

Пайка электронных компонентов на печатной плате

Пайка – это процесс соединения металлических деталей горячим способом, при котором используется вспомогательный металл, называемый припоем, отличающийся от паяемого металла.

Припои могут быть:

- мягкие припои, когда температура плавления припоя значительно ниже, чем у паяемых металлов;
- твердые припои, когда сплав припоя имеет температуру плавления, сравнимую с температурой плавления паяемых металлов.

Пайка обусловлена рядом физико-химических процессов, которые происходят при контакте между расплавленным сплавом припоя (жидкостью) и паяемыми металлами (твердыми телами). Для осуществления пайки необходимо, чтобы расплавленный припой смачивал (увлажнял) паяемые металлы для создания тесных связей между двумя материалами, что приводит к диффузии атомов сплава в паяемые металлы и их атомов в припой.

Смачивание металла расплавленным припоем происходит под действием сил, возникающих при контакте припоя с паяемым металлом – **Приложение 1**; Свободная поверхность капли перпендикулярна результирующей силе (F_r) сил: адгезии паяемого металла с припоем (F_{am}), адгезии припоя со средой¹ (F_{af}) и когезии припоя (F_c). Хороший контакт и, следовательно, хорошее смачивание основного металла достигается, когда результирующая сила почти перпендикулярна паяемому металлу; по этой причине наклон касательной к поверхности капли – угол θ (равный углу между F_r и перпендикуляром к поверхности паяемого металла), называется краевым углом смачивания или контактным углом, а $\cos\theta$ называется коэффициентом смачивания, оба представляют собой меру степени смачивания и, следовательно, первую оценку качества паяек – **Приложение 2**.

Флюсы (реагенты) для пайки выполняют две основные функции:

а) растворяют и удаляют примеси с поверхности металла перед растеканием расплавленного припоя, и

б) предохраняют поверхности от загрязнения во время пайки, а также обеспечивают снижение напряжения припой – среда (газ) и способствуют растеканию.

- нагрев паяемого и вспомогательного металлов до температуры плавления припоя (t_{ta}), во время которого флюс плавится, растекается и удаляет загрязнения;

- плавление припоя;

- дальнейший нагрев до температуры пайки ($t_l > t_{ta}$), которая поддерживается некоторое время, в течение которого происходит смачивание, растекание припоя, затекание в зазор, растворение паяемых металлов в припое и взаимная диффузия молекул;

- отвод источника нагрева, охлаждение металлов и кристаллизация припоя.

При температуре пайки также происходят нежелательные физико-химические процессы (реакции, рекристаллизация, ...), которые ухудшают качество пайки.

Температура и продолжительность нагрева (пайки) не должны превышать требуемых значений.

Температура пайки (t_i) всегда должна быть выше температуры полного плавления припоя (t_{ia}), по крайней мере на 25 – 30 °С. **Приложение 3**

Мягкие припои.

Мягкие припои должны соответствовать ряду требований, в том числе:

- иметь химический состав, отличный от паяемых металлов;
- иметь температуру плавления по меньшей мере на 50 °С ниже, чем у паяемых металлов;
- в расплавленном состоянии обладать хорошей текучестью и низким поверхностным натяжением, хорошо смачивать паяемые металлы, иметь хорошие капиллярные свойства;
- обладать химической и структурной стабильностью;
- обладать высокой электропроводностью, высокой механической прочностью и коэффициентом расширения, близким к коэффициенту расширения паяемых металлов;
- иметь низкую себестоимость.

В зависимости от температуры плавления, припои делятся на:

- легкоплавкие, мягкие припои, с температурой плавления ниже 450 °С, на основе олова (Sn), свинца (Pb), кадмия (Cd), висмута (Bi), цинка (Zn);
- твердые припои с температурой плавления выше 450 °С на основе меди (Cu), серебра (Ag), никеля (Ni), марганца (Mn).

В электронике для сборки компонентов чаще всего используются легкоплавкие припои на основе Sn и Pb.

Олово представляет собой серебристо-белый металл с голубоватыми оттенками, ковкий, устойчивый к коррозии и медленно окисляющийся. При температурах ниже -13,2 °С Sn претерпевает аллотропное изменение, сопровождающееся резким изменением объема, в результате чего образуется серый порошок. По этой причине чистое олово не используется для пайки. Однако его используют в легированном виде, так как количества выше 0,3 – 0,5% Bi или выше 0,5% Pb почти полностью устраняют трансформацию. Олово дорого и дефицитно.

Свинец представляет собой голубовато-серый металл с характерным блеском после резки; он быстро окисляется, образуя сероватую липкую пленку, которая защищает металл от воздействия окружающей среды. Он мягкий, вязкий, не очень прочный на разрыв, но очень устойчив к воздействию кислот. Благодаря высокой температуре плавления и низкой смачиваемости медью, легированным оловом свинец используется для пайки. Он дешев.

Пайка с помощью паяльника.

Паяльник, как источник тепла для нагрева паяемых поверхностей, является старейшим инструментом для пайки мягким припоем, эволюционировавшим от простого медного параллелепипеда со стержнем и ручкой, нагретого на пламени или на плите, до современных сложных конструкций с регулируемым термостатом и температурой, со сменными наконечниками, с питанием от трансформатора.

Пайка паяльником по-прежнему широко используется и часто незаменима (например, при намотке катушек), в основном благодаря своей приспособляемости практически к любой ситуации; именно поэтому многие производители прилагают все усилия для совершенствования этого инструмента.

Основной недостаток пайки паяльником связан с человеческим фактором, от которого зависит качество и равномерность пайки и производительность.

Паяльники могут быть:

- прерывистого действия («пистолетного» типа), экономичные, рекомендуются для работ с перерывами;
- непрерывного функционирования (с нагревательным элементом).

Паяльники с сопротивлением оснащены нагревательным резистором, питающимся непосредственно от сети или от трансформатора.

Паяльники с изолированным керамикой или слюдяной фольгой сопротивлением, питающиеся непосредственно от сети (220 В / 50 Гц), не рекомендуются для работы с электроникой, поскольку сопротивление изоляции не очень большое, особенно при высокой температуре; в результате корпус и жало (наконечник) паяльника – даже подключенные к точке защитного заземления – могут иметь опасное напряжение для многих электронных компонентов. Как правило, такие паяльники не имеют терморегуляции; температура поддерживается постоянной (приблизительно) при равенстве тепла, выделяемого резистором, и тепла, рассеиваемого в среде, которое зависит от размера охлаждающей поверхности (ее изменение – например, укорачивание жала – изменяет температуру).

Предпочтительнее использовать паяльники с трансформаторным питанием или только с изоляцией, и они действительно наиболее часто используются в электронной промышленности; обычно комплект из паяльника, трансформатора, любых регулирующих узлов и соответствующих проводников называется паяльной станцией. Как правило, такие паяльники оснащены терморегуляторами: с постоянным магнитом или датчиком температуры и регулирующими цепями.

Приложение 4

Ручная пайка паяльником в случае использования трубчатых припоев обычно требуется выполнения следующих шагов:

1. Поместить в место пайки жало (нагретое до температуры пайки) с небольшим количеством расплавленного припоя, как можно плотнее прижимая к паяемым деталям, чтобы контакт с большей деталью осуществлялся на большей площади (**Приложение 5.а**). Окончание трубчатого припоя должно быть покрыто небольшим количеством расплавленного сплава, для хорошего теплового контакта желательно также немного флюса.

2. Дождаться нагрева деталей, затем ввести трубчатый припой в контакт с большей паяемой деталью, избегая контакта с жалом – это обеспечивает плавление флюса и очистку поверхностей перед плавлением и растеканием припоя – **Приложение 5. b**.

3. После расплавления нужного количества припоя поддерживать контакт с деталями, возможно перемещая жало, до тех пор, пока припой не растечется, не покроет поверхности и не заполнит зазор – **Приложение 5.с**.

4. Сразу же после нанесения покрытия удалить жало, быстро, но не резко, и дождаться охлаждения и кристаллизации припоя – Приложение 5.d; в течение этого времени детали должны быть неподвижны. **Приложение 5.**

Демонтаж деталей с предварительным удалением припоя – более медленный, но адаптируемый процесс для любого компонента, более безопасный, при котором деталь подвергается меньшей термической нагрузке. Удаление расплавленного припоя может быть выполнено двумя процедурами: с помощью отсосов для припоя или капиллярным способом.

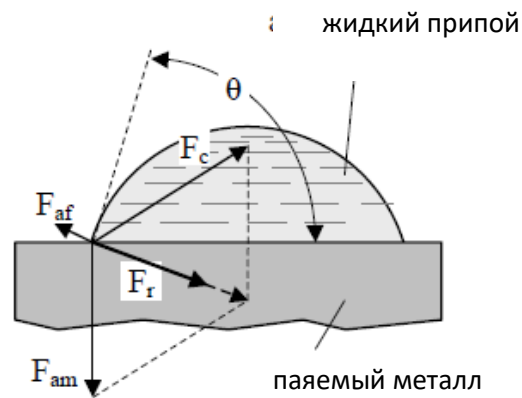
Отсосы для припоя представляют собой «пылесосы» расплавленного припоя и могут быть:

- Отсосы, входящие в состав паяльника (рис. **Приложение 6.b**), с нагретым трубчатым, медным наконечником; втягивание осуществляется с помощью резиновой груши. В некоторых случаях вместо втягивания расплавленного припоя отсос служит для «выдувания» расплава.

- Независимые отсосы (**Приложение 6.c**), трубчатым наконечником из тефлона или другого термостойкого материала, к которому припой не прилипает; втягивание припоя происходит с помощью подпружиненного поршня, при расширении.

Для удаления припоя капиллярным путем используется оплетка из тонкой медной проволоки (очень хорошо подходит оплетка от экранированных кабелей). Оплетка, хорошо покрытая канифолью, прижимается жалом к припою. При расплавлении (**Приложение 6.a**) припой «всасывается» капиллярным действием в маленькие каналы оплетки; в результате остается только очень тонкая пленка. Оплетку можно очистить путем нагревания и встряхивания.

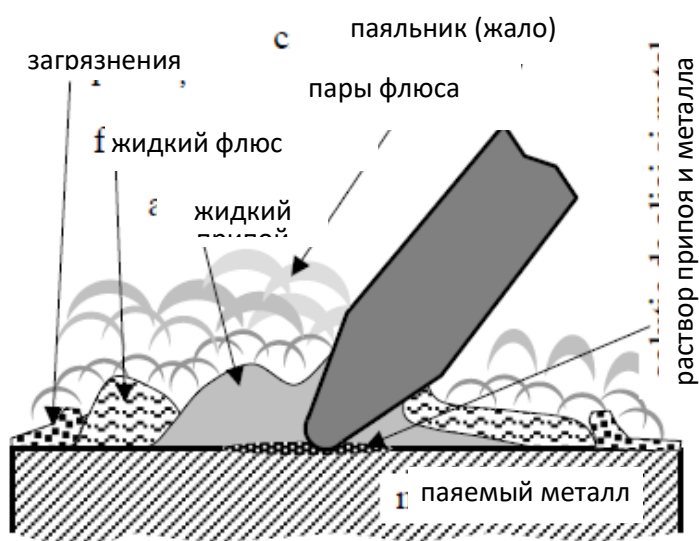
Приложение 1



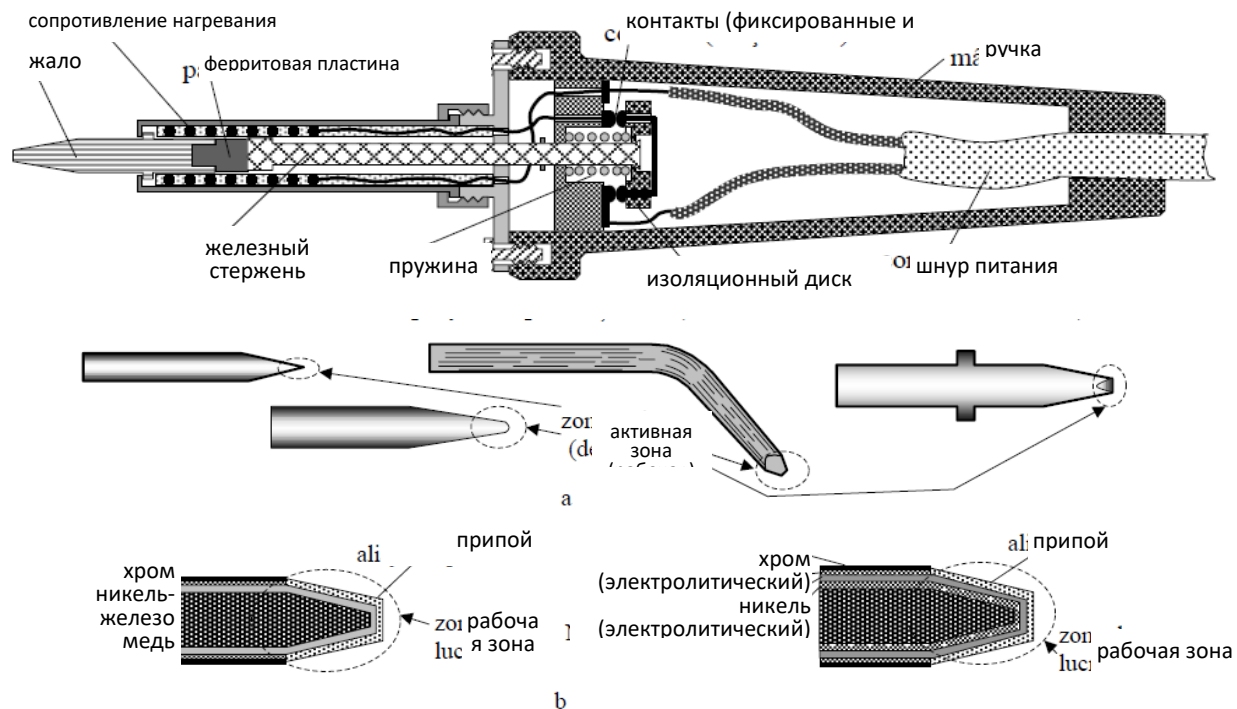
Приложение 2

Форма капли расплавленного	Контактный угол	Качество смачивания	Качество пайки
	$0^\circ \dots 15^\circ$	очень хорошее	очень хорошее
	$15^\circ \dots 75^\circ$	хорошее	хорошее
	$75^\circ \dots 90^\circ$	приемлемое	удовлетворительное... ...посредственное
	$90^\circ \dots 180^\circ$	неудовлетворительное	пайка не выполняется

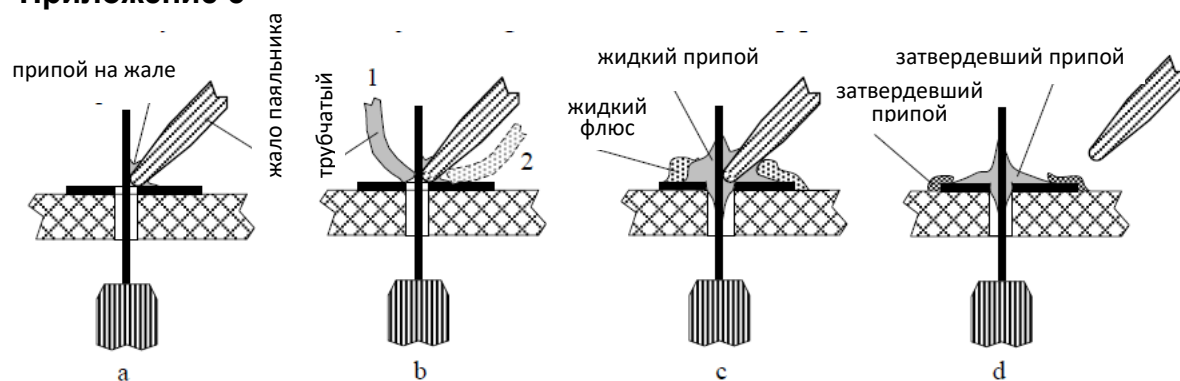
Приложение 3



Приложение 4



Приложение 5



Приложение 6

