**Припої (матеріали для паяння)**

Паяння – спосіб з’єднання металевих або металізованих деталей з допомогою чистих металів або спеціальних сплавів, що називаються **припоями**. Мета паяння – створення механічно міцного і герметичного шва або електричного контакту з малим перехідним опором. При паянні крім припоїв застосовують допоміжні речовини – флюси.

Припій – матеріал, яким у розплавленому стані заповнюють проміжок між з’єднуваними частинами виробу або створюють електричний контакт між ними. При паянні місця з’єднання і припій нагрівають. Оскільки у припою температура плавлення значно нижча, він плавиться, змочує з’єднувані метали, розтікається ними і заповнює проміжок між ними.

В результаті утворюється прошарок, котрий після твердіння з’єднує деталі в одне ціле.

Припої поділяють на дві групи - м’які і тверді. До м’яких належать припої з температурою плавлення нижче 3000С і границею міцності на розтяг
16-100 МПа. Тверді припої мають температуру плавлення вище 3000С і міцність на розтяг 100-500 МПа.

Припої вибирають з врахуванням роду з’єднуваних металів або сплавів, потрібної механічної міцності, корозійної стійкості, вартості і (при паянні струмопровідних деталей) питомого електричного опору припою. Назва припою, як правило, визначається металами, які входять до його складу в найбільшій кількості. Якщо ж припій містить дорогоцінні метали навіть в невеликій кількості, це враховується у назві.

Найуживаніші м’які припої - олов’яно-свинцеві з вмістом олова від 18% (ПОС-18) до 90% (ПОС-90). Їх питома провідність складає близько 10 % від питомої провідності міді, а температура плавлення від 240 до 1850С. Якщо вимагається нижча температура паяння, застосовують легкоплавкі припої, що містять вісмут та кадмій. Номенклатура легкоплавких припоїв, які застосовують в радіоелектронній промисловості досить широка. Їх склад і застосування визначається відомчим стандартом. Характеристики деяких припоїв наведено в таблиці

Останнім часом провідні фірми радіоелектронної промисловості докладають значних зусиль для розробки припоїв, які не містять свинцю.

**Солідус** — крива на [фазовій діаграмі](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B4%D1%96%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0), що визначає [температуру](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0), нижче якої речовина перебуває в [твердій фазі](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%B5_%D1%82%D1%96%D0%BB%D0%BE).

При досягненні температури солідуса речовина починає плавитися, проте це не означає, що при цій температурі вона розплавлюється повністю. В певному проміжку температури може існувати розшарування речовини на рідку й тверду фази.

**Лі́квідус** — крива на [фазовій діаграмі](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B4%D1%96%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0), що визначає температуру, вище якої речовина, зокрема, [сплав](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B2), перебуває повністю в рідкому стані.

В проміжку температур між [солідусом](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%B4%D1%83%D1%81) і ліквідусом, можливе співіснування розплаву й твердої фази.

| Назва припою | Марка | Склад | Тпл, 0С | Застосування |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Олов’яно-свинцеві, м’які | ПОС-18 до ПОС-90 | Sn: від 10 до 90%Sb:від 0,15 до 2,5%решта - Pb | Від 185 до 240 | Паяння і лудіння проводів, друкованих плат, деталей електроапаратури |
| Олов’яно-свинцево-кадмієві, м’які | ПОСК-47 | Sn: 47 -50%Pb: 32-36%Сd: 17-18% | 145-180 | Теж саме і паяння металокераміки, частин мікросхем покритих сріблом |
| Срібний, м’який | Пср–3 Іn | Ag: 2,5-3,5%решта - In | 141 | Паяння золота і срібла, контактів мікросхем |
| Мідно-цинкові, тверді | ПМЦ –36ПМЦ– 54 | Cu:36-54%решта - Zn | 825-970 | Паяння міді, її сплавів, сталі |
| Срібні, тверді | від Пср-25 до Пср–80-70 | Ag: 25-70%Cu: 26-40%Zn:4 – 35% | 720-765 | Паяння міді, її сплавів, срібла, платини, сталі |
| СплавВуда | - | Sn: 12,5%Cd: 11,5%Pb: 25%Bi: 50% | 61 | Там, де необхідна особливо низька температура |
| Сплав АВИА-1 |  | 55% олова, 25% цинка, 20% кадмія | 200 | Для пайки алюмінія |

Sn – олово (Stannum); Sb – сурма (Stibium); Pb – свінець (Plumpum);

Cd – кадмій; In – індій; Mn – марганець (Manganum); Bi – вісмут;



##  Флюси

Флюси - допоміжні матеріали, використовувані при паянні для очищення поверхні металів, для захисту зони з’єднання від шкідливого впливу повітря і забезпечення якісного і надійного з’єднання. Для досягнення цієї мети флюси повинні відповідати таким вимогам:

а) вони повинні добре змочувати поверхні металів і поліпшувати розтікання припою;

б) розчиняти і видаляти оксиди і забруднення з поверхні з’єднуваних деталей;

в) захищати в процесі паяння поверхню металу та розплавлений припій від окислення;

г) знижувати поверхневий натяг розплавленого припою для поліпшення змочування ним основного металу;

д) мати температуру плавлення на 50-100оС нижчу температури плавлення припою;

е) не змінювати свого складу при температурі паяння;

є) не викликати корозії;

ж) легко видалятися з поверхні після паяння.

Флюси поділяють на активні, безкислотні, активовані та антикорозійні.

**Активні** (кислотні) флюси інтенсивно розчиняють оксидні плівки на поверхні металу, забезпечуючи хорошу адгезію і механічну міцність з’єднання. Оскільки основу цих флюсів складають активні речовини ( соляна кислота, хлористі та фтористі сполуки металів), залишки флюсу після паяння викликають інтенсивну корозію з’єднання і основного металу. Тому активні флюси застосовують лише тоді, коли можливі ретельне промивання і повне видалення залишків флюсу.

При монтажному паянні радіоелектронної апаратури застосування активних флюсів виключається.

**Безкислотні** флюси – каніфоль і флюси на її основі з додаванням неактивних речовин (спирту, гліцерину). Залишки безкислотних флюсів не викликають корозію з’єднання. Безкислотні флюси застосовуються для паяння та лудіння міді, латуні, нікелю та металів, покритих оловом, сріблом та іншими металами та сплавами.

**Активовані** флюси готують на основі каніфолі з додаванням активаторів – невеликої кількості саліцилової кислоти, солянокислого діетиламіну та ін. Висока активність деяких активованих флюсів дозволяє паяння без попереднього видалення оксидів після знежирювання. Застосовуються для паяння та лудіння вуглецевої сталі, міді та її сплавів, нікелю і його сплавів та інших металів.

**Антикорозійні** – флюси на основі фосфорної кислоти з додаванням органічних кислот. Залишки цих флюсів не викликають корозії.

Флюси не видаляють зі з’єднуваних поверхонь сторонні речовини (плівки жиру, лакове покриття і т. п.). Перед паянням поверхні треба очистити, всі забруднюючі речовини слід видалити хімічними або механічними засобами.

### Контактні матеріали

Контакти – струмопровідні деталі, які служать для замикання, розмикання та перемикання електрорадіотехнічних кіл. За умовою експлуатації вони можуть неперервно з різною частотою спрацьовувати – переходити з одного положення в інше, а також тривалий час знаходитись як в замкнутому, так і в розімкнутому стані.

Контакти – відповідальні елементи апаратури, які повинні забезпечувати високу надійність, малий перехідний електричний опір, виключати ерозію (обгорання), приварювання.

Відповідно до вимог різних типів контактів (залежно від потужності кола, сили струму, напруги, додаткових вимог) застосовується широка номенклатура матеріалів.

Для контактів зі слабкими струмами використовують благородні і тугоплавкі метали, переважно: срібло, платину, паладій, золото, вольфрам і сплави на їх основі. Більшість дорогоцінних металів (крім срібла) звичайно застосовують для контактів, як гальванічне покриття.

Для контактів з великою силою струму крім міді, срібла та деяких їх сплавів застосовують композиційні матеріали, що складаються з двох або більше компонентів, що відрізняються між собою тугоплавкістю.

Найширше застосування композицій: срібло – оксид магнію, срібло – нікель, срібло – вольфрам, срібло –молібден, мідь – вольфрам та інші.

Для ковзаючих контактів використовують тверду мідь, берилієву бронзу, а також матеріали системи Ag – CdO.

**Для якісної пайки необхідно:**

1) Правильне обирання припою і флюсу

2) Зачищений і пролужений паяльник

3) Чисті поверхні, на яких відбувається пайка

4) Правильне з’єднання проводів

 

**Друковані плати.**

Друкована плата (англ. Printed circuit board, PCB, або printed wiring board, PWB) - пластина з діелектрика, на поверхні та/або в об’ємі якої сформовані електропровідні ланцюги електронної схеми. Друкована плата призначена для електричного і механічного з'єднання різних електронних компонентів. Електронні компоненти на друкованій платі з'єднуються своїми висновками з елементами проводящого малюнка, зазвичай паянням.

**Будова**.

На відміну від навісного монтажу, на друкованій платі електропровідний малюнок виконаний з фольги, цілком розташованої на твердій ізолюючої основі. Друкована плата містить монтажні отвори і контактні площадки для монтажу вивідних або планарних компонентів. Крім того, в друкованих платах є перехідні отвори для електричного з'єднання ділянок фольги, розташованих на різних шарах плати. З зовнішніх сторін на плату зазвичай нанесені захисне покриття («паяльна маска») та маркування (допоміжний малюнок і текст згідно конструкторської документації).

**Види друкованих плат**

Залежно від кількості шарів з електропровідним малюнком, друковані плати поділяють на:

1) однобічні (ОПП): є тільки один шар фольги,

2) двосторонні (ДПП): два шари фольги.

3) багатошарові (МПП): фольга не тільки на двох сторонах плати, а й у внутрішніх шарах діелектрика. Багатошарові друковані плати виходять склеюванням декількох односторонніх або двосторонніх плат

У міру зростання складності проектованих пристроїв і щільності монтажу, збільшується кількість шарів на платах.

За властивостями матеріалу основи:

1) Жорсткі

2) Теплопровідні

3) Гнучкі

Друковані плати можуть мати свої особливості, у зв'язку з їх призначенням і вимогами до особливих умов експлуатації (наприклад, розширений діапазон температур) або особливості застосування (наприклад, плати для приладів, що працюють на високих частотах).

**Матеріали**

Основою друкованої плати служить діелектрик, найбільш часто використовуються такі матеріали, як склотекстоліт і гетинакс.

Також основою друкованих плат може служити металеву підставу, покрите діелектриком (наприклад, анодований алюміній), поверх діелектрика наноситься мідна фольга доріжок. Такі друковані плати застосовуються в силовій електроніці для ефективного тепловідводу від електронних компонентів. При цьому металева підставк плати кріпиться до радіатора.

Як матеріал для друкованих плат, що працюють в діапазоні НВЧ і при температурах до 260 ° C, застосовується фторопласт, армований склотканиною (наприклад, ФАФ-4Д), і кераміка.

Гнучкі плати роблять з поліамідних матеріалів, таких як каптон.

**Конструювання**

Конструювання плат відбувається в спеціалізованих програмах автоматизованого проектування. Найбільш відомі P-CAD, Sprint-Layout, Proteus, та інші. Сам процес конструювання часто іменують сленговим словом "розводка", маючи на увазі процес прокладки провідників.

**Типові помилки конструювання**

Виробники друкованих плат часто стикаються з неочевидними помилками конструювання початківцями інженерами. Найбільш типові помилки:

1)Невірний вибір діаметра свердління отворів для монтажу компонентів. У процесі виготовлення плати частина просвіту отвори піде на металізацію, що може призводити до неможливості нормального монтажу компонента.

2)Помилки в узгодженні необхідного розміру контуру друкованої плати з методом його обробки. Різні методи обробки контуру вимагають відповідного припуску.

3)Помилки при виборі окремих розмірів провідників, зазорів, отворів, окантовки отворів і т.п. Ці розміри визначають клас точності, а значить ціну і терміни виготовлення плат. Навіть один елемент з помилково малим розміром може перекваліфікувати клас точності всієї плати.

4)Нерівномірний розподіл доріжок, полігонів і точок пайки на великогабаритних друкованих платах може призводити до викривлення плат після пайки в печах.

5)Відсутність термозазора навколо точок монтажу компонентів при підключенні до великих заливок фольгою (полігонам або широких доріжках) призводить до ускладнень та шлюбу при пайку: мідь є ефективним теплоотводом і утрудняє прогрів місця пайки.

6)Для плат, що підлягають лакуванню, слід враховувати вимоги до розташування роз'ємів та інших що не підлягають лакуванню компонентів. В іншому випадку зростає відсоток браку при попаданні лаку на контакти роз'ємів.

**Виготовлення**

Виготовлення ПП можливо адитивним або субтрактівним методом. У аддитивном методі проводить малюнок формується на нефольгірованние матеріалі шляхом хімічного міднення через попередньо нанесену на матеріал захисну маску. У субтрактивном методі проводить малюнок формується на фольгированном матеріалі шляхом видалення непотрібних ділянок фольги. У сучасній промисловості застосовується виключно субтрактівний метод.

Весь процес виготовлення друкованих плат можна розділити на чотири етапи:

1)Виготовлення заготовки (фольгованого матеріалу).

2)Обробка заготовки з метою отримання потрібних електричного і механічного виду.

3)Монтаж компонентів.

4)Тестування.

Часто під виготовленням друкованих плат розуміють тільки обробку заготовки (фольгованого матеріалу). Типовий процес обробки фольгованого матеріалу складається з декількох етапів: сверловка перехідних отворів, отримання малюнка провідників шляхом видалення надлишків мідної фольги, металізація отворів, нанесення захисних покриттів і лудіння, нанесення маркування. [7] Для багатошарових друкованих плат додається пресування кінцевої плати з декількох заготовок.

**Монтаж компонентів**

Пайка є основним методом монтажу компонентів на друковані плати. Пайка може виконуватися як вручну паяльником, так і за допомогою спеціально розроблених специфічних технологій.

**Пайка хвилею**

Основний метод автоматизованій груповій пайки для вивідних компонентів. За допомогою механічних активаторів створюється довга хвиля розплавленого припою. Плату проводять над хвилею так, щоб хвиля ледь торкнулася нижньої поверхні плати. При цьому висновки заздалегідь встановлених вивідних компонентів змочуються хвилею і припаиваются до плати. Флюс наноситься на плату губчастим штемпелем.

**Пайка в печах**

Основна стаття: Поверхневий монтаж

Основний метод груповий пайки планарних компонентів. На контактні площадки друкованої плати через трафарет наноситься спеціальна паяльна паста (порошок припою в пастообразном флюсі). Потім встановлюються планарні компоненти. Потім плату з установленими компонентами подають в спеціальну піч, де флюс паяльної пасти активізується, а порошок припою плавиться, припаивая компонент.

Якщо такий монтаж компонентів виконується з двох сторін, то плата піддається цій процедурі двічі - окремо для кожної сторони монтажу. Важкі планарні компоненти встановлюються на крапельки клею, які не дозволяють їм впасти з перевернутою плати під час другої пайки. Легкі компоненти утримуються на платі за рахунок поверхневого натягу припою.

Після пайки плату обробляють розчинниками з метою видалення залишків флюсу та інших забруднень, або, при використанні безотмивочной паяльної пасти, плата готова відразу для деяких умов експлуатації.

**Установка компонентів**

Установка компонентів може виконуватися як вручну, так і на спеціальних автоматах-установника. Автоматична установка зменшує ймовірність помилки і значно прискорює процес (кращі автомати встановлюють декілька компонентів в секунду).

**Фінішні покриття**

Після пайки друковану плату з компонентами покривають захисними складами: гидрофобизаторами, лаками, засобами захисту відкритих контактів. В окремих випадках для роботи плати в умовах сильних вібрацій, плата може бути цілком залита в гумоподібний компаунд.

**Тестування і контроль**

Для масового промислового виробництва друкованих плат розроблені автоматизовані методики контролю якості. Для контролю якості обробки заготівлі застосовуються електричні тести на цілісність провідників і відсутність замикань. При контролі якості монтажу електронних компонентів застосовують оптичні методи контролю.

Оптичний контроль якості монтажу виконується за допомогою спеціалізованих стендів з відеокамерами високого дозволу. Стенди вбудовуються в технологічну лінію на етапах:

контролю малюнка провідників, контуру друкованої плати і діаметрів отворів.

контролю рівномірності і дозування нанесення паяльної пасти.

контролю точності установки компонентів.

контролю результатів пайки (оплавлення припою або пайки хвилею).

**Типові дефекти пайки, які виявляються оптичними системами:**

Зсув компонентів у процесі пайки.

Короткі замикання.

Недолік і надлишок припою.

Викривлення друкованих плат.