

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Факультет електроніки**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №2**

**ПАЙКА ЯК МЕТОД З'ЄДНАННЯ КОМПОНЕНТІВ  
ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ**

**3 КУРСУ**

**«ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОНІКИ»  
Для студентів спеціальності «Електронні прилади та пристрої»**

Київ 2014

**Мета роботи:** ознайомлення з технологією пайки електронних компонентів і матеріалами, що використовуються для пайки та придбання практичних навичок лудіння і пайки.

### Короткі теоретичні відомості

**Монтаж** - установка виробу або його складових частин на місце використання.

**Електромонтаж** - виконання електричного з'єднання ЕРЕ (електрорадіоелементи) або його складових частин, що мають струмопровідні елементи.

У процесі електромонтажу при з'єднанні електричних ланцюгів або підключення до них електрорадіоелементів (транзисторів, ламп, резисторів, конденсаторів, реле, вимикачів, тумблерів, запобіжників тощо), для отримання контактного з'єднання найчастіше застосовують пайку.

**Пайка** – це технологічна операція, що застосовується для отримання нероз'ємного з'єднання деталей з різних матеріалів шляхом введення між цими деталями розплавленого матеріалу (припою), що має більш низьку температуру плавлення, ніж матеріал (матеріали) деталей, що з'єднуються. При цьому припій змочує деталі з'єднання, затікає в проміжок та заповнює його з подальшою кристалізацією створюючи міжатомні зв'язки.

**Лудіння** – утворення на поверхні матеріалу металевого шару шляхом плавлення припою, змочування припоєм поверхні з наступною його кристалізацією

**Припій** - матеріал для пайки і лудіння з температурою плавлення нижче температури плавлення паяних матеріалів.

**Sn63 Pb37.** Класичний олов'яно-свинцевий сплав для електроніки, що містить 63% олова та 37% свинцю. Придатний для ручного та автоматизованого монтажу, характеризується підвищеною міцністю пайки.

**Sn60 Pb38 Sn2.** Олов'яно-свинцевий сплав 60/38 з добавкою (присадкою) 2% міді, утворює паяні з'єднання на міді підвищеної надійності. Дуже прийнятний для експлуатації при мінусових температурах, для пайки мідних не залужених контактів та дротів.

**Sn60Pb38Ag2.** Олов'яно-свинцевий сплав 60/38 із присадкою 2% срібла Високоочищений припій призначений для пайки посріблених, срібломістких та позолочених контактів, для пайки срібла на кераміці.

Головний недолік олов'яно-свинцевих припоїв - наявність токсичного свинцю.

### Безсвинцеві технології

27 січня 2003 введена в дію директива 2002/96/EC Європейського парламенту та Ради щодо відходів електричного й електронного обладнання (WEEE). Сучасна радіоелектронна промисловість встала перед фактом організації збору і видалення відходів, що мають у своєму складі важкі метали і вогнезахисні складові. Для успішного вирішення цієї проблеми однією з необхідних умов є перехід на безсвинцеві технології виготовлення електронного обладнання - технології із застосуванням матеріалів, які не містять свинець.

Із 1 січня 2006 року всі електротехнічні і електронні вироби, що поставляються в Європу не повинні мати свинцю та деяких інших шкідливих речовин.

Для електронної промисловості найбільш прийнятний припій для заміни традиційних сплавів Sn63 Pb 37 і Sn62 Pb36 Ag2 - Sn95 5Ag3Cu0,5 , придатний для пайки оплавленням (тобто в пасті) і для пайки хвилею. Наявність міді перешкоджає утворенню інтерметалідів.

Припай Sn96,5 Ag3,5. Сплав, що має найвищу міцність серед безсвинцевих композицій, нетоксичний, використовується в електроніці й у медицині, а також при пайці виробів, що контактують з їжею. Придатний для пайки сталі.

Sn96,5 Ag3 Cu0,5. Найуніверсальніший безсвинцевий припай з відносно низькою температурою плавлення та поліпшеними характеристиками змочуванням.

Sn99 Cu1. Сплав для ручної пайки та паяльних ванн (але має вищу температуру плавлення ніж Sn96,5 Ag3 Cu0,5), є економічною альтернативою традиційним олов'яно-свинцевим припаям.

У табл. 1 наведені найбільш часто застосовувані при електромонтажу припої.

*Пайка можлива тільки в тому випадку, якщо припій змочує з'єднувані деталі.* Змочування являє собою молекулярну взаємодію рідини з поверхнею твердого тіла. Вона відбувається, якщо сили притягання між атомами припою і металу більше, ніж між атомами всередині самого припою. Якщо крапля припою не змочує поверхню, то вона має приблизно сферичну форму (рис. 1а). Сила зчеплення припою з поверхнею деталі в цьому випадку дуже мала, і крапля припою

легко струшується, не залишаючи слідів на поверхні. При змочуванні крапля припою того ж обсягу має велику поверхню зчеплення з поверхнею деталі (рис. 1б, в, г); сила її зчеплення значна, і припій не можна повністю видалити струшуванням.

Важливими властивостями припою є також розтікання і здатність затікати у вузькі проміжки під дією капілярних сил.

Затікання припою в проміжок - заповнення розплавленим припоєм паяного проміжку.

При наявності забруднень на з'єднуваних поверхнях розтікання припою погіршується і можливе утворення не змочуваних зон, що знижує якість пайки.

Табл. 1

Найменування і марка припою	Температура плавлення, °С	Область застосування
Олов'яно-свинцевий ПОС18	277	Пайка деталей невідповідального призначення із сталі, міді, латуні
Олов'яно-свинцевий ПОС40	235	Лудіння і паяння монтажних деталей, дротів
Олов'яно-свинцевий ПОС61	190	Відповідальна електромонтажна пайка. Для вторинних пайок, розташованих поряд з пайками, виконаними більш тугоплавкими припоями
Олов'яно-свинцево-кадмієвий ПОСК50	145	Пайка і лудіння відповідальних з'єднань, що не допускають місцевого перегріву (деталі з кераміки, скла і т.д., покриті сріблом)
Сплав Розе (олово, свинець, вісмут)	94	Застосовується в тих випадках, коли потрібно зниження температури пайки через небезпеку перегріву деталей, а також для вторинних пайок
Сплав Вуда (олово, свинець, вісмут, кадмій)	60,5	

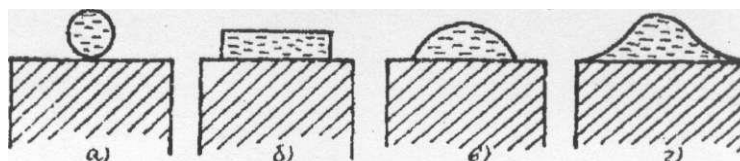


Рис. 1. Змочуваність поверхні металу: а) відсутність змочуваності; б) повне змочування; в) часткове змочування; г) гарне змочування

Підготовка поверхонь деталей, що підлягають пайці, полягає у видаленні забруднень, іржі, окисних і жирних плівок. На змочуваність і розтікання припою істотно впливає форма шорсткостей (неоднорідностей) поверхні. Якщо нерівності утворюють мережу пересічних канавок, то змочуваність і розтікання припою буде посилюватися капілярною дією канавок.

Таким чином, спосіб зачистки може вплинути на якість пайки. Зачистку з утворенням пересічних канавок отримують наждачною шкіркою (це дає кращий результат, ніж травлення).

Як правило, з'єднувані деталі перед пайкою піддаються лудінню. **Лудіння** полягає в покритті поверхонь деталей, що з'єднуються тонкою плівкою припою. Гаряче лудіння виконують паяльником або шляхом занурення у ванну з розплавленим припоєм розігрітої поверхні, що потрібно облудити.

При лудінні припій вкриває основний метал, тому при пайці луджених поверхонь з'єднання відбувається при більш низькій температурі.

Для усунення плівки окислів з поверхонь металів і припою при паянні, захисту поверхні металів і припою від окислення в процесі пайки та зменшення сил поверхневого натягу розплавленого припою на межі метал-припій служать спеціальні матеріали - **флюси**. Правильний вибір флюсу забезпечує якісне з'єднання і суттєво впливає на швидкість пайки. Обраний флюс повинен бути хімічно активний і розчиняти окисли паяних елементів, термічно стабільний і

витримувати температуру пайки без випаровування і розкладання, проявляючи хімічну активність в заданому інтервалі температур.

Всі флюси можна розділити на чотири групи:

- активні або кислотні, застосування яких при електричному монтажі радіоелектронної апаратури заборонено;
- антикорозійні;
- безкислотні - на основі каніфолі. Ця група флюсів знайшла найбільш широке застосування при електричному монтажі. Залишки безкислотних флюсів легко видаляються спиртом. Такий флюс має низьку хімічну активність, тому вимагає особливо гарного очищення поверхонь, що з'єднуються, від окисних плівок перед паянням;
- активовані - на основі каніфолі, що мають у своєму складі різні каталізатори (речовини, що підвищують активність флюсу).

Підготовані поверхні вкривають флюсом безпосередньо перед гарячим лудінням або паянням.

Механізм дії флюсу (рис. 2) полягає в тому, що окисні плівки металу і припою під дією флюсу розчиняються, розрихлюються і спливають на його поверхні. Навколо очищеного металу утворюється захисний шар флюсу, що перешкоджає виникненню окисних плівок. Рідкий припій заміщає флюс і взаємодіє з основним металом. Шар припою поступово збільшується і при припиненні нагріву твердішає.

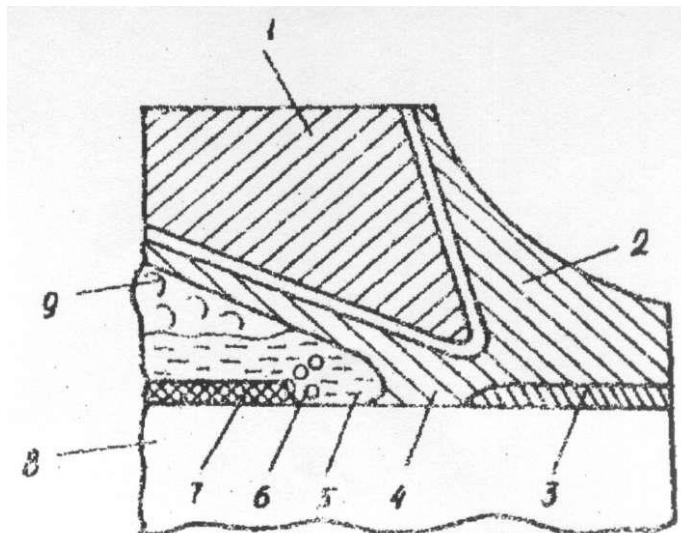


Рис. 2. Схема зони лудіння за допомогою паяльника 1 - наконечник паяльника, 2 - припій, 3 - сплав припою з основним металом, 4 - зона взаємодії припою з основним металом, 5 - флюс, 6 - розчинений окисел; 7 - окисел на поверхні основного металу; 8 - основний метал, 9 - газоподібний флюс.

Марки флюсів та області їх застосування наведені в табл. 2.

Табл. 2.

Тип флюсу	Марка	Склад	Область застосування
Кислотні	Хлористий цинк	Водний розчин хлористого цинку	Деталі з чорних і кольорових металів, що допускають промивку
Антикорозійні	ФІМ	Ортофосфорна кислота, спирт, вода	Деталі з чорних металів, міді та її сплавів, що допускають промивку в гарячій воді
	ВТС	Вазелін, триетаноламін, саліцилова кислота, спирт	Монтажні з'єднання, деталі з міді та її сплавів, срібла, платини

Безкислотні КЕ	Каніфоль	Каніфоль натуральна	Для пайки монтажних з'єднань, деталей з кольорових металів і їх сплавів
Активовані	КЄЦ	Каніфоль, хлористий цинк, спирт	Для пайки чорних, кольорових і дорогоцінних металів
	Паста № 4	Каніфоль, хлористий цинк, вазелін	Для з'єднань підвищеної міцності. Деталі з чорних і кольорових металів, що допускають ретельну промивку

Для поліпшення якості пайки і підвищення продуктивності праці при монтажі електричних кіл рекомендується застосовувати трубчастий припій з каніфольним наповнювачем. Форми перетину трубчастих припоїв показані на рис. 3. Припій являє собою трубку з олов'яно-свинцевого сплаву, усередині якої поміщений каніфольний флюс. Змінена форма серцевини зменшує ймовірність утворення пустот в трубчастому припої і перерв в подачі флюсу в процесі пайки.

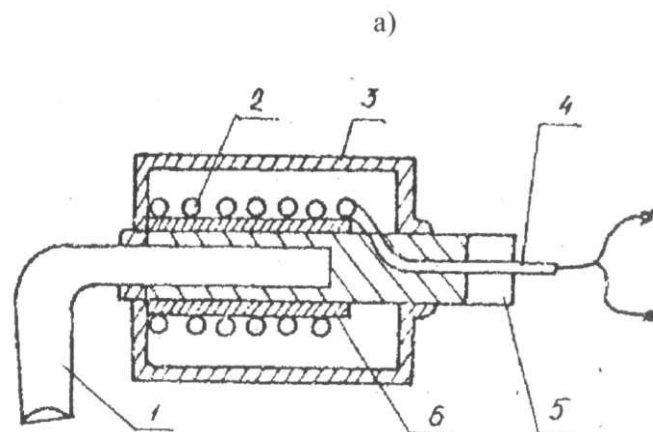


Рис. 3. Трубчастий припій з флюсом

Для пайки в одиничному і дрібносерійному виробництві застосовують паяльники. Два типи електричних паяльників представлені на рис. 4.

Для пайки монтажних з'єднань використовують електричні паяльники з нагрівальним елементом у вигляді спіралі або петлі з ніхромового дроту. Необхідну потужність паяльника вибирають залежно від маси і марки деталей, що з'єднуються.

При монтажі радіоелектронної апаратури припоєм ПОС40 застосовують паяльники потужністю 50, 75, 120 Вт з живленням від мережі змінного струму напругою не більше 36 В. Паяльники на 75 і 120 Вт використовують для пайки з'єднань зі значною масою металу (дроти великого перерізу, кабельні наконечники, корпусні пелюстки та ін.) Для пайки припоєм ПОС61 застосовується паяльник потужністю 35 Вт.



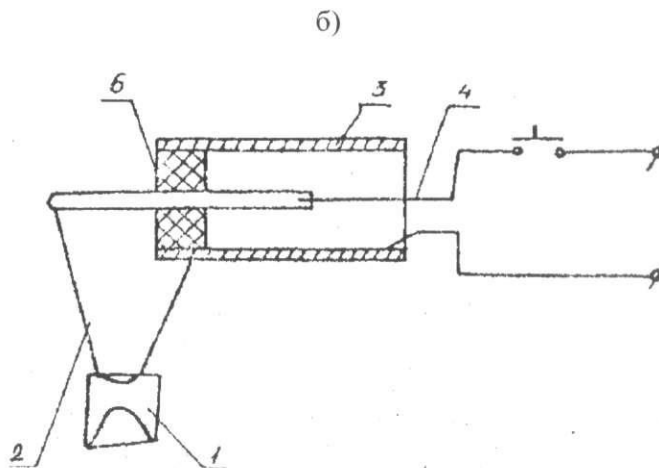


Рис. 4. Типи електричних паяльників: а) паяльник із зовнішнім обігрівом, б) імпульсний паяльник; 1 - мідний стрижень, 2 - нагрівач з ніхромового дроту, 3 - кожух, 4 - виводи, 5 - корпус, 6 - слюдяна або азбестова ізоляція; 7 - наконечник

За конструкцією електричні паяльники бувають трьох типів: молоткові, торцеві і Г-подібні. Всі вони мають суттєві недоліки: більшу втрату часу на розігрів жала, окислення жала, так як воно постійно підігріте, непродуктивна витрата електроенергії.

Від цих недоліків вільний імпульсний паяльник, жалом якого є V-подібний мідний теплопровід, що нагрівається петлею з ніхромового дроту протягом 0,5–2 с, з'єднаний з вторинною обмоткою понижуючого трансформатора. Конструктивно паяльник оформлений у вигляді пістолета, в кожусі якого знаходиться трансформатор. При натисканні на курок включається в мережу первинна обмотка трансформатора, а у вторинній обмотці індукуються струм низької напруги в декілька сот ампер і паяльник нагрівається до необхідної температури.

При проведенні процесу пайки важливо витримувати необхідну температуру. Знижена призводить до недостатньої рідкотекучості припою і поганого змочування поверхонь, що з'єднуються. Значне збільшення температури викликає обвуглювання флюсу до активації їм поверхонь спаю. Оптимальна температура пайки  $T_{п}$  залежить від  $T_{пл}$ , (плавлення припою):

$$T_{п} = T_{пл} + (40 \div 80)^{\circ}\text{C}.$$

Залежно від теплоємності з'єднання вибирають потужність паяльника. При правильному підборі потужності падіння температури його робочого стрижня  $T_{с}$  не повинно бути більше  $20 \div 40^{\circ}\text{C}$ , тобто

$$T_{с} = T_{п} + (20 \div 40)^{\circ}\text{C}.$$

Для проведення високоякісної пайки температуру робочого стрижня паяльника необхідно контролювати і, при необхідності, регулювати. Для цього в промисловості застосовують паяльники з автоматичним регулятором температури або з автоматичною подачею припою.

*При правильній обраній температурі паяльника припій повинен швидко плавитися, але не стікати з робочої частини паяльника (жала), а каніфоль повинна не згоряти миттєво, а залишатися на жалі у вигляді киплячих крапельок.*

Якість монтажних з'єднань багато в чому залежить від правильності заточення жала паяльника. Найбільш зручною формою жала вважається чотиригранна. Поверхня повинна бути рівною, без раковин, очищеної від нагару і добре залуженою.

Пайка монтажних з'єднань повинна забезпечувати надійність електричного контакту і необхідну механічну міцність. Поверхня деталей, що підлягають паянню, перед монтажем треба піддати гарячому лудінню переважно припоєм, застосовуваним при паянні. Припій і флюс для пайки повинні вибиратися в залежності від матеріалів, які паяються, нагрівання елементів монтажу (температура регламентується виробником) і робочих температур. В якості основних слід застосовувати припої марок ПОС61 і ПОС61М. В якості основного флюсу - 30-відсотковий розчин

каніфолі марок А і В у спирті, або кускову соснову каніфоль марки А і Б. Кількість флюсу, що наноситься на місце пайки - мінімальна. Рясне змочування флюсом неприпустимо. Час пайки і лудіння виводів електрорадіоелементів не повинен перевищувати величину, зазначену у технічних умовах пайки для елементів конкретних типів. При відсутності таких обмежень тривалість процесу пайки або лудіння не більше 5 с. Поверхню паяних з'єднань слід очищати тканиною з безворсового матеріалу (наприклад, бавовняною бяззю) або пензликом, змоченим спиртом або спирто-бензиновою сумішшю. Очищати паяні з'єднання треба після кожної пайки. У разі застосування спирто-бензинової суміші повинні бути вжиті заходи, що виключають можливість займання парів бензину.

### Опис матеріалів та інструментів

1. електропаяльник;
2. кусачки;
3. пінцет;
4. припій марки ПОС61;
5. каніфоль соснова кускова;
6. шліфувальна шкурка;
7. монтажний мідний дріт;
8. дроти з заліза, алюмінію, молібдену...
9. лупа або мікроскоп.

### Послідовність проведення роботи

1. Вивчити теоретичну частину лабораторної роботи.
2. В разі потреби провести операцію лудіння жала паяльника. (Розігріти паяльник, напилком придати потрібну форму жалу паяльника, при цьому зішліфувати окалину, а потім швидким рухом вмочити жало в каніфоль та в припій. Перевірити рівномірність покриття припоєм. В разі несучільного покриття попередні дії повторити).
3. За допомогою кусачок відрізати монтажний багатожильний мідний провід необхідної довжини та на його кінчику зняти приблизно 3 – 4 мм ізоляції.
4. В разі потреби зняти ножом окисли з провідників та залудити його. (Провід кладеться на каніфоль та притискається паяльником, щоб каніфоль розплавилась та покрила дроти проводу, далі така ж операція повторюється з припоєм. Потім залужений провід кладеться на рівну поверхню, його кінчик трохи прижимається паяльником. При цьому сам провід прокручується навколо осі, щоб його дроти рівномірно скрутились та ізоляція не деформувалась від перегріву.)
5. Аналогічні операції повторити з залізним, алюмінієвим та вольфрамовими провідниками.
6. Залужені провідники впаяти в макетницю, та спаяти, де це можливо, між собою.
7. Результати занести в таблицю 3.

Табл. 3

№	Матеріал	Результат, якість з'єднання, дефекти
1	Cu-Cu	
2	Fe-Cu	
3	Al-Cu	
4	W-Cu	
5	Fe-Fe	
6	Fe-Al	
7	Fe-W	
8	Al-Al	
9	Al-W	
10	W-W	

5. Розпаяти з'єднання на макетниці.
6. Провести випайку та впайку елементів з виданої друкованої плати.
7. В висновках до роботи дати опис отримання паяних з'єднань пар матеріалів та описати, якщо це можливо, методики проведення паяних з'єднань тих пар матеріалів, де отримати з'єднання не вдалося.
8. Оформити звіт про виконану роботу.

## Вимоги до звіту

*(Увага! Перед початком роботи кожен студент повинен мати протокол та бути теоретично підготовленим.)*

Звіт повинен вмішувати:

1. Ціль роботи.
2. Порядок виконання роботи.
3. Рисунки базових схем та структурної схеми лабораторної установки.
4. Таблиці з результатами спаювання різних комбінацій металічних матеріалів.
5. Пояснення дефектів, що виникли, і результатів спаювання.
6. Висновки по роботі, що мають містити опис отримання паяних з'єднань пар матеріалів та описати, якщо це можливо, методики проведення паяних з'єднань тих пар матеріалів, де отримати з'єднання не вдалося.

*(Увага! Табличні данні, розрахунки, рисунки графіків, осцилограм, висновки повинні бути представлені в рукописному вигляді, без використання комп'ютерної та розмножувальної техніки.)*

## Контрольні питання

1. Що входить у поняття "електричний монтаж"?
2. Які фізичні явища лежать в основі процесу пайки?
3. Як якість і стан поверхонь з'єднуваних деталей впливає на якість паяного з'єднання?
4. Яке призначення флюсу? Які вимоги висуваються до флюсу для отримання якісного з'єднання?
5. Механізм дії флюсу.
6. У чому полягає технологічний процес лудіння? Яке його призначення?
7. Які типи електричних паяльників ви знаєте?
8. Для чого необхідно контролювати температуру пайки? Яким чином може здійснюватися цей контроль?
9. Яку величину складає допустимий час пайки і лудіння виводів електрорадіоелементів?
10. Яким чином можна визначити якість змочування поверхні припоєм?
11. Що забезпечує кращу підготовку поверхні до паяння: механічна очистка поверхні або хімічне травлення і чому?
12. У чому перевага імпульсного паяльника?
13. Які флюси застосовуються при електричному монтажі?
14. Що таке припій?
15. Які характеристики припою мають найбільше значення при паянні?
16. Що таке "трубчастий припій"? У чому його переваги?
17. Припій якої марки найбільш часто застосовується при електромонтажній пайці?
18. Як визначається необхідна температура нагріву паяльника?
19. Як визначається необхідна потужність паяльника?
20. Переваги та недоліки переходу до безсвинцевих припоїв.
21. Як впливає процентний вміст припою на його якість.
22. Дефекти паяного з'єднання. Що впливає на їх утворення?
23. Як впливає процентний вміст припою на його якість?

## Література

1. Государственный стандарт.союза ССР. Пайка и лужение. Основные термины и определения ГОСТ 17325—79. Издание официальное. Государственный комитет СССР по стандартам. Москва.
2. Хряпнин В.Е. Справочник паяльщика. М.: Машиностроение, 1981.
3. Справочник по пайке. Под. редакцией И.Е. Петрунина 3-е изд., преработ и доп. М.: Машиностроение, 2003. 480с; с ил.
4. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: Учебник для вузов. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с. URL: [http://slil.ru/22574041/529407141/Konstruktorsko-tehnologicheskoe\\_proektirovanie\\_elektronnoj\\_apparatury.rar](http://slil.ru/22574041/529407141/Konstruktorsko-tehnologicheskoe_proektirovanie_elektronnoj_apparatury.rar)
5. Технология приборостроения: Учебник / Под общей редакцией проф. И.П.Бушминского. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана. URL: <http://www.engineer.bmstu.ru/res/RL6/book1/book/metod/tpres.htm>
6. DIRECTIVE 2002/95/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment. Official Journal of the European Union, 13.2.2003, L 37/19.
7. Smith, G.R. & J.I. Martinez (2003), Lead in December 2002. Mineral Industry Survey, United States Geological Survey <http://minerals.usgs.gov/minerals>.



8. JEDEC STANDARD Marking, Symbols, and Labels for Identification of Lead (Pb) Free Assemblies, Components, and Devices. JESD97 MAY 2004.
9. JOINT INDUSTRY STANDARD Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Nonhermetic Solid State Surface Mount Devices. IPC/JEDEC J-STD-020C July 2004. [www.nemi.org/projects/ese/lf\\_assembly.html](http://www.nemi.org/projects/ese/lf_assembly.html)
10. "Napoleon's Buttons and Lead-free Soldering" Ronald C. Lasky, Lead-free Electronics Magazine November, 2004
11. Whisker Evaluation of Tin-Plated Logic Component Leads. Douglas W. Romm, Donald C. Abbott, Stu Grenney, and Muhammad Khan. Texas Instruments Application Report SZZA037A - February 2003
12. Lead Free Hand Soldering. Lee Whiteman. A publication of the National Electronics Manufacturing Center of Excellence. April 2005

## Додаток

### Дефекти паяних з'єднань

Якість паяних виробів визначається їх міцністю, надійністю, корозійною стійкістю, здатністю виконувати спеціальні функції (теплопровідність, електропровідність, комутаційні характеристики тощо). Забезпечення цих характеристик досягається оптимальними рішеннями в процесі виробництва паяного виробу. Дефекти, що виникають при виготовленні паяних виробів, можна розділити на дефекти заготовки і збірки, дефекти паяних з'єднань і паяних виробів.

До найбільш типових дефектів паяних з'єднань відносяться пори, раковини, шлакові і флюсові включення, непропаї, тріщини. Ці дефекти класифікують на дві групи: що пов'язані із заповненням проміжку розплавом припою між зпаяними деталями і що виникають у процесі охолодження виробу від температури пайки до температури навколишнього середовища. Дефекти першої групи пов'язані головним чином з особливостями заповнення капілярних проміжків в процесі пайки. Дефекти другої групи зумовлені зменшенням розчинності газів у металах при переході їх з рідкого стану в твердий та усадковими явищами. До них також належить пористість кристалізаційного і дифузійного походження. Крім пор до дефектів суцільності відносяться тріщини, які можуть виникати в металі шва, в зоні спаїв або в паяному металі. Велику групу дефектів становлять шлакові і флюсові включення.

Причиною утворення непропаїв, які беруть початок біля границі розділу з паяним металом, може бути неправильне конструювання паяного з'єднання (наявність «глухих», не маючих виходу порожнин), блокування рідким припоєм газу при наявності нерівномірного нагріву або нерівномірного проміжку, місцева відсутність змочування рідким припоєм поверхні паяного металу. Причиною появи блокованих залишків газу в швах може бути нерівномірність руху фронту рідини при затіканні припою в проміжок. Фронт дробиться на ділянки прискореного й уповільненого просування, в результаті чого можуть відсікатися малі обсяги газу. Таким же чином може відбуватися захоплення флюсу і шлаків в шві. У процесі охолодження з'єднання через зменшення розчинності газів відбувається їх виділення та утворення розсіяної газової пористості. Досвід високотемпературної пайки алюмінієвих сплавів з попередньою дегазацією припоїв і флюсів показує, що пористість металу шва при цьому різко зменшується. Іншою вельми поширеною причиною утворення розсіяної пористості є виникнення так званої усадочної пористості. Це явище характерне для випадку затвердіння сплаву з широким інтервалом кристалізації. При малих проміжках усадочні міждендритні (дендрит від грецького δένδρον — «дерево») порожнини, як правило, тягнуться у вигляді ланцюжка в центральній частині шва. При великих проміжках усадочні пори розташовуються в шві більш рівномірно в міждендритному просторі.

Причиною утворення пор в паяних швах може бути ефект сфероїзації. У цьому випадку пористість в зоні шва виникає в результаті некомпенсованої дифузії атомів припою і паяного металу. Такого роду пористість виникає в системах припій - паяний метал, у яких є помітна різниця в коефіцієнтах дифузії.

Тріщини в паяних швах можуть виникати під дією напруг і деформацій металу виробу в процесі охолодження. Прийнято розрізняти холодні і гарячі тріщини. Холодні тріщини утворюються при температурах до 200°C. Гарячими називаються тріщини, що утворюються при температурі вище 200°C. Ці тріщини зазвичай мають кристалізаційне або полігонізаційне походження. (Полігонізації – перебудова і впорядкування дислокаційної структури металів. Полігонізації призводить до утворення субзерних границь.) Якщо в процесі кристалізації швидкість охолодження висока і виникаючі напруги великі, а деформаційна здатність металу шва мала, то з'являються кристалізаційні тріщини. Полігонізаційні тріщини виникають вже при температурах нижче температури солідуса після затвердіння сплаву по так званим полігонізаційним кордонам, що утворюються при вибудовуванні дислокацій в металі до рядів та утворенні сітки дислокацій під дією внутрішніх напружень. Холодні тріщини виникають найчастіше в зоні спаїв, особливо в разі утворення прошарку тендітних інтерметалідів. Тріщини в паяному металі можуть з'явитися і в результаті впливу рідких припоїв, що викликають адсорбційне зниження міцності.

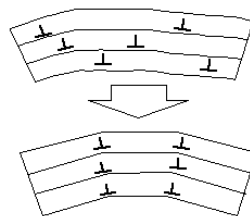


Рис. Схема трансформації дислокаційної структури при полігонізації.

Неметалеві включення типу флюсових або шлакових виникають при недостатньо ретельній підготовці поверхні виробу до пайки або при порушенні її режиму. При дуже тривалому нагріванні під пайку флюс реагує з паяним металом з утворенням твердих залишків, які погано витісняються із проміжку припоєм. Шлакові включення можуть утворитися також через взаємодію припоїв і флюсів з киснем повітря або полум'ям пальника.

## Відсмоктувач

Відсмоктувач - пристрій для видалення припою. Являє собою вакуумний насос з наконечником для втягування розплавленого припою з оброблюваної поверхні. Зазвичай використовується для демонтажу електронних компонентів.

Найпростіші і найпоширеніші конструкції засновані на вакуумному насосі у вигляді підпружиненого поршня з фіксатором його положення в зведеному стані, з наконечником вхідного каналу у вигляді звуження. Як правило, наконечник змінний і виконаний з фторопласту. Принцип дії: припій на місці пайки розплавляють, підносять зведений відсмоктувач, натискають на спускову кнопку фіксатора, пружина виштовхує поршень, перепад тиску засмоктує припій всередину, звільняючи деталі на платі від припою.

У професійних конструкціях відсмоктувач обладнують спеціалізованим автоматизованим вакуумним насосом і регульованим по температурі наконечником для одночасного розплавлення і відсмоктування припою. У такій конструкції припій не застигає в каналі наконечника.

При демонтажі деталей з використанням відсмоктування, слід звертати увагу на розмір доріжок, що підходять до демонтованої деталі. При роботі з тонкими доріжками, використання відсмоктувача може привести до їх відшарування від плати. У таких випадку замість відсмоктувача доцільніше використовувати мідну обмотку коаксіального кабелю.

## Пайка хвилею припою

Пайка хвилею припою з'явилася 30 років тому і в даний час досить добре освоєна. Вона застосовується тільки для пайки компонентів в отворах плат (традиційна технологія), хоча деякі виробники стверджують, що з її допомогою можна проводити пайку поверхнево монттованих компонентів з нескладною конструкцією корпусів, що встановлюються на одній зі сторін комутаційної плати.

Процес пайки простий. Плата, встановлена на транспортері, піддається попередньому нагріванню, яке виключає тепловий удар на етапі пайки. Потім плата проходить над хвилею припою. Сама хвиля, її форма та динамічні характеристики є найбільш важливими параметрами устаткування для пайки. За допомогою сопла можна змінювати форму хвилі; в колишніх конструкціях установок для пайки застосовувалися симетричні хвилі. В даний час кожен виробник використовує свою власну форму хвилі (у вигляді грецької літери "омега", Z-образну, T-образну та ін.). Напрямок та швидкість руху потоку припою, що досягає плати, також можуть змінюватись, але вони повинні бути однакові по всій ширині хвилі. Кут нахилу транспортера для плат теж регулюється. Деякі установки для пайки обладнуються дешунтуючим повітряним ножом, який забезпечує зменшення кількості перемичок припою. Ніж розташовується відразу ж за ділянкою проходження хвилі припою і включається в роботу, коли припій знаходиться ще в розплавленому стані на комутаційній платі. Вузкий потік нагрітого повітря, що рухається з високою швидкістю, несе із собою надлишки припою, тим самим руйнуючи перемички і сприяючи видаленню залишків припою.

Коли вперше з'явилися комутаційні плати, зі зворотного боку яких компоненти встановлювалися на поверхню, їх пайка проводилася хвилею припою. При цьому виникло безліч проблем, пов'язаних як з конструкцією плат, так і з особливостями процесу пайки, а саме: непропаї і відсутність галтелей припою через ефект затінення виводів компонента іншими компонентами, що перегороджують доступ хвилі припою до відповідних контактних площадок, а також наявність порожнин з захопленими газоподібними продуктами розкладання флюсу, що заважають дозуванню припою.

## Паяльні станції

Паяльна станція - електричний інструмент для паяння. До складу паяльної станції входить, крім спеціального паяльника, блок керування. Має в порівнянні зі звичайним паяльником розширеними можливостями: регулюванням і підтримкою заданої температури, захистом від перевантажень і статичної електрики, і, іноді, аксесуарами: підставкою для паяльника, відсмоктувачем для видалення зайвого припою з місця пайки, термофеном і т.д.

Паяльні станції поділяють за кількістю підключаємих паяльників на одно- і двоканальні. До складу двоканальної паяльної станції можуть входити монтажні і демонтажні паяльники з різними потужностями і робочими діапазонами температур.

Найчастіше спеціалізований паяльник у складі паяльної станції підтримує швидку зміну наконечника для паяння ("жала") при роботі з різними типами радіодеталей. Існують комбіновані паяльні станції, які включають до свого складу як паяльник, так і фен.