

Хімічний метод (субтрактивний)

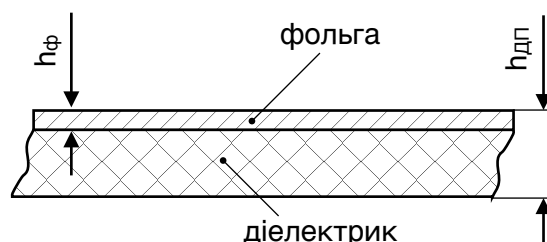
В субтрактивних (відношення, видалення) методах провідний рисунок (рисунок елементів друкованого монтажу) утворюється шляхом видалення провідникового шару з незахищених ділянок поверхні фольги. Для цього на мідну фольгу діелектрика наноситься захисних резист у вигляді провідникової схеми, а незахищені ділянки фольги витравлюються.

Отвори не металізуються

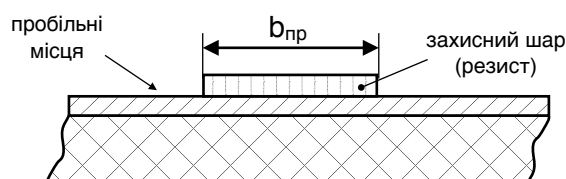
Процес є найбільш простим та дозволяє виготовити ДП з підвищеною щільністю монтажу. Враховуючи те, що МО не мають металізації, то не забезпечується міцність сцеплення в місцях встановлення виводів КЕ. Міцність зчеплення забезпечується розмірами КП та якістю фольгового діелектрика.

Схема технологічного процесу виготовлення ОДП (ДДП) хімічним *позитивним* методом

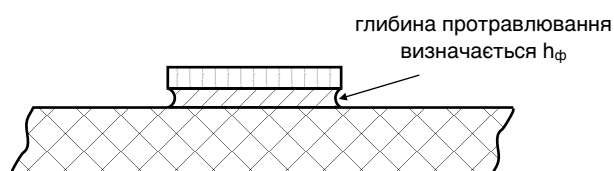
Ретельно оброблений
односторонній фольговий
діелектрик



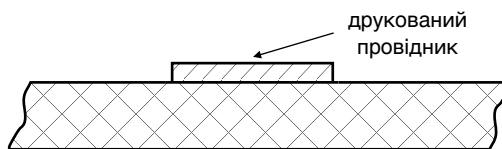
Створення захисного
рельєфу: трафаретний друк,
фотодрук, ...



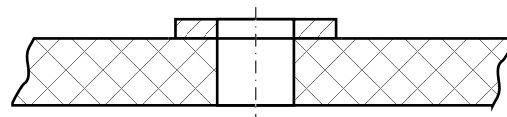
Травлення (хлорид заліза)



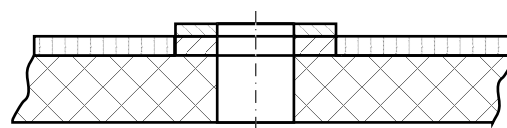
Видалення резисту
(механічним, хімічним
шляхом)



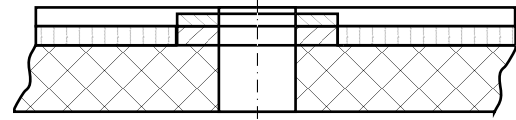
Виготовлення отворів



Маркування, нанесення маски
для пайки, трафаретний друк



Нанесення захисної плівки
лаку: занурення, розпилення



Контроль

Таким чином коротко суть методу наступна.

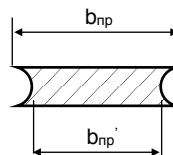
Матеріал основи опускаємо, тобто не розглядаємо також дуже складні процеси механічної обробки зразку плати - сучасні ДП виготовляються 4 або 5-го класу точності, а це означає, що високі конструктивні вимоги пред'являються не тільки до елементів друкованого монтажу, а й до механічної обробки, до точності фіксації плати при формуванні рисунку друкованих елементів. Потім йде ретельна обробка поверхні фольги. Ця обробка в подальшому забезпечує високу якість виготовлення ДП.

Після етапу механічної підготовки ДП на мідну фольгу наноситься кислотостійкою фарбою позитивний рисунок схеми провідників (*звертаю вашу увагу на необхідну точність*). Травленням в розстворі хлоридного заліза видаляється мідь з незахищених ділянок і на діелектрику утворюється необхідна схема провідників.

Після етапу травлення ДП проходить ряд технологічних операцій, що пов'язані з очищенням ДП від захисної фарби та результатів хімічної реакції (*багатократна промивка*).

Недоліки методу

- великі втрати міді (60-90%) високоякісної, електрохімічної (*при виготовленні 16000м² ДП втрати міді сягають 3-6т*)
- немає металізації отворів
- протравлювання друкованих провідників (бокове). Протравлювання провідників обмежує їх мінімальну ширину. Це призводить до того, що $b_{пр}$ збільшують на $1.5h_{ф}$. При цьому вся складність полягає в тому, що $b_{пр} = 100\text{мкм}$ та менше (*не у нас*) і він ще протравлюється з боків



- використовується травильна кислотне агресивне середовище. Це потребує розробляти технологічне обладнання, що відповідає агресивності матеріалів.

Переваги методу

- висока роздільна здатність
- короткий технологічний цикл
- високе відпрацювання технологічного процесу (з 1924 року - видано патент)

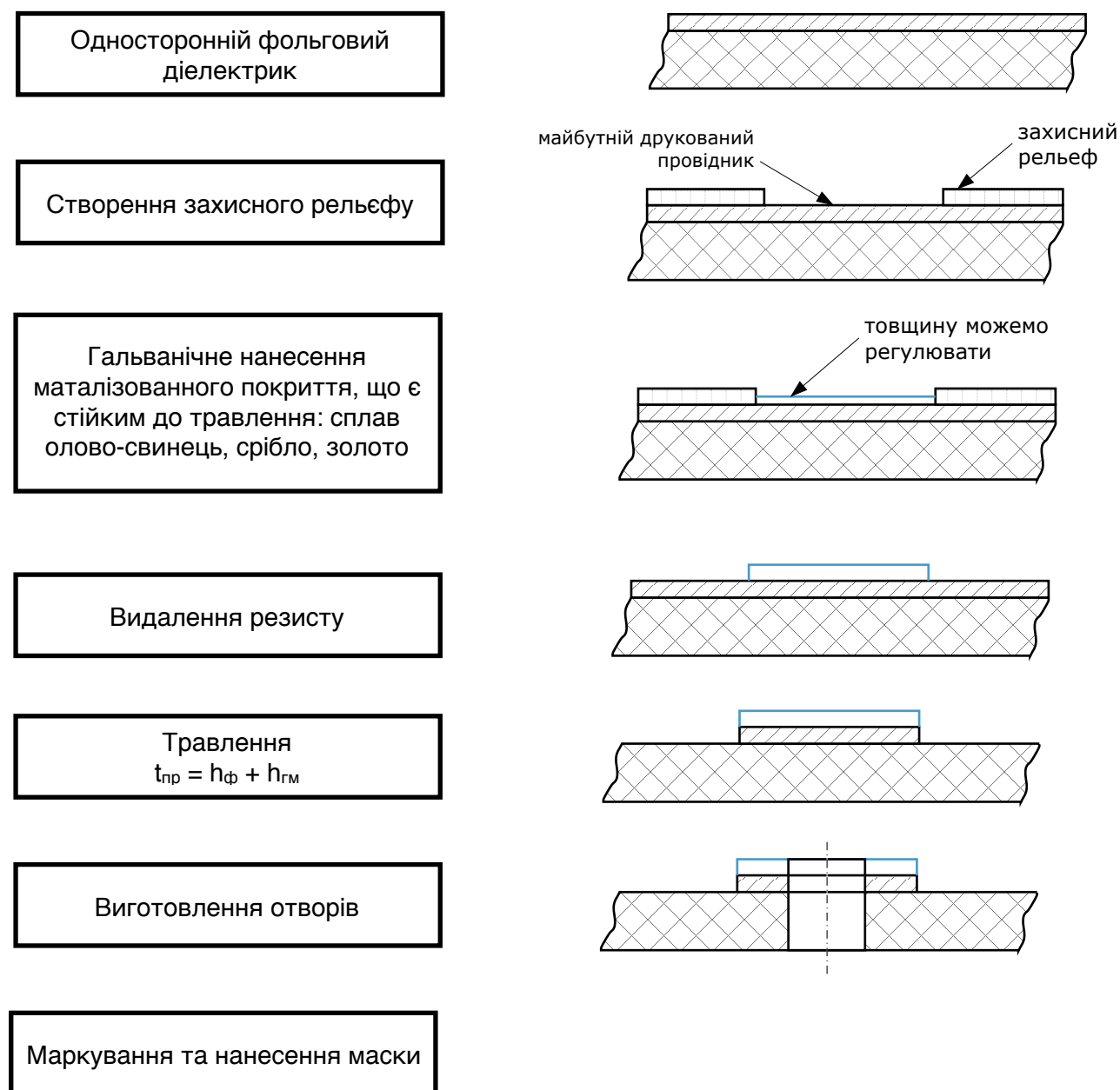
Звертаю вашу увагу $t_{пр} = h_{ф}$

Негативний метод

В самому методі захисний рельєф створюється гальванічним покриттям мідних поверхонь, що незахищені резистом. Тип матеріалу що наноситься визначається функцією шару, тобто в БДП різні шари покриваються різними матеріалами.

Наступними операціями є видалення резисту та травлення, при цьому гальванічно осаджені шари служать захисною маскою. *Негативний метод* може використовуватися при виготовленні всієї ДП або тільки окремих елементів друкованого монтажу, окремих шарів БДП.

Схема технологічного процесу виготовлення ОДП (ДДП) *негативним* хімічним методом



Звертаю вашу увагу на принципову різницю між *позитивним* та *негативним* методами:

- в позитивному методі елементи друкованого монтажу захищаються від травлення фоторезистом
- в негативному - фоторезист захищає місця, що підлягають травленню

Розглянемо інший метод виготовлення ДП

Адетивні методи основані на вибіркового хімічному або хімічно-гальванічному осадженні металу на ізоляційну поверхню, на яке попередньо може наноситися шар клеєвої композиції.

В порівнянні з субтрактивними методами, аддетивні забезпечують такі **переваги**:

- більш висока роздільна здатність: ширина провідників та зазорів між ними може сягати менше 0.1мм
- немає протравлювання провідників та КМ
- провідники та металізовані МО мають однорідну структуру, тому що отримані під час одного хіміко-гальванічного процесі
- економія міді, хімікатів для травлення, екологічна чистота
- зменшує тривалість виробничого циклу
- при аддетивному методі $t_{\text{пр}} = t_{\text{осадженої міді}}$ - але товщину можна регулювати - це важливо, тобто збільшуємо ток товщиною а не шириною провідника
- висока надійність щеплення провідників, МО з КМ, тому що провідники та МО виготовляються в одному технологічному процесі

Можна виділити наступні **недоліки**:

- нерівномірність товщини покриття в МО, тому що нерівномірна щільність струму при виконанні процесу осадження - *крайовий ефект*
- низька швидкість осадження
- висока вартість

Хімічний аддетивний метод

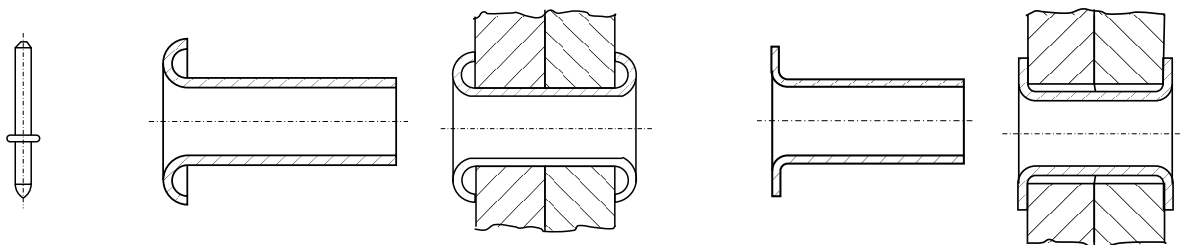
Метод оснований на вибіркового осадженні хімічної міді на нефольговий діелектрик. При цьому використовують діелектрик з введенням до його складу каталізатора та адгезованим шаром на поверхні. Осадження міді виконується на провідники та в монтажні отвори.

При формуванні провідників пробільні ділянки покривають захисним шаром - природно ділянки під провідники та КМ з МО залишаються відкритими.

Свердляться отвори. На відкриті ділянки друкованих провідників, отворів *хімічним* методом осаджується мідь. Потім виконується гальванічне осадження міді. При цьому створюються друковані провідники, КМ та одночасно металізуються отвори.

Виготовлення ДДП з металізованими монтажними отворами хімічним методом

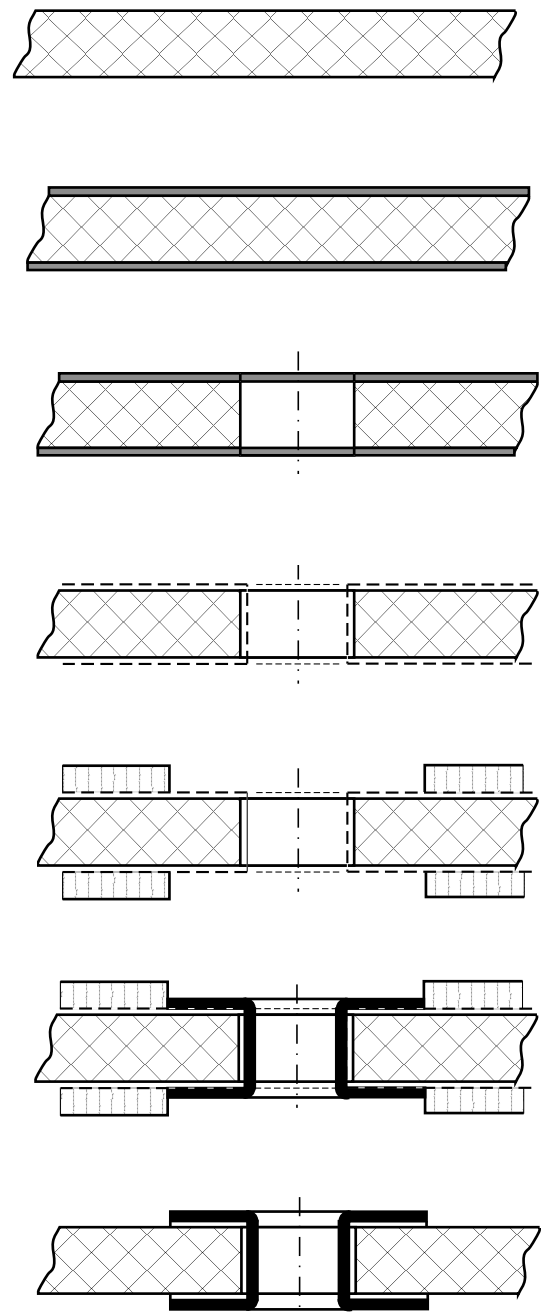
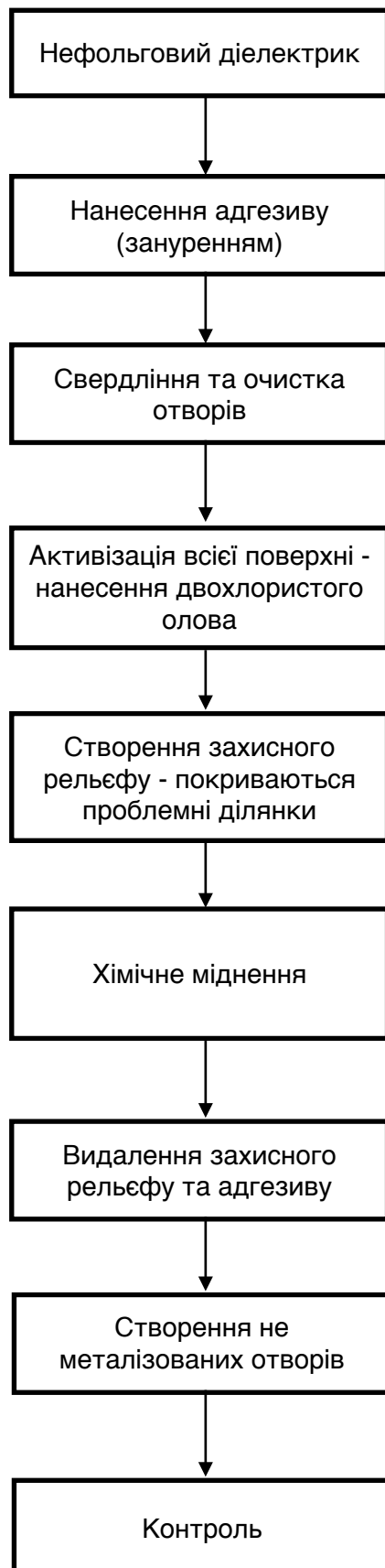
Електричне з'днання двох сторін ДП є актуальним. Тому були багато-чисельні спроби вирішити цю задачу: впаювання проволочки або штифтів, використання пустотілих заклепок, що характеризуються низькою надійністю.



Можливий також виконання переходу з однієї сторони ДП на іншу за допомогою виводів штирьових компонентів. Тобто перехід виконується безпосередньо за рахунок виводу, але в цьому випадку збільшується кількість точок пайки та в деяких випадках складність.

В наш час для електричного з'єднання шарів використовується тільки *металізовані отвори*. Такі отвори отримуються *комбінованим хіміко-гальванічним методом*, що є типовим методом масового виробництва та відповідає іншим технологічним процесам. Схема технологічного процесу виготовлення ДДП хімічним методом з металізацією отворів представлено на рисунку.

Схема технологічного процесу виготовлення ДДП хімічним методом (адетивним)



$$h_{np} = h_{xm}$$

Комбінований метод

Цим методом виготовляються ДП (ОДП та ДДП) з фольгового діелектрика витравлюванням рисунку провідників хімічним методом з металізацією монтажних отворів, КМ, провідників електрохімічним методом.

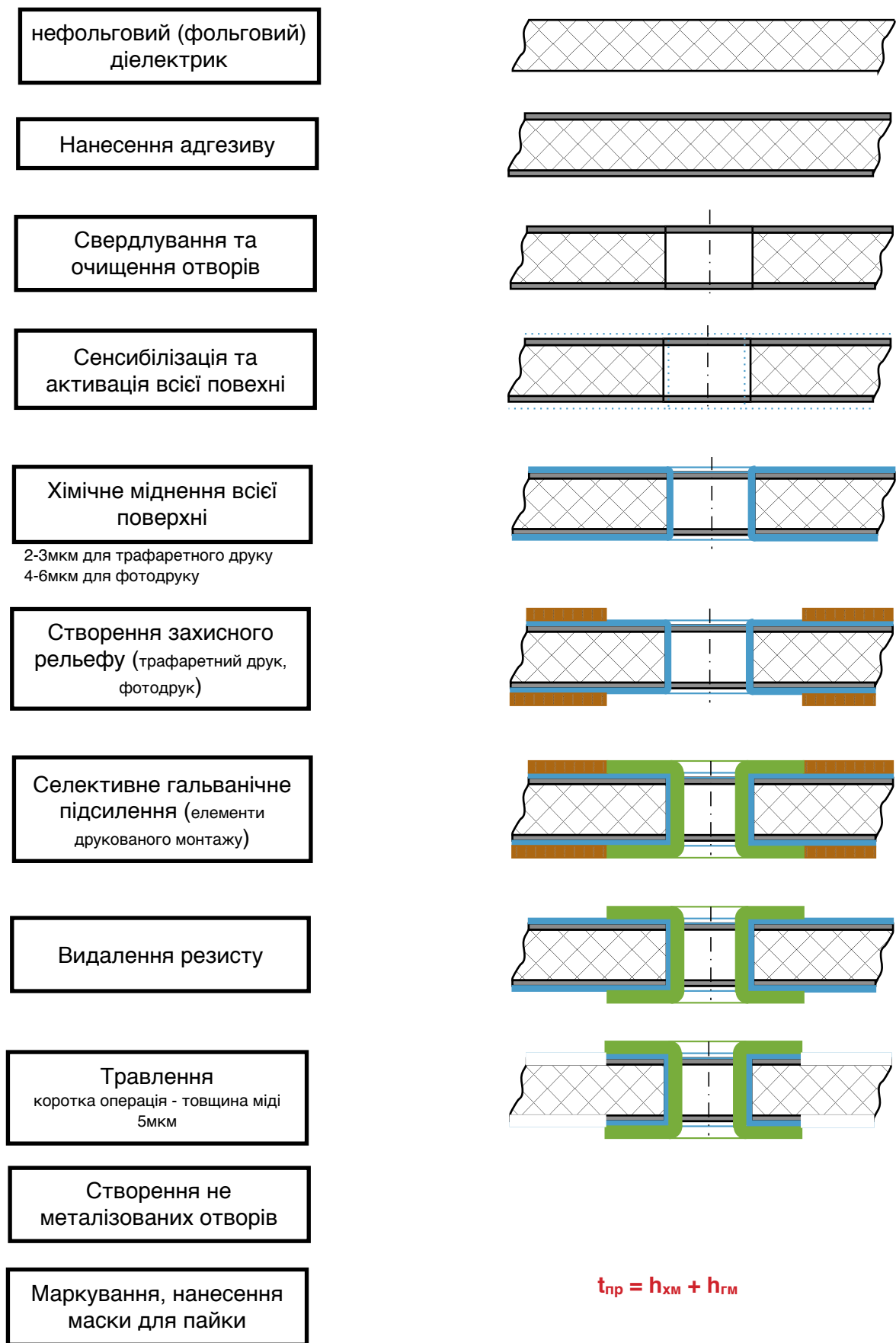
Комбінований метод виготовлення ДДП включає в себе два принципово різних способи **негативний** та **позитивний**.

Комбінований негативний спосіб передбачає створення друкованих провідників хімічним способом та металізацію отворів електрохімічним способом.

Типовий технологічний процес має наступні основні етапи:

- отримання заготовок та підготовка поверхні фольги
- нанесення зображення друкованих провідників
- видалення незахищених ділянок фольги (травлення)
- видалення захисного покриття провідників
- нанесення на основу захисного покриття
- обробка отворів, що підлягають металізації
- хімічна металізація отворів
- електрохімічна металізація отворів та друкованих провідників
- обробка провідних поверхонь легкоплавким сплавом
- механічна обробка плати

Схема технологічного процесу виготовлення ДДП хіміко-гальванічним методом
(комбінований негативний метод)



$$t_{np} = h_{xm} + h_{gm}$$

Комбінований позитивний спосіб складається з наступних основних етапів:

- підготовка основи
- нанесення рисунку провідників
- нанесення захисної лакової плівки
- обробка отворів
- хімічне міднення отворів
- видалення лакової плівки
- електролітичне міднення отворів та провідників
- нанесення кислотостійких сплавів та металів
- видалення емульсії
- травлення
- освітлення провідних покриттів
- механічна обробка плати

Детально дивимося Уваров М.М. "Технологія елементів обчислювальних машин" (ст. 147)

При цьому спочатку виконується травлення міді з пробільних місць, а потім виконується свердлування отворів та їх металізація.

Після свердлування та хімічного міднення отворів виконується гальванічне осадження міді на провідники, КМ та МО.

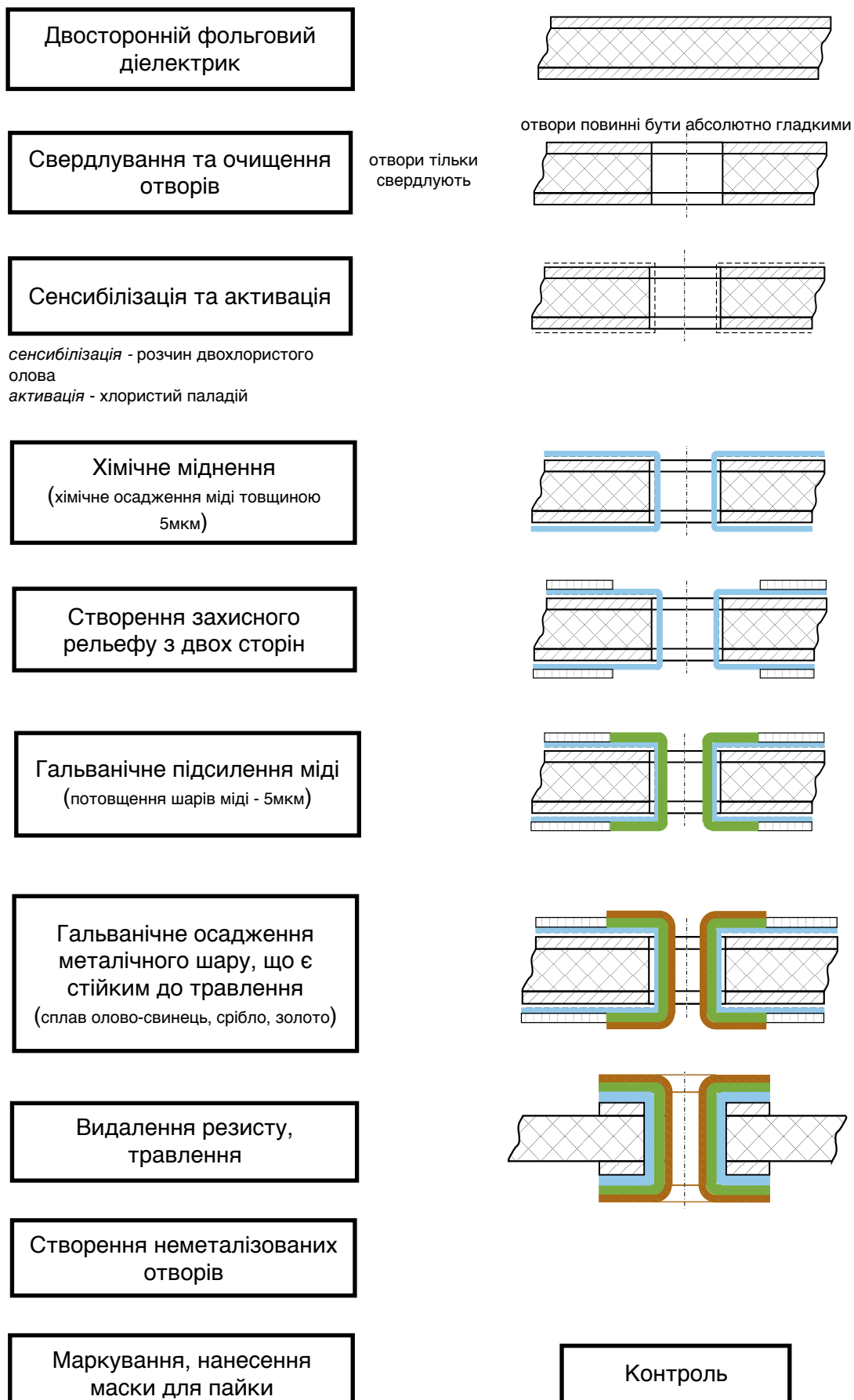
Комбінований позитивний метод комбінує в собі всі переваги хімічного та електрохімічного методів:

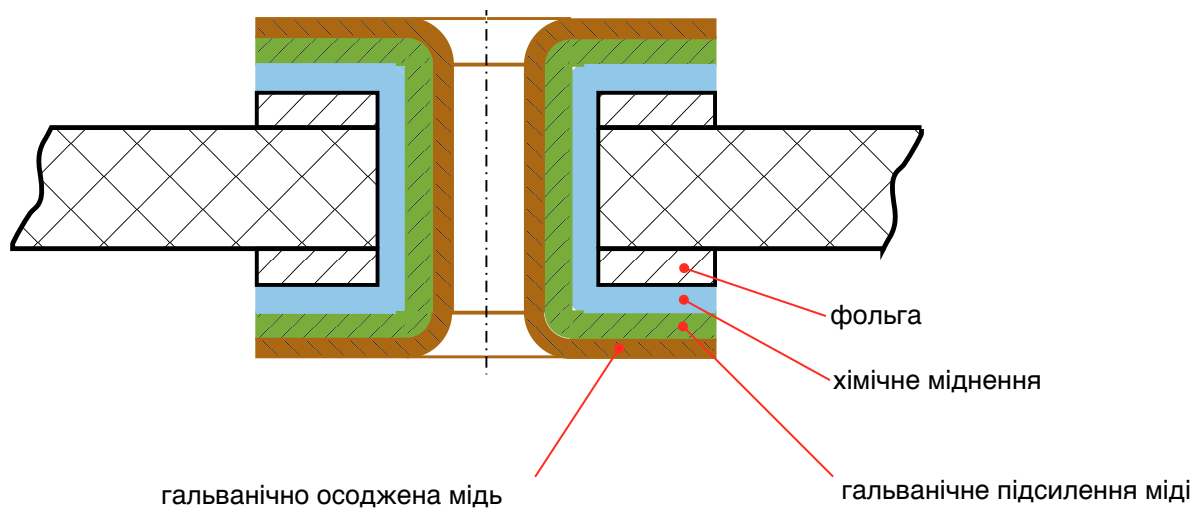
- підвищена надійність МО
- високі електроізоляційні параметри плати, тому що діелектрична основа плати закрита мідною фольгою практично у всьому технологічному циклі

Таким чином базовими технологічними процесами при виробництві ДП є:

- нанесення рисунку схуи провідників на основу
- отримання рисунку схеми провідників: травлення, електролітична металізація
- механічна обробка плат: свердлування отворів, пробивання отворів
- захист друкованих провідників для забезпечення пайки
- контроль параметрів ДП

Схема технологічного процесу виготовлення ДДП хімічним методом з металізацією отворів
(комбінований позитивний метод)





Створення отворів виконується свердлуванням, завдяки чому створюються отвори зі чистими та гладкими стінками.

Далі проводять сенсibiliзацію в розчині двохлористого олова та активація в розчині хлористого паладію, потім хімічне міднення всієї поверхні.

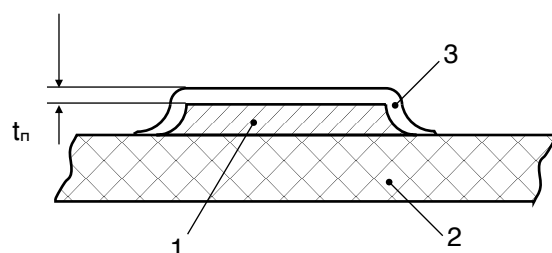
Створюють захисний рельєф. Покриті мідні ділянки, які відповідають рисунку ддрукованих провідників, залишаються вільними від захисного рельєфу. Вони далі потовщуються гальванічно осадженою міддю та покриваються стійким до травлення металом (планування ДП). Для цього в основному використовується покриття сплавом олово-свинець, яке слезить захисним шаром при травленні та полегшує потім процес пайки. Золото переважно використовується для контактів друкованих роз'ємів.

Контакти

Часто по функціональним причинам необхідна металічно чиста поверхня - друковані вилки роз'ємів, КМ, поверхня контактів. В цьому випадку шари міді елементів друкованого монтажу після травлення плакуються - наноситься захисна плівка



Перетин провідника з захисним покриттям при **позитивному** методі

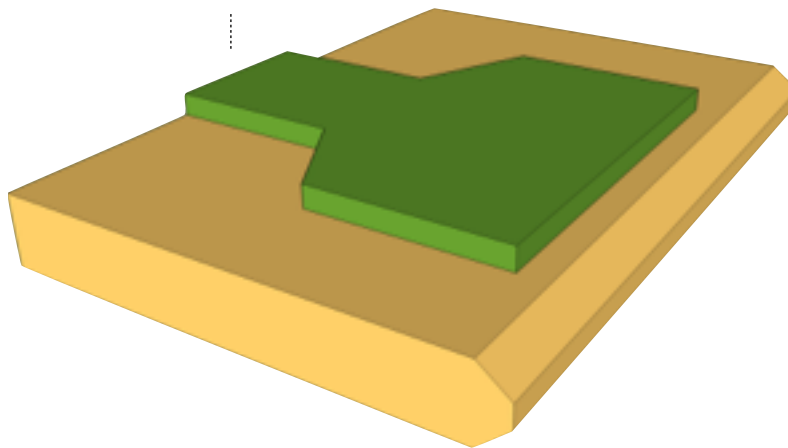
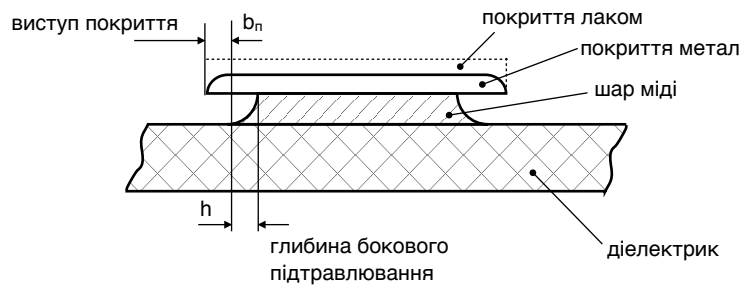
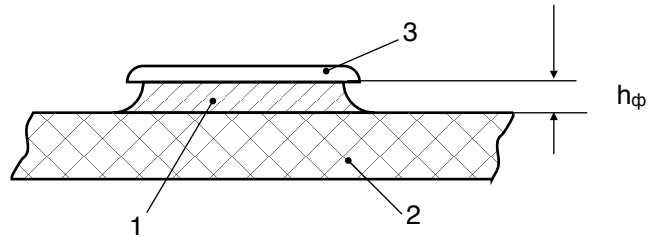


- 1 - шар міді
- 2 - діелектрик
- 3 - покриття

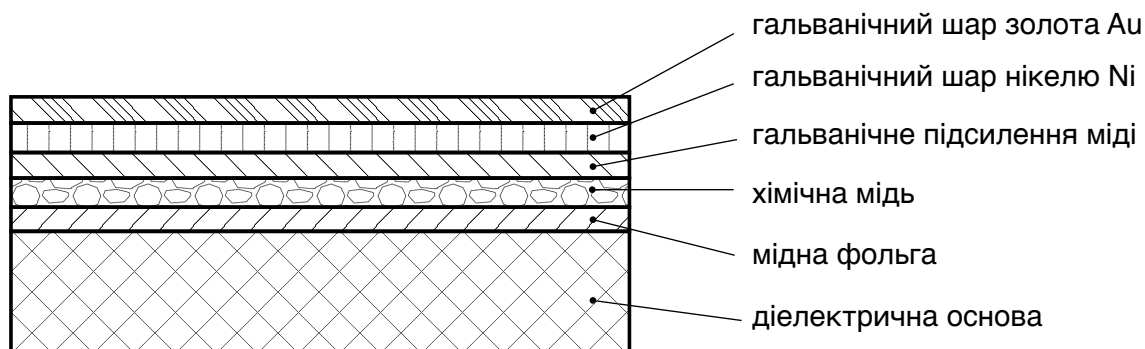
t_n - товщина покриття

h_ϕ - товщина міді

Перетин провідника з захисним покриттям при **негативному** методі



Структура контакту друкованого роз'єму



Метали, що найбільш часто використовуються в якості захисних покриттів

| Покриття | Товщина шару, мкм | Використання |
|-------------------------|-------------------|---|
| срібло (Ag) | 5-20 | в якості підшару для родію |
| золото (Au) | 0.2 -6 | для покриття поверхні контактів та провідників |
| паладій (Pd) | 0.5 - 10 | для покриття контактів: в якості підшару для золота |
| родій (Rh) | 0.1 - 3 | для покриття контактів |
| нікель (Ni) | 5 - 30 | в якості підшару для золота, родія, паладія та олова |
| олово (Sn) | 10 - 50 | для захисту поверхні та покращення паяння провідників |
| олово-свинець (Sb - Pb) | 10 - 50 | для захисту поверхні та покращення паяння провідників |

Переваги

Метод металізації отворів має суттєві переваги:

Суттєво підвищується надійність паяних з'єднань за рахунок того, що припой при відповідному виборі діаметру заповнює весь отвір. При цьому досягається висока електрична та механічна стабільність при малому розмірі контактного майданчика.

Міцність на розрив виводів пайці вище міцності самих виводів.