

СБОРКА И ПАЙКА ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОВРЕМЕННОЙ РЭА

В.И. Кузьмин

ОАО Центральный научно-исследовательский технологический институт
«ТЕХНОМАШ»

Российская Федерация, 121108, г. Москва, ул. Ивана Франко, 4,

телефон/факс: (095) 146-19-04,

E-mail: trassa@redline.ru

[http: www.trassa.by.ru](http://www.trassa.by.ru)

[http: www.trassa.chat.ru](http://www.trassa.chat.ru)

Приводится описание современного состояния производства печатных узлов РЭА, классификация конструктивно-технологических характеристик печатных узлов и применяемой элементной базы, технологических процессов сборки и пайки. Приведено описание основных технологических операций производства печатных узлов, технические характеристики оборудования для сборки и пайки печатных узлов. Приводится описание материалов (паяльных паст и клея), применяемых в технологических процессах производства печатных узлов с поверхностным монтажом.

Mounting and soldering board assemblies in manufacturing the up-to-date electronics (V.I. Kuzmin). The state-of-the-art in manufacture of electronics' board assemblies is described and classification of design-technology characteristics of the board assemblies and the components used is given as well as manufacturing process of mounting and soldering them are described. The main production operations in manufacturing the board assemblies are described and specifications of equipment for mounting and soldering them are given.

Введение

В структуре трудоемкости производства РЭА сборочно-монтажные работы имеют наибольшую трудоемкость. В 80-90 годы они составляли более половины (55,4 %) от общей трудоемкости производства аппаратуры. Трудоемкость сборки узлов на печатных платах (ПП) занимала ее значительную часть и составляла 21,5 % от трудоемкости сборочно-монтажных работ.

Трудоемкость технологических операций сборки, выполняемых вручную, постоянно возрастала при повышении плотности монтажа, миниатюризации ИЭТ, изменений в структуре элементной базы. Однако, в связи с ростом уровня механизации и автоматизации, суммарная трудоемкость сборки ПУ уменьшалась.

Снижение трудоемкости производства РЭА достигалось следующим:

1. Повышением степени интеграции элементной базы.
2. Повышением технологичности ПУ, в частности:
 - унификацией конструкций ПП и ПУ;
 - сокращением количества типов и номенклатуры применяемых ИЭТ;

- ограничением количества типов конструктивно-технологических групп ИЭТ и преимущественному применению корпусов, отвечающих требованиям автоматизированной сборки;
 - унификацией типов формовки ИЭТ.
3. Повышением уровня технологии и организации производства, в частности:
- концентрацией производства ПУ в рамках предприятия;
 - выделением специализированных участков подготовки ИЭТ и сборки ПУ;
 - широким применением средств механизации и автоматизации;
 - внедрением прогрессивных технологических процессов сборки ПУ.

1. Анализ элементной базы, применяемой при сборке ПУ, и классификация печатных узлов

Элементная база

К монтируемым на ПП ИЭТ относятся дискретные элементы - резисторы, конденсаторы, транзисторы, диоды, интегральные микросхемы, большие интегральные микросхемы (БИС), резисторные, конденсаторные сборки и другие изделия - дроссели, трансформаторы, соединители, установочные колодки и панельки, переключатели. Все они отличаются друг от друга типом, размером и формой корпуса, вариантом его исполнения, расположением, числом, формой и материалом выводов, вариантом формовки выводов, номиналом, точностью номинала, типом ключа (указывающего положение первого или полярного вывода) и рядом других особенностей; общее число таких отличий превышает 2000. Это ведет к усложнению подготовки производства из-за обилия вариантов технологического оснащения и оборудования, удлинению цикла подготовки производства.

Уменьшение номенклатуры применяемых ИЭТ идет по пути создания единых конструктивно-технологических групп и общих требований к ним, что позволяет сократить количество применяемых типоразмеров формовок, вариантов конструктивного исполнения ИЭТ, выработать конструктивные и технологические требования к способам крепления и сборки ИЭТ на ПП, воздействиям различных факторов в процессе сборки и монтажа ПУ и т.п.

В частности, ГОСТом определены 15 конструктивно-технологических групп в зависимости от технической совместимости и возможности применения автоматизированных способов сборки аппаратуры. Из них шесть типовых представителей предназначены для автоматизированной сборки ПУ.

Упаковка ИЭТ и ПМ ИЭТ

При ручной подготовке и установке ИЭТ на ПП в условиях единичного производства способ транспортирования ИЭТ не имеет особого значения. С переходом к автоматизированной и механизированной сборке он начинает заметно влиять на производительность и другие факторы процесса. Это привело к созданию индивидуальных и групповых носителей, в которых ИЭТ поступает с завода-изготовителя.

К носителям для транспортировки, хранения и подачи ИЭТ в механизмы технологического оборудования предъявляются следующие основные требования:

- защита ИЭТ от механических воздействий и статического электричества;
- сохранение ориентации ИЭТ;
- возможность применения в оборудовании, снабженном соответствующими загрузочными устройствами;
- сравнительная дешевизна при условии одноразового применения;
- возможность возврата на завод-изготовитель при условии многократного применения.

Резисторы и конденсаторы с осевыми выводами поставляют клееными в двухрядную липкую ленту на тканевой основе. Выводы ИЭТ должны быть удлиненными. Вклейку в ленту производят на специальных автоматах.

На катушку, в которой производится поставка, наматывается отрезок ленты, вмещающий 1 - 5 тыс. ИЭТ. Во избежание сцепления соседних витков, склеивания лент и повреждений ИЭТ или их выводов намотку ведут с межслойной прокладочной лентой из кабельной бумаги. Диаметр катушки 245 - 400 мм, ширина 70 - 90 мм.

С появлением ПМ ИЭТ были предложены ленточные носители с внутренними гнездами. В качестве стандартных приняты носители шириной 8; 12; 16; 24 и 48 мм. Носители изготавливаются из картона или из литой поливинилхлоридной пленки с угольным наполнителем, в котором выштампованы гнезда для ПМ ИЭТ (такие ленты называют "блистерными"). На одну катушку диаметром 175 или 325 мм наматывается до 12 метров ленты вместимостью 2000 - 5000 ПМ ИЭТ.

Печатные платы

Печатная плата (ПП) является основным конструктивным элементом, объединяющим систему печатных и других проводников, смонтированных на ней ИЭТ, в единый функциональный узел. Одновременно она является механическим и теплоотводящим элементом конструкции ПУ. Конструкция и способ изготовления ПП определяют не только схемотехнические характеристики, надежность изделия, но и его технологичность. В условиях применения средств

автоматизации и новой элементной базы появляется ряд дополнительных требований, которые необходимо выполнить при конструировании ПП:

1. Фиксирующие отверстия ПП, необходимые для закрепления на координатном или рабочем столе технологического оборудования, выполняют по качеству Н9, их диаметр и расположение не оговариваются. При автоматизированной сборке предельные отклонения на межцентровые расстояния между фиксирующими отверстиями устанавливаются не более $\pm 0,05$ мм, между фиксирующими отверстиями и контактными площадками - не более $\pm 0,1$ мм. При этом вокруг этих отверстий должна оставаться свободная зона диаметром не менее 10 мм.

2. Оптимальное расстояние между выводом ИЭТ и стенкой монтажного отверстия должно составлять 0,2 - 0,3 мм. При меньшем расстоянии припой плохо затекает в отверстие, появляются пустоты и непропаи. С увеличением зазора возрастает расход припоя, появляются усадочные раковины в припое. При выборе диаметра отверстия необходимо также учитывать толщину слоев металлизации и горячего лужения.

3. Предельные отклонения расстояний между центрами монтажных отверстий и от базового отверстия для автоматизированной сборки без применения средств технического зрения не должны превышать $\pm 0,05$ мм, между осями контактных площадок $\pm 0,1$ мм.

4. Для уменьшения числа регулировок технологического оборудования и количества оснастки должно быть сведено к минимуму число типоразмеров ПП. Как за рубежом, так и у нас в стране проведены интенсивные работы по стандартизации габаритных размеров ПП. Наиболее часто встречаются размеры 170x110, 170x200, 170x280 и 150x240 мм.

5. При установке на ПП поверхностномонтируемых ИЭТ (ПМ ИЭТ) и применении пайки волной припоя могут проявляться два отрицательных эффекта. Когда ПМ ИЭТ расположен длинной стороной вдоль движения ПП, хвостовая часть его "затеняет" контактную площадку от волны припоя, вызывая появление непропая. Рекомендуется по возможности размещать длинную сторону ПМ ИЭТ поперек движения ПП. Если размеры двух контактных площадок ПП, к которым паяется ПМ ИЭТ, не равны, то вследствие разницы сил поверхностного натяжения припоя в галтельных участках может наблюдаться перекокс относительно плоскости ПП и даже "вздыбливание" КПП до наклонного положения. Контактные площадки для присоединения одного ПМ ИЭТ должны быть одинаковыми.

При монтаже ИС с высокой степенью интеграции теплопроводность обычных ПП оказывается недостаточной для отвода всего выделяющего тепла на несущую металлическую конструкцию. Применяют различного рода теплоотводы. Наиболее распространенным решением является применение сплошного, гофрированного или сотового теплоотвода под ПП или в качестве ее среднего слоя. Но теплоотвод сильно затрудняет нагрев при пайке, особенно при

последовательной (не групповой) пайке. Лучшие результаты достигаются при общем нагреве, например, при пайке волной припоя.

Печатные узлы

Наиболее распространенной технологией сборки радиоэлектронной аппаратуры в 80-90 годы в отечественной практике являлась сборка узлов на ПП с применением традиционных дискретных компонентов с осевыми и радиальными выводами.

С середины восьмидесятых годов в мире получила распространение сборка печатных узлов с применением безвыводных элементов методом поверхностного монтажа. Переход на технологию ПМ в значительной степени отвечал трем основным тенденциям электроники: миниатюризации, повышению качества и надежности, снижению издержек производства. Если раньше эти тенденции развивались почти исключительно посредством повышения интеграции микросхем, то повышение степени интеграции печатных узлов существенным образом содействовало дальнейшему прогрессу радиоэлектроники.

Расчитанные на ПМ конструкции изделий электронной техники ИЭТ - сопротивления, конденсаторы, транзисторы, микросхемы и др. - монтируются прямо на поверхность ПП. Они не имеют соединительных выводов и поэтому называются поверхностно-монтируемыми изделиями.

К числу преимуществ, из-за которых эта технология нашла широкое применение, относятся:

- увеличение плотности размещения ПМ ИЭТ;
- возможность автоматизации на ПП процессов монтажа;
- увеличение рабочей частоты электронных изделий;
- повышение качества и надежности ПУ.

ПУ, в зависимости от конструкции и применяемых ИЭТ и ПМ ИЭТ разделяются на шесть основных вариантов:

1 вариант. ПУ с монтажом ИЭТ в отверстия ПП.

При этом варианте ИЭТ в традиционном исполнении монтируются с одной стороны ПП. Пайка таких ПУ осуществляется вручную - паяльником или автоматически - на установках пайки погружением, протягиванием или волной припоя.

2 вариант. ПУ с односторонним поверхностным монтажом - узлы, на которых присутствуют только ПМ ИЭТ, причем монтируются они на одну сторону ПП, вторая сторона при этом остается свободной.

Сборка таких ПУ может осуществляться двумя способами:

- первый: на ПП наносится адгезив, устанавливаются ПМ ИЭТ, адгезив полимеризуется и далее ПУ передается на пайку двойной волной;
- второй: на ПП наносится паяльная паста, устанавливаются ПМ ИЭТ и далее

ПУ передаются на пайку оплавлением (ИК-оплавлением, оплавлением в паровой фазе, лазерной пайкой и т.д.).

3 вариант. ПУ с двухсторонним поверхностным монтажом - узлы, в которых на обеих сторонах ПП располагаются только ПМ ИЭТ.

Такие ПУ собираются следующими способами:

- первый: на одну сторону ПП наносится адгезив и паяльная паста, устанавливаются ПМ ИЭТ, полимеризуется адгезив и одновременно подсушивается паяльная паста, далее производится пайка оплавлением, затем плата переворачивается на другую сторону, на нее наносится паяльная паста, устанавливаются ПМ ИЭТ, и плата передается на пайку оплавлением.

- второй: на одну из сторон ПП наносится адгезив, устанавливаются ПМ ИЭТ, адгезив полимеризуется, плата переворачивается и передается на пайку двойной волной, затем на свободную сторону ПП наносится паяльная паста, устанавливаются ПМ ИЭТ, и производится пайка оплавлением.

- третий: этот способ является модификацией второго, то есть, адгезив наносится на обе стороны ПП, и с обеих сторон производится пайка двойной волной. В остальном последовательность операций сохраняется.

4 вариант. ПУ со смешанным односторонним поверхностным монтажом - узлы, на которых ИЭТ в традиционном исполнении монтируются на одну сторону ПП, а ПМ ИЭТ монтируются на другую ее сторону.

Сборка ПУ, когда ИЭТ в традиционном исполнении и ПМ ИЭТ располагаются на разных сторонах ПП, осуществляется следующим образом - вначале в отверстия ПП устанавливаются ИЭТ, затем ПП переворачивается, на нее наносится адгезив, устанавливаются ПМ ИЭТ, и адгезив полимеризуется, ПУ переворачивается и передается на пайку двойной волной.

Можно собирать ПУ в другой последовательности: вначале на ПП наносится адгезив, устанавливаются ПМ ИЭТ, затем плата переворачивается, в отверстия устанавливаются ИЭТ в традиционном исполнении, и плата передается на пайку двойной волной.

5 вариант. ПУ со смешанным односторонним поверхностным монтажом - узлы, на которых ИЭТ и ПМ ИЭТ монтируются на одну сторону ПП, вторая сторона при этом остается свободной. Такая конструкция дает некоторый выигрыш по габаритам ПУ, но зато значительно усложняет процесс его пайки.

Сборка ПУ, когда ИЭТ и ПМ ИЭТ располагаются с одной стороны ПП, осуществляется следующим образом: вначале в отверстия ПП устанавливаются ИЭТ в традиционном исполнении и пропаиваются волной припоя, затем на ПП наносится паяльная паста, устанавливаются ПМ ИЭТ, и производится пайка оплавлением.

6 вариант. ПУ со смешанным двухсторонним поверхностным монтажом - узлы, на которые ПМ ИЭТ устанавливаются с обеих сторон ПП, а ИЭТ в традиционном исполнении устанавливаются на одну из ее сторон. ПУ в таком исполнении могут монтироваться по различным технологическим схемам.

2. Технологическое оборудование для сборки ПУ

Установка ПМ ИЭТ на печатные платы является одной из основных операций в технологии монтажа на поверхность, для выполнения которой наиболее часто используют сборочные автоматы. Ручная сборка при ТПМ нерациональна и затруднительна вследствие малых размеров монтируемых элементов (чип-резисторов, конденсаторов), высоких требований по точности установки корпусов с большим количеством выводов (корпуса PLCC и др.). а также высокой производительностью при проведении операций сборки, поскольку преимущества ТМП по сравнению с ТМО наиболее ярко проявляются при крупносерийном и массовом производстве.

Классификация автоматов сборки

Автоматы сборки обычно классифицируются по их производительности либо по способу установки компонентов на плату, причем эти виды классификаций связаны между собой.

По производительности, то есть по количеству устанавливаемых на плату компонентов в единицу времени (обычно тыс.шт./ч), автоматы подразделяют на машины малой (до 1 тыс.шт./ч), средней (до 10 тыс.шт./ч) и высокой (до 50 тыс.шт./ч) производительности.

В зависимости от способа установки различают линейные автоматы, автоматы последовательного, параллельного и последовательно - параллельного типов.

Линейные автоматы имеют блок фиксированных монтажных головок, с помощью которых осуществляют установку компонентов на плату, перемещаемую с помощью двухкоординатного стола.

Автоматы параллельного типа также имеют блок фиксированных головок, позволяющих осуществлять установку всех элементов на плату одновременно.

Автоматы последовательного действия имеют простую подвижную монтажную головку, с помощью которой компоненты устанавливают последовательно, друг за другом. Автоматы обладают высокой универсальностью, способны монтировать все типы компонентов, но имеют низкую производительность.

Автоматы последовательно-параллельного типа представляют собой комбинацию двух систем - параллельной и последовательной, обеспечивающую групповую установку элементов на подвижную плату.

Автоматы классифицируются в зависимости от габаритно-присоединительных размеров монтируемых компонентов, максимального числа носителей с компонентами, размеров монтируемых печатных плат.

Цикл работы любого сборочного автомата включает в себя выбор из магазина (накопителя) компонента конкретного типа и номинала, перемещение его к печатной плате, установку компонентов на печатную плату с заданной точностью.

В отдельных случаях перед установкой на плату проводится контроль электрических и геометрических характеристик монтируемых компонентов. Такую циклограмму работы автоматов возможно реализовать путем взаимного перемещения его основных частей - монтажной головки, стола и магазина с элементами.

Пайка печатных узлов

Пайка волной припоя

Пайка волной припоя появилась в 60-е годы и в настоящее время достаточно хорошо освоена. Она применяется только для пайки компонентов в отверстиях плат (традиционная технология), хотя с ее помощью можно производить пайку поверхностно-монтируемых компонентов с несложной конструкцией корпусов, устанавливаемых на одной из сторон коммутационной платы.

Процесс пайки прост. Платы, установленные на транспортере, подвергаются предварительному нагреву, исключающему тепловой удар на этапе пайки. Затем плата проходит над волной припоя. Сама волна, ее форма и динамические характеристики являются наиболее важными параметрами оборудования для пайки. С помощью сопла можно менять форму волны; в наиболее простых установках для пайки применяется симметричная волна. Однако лучшее качество пайки получается при использовании не симметричной формы волны (в виде греческой буквы "омега", Z-образную, T-образную и др.). Направление и скорость движения потока припоя, достигающего платы, также могут варьироваться, но они должны быть одинаковы по всей ширине волны. Угол наклона транспортера для плат тоже регулируется. Некоторые установки для пайки оборудуются дешунтирующим воздушным ножом, который обеспечивает уменьшение количества перемычек припоя. Нож располагается сразу же за участком прохождения волны припоя и включается в работу, когда припой находится еще в расплавленном состоянии на коммутационной плате. Узкий поток нагретого воздуха, движущийся с высокой скоростью, уносит с собой излишки припоя, тем самым разрушая перемычки и способствуя удалению остатков припоя.

Пайка двойной волной припоя

В ПУ с комбинированным монтажом, где с одной стороны устанавливаются ИЭТ, а с обратной стороны ПМ ИЭТ, пайка волной припоя создает множество проблем, связанных как с конструкцией плат, так и с особенностями процесса

пайки, а именно: непропаи и отсутствие галтелей припоя из-за эффекта затенения выводов компонента другими компонентами, преграждающими доступ волны припоя к соответствующим контактным площадкам, а также наличие полостей с захваченными газообразными продуктами разложения флюса, мешающих дозировке припоя.

В этом случае применяют технологический процесс пайки двойной волной припоя. Первая волна делается турбулентной и узкой, она исходит из сопла под большим давлением. Турбулентность и высокое давление потока припоя исключает формирование полостей с газообразными продуктами разложения флюса. Однако турбулентная волна все же образует перемычки припоя, которые разрушаются второй, более пологой ламинарной волной с малой скоростью истечения. Вторая волна обладает очищающей способностью и устраняет перемычки припоя, а также завершает формирование галтелей. Для обеспечения эффективности пайки все параметры каждой волны должны быть регулируемыми, поэтому установки для пайки двойной волной имеют отдельные насосы, сопла, а также блоки управления для каждой волны. В установках для пайки двойной волной припоя также возможно применение дешунтирующего ножа, служащего для разрушения перемычек из припоя.

Пайка двойной волной припоя применяется в основном для одного типа ПУ: с традиционными компонентами на лицевой стороне и монтируемыми на поверхность простыми компонентами (чипами и транзисторами) на обратной. Некоторые ПМ ИЭТ (даже пассивные) могут быть повреждены при погружении в припой во время пайки, поэтому важно учитывать их термостойкость. Если пайка двойной волной применяется для монтажа плат с установленными на их поверхности ПМ ИЭТ сложной структуры, необходимы некоторые предосторожности:

- применять поверхностно монтируемые ИС, не чувствительные к тепловому воздействию;
- снизить скорость транспортера;
- проектировать коммутационную плату таким образом, чтобы исключить эффект затенения.

Хорошо разнесенные, не загораживающие друг друга компоненты способствуют попаданию припоя на все участки платы, но при этом снижается плотность монтажа. При высокой плотности монтажа, которую позволяет реализовать технология монтажа на поверхность, с помощью данного метода практически невозможно пропаять поверхностно-монтируемые компоненты с четырехсторонней разводкой выводов (например, кристаллоносители с выводами). Чтобы уменьшить эффект затенения, прямоугольные чипы следует размещать перпендикулярно направлению движения волны.

Пайка ПУ в паровой фазе

Процесс пайки в паровой фазе начинается с нанесения способом трафаретной печати припойной пасты на контактные площадки ПП. Затем на поверхность платы устанавливаются ПМ ИЭТ.

В ряде случаев припойную пасту после нанесения просушивают для удаления из ее состава летучих ингредиентов или предотвращения смещения компонентов непосредственно перед пайкой. После этого плата разогревается до температуры расплавления припойной пасты. В результате образуется паяное соединение между контактной площадкой платы и выводом ПМ ИЭТ.

Метод пайки в паровой фазе является разновидностью пайки расплавлением дозированного припоя, в ходе которой пары специальной жидкости конденсируются на коммутационной плате, отдавая скрытую теплоту парообразования открытым участкам ПУ, при этом припойная паста расплавляется и образует галтель между выводом компонента и контактной площадкой платы. Когда температура платы достигает температуры жидкости, процесс конденсации прекращается, тем самым заканчивается и нагрев пасты. Повышение температуры платы, от ее начальной температуры (например, окружающей среды перед пайкой) до температуры расплавленного припоя, осуществляется очень быстро и не поддается регулированию. Поэтому необходим предварительный подогрев платы с компонентами для уменьшения термических напряжений в компонентах и местах их контактов с платой. Температура расплавления припоя также не регулируется и равна температуре кипения используемой при пайке жидкости.

Пайка расплавлением дозированного припоя инфракрасным нагревом

Процесс пайки ПМ ИЭТ, собранных на коммутационной плате, с помощью ИК-нагрева аналогичен пайке в паровой фазе, за исключением того, что нагрев платы с компонентами производится не парами жидкости, а ИК-излучением.

Основным механизмом передачи тепла, используемым в установках пайки с ИК-нагревом, является излучение. Передача тепла излучением имеет большое преимущество перед теплопередачей за счет теплопроводности и конвекции, так как это единственный из механизмов теплопередачи, обеспечивающий передачу тепловой энергии по всему объему монтируемого устройства. Остальные механизмы теплопередачи обеспечивают передачу тепловой энергии только поверхности монтируемого изделия.

В процессе пайки ИК-излучением скорость нагрева регулируется изменением мощности каждого излучателя и скорости движения транспортера с ПП. Поэтому термические напряжения в компонентах и платах могут быть снижены посредством постепенного нагрева элементов. Основным недостатком пайки с ИК-нагревом является то, что количество энергии излучения, поглощаемой компонентами и платами, зависит от поглощающей способности материалов, из которых они

изготовлены, поэтому нагрев осуществляется неравномерно в пределах монтируемого устройства. Пайка кристаллоносителей без выводов или с J-образными выводами может оказаться невозможной в установках с ИК-нагревом, если компонент непрозрачен для ИК-излучения.

В некоторых установках для пайки с ИК-нагревом вместо ламп ИК-излучения применяются панельные излучающие системы. В этом случае излучение имеет намного большую длину волны, чем излучение традиционных источников. Излучение такой излучающей системы не нагревает непосредственно микросборку, а поглощается технологической средой, которая в свою очередь передает тепло микросборке за счет конвекции. Этот способ пайки устраняет ряд недостатков, присущих традиционной пайке с ИК-нагревом, таких, как неравномерный прогрев отдельных частей микросборки и невозможность пайки компонентов в корпусах, непрозрачных для ИК-излучения.

ЗАО ЦНИТИ "Техномаш-Трасса" совместно с предприятием S.M.D. (г. Рига, Латвия) поставляют установку ИК-пайки печатных узлов "SMD-TRASSA-5609".

Установка предназначена для пайки печатных узлов, выполненных по технологии монтажа на поверхность. Установка имеет пять зон нагрева. В зонах предварительного нагрева нагрев двухсторонний с возможностью отключения нижних нагревателей.

Установка снабжена микропроцессорной системой управления, позволяющей поддерживать заданные режимы пайки и сохранять в памяти до десяти температурных профилей. Имеется возможность подключения внешнего термометра для измерения температуры на поверхности паяемого изделия и подключения компьютера для отображения температурных профилей на мониторе.

Установка снабжена конвейером из стальных пружинных тросиков с регулируемой скоростью движения. Значения всех параметров отображаются на жидкокристаллическом индикаторе. Предусмотрена возможность подключения вытяжной вентиляции.

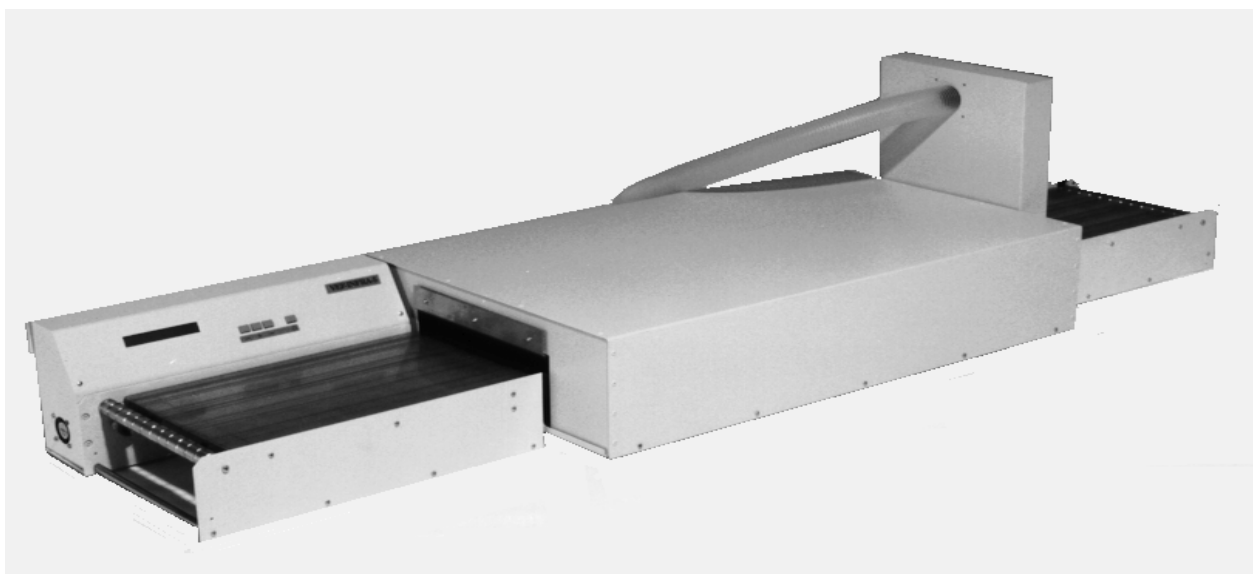


Рис.1. Установка ИК-пайки печатных узлов “SMD-TRASSA-5609”

| | |
|---|--------------|
| Температура в зоне предварительного нагрева, °С | 100-270 |
| Температура в зоне оплавления, °С | 100-300 |
| Время достижения рабочей температуры. мин | не более 20 |
| Ширина конвейера, мм | 250 |
| Скорость движения конвейера, мм/мин | 100-300 |
| Напряжение питания | 220 В, 50 Гц |
| Потребляемая мощность, кВт · А | 1,5 |
| Габаритные размеры, мм | 1630x465x180 |
| Масса, кг | не более 40 |

Лазерная пайка

Лазерная пайка (пайка лучом лазера) не относится к групповым методам пайки, поскольку монтаж ведется по каждому отдельному выводу или по рядам выводов. Однако бесконтактность приложения тепловой энергии позволяет повысить скорость монтажа до 10 соединений в секунду и приблизиться по производительности к пайке в паровой фазе и ИК-излучением.

По сравнению с другими методами лазерная пайка обладает рядом существенных преимуществ. Во время пайки печатная плата и корпуса элементов практически не нагреваются, что позволяет монтировать элементы, чувствительные к тепловым воздействиям. В связи с низкой температурой пайки и ограниченной областью приложения тепла резко снижаются температурные механические напряжения между выводом и корпусом. Выбор материала основания не является критическим. Кратковременные действия тепла – 20-30 мс, резко снижают толщину слоя интерметаллидов, припой имеет мелкозернистую структуру. Все это

положительно сказывается на надежности паяных соединений. Установки лазерной пайки могут быть полностью автоматизированы, при этом для составления программы пайки можно использовать данные САПР для печатных плат.

Возможна пайка плат с высокой плотностью компоновки ПМ ИЭТ, с размерами контактных площадок до 25 мкм, без образования перемычек на соседние соединения или их повреждения.

При использовании хорошо просушенной паяльной пасты выполненные с помощью лазерной пайки ПС не образуют шариков припоя или перемычек, в результате чего отпадает необходимость применять паяльные маски.

При использовании лазерной пайки нет необходимости в предварительном подогреве многослойной печатной платы, что обычно необходимо делать при пайке в паровой фазе для предотвращения расслоения платы. Не требуется также создавать какую-либо специальную газовую среду. Процесс пайки ведется в нормальной атмосфере без применения инертных газов или каких-либо других химических реагентов.

При пайке не выделяются вредные химические компоненты.

Для приклеивания ПМ ИЭТ не требуется использовать специальные высокотемпературные клеящие композиции, можно применять обычные клеи. Возможно проводить частичную сборку, при которой отдельные элементы могут устанавливаться позднее, что обычно недопустимо при пайке в паровой фазе, поскольку недостающие элементы возможно установить только вручную.

Лазерная пайка не является альтернативным методом по отношению к групповым методам пайки. Ее преимущества проявляются при создании особо надежных паяльных соединений в блоках с повышенной плотностью компоновки.

3. Технологические материалы, применяемые при пайке ПУ

Припой

Для пайки ПП применяют почти исключительно низкотемпературные оловянно-свинцовые припои. Наиболее технологичными являются эвтектические или околоэвтектические припой системы олово-свинец. Они отличаются низкой температурой начала плавления, отсутствием или малым (не более 5-10°C) интервалом плавления и кристаллизации, хорошим смачиванием многих металлов, затеканием в зазор и т.п. Для пайки ПУ применяют довольно узкую номенклатуру припоев (табл. 1 и 2).

Химический состав основных марок припоев

Таблица 1

| Марка припоя | Химический состав, мас., % | | | | | | |
|--------------|----------------------------|-------------|-------------|---------|--------|--------|-----------------|
| | Олово | Свинец | Сурьма | Серебро | Висмут | Кадмий | Кол-во примесей |
| ПОС-61 | 59...61 | Остальное | - | - | - | - | 0,29 |
| ПОС-40 | 30...41 | | - | - | - | - | 0,29 |
| ПОСК-50-18 | 49...51 | То же | - | - | - | 17... | 0,37 |
| ПОССу-61-0,5 | 59...61 | "-" | 0,05 | - | - | 19 | 0,27 |
| ПОССу-40-0,5 | 39...41 | "-" | ...0,5 | - | - | - | 0,27 |
| ПОССу-30-0,5 | 29...31 | "-" | 0 | - | - | - | 0,31 |
| ПСр-2,5 | 5...6 | "-" | 0,05... | 2,2... | - | - | 0,15 |
| ПОСВи-36-4 | Остальное | 35,5...36,5 | 0,50 | 2,8 | 3,5... | - | 0,05 |
| | | | 0,05...0,50 | - | 4,5 | - | |

Физические свойства припоев

Таблица 2

| Марка припоя | Температура плавления, °С | | Предел прочности, Мпа | Плотность (20°С), кг/м ³ | Удельное электросопротивление, (Ом*м) *10 ⁻⁶ | Теплоемкость, Вт/(м*К) | Коэффициент линейного расширения, α*10 ⁶ |
|--------------|---------------------------|----------|-----------------------|-------------------------------------|---|------------------------|---|
| | начальная | конечная | | | | | |
| ПОС-61 | 183 | 190 | 42 | 8500 | 0,139 | 50,24 | 24,0 |
| ПОС-40 | 183 | 238 | 37 | 9300 | 0,159 | 41,87 | - |
| ПОСК-50-18 | 142 | 145 | 39 | 8800 | 0,133 | 54,43 | 21,0 |
| ПОССу-61-0,5 | 183 | 189 | 44 | 8500 | 0,140 | 50,24 | 23,4 |
| ПОССу-40-0,5 | 183 | 235 | 39 | 9300 | 0,169 | 41,87 | 25,0 |
| ПОССу-30-0,5 | 183 | 255 | 35 | 9700 | 0,179 | 37,68 | - |
| ПСр-2,5 | 295 | 300 | 36 | 11000 | 0,214 | - | - |
| ПОСВи-36-4 | 150 | 170 | 37 | 8600 | 0,165 | - | - |

В настоящее время применяют оловянно-свинцовые припои составов Sn63-Pb37, Sn60-Pb40, Sn40-Pb60, Sn95-Ag5, Sn62-Pb36-Ag2 и др.

Припой выпускаются в виде проволоки или заполненной флюсом одно- или пятиканальной трубки, прессованной проволоки, в которой каждое зерно припоя окружено канифолью. Содержание канифоли в целом не превышает 0,8-1,2 % от массы припоя. Разработан также композитный самофлюсующий припой ПОС-61 КП. Расход его на формирование соединений на 10-30 % ниже по сравнению с обычным проволочным припоем.

Флюсы

Флюсы для пайки аппаратуры делятся на две группы: не активированные на основе канифоли и полиэфирных смол и активированные. Канифоль состоит из смеси нескольких слабых органических кислот, основная из которых абиетиновая, растворяющая оксиды меди, но не воздействующая на чистую медь. Вместе с тем абиетинаты меди не являются коррозионными продуктами. Канифоль и полиэфирные смолы, попадая в диэлектрик ПП, не снижают его сопротивление изоляции. Не активированные флюсы широко применяются для пайки изделий ответственного назначения и в качестве консервирующих покрытий, сохраняющих паяемость ПП в условиях длительного складского хранения.

В активированных флюсах, как это следует из названия, присутствуют активаторы - вещества, повышающие флюсующую активность. Среди них амины, слабые органические кислоты и др. Активаторы, как правило, содержат ионы галогенов или активные остатки, снижающие сопротивление изоляции диэлектриков, поэтому активированные флюсы и их остатки следует тщательно отмывать. Их рекомендуется применять при высокопроизводительной механизированной пайке, пайке плохо смачиваемых металлов (никеля и др.). К этой группе относятся также водорастворимые флюсы, не содержащие канифоли (Л5, ФКГЭА и др.).

Активированные флюсы с активатором и на основе неорганических кислот в производстве РЭА не применяются из-за их воздействия на паяемые металлы и резкого снижения сопротивления изоляции диэлектриков.

ЗАО ЦНИТИ "Техномаш-Трасса" поставляет следующие флюсы для низкотемпературной пайки: "Трасса-9411" ФПС-6, "Трасса-9412" ФПС- 8, "Трасса-9413" ФПС-8ЛО.

Флюсы предназначены для пайки различных материалов, узлов и конструктивов РЭА, а также изделий микроэлектроники.

Различие технологических применений данных флюсов заключается в отсутствии необходимости удаления или применения соответствующих методов удаления остатков флюса и продуктов их реакции с металлами. В этом отношении флюсы делятся на:

- водосмываемые (вода +50°C) - "Трасса-9412" ФПС- 8, "Трасса-9413" ФПС-8ЛО;
- с неудаляемыми остатками –"Трасса-9411" ФПС-6.

Конкретная область и особенности их применения определяются технологическими документами потребителя и при необходимости согласуются с разработчиком флюсов.

Флюс "Трасса-9411" ФПС-6 - органический инактивный флюс, не вызывающий коррозии. При пайке с общим нагревом он образует водонепроницаемую полимерную пленку толщиной 2 мм. Полимерная пленка обеспечивает сопротивление изоляции 10^{10} - 10^{12} Ом/см. Флюс может наноситься валиком, пенообразователем, полусухой жесткой кистью. При отсутствии предварительного подогрева при пайке после нанесения флюс рекомендуется подсушить на воздухе. Данный флюс может применяться при автоматической пайке. Температурный интервал применения - 200-300°C.

Флюс "Трасса-9412" ФПС-8 - органический не коррозионно-активный. Остатки флюса и продукты реакций легко удаляется в горячей воде 100+10°C в течение 10-15 минут или проточной водой в течение 3-х мин. Отмытые изделия должны иметь сопротивление изоляции не ниже 10^{10} - 10^{12} Ом/см. При длительном нагреве (пайке в печах) возможно появление пиролизированных остатков. Температурный интервал применения данного флюса - 130-300°C.

Флюс "Трасса-9413" ФПС-8ЛО по своим характеристикам аналогичен флюсу "Трасса-9412" ФПС-8. Отличается повышенной активностью и устойчивостью к пиролизу.

Припойные пасты

Припойные пасты (широко распространен также термин "паяльная паста") – это механическая смесь порошка припоя, связующего вещества (или смазки), флюса и некоторых других компонентов. Пасту можно нанести ровным, точно заданным слоем с помощью механизированных и автоматизированных средств.

Припойные пасты не должны окисляться, сильно и быстро расслаиваться, должны долго сохранять свои реологические свойства (т.е. способность к вязкому течению и деформации), не растекаться далеко за пределы первоначально нанесенной дозы, не оставлять твердых не удаляемых остатков после пайки, обладать клеящими свойствами, не разбрызгиваться при воздействии достаточно концентрированного источника нагрева, не ухудшать электрических характеристик ПП, отмываться в стандартных растворителях, наноситься на поверхность нужным способом, не быть чрезмерно дорогими и т.д.

Припойная паста обеспечивает значительную, до 30-50 % экономию припоя благодаря точечному дозированию. Клеящие свойства некоторых паст позволяют использовать их для фиксации ПМ ИЭТ перед пайкой.

Следует перечислить такие важные с технологической точки зрения характеристики припойных паст, как вязкость, растекаемость в исходном состоянии (или расплывание за пределы нанесенной дозы), растекаемость во время пайки, расслаиваемость (седиментация) - оседание порошка в пасте при хранении,

смачиваемость основного металла, которые нужно учитывать при разработке процесса пайки.

Основным компонентом припойной пасты является порошок припоя, его может быть 75-95 % от массы припоя. Считается, что все низкотемпературные припои можно получить в виде порошка и пасты.

Содержание металла определяет толщину оплавленного припоя, оседание и растекание порций пасты и другие свойства. В случае оловянно-свинцовых припоев при содержании по массе 90 % объемное содержание металла и толщина слоя составляют около 60 %. При содержании припоя по массе 75 % его содержание по объему составляет всего около 35 %.

Размер и форма частиц порошка оказывают сильное влияние на реологические свойства пасты: присутствие в пасте крупных частиц ухудшает реологические свойства пасты, при большом количестве мелких частиц они заполняют пространство между крупными частицами и ухудшают текучесть пасты. Кроме того, мелкие частицы имеют относительно большую площадь поверхности, что увеличивает скорость их окисления. Наилучшие результаты получаются при использовании частиц диаметром 10-150 мкм.

Форма частиц определяет во многом способность пасты дозироваться тем или иным способом. Если частицы имеют неправильную форму (продолговатую, в виде чешуек и т.п.), то паста начинает забивать мелкие отверстия сетки трафарета или шприца дозатора. Для таких паст единственным возможным вариантом остается дозирование через металлическую маску - трафарет. Частицы припоя сферической формы придают пасте способность к легкому продавливанию через узкие отверстия сетки или дозатора.

Паяемость припойной пасты в сильной степени зависит от окисленности и загрязненности поверхности частиц порошка припоя. По зарубежным стандартам припой не должен содержать более 0,5 % кислорода. Но важно не объемное содержание кислорода, а количество его в тонком приповерхностном слое, реагирующем в самом начале процесса с флюсом и основным металлом. Отрицательное влияние на свойства пасты оказывает также углерод, который по некоторым предположениям попадает на поверхность частиц порошка из тары и упаковки в процессе хранения и транспортировки, поэтому на всех этапах, начиная от изготовления порошка и кончая пайкой, необходимо принимать все меры против взаимодействия частиц с кислородом и углеродом.

Вводимый в припойную пасту флюс играет ту же роль, что и при пайке компактным припоем. Обычно в пасту вводят те же флюсы, которые используются и при обычной пайке.

Основные физико-химические свойства припойных паст создаются благодаря введению в порошок припоя 4-15 % связующих веществ. Именно они (иногда с добавлением растворителя) придают пасте нужную консистенцию, препятствуют расслоению и растеканию припойной пасты, повышают ее разрешающую способность, придают клеящие свойства, адгезию к подложке и т.п.

Связующее вещество нейтрально по отношению к припою в ходе хранения и пайки, а при нагреве и пайке улетучивается или расплавляется без образования трудноудаляемых твердых остатков.

В качестве связующих веществ используют органические смолы или их смеси, разбавители и другие вещества. К ним добавляют растворители, пластификаторы, тиксотропные вещества. Последние препятствуют оседанию частиц порошка припоя во время хранения, повышают разрешающую способность пасты, обеспечивают заданный диапазон вязкости.

ЗАО ЦНИТИ "Техномаш-Трасса" поставляет водосмываемые паяльные пасты "Трасса-9402" (ПОС-61ЛО) и "Трасса-9403" (ПОСВ-45ЛО), а также паяльную пасту "Трасса-9401" (ПОС-61К) с не удаляемыми остатками флюсующей композиции, предназначенных для конструкционной и монтажной пайки различных материалов, узлов и конструктивов радиоэлектронной аппаратуры и изделий микроэлектроники.

Водосмываемые паяльные пасты "Трасса-9402" (ПОС-61ЛО) и "Трасса-9403" (ПОСВ-45ЛО) относятся к классу абсолютно растворимых и экологически безопасных композиций 3-4 класса опасности.

В композиционный состав паяльных паст входят:

- порошок припоя (ПОС-61 или ПОСВ-45) средней дисперсности 50 мкм, представляющий собой гранулы не чисто сферической формы. Допускается присутствие гранул удлиненной формы с сечением 30 мкм и длиной до 80-90 мкм, в количестве до 15 % массы;
- флюсующая композиция на основе органических ингредиентов в количестве 10-17 % массы;
- специальные добавки до 2 % массы.

Рекомендуемая вязкость пасты 1000-1300 Па·сек. По желанию заказчика вязкость можно изменить в пределах 600-3000 Па·сек.

| | |
|--|-----------|
| Температурный интервал активности композиции | 130-300°C |
| Температура оплавления: | |
| - для пасты ПОС-61 ЛО | 235+10°C |
| - для пасты ПОСВ-45 ЛО | 150+10°C |
| Срок хранения пасты в производственных условиях (при температуре 20+2°C и относительной влажности не выше 60 %) | 1 месяц |

Паяльная паста "Трасса-9401" (ПОС-61К) с не удаляемыми остатками флюсующей композиции относится к классу не активированных (R) композиций 3-4 класса опасности и состоит из:

- порошка припоя ПОС-61;
- флюсующей композиции на основе аминолигандного поликонденсата абиетиновой кислоты, не вызывающей коррозии, не снижающей сопротивление изоляции и нерастворимой в воде.

При необходимости (например, при нанесении влагозащитных покрытий) остатки композиции могут быть удалены в Пропаноле-2 или УЗ-ванне.

Температурные режимы данной пасты соответствуют режимам пасты "Трасса-9402" (ПОС-61ЛО).

Срок хранения пасты в производственных условиях - 6 месяцев

Механические свойства паяльных соединений, выполненных пастами "Трасса-9401" (ПОС-61К), "Трасса-9402" (ПОС-61ЛО), "Трасса-9403" (ПОСВ-45ЛО) соответствуют механическим свойствам припоев ПОС-61 и ПОСВ-45 по ОСТ4.ГО 033.200.

Литература

1. В.И.Кузьмин. Технологическое оборудование для производства печатных узлов с поверхностно-монтируемыми элементами. // Экономика и производство. Технологии Оборудование Материалы, № 8-9 (август-сентябрь) 1998 г.
2. В.И.Кузьмин. Технология, оборудование и системы управления в электронном машиностроении. // Энциклопедия машиностроения. Раздел III. "Технология производства машин", Том III.8
3. В.И.Кузьмин. Технология и оборудование для производства узлов на печатных платах радиоэлектронной аппаратуры. // Научно-технический сборник "Ученые - 850-летию Москвы". Материалы докладов, представленных в 1996 году на научно-технических конференциях отделения "Электронные технологии в народном хозяйстве" Международной академии информатизации.
4. В.И.Кузьмин. Технологическое оборудование для производства печатных узлов с применением поверхностно-монтируемых элементов производства ОАО ЦНИТИ "Техномаш", г. Москва, (Россия) и АО ВЭФ "Транзистор", г. Рига, (Латвия). // Специальный выпуск журнала "Электронные компоненты", "Живая электроника России -1997/98".