

**Національний університет біоресурсів і природокористування України**

**Кафедра електротехніки, електромеханіки та електротехнологій**

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Директор ННІ

\_\_\_\_\_ Каплун В.В.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО**

На засідання кафедри ЕЕЕ

протокол № \_\_\_\_\_ від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020р.

Завідувач кафедри ЕЕЕ

\_\_\_\_\_ Жильцов А.В.

## **РОБОЧА ПРОГРАМА**

**навчальної електрослюсарної практики**

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Київ – 2020

# **1 МЕТА І ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ**

## **1.1 Мета практики**

Навчальна електрослюсарна практика має за мету ознайомити студентів з основними поняттями та технологічними операціями і прийомами виконання паяльних і зварювальних робіт під час монтажу, технічного обслуговування і ремонту технологічного та енергетичного обладнання і засобів автоматики, що використовуються у виробництві.

## **2.2 Завдання практики**

Завдання навчальної електрослюсарної практики полягає в ознайомленні студентів з обладнанням, матеріалами та інструментами, необхідними для виконання нероз'ємних з'єднань металів, а також закріпленні теоретичних знань і придбання практичних навичок при виконанні операцій з паяння і зварювання в різних електротехнологічних операціях.

## **1.3 Студент повинен знати:**

- сучасні методи технологічних процесів механічної обробки виробів (види паяння та зварювання, що використовуються під час монтажу, обслуговування та ремонту електрообладнання і засобів автоматики);
- технологію проведення паяних та зварювальних робіт;
- призначення та види обладнання, яке застосовується при паяних та зварювальних видах обробки;
- основні властивості припоїв, флюсів та металів, що використовуються при паяних і зварювальних роботах;
- порядок вибору режимів роботи обладнання при паянні і зварюванні;
- правила техніки безпеки при виконанні паяльних і зварювальних робіт.

## **1.4 Студент повинен вміти після проходження практики:**

- паяти за допомогою паяльника м'якими припоями та зварювати електродуговим і електроконтактним способами одножильні та багатожильні проводи і кабелі;
- різноманітні деталі та конструкції енергообладнання і засобів автоматики, виготовлені із чорних і кольорових металів.

# **2 ЗМІСТ ПРАКТИКИ**

Навчальна електрослюсарна практика передбачає виконання комплексу наступних операцій:

- ознайомлення з робочим місцем, обладнанням, інструментами, пристосуваннями, матеріалами та вимогами техніки безпеки при виконанні паяльних і зварювальних робіт;

- підготовка місць нероз'ємного з'єднання для паяння та зварювання. Зачищення поверхонь (окрайків) за допомогою металевої щітки, наждачної шкурки, шаберів та ін. Протирання і протравлювання місць паяння;

- паяння м'якими припоями. Підготовка припою і флюсу. Підготовка місця паяння для лудіння. Вибір паяльника. Паяння круглого та плоского проводів, штаби, прутка одним із способів: напусковим, стиковим, кутовим, тавровим, телескопічним, комбінованим. Промивання та зачищення швів після паяння;

- зварювання електродуговим способом на змінному струмові металевих нероз'ємних з'єднань за допомогою металевих електродів;

- визначення режимів роботи (номінального зварювального струму);

- визначення площі номінального перерізу зварювальних проводів; типу, марки та діаметра електрода, необхідного для зварювання нероз'ємних з'єднань залежно від товщини зварюваних елементів;

- вибір захисної маски (світофільтра) залежно від зварювального струму;

- зварювання електродуговим способом на змінному струмові неметалевим електродом мідного, алюмінієвого та мідного з алюмінієвим проводів, що використовуються при виготовленні і ремонті обмоток електричних машин, трансформаторів і апаратів керування;

- зварювання електродуговим способом на постійному струмові;

- вибір режимів роботи, типу та марки металевих електродів, присадкового матеріалу і захисних способів;

- зварювання виробів із різних металів і сплавів;

- зварювання електроконтактним способом. Підготовка поверхні зварювання з'єднуваних елементів. Підготовка зварювального обладнання. Експериментальне визначення режимів зварювання: величини та тривалості імпульсу зварювального струму; тривалості режиму (проковки); тривалості паузи. Зварювання виробів із різних металевих матеріалів;

- охолодження та обробка місць зварювання (зачищення, промивання, захист від корозії).

### **3 МІСЦЕ ТА ПОРЯДОК ПРОХОДЖЕННЯ ПРАКТИКИ**

3.1 Місце проходження навчальної практики – навчальні аудиторії та лабораторії, а також навчально-виробничі лабораторії кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій (8-ий навчальний корпус).

3.2 Навчально-методичне керівництво практикою студентів здійснює відповідальна кафедра:

- розробка програм кожного виду практики та забезпечення ними студентів;
- призначення викладача, який відповідає за організацію, проведення і контроль виконання програми практики студентом;
- проведення захисту звітів з практики.

3.3 До початку навчальної практики викладач – керівник практики знайомить студентів з основами паяння м'якими і твердими припоями та електрозварювання металевих нероз'ємних з'єднань, рекомендує літературу для самостійної роботи і порядком одержання та виконання індивідуального завдання з паяння і електрозварювання.

Індивідуальне завдання студенту видається згідно методичних вказівок, шифри, яких фіксуються у груповому журналі.

3.4 Перед проходженням практики студенти, користуючись рекомендованою літературою, самостійно більш глибоко оволодівають теоретичними знаннями з питань паяння та зварювання металевих нероз'ємних з'єднань.

3.5 До роботи з виконання індивідуального завдання в лабораторії допускаються студенти, які мають достатні теоретичні знання з питань паяння м'якими припоями і електрозварювання металевих нероз'ємних з'єднань, і знайомі з порядком проходження практики, роботи в лабораторії та правилами техніки безпеки.

3.6 Паяльні і зварювальні роботи кожен студент виконує згідно з індивідуальним завданням, виданим керівником практики, під безпосереднім керівництвом викладача – керівника практики або майстра виробничого навчання.

3.7 Після виконання індивідуального завдання з паяння і зварювання студент повідомляє про це викладача (керівника практики) або майстра виробничого навчання та показує їм результати своєї роботи.

3.8 Викладач (керівник практики) або майстер виробничого навчання оцінює виконання індивідуального завдання студентом. При незадовільній оцінці студент продовжує виконання індивідуального завдання, а при позитивній – індивідуальне завдання вважається виконаним.

3.9 Після виконання індивідуального завдання студент приводить робоче місце у належний порядок та здає його разом із обладнанням,

приладами, інструментами і матеріалами, що залишилися після роботи, майстрові виробничого навчання.

3.10 Викладач (керівник практики) або майстер виробничого навчання у журналі обліку студентів робить відмітку про виконання індивідуального завдання кожним студентом.

## **4 ПОРЯДОК РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ**

Під час практики в навчально-виробничій лабораторії студент зобов'язаний:

4.1 Одержати індивідуальне завдання та інструктаж з техніки безпеки на визначеному робочому місці.

4.2 Одержати у майстра виробничого навчання необхідне обладнання, прилади, інструменти, матеріали тощо.

4.3 Працювати лише на відведеному місці, підтримуючи на ньому порядок та чистоту.

4.4 Підготувати обладнання, прилади, інструменти тощо до виконання робіт і одержати дозвіл у викладача або майстра виробничого навчання на вмикання електроприймачів у електричну мережу.

4.5 При виявленні недоліків або пошкоджень в обладнанні, приладах тощо, відсутності напруги негайно повідомити викладача або майстра виробничого навчання.

4.6 Працювати без шуму, розмов та ходіння.

4.7 Беззаперечно виконувати розпорядження, вказівки та зауваження викладача (керівника практики) і майстра виробничого навчання.

4.8 Після виконання індивідуального завдання повідомити про це викладача або майстра виробничого навчання і ознайомити його з результатами роботи.

4.9 При позитивній оцінці виконання індивідуального завдання одержати дозвіл викладача або майстра виробничого навчання на припинення роботи.

4.10 Здати робоче місце та обладнання, прилади, інструменти, залишки матеріалів і виробі майстрові виробничого навчання.

4.11 Уточнити у викладача (керівника практики) або майстра виробничого навчання наявність відмітки про виконання індивідуального завдання.

4.12 Слід пам'ятати, що під час роботи в навчально-виробничій лабораторії категорично забороняється:

- вмикати та вимикати будь-які кумутуючі апарати, обладнання, машини, установки та інші електричні споживачі без дозволу викладача (керівника практики) або майстра виробничого навчання;
- чіпати, пересувати, переставляти, викручувати будь-що із обладнання, установок, приладів тощо;
- вносити або виносити що-небудь із лабораторії, за винятком особистих речей;
- тримати будь-що на робочому місці, що не відноситься до безпосереднього виконання індивідуального завдання;
- переходити з закріпленого робочого місця на інше або самовільно обмінюватись з товаришами робочими місцями, обладнанням, приладами, інструментом, матеріалами, виробами тощо.

## **5. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ**

5.1. Навчальний матеріал розділу дисципліни розподілений на два змістовних модуля:

*Змістовий модуль 1. Теоретичні основи та практичне застосування паяльних робіт.*

*Тема 1. Вивчення методів виконання лудіння металів м'якими припоями:*

- леза або вістря паяльника;
- місця контактного з'єднання наконечника проводу;
- місця контактного з'єднання апарата керування та захисту;
- місця з'єднання контактної стержня або контактної пелюстки реле та іншого засобу автоматики;
- місця з'єднання монтажних, установочних та силових проводів, шин і кабелів;
- місця з'єднання проводів та деталей з гальванічним покриттям, або таких, що підлягають гальванічному покриттю;
- виводів напівпровідникових приладів, радіотехнічних та інших елементів, мікросхем тощо, що використовуються у засобах автоматики;
- контактних площадок плат друкованого монтажу;.
- поверхонь з'єднувальних гільз, що використовуються для з'єднання струмовідних жил кабелів.

*Тема 2. Практичне вивчення методів паяння м'якими припоями:*

- напускне;
- телескопічне;
- таврове;

- стикове;
- кутове;
- стичне;
- комбіноване.

*Тема 3. Практичне вивчення методів паяння м'якими припоями нероз'ємних з'єднань:*

- тріщини або зламу деталі;
- мідних деталей, шин, штаб чи стержнів;
- латунних деталей;
- сталевих або чавунних деталей;
- двох ізольованих (неізольованих) однодротових проводів, з'єднаних методом скручування;
- двох ізольованих (неізольованих) багатодрових проводів, з'єднаних методом скручування;
- двох ізольованих (неізольованих) проводів – однодротового з багатодровим;
- трьох багатодрових проводів, з'єднаних Т-подібним скручуванням;
- одножильного гнучкого кабелю, з'єданого за допомогою з'єднувальної гільзи;
- три- або чотирижильного гнучкого кабелю за допомогою з'єднувальних гільз;
- однодротового (багатодрового) провoda з контактним накінецьником;
- однодротових (багатодрових) проводів з колекторними пластинами якоря машини постійного струму.
- стержнів, проводів прямокутного перерізу за допомогою з'єднувального хомута;
- дротяного бандажа ротора (якоря) електричної машини;
- напівпровідникових приладів, радіоелементів та ін. виробів засобів автоматики з контактними пелюстками (стержнями);
- напівпровідникових приладів, радіоелементів та ін. виробів засобів автоматики з контактними стержнями, пелюстками та ін. при з'єднанні методом скруток (наживок).

*Змістовий модуль 2. Теоретичні основи та практичне застосування електро- та газозварювання.*

*Тема 1. Визначення теоретичних основ ручного електродугового зварювання.*

- стикове;
- таврове;
- кутове;
- напустком;
- накладанням;
- безперервним зварним швом;
- переривчастим зварним швом;
- з горизонтальним розміщенням зварного шва;
- з нижнім розміщенням зварного шва;
- з вертикальним розміщенням зварного шва;
- із стельовим розміщенням зварного шва;
- металевим (стальним) електродом;
- неметалевим (вугільним) електродом;
- тонколистової сталі;
- сталюї штаби;
- профільної сталі;
- листової міді;
- мідюї штаби;
- мідюго дроту круглого перерізу;
- мідюго дроту прямокутного перерізу;
- скрутки мідюго обмотувального проводу.

*Тема 2. Вивчення основних прийомів та розрахунок основних параметрів електродугового зварювання.*

Оволодіння навичками електродугового зварювання та розрахунком основних параметрів за індивідуальним завданням.

*Тема 3. Вивчення теоретичних основ газового зварювання. Отримання теоретичних основ устрою, пристосувань та обладнання з газового зварювання.*

*Тема 4. Вивчення основних прийомів та основних параметрів газового зварювання.*

Оволодіння навичками з газового зварювання, розрахунок режимів за індивідуальним завданням.

## **6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ З ЛУДІННЯ ТА ПАЯННЯ М'ЯКИМИ ПРИПОЯМИ**

6.1 Вибрати тип паяльника, марку припою і флюсу, режим лудіння та паяння, дозування припою; введення припою паяльником, з прутка, шляхом закладання пластин, кусочків, шайб, засипання порошком та ін.



6.2 Підготувати поверхні з'єднаних елементів (очистити від мастила, масла, ізоляційних матеріалів, лакофарбових покриттів, продуктів корозії, окалини тощо).

6.3 Зачистити (при необхідності) поверхні паяння напилком, шабером, ножом, наждачною шкуркою.

6.4 Протравити поверхні лудіння та паяння активним або активованим флюсом. При паянні напівпровідникових приладів, радіоелементів та інших електронних виробів, друкованих схем, мікромодулів, мікросхем, апаратів мікроелектронного виконання і інших елементів автоматики протравлення та використання активних і активованих флюсів не допускається.

6.5 Знежирити поверхню лудіння спиртом, гліцерином або органічним розчинником

6.5.1 Підготувати паяльник. При необхідності зачистити лезо або вістря паяльника за допомогою напилка чи наждачної шкурки.

6.5.2 Увімкнути в електричну мережу та нагріти паяльник до температури плавлення припою.

6.5.3 Увіткнути лезо нагрітого паяльника у флюс, а потім провести паяльником по припою, добиваючись покриття поверхні леза тонким, рівномірним шаром.

6.6 Залудити поверхні місць паяння за допомогою паяльника

6.6.1 Увімкнути в електричну мережу та нагріти паяльник до температури плавлення припою.

6.6.2 Нагріти паяльником місце лудіння наконечника (контактної деталі) до температури плавлення припою.

6.6.3 Піднести до місця лудіння та паяльника паличку припою і притиснути її до леза паяльника.

6.6.4 Провести повільно лезом паяльника з припоєм по всій поверхні місця лудіння, слідкуючи за рівномірністю покриття поверхні припоєм.

6.6.5 Охолодити місце лудіння.

6.6.6 Очистити та промити (за необхідності) місце лудіння від залишків флюсу та припою.

6.6.7 Вимкнути паяльник з електричної мережі.

6.7 Залудити поверхні місць паяння методом занурення у припой

6.7.1 Розплавити припой у металевому або керамічному тиглі.

6.7.2 Занурити місце лудіння наконечника, деталі, провода та ін. у розплавлений припой.

6.7.3 Вийняти деталь, наконечник, кінець провода та ін. з розплавленого припою.

6.7.4 Повільно охолодити місце лудіння.

6.7.5 Очистити (при необхідності – промити) місце лудіння від флюсу та припою.

6.8 Скріпити між собою з'єднувані елементи.

6.9 Увімкнути паяльник в електричну мережу та нагріти його до температури припою,

6.10 Ввести флюс та припой до місця паяння паяльником; з прутка; шляхом закладання пластин, кусочків, шайб, засипання порошком та ін.

6.11 Нагріти паяльником місце паяння до температури плавлення припою.

6.12 Домогтись рівномірного покриття або заповнення пустот і щілин місця паяння припоєм.

6.13 Охолодити місце паяння.

6.14 Очистити та промити (при необхідності) місце лудіння від залишків флюсу та напливів припою.

## **7 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ З ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ**

7.1 Вибрати режим ручного електродугового та електроконтактного зварювання; значення зварювального струму; швидкість переміщення електрода; тил, марку та діаметр електрода; зазор між зварюваними елементами; тип зварного шва; технологічний прийом тощо.

7.2 Підготувати місце зварювання нероз'ємного з'єднання: очистити поверхні в місці зварювання; розробити окрайки (при необхідності) зварюваних елементів.

7.3 Вибрати необхідний інструмент та пристосування для електродугового зварювання: електродотримачі, захисну маску чи шолом; підкладки під місце зварювання (при необхідності).

7.4 З'єднати металевий робочий стіл з джерелом зварювального струму.

7.5 Закріпити електрод в електродотримач і з'єднати його з джерелом зварювального струму.

7.6 Встановити необхідну силу зварювального струму залежно від марки електрода, матеріалу зварюваних елементів, типу зварювального з'єднання, положення шва у просторі та інших умов.

7.7 Встановити та закріпити (при необхідності) зварювані елементи на робочому столі; підкласти під місце зварювання (при необхідності) підкладку.

7.8 Здійснити зварювання шляхом підведення електрода перпендикулярно до місця початку зварювання і після порівняно легкого

дотику до зварюваного елемента відвести вгору на 2 ... 5 мм, або підведенням електрода швидким боковим рухом у напрямку зварювання виробу з наступним відведенням.

7.9 Після встановлення електричної дуги повільно переміщати електрод згідно з прийнятою технологією зварювання таким чином, щоб зварювані крайки розплавлялись і заповнювали зварювальну ванну.

7.10 Охолодити місце електродугового зварювання і (при необхідності) зачистити від окалини, напливів тощо.

7.11 Показати виконане електродугове зварювання викладачеві (керівникові практики) або майстрові виробничого навчання з метою оцінки виконання індивідуального завдання.

7.12 За позитивної оцінки виконання індивідуального завдання з електродугового зварювання здати виконаний виріб, залишки матеріалів та інструмент і пристосування майстрові виробничого навчання.

7.13 Накласти один на один зварювані елементи і затиснути між металевим і вугільним електродами машини електроконтактного зварювання.

7.14 Ввімкнути машину електроконтактного зварювання і підвести зовнішній струм до електродів зварювання.

7.15 Після зварювання з'єднаних елементів вимкнути зовнішній струм і охолодити місце зварювання до кристалізації металу розплавленої зони.

7.16 Роз'єднати електроди і перемістити зварювані елементи (за необхідності) для зварювання наступної точки.

7.17 Після закінчення точкового електроконтактного зварювання, зварений виріб показати викладачеві (керівникові практики) або майстрові виробничого навчання для оцінки виконання індивідуального завдання.

7.18 При позитивній оцінці виконання індивідуального завдання з електроконтактного зварювання здати виконаний виріб, залишки матеріалів і робоче місце майстрові виробничого навчання.

## **8 ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ**

Навчально-виробнича лабораторія кафедри електричних машин та експлуатації електрообладнання відноситься до електроустановок, окремі елементи яких знаходяться під напругою. Тому під час роботи в лабораторії необхідно суворо дотримуватись вимог правил техніки безпеки.

8.1 Студенти, які вперше працюють у лабораторії, проходять вступний інструктаж з техніки безпеки та інструктаж на робочому місці і розписуються у журналі реєстрації інструктажів.

Інструктаж проводить викладач – керівник практики.

Студенти, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, до проходження навчальної практики в лабораторії не допускаються.

8.2 До початку роботи студент повинен ознайомитись із схемою електропостачання робочого місця та порядком вмикання і вимикання на ньому електроприймачів.

8.3 Увімкнення електричних споживачів на робочому місці без дозволу викладача категорично забороняється.

8.4 Забороняється користуватись несправними електроприймачами, приладами, інструментами тощо.

8.5 Виконуючи паяльні роботи, не дотикатись нагрітою частиною паяльника до електричного шнура, тіла та одягу.

8.6 Не залишати увімкненими електропаяльник та інші електроприймачі без нагляду.

8.7 У разі нещасного випадку слід негайно вимкнути комутаційний апарат на робочому місці або силовому щитку та надати потерпілому першу медичну допомогу.

8.8 Не допускати зварювальних робіт без захисту обличчя й очей від дії променистої енергії електричної дуги та від бризок розплавленого металу.

## **9. ВИМОГИ ДО ЗВІТУ ПРО ПРАКТИКУ**

9.1. Звіт з практики є основним документом при складанні заліку, він повинен складатися кожним студентом індивідуально. Він включає у себе звіт з кожної лабораторної роботи.

Перед лабораторними заняттями здійснюється тестування усіх студентів групи за темою лабораторної роботи. Потім дається пояснення про особливості виконання роботи і зміст звіту. В кінці заняття викладач підсумовує виконану роботу і дає завдання про підготовку до наступної лабораторної роботи.

9.2. Оцінка знань за змістовний модуль складається з суми балів, отриманих студентом на лабораторних роботах при поточному тестуванні.

9.3. Залік з дисципліни встановлюється за підсумковою оцінкою змістових модулів та самостійної (індивідуальної) роботи.

9.4. Формою підсумкового контролю навчальної електрослюсарної практики є диференційований залік.

## 10 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

**Паяння** – технологічна операція, застосовувана для одержання нероз'ємного з'єднання деталей з різних матеріалів шляхом уведення між цими деталями розплавленого матеріалу (припою), що має більш низьку температуру плавлення, чим матеріал (матеріали) деталей, що з'єднуються.

Елементи деталей, що спаюються, а також припой і флюс вводяться в зіткнення і піддаються нагріванню з температурою вище температури плавлення припою, але нижче температури плавлення деталей, що спаюються. У результаті, припой переходить у рідкий стан і змочує поверхні деталей. Після цього нагрівання припиняється, і припой переходить у тверду фазу, утворюючи з'єднання.



Міцність з'єднання багато в чому залежить від зазору між деталями, що з'єднуються, (від 0,03 до 2 мм), чистоти поверхні і рівномірності нагрівання елементів. Для видалення оксидної плівки і захисту від впливу атмосфери застосовують флюси.

Переваги паяння:

- дозволяє з'єднувати метали в будь-якому сполученні;
- з'єднання можливе при будь-якій початковій температурі металу, що паяється;
- можливе з'єднання металів з неметалами;
- паяні з'єднання легко роз'ємні;
- більш точно витримується форма і розміри виробу, тому що основний метал не розплавляється;
- дозволяє одержувати з'єднання без значних внутрішніх напружень і без шкоди для виробу;
- підвищена продуктивність процесу дозволяє паяти за один прийом велику кількість виробів.

На рис. 1 наведено структуру паяного з'єднання

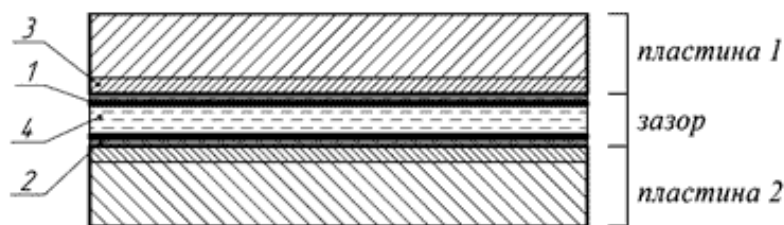


Рисунок 1 – Структура паяного з'єднання:

1 – прикристалізаційний шар змінного хімічного складу; 2 – дифузійна зона з перемінним хімічним складом; 3 – ділянка зі змінюваною структурою і властивостями в результаті локального нагрівання; 4 – зона ізотермічної кристалізації.

### Терміни і визначення

**Припой** – метал або сплав, що застосовується при пайці для з'єднання заготовок і має температуру плавлення нижче, ніж метали, що з'єднуються. Застосовують сплави на основі олова, свинцю, кадмію, міді, нікелю тощо.

**Флюс** – речовина (частіше суміш) органічного і неорганічного походження, призначені для видалення окислів з поверхні під пайку, зниження поверхневого натягу, поліпшення розтікання рідкого припою та захисту від дії навколишнього середовища. Паяльний флюс не повинен взаємодіяти з припоєм, окрім флюсів для реактивно-флюсової паяння. У залежності від технології флюс може використовуватися у виді рідини, пасти або порошку. Існують також паяльні пасти, що містять частинки припою разом із флюсом, іноді трубка з припоєм містить усередині флюс-заповнювач.

**Паяне з'єднання** – елемент паяної конструкції, що складається з:

- а) паяного шва і дифузійних зон при загальному нагріванні;
- б) паяного шва при локальному нагріванні.

**Галтель паяного шва** – ділянка паяного шва, що утворилася в результаті дії капілярних сил у краю зазору на зовнішніх поверхнях деталей, що з'єднуються.

**Дифузійна зона** – ділянка паяного з'єднання, що характеризується зміненним хімічним складом основного матеріалу і, що утворився в результаті дифузії компонентів припою.

### Класифікація видів паяння

#### Види капілярного паяння:

1) капілярне паяння готовим припоєм, при якому використовується готовий припой і формування шва відбувається при його охолодженні.

2) контактно-реактивне капілярне паяння, при якому припой утворюється в результаті контактно-реактивного плавлення матеріалів, що з'єднуються, і прокладок.

3) реактивно-флюсове капілярне паяння, при якому припой утворюється в результаті виділення металу з флюсу.

4) дифузійно капілярне паяння, при якому затвердіння паяльного шва відбувається вище температури солідуса припою без охолодження.

5) метало-керамічне капілярне паяння, при якій наповнювач металу керамічного припою утворює розгалужений капіляр, що утримує при пайці рідку частину припою поза капілярним зазором.

Види некапілярного паяння:

1) паяння-зварювання здійснюється без розплавлення деталей.

2) зварювання-паяння застосовується при паянні металів з різною температурою плавлення, при цьому метал з найменшою температурою плавлення виконує функцію припою.

Усі способи паяння підрозділяються:

1) за фізичними, хімічними, електрохімічними ознаками, що визначають процес видалення оксидів з поверхні металу, що паяється:

- флюсове;
- ультразвукове;
- в активному газовому середовищі;
- у нейтральному газовому середовищі;
- у вакуумі.

2) за видом нагрівання:

- 450 °С для низькотемпературного паяння;
- при підвищенні температури будь-які джерела нагрівання.

3) за відсутністю або наявністю тиску на деталі, що паяються:

- без тиску;
- під тиском.

4) за часом нагрівання:

- одночасно;
- неодноразово.

Утворення паяного з'єднання супроводжується спаєм між припоєм і паяним матеріалом.

**Спай** – перехідний шар, що утворився в результаті змочування при температурі паяння і наступній взаємодії на границі "основний метал – припой".

Класифікація спаїв:

- бездифузійний – коли атоми не переходять через границю контакту;

– розчинно-дифузійний – коли основний метал розчиняється в припої і розчиняє елементи припою.

– контактно-реакційний – виникає без припою за рахунок контактного розплавлення основного металу.

– дисперсійний – утворюється між металами не дають між собою хімічної сполуки, не розчинних друг у другу за рахунок сильного зниження поверхневого натягу під дією припою і дисперсійних твердих частинок.

Конструкційні параметри паяних з'єднань (рис. 2) є наступними:

- тип з'єднання;
- паяльний зазор;
- величина нахлестки;
- шорсткість поверхні;
- радіус галтельної ділянки;
- кут скосу крайок.

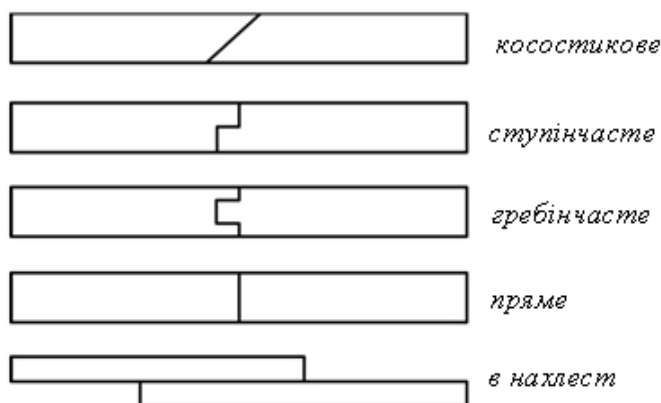


Рисунок 2 – Види паяних з'єднань

Вимоги до припоїв і паяльних сумішей:

– температура плавлення припою повинна бути нижче температури плавлення металу, що паяється;

– припой повинен мати гарну текучість, змочувати поверхню металів, розтікатися, проникати у вузькі зазори;

– припой повинен утворювати з матеріалами, що з'єднуються, сплав та забезпечувати міцний зв'язок;

– корозійна стійкість паяних швів у матеріалу повинна бути однаковою, щоб уникнути електрокорозії;

– температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР) припою і основного металу повинні бути однакові, щоб уникнути залишкових напруг і тріщин;



– припой не повинен у значній мірі знижувати міцність і пластичність матеріалів, що з'єднуються;

– електропровідність, теплопровідність і інші фізико-хімічні властивості припою і основного металу не повинні сильно відрізнятись.

Класифікація припоїв здійснюється:

1) за хімічним складом

2) за технологічними властивостями:

– самофлюсуючі припої – які видаляють окисли з поверхні, що паяється, без участі флюсу;

– композиційні припої – тугоплавкі і легкоплавкі елементи, що складаються із суміші.

3) змістом компонентів, що активують підвищення змочуваності

4) температурою плавлення:

– низькотемпературні (температура плавлення припою менше 450 °С);

– високотемпературні (температура плавлення припою більше 450 °С).

5) за асортиментом:

– пластичні припої:

- смуга;
- фольга;
- дріт.

– тендітні припої:

- прутки;
- вилівка;
- порошки;
- пасти;
- сітка;
- стружка;
- кільця;
- брикети.

Призначення припоїв є наступним:

1) ПОС 90 – для паяння внутрішніх швів харчового посуду (каструлі і т.п.).

2) ПОС 40 – паяння латуні, заліза і мідних проводів.

3) ПОС 30 – паяння латуні, міді, заліза, цинкових і оцинкованих аркушів, білої жерсті, приладів, радіоапаратури, гнучких шлангів і бандажного дроту електромоторів.

4) ПОС 18 – паяння свинцю, заліза, латуні, міді, оцинкованого заліза, лудіння дерева перед пайкою, замітник припоєю ПОС 40.

5) ПОСС 4-6 – паяння білої жерсті, заліза, міді, свинцю при наявності клепанних замкових швів, замітник припоєю ПОС 30.

Таблиця 1. Властивості олов'яно-свинцевих припоїв

<u>Марка припоя</u>	<u>Температура плавлення</u>	<u>Температура початку розплавлення</u>	<u>Інтервал затвердіння</u>	<u>Межа міцності при розтяженні</u> <u>Кгс\мм<sup>2</sup></u>	<u>Відносне подовження</u>
0,1	232	232	0	1,9	43
ПОС 90	222	183	39	4,3	25
ПОС 50	209	183	26	3,6	32
ПОС 40	235	183	52	3,2	63
ПОС-30	256	183	73	3,3	58
ПОС 25	265	183	82	2,8	52,1
ПОС 18	277	183	94	2,8	67
ПОСС 4-6	265	245	20	5,9	23,7
С1	327	327	0	1,1	45

Класифікація флюсів є наступною:

- 1) за температурними ознаками:
  - низькотемпературні;
  - високотемпературні.
- 2) за природою розчинника:
  - водяні;
  - неводяні.
- 3) за природою активаторів:
  - низькотемпературні:
    - галогенідні;
    - фторборидні;
    - боридновуглекислі.
  - високотемпературні:
    - каніфольні;
    - фторидні;
    - стеаринові;
    - кислотні;

- гідрозинові;
  - анимінові.
- 4) за механізмом дії:
- захисні;
  - хімічної дії;
  - електохімічної дії;
  - реактивні.
- 5) за агрегатним станом:
- тверді;
  - рідкі;
  - пастообразні.

#### Механізми флюсування:

- 1) хімічні реакції компонентів флюсу з окислом:
  - утворення відновлення металу;
  - утворення легких комплексних з'єднань.
- 2) електрохімічні реакції – іонні руйнування основного металу.
- 3) внаслідок фізичних процесів, у результаті хімічних реакцій.

#### Склад флюсів:

- 1) основа, що розчиняє продукти флюсування (бура, хлориди легких металів, бура + борний ангідрид);
- 2) розчинники окисної плівки (фториди);
- 3) активні реагенти (солі важких металів, окисли, що дають комплексні з'єднання).

#### Флюси підрозділяються на 4 групи:

- 1) на основі каніфолі та інших органічних сполук (для низькотемпературної паяння, коли важко промити деталь після паяння);
- 2) на основі хлористих з'єднань (для паяння легкоплавких металів, що мають міцну окисну плівку), основа легкоплавка евтектика;
- 3) на основі з'єднань бора (для паяння чавуна, міді і сплавів на її основі);
- 4) на основі фтористих з'єднань (для паяння сталей аустенітного класу, нікелю і сплавів на його основі).

#### Флюси для паяння припоями типу ПОС:

- 1) *флюси для паяння чорних металів:*
  - сильно-кислі флюси ("активні флюси")
    - хлорид цинку;
  - флюси середньої і малої активності:
    - хлорид амонію;

2) *флюси для електротехніки* – основні вимоги до таких флюсів – низький струм витоку і низька корозійна активність. Найпростіші флюси такого типу створюють на основі каніфолі, наприклад розчини каніфолі в етанолі або спиртово-бензиновій суміші;

3) *флюси для алюмінієвих сплавів*. Хоча алюмінієві сплави можна паяти свинцево-олов'яними припоями, кращі результати досягаються з багатокомпонентними припоями, що містять цинк, кадмій, вісмут і інші метали. Застосовується "бінарний" флюс – фосфорна кислота (концентрована) – до побіління, потім 20 % евтектика (50 мол. %, а.і. 8:11,5) NaOH-KOH у гліцерині;

4) *флюси для паяння нержавіючих сталей*:

– фосфорна кислота;

5) *флюси для високотемпературного паяння мідно-фосфорними припоями*. При пайці тугоплавкими припоями в якості флюса використовується Тетраборат натрію (Бура).

*Паяння транзисторів, діодів і мікросхем*. Враховуючи те, що напівпровідники руйнуються від занадто високої температури, є ризик спалити мікросхему перегрівом. Щоб цього не відбулося бажано виставити паяльник на температуру 230 °C або близьку до неї. Така температура є цілком допустимою, щоб мікросхема витримала таку температуру достатньо тривалий час. Можна паяти і не квапитися. У звичайних, не регульованих паяльників, температура жала має становити приблизно 350 ... 400 °C, тому паяти необхідно швидко, в один дотик. Тривалість такого паяння повинна бути не довше секунди на кожній ніжці і при цьому необхідно робити хоча б 10 ... 15 секунд перерви, перш ніж приступати до паяння іншої ніжки. Для більш якісного паяння ніжку можна підтримувати металевим пінцетом, який буде слугувати додатковим тепловідводом.

*Паяння проводів*. Краще перед паянням кінці облудити окремо, а якщо провід припаюється до друкованої плати, то дуже бажано просвердлити в платі дірку, завести його з іншої сторони і тільки тоді паяти. У такому випадку ризик відірвати доріжку при ривку за провід зводиться до нуля.

**Паяння дротом припоя.** Таким чином зазвичай паяють мікросхеми. Прихоплюють її по діагоналі за крайні ніжки, змазують усе флюсом, а потім, тримаючи однією рукою паяльник, а іншої тонкий дротик припою, швидко запаюють усі ніжки.

**Паяння проводів у лаковій ізоляції.** Всякий обмотувальний провід, наприклад провід трансформатору, покритий тонким шаром лаку. Щоб припаятися до нього, цей шар лаку потрібно здерти. Як це зробити? Якщо провід товстий, то можна попалити його нетривало вогнем запальнички, лак

згорить, а нагар можна зчистити грубою картонкою. Якщо ж провід тонкий, то отут або акуратно поскоблити його скальпелем, тримаючи скальпель строго перпендикулярно проводу, або взяти таблетку аспірину і пригорнути та пошоркати гарячим жалом паяльника по проводу на аспіринці. При нагріванні з аспірину виділиться речовина яке зжере лакову ізоляцію і очистить провід.

## 10 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке паяння?
2. Що являє собою паяний шов (спай)?
3. Які є типи паяння?
4. Як класифікуються способи паяння за джерелом нагрівання?
5. Які є способи паяння за видаленням оксидної плівки?
6. Які є способи паяння за заповненням зазору припоєм?
7. Які є способи лаяння за кристалізацією паяного шва?
8. Що являє собою паяльник? Які є типи паяльників.
9. Яким має бути кут загострення леза паяльника?
10. Що таке припой?
11. Які припої відносяться до м'яких, які до твердих?
12. Як класифікують припої за хімічним складом?
13. Які з м'яких припоїв використовують при паянні та лудінні елементів енергообладнання і засобів автоматики?
14. Які є найбільш поширені тверді припої, що використовуються для паяння енергообладнання?
15. Як впливають домішки у складі припоїв на якість паяного шва?
16. Чи можна використовувати чисте олово у якості припою?
17. Які речовини називають флюсами?
18. Для чого при лудінні та паянні використовують флюси?
19. На які групи залежно від хімічного складу діляться флюси?
20. Які флюси використовуються для паяння напівпровідникових приладів, радіотехнічних елементів, мікросхем, мікромодулів та інших елементів засобів автоматики?
21. Які вимоги висуваються до м'яких припоїв?
22. Які вимоги висуваються до флюсів?
23. Від чого залежить якість паяння?
24. Як вибрати паяльник для паяння м'якими припоями?
25. Як вибрати діаметр мідного стержня для паяльника?
26. Яка допустима температура нагрівання паяльника при паянні м'якими припоями?

27. Які операції входять до технологічного процесу паяння м'якими припоями?
28. Які операції входять до технологічного процесу паяння твердими припоями?
29. Що включає в себе підготовка місць паяння нероз'ємного з'єднання?
30. Як здійснюється паяння твердими припоями?
31. Які переваги та недоліки має паяння порівняно із зварюванням?
32. Що називається електрозварюванням?
33. Які є види зварювання плавленням та тиском?
34. Які є види зварних з'єднань?
35. Що називається зварним швом?
36. Які є види зварних швів залежно від положення у просторі?
37. Що являє собою електрична дуга?
38. Що називається глибиною проплавлення (проварювання)?
39. Назвіть напругу збудження дуги при постійному і змінному струмі.
40. Що називається електродуговим зварюванням зворотної полярності?
41. Що називається зварювальним струмом?
42. Назвіть джерела зварювального струму.
43. Що називається зварювальним постом?
44. Які зварювальні матеріали, інструменти, пристрої та обладнання використовуються при електродуговому зварюванні?
45. Що називається зварювальним електродом?
46. Які бувають електроди за родом матеріалу, за здатністю плавитись, за видом покриття?
47. Для чого використовують обмазку зварювальних електродів та захисний газ?
48. Які існують групи обмазок?
49. Що являє собою електродотримач?
50. Які найбільш поширені види електродотримачів?
51. В чому полягає підготовка місць нероз'ємного з'єднання до зварювання?
52. Як вибирають діаметр плавкого електрода?
53. Що таке режим зварювання?
54. Як визначають зварювальний струм?
55. Які існують види електродугового зварювання на постійному струмові?
56. Які електроди використовують при електроконтактному зварюванні?
57. Які існують види електроконтактного зварювання?

## 11 СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дроздов Н.Г., Никулин Н.В. Электроматериаловедение. – М.: Высш.шк. 1973. – С. 299 ... 301.
2. Зварювальні роботи в будівництві з основами технології металів / В.В.Беловол, О.П., Павлов, С.В.Паустовскій – К.: Урожай, 1995. – 258 с.
3. Кондратьев Е.Т. Технология конструкционных материалов и материаловедение. – М.: Колос, 1992. – 350 с.
4. Коханівський С.П. Електроматеріалознавство з основами слюсарної справи. – К.: Урожай, 1991. – 186 с.
5. Нікулін М.В. Електроматеріалознавство. – К.: Вища шк., 1990. – 221 с.
6. Никулин Н.В. Справочник молодого электрика по электротехническим материалам и изделиям. – М.: Высш.шк., 1976. – 254 с.
7. Ручная дуговая сварка / Б.Д. Малышев, В.И. Мельник, И.Г. Гетия – М: Стройиздат, 1990. – 240 с.
8. Справочник по электротехническим материалам / Под ред. Ю.В. Корицкого, В.В. Пасынкова, Б.М. Тареева – Т.3 – Л.: Энергоиздат, 1988. – 456 с.
9. Шинкарев Б.М. Электро- и газосварочные работы. – К.; Урожай, 1991. – 197 с.
10. Макиенко Н.И. Слесарное дело с основами материаловедения: Учебник для подготовки рабочих на производстве / Н.И.Макиенко. – М.: Высш. школа., 1973. – 464 с.
11. Навчальний посібник для практичних робіт по слюсарній справі. – Мелітополь: ТДАТУ, 2000. – 110 с.