередньо знежирену поверхню металевих диска наносять шар клею і притискають його до зразка протягом приблизно 1 хвилини та залишають на 4 доби для висихання клею. Адгезію клею до диску приладу і до лакофарбового покриття повинна бути більшою, ніж адгезія покриття до поверхні пофарбованої сталі.

Далі за допомогою приладу Константа С-5 (рис.13) визначають адгезію досліджуваного лакофарбового покриття. За результат приймають середньоарифметичне значення декількох визначень сили відриву, округлених до цілого числа. Міцність при відриві покриттів виражають у МПа.

2.4. ЛФП епоксидного типу

Епоксидні смоли, що є продуктами взаємодії дифенілпропану та епіхлоргідрину різної молекулярної маси (від 600-900 - рідкі смоли до 900-5000 - тверді смоли), не здатні при висиханні не тільки при низьких температурах, але і при нагріванні утворювати лакофарбові покриття з необхідними фізико-механічними та експлуатаційними властивостями. Для зшивання епоксидних смол і одержання лакофарбового покриття в епоксидні лакофарбові матеріали додають затверджувані або модифіковані смоли, які здатні взаємодіяти з реакційноздатними групами епоксидної смоли.

Епоксидні лакофарбові матеріали практично завжди є двокомпонентними. Основою епоксидних лакофарбових матеріалів служать епоксидні смоли, які являють собою лінійні прості поліефіри. Молекулярні ланцюги цих поліефірів включають в себе реакційноздатні епоксидні групи на двох кінцях, і вторинні гідроксильні групи, розташовані уздовж всього ланцюга.

До епоксидних плівкоутворювачів відносять епоксоефіри – продукти етерифікації епоксидних смол жирними кислотами рослинних олій, які висихають.

Епоксидні покриття відрізняються високою адгезією до різних матеріалів, хімічною стійкістю, особливо до лугів, а також високими електроізоляційними властивостями.

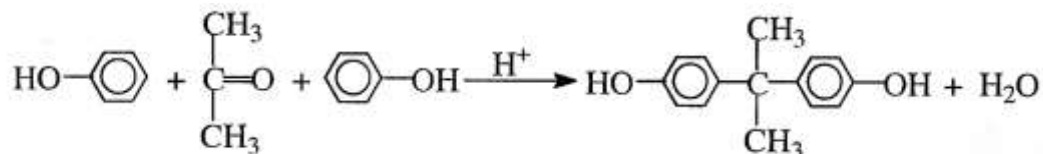
До недоліків чистих епоксидних лакофарбових матеріалів можна віднести наступні фактори:

- обмеження по нижній температурній межі нанесення покриття (не нижче 10°C),
- необхідність ретельної підготовки поверхні,
- двокомпонентність матеріалу,
- обмеження життєздатності після змішування компонентів (для деяких матеріалів менш 1:00),
- схильність до обсипання під впливом сонячного випромінювання,
- необхідність матування у випадку нанесення наступних шарів після деякого

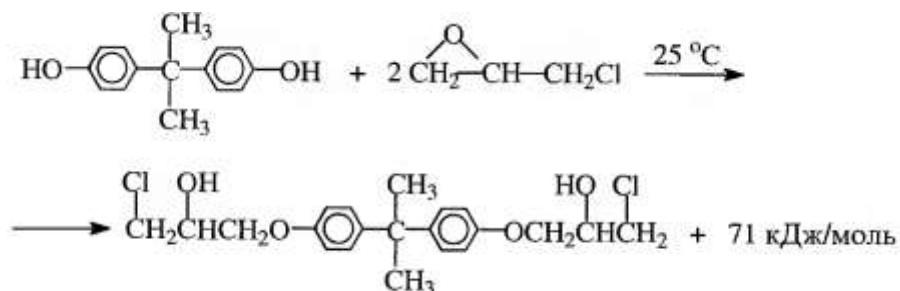
проміжку часу.

Перші епоксидні смоли синтезував на швейцарській фірмі Де Трей Фререс П.Кастан у 1936р. взаємодією ЕХГ з бісфенолом А (діаном). Промислове виробництво цих смол розпочали у США в 1946р. Цікаво, що сьогодні найбільшу частку (близько 80%) від усіх смол, що випускають, становлять саме діанові смоли.З

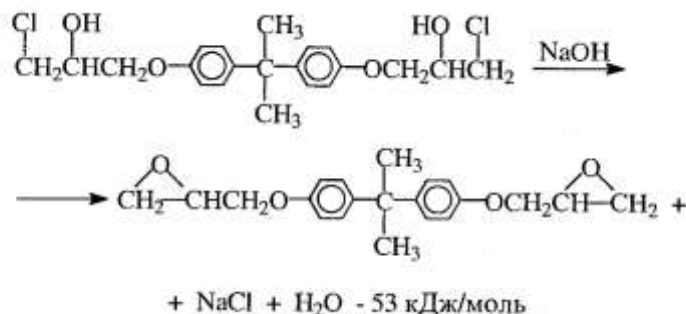
Бісфенол А або 2,2-біс(п-гідроксифеніл)пропан одержують конденсацією двох молів фенолу з одним молем ацетону в кислому середовищі :



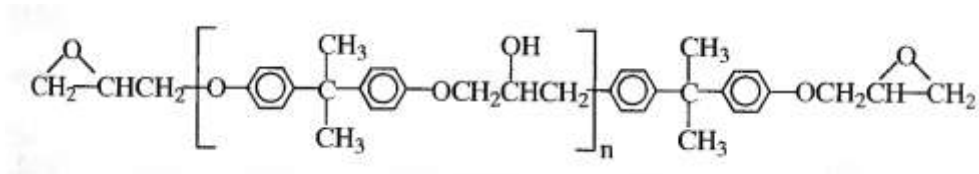
Поліконденсація бісфенолу з ЕХГ відбувається з розкриттям епоксидного циклу з подальшим дегідрохлоруванням кінцевих груп. У найпростішому випадку, коли ЕХГ додають зі значним надлишком, утворюється дигліцидиловий етер бісфенолу :



Утворені хлоргідринні групи знову замикаються в епоксидні лугом з поглинанням тепла :



Загальний тепловий ефект становить 18 кДж/моль, тобто поліконденсація екзотермічна. Утворені епоксидні групи називають гліцидильними. У разі зменшення кількості ЕХГ утворюються олігомери із загальною формулою :



Одержання епоксидних лакофарбових матеріалів.

У виробництві епоксидних лакофарбових матеріалів в основному використовують діанові епоксидні смоли.

Вихідною сировиною для одержання діанових епоксидних олігомерів слугують 4,4'-дигідроксифенілпропан (діан) та епіхлоргідрин.

Діан – це кристалічна речовина з температурою топлення 155°C, епіхлоргідрин – рідина з температурою кипіння 115-116°C.

Діанові епоксидні олігомери у промисловості одержують безпосередньою поліконденсацією бісфенолу А (діану) з епіхлоргідрином у лужному середовищі з використанням гідроксиду натрію.

Залежно від способу ведення процесу одержують продукти з різною молекулярною масою і з різними експлуатаційними властивостями.

За неперервним способом конденсацію епіхлоргідрину і дифенілпропану здійснюють в апаратах колонного типу в присутності розчинників. Це дозволяє різко скоротити тривалість конденсації і здійснювати процес у гомогенному середовищі. Крім того, в присутності таких розчинників, як ізопропіловий спирт, надлишок епіхлоргідрину не омилується повністю до гліцерину, і, таким чином, може бути використаний для наступної конденсації, що значно підвищує економічну ефективність процесу. Проведення процесу в розчинниках полегшує також неперервне відведення продуктів реакції із зони реакції.

Технологічний процес одержання епоксидного олігомеру за неперервною схемою (рис.2.5) складається із стадій приготування розчинів епіхлоргідрину і дифенілол пропану, поліконденсації, відокремлення олігомеру, його нейтралізації і сушки.

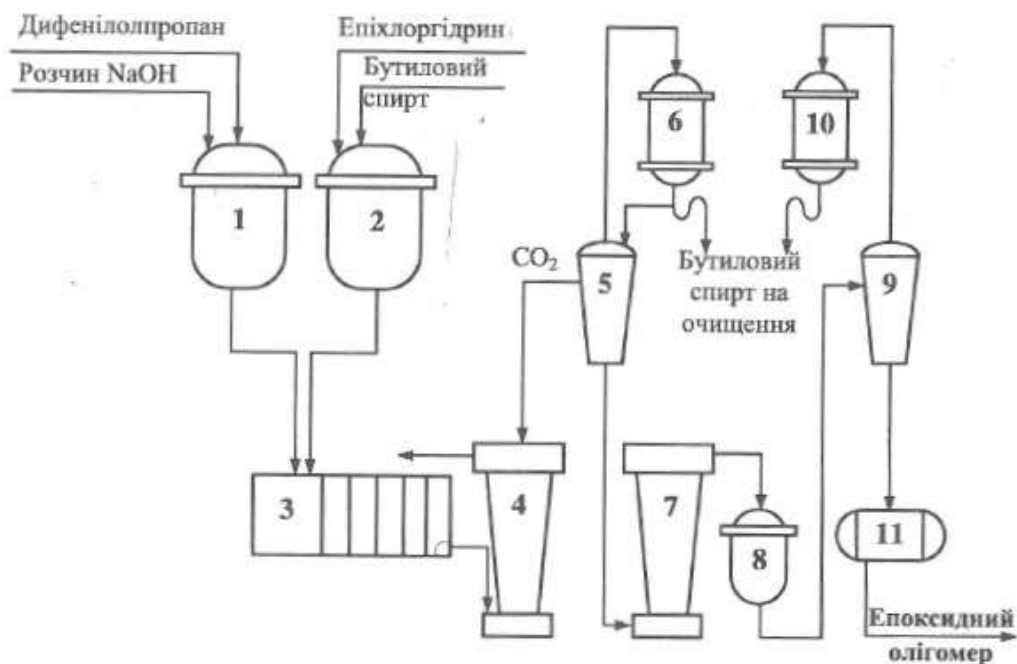


Рис.2.5. Технологічна схема виробництва діанових епоксидних олігомерів неперервним способом:

1 – апарат для приготування розчину бісфенолу А; 2- апарат для приготування розчину епіхлоргідрину; 3 – багатосекційний реактор; 4,7 – ємкості; 5,9 – циклонні апарати ; 6, 10 – холодильники; 8 – фільтр; 11 – збірник епоксидного олігомеру.

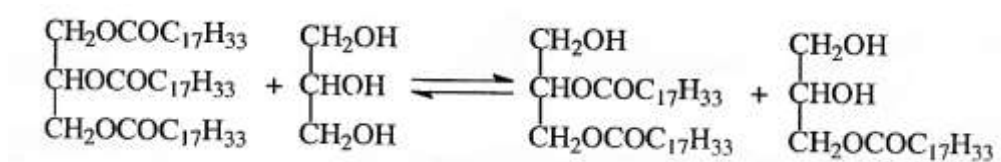
Дифенілолпропан розчиняють в апараті 1 при 75°C у водному розчині лугу, а в апараті 2 одержують розчин епіхлоргідрину у бутиловому спирті. Розчини після фільтрації подають у багатосекційний реактор 3. Під час конденсації реакційна суміш поступово переміщається вздовж апарата 3 і надходить у неперервно діючий відстійник 4 для розділення на водну та органічну фазу.

Після нейтралізації органічної маси діоксидом вуглецю її спрямовують в циклон 5, в якому відганяється азеотропна суміш з водою. Парі конденсуються в холодильник 6, і конденсат надходить на очищення, а розчин смоли подається у відстійник 7 для відокремлення солей, які випали в осад (NaCl , Na_2CO_3). Після фільтрування в апараті 8 олігомер подають в циклонний апарат 9, де відганяється бутиловий спирт. Парі його охолоджуються в холодильник 10, конденсат спрямовується на очистку, а епоксидний олігомер збирається в збірнику 11, звідки зливається в тару [19].

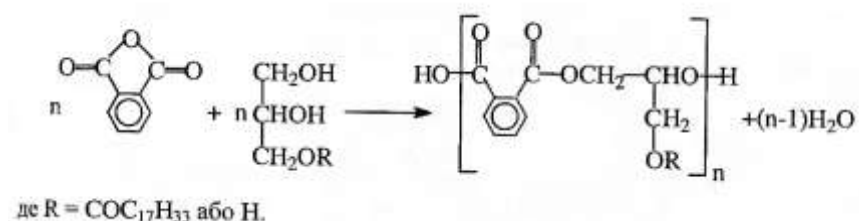
2.5. ЛФП алкідного типу

Продукти поліконденсації гліцерину з фталевим ангідридом - гліфталеві полімери - почали виробляти ще на початку ХХ ст. Найширше застосовуються модифіковані гліфталі - алкідні смоли, які лакофарбова промисловість випускає з 1930 р. Модифікація полягала в тому, що в насичені молекули гліфталю вводили залишки ненасичених органічних кислот, завдяки чому плівки з таких полімерів "висихали" на повітрі, тобто зшивалися киснем.

Для одержання алкідних смол рапсову або лляну олію попередньо нагрівають з гліцерином при 220-230°C у присутності 0,01-0,05% каталізатора - оксиду свинцю.



Суміш гліцерину та частково заміщених гліцеридів вводять у поліконденсацію зі фталевим ангідридом при 255-260°C, що сумарно можна записати



Змінюючи концентрацію гліцерину, можна регулювати кількість залишків ненасичених кислот, що увійшли до ланцюга.

Виробництво алкідних смол. Алкідні смоли одержують блочним (у розплаві) або азеотропним способами. Для цього використовують періодичну або напівнеперервну схеми.

Технологічний процес виробництва алкідних смол у вигляді розчину (алкідних лаків) складається з двох основних операцій: синтез смоли та її розчинення в органічному розчиннику.

Одержують алкідні смоли за періодичною схемою з використанням гліцерину у реакторі 11 (рис.2.7). Реакція алкоголізу проходить при 240-260°C у присутності каталізатора (Na₂CO₃) у середовищі інертного газу. Процес контролюють за

розчинністю продукту в спирті.

Надалі до реактора 11 під'єднують сублімаційну трубу 9 і мокрий уловлювач погонів 10. Після закінчення реакції алкоголізу температуру процесу знижують до 180°C, і в реактор подають розтоплений фталевий ангідрид. Температура реакції залежить від способу одержання алкідних смол. За азеотропним способом в апарат 11 вводять 2-3% ксилолу і з'єднують реактор 11 з конденсатором 8 та розділювальною посудиною, в якій збирають відігнану суміш води і ксилолу. Розділювальна посудина працює за принципом насадки Діна-Старка. Воду відокремлюють, а ксилол повертають у реактор 11. Розчинення алкідної смоли в суміші уайт-спіриту і ксилолу відбувається в апараті 14, куди смола надходить самопливом. Алкідний лак очищають на фільтрі 17 і скеровують на фасування.

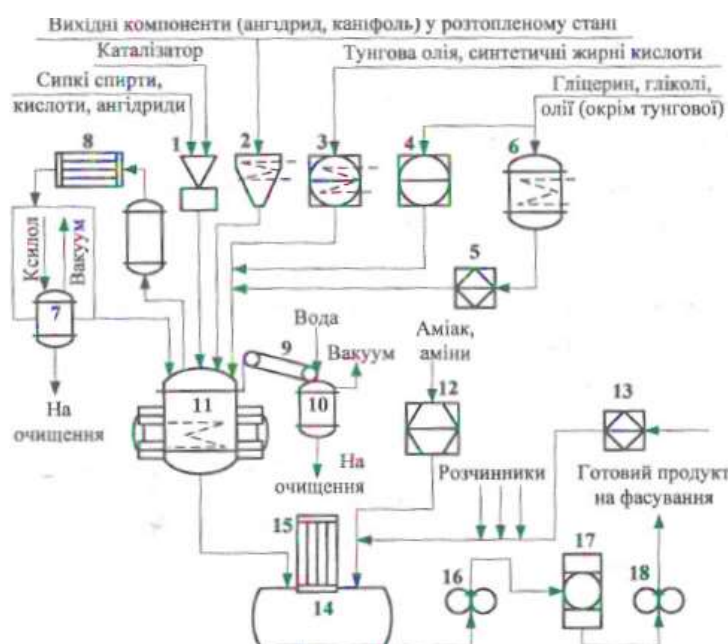


Рис.2.7. Технологічна схема виробництва алкідних смол періодичним методом: 1 – автоматична порційна вага; 2,3 – вагові мірники з підігріванням; 4 – ваговий мірник; 5,13 – рідинні лічильники; 6 апарат для попереднього підігрівання вихідних рідких речовин; 7 – розділювальна посудина; 8,15 – конденсатори; 9 – сублімаційна труба; 10 - мокрий уловлювач погонів; 11 – реактор з індукційним підігрівом; 12 – об'ємний мірник; 14 – змішувач; 16,18 – помпи; 17 – фільтр.

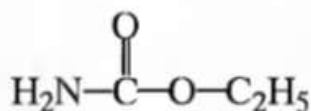
Алкідні смоли - в'язкі липкі речовини з молекулярними масами 1500-5000 - є реакційноздатними олігомерами. Випускаються у вигляді 40-60% розчинів у толуолі або уайт-спіриті. Більшість емалей та лаків, що випускає сучасна лакофарбова промисловість, ґрунтується на алкідних смолах.

Гліфталеві смоли застосовують у виробництві лаків, затвердіння яких відбувається після нанесення покриття. На практиці найчастіше використовують модифіковані гліфталеві смоли, які характеризуються цінними експлуатаційними властивостями. У цьому разі поліконденсацію здійснюють, одночасно додаючи до реакційної суміші ненасичені жирні кислоти або олії, що висихають .

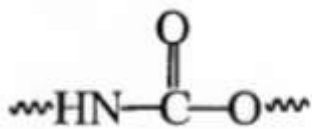
2.6. ЛФП поліуретанового типу.

Поліуретанові матеріали, як епоксидні, найчастіше є двокомпонентними. Це продукти взаємодії поліспиртів і поліізоціанатів. Останнім часом почали досить широко застосовуватися однокомпонентні поліуретани затверджувані вологою повітря. Використання їх найбільш виправдане в районах з високою вологістю повітря. По стійкості до різних агресивних речовин (гази, кислоти, луги, розчинники) поліуретани перевершують багато лакофарбових матеріалів. Покриття на основі поліуретанів мають чудовий блиск, дуже високу стійкість до стирання і атмосферостійкість, включаючи вплив ультрафіолетового випромінювання. Поліуретанові лакофарбові матеріали можуть наноситися при більш низькій температурі, ніж епоксидні. До недоліків поліуретанових покриттів можна віднести двокомпонентність, складність нанесення, токсичність при нанесенні, високу вартість.

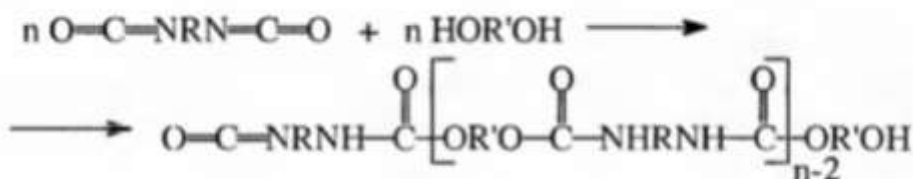
Уретаном називають етилкарбамат - естер неіснуючої у вільному стані карбамінової кислоти



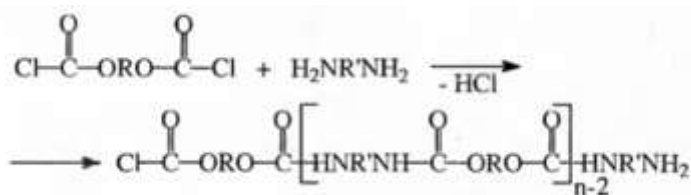
Поліуретани - полімери, що містять у головному ланцюзі уретанову (карбаматну) групу



Лінійні поліуретани одержують гетерополіконденсацією діізоціанатів з діолами



Менш поширеним способом синтезу поліуретанів є гетерополіконденсація дихлорформіатів з діамінами



2.6.1. Мономери та олігомери для виробництва поліуретанів

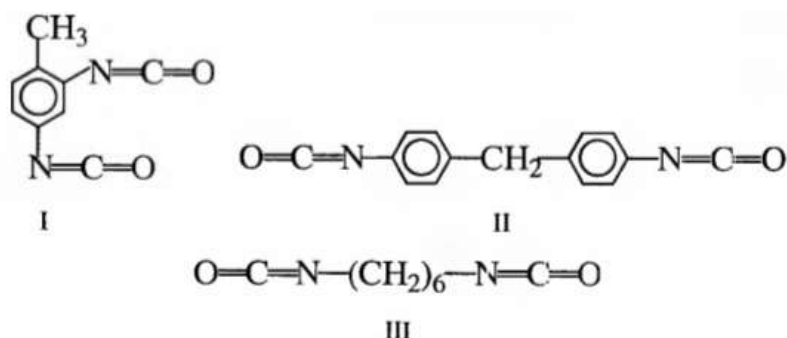
Ізоціанати. У промисловості ізоціанати одержують фосгенуванням відповідних амінів. Процес проходить двостадійно. На першій стадії розчин аміну змішують з фосгеном при невисоких температурах з одержанням хлорангідриду відповідної карбамінової кислоти



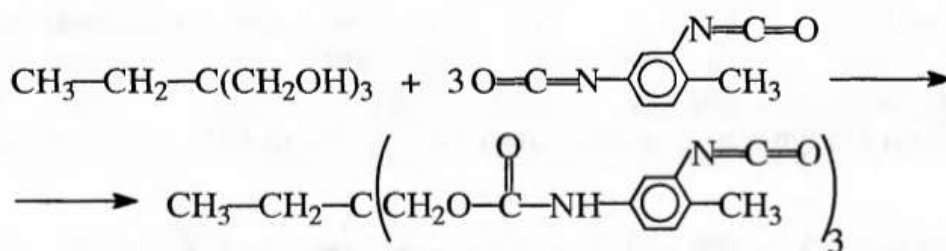
На другій стадії при температурі 120-150 °С одночасно відбувається фосгенування та дегідрохлорування



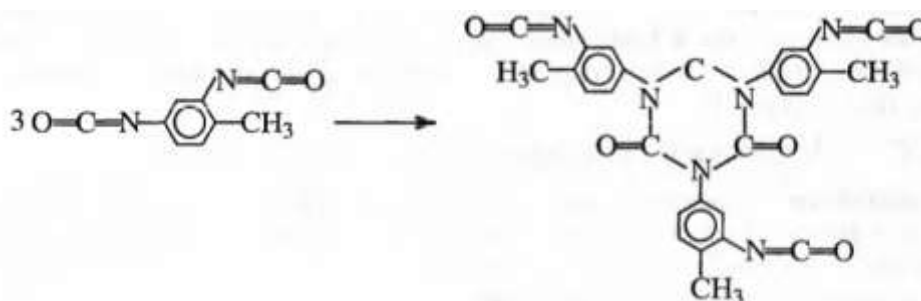
Саме в такий спосіб у промисловості одержують найпоширеніші для виробництва поліуретанів 2,6-толуїлендіізоціанат (I); 4,4'-дифенілметандіізоціанат (II) та гексаметилендіізоціанат (III)



Для синтезу розгалужених (сітчастих) поліуретанів використовують сполуки, що містять у молекулі не менше трьох ізоціанатних груп. Реагенти такого типу можна одержати безпосередньо з наведених вище діізоціанатів та полігідроксильних сполук (так звані аддукти), наприклад з 1,1,1-триметилпропану

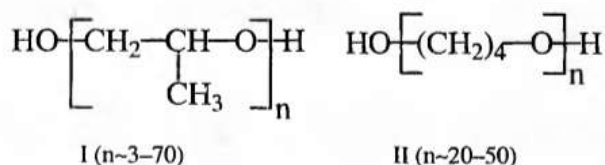


Трифункціональні ізоціанати одержують також тримеризацією діізоціанатів з утворенням ізоціануратного циклу за присутності третинних амінів, наприклад



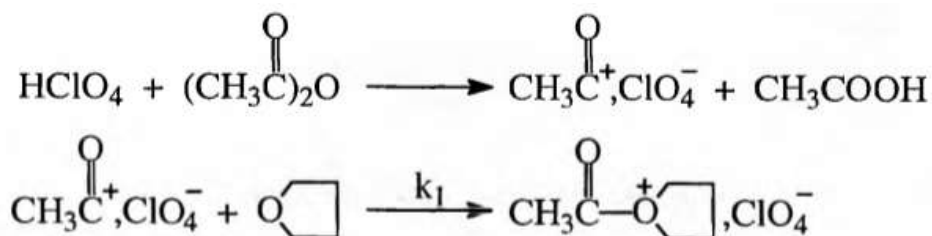
Гідроксилвмісні сполуки. Для синтезу поліуретанів найчастіше використовують олігомерні полііоли - олігоетерогліколі оксиду пропілену (I) та

тетрагідрофурану (II)

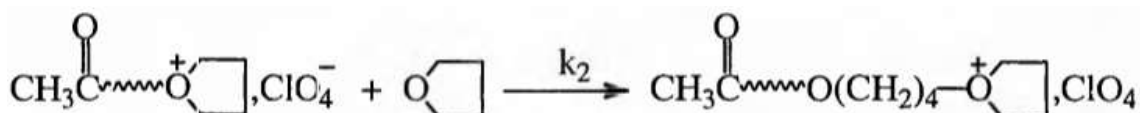


Олігогліколі I (технічна назва лапроли) одержують аніонною полімеризацією оксиду пропілену. Олігогліколі II (технічна назва поліфурити) одержують катіонною полімеризацією тетрагідрофурану під впливом хлорної кислоти та оцтового ангідриду за такою схемою:

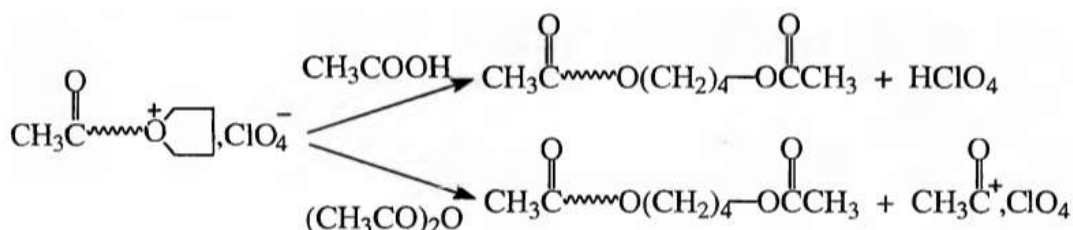
1. Ініціювання



2. Ріст ланцюга

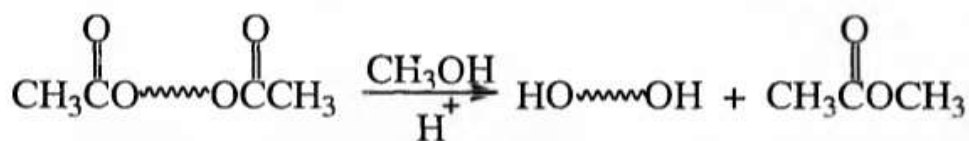


3. Обривання матеріального ланцюга з виділенням ініціатора

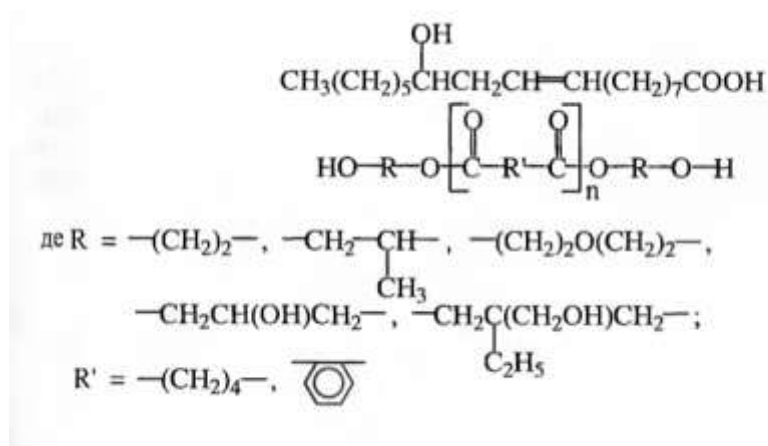


Як видно зі схеми, обрив не кінетичний, і виділений ініціатор може продовжувати полімеризацію. Водночас найважливішим є те, що в обох випадках утворюються олігомери з однаковими кінцевими ацетатними групами, які при

гідролізі, або метанолізі утворюють гліколі – поліфурити

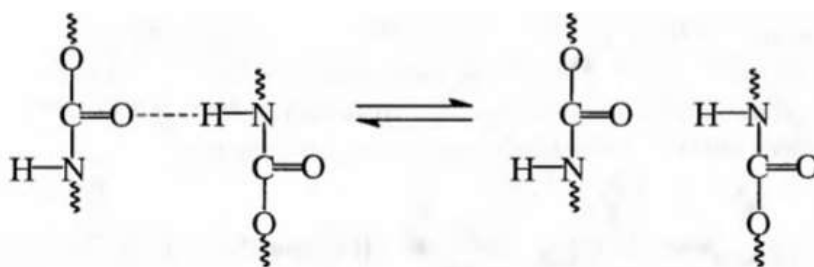


Крім етерних, у виробництві поліуретанів широко використовують естерні олігогліколі - продукти гетерополіконденсації адипінової кислоти або фталевого ангідриду з етилен- та пропіленгліколем, діетиленгліколем, а також гліцерином або триметилпропаном. Важливим компонентом при синтезі поліуретанів є також рицинова олія, яку можна розглядати як суміш 70 %-го тригліцериду рицинолевої кислоти і 30 % гліцериду, що містить два залишки рицинолевої і один залишок олеїнової кислоти. Рицинолева кислота містить гідроксильну групу та подвійний зв'язок, тому рицинову олію можна розглядати як суміш три- та двофункціонального мономерів. Подвійні зв'язки, що є в гліцеридах, здатні вступати в окиснювальну полімеризацію, що особливо важливо при створенні поліуретанових покриттів.



Можливість використання при синтезі поліуретанів сполук різної хімічної природи дає змогу одержувати таке різноманіття структур і властивостей, якого немає у жодного іншого класу полімерів. З поліуретанів роблять покриття і плівки, волокна і штучну шкіру, еластичні та жорсткі пінопласти, адгезиви (клеї) та каучуки. Властивості поліуретанів суттєво залежать від міжмолекулярних

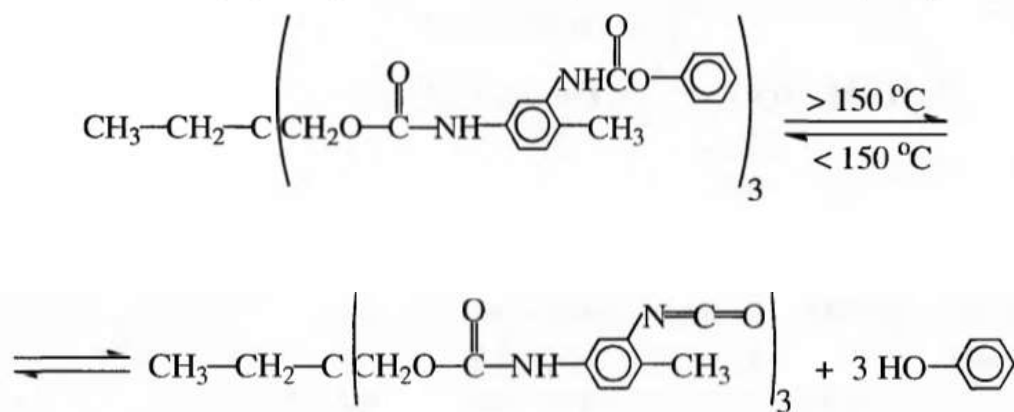
взаємодій, серед яких найбільше значення мають водневі зв'язки. Найміцніші ці зв'язки між уретановими групами (близько 30 кДж/моль). Оскільки в ланцюзі поліуретану можуть бути естерні та етерні фрагменти, то уретанова група може утворювати водневі зв'язки і з ними, хоча з дещо меншою енергією. Тобто у будь-якому поліуретані існує “фізична сітка” внаслідок міжмолекулярної взаємодії. При деформації виробу з поліуретану водневі зв'язки розриваються, але на відміну від хімічних, вони легко релаксують:



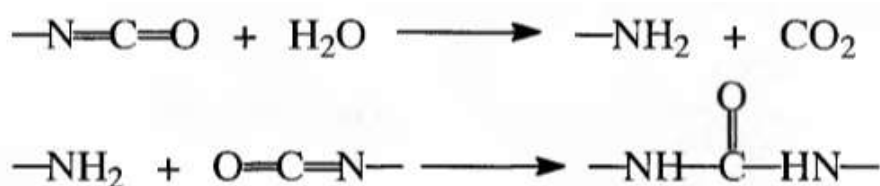
Отже, фізична сітка є своєрідним протектором хімічних зв'язків і при деформаціях бере удар на себе. Саме цим пояснюється ще одна важлива властивість поліуретанів - унікальна стійкість до зношування (згадайте з цього приводу поліуретанові підшви). Легкість утворення водневих зв'язків та інших міжмолекулярних фізичних взаємодій залежить від гнучкості ланцюга поліуретану та концентрації в ньому уретанових груп. Гнучкість поліуретанових ланцюгів регулюється розміром та природою поліольної компоненти. Вона зростає з довжиною останньої. Найгнучкі - аліфатичні етерні фрагменти. Естерні поліоли та ароматичні кільця в поліуретановому ланцюзі значно зменшують його гнучкість.

2.6.2. Одержання поліуретанового покриття

Поліуретанові лаки та емалі можуть бути одно- та двокомпонентними. Перші одержують на основі олігоестерних поліолів і “блокованих” поліізоціанатів - інертних аддуктів, здатних при підвищених температурах розпадатися на вихідні речовини. Блокувальними агентами слугують феноли, ацетооцтовий та малоновий естери, 2-меркаптобензтіазол, ацетилацетон тощо, наприклад



Отже, для твердіння такого покриття обов'язковим є нагрівання поверхні. У випадках, коли таке нагрівання ускладнено (наприклад, лак для підлоги), використовують поліуретанові олігомери з вільними ізоціанатними групами. Твердіння такого лаку - утворення просторової сітки - відбувається завдяки волозі повітря



У двокомпонентних покриттях поліізоціанат змішується з поліолом безпосередньо перед нанесенням на поверхню. Поліольна компонента часто містить фрагменти ненасичених жирних кислот, здатних до окиснювальної полімеризації [27].

2.7. Висновки до розділу 2.

Одним із поширених і ефективних методів протикорозійного захисту металевих конструкцій є метод нанесення ЛФП. Лакофарбові покриття є складними композиціями, які складаються з наступних компонентів: плівкоутворювачі, пігменти, пластифікатори, наповнювачі, розчинники та інші добавки, які застосовують для одержання покриттів. Найбільш поширеними у промисловості різновидами ЛФП.

Асортимент лакофарбових матеріалів у останні роки значно розширився. В

промисловості, будівництві, на транспорті все більше застосування знаходять матеріали на основі алкідних, епоксидних, кремнійорганічних і інших смол.

Адгезійні властивості ЛФП різних типів залежать від складу і наявності певних функціональних груп, які забезпечують максимальну адгезію.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Вихідні дані

Вихідними даними для роботи є:

- зразки металевих поверхонь магістральних трубопроводів (площа поверхні - 39 см²) 130×30×10 мм, які початково оброблені піскоструменою обробкою, виготовлені із сталі СТ 20; до складу сплаву входять: вуглець (С) - 0.18-0.22%, кремній (Si) - 0,17-0,37%, марганець (Mn) - 0,35-0,65%; вміст міді (Cu) і нікелю (Ni) допускається не більше 0,25%, миш'яку (As) - не більше 0,08%, сірки (S) - не більше 0,4%, фосфору (P) - 0,035%

- Модель водопровідної води. Складається з: хлориду натрію (NaCl) – 0.3 г на 1 л води, сульфату натрію (Na₂SO₄) – 0,3 г на 1 л води, гідрокарбонату натрію (NaHCO₃) – 0.3 г на 1 л води.

- Інгібітори: нітрат натрію (NaNO₂) – 0.64 г на 1 л води, силікат натрію водневий (Na₂SiO₃ на 5H₂O) – 4.24 г на 1 л води.

- Поверхневоактивні речовини: сульфанол – 0,48 г на 1 л води і тетраніл – 0,12 г на 1 л води

- Епоксидний двокомпонентний клей Contour 20.

- Фарба Tikkurila Temacoat RM-40 - двокомпонентна епоксидна фарба, структурна формула наведена на рис.3.1.

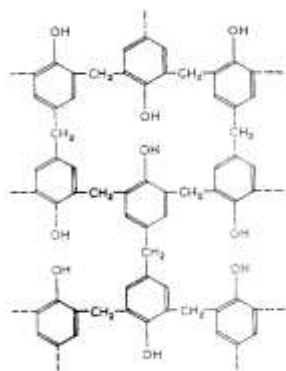


Рис.3.1. Структурна формула епоксидної смоли.

- Фарба Alrina – алкідна фарба, структурна формула наведена на рис.3.2.

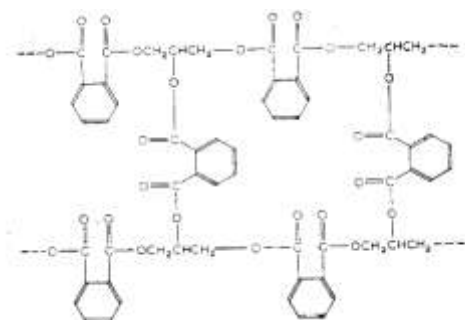


Рис.3.2. Структурна формула алкідної фарби.

- поліуретанова фарба Polifarb, структурна формула наведена на рис.3.3.

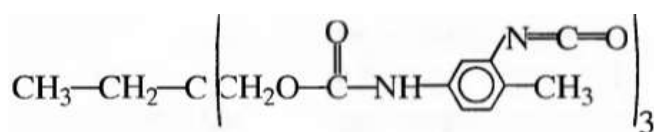


Рис.3.3. Структурна формула поліуретанової фарби.

3.2. Методика виконання експерименту в лабораторії.

3.2.1. Вимірювання товщини лакофарбового покриття.

Товщину покриття нанесеної фарби після її висихання визначали за допомогою приладу ProfilineTG-2210, який зображений на рис. 3.4.



Рис.3.4. Товщиномір ProfilineTG-2210

Товщина ЛФП визначається швидкістю проходження імпульсу від датчику приладу крізь фарбу до металічної поверхні. Динамічний тонкий датчик, який покритий шаром тефлону дозволяє якісно проводити заміри у всіх важкодоступних місцях. В основу роботи покладено наявність режимів автокалібровки; можливість вимірювання товщини ЛФП у всіх загальноприйнятих величинах (мікрони, міліметри, мілси); діапазон вимірювання від 0 до 1300 мкм; автоматично визначає тип поверхні на якій відбувається вимірювання (чорні, кольорові метали); можливість запам'ятовування налаштувань на конкретні деталі та матеріали, що дозволяє приступати до вимірювань відразу після включення приладу без калібрування.

3.2.2. Визначення перехідного опору лакофарбового покриття.

До 3 металевих зразків, що були оброблені різними методами підготовки поверхні, було прикріплено невеликі ємності діаметром 26 мм, які були заповнені 0,3N розчином NaCl.

Через певний проміжок часу (протягом 100 діб) визначався перехідний опір ЛФП за допомогою приладу ТЕРАОММЕТР Е6-13А, який зображений на рис. 3.5.



Рис.3.5. ТЕРАОММЕТР Е6-13А

Принцип роботи приладу заснований на порівнянні опору, який вимірюється з зразковим за допомогою підсилювача, охопленого глибоким зворотним зв'язком. Як операційний підсилювач застосовується балансовий підсилювач постійного струму.

3.2.3. Визначення адгезії методом решітчастих надрізів

Адгезію ЛФМ до металевої поверхні визначали методом решітчастих надрізів згідно з ГОСТ 15140-78. Вона залежить від ступеня змочування поверхні металу лакофарбового матеріалу, сили взаємодії між поверхнею та ЛФП, адсорбції на поверхні, що покривається. Наносили на готове ЛФП решітчасті надрізи та візуально оцінювали стан покриття за чотирибальною системою.

Решітчасті надрізи наносили на 12 зразків на одну ділянку поверхні кожного. На поверхні зразка на відстані від краю не менше 10 мм робили лезом по лінійці шість паралельних надрізів до металу довжиною не менше 20 мм на відстані 3 мм один від одного. Ріжучий інструмент тримали перпендикулярно поверхні зразка. Аналогічним чином робили надрізи в перпендикулярному напрямку та оцінювали адгезію відповідно до табл. 2.1, використовуючи лупу.

Результати досліджень показали високі значення адгезії до металевої поверхні епоксидного лакофарбового покриття як у вихідному стані, так і після експозиції в КСТ- 1 (рис.3.4.). Адгезія відповідає від 1 до 2 балів стійкості за чотирибальною системою згідно ГОСТу 15140-78, тобто краї надрізів гладкі, немає ознак відшарування в жодному квадраті решітки [28].

Порівняно з епоксидним ЛФП у лакофарбового покриття поліуретанового типу спостерігались нижчі значення адгезії до металевої поверхні як у вихідному стані (до експозиції в КСТ-1), так і після експозиції в КСТ- 1. Адгезія відповідала від 0 до 3 балів стійкості за чотирибальною системою згідно ГОСТу 15140-78, тобто краї надрізів негладкі, є ознаки відшарування в квадратах решітки лакофарбового покриття.

Відносно низькі значення адгезії спостерігались у алкідного лакофарбового покриття як у вихідному стані, так і після експозиції в КСТ-1. Адгезія відповідає від 1,5 до 4 балів стійкості згідно ГОСТу 15140-78, тобто краї надрізів негладкі, є ознаки відшарування в квадратах решітки лакофарбового покриття [29].

3.2.4. Визначення адгезії методом відриву.

Сутність методу полягає у визначенні сили, яка необхідна для відриву лакофарбового покриття від захищеної ним поверхні в напрямі, перпендикулярному площині покриття за допомогою приклеєного металічного диска і динамометра.

Для проведення досліду застосовувались металічні диски з різьбовим з'єднанням діаметром 20 мм. В якості динамометра застосовувався адгезиметр Константа АЦ (рис.3.6). В якості з'єднувального клейового матеріалу використовувався епоксидний двокомпонентний клей Contour 20.



Рис.3.6. Константа АЦ

Для виконання досліду приготували необхідну кількість клею (співвідношення смоли:отверджувача становить 100:10). Ретельно розмішали суміш протягом 4 хвилин. На попередньо обезжирену поверхню металевого диска нанесли шар клею, після чого притинули диск до зразка і міцно тиснули на нього протягом 1 хвилини. Після цього зразок залишають на 24 години для того, щоб клей висох.

Наступним етапом є відрив диска від металевого зразка. Для цього на різьбу диска накрутили адгезиметр та плавно продовжували крутити його, цим самим збільшуючи тиск на з'єднання лакофарбового покриття з поверхнею. Адгезія диска

до клею і клею до покриття повинна обов'язково бути більшою, ніж адгезія покриття до поверхні. Визначали адгезію в пофарбованих зразках до і після експозиції їх в КСТ-1. Одержані результати наведені в таблиці 3.1. [30].

3.3. Обговорення результатів

Існуючі методи підготовки сталевих поверхонь (механічні, лазерні, плазмові електрохімічні тощо) не забезпечують задовільний протикорозійний захист металів у післяопераційний період зберігання. До перспективних технологій підготовки металевих поверхонь належить електроіскровий механічний метод, де ефект досягається завдяки тепловій дії іскрового електричного струму та механічної ударної дії кінців дротиків щітки на поверхню, яку обробляють.

Для проведення експерименту, було взято 12 металевих зразків з трубної сталі СТ-20, які попередньо були оброблені піскоструменевим методом. Перед нанесенням лакофарбового покриття 4 зразка було оброблено електроіскровою обробкою зі сталеву щіткою, 4 зразка - оцинкованою щіткою і 4 зразки залишалися у стані поставки після піскоструменевої обробки.

Захисні Zn-протекторні осередки можуть бути сформовані на сталевій поверхні безпосередньо під час їх електроіскрової механічної обробки внаслідок застосування обертових щіток з дротиками, вкритими шаром цинку.

Металеві зразки були оброблені комбінованим електроіскровим механічним методом за допомогою електричної шліфувальної машини TSM – 1-150 з обертовою дисковою щіткою і одночасним використанням технологічних рідин, які містять синергічні суміші поверхнево-активних речовин і синергічні суміші інгібіторів. Схема установки електроіскрового механічного методу підготовки сталевих поверхонь наведена на рис.3.7.

Для зменшення енерговитрат застосовувалася технічна рідина на основі моделі водопровідної води (NaCl , Na_2SO_4 , NaHCO_3 по 0.3 г на 1 л води), яка містить синергічні суміші інгібіторів і синергічні суміші ПАР. У якості аніоноактивної ПАР використовували Сульфонол НП-3. У якості катіоноактивної ПАР використовували Тетраніл ВС-80.

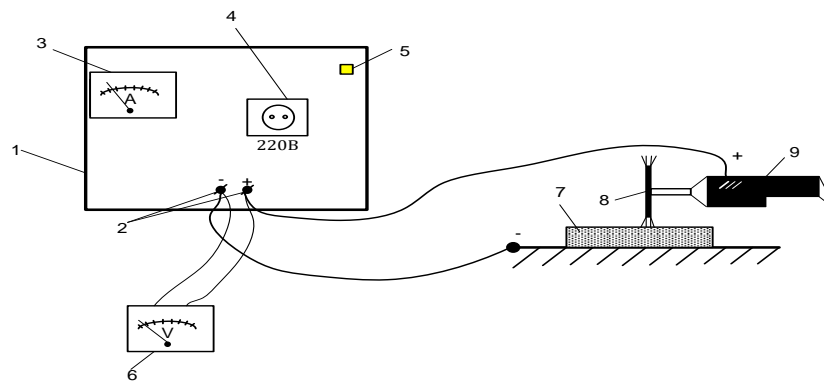


Рис.3.7. Принципова схема установки для електроіскрової і механічної обробки сталі: 1 – блок датчика напруги; 2 – клеми для під'єднання контактів; 3 – амперметр; 4 – джерело струму 220 В; 5 – кнопка ввімкнення приладу; 6 – вольтметр; 7 – зразок металевої поверхні; 8 – щітка; 9 – інструмент для обробки.

Для підвищення післяопераційного періоду зберігання металевих зразків було використано для обробки поверхні оцинковану щітку. Для цього на звичайну обертову дискову щітку завчасно наносилось цинкове покриття електрохімічним методом у кислому середовищі. Обробка металу оцинкованою щіткою дозволила нанести на поверхню захисні осередки цинкового протектору, що раніше було доведено в попередніх роботах за допомогою лужного травлення і атомно-адсорбційного аналізу .

Після обробки металевих зразків проводилося фарбування в 3 етапи спеціальним валиком для фарби. Товщину шару нанесеної фарби після її висихання на металевих зразках вимірювали за допомогою товщиноміру ProfilineTG-2210 . Необхідна товщина становила 200 мкм.

Основною задачею дослідження було порівняння антикорозійних характеристик (адгезія, перехідний опір) лакофарбового покриття епоксидного, поліуретанового та алкідного типів, і визначення впливу агресивного середовища на їх адгезійні властивості. Для цього проводили порівняльні дослідження адгезійних властивостей лакофарбового покриття, які нанесені на металеві зразки, оброблені різними методами підготовки до і після їх експозиції в КСТ-1 та вимірювали перехідний опір лакофарбового покриття поліуретанового типу.

Прискорені корозійні випробування ЛФП епоксидного, алкідного та

поліуретанового типу проводилися в камері сольового туману КСТ- 1 (рис.3.8.). Зразки розміщувались в камері таким чином, щоб дія туману на їх поверхню була рівномірною і краплі розчину не стікали на зразки що підвішені нижче.



Рис.3.8. Камера сольового туману.

Дослід проводився в камері при температурі 35°C і піддавався дії сольового туману, який утворювався при поступовому випаровуванні 3% розчину NaCl . У камері сольового туману створюються такі умови, щоб за стислий період часу відтворити реальні умови, яким піддається готовий виріб в реальному житті.

Розпилення розчину проводилося безперервно. Повторне використання розчину не допускалось. Для моделювання корозійного пошкодження лакофарбового покриття робилися хрестоподібні надрізи на металевих зразках (рис.3.9). Прискорені корозійні випробовування проводилися протягом 480 годин.



Рис.3.9.Хрестоподібні надрізи лакофарбового покриття.

Адгезія вимірювалась методом відриву та методом решітчастих надрізів до і після експозиції в камері сольового туману на поверхні лакофарбового матеріалу епоксидного, алкідного та поліуретанового типу. Результати випробування зразків до і після експозиції в КСТ-1 наведені в табл 3.1.

З таблиці можна бачити, що лфп поліуретанового типу, яке нанесене на металеві зразки, що оброблені піскомтруменевим методом, має максимальне значення адгезії як у вихідному стані, так і після експозиції в КСТ-1, а лфп епоксидного та алкідного типу, що оброблені електроіскровим механічним методом з сталеву щіткою мають нижчі значення. Одержані результати пояснюються високим значенням шорсткості після піскоструменевої обробки і наявністю великої кількості уретанових груп у складі фарби поліуретанового типу. Разом з цим після прискорених корозійних випробувань пофарбованих зразків в КСТ-1 адгезія ЛФП епоксидного, поліуретанового та алкідного типів до поверхні металу обробленого піскоструменевим методом різко зменшується, що пов'язано з посиленням корозійних процесів на поверхні сталі, яка має високі значення шорсткості. Мінімальне зниження адгезії ЛФП епоксидного, поліуретанового і алкідного типів спостерігається до зразків сталі, які оброблені електроіскровим механічним методом з оцинкованою щіткою, що можна пояснити мінімальною швидкістю корозії завдяки дії цинкового протектору.

Результати досліджень показали високі значення адгезії до металевої поверхні епоксидного лакофарбового покриття як у вихідному стані, так і після експозиції в КСТ- 1 (рис.3.4.). Адгезія відповідає від 1 до 2 балів стійкості за чотирьохбальною системою згідно ГОСТу 15140-78, тобто краї надрізів гладкі, немає ознак відшарування в жодному квадраті решітки [20].

Порівняно з епоксидним ЛФП у лакофарбового покриття поліуретанового типу спостерігався нижчий бал, який відповідає кращим властивостям адгезії до металевої поверхні як у вихідному стані (до експозиції в КСТ-1), так і після

експозиції в КСТ- 1. Адгезія відповідала від 0 до 3 балів стійкості за чотирьохбальною системою згідно ГОСТу 15140-78, тобто краї надрізів негладкі, є ознаки відшарування в квадратах решітки лакофарбового покриття.

Відносно низькі значення адгезії спостерігались у алкідного лакофарбового покриття як у вихідному стані, так і після експозиції в КСТ-1. Адгезія відповідає від 1,5 до 4 балів стійкості згідно ГОСТу 15140-78, тобто краї надрізів негладкі, є ознаки відшарування в квадратах решітки лакофарбового покриття.

Таблиця 3.1.

Значення адгезії лакофарбового матеріалу методом відриву на поверхні металу до і після експозиції в КСТ-1.

Значення адгезії ЛФП до експозиції в КСТ-1, МПа			Значення адгезії ЛФП після експозиції в КСТ-1, МПа			
	ЛФП поліурет анового типу	ЛФП епоксидног о типу	ЛФП алкідно го типу	ЛФП поліурета нового типу	ЛФП епоксидног о типу	ЛФП алкідно го типу
Піскострумене ва обробка	9	8	6	6	4	3
Електроіскрова механічна обробка з сталевою щіткою.	6	5,5	4,5	3,5	4	2
Електроіскрова механічна обробка з оцинкованою щіткою.	8	6	4	4	5	3

Таблиця 3.2.

Оцінка адгезії лакофарбового матеріалу методом решітчастих надрізів на поверхні металу до і після експозиції в КСТ-1.

Значення адгезії ЛФП до експозиції в КСТ-1				Значення адгезії ЛФП після експозиції в КСТ-1		
	Поліуретанове ЛФП	Епоксидне ЛФП	Алкідне ЛФП	Поліуретанове ЛФП	Епоксидне ЛФП	Алкідне ЛФП
Піскоструменева обробка	1	1	2	2	2	4
Електроіскрова механічна обробка з сталевією щіткою.	0	1	1,5	2	1,6	3
Електроіскрова механічна обробка з оцинкованою щіткою.	0	1	1,5	1,5	1	2

До 4 зразків, які були оброблені різними методами підготовки поверхні було прикріплено спеціальні ємності, які заповнювали 0,3N розчином натрій хлору. Через певний проміжок часу (протягом 100 діб) визначався перехідний опір ЛФП за допомогою приладу ТЕРАОММЕТР Е6-13А (рис.3.10).



Рис.3.10. Вимірювання перехідного опору.

Одна ділянка поверхні на металевому зразку з лакофарбовим покриттям поліуретанового типу зачищувалась так, щоб залишився лише метал до якого приєднувався провідник. В спеціальну прикріплену ємність з розчином NaCl занурювався графітовий електрод. На шкалі приладу виводилось значення опору ЛФП. Для розрахунку перехідного опору замірявся радіус ємності, яка була прикріплена до металевого зразка. Розрахунок проводився за формулою:

$$R_{\text{перехідний}} = R_{\text{ЛФМ}} / r_{\text{ємності}}$$

Результати дослідження наведені в таблиці 3.3. і зображені на рис. 3.11.

Результати вимірювання перехідно опору лакофарбового покриття
поліуретанового типу.

Кількість дБ	№ зразка	Опір лакофарбового покриття, Ом/м ²	Перехідний опір, Ом/м ²
0 15 30 45 60 75 100	1	14·10 ⁹ 8,5·10 ⁹ 5·10 ⁹ 9·10 ⁹ 10,5·10 ⁹ 13·10 ⁹ 14·10 ⁹	10,8·10 ⁷ 6,5·10 ⁷ 3,8·10 ⁷ 6,9·10 ⁷ 8,1·10 ⁷ 10,0·10 ⁷ 10,8·10 ⁷
0 15 30 45 60 75 100	6	10·10 ⁹ 8·10 ⁹ 2·10 ⁹ 6·10 ⁹ 8·10 ⁹ 8·10 ⁹ 9·10 ⁹	7,7·10 ⁷ 6,2·10 ⁷ 1,5·10 ⁷ 4,6·10 ⁷ 6,2·10 ⁷ 6,2·10 ⁷ 6,9·10 ⁷
0 15 30 45 60 75 100	9	4,5·10 ⁹ 2,5·10 ⁹ 0,8·10 ⁹ 3·10 ⁹ 2,8·10 ⁹ 4·10 ⁹ 4·10 ⁹	3,5·10 ⁷ 1,9·10 ⁷ 0,6·10 ⁷ 2,3·10 ⁷ 2,2·10 ⁷ 3,1·10 ⁷ 3,1·10 ⁷

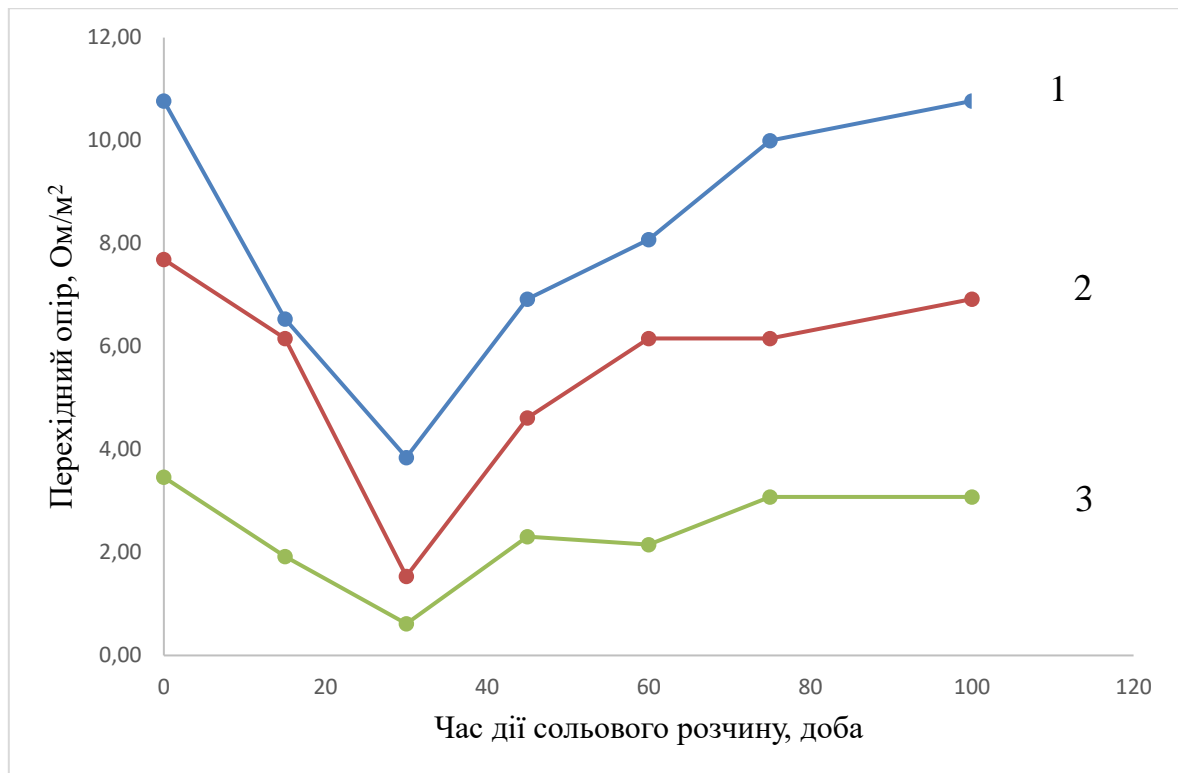


Рис.3.11. Залежність перехідного опору ЛФП поліуретанового типу від часу дії сольового розчину : 1 – зразок сталі оброблений електроіскровим механічним методом з оцинкованою щіткою, 2 - зразок сталі оброблений електроіскровим механічним методом з сталевою щіткою, 3 – зразок сталі оброблений пікоструменевим методом.

З рисунку можна зробити висновок, що найбільше значення перехідного опору має зразок сталі, який оброблений електроіскровим механічним методом з оцинкованою щіткою. На нашу думку, це пояснюється утворенням під час корозії іонів Zn^{2+} на поверхні металу, які поєднуються з іонами OH^- , під час катодної реакції корозії в середині лакофарбового покриття. $Zn(OH)_2$, який утворюється внаслідок взаємодії іонів Zn^{2+} з іонами OH^- , закупорює пори лакофарбового покриття, в результаті цього підвищує перехідний опір і тим самим покращує захисні властивості фарби.

Результати проведених досліджень показали перевагу електроіскрової обробки оцинкованою щіткою порівняно з результатами визначення адгезії ЛФП до поверхні сталі, обробленої сталевою щіткою, особливо на прикладі ЛФП

поліуретанового типу, де реалізується ефект синергізму між цинковим протектором і лакофарбовим покриттям.

Одержані результати визначення адгезії методом відриву і методом решітчастих надрізів до і після експозиції пофарбованих зразків в камері сольового туману показали більш високі значення адгезії лакофарбового покриття поліуретанового типу порівняно з фарбою епоксидного та алкідного типу. На нашу думку, такі результати можна пояснити наявністю фізичної сітки, яка є своєрідним протектором хімічних зв'язків і при деформаціях бере удар на себе. Саме цим пояснюється ще одна важлива властивість поліуретанів - унікальна стійкість до зношування. Легкість утворення водневих зв'язків та інших міжмолекулярних фізичних взаємодій залежить від розміру та природи поліольної компоненти ланцюга поліуретану та концентрації в ньому уретанових груп.

Властивості поліуретанового покриття суттєво залежать від міжмолекулярних взаємодій, серед яких найбільше значення мають водневі зв'язки. Найміцніші ці зв'язки між уретановими групами (близько 30 кДж/моль). Оскільки в ланцюзі поліуретанового покриття можуть бути естерні та етерні фрагменти, то уретанова група може утворювати водневі зв'язки і з ними, хоча з дещо меншою енергією. Тобто у будь-якому поліуретановому покритті існує "фізична сітка" внаслідок міжмолекулярної взаємодії.

Захисна дія лакофарбових покриттів, а саме адгезійна міцність відіграє велику роль через те, що адгезія запобігає виникненню утворенню корозійних уражень на межі «метал-покриття». Таким чином, високі значення адгезії ЛФП до металу є ефективним способом збільшення довговічності захисних лакофарбових покриттів [31-32].

3.4. Висновки до розділу 3.

Результати проведених досліджень показали перевагу електроіскрової механічної обробки оцинкованою щіткою порівняно з результатами визначення адгезії ЛФП до поверхні сталі, яка оброблена сталевною щіткою, особливо на прикладі ЛФП поліуретанового типу, де реалізується ефект синергізму між цинковим протектором і лакофарбовим покриттям.

Одержані результати визначення адгезії методом відриву і методом решітчастих надрізів до і після експозиції пофарбованих зразків в камері сольового туману показали більш високі значення адгезії лакофарбового покриття поліуретанового типу порівняно з фарбою алкідного типу. На нашу думку, такі результати можна пояснити наявністю фізичної сітки, яка є своєрідним протектором хімічних зв'язків і при деформаціях бере удар на себе. Властивості поліуретанового покриття суттєво залежать від міжмолекулярних взаємодій, серед яких найбільше значення мають водневі зв'язки. Найміцніші ці зв'язки між уретановими групами (близько 30 кДж/моль).

Захисна дія лакофарбових покриттів, а саме адгезійна міцність відіграє велику роль через те, що адгезія запобігає виникненню утворенню корозійних уражень на межі «метал-покриття». Таким чином, високі значення адгезії ЛФП до металу є ефективним способом збільшення довговічності захисних лакофарбових покриттів [23-24].

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

В нашій країні існує велика кількість екологічних проблем, таких як кислотні дощі, руйнування озонового шару, потепління клімату, накопичення відходів, особливо радіаційних відходів. От чому з перших законотворчих кроків суверенної України було прийняття закону “Про охорону навколишнього середовища ” від 25 червня 1991 року. Даний закон не лише проголошує, але і передбачає систему гарантій екологічної безпеки людини, вносить певну впорядкованість у систему управління в галузі природокористування.

Згідно з цим законом громадяни України мають не лише права, але й обов'язки щодо збереження природи, раціонального використання її багатств, дотримання законодавства про охорону навколишнього середовища.

Атмосфера повітря є однією із необхідних умов існування життя на землі. Атмосфера у значній мірі впливає на різні сторони людського життя. Тому охорона навколишнього середовища стала однією з найважливіших проблем людства. Небезпека забруднення повітря пов'язана з тим, що токсичні речовини важчі за повітря, в першу чергу оксид вуглецю утримується в приземному шарі на рівні органів дихання людини. Разом з оксидом вуглецю, азоту, сірчаними викидами в атмосферу, викидаються органічні речовини : сірководень, сірковий вуглець, фтористі і хлористі сполуки, аерозоль сірчаної кислоти. Відпрацьовані гази спец автотранспорту також завдають шкоди чистоті атмосферного повітря.

Законом передбачено, що підприємства, організації, діяльність яких пов'язана з викидами забруднюючих речовин в навколишнє середовище, зобов'язані проводити організаційно-господарчі і технічні заходи, які забезпечують виконання нормативних вимог по охороні навколишнього середовища. Закон забороняє ввід в

експлуатацію нових реконструйованих об'єктів, які не задовольняють вимоги навколишнього середовища.

Основним завданням при впровадженні екологічних критеріїв на лакофарбові матеріали є:

- обмеження вмісту небезпечних речовин у лакофарбових матеріалах;
- поліпшення якості та строку служби лакофарбового покриття;
- енергоефективність технологічного процесу виробництва;
- зниження екологічних впливів у процесі виробництва;
- зменшення відходів виробництва та споживання.

Основними принципами охорони навколишнього середовища визначені такі:

- пріоритетність вимог екологічної безпеки;
- дотримання екологічних стандартів, норм та лімітів використання природних ресурсів;
- постійне покращення показників екологічної результативності підприємства;
- попереджувачий характер заходів із захисту довкілля;
- зведення до мінімуму утворення відходів;
- організація роздільного збору відходів;
- забезпечення вільного доступу заінтересованих сторін до інформації щодо екологічних аспектів підприємства і характеристик продукції відносно впливу на довкілля і здоров'я людини [33-34].

4.1. Забруднення повітря навколишнього середовища.

Під час ґрунтування й фарбування виробів, просушування пофарбованих поверхонь у повітря навколишнього середовища надходять пари розчинників і розріджувачів ЛФМ, компоненти плівкоутворювальних речовин, пігментів тощо. Майже всі леткі компоненти, що складають фарбу, належать до категорії токсичних.

Вміст шкідливих домішок у повітрі залежить не тільки від фізико-хімічних властивостей, рецептури ЛФМ і розчинників, але й від організації технологічного процесу фарбування, засобів нанесення й умов сушіння по фарбованих поверхнях виробів, їх розмірів. Під час ручного механізованого фарбування внаслідок розпилювання ЛФМ спостерігається виділення шкідливих речовин у двох станах: пароподібній і гідроаерозольній. При цьому повітря навколишнього середовища забруднюється фарбовим аерозолем, що складається з твердих частинок фарби, покритих зовні плівкоутворювальними компонентами і розчинниками. У разі недотримання необхідних заходів можуть статися професійні отруєння внаслідок потрапляння в організм пари розчинників і фарбувального аерозолю [35-36].

4.2. Механізм дії летких органічних сполук на організм людини.

Компоненти органорозчинних ЛФМ є причиною гострих та хронічних отруєнь під час нанесення покриття та подальшого процесу полімеризації плівки [5]. У працівників, задіяних у процесі нанесення лакофарбових покриттів у разі довготривалої дії низьких концентрацій розчинників, спостерігаються ураження нервової системи у вигляді, як периферичних поліневропатій, так і вегето-сенсорних поліневритів. Під час огляду групи хворих, які працюють в лакофарбовій промисловості, в неврологічному статусі відзначилися:

- симетрично виражені порушення всіх видів чутливості;
- анизорефлексія, яка часто супроводжувалася підвищеною рефлекторною збудливістю, зниженням температури шкіри, в'ялістю м'язів.

Під час епідеміологічних досліджень з вивчення поширеності анемічних реакцій у жінок, які контактують з органічними розчинниками, виявили часті порушення менструального циклу, доброякісні пухлин матки та придатків. У жінок-малюрів спостерігаються порушення всіх ланок нейроендокринної регуляції. Саме дисфункція вегетативно-ендокринної регуляції розглядається як один з найбільш

ранніх симптомів токсичної дії органічних розчинників. Характеристику токсичності деяких шкідливих речовин, які входять до складу ЛФМ, наведено у таблиці.

Розріджувачі фарб, які за своєю природою є леткими органічними сполуками, викликають генералізовані системні зміни в організмі піддослідних тварин у разі інгаляційного хронічного впливу. Для поліпшення експлуатаційних властивостей до складу лакофарбових покриттів додають пластифікатори. Одним із поширених пластифікаторів є дибутилфталат. Під час експлуатації лакофарбового покриття можлива довготривала його міграція в навколишнє середовище. Експериментальні дослідження в умовах тримісячного інгаляційного отруєння показали, що в концентраціях 0,25 та 1,0 мг/м³ дибутилфталат зумовлює зміни в центральній нервовій системі, легенях, печінці, нирках, які мають дистрофічний та запальний характер. Для виготовлення та розведення деяких олійних та алкідних ЛФМ використовують натуральні та синтетичні оліфи. Найбільш значущими з компонентного складу оліф є леткі інгредієнти — органічні вуглеводні розчинники:

- стирол;
- ксилол;
- дифеніловий ефір;
- триметилбензол;
- бензин;
- скипидар.

Оліфи мають помірну здатність викликати гіперчутливість сповільненого типу та резорбтивні властивості. Наявність органічних розчинників зумовлює функціональні зрушення в організмі піддослідних тварин у разі підгострого отруєння. Водорозчинні фарби порівняно з органорозчинними менш токсичні, але в їх рецептуру входять важкі метали, розчинники для прискорення висихання та інші

токсичні добавки. Навіть сучасні модернізовані латексні фарби містять ксилол, метиленхлорид і тетрахлорид вуглецю, які негативно впливають на серцево-судинну та дихальну системи.

Хімічні речовини, застосування яких обмежується або заборонене для екологічних лакофарбових матеріалів визначається *COU OEM 08.002.12.019* з посиланням на класи та категорії небезпек згідно з GHS.

Показник вмісту речовин, застосування яких обмежується, обчислюється по об'єму розрахунковим методом, із врахуванням усіх складників, необхідних для підготовки лакофарбових матеріалів до використання, у тому числі розчинників, пігментів тощо.

Вміст білого пігменту (білий неорганічний пігмент з коефіцієнтом заломлення $> 1,8$) у інтер'єрних фарбах для стель та стін, які є стійкими до мокрого стирання за класами 1 та 2 відповідно до ДСТУ EN 13300:2012, не повинен перевищувати:

- а) 40 г/м² сухого покриття – для класу 1 стійкості до мокрого стирання;
- б) 36 г/м² сухого покриття – для класу 2 стійкості до мокрого стирання;

Вміст білого пігменту (білий неорганічний пігмент з коефіцієнтом заломлення $> 1,8$) у всіх інших фарбах, включаючи вапняні та силікатні фарби, ґрунтовки, антикорозійні та фасадні фарби, не повинен перевищувати:

- а) 36 г/м² сухого покриття – для інтер'єрних фарб та ґрунтовок;
- б) 38 г/м² сухого покриття – для фасадних фарб та ґрунтовок.

Важкі метали. Екологічні лакофарбові матеріали не містять сполук кадмію, свинцю, хрому VI, ртуті, миш'яку, селену, сурми.

Сумарний вміст плівкових та внутрішньотарних консервантів обмежується відповідно до лімітів сумарної концентрації консервантів, що визначаються *COU OEM 08.002.12.019* в залежності від типу консерванту та лакофарбового матеріалу в межах від 0,71% до 0,06%.

Заборонено вміст фталатів, алкілфенол етоксилату (Alkylphenoethoxylates, APEOs), перфторованих ПАР.

Кількість загального вільного формальдегіду (як домішки або внаслідок внесення хімічних речовин, які вивільняють формальдегід, наприклад, деяких консервантів) не повинна перевищувати 0,001%.

Вміст залишкових вільних мономерів, включаючи акрилову кислоту допустимий у межах до 0,05%.

Концентрація сполук ізотіазолінону регламентована на рівні від 0,0015% до 0,02 (в залежності від реакційної суміші).

На виробництві Мають бути розроблені, затверджені та впроваджені заходи з енергозбереження на виробництві, щоб досягти показника енергоємності технологічного процесу виробництва продукції нижче середнього по галузі.

Мають бути впроваджені:

- а) маловідходні технології виробництва;
- б) схема роздільного збору відходів для їхньої подальшої утилізації.

Фактичні показники викидів забруднювальних речовин та парникових газів як мінімум не повинні перевищувати ГДК а. п. та як оптимум – бути нижчими за встановлені показники, згідно з дозвільною документацією, і відповідати показникам найкращих доступних технологій більш чистого виробництва.

Окремі вимоги щодо показників викидів забруднювальних речовин встановлені у разі застосування на виробництві діоксиду титану.

Для виготовлення спожиткової тари заборонено застосовувати полівінілхлорид, полістирол, полікарбонат або інший галогенований матеріал. Вимоги до маркування – інформація про матеріал, інструкція для користувача тощо.

Система маршрутів транспортування готової продукції має забезпечувати зменшення обсягів витрат палива, викидів забруднювальних речовин в атмосферне

повітря та парникових газів від транспортних засобів.

Як дізнатись споживачу, що лакофарбові матеріали справді екологічні? Наявність екологічного сертифіката та знаку екологічного маркування у поєднанні з номером екологічного сертифікату на етикетці, пакуванні у рекламних матеріалах є доказами того, що засіб пройшов компетентне оцінювання і підтвердив відповідність встановленим критеріям згідно з ISO 14024 [37-39].

4.3. Вплив електричних полів на навколишнє середовище

Всі значні прояви небезпечного впливу струму, який здійснюється на навколишнє середовище різноманітними електротехнічними об'єктами, можна поділити на такі наступні групи.

Вплив на навколишнє середовище електричного поля. Поле, яке створюється лініями електропередач надвисоких струмів і напруг, може чинити істотний шкідливий вплив на організм людини, а також і на інші живі організми і рослинність. Нормами і правилами охорони праці робіт на лініях і підстанціях напругою чотириста, п'ятсот і сімсот п'ятьдесят кіловольт в Україні регламентована допустима тривалість перебування людей в електричному полі. [ГОСТ 12.1.038-82] Так, за існуючої напруженості поля в 20 кВ/м допускається знаходження в ньому протягом десяти хвилин на добу, при напруженості 10 кВ/м – протягом трьох годин. Напруженість 0,5 кВ/м і нижча вважається безпечною для людини, і тривалість перебування в такому полі протягом робочого періоду вважається відносно безпечною і не обмежується. На експлуатованих лініях з напругою 500 кВ напруженість електричного поля коливається в інтервалі від 10 до 12 кВ/м, на лініях 750 кВ становить 15 кВ/м.

Електричне поле індукує на ізольованих від землі тілах потенціал. Дотик людини, що контактує з землею, призводить до проходження через тіло людини струму імпульсного характеру, який під лінією 750 кВ може досягати порядку

декількох ампер, і є небезпечним для життя. Врахування шкідливого впливу електричного поля впливає на прийняття рішень при виборі трас і конструкцій ліній електропередач напругою від 750 до 1150 кВ. До шкідливих проявів електричного поля можна також віднести перешкоди радіотелевізійного прийому.

Для захисту від шкідливого впливу електричного поля передбачаються спеціальні заземленні навіси або троси в місцях, часто відвідуваних людьми, екрани та індивідуальні засоби захисту для експлуатаційного персоналу, а також організаційні заходи: попереджувальні плакати, обмеження тривалості перебування в зоні дії поля.

Збільшення шуму. Як правило джерелами шуму є абсолютно всі об'єкти енергетики – електростанції, лінії електропередачі та підстанції. У практиці будівництва і експлуатації, все частіше доводиться стикатися з питаннями шуму від підстанцій, розміщених близько до населених пунктів. Джерелами неприємного шуму на підстанціях є практично все технологічне обладнання .

Вилучення з користування землі і води. Спорудження різноманітних енергетичних об'єктів вимагає звільнення значної кількості площ. При цьому з користування вилучаються землі, що мають інтерес і для інших галузей господарства. Питання звільнення майданчиків під забудову електростанцій і мереж в густонаселеній частині України є складним завданням. Для нових великих електростанцій площа, яка потрібна під забудову, становить приблизно 0,1-0,3 гектара на кожен 1 МВ. Для будівлі всіх мереж напругою понад 35 кВ під підстанції і опори ЛЕП відводяться в середньому по Україні 0,1-0,2 гектара на кожен 1 МВт зростання навантаження. Величезні площі займають водосховища гідроелектростанцій [40-45].

4.4. Висновки до розділу 4

При обробці сталевих поверхонь електроіскровим методом однією з найважливіших проблем є захист від електромагнітних полів.

У розділі «Охорона навколишнього середовища» вивчено вплив електромагнітного поля на навколишнє середовище, механізм дії летких органічних сполук на організм людини та вплив забруднень у повітрі навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

Праця — цілеспрямована діяльність людей зі створення духовних і матеріальних благ, необхідних для задоволення потреб кожного індивіда і суспільства в цілому.

Охорона праці – це система правил і заходів, які забезпечують безпечну роботу на даному виробництві.

Розглянемо аспекти поняття «Охорона праці» для конкретного випадку. Робочим місцем була установка для механічної обробки металевих поверхонь, що базується в лабораторії корозії Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона.

5.1. Аналіз умов праці.

5.1.1. Організація робочого місця

Робоче місце — це первинна ланка виробництва, зона прикладання праці одного або кількох виконавців, визначена на підставі трудових та інших чинних норм і оснащена необхідними засобами для трудової діяльності.

Наша установка знаходилась в кімнаті розмірами 5х7м, в радіусі 1,5 м сторонніх об'єктів не було. В кімнаті працювали також інші установки, але дискомфорту і завад для виконання роботи вони не створювали. [46]

5.1.2. Мікроклімат виробничих приміщень

Мікроклімат виробничих приміщень – це сукупність параметрів повітря у виробничому приміщенні, які діють на людину у процесі праці, на її робочому місці, у робочій зоні.

Оптимальні мікрокліматичні умови - поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції.

Допустимі мікрокліматичні умови - поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації [35].

Середня добова температура в приміщенні складала 17-18 °С. Оскільки робота в основному виконувалась в холодну пору року, то температура підтримувалась в приміщенні за рахунок штучного обігріву.

5.1.3. Шкідливі речовини в повітрі робочої зони

Шкідливі речовини - речовини, які при контакті з організмом людини внаслідок порушення технологічного процесу викликають професійні захворювання, виробничі травми або відхилення стану здоров'я .

Кількість шкідливих речовин в повітрі в кожному конкретному випадку варіюється в залежності від робіт, що проводяться.

При виконанні роботи основною шкідливою речовиною в повітрі була епоксидна фарба Tiscurila Termacout ТМ 40, але її гранично допустима концентрація знаходилась в межах норми (при допустимій концентрації ЛОС 430 г/л наша концентрація ЛОС складає 330 г/л), а в приміщенні лабораторії працювала система вентиляції.

5.1.4. Освітлення

В лабораторії, в якій проводились роботи, відсутні вікна, тому лабораторія освітлюється лампами, що розміщені по периметру стелі лабораторії.

Штучне освітлення вимірюється на рівні 0,8 м від рівня підлоги. Мінімальна освітленість в 300 люкс є нормованою характеристикою для штучного освітлення (СНиП 23-05-95). Освітлення в лабораторії складає 315 люкс, тобто, освітлення є достатнім для даного приміщення. [47-48]

5.1.5 Шум, вібрація, ультразвук, інфразвук

Звук – поширення звукової хвилі в пружному середовищі (в даному випадку, повітря). Основними характеристиками звуку є частота коливань хвилі та її амплітуда.

Робота виконувалась за допомогою машини для очистки поверхні, яка створювала значний рівень шуму. У всьому спектрі частот рівень шуму не перевищував 110 дБ, що є допустимою величиною, але для зручності роботи в процесі використовувались беруші, які знижують рівень шуму на 20 дБ.

5.1.6. Небезпека ураження електричним струмом

Використання електроіскрового методу обробки матеріалу зумовило певну небезпеку ураження електричним струмом, тому всі відкриті джерела струму були ізольовані, елементи установки заземлені, робота виконувалась в прорезинених рукавицях та на гумовому килимку.

Для розробки заходів щодо запобігання електротравматизму, пов'язаних з розміщенням електроустаткування приміщення, необхідно знати характеристику приміщень. Відповідно до правил улаштування електроустановок (ПУЕ), за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом приміщення поділяються на три категорії.

I категорія – приміщення без підвищеної небезпеки. Це приміщення, де відсутні умови, що створюють підвищену чи особливу небезпеку.

II категорія – приміщення з підвищеною небезпекою. Це приміщення, що характеризуються наявністю хоча б однієї з таких умов:

- підвищена вологість (відносна вологість повітря тривалий час перевищує 75 %, присутність пари або перебігає процес конденсації вологи) або струмопровідний пил (технологічний, атмосферний пил, що потрапляє в середину агрегатів, технологічного обладнання, осідає на струмопровідних частинах і погіршує умови охолодження та ізоляції, але не викликає небезпеки аварії);
- струмопровідна підлога (металева, залізобетонна);

- висока температура повітря (+35 °С);
- можливість одночасного дотику працюючого до з'єднаних з землею металоконструкцій, обладнання з одного боку, та до металевих корпусів електрообладнання – з іншого.

III категорія – особливо небезпечні приміщення. До них належать приміщення, що характеризуються наявністю хоча б однієї з таких умов:

- відносна вологість повітря постійно тримається близько 100 %(стеля, підлога, стіни покриті вологою);
- наявність хімічно активного середовища (у приміщенні є агресивні пари, гази, рідини, які діють на ізоляцію та руйнують струмопровідні частини електроустаткування);
- одночасно дві й більше умов підвищеної небезпеки.

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом приміщення, в якому виконувалась робота, належить до I категорії, а саме до приміщень без підвищеної небезпеки: середня добова температура не перевищує 30 °С, відносна вологість коливається в межах 50-60 %, електропровідний пил відсутній, підлога не проводить електричний струм, можливість одночасного дотику людини до будь-яких з'єднаних з землею металоконструкцій будівель, механізмів, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання – з іншого, теж відсутня [48]

5.1.7. Статична електрика

Статична електрика – це заряд, що накопичується на краях корпусу приладів, на предметах побуту, на одязі людини внаслідок контактного або індуктивного впливу.

Від накопичення статичної електрики нас захищає спеціальне заземлення, опір якого не перевищує 100 Ом.

5.2. Розробка заходів з охорони праці

5.2.1. Організація робочого місця

Основним недоліком робочого місця була велика кількість сторонніх предметів, що перешкоджали вільному доступу до витяжки, доступу до джерела електричного струму, тощо. Також відсутня була можливість повторного використання технологічної рідини.

5.2.2. Захист від електричного струму

Оскільки в роботі використовувались електричні прилади, а також на зразок і інструмент накладалась різниця потенціалів, то велика увага надавалась захисту від ураження електричним струмом.

Для того, щоб уникнути прямого ураження електричним струмом, ми перевірили відсутність оголених проводів, унеможливили потрапляння рідини на прилади, а також використали в роботі гумовий коврик та прорезинені рукавиці. Наявність заземлення запобігла накопиченню статичної електрики на корпусах приладів та одязі.

Під час зміни зразка електрична напруга, що подавалась на металеву платформу, на якій закріплений зразок, а також та, що подавалась на інструмент, вимикалась. [49]

5.3. Пожежна безпека

За вибухопожежною і пожежною небезпекою приміщення й будівлі поділяються на 5 категорій: А, Б, В, Г, Д.



Рис. 5.1 План евакуації при пожежі

Наше приміщення належить до категорії Г, оскільки в ньому присутні негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному та розплавленому стані (металеві зразки), процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я. Горючі рідини і гази відсутні.

У приміщенні знаходилось 2 вогнегасники пінного типу, а також ящик з піском. Біля входу в приміщення була розміщена схема евакуації при надзвичайних умовах, що відповідає основним вимогам правил пожежної безпеки в Україні. [50-52]

5.4. Розрахункова частина

Захисне заземлення – навмисне приєднання до землі металевих частин електроустаткування, що можуть виявитися під напругою внаслідок ушкодження ізоляції. Основне призначення захисного заземлення – знизити напругу дотику до безпечної величини [42].

Усі заземлюючі пристрої поділяються на 2 типи: природні і штучні. До природних заземлювачів відносять об'єкти, які постійно знаходяться в землі. Їх опір не регулюється. До них можна віднести, наприклад, труби.

В якості штучного заземлення найчастіше використовують металевий провід діаметром 12÷14 мм і довжиною до 5 м, або кутникову сталь розмірами 50÷50÷5 мм, і довжиною 2,5÷3 м.

Розрахуємо контурне заземлення лабораторії. Напряга на інструменті складала 4-6 В. Відповідно до держстандарту 12.1.030-81 вихідними даними для розрахунку є згідно ПУБ-86 при $U < 1000\text{В}$ $R = 4 \text{ Ом}$; питомий опір ґрунту $0,5 \text{ Ом}\cdot\text{м}\cdot 10^2$; коефіцієнт сезонності, що залежить від кліматичної зони – 2,1; заземлювачі – сталеві труби $L=2,0 \text{ м}$; глибина закладення $H=2,2 \text{ м}$; лінія магістралі, що заземлює – смугова сталь, ширина $B=0,04 \text{ м}$; коефіцієнт використання одиничного заземлювача $\eta_{\text{тр}}=0,85$ і смуги $\eta_{\text{підлога}}=0,75$; норма опору контуру захисного заземлення $r_{\text{н}}=2 \text{ Ом}$.

а) Розрахуємо питомий опір ґрунту:

$$\rho = \rho_{\text{вим}} \cdot K_c$$

$$\rho = 0,5 \cdot 10^2 \cdot 2,1 = 105 \text{ Ом}$$

б) Визначимо опір одиничного заземлювача– сталевої труби:

$$R_{\text{тр}} = 0,366\rho/L \left(\lg 2L/d + 1/2 \lg(4H+L)/(4H-L) \right)$$

$$R_{\text{тр}} = 0,366 \cdot 105/2 \left(\lg 2 \cdot 20/0,025 + 1/2 \lg(4 \cdot 2,2+2)/(4 \cdot 2,2-2) \right) = 44,3 \text{ Ом}.$$

в) Розрахуємо необхідну кількість труб:

$$n = R_{\text{тр}}/r_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{тр}}$$

$$n = 44,3/2 \cdot 0,85 = 26 \text{ шт.}$$

г) Визначимо довжину смуги, з'єднуючу заземлювачі:

$$L = 1,05 \cdot l \cdot n = 1,05 \cdot 2,0 \cdot 26 = 54,6 \text{ м}.$$

д) Визначимо опір розтікання струму від смуги з урахуванням глибини її закладення:

$$R_{\text{пов}} = 0,366 \cdot \rho/L \cdot \lg (2 \cdot L^2/b)$$

$$R_{\text{пов}} = 0,366 \cdot 105/2,0 \left(\lg(2 \cdot 2,0^2/0,04 \cdot 2,2) \right) = 37,6 \text{ Ом}$$

е) Опір контурного пристрою, що заземлює:

$$R_{кз} = (R_{тр} \cdot R_{пов}) / (R_{тр} \cdot \eta_{пов} + nR_{пов} \cdot \eta_{тр})$$

$$R_{кз} = (44,3 \cdot 37,6) / (44,3 \cdot 0,75 + 26 \cdot 37,6 \cdot 0,85) = 1,93 \text{ Ом.}$$

5.5. Висновки до розділу 5

Розрахований опір $R_{кз} = 1,93$ Ом менший, ніж максимально допустимий опір штучного захисного заземлення $R = 4$ Ом, тому цей контур нас задовольняє.

Робота в добре освітленому приміщенні за температури від 15 до 30°C та відносної вологості не більше 75 %, а також використання захисного костюма гарантує безпеку праці, різко зменшує можливість «випадкових» порушень встановленого порядку, аварійних ситуацій. Велику роль у забезпеченні уникнення виробничих травм відіграє наявність та якість заземлення.

Виконання даної роботи відповідає нормам та стандартам положень з охорони праці в лабораторії.

ВИСНОВКИ

1. Одним з найбільш ефективних методів обробки сталевих поверхонь є електроіскровий механічний метод обертовими дисковими щітками, який дозволяє підвищити клас чистоти поверхні і зменшити енергетичні витрати процесу на 30-40%.

2. Нами показано, що електроіскровий метод підготовки поверхні дозволяє покращити захисні властивості лакофарбових покриттів поліуретанового, алкідного та епоксидного типу, що підтверджено вимірюванням адгезії до і після експозиції зразків в камері сольового туману та вимірюванням перехідного опору ЛФП поліуретанового типу.

3. Електроіскрова механічна обробка сталевих поверхонь з оцинкованою щіткою супроводжується утворенням цинкових протекторних шарів на поверхню металу, які покращують захисні властивості лакофарбових покриттів .

4. Мінімальне зниження адгезії після експозиції пофарбованих зразків в КСТ-1 спостерігається при використанні оцинкованої щітки, де реалізуються ефекти взаємного посилення (синергізму) між протекторним електрохімічним захистом з лакофарбовим покриттям.

5. Кращі характеристики адгезійних властивостей епоксидних смол пояснюються наявністю фізичної сітки, яка є своєрідним протектором хімічних зв'язків і при деформаціях бере удар на себе. Властивості поліуретанового покриття суттєво залежать від міжмолекулярних взаємодій, серед яких найбільше значення мають водневі зв'язки. Найміцніші ці зв'язки між уретановими групами (близько 30 кДж/моль).

6. Одержані результати призначені для оцінки ефективності лакофарбових покриттів нанесених на поверхню металу після її підготовки електроіскровим механічним методом оцинкованою щіткою, який передбачає формування на поверхні металу цинкових протекторних осередків. Результати досліджень доцільно використовувати для забезпечення ефективного протикорозійного захисту металевих конструкцій методом нанесення ЛФП після обробки сталевих поверхонь.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойченко С.В., Іванченко О.В. Положення про дипломні роботи (проекти) випускників Національного авіаційного університету. К.-2017.,с.63.
2. Корозія матеріалів: лабораторний практикум / В.М. Ледовських, С.В.Левченко. – К.:НАУ, 2017.-37с.
3. Патент України № 67694. Спосіб обробки поверхні сталі / В. М Ледовських, С. Г. Поляков, С. В. Левченко, М. Б. Степанов. – Опубл. 13.03.2013; Бюл. № 12.
4. Inhibition mechanism analytical prediction and purposeful design of highly efficient mixedtype corrosion inhibitors / V. Ledovskykh, V. Vyshnevskaya, S. Poznyak, I. Brazhnyk, S. Levchenko // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2014. – Спец. вип. № 10. – Р. 416–420.
5. Коррозия. Справочник / Под ред. Л. Л. Шрайдера. Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1981. – 632 с.
6. Экилик В.В. Теория коррозии и защиты металлов / В. В Экилик. – Ростов на Дону: РГУ, 2004. – 67 с.
7. Золотых Б. Н. Физические основы электроискровой обработки металлов. М.: Гостехиздат, 1952.
8. Гутман Е. М. Механохимия металлов и защита от коррозии. – М.: Металлургия, 1981. – 270 с.
9. Ляпунов М. А., Уента Е. Л., Юора Е. П. Электроимпульсная обработка высокопрочных металлов и сплавов // Металлофизика и новейшие технологии. – 2000. – № 4. – С. 67–70.
10. Румянцев Е. М., Давыдов А. Д. Технология электрохимической обработки металлов. М.: Высш. школа, 1984. - 159 с.
11. М.В. Клименко, О.П. Шиліна, А.Ю.Осадчук. Технологія конструкційних матеріалів.- 215с.
12. Румянцев Е. М., Давыдов А. Д. Технология электрохимической обработки металлов. М.:1984. - 159 с.
13. Коваленко В.С. Электрофизические и электрохимические методы

обработки материалов. К.: Вища школа, 1975. – 236 с.

14. Рейбман А. И. Захисні лакофарбові покриття. - 5-е вид., Перераб. і доп. - Л.: Хімія, 1982. - 320 с.

15. Карякина М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. – М.:Химия, 1988 – 272с.

16. Лакокрасочные материалы и покрытия. Теория и практика./ Р. Ламбурн, Дж. Бентли, Дж. Ролинсон и др.; под ред. Р. Ламбурна. - СПб.: Химия, 1991. - 619с.

17. Дринберг, А. Я. Технология пленкообразующих веществ : натуральные и синтетические смолы, олифы, лаки и краски / А. Я. Дринберг. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: 1955. - 652 с.

18. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий: Учебник для вузов. – 3-е изд. 2008. – 448 с.

19. Яковлев, А. Д. Способы нанесения и отверждения лакокрасочных покрытий : учеб. пособие / А. Д. Яковлев, Е. В. Хомко ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии орган. покрытий. - СПб., 2010. - 115 с.

20. Cognard P. Handbook of adhesives and sealants. Basic concepts and high tech bonding//Elsevier/-2005/-398 p.

21. Guides to Good practice in Corrosion Control. Surface Preparation for Coating – 18p.

22. Lucas F.M. da Silva, Andreas Ochsner, Robert D. Adams. Handbook of Adhesion Technology.-1568 p.

23. Лившиц М.Л., Пшиялковский Б.И. Лакокрасочные материалы: : Справочные пособие. – М.: Химия, 1982 г. – 360 с.

24. Ю.П. Гетьманчук, М.М. Братичак. Хімія та технологія полімерів. Підручник. – Львів: Виробництво «Бескид Біт»,2006.-496 с.

25. Орлова О.В., Фомичева Т.И. Технология лаков и красок: М.: Химия, 1990. - 315с.

26. Шампетье, Г. Химия лаков, красок и пигментов. В 2 т. Т. 1. / Г. Шампетье, Г. Рабате ; пер. с фр. Н. П. Аграненко [и др.] ; под ред. А. А.

Беловицкого. - М. :1960. - 584 с.

27. Ю.П. Гетьманчук, М.М. Братичак. Хімія та технологія полімерів. Підручник. – Львів: Виробництво «Бескид Біт»,2006.-496 с

28. ГОСТ 31149-2014 (ISO 2409:2013). Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого надреза .

29. ГОСТ 15140—78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии.

30. ГОСТ 28234-89 Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Кв: Соляной туман, циклическое (раствор хлорида натрия).

31. Басин В.В. Адгезионная прочность / В.Е.Басин. – М:Химия, 1981.-208с.

32. ГОСТ 9.308—85. Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Кв: Соляной туман, циклическое (раствор хлорида натрия)

33. Штеренгарц Р.Я. Гигиена труда в производствах по нанесению лакокрасочных покрытий / Р.Я. Штеренгарц. – М.:Медицина, 1974. й 139 с.

34. Мусієнко М.М., Серебряков В.В., Брайон О.В. Екологія та охорона природи основні терміни та поняття: Тлумачний словник довідник - К.: Т-во "Знання", КОО, 200

35. Кобилянська І.М., Кобилянський О.В., Яблочников С.Л. К 55 Безпека життєдіяльності: Вінниця:2007. – 128 с.

36. Загальна гігієна з основами екології: підруч. / В.А. Кондратюк, В.М. Серегета, Б.Р. Бойчук та ін. / за ред. Кондратюка. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2007. – 592 с.

37. Шефтель В.О. Токсикология полимерных материалов / В.О. Шефтель, Н.Е. Дышиневиц, Р.Е. Сова. – К.: Здоровье, 2004. – 216 с.

38. Лобуренко А.П. Исследование нейротоксичности лакокрасочных материалов / А.П. Лобуренко, Э.А. Бормусова, И.В. Серди // Тез. докл. науч. конф. "Актуальные проблемы токсикологии". – К., 1999. – С. 56.

39. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навчальний посібник. - К.: Т-во "Знання", КОО, 2000.
40. Джигирей В.С., Жидецький В.Ц. Безпека життєдіяльності. - Львів: Афіша, 1999.
41. Дьомін В.О. Вступ до екологічної політики. Навчальний посібник. - К.: 2000.
42. Екологія і економіка. Навч.посібник для вузів / Колотило Г.М. - К.: Т-во "Знання", 1999.
43. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельніков О.В.. Основи охорони праці. 2-ге, вид. стереотипне. - Львів: Афіша, 2000.
44. Заверуха Н.М. Безпека життєдіяльності. - К.: Комерційний коледж, 1998.
45. Законодавство України про охорону навколишнього природного середовища. - К.: Парламентське видавництво, 2000.
46. Захарченко М.В, Орлов М.В., Голубєв А.К. та ін. Безпека життєдіяльності у повсякденних умовах виробництва, побуту та у надзвичайних ситуаціях. - К.: ІЗМО, 1996.
47. Зацарный В.В., Пантелеймонов А.Е. Безопасность студентов на практике. - 1989.
48. Кобевник В.Ф. Охрана труда. - К.1990.
49. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
50. ГОСТ 12.1.019-79 «ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту» .
51. ДНАОП 0.01-1.01-95 Правила пожежної безпеки в Україні.
52. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

