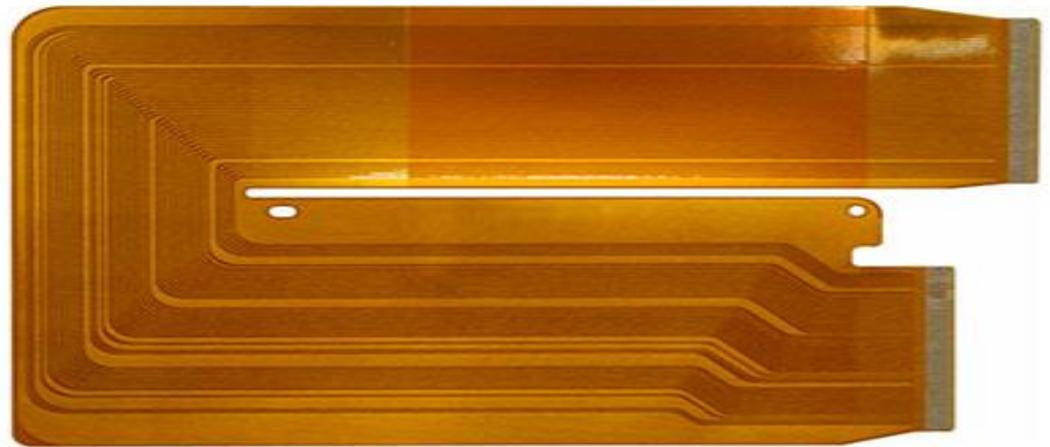


Производство гибких печатных плат без металлизированных отверстий



Общая схема процесса

Классическая схема процесса представлена на рис. 1. Схема процесса изготовления однослойных гибких плат во многом совпадает с классическими схемами производства плат с жестким основанием и отклонения от них могут быть вызваны только специфическими требованиями.

Отсутствие металлизированных отверстий удешевляет платы. В ГПП без металлизации толщина проводников определяется толщиной фольги, поэтому они тоньше и обладают большей гибкостью. В связи с этим наибольшее их распространение – гибкие шлейфы для многоцикловых перегибов. Их можно видеть в приводах головок принтеров, дисководов, сканеров и т. п.

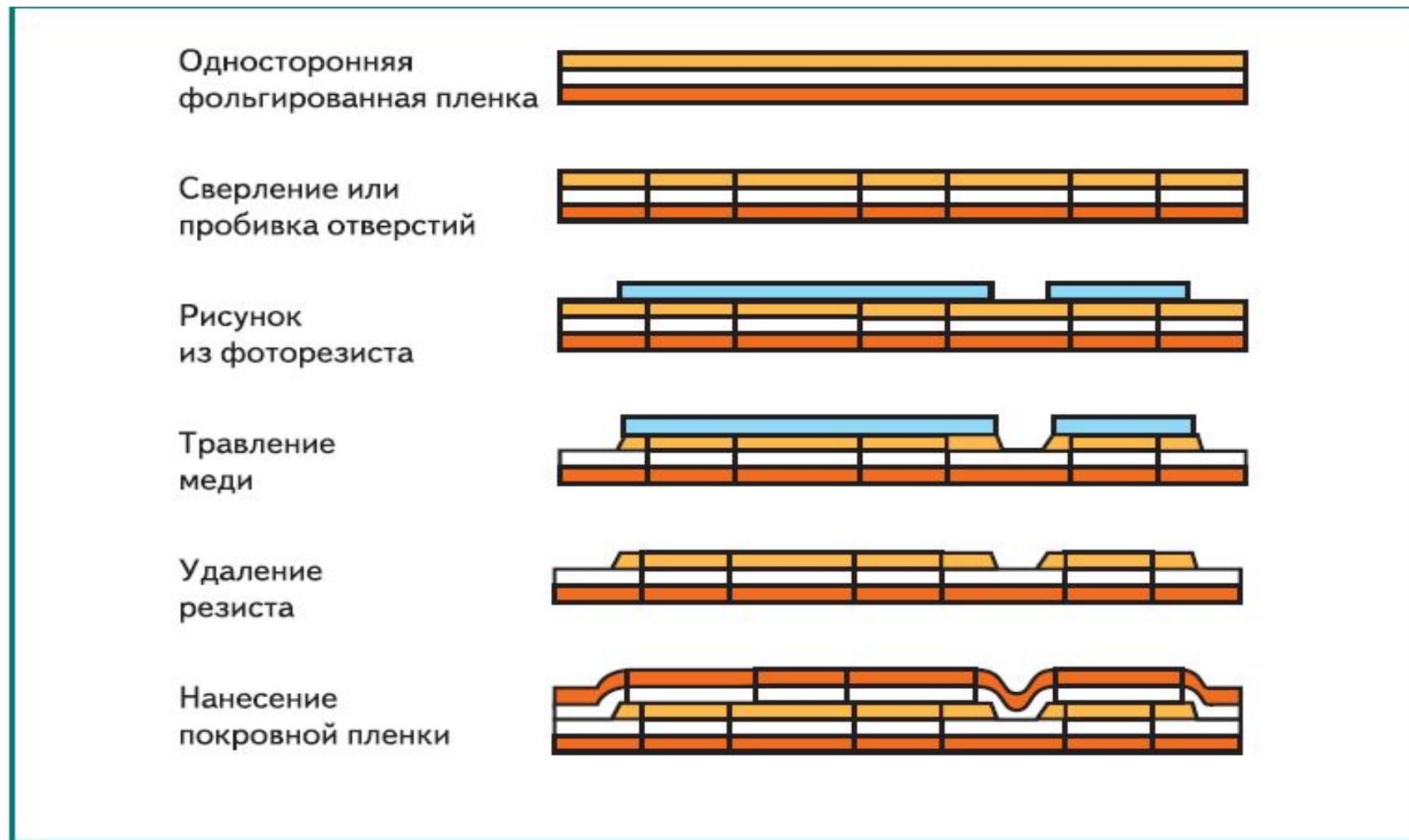


Рисунок 1 – Классическая схема процесса изготовления гибких плат без металлизации отверстий

Общая схема процесса

Для увеличения прочности паяных соединений выводов, компенсирующей отсутствие металлизированных отверстий, используют разветвленную форму контактных площадок, как показано на рис. 2.

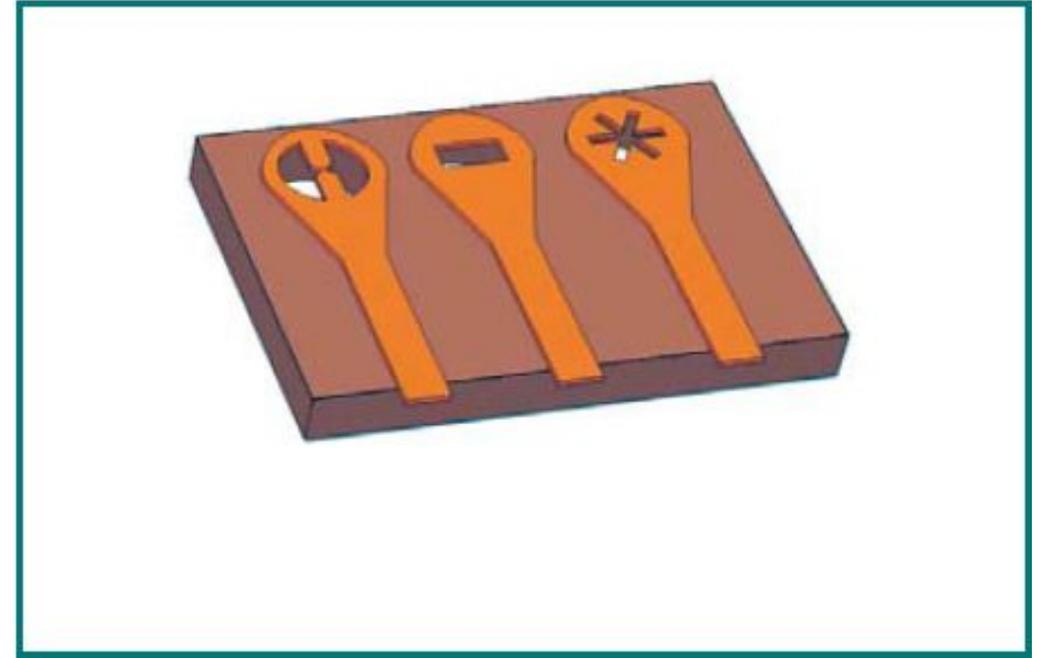


Рисунок 2 – Дополнительные элементы крепления контактных площадок для пайки выводов

Упрощённая схема процесса

Отсутствие металлизированных отверстий удешевляет платы. В гибких платах без металлизации толщина проводников определяется толщиной фольги, поэтому они тоньше и обладают большей гибкостью. В связи с этим наибольшее их распространение — гибкие шлейфы для многоцикловых перегибов. Их можно видеть в приводах головок принтеров, дисководов, сканеров и т. п.

Существуют варианты общей схемы, в частности, упрощённая схема (рис. 3) с результатами анализа отдельных технологических операций, рассмотренных ниже.



Рисунок 3 – Упрощённая схема изготовления одно- и двусторонних гибких печатных плат без металлизации отверстий

Выбор и раскрой материала на заготовки

Для резки на заготовки как фольгированного, так и рулонного материала (адгезива, склеивающего или покровного слоя) наиболее часто используют обычные высококачественные режущие устройства, применяемые для резки бумаги. Для резки рулонных материалов можно применять и автоматические бумагорезательные машины с автоматической раскладкой листов. Высокоскоростные бумагорезательные машины гильотинного типа автоматически нарежут фольгированный материал по заданному размеру и обеспечат более высокое качество кромки, чем стандартные бумагорезательные машины. Тонкие фольгированные материалы с толщиной меди 18 мкм или нефольгированные пленки толщиной 12 мкм при резке иногда переслаивают бумагой, чтобы обеспечить более хорошую опору тонким заготовкам.

Нарезанные на заготовки материалы до использования нужно хранить в сухом шкафу, в закрытой таре или кассете при температуре 25 ± 10 °С и относительной влажности менее $65 \pm 15\%$.

Очистка поверхности медной фольги перед нанесением фоторезиста

Достаточно чистую шероховатую поверхность меди можно получить как механической, так и химической очисткой.

Механическая очистка:

Механическую очистку медной фольги можно осуществлять как ручную, так и на конвейерных установках.

Ручная очистка кислой суспензией пемзы и вращающейся щеткой с пневматическим приводом используется для чистки гибких ламинатов весьма широко. Порошок пемзы с зернистостью 6 по ГОСТ 6456 или аналогичной импортной дает наилучшую поверхность для адгезии фоторезиста, и его гораздо легче отмыть, чем более мелкозернистые фракции.

Очистка поверхности медной фольги перед нанесением фоторезиста

При чистке следует избегать приложения чрезмерно сильного или неравномерного давления на щетку, поскольку этим можно растянуть или деформировать материал, что приведет к появлению размерной нестабильности. После очистки поверхности ламината надо полностью удалить все остатки пемзы очень тщательной промывкой водой.

Конвейерные установки очистки пемзой тоже можно эффективно применять для тонких ламинатов с минимальной деформацией материала. В таких установках суспензия пемзы подается на поверхность меди струйными системами.

Очистка поверхности медной фольги перед нанесением фоторезиста

Химическая очистка:

Тщательно контролируемая химическая чистка – отличный метод подготовки медной поверхности с минимумом деформаций ламината. Чтобы эффективно использовать химический метод очистки, нужно реализовать следующие цели:

- удаление загрязнения;
- удаление покрытий, защищающих поверхность от окисления и потускнения;
- микротравление поверхности меди.

Загрязнения (например, отпечатки пальцев, жировые следы, пыль, грязь и т. д.) сказываются на адгезии фоторезиста и проявляются при наращивании меди и наложении покровного слоя.

Очистка поверхности медной фольги перед нанесением фоторезиста

Микротравление поверхности меди увеличивает ее площадь и способствует более хорошему сцеплению адгезива. Микротравление работает лучше, когда на поверхности нет никаких других материалов и поверхность совершенно чиста.

Наиболее часто используемые ванны микротравления основаны на использовании персульфатов и перекиси с серной кислотой. Персульфат натрия и аммиак имеют то преимущество, что они относительно дешевы и их можно использовать при температурах от комнатной до 45 °С. Однако их использование встречается с определенными трудностями в обеспечении стабильности ванны и в управлении скорости травления.

Формирование рисунка

Нанесение фоторезиста:

Для ГПП в основном используют сухой пленочный фоторезист (СПФ), например СПФ типа Riston фирмы DuPont (родоначальника промышленных поставок полиимидных материалов типа «ПИРАЛЮКС» для печатных плат), отличающийся своими высокими техническими характеристиками. DuPont выпускает большую номенклатуру фоторезистов для обработки в растворителях, полуводных и водных проявителях для технологий с гальваникой, а также с технологией травления.

Для нанесения СПФ на гибкий ламинат можно воспользоваться стандартной технологией ламинирования, но некоторые методы работы будут отличаться от приемов, используемых для жестких плат. Ламинатор должен обеспечивать горячее наслоение СПФ при условии тщательного подбора температуры валов, скорости конвейера и подачи воздуха применительно к конкретному типу примененного фоторезиста и конструкции платы. При использовании системы подачи воздуха рекомендуется работать на усиленных режимах.

Формирование рисунка

Необходимо обращаться с тонкими ламинатами очень осторожно, чтобы не повредить и не деформировать их. Особенно осторожным нужно быть при подаче ламината на входные валки и при обрезке фоторезиста.

Чрезмерно высокая температура валков (выше 110 °С) может вызвать появление складок на таких ламинатах, как одно- и двусторонний фольгированный диэлектрик с медью 35 мкм и полиимидная пленка 25 мкм.

Чтобы устранить деформирование тонких ламинатов, можно пользоваться следующими рекомендациями: снизить скорость валков, снизить температуру входного валка, применить прижимные валки с более толстой резиной, обеспечить полную соосность валов и др.

Формирование рисунка

Экспонирование:

Методы экспонирования гибкого ламината аналогичны тем, которые применяют при работе с жесткими материалами. Экспонирующие установки с фиксированным источником света обеспечивают быстрое экспонирование с высокой степенью разрешения. Размеры фотошаблона могут измениться при изменении температуры и относительной влажности. Этот эффект можно уменьшить, создав контролируемые условия среды в рабочей зоне (например, 21 ± 1 °C и $50 \pm 5\%$ относительной влажности).

Формирование рисунка

Проявление:

Проявление рисунка на фоторезисте заготовки целесообразно проводить в проявителе с химическим составом, соответствующим типу используемого резиста (водощелочное проявление, проявление в растворителях и т. д.).

Наиболее подходящее оборудование для проявления фоторезиста – это специально сконструированные конвейерные линии, обеспечивающие плавность и аккуратность транспортировки изделий. Обычные проявочные машины конвейерного типа тоже можно использовать для обработки гибких ламинатов. Необходимо только обращать внимание на то, чтобы гибкий ламинат не попадал бы в зазоры между валками конвейерной системы и не наматывался бы на валки. Проблему можно решить, прикрепив кусок жесткого материала к ведущей кромке гибкого ламината. Это же относится и ко всему конвейерному оборудованию, применяемому при обработке гибких ламинатов.

Травление рисунка

Адгезив, используемый для приклейки фольги к полиимидному основанию, должен быть совместим с большинством составов для травления меди, в том числе на основе аммиачного комплекса хлорной меди, кислого раствора хлорной меди и хлорного железа. Рисунок схемы формируется путем стравливания открытой меди. Травление ведется в струйных конвейерных линиях, что не всегда возможно из-за гибкости заготовок.

Нужно или применять специальные машины, или загружать гибкие платы на конвейер травильной машины со специальными приспособлениями, или травить в погружных ваннах с опрыскиванием. Для обеспечения хорошей воспроизводимости заданного рисунка необходимо принимать во внимание время травления, чтобы и не до травить, и не перетравить рисунок (рис. 4), а также травящую емкость раствора, его температуру. Если машины травления не снабжены автоматической регенерацией раствора, необходимо постоянно регулировать процесс, ориентируясь на тест-элемент, обязательно размещаемый на технологическом поле заготовки.

После травления следует тщательная промывка при температуре 18 – 27 °С для удаления всех следов травильного раствора, особенно на кромках и торцах заготовки. При последующем прессовании покровной пленки под воздействием температуры любые остатки травящего состава могут вызвать потемнение и окраску схемы. При травлении проводников с высоким профилем в щелочных растворах иногда необходимо прибегнуть к нейтрализации травящего состава (например, 1% -ной серной кислотой), чтобы удалить следы травителя с заготовки.

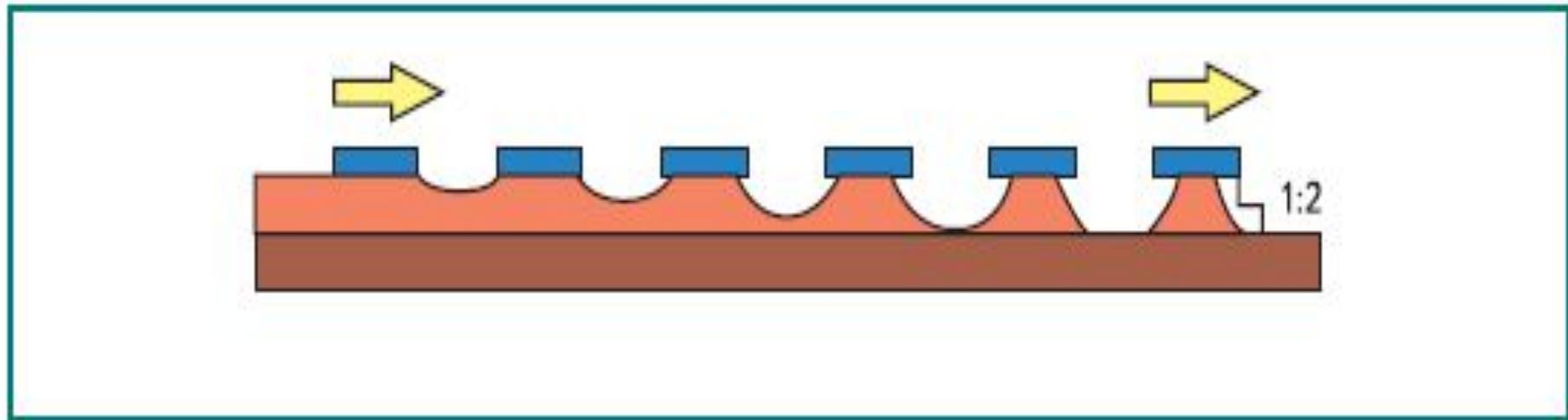


Рисунок 4 –Травление рисунка по фоторезисту

Удаление фоторезиста (стрипп-процесс)

Удалять фоторезист следует в ваннах погружением или на конвейерных установках растворами, подходящими для используемого фоторезиста. Параметры времени обработки, температуры и концентрации раствора следует задавать по рекомендациям поставщика фоторезиста.

Удаление в водно-щелочной среде

Водно-щелочные растворы для снятия фоторезиста зачастую представляют собой 1–3%-ный водный раствор щелочи (едкий натр или калий). Во избежание химического разрушения адгезива концентрация щелочи в растворе не должна превышать 5%, а температура обработки – 60 °С.

Все химические составы для снятия фоторезиста следует использовать осторожно и с тщательным контролем, не допуская набухания (вздутия) адгезива или деформации ламината.

Полуводные растворы для снятия фоторезиста

Такие растворы обычно содержат фирменную химию, представляющую собой комбинацию щелочей (едкий натр, едкий калий), и/или высококипящих растворителей (например, бутилкарбитол). Ванну обычно готовят, залив 20–30% воды по объему, и работают при температуре 45–60 °С. Время в ванне составляет порядка 2–5 минут.

Все такие ванны надо предварительно опробовать на совместимость с адгезивом, поскольку такая химия в основном разрабатывалась для стеклоэпоксидных материалов. Агрессивные растворы с содержанием сильной органики и щелочей могут вызвать набухание адгезива или повлиять на сам полиимид. Абсорбированный раствор может впоследствии вызвать расслоение при нагреве, например при на прессовке покровного слоя или при пайке.

Снятие резиста растворителями

При тщательном контроле большинство этих растворов хорошо работают с полиимидами. Недостаточный контроль может привести к набуханию, размягчению, вздутию адгезива, окраске и расслоению композита. При работе с полиимидом следует иметь в виду следующие моменты:

- работать необходимо на минимальных из рекомендованных температур и с минимальным временем пребывания в ванне для удаления фоторезиста. Вздутый или сморщенный адгезив – это результат длительного пребывания в слишком горячих растворах, содержащих сильные растворители и/или щелочи;
- рекомендуемая величина рН раствора находится в диапазоне от 9 до 12;

- заготовки, обработанные в растворителях или в полупроводных растворах, следует сушить 30 минут при 120 °С. Те, кто работает с водно-щелочными резистами, часто применяют полупроводные ванны снятия резиста, поэтому после любого химического его удаления и промывки рекомендуется предусмотреть сушку при 120 °С в течение 30 минут;
- для эффективной сушки заготовок следует их повесить в термошкафу, а не укладывать в стопки;
- после удаления фоторезиста и термообработки необходимо сравнить размеры полученного изделия с размерами фотошаблона, чтобы убедиться, что не возникло каких-либо неожиданных изменений размеров.

Очистка поверхности меди перед нанесением покровного слоя

На этой стадии процесса рекомендуется применять химические методы очистки. Количество меди, снятое с ламината в ходе травления изделия, напрямую связано с вероятностью возникновения механических деформаций. Для очистки можно использовать химический метод, описанный ранее.

Нанесение покровного слоя

Покровный слой выполняет функцию защиты рисунка проводников (рис. 5). Вместе с тем, при правильном подборе его толщины, он позволяет симметризовать медный рисунок так, что при изгибе он будет находиться на нейтральной линии и испытывать минимальные изгибные напряжения (рис. 6).

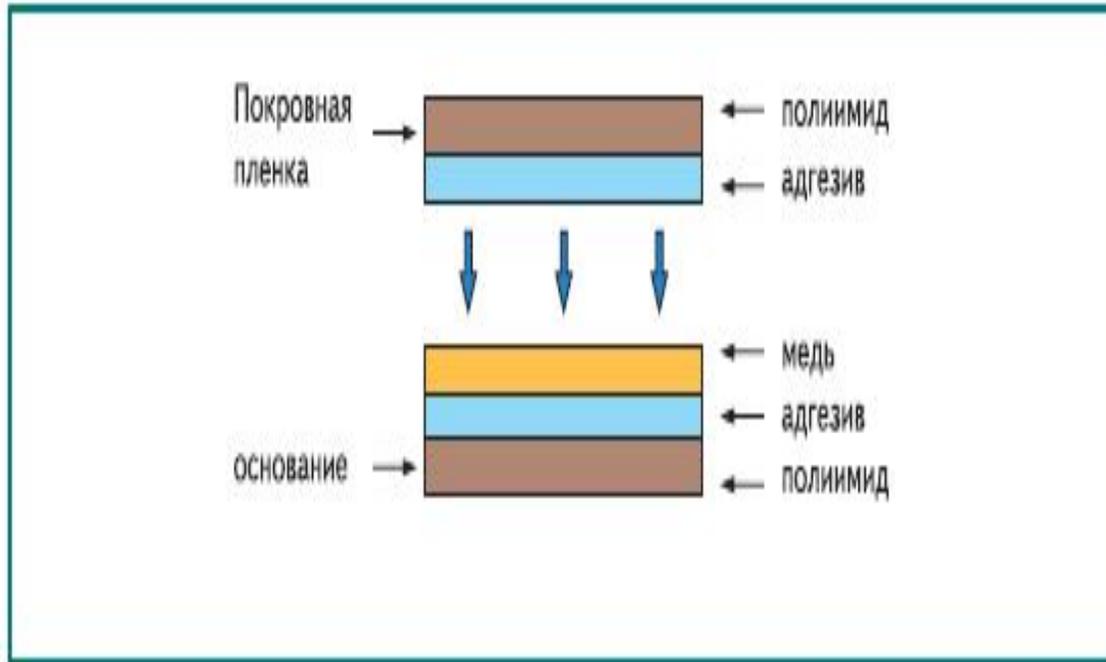


Рисунок 5 – Нанесение покровной пленки

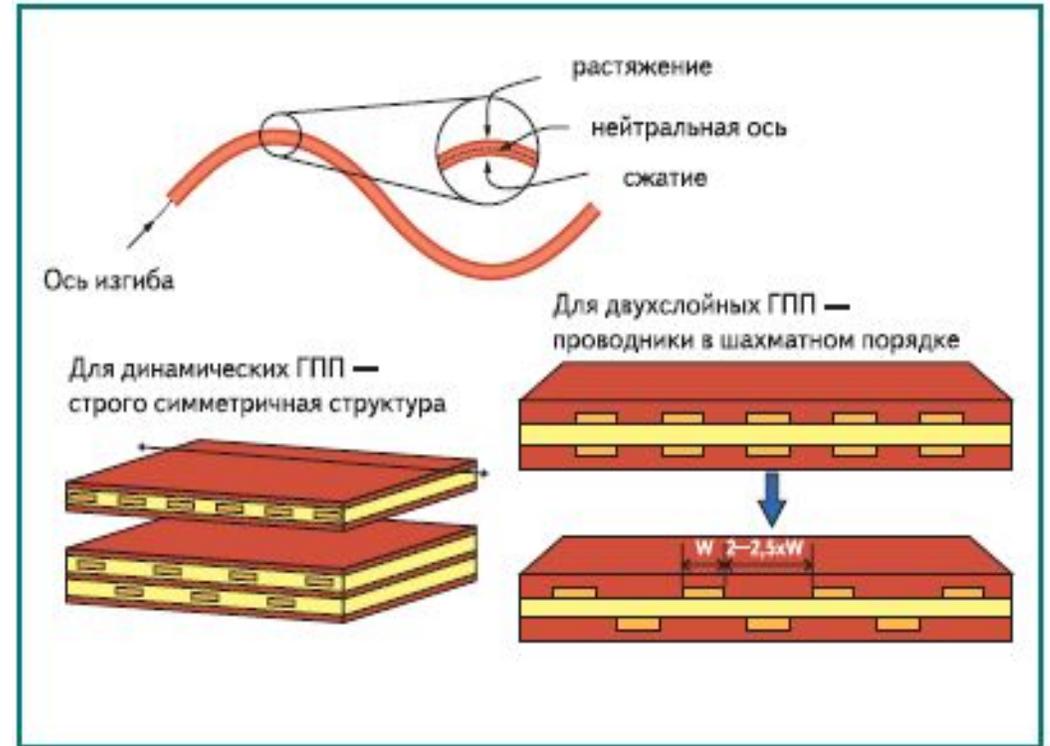


Рисунок 6 – Симметрирование рисунка по линии сгиба

Нанесение покровного слоя

Для доступа к монтажным поверхностям покровная пленка должна иметь перфорации. Обычно их выполняют сверлением или штамповкой. Если производство специализировано под изготовление гибких шлейфов без металлизации отверстий, возможен вариант с использованием только химических операций, включая вытравливание в покровной пленке окон до медной поверхности (рис. 7). Травление отверстий в полиимидной пленке в горячих щелочах в отличие от сверления – групповой процесс, который становится особенно рентабельным, когда количество отверстий на заготовке превышает несколько тысяч.



Рисунок 7 – Отверстия в покровном слое, выполненные травлением

Термическая сушка

Горячую сушку для удаления поглощённой материалом влаги рекомендуется производить непосредственно перед операциями, связанными с быстрым ростом температуры во время пайки изделия. Поглощённая влага быстро испаряется при пайке волной припоя, что может вызвать расслоение или вздутие. Чтобы надёжно удалить влагу, заготовки нужно подвесить **в термошкафу** и выдерживать 30 – 60 мин при 120 °С. После горячей сушки нужно как можно быстрее отправить изделие на пайку, чтобы избежать повторного поглощения влаги. Если для сушки используется **вакуумная печь**, то можно обойтись и более низкими температурами (60 – 80 °С). Вакуумные печи к тому же имеют ещё одно достоинство при отсутствии кислорода воздуха исключается окисление открытых поверхностей меди.

Лужение с выравниванием припоя

Стандартные методы лужения жестких печатных плат можно применить и для гибких композиционных материалов семейства полиимидов. Однако некоторые операции, например, выравнивание горячим воздухом, требуют применения специальной оснастки для крепления изделия. Чтобы добиться наилучших результатов, необходимо внимательно следовать рекомендациям изготовителя установки для пайки. Иногда наблюдается плохое смачивание контактных площадок припоем. Это происходит при использовании некоторых покровных пленок в качестве паяльной маски. Вероятной причиной этого дефекта, возможно, является перенос из этой пленки какой-то органики, которая не удаляется обычной химической очисткой и флюсованием площадок.

Очистка после лужения (удаление флюса)

Для пайки используют самые различные флюсы. Обычный метод очистки после пайки предусматривает щелочную очистку с легкой обработкой щеткой или абразивом. Высокоэффективная процедура, которая заодно снижает и ионные загрязнения, предусматривает следующие операции (рис. 8):

- горячая щелочная ванна погружения;
- струйная промывка водопроводной водой;
- горячая промывка деионизованной водой (обычно эти промывки идут каскадом).

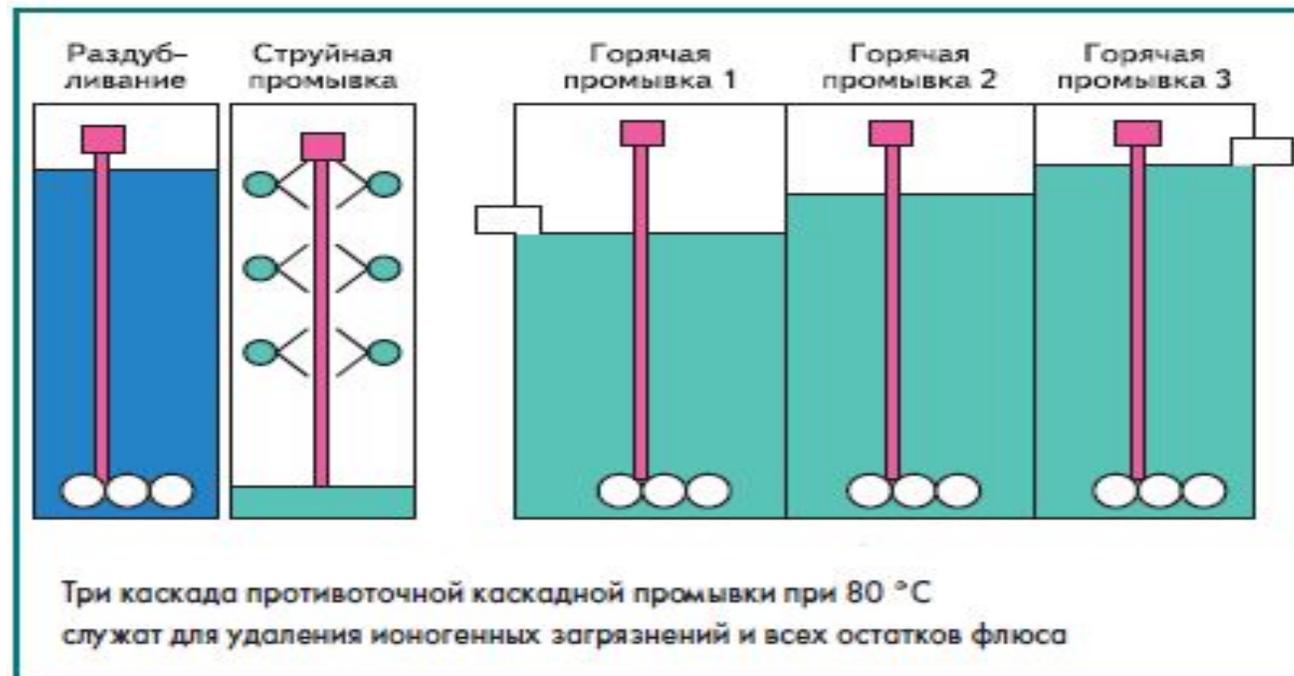


Рисунок 8 – Процедура удаления загрязнений после пайки

Высечка и обрезка по контуру

Имеется в виду процесс извлечения платы из заготовки и придания ей конечной формы – обрезка контура платы. Высечка обычно осуществляется с помощью простого штампа (рис. 9).

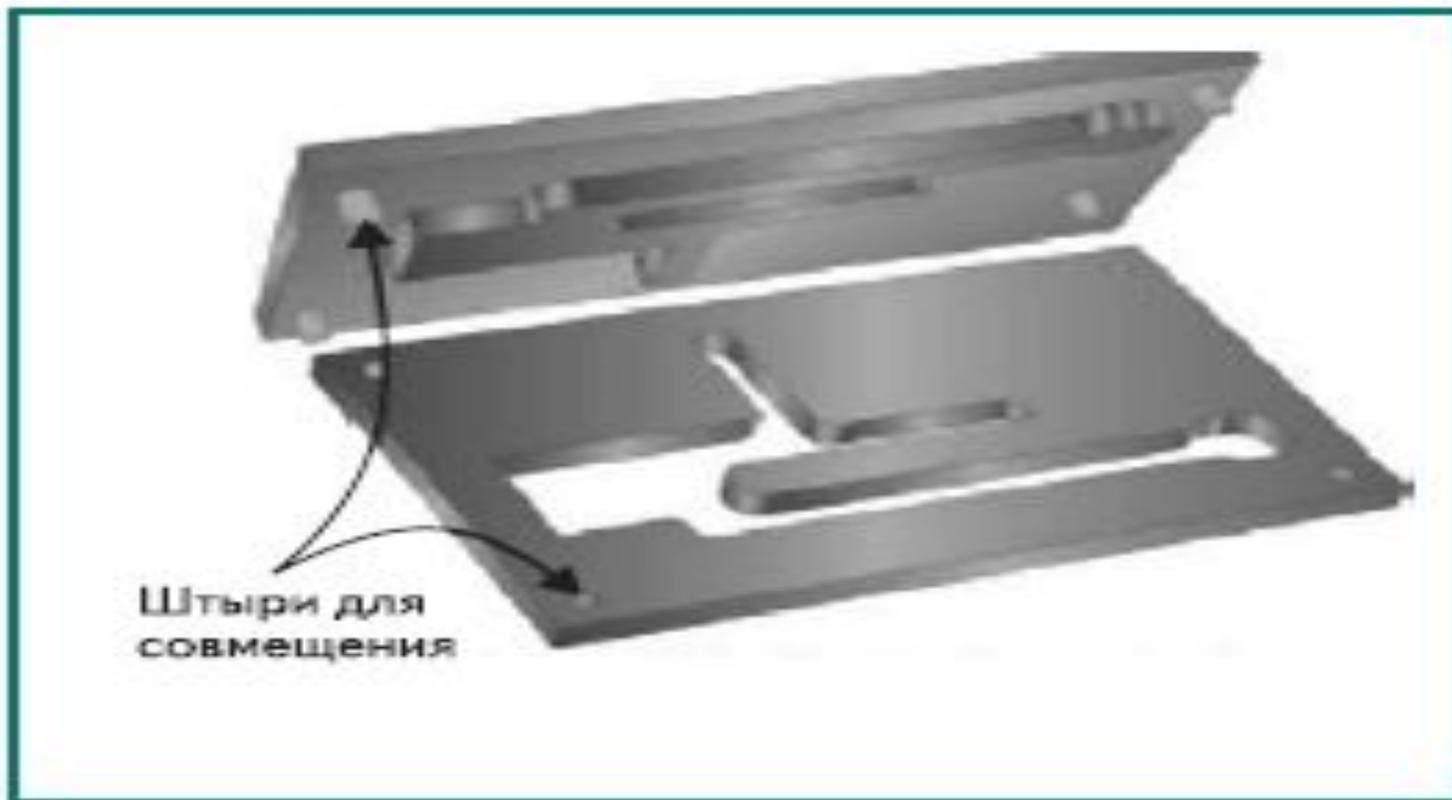


Рисунок 9 – Вырубной штамп

Высечка и обрезка по контуру

Для высечки больших партий плат, а также для вырубки контура с жесткими допусками (менее 125 мкм) применяют более точные и более дорогие высечные штампы (рис. 10).

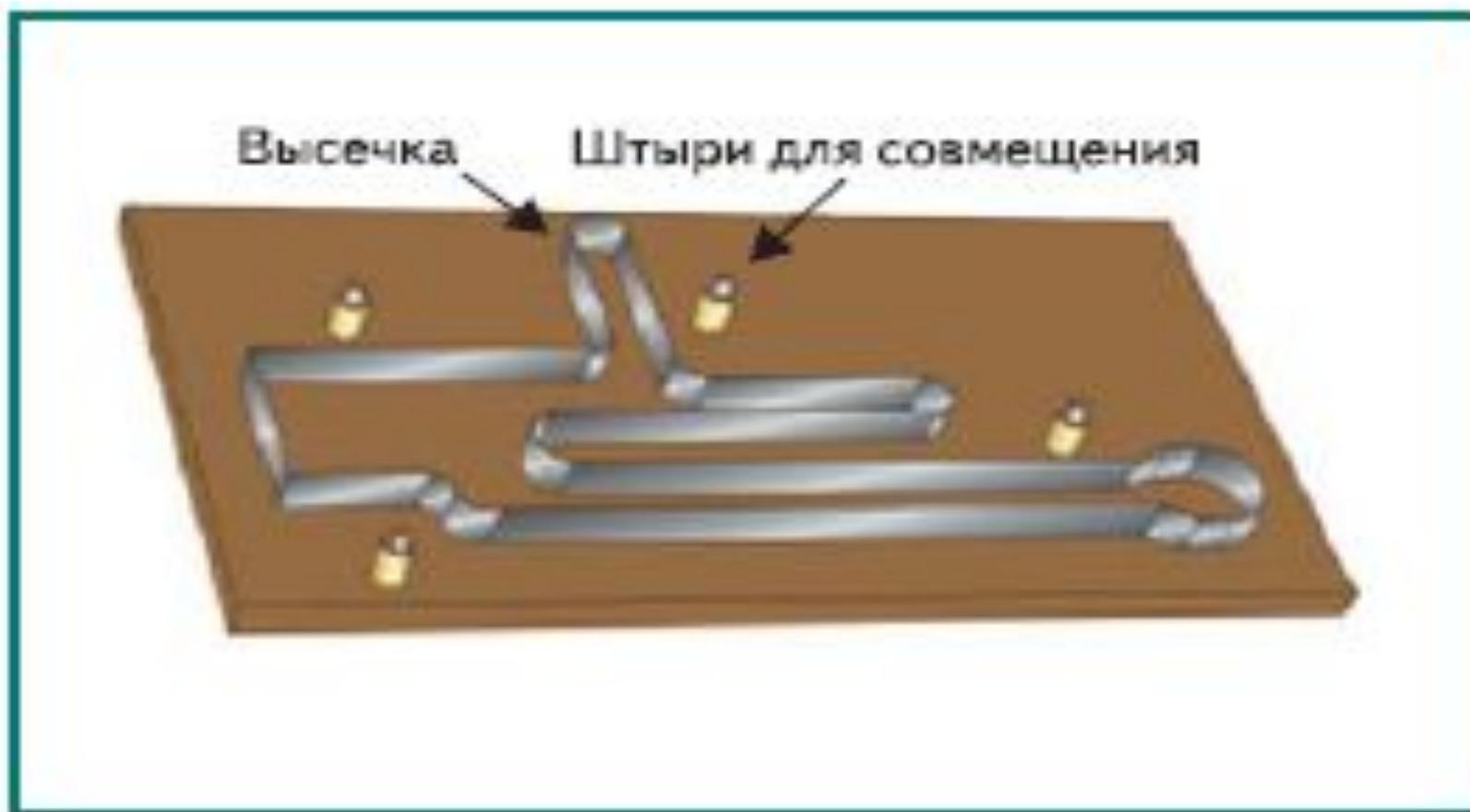


Рисунок 10 – Высечка

Фрезерование контура одно- и двусторонних гибких плат без сквозных металлизированных отверстий обычно стараются не применять, так как оно может дать грубую кромку. Успешно применяется метод вырезки струей воды под большим давлением.

В последнее время для обработки плат по контуру используются лазеры. Кроме этого, они дают возможность вскрытия внутренних слоев меди для обеспечения доступа к монтажным элементам.

Необходимо избегать острых углов в контуре платы (производители обычно скругляют острые углы) и создания других очагов напряжений, которые в последующем могут инициировать разрывы.

Контроль качества

Уровень и объем контроля качества готовой платы обычно задает заказчик, руководствуясь действующими на предприятии-изготовителе нормами и правилами приемки. Как правило, изготовитель имеет свои нормативы: технические требования в сочетании с ГОСТ 23751 и ГОСТ 23752 или свои технические условия, разработанные на основе международных стандартов МЭК или IPC (типовой проект IPC-2221). Для ответственных изделий часто руководствуются стандартом M1L-P-50884C «Печатный монтаж. Гибкие и гибридные платы». При этом требования формулируются индивидуально к каждому из типов гибких плат.

Частные требования к гибким печатным платам обычно разрабатывают на основе стандартов МЭК или IPC 2223A.

Как итог вышесказанному, на рис. 11 вновь приведена схема изготовления одно- и двусторонних гибких печатных плат без металлизации отверстий.

1. Выбор и раскрой материала на заготовки

2. Очистка поверхности фольги

3. Нанесение фоторезиста, экспонирование, проявление

3. Травление рисунка

4. Снятие фоторезиста, промывка, сушка

5. Очистка поверхности медного рисунка

6. Нанесение покровного слоя

7. Термическая сушка

8. Лужение с выравниванием припоя

9. Очистка после оплавления

10. Обрезка по контуру

11. Тестирование, контроль качества

Спасибо за внимание!