

Материалы для пайки

Соколенко И.А., специалист отдела паяльного оборудования ООО «СЭА Электроникс», г. Киев

На сегодняшний день пайка является краеугольным камнем современной радиоэлектронной промышленности и именно от качества пайки в первую очередь зависит качество и надежность работы оборудования. Несмотря на все достижения современной промышленности в области химии и непаяного соединения материалов такое положение в ближайшее десятилетие, скорее всего, не изменится.

Так что же такое пайка?

Пайкой называется образование соединения с межатомными связями путем нагрева соединяемых материалов ниже температуры их плавления, их смачивания припоем, затекания припоя в зазор и последующей кристаллизации припоя (согласно ГОСТ 17325-79). Проще говоря, пайка представляет собой соединение одного или нескольких металлов при помощи расплавленного припоя, имеющего температуру плавления меньшую, чем температура плавления основного металла.

Пайка бывает низкотемпературной или высокотемпературной. Граничной температурой разделения паяк является 450 °С. Высокотемпературная пайка в электронной промышленности применяется очень ограниченно и в основном для работ, не связанных с монтажом компонентов.

Припой – это материал для пайки ... с температурой плавления ниже температуры плавления паяемых материалов (согласно ГОСТ 17325-79). Как правило, припой – это сплав двух или более металлов в определенной пропорции для обеспечения необходимой температуры плавления.

В качестве составных частей при получении легких (легкоплавких) припоев используют в основном олово, свинец, кадмий, сурьму, висмут, цинк и медь, реже индий и галлий. Иногда в состав припоев включаются драгоценные металлы – серебро, золото, платина, палладий.

Олово — мягкий, ковкий металл серебристо-белого цвета. Удельный вес при температуре 20 °С – 7,31 н/м³. Температура плавления – 231,9 °С. Хорошо растворяется в концентрированной соляной или серной кислоте. Стоек к сероводороду и органическим кислотам. При комнатной температуре мало поддается окислению, но при воздействии температуры ниже 18 °С способен переходить в серую модификацию (“оловянная чума”). В местах появления частиц серого олова происходит разрушение металла. Переход белого олова в серое резко ускоряется при понижении температуры до -50 °С. Для пайки может применяться как в чистом виде, так и в виде сплавов с другими металлами.

Свинец — синевато-серый металл, мягкий, легко поддается обработке, режется ножом. Удельный вес при температуре 20 °С – 11,34 н/м³. Температура плавления – 327 °С. На воздухе окисляется только с поверхности. Легко растворим в щелочах, а также в азотной и органических кислотах. Стоек против воздействий серной кислоты и серноокислых соединений.

Кадмий — серебристо-белый металл, мягкий, пластичный, механически непрочный. Удельный вес – 8,6 н/м³. Температура плавления – 321 °С. Применяется как для антикоррозийных покрытий, так и в сплавах со свинцом, оловом, висмутом для легкоплавких припоев.

Сурьма — хрупкий серебристо-белый металл. Удельный вес – 6,68 н/м³. Температура плавления – 630,5 °С. На воздухе не окисляется. Применяется в сплавах со свинцом, оловом, висмутом, кадмием для легкоплавких припоев.

Висмут — хрупкий серебристо-серый металл. Удельный вес – 9,82 н/м³. Температура плавления – 271 °С. Растворяется в азотной и горячей серной кислотах. Применяется в сплавах с оловом, свинцом, кадмием для получения легкоплавких припоев.

Цинк — синевато-серый металл. В холодном состоянии хрупок. Удельный вес – 7,1 н/м³. Температура плавления – 419 °С. В сухом воздухе окисляется, во влажном воздухе покрывается пленкой окиси, которая предохраняет его от разрушения. В соединении с медью дает ряд прочных сплавов. Легко растворяется в слабых кислотах. Применяется для изготовления твердых припоев и кислотных флюсов.

Медь — красноватый металл, тягучий и мягкий. Удельный вес – 8,6...8,9 н/м³. Температура плавления – 1083 °С. Растворяется в серной, азотной кислоте и в аммиаке. В сухом воздухе почти не поддается окислению, в сыром воздухе покрывается окисью зеленого цвета. Применяется для изготовления тугоплавких припоев и сплавов.

Припои

По температуре плавления припои разделяются на:

1. Припои для низкотемпературной (мягкой) пайки с температурой плавления не более 450 °С;
 - 1.1 Особолегкоплавкие (не более 145 °С);
 - 1.2 Легкоплавкие (от 145 °С до 450 °С);
2. Припои для высокотемпературной (твердой) пайки с температурой плавления более 450 °С.

Львиную долю потребностей электронной промышленности составляют припои первой группы.

Особолегкоплавкие припои применяются в большей степени при изготовлении печатных плат для покрытия элементов проводящего рисунка («Сплав Вуда», «Сплав Розе» и им подобные сплавы олова, свинца, висмута и кадмия в различных пропорциях), а также низкотемпературной пайки электронных компонентов, чувствительных к перегреву. В последнее время в связи с развитием бессвинцовых технологий эти припои пытаются заменить сплавами на основе олова, висмута и индия, но дороговизна последнего, а так же проблемы прочности соединений, коррозии и устойчивости сплавов препятствуют их широкому распространению.

Легкоплавкие припои применяются практически исключительно для монтажа компонентов на печатные платы. Применение мягких припоев в области производства и ремонта электрического и электронного оборудования более разнообразно.

Рассмотрим несколько разновидностей припоев на примере продукции компании **Interflux** (Бельгия) - одного из ведущих мировых производителей материалов для пайки.

Наиболее применяемые в электронике припой приведены в таблице 1.

Таблица 1

Тип сплава	Состав сплава	Точка плавления, °С	Плотность	Электропроводность, % от меди	Твердость по Бриггеллю	Особенности
Sn60Pb40	олово 59,5%-60,5% свинец - остальное	183	8,5	11,5	13	
Sn63Pb37	олово 62,5%-63,5% свинец - остальное	183	8,4	12	14	- наиболее распространенный припой для электроники
Sn62Pb36Ag2	олово 61,5%-62,5% серебро 1,8%-2,2% свинец - остальное	178 - 188	8,5	15	10	- механическое сопротивление выше чем у предыдущих сплавов; - лучшая текучесть; - обеспечивает надежную пайку серебряных и золоченых контактов, серебра на керамике, компонентов SMD
Sn5Pb93Ag2	олово 4,8%-5,2% серебро 1,2%-1,8% свинец - остальное	296 - 310	11,1	15	10	- более высокая точка плавления; - может использоваться при температурах до 500°C; - лучше электропроводность, чем у других высокотемпературных сплавов
Sn96Ag4	серебро 3,5%-4,0% олово - остальное	221	10,4	14,3	14,8	- высокие механические свойства; - высокий уровень отражения света, нет тускнения; - нетоксичный припой для электроники, медицины, контактов с пищей; - образует соединения очень высокой прочности; - пригоден для пайки стали
Sn96,5Ag3Cu0,5	серебро 3%-3,5% медь 0,45%-0,55% олово - остальное	217	7,4	14,3	14,8	- относительно низкая температура плавления; - улучшенные характеристики смачиваемости; - наиболее распространенный бессвинцовый сплав
Sn99,3Cu0,7	медь 0,45%-0,9% олово - остальное	227	7,3	14	14	- хорошее механическое сопротивление; - высокий уровень отражения света, нет тускнения; - наименее дорогостоящая бессвинцовая альтернатива традиционным припоям

Высококачественные припои компании **Interflux** производятся из металлов первой плавки с гарантированным содержанием примесей. Припой выпускаются в виде провода диаметром 0,5 мм; 0,7 мм; 1 мм, 1,5 мм с включением флюса: для марки IF14-14 – 1,4 %, для марки IF14-10 – 1 %, для марки IF14-09 – 0,9 %, для марки IF14-06 – 0,6 %.

Припой должен легко растекаться по поверхности спаиваемых металлов и хорошо смачивать всю поверхность пайки, что обеспечивается лишь при полной чистоте смачиваемой поверхности основного металла. Для очищения поверхности спаиваемого металла от окислов и загрязнений, защиты его от окисления и лучшего смачивания припоем служат химические вещества, называемые флюсами. В процессе пайки флюс обеспечивает растворение окислов и сульфидов, защиту от повторного окисления и снижение поверхностного натяжения припоя.



Паяльные флюсы

Флюсы делятся на несколько основных типов: водосмываемые флюсы и флюсы, не требующие отмывки (флюсы на органической, канифольной и синтетической основе).

В процессе пайки участвуют не только спаиваемые детали и припой, но еще и флюс. Паяльный флюс – вспомогательный материал, применяемый для удаления окислов с поверхности паяемого материала и припоя и предотвращения их образования (ГОСТ 17325-79). В некоторых случаях флюс может участвовать в образовании припоя путем выделения из него компонентов, разлагающихся при пайке металла.

От качества флюса во многом зависит хорошее смачивание припоем мест спаивания и образование прочных однородных швов. В процессе нагревания до температуры паяния флюс должен плавиться и растекаться равномерным слоем, защищая паяемые поверхности и припой, в момент же пайки он должен всплывать на внешнюю поверхность припоя. Температура плавления флюса должна быть несколько ниже температуры плавления применяемого припоя.

ГОСТ 19250-73 классифицирует флюсы по следующим признакам:

- по температурному интервалу активности;

- природе растворителя;
- природе активатора определяющего действия;
- механизму действия;
- агрегатному состоянию.

Паяльные флюсы разделяются:

- в зависимости от температурного интервала активности – на низкотемпературные (до 450 °С) и высокотемпературные (свыше 450 °С);
- по природе растворителя – на водные и неводные;
- по механизму действия – на защитные, реактивные, химического либо электрохимического действия;
- по агрегатному состоянию – на твердые, жидкие и пастообразные.

По природе активаторов определяющего действия низкотемпературные припои разделяются на канифольные, кислотные, галогенидные, гидразиновые, фторборатные, анилиновые и стеариновые, а высокотемпературные – галогенидные, фторборатные и боридно-углекислые (ГОСТ 19250-73).

Химически активные флюсы (кислотные) – это флюсы, имеющие в большинстве случаев в своем составе свободную неорганическую или органическую кислоту. Достоинством их является простота использования, длительное время хранения и великолепные свойства флюсования. Их недостатки – сложное хранение, требующее специальных условий, опасность для персонала в процессе применения и образование новых химических соединений в процессе работы. Самым существенным их недостатком является интенсивное образование коррозии паяных швов, так как действие флюса не ограничивается моментом пайки, а продолжается после ее окончания в процессе работы платы. Удаление остатков такого флюса, а так же веществ, образовавшихся в процессе его работы с поверхности платы, представляется очень трудновыполнимым. Наличие напряжения на плате в процессе работы является фактором, усиливающим коррозионное действие остатков кислотного флюса.

К химически активным флюсам, прежде всего, относится соляная кислота, которая употребляется для пайки стальных деталей мягкими припоями. Кислота, оставшаяся после пайки на поверхности металла, растворяет его и вызывает, появление коррозии. После пайки изделия необходимо промыть в большом количестве горячей проточной воды. Применение соляной кислоты при пайке радиоаппаратуры запрещено, так как во время эксплуатации возможно нарушение электрических контактов в местах пайки. Следует учитывать, что соляная кислота при попадании на тело вызывает ожоги.

Хлористый цинк (травленая кислота) в зависимости от условий пайки применяется в виде порошка или раствора. Используется для пайки латуни, меди и стали. Для приготовления флюса необходимо в свинцовой или стеклянной посуде растворить одну весовую часть цинка в пяти весовых частях 50-процентной соляной кислоты. Признаком образования хлористого цинка служит прекращение выделения пузырьков водорода. Из-за того, что в растворе всегда имеется небольшое количество свободной кислоты, в местах пайки возникает коррозия, поэтому после пайки место спая должно тщательно промываться в проточной горячей воде. Пайку с хлористым цинком в помещении, где находится радиоаппаратура, производить нельзя. Применять хлористый цинк для пайки электро- и радиоаппаратуры также нельзя. Хранить хлористый цинк необходимо в стеклянной посуде с плотно закрытой стеклянной пробкой.

Бура (водная натриевая соль пироборной кислоты) применяется как флюс при пайке латунными и серебряными припоями. Легко растворяется в воде. При нагревании превращается в стекловидную массу. Температура плавления – 741 °С. Соли, образующиеся при пайке бурой, необходимо удалять механической зачисткой. Порошок буры следует хранить в герметически закрытых стеклянных банках.

Нашатырь (хлористый аммоний) применяется в виде порошка для очистки рабочей поверхности паяльника перед лужением.

Следует особо отметить, что все перечисленные вещества на сегодняшний день в электронной промышленности применяются крайне ограниченно, только в случаях, когда без их применения обойтись невозможно, так как все их достоинства неудобства устранения последствий их применения перевешивают все достоинства их применения.

Водосмываемые кислотные флюсы обладают очень высокой активностью, поэтому их применяют при пайке никеля, стали и других сплавов, плохо поддающихся пайке. Остатки водосмываемых флюсов требуют обязательного удаления после пайки.

К бескислотным флюсам относятся флюсы на основе различных органических веществ: канифоли, масел или глицерина.

Наиболее широко в электро- и радиомонтажных работах применяется канифоль (в сухом виде или раствор ее в спирте). Самое ценное свойство канифоли, как флюса, заключается в том, что ее остатки после пайки не вызывают коррозии металлов. Канифоль не обладает ни восстанавливающими, ни растворяющими свойствами. Она служит исключительно для предохранения места пайки от окисления. При применении канифоли места пайки должны быть тщательно очищены от окислов. Часто для пайки с канифолью детали следует предварительно облуживать.

Стеарин не вызывает коррозии. Используется для пайки с особо мягкими припоями свинцовых оболочек кабелей, муфт и др. Температура плавления – около 50 °С.

В настоящее время для пайки компонентов на печатные платы наибольшее распространение получили так называемые безотмывочные флюсы. «Принцип работы» этого типа флюса можно сформулировать так – образуется при нагревании в процессе пайки, в процессе химической реакции при образовании выполняет функции флюса и после вания превращается в твердый остаток, как правило, плохорастворимый. Повторное превращение остатка во флюс невозможно ни при каких условиях. По своим свойствам в процессе пайки он приближается к кислотным, в хранении и после использования он зок по свойствам к бескислотным флюсам, но в отличие от последних не может использоваться повторно. С одной стороны безотмывочные флюсы должны обладать довольно высокой активностью, чтобы обеспечить удаление окисной пленки с поверхности тактных площадок и выводов компонентов. С другой стороны после пайки они должны



полностью потерять свою активность, не должны снижать коррозионную стойкость и надежность печатного узла. Предположение, что в процессе пайки все активные составляющие флюса полностью прореагируют при взаимодействии с окисной пленкой и металлом не справедливо, поскольку площадь контактных площадок не превышает 10 % от всей поверхности платы. Может показаться, что оба этих свойства находятся в полном противоречии, т.к. при повышении активности флюса и улучшении паяемости должно происходить ухудшение диэлектрических свойств и коррозионной стойкости паяных соединений. Это действительно так, если в качестве активаторов во флюсах используются неорганические вещества, содержащие галогены. Не требующие отмывки флюсы фирмы **Interflux** не содержат галогенов и соответствуют всем требованиям Bellcore и стандарту IPC. Наносится флюс методом распыления, окунанием, при помощи кисточки, флюс-маркера.

Процесс автоматизации пайки печатных плат вносит свои коррективы в типы используемых флюсов – именно ему в первую очередь мы обязаны появлением безотмывочных флюсов. Но главное новшество, привнесенное данным процессом – это видоизменение агрегатного состояния, как припоя, так и флюса. Дело в том, что припой в виде проволоки или прутка не позволяет осуществлять одновременную пайку всех компонентов на плате, припой в виде расплава имеет слишком много ограничений по возможности пайки компонентов, флюс в жидком виде практически исключает дозированное нанесение в точку пайки. В процессе преодоления этих противоречий и родилось новое агрегатное состояние припоя и флюса, сочетающее в себе достоинства твердого припоя и жидкого флюса – паяльная паста.

Паяльные пасты

Паяльная паста представляет собой однородную массу, состоящую из смеси порошкообразного припоя и флюса, при этом содержание порошка припоя составляет приблизительно от 80 до 92 %. Наносится на контактные площадки печатной платы при помощи дозатора или трафаретного принтера. Характеризуется паяльная паста процентным содержанием твердых частиц (припоя), типом припоя, типом флюса и размером частиц припоя. Параметры частиц материала припоя в паяльной пасте оказывают существенное влияние на качество паяного соединения, поэтому важным параметром, характеризующим паяльную пасту, является размер частиц припоя, который определяет как способ нанесения (дозатор, трафаретный принтер), так и собственно характеристики технологического цикла пайки.

По размеру частиц пасты делятся на несколько основных типов (стандарт IPC/EIA J-STD-005) см. таб. 2.

Таблица 2

Классификация частиц припоя по стандарту IPC	Диаметр частиц припоя
Тип 2	275 – 45 мкм
Тип 3	345 – 25 мкм
Тип 4	438 – 20 мкм
Тип 5	525 – 15 мкм

При выборе паст с малым размером частиц необходимо учитывать, что такая паста будет легко наноситься даже через маленькие окна в трафарете, но при этом процесс пайки может сопровождаться разбрызгиванием шариков припоя при испарении флюса.

Флюс в составе паяльных паст служит не только для активации контактируемых металлических поверхностей, удаления с них окислов и предотвращения окисления припоя в процессе пайки, но и обеспечивает требуемую растекаемость, а также в сочетании с порошкообразным припоем образует вязкую массу, обладающую клеящими свойствами для удержания компонентов в процессе установки и пайки.

Имеются и свои негативные моменты предварительного соединения припоя с флюсом в паяльной пасте. В основном это проявляется в сокращении срока хранения, жестких условиях содержания и ограничений, накладываемых на период транспортировки собранной платы в зону пайки. Хранение паяльной пасты, если она не будет использована в ближайшее время, рекомендуется осуществлять в холодильнике при температуре от +5 до +10 °С, при этом срок хранения паяльной пасты составляет до 6 месяцев с даты производства. Хранение в рекомендуемых условиях увеличивает срок жизни паяльной пасты.



Официальным дистрибьютором и поставщиком продукции фирмы INTERFLUX в Украине, является компания “СЭА Электроникс”. За более подробной информацией обращайтесь в отдел паяльного оборудования по телефонам 296-24-03, 296-24-00 или по электронной почте info@sea.com.ua