

Окончание. Начало в № 1'2009

Стандарт IEC (МЭК) 61192-1 «Процесс пайки»

Людмила Круглова

Электрические испытания

Для минимизации доработки и, следовательно, сохранения высокой надежности в программу электрических испытаний следует включать как «внутрисхемный» контроль, так и функциональную проверку или равноценное периферийное сканирование, а также другие способы тестирования.

Внутрисхемный контроль

Везде, где это практически осуществимо, для минимизации длины зонда следует применять конструкцию плат, которая позволяет полностью проводить это испытание на «низкопрофильной» стороне платы. При отсутствии потребности в зажимном устройстве и применении чувствительных длинных щупов повышается надежность результатов испытаний и продлевается срок службы зондов.

Для комбинированной технологии пайки с одним проходом паяных сборок и для двусторонних сборок с более чем одним проходом через режим пайки хорошей практикой считается выполнять начальный внутрисхемный контроль на всех компонентах, припаиваемых во время первого прохода. Если топология платы не допускает единичного контроля на низкопрофильной стороне после второго прохода пайки, то обязательно проводится последующий контроль с помощью зонда. В этом подходе для проведения контроля могут потребоваться дополнительные зажимные приспособления, однако есть возможность повысить надежность изделия путем проведения более легкой доработки.

Если количество компонентов штыревого монтажа на плате комбинированной технологии невелико, подходит ручное зондирование.

В зависимости от спецификации потребителя для изделий уровня С, содержащих более 50 компонентов поверхностного монтажа, может потребоваться проведение внутрисхемного контроля или равноценного периферийного сканирования.

Функциональная проверка

Как правило, функциональную проверку проводят на выступающих соединениях собранной платы, и специальные механические меры предосторожности не требуются.

Измерительные зонды и площадки для присоединения зондов

Топология платы должна включать площадки для подсоединения измерительных зондов, позволяющих проверять компоненты поверхностно-

го монтажа после частичной или полной сборки и без контакта с корпусами и выводами компонентов. Везде, где осуществимо, следует разрабатывать программное обеспечение для обработки данных измерений, чтобы имелась возможность проверять компоненты по параметрическим значениям и функционированию. Там, где это невозможно, проведение внутрисхемного контроля по проверке обеспечения соединений и ориентации является минимальным требованием.

Следует иметь определенное расстояние между двумя зондами на плате с матрицей зондов, позволяющее применять прочные и надежные зондовые измерительные установки, особенно для серийного производства. Для достижения этого условия минимальный интервал между центральными линиями зондов и, следовательно, диаметры зондов будут зависеть от требуемой длины выступающей части зондов от матричной платы.

Например, если максимальная высота компонентов с учетом зазора и прогиба и искривления платы равна 6 мм, а выступающая часть зонда равна 10 мм, то минимальное расстояние между центральными линиями должно быть 2,5 мм. Для этого не обязательно применять 2,5-мм координатную сетку (см. п. 5.1.2 стандарта).

Доработка и ремонт

Общие требования

По возможности следует избегать операций доработки, поскольку они увеличивают стоимость, и возникает риск снижения надежности.

Если доработка необходима, целью становится достижение необходимых корректирующих действий с минимальным уменьшением надежности и приемлемой стоимостью.

Доработка неудовлетворительных паяных соединений и замена дефектных компонентов не должны проводиться, если эти несоответствия не были оформлены документально. Документальные данные должны использоваться для определения причин и необходимости корректирующего действия.

Помимо замещения компонентов и изменения трассировки межсоединений на печатной плате, с функциональными целями доработка, ремонт сборки и операции пайки и для создания удовлетворяющего требованиям изделия любого уровня должны ограничиваться только случаями, где имеется несоответствие требованиям. Не следует пытаться повысить приемлемые эталоны качества изготовления, поскольку может появиться риск дополнитель-

ных тепловых или механических напряжений, приводящий к повреждению подвергаемого воздействию компонента или соседних компонентов и схемы.

Для проведения доработки требуется четыре основных составляющих: топология (компоновка) платы, выбор правильного инструментария/оборудования для доработки, достаточная квалификация оператора и соответствующая подготовка.

Все операции доработки должны проводиться с соблюдением антистатической защиты.

Образование интерметаллических соединений во время повторного расплавления означает, что касание соединений поверхностного монтажа может больше навредить, чем принести пользу.

Если цена собранной платы такова, что доработка более рентабельна, чем «одноразовое применение», или выходное требование запрещает последнее, доработку следует проводить в соответствии со следующими требованиями.

Немаркированные компоненты

Если компоненты не маркируются по их номиналу или типу, оператора, проводящего доработку, следует снабжать полной схемой размещения компонентов и полным перечнем компонентов.

Предварительный нагрев печатных плат и чувствительных компонентов

Многослойные платы, особенно платы со сплошными пластинами заземления, следует предварительно нагревать перед доработкой во избежание расслоения. Компоненты, чувствительные к тепловому удару, следует также предварительно нагревать перед их размещением на плату. Следует добиваться того, чтобы предварительный нагрев имитировал соответствующий температурно-временной профиль процесса пайки с максимальным приближением к реальному.

Повторное применение снятых компонентов

Компоненты, которые были выпаяны из печатных плат, не должны применяться повторно без 100%-ной электрической проверки и 100%-ного визуального осмотра.

Не следует повторно применять следующие компоненты: многослойные керамические конденсаторы, светодиоды, специализированные (проблемно-ориентированные) ИС (ASIC), безвыводные пластиковые держатели (PLCC) или плоские квадратные корпуса (типа quadpack), прецизионные резисторы, паяные волной припоя, ИС в корпусах типа SOIC или больше, элементы в плоских квадратных корпусах, паяные волной припоя, а также любые компоненты, чьи спецификации не допускают повторного применения.

Выбор инструментов и оборудования для доработки

Предполагая, что проверки топологии (размещения компонентов) печатных плат, приведенные в п. 5.1.1 стандарта, проводились

Таблица 1. Оборудование, рекомендованное для доработки широко используемых типов компонентов

Оборудование для доработки	SOIC	PLCC	QFP	LCCC	SOD	SOT	IC	MELF	С выводами, пассивные
Миниатюрные паяльники с конвекционной подачей тепла	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a	A	a	a	a, b, c, d	
Паяльник с РЧ мощностью	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a	a	A	a	a	
Газовые паяльники	a, b, c, d	c, d	c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	
Нагретые пинцеты	a	A	a	a	a				
Модифицированные паяльники	a	a	a	A	a	a	a		
Газовое оборудование для доработки	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d	a, b, c, d
Фокусированное ИК	a, b	a, b	a, b	a, b	a, b	a, b	a, b	a, b	a, b
Оборудование с термодами	a, b	a, b	a, b	a	a	A	a	a	a

Примечание. а — удаление компонента; б — замена компонента; с — добавка припоя; d — удаление припоя.

и корректировки применялись, инструменты и оборудование, используемое для доработки, следует выбирать по их способности подавать тепло управляемым способом и в соответствии с рекомендациями изготовителя или (в случае применения компонентов поверхностного монтажа) в соответствии с данными, приведенными в таблице 1.

Если имеет место отход от рекомендованных инструментов или оборудования, следует убедиться, что потребитель проинформирован и применение альтернативного оборудования с ним согласовано. Для сборок уровня С рекомендованный изготовителем метод или, если он не указан, инструменты, перечисленные в таблице 1, должны быть обязательными для всех типов компонентов, перечисленных в данной таблице.

Инструменты и оборудование нужно выбирать по их способности подавать тепло управляемым способом.

Оборудование:

- Устройства типа отражателей и многоструйной подачи горячего газа, пригодные для удаления и замены компонентов поверхностного монтажа.
- Устройства с фокусированным коротковолновым инфракрасным излучением, в том числе: с единичным пятном для небольших компонентов, с программируемыми системами для многоштырьковых компонентов поверхностного монтажа, с прерывателями, сделанными специально для специфических конструкций корпусов компонентов.
- Системы с термодами — это такие же устройства, которые используются для компонентов поверхностного монтажа, описанные в п. 13.6 стандарта.
- Программируемые лазерные сканирующие системы, которые можно применять для доработки компонентов поверхностного монтажа, либо с нефокусированными пучками через специально сделанные прерыватели, либо с применением двухкоординатных столов с цифровым управлением, перемещающих рабочую поверхность, или отражателей, перемещающих луч.

Ручные инструменты:

- Паяльники РЧ-мощности. Это ручные инструменты, чьи небольшие наконечники реагируют на изменения в температуре и позволяют регулировать прикладываемую мощность, при соблюдении теплового диапазона, приемлемого для компонента.

Допускается использовать один паяльник для широкого диапазона выходных контактов компонентов, в том числе для многоштырьковых. Они могут быть непригодны для замены безвыводных многослойных керамических конденсаторов.

- Паяльники с контролируемой температурой (См. пп. 15.1.1.1 и 15.1.1.2 стандарта).
- Модифицированные паяльники с наконечниками специальной формы для одновременной пайки/отпайки выводов компонентов с небольшим числом ножек ИС, например, корпусов с двусторонним расположением выводов, малогабаритных корпусов типа SOT и корпусов SOIC с 14 выводами. Они могут быть непригодны для замены безвыводных многослойных керамических конденсаторов.
- Нагретые пинцеты. Они имеют пару нагретых кончиков, которые нормально замкнуты, и их следует применять только для отпайки безвыводных компонентов с двумя выходными контактами. Делая ими вращательные движения, можно удалять компоненты, прикрепленные с помощью клея.
- Газовые паяльники. Это устройства с электропитанием от монтажного стола, снабженные очень маленькими выпускными насадками, которые направляют небольшие потоки нагретого газа, способного паять или выпаявать небольшие безвыводные компоненты и отдельные выводы компонентов поверхностного монтажа. Переносные варианты с газовым питанием (бутан) можно использовать в случаях, когда нет электрического источника питания.
- Для компонентов поверхностного монтажа, прикрепленных с помощью клея, отобранные инструменты должны минимизировать риск разрушения клея между материалом проводника и подложкой/платой во время удаления компонента. Предпочтительно применять инструмент, который расплавляет паяное соединение и прикладывает вращательное движение компоненту для снятия клея, например, нагретые пинцеты для безвыводных компонентов или (для компонентов с выводами) оборудование, способное расплавлять все соединения одновременно и затем поднимать корпус.

Сборщик должен обеспечить применение для каждого отдельного типа компонента специальных инструментов или оборудования и процесса доработки, рекомендованных

изготовителем. При отсутствии таких рекомендаций для компонентов поверхностного монтажа следует применять рекомендации, изложенные в соответствующих частных или рабочих спецификациях, или руководящие рекомендации, изложенные в таблице 1.

Условия, неприемлемые для проведения доработки

Для проведения рентабельной и надежной доработки изготовителю следует убедиться, что производственная линия обладает набором пригодных инструментов и оборудования и позволяет удалять и/или замещать компоненты, добавлять и/или удалять припой. Непригодными являются следующие инструменты и оборудование:

- а) паяльные пистолеты, например, с трансформатором, встроенным в ручку;
- б) фены для волос;
- в) пистолеты-распылители для удаления красочного покрытия;
- г) паяльники мощностью 50 Вт для прикрепления компонентов поверхностного монтажа. (Однако их применение для удаления компонентов с безвыводными кристаллодержателями приемлемо при условии, что компоненты повторно не применяются.)

Дополнительные инструменты Держатели паяльников

Тип держателей паяльников должен соответствовать используемому инструменту. Держатель не должен соприкасаться с нагревательным элементом и наконечником и должен обеспечивать такое положение паяльника, при котором не происходит снижение температуры. Оператор должен быть защищен от случайного прикосновения к нагретым частям находящегося в держателе паяльника.

Обтирочные подкладки

Губки и подкладки, предназначенные для обтирки наконечников паяльников и инструментов для пайки оплавлением, должны поддерживаться в чистом состоянии без загрязняющих элементов, ухудшающих пайку, или не содержать материалы, которые могли бы загрязнять поверхности паяльников.

Бачки для припоев

Бачки для припоев должны поддерживать предварительно установленную температуру припоя с допуском ± 5 °С. Металлические части должны заземляться.

Нагревательные пластины

Нагревательные пластины должны поддерживать предварительно установленную температуру поверхности с допуском ± 5 °С. Металлические части должны заземляться.

Инструменты для снятия припоя при отпайке

Наконечники инструментов для снятия припоя при отпайке должны поддерживать предварительно установленную температуру поверхности с допуском ± 5 °С. Металлические части должны заземляться.

Другие ручные инструменты

Пинцеты, используемые для обращения с компонентами и их выходными контактами

(контактными концевыми поверхностями), должны в течение всего срока применения сохраняться с безупречно чистыми рабочими наконечниками, без смазочных масел.

Резиновые присоски, подходящие для вакуумных пинцетов, должны содержаться без смазочных материалов и грязи и регулярно очищаться — как минимум раз в рабочую смену.

Повторное совмещение компонентов поверхностного монтажа

По возможности следует избегать этого процесса, поскольку он включает либо повторное расплавление одного или более паяных соединений (поверхностного монтажа), либо изгиб выводов.

Должны применяться требования соответствующей частной или рабочей спецификации.

При повторном позиционировании компонента в случаях, когда требуется точное совмещение, время пайки и любой связанный с ним тепловой удар следует свести до абсолютного минимума.

Добавление припоя в существующие соединения

При использовании паяльников припой добавляется в виде проволочного припоя с сердечником из флюса или путем предварительного покрытия этого соединения флюсом с применением одножильного проволочного припоя (без флюса).

Если применяется газовый паяльник, следует добавлять припой в виде пасты до нагревания соединения.

Удаление избытка припоя

Удаление припоя из паяных соединений

Для соединений поверхностного монтажа предпочтительным является метод, при котором используется оплетка из чистой, хорошего качества меди и тепло подается на контактные площадки и припой, а не на корпус или вывод компонента.

Для соединений выводов компонентов штыревого монтажа альтернативой является присоединение отсасывающей трубки к паяльнику. Обычно этот метод подходит только для выводов с шагом 2,54 мм и больше.

Удаление припоя из освобожденных контактных площадок

После удаления компонента контактную площадку следует сделать пригодной для монтажа заменяющего компонента. Избыток припоя следует удалять с помощью паяльника с прикрепленным отсосом или с помощью свежей чистой металлической оплетки.

Удаление компонента

Инструмент или оборудование, используемое для удаления компонента, должно соответствовать следующим требованиям.

Видимость состояния припоя

Для ручных методов состояние припоя во время нагрева должно быть видимым для оператора, например, припой расплавленный, твердый или находится в процессе расплавления или отвердевания. Если припой

недостаточно расплавлен, из-за необходимости приложения силы возникает риск приподнятия контактных площадок, на которых находились выводы от платы.

Для автоматических методов в установках-автомат следует устанавливать программы, защищающие от вышеуказанной проблемы.

Сцепление с медным покрытием

Приложенное тепло не должно повреждать целостность сцепления между медным покрытием и подложкой/платой.

Утилизированные компоненты

Если необходима утилизация (повторное применение), параметры компонента, полученные по результатам выборочных проверок идентичных компонентов, представленных в том же технологическом процессе, должны оставаться приемлемо надежными после удаления и повторной пайки компонента. Должны применяться требования, приведенные в п. 18.5 стандарта.

Для изделий уровня С компоненты, извлеченные из собранной платы путем отпайки, не должны использоваться для этого изделия. Повторное применение может лишить законной силы гарантию изготовителя.

Замена компонента

Замена компонентов путем пайки на их места новых компонентов должна удовлетворять требованиям исходного процесса сборки. Должны выполняться соответствующие требования для каждого типа корпусов компонентов из соответствующей частной спецификации.

Ремонт сборок, возвращенных из эксплуатации

Подготовка сборок с конформным покрытием перед ремонтом

Сборки, возвращенные для ремонта после эксплуатации в полевых условиях, могут иметь конформное покрытие. Перед проведением доработки может потребоваться удалить покрытие на компонентах или около них. Во избежание повреждения соседних компонентов и поверхности платы, эту операцию необходимо осуществлять с большой осторожностью, например, путем осторожного применения абразивной обработки, растворителей или тепла. Любые отходы и следы от этих операций следует тщательно удалять перед началом ремонта.

Удаление соседних компонентов

Перед проведением операции доработки или ремонта любые компоненты или детали, которые затрудняют доступ к контактным концевым поверхностям, требующим внимания, следует удалять.

Сушка и предварительный нагрев сборок перед ремонтом

Платы, которые подвергались воздействию нормальных комнатных температур или более высокой влажности, могут поглощать влагу. Для уменьшения риска локального расслоения при подаче тепла во время доработки платы следует просушить, например при температуре 80 °С в течение трех дней перед началом работы. Если компоненты выдерживают

более высокую температуру, можно применять более короткую сушику, например в течение 24 часов при температуре 100 °С. Платы со сплошными пластинами заземления требуют более длительной сушики, чем платы с решетчатыми пластинами.

Если высушенные платы не хранятся в условиях с низкой влажностью (например, ниже 40%), их следует ремонтировать сразу после сушики.

Дополнительно с вышеуказанными процессами сушики перед ремонтом следует проводить предварительный нагрев плат, позволяющий прикладывать минимальное тепло и уменьшать риск повреждения от теплового удара.

Очистка возвращенных сборок перед ремонтом

Промывка сборки в обычном очистителе трафаретов с добавлением 5%-ной эмульсии терпена является подходящим методом.

Конформные покрытия, включая паяльный резист

Общие требования

Диапазон защитных покрытий простирается от чисто косметических (неконформных) полимерных покрытий до покрытий, которые будут повышать качество сборки при эксплуатации. Выбор материала и присущего ему процесса нанесения, например, напылением, погружением или поливом, основано на требованиях к защите. Функционирование просто в качестве паяльной маски или обеспечение защиты от внешних воздействий в течение всего срока службы являются двумя предельными требованиями.

Примечание. Даже чисто косметический (внешний) дефект в покрытии обычно указывает на требующую исправления проблему неподходящего выбора материала или процесса.

Конформное защитное покрытие

Общие требования:

- Перед нанесением конформного защитного покрытия поверхность должна быть очищена в соответствии с инструкциями поставщика или производственной документацией.
- Покрытие должно надлежащим образом просушиваться и не проявлять признаков липкости.
- Любые маркировки на плате, нанесенные с целью последующей идентификации, должны оставаться четкими после покрытия прозрачным материалом.
- Покрытия должны быть однородными и постоянными по своему цвету и непрозрачности/прозрачности.

Метод нанесения отчасти может влиять на равномерность покрытия, внешний вид и охват угловых зон. Сборки, покрытые методом вертикального погружения, могут иметь линию «отлива» (утолщенную линию) или локализованный нарост на краю платы. Этот нарост может содержать небольшое количество пузырей, но они не будут влиять на функциональность или надежность покрытия.

Таблица 2. Пределы дефектов конформных покрытий (в процентном отношении на каждую сторону платы)

Дефект конформного покрытия	Уровень А	Уровень В	Уровень С
Пустотные полости и пузыри	10	10	5
Потеря сцепления	10	5	5
Постороннее вещество	5	5	2
Десмачивание	10	5	5
«Рыбий глаз»	15	10	5
«Апельсиновая корка»	15	10	5

Границы защитных покрытий

Конформное покрытие должно покрывать только заданную площадь. Внешние размеры покрытия (например, длина, ширина или диаметр) после его нанесения не должны быть меньше проектных размеров более чем на 0,8 мм в любом направлении.

Покрытие на сборке можно осматривать без увеличения. Некоторые типы покрытия легче проверять с помощью подходящего источника света. В таблице 2 приведены предельные значения дефектов.

Другие требования к границам защитных покрытий

Целевое состояние — уровни А, В, С

Конформное покрытие не должно терять сцепление с поверхностью платы, на которой расположены контактные площадки, компоненты или проводящие поверхности.

Покрытие не должно показывать признаков десмачивания и не должно содержать постороннее вещество, пустоты (полости), пузыри, эффекты «рыбьего глаза» и «апельсиновой корки».

Приемлемое состояние — уровень А

Посторонний материал, который не создает перемычки между контактными площадками, компонентами и проводящими поверхностями.

Приемлемое состояние — уровень В

Конформное покрытие может показывать потерю сцепления близлежащих маскирующих участков до уровня, заданного в таблице 2.

Пустоты (полости) являются приемлемыми на любой стороне платы при условии, что ни один размер пустот не превышает пределов, заданных в таблице 2. Пустоты (полости) не должны обнажать схему, соединять перемычками контактные площадки или соседние проводящие поверхности.

Покрытие на одной поверхности платы может показывать признаки десмачивания, эффектов «рыбий глаз», «апельсиновая корка» или постороннего проводящего материала до уровня, заданного в таблице 2.

Приемлемое состояние — уровень С

Посторонний материал, который не уменьшает площадь между компонентами, контактными площадками или проводящими поверхностями более чем на 25%.

Несоответствующее состояние, бракуется — уровни А, В, С

Любой посторонний материал, образующий перемычки между контактными площадками, компонентами и проводящими поверхностями.

Любые пустоты (полости), которые превышают пределы, заданные в таблице 2.

Любые пустоты (полости) или потеря сцепления, или десмачивание, которые обнажают компоненты, цепи и проводящие поверхности.

Требования к покрытию галтелей на компонентах штыревого монтажа

Целевое состояние — уровни А, В, С

Высота галтели меньше чем 25% от высоты корпуса компонента. Охват покрытия — полный, при заданной средней толщине.

Приемлемое состояние — уровень А

Галтели скрывают контуры компонентов.

Приемлемое состояние — уровень В

Высоты галтелей меньше половины высот корпусов (оснований) компонентов.

Приемлемое состояние — уровень С

Контуры компонентов видны после покрытия. Высота галтели меньше одной трети высоты корпуса компонента. Превышена минимальная заданная толщина покрытия.

Несоответствующее состояние, брак — уровни А, В, С

Галтели, которые скрывают контуры компонентов при применении стеклянных/керамических компонентов и/или твердых покрытий (например, эпоксидных).

Требования к покрытиям галтелей на компонентах поверхностного монтажа

Галтель припоя и вывод или контакт компонента должны покрываться на всех поверхностях.

Толщина покрытия

Максимальная и минимальная толщина покрытия должна соответствовать значениям, указанным в соответствующих чертежах. Если она не задана, толщина должна соответствовать требованиям п. 11.12.1 МЭК 61191-1. На рис. 3 из МЭК 61191-1 показаны исходные требования.

Покрытия паяльных масок

Полимерные покрытия используются для ограничения доступа к припою во время операций на выбранных участках, например контактных площадках, контактных столбиках, отверстиях или контрольных точках на печатных платах. Такие постоянные покрытия можно дополнять местным нанесением временных маскирующих покрытий для защиты золотых кромоочных поверхностей соединителей или для предотвращения закупоривания отверстий, необходимых для последующей установки выводов.

В случае применения полимерных покрытий они должны соответствовать МЭК 61249-8, уровень А или В, уровень С. Следует применять полимерные покрытия, сделанные из материалов, которые:

- не ухудшают материал печатной платы или печатные межсоединения;
- эффективно препятствуют протеканию припоя на маскированные участки;
- являются совместимыми с основным материалом печатной платы, проводящим материалом, типом выбранного флюса, клеями и любыми наносимыми впоследствии конформными покрытиями (если они остаются на месте);

- г) можно легко удалять без загрязняющих остатков, вредных для целостности сборки (если они временные);
д) не поднимаются во время доработки.

Требования к покрытиям

Целевое состояние — уровень А

Нет вздутий, сморщивания, вкраплений посторонних частиц, видимых после пайки и/или очистки.

Сморщивание/растрескивание

Приемлемое состояние — уровень А

Допускается небольшое сморщивание после операций очистки только на поверхностях, паяных групповой пайкой оплавлением. Допускается растрескивание при условии, что любые частицы, которые могут впоследствии выйти из-под контроля, не будут воздействовать на другие функции сборки. Допускается проводить доработку с целью удаления свободных частиц.

Приемлемое состояние — уровни В, С

Допускается сморщивание паяльной маски, если нет признаков ломки, подъема или ухудшения пленки. Приемлемость сморщенных участков должна подтверждаться испытанием на протяг (см. МЭК 61189-3 (IEC 61189-3), метод испытания 3X12).

Несоответствующее состояние, брак — уровни А, В, С

Существование потенциально свободных частиц, которые нельзя полностью удалить и которые позже могут воздействовать на функционирование сборки. Ухудшение пленки паяльной маски, которая допускает образование перемычек во время пайки. Чрезмерное сморщивание, очевидное после операции очистки.

Пустоты (полости) и пузыри

Приемлемое состояние — уровни А, В

Пустоты (полости) или пузыри приемлемы при условии, что они не образуют перемычек между соседними компонентами, не обнажают основные медные поверхности или не имеют свободных частиц, которые могли бы впоследствии попасть в перемещающиеся детали или застрять между электрически соединенными поверхностями (например, в розеточных или вилочных частях соединителей, переключателях).

Приемлемое состояние — уровень С

Нет очевидных признаков пустот (полостей) или пузырей под паяльной маской после пайки и очистки.

Несоответствующее состояние, брак — уровни А, В, С

Пустоты (полости) соединяют перемычками соседние элементы схемы, обнажают медные проводящие поверхности или содержат потенциально свободные частицы, которые могут впоследствии воздействовать на функционирование схемы или которые допускают отслаивание чешуек, отделяющихся после испытания на протяг в критических участках. Флюс, жировые вещества или очищающие реагенты захватываются под пузырчатыми участками или где-либо еще.

Разрушение

Приемлемое состояние — уровни А, В, С
Поверхности паяльной маски однородны и без отслаивания или шелушения поверх изолирующих участков.

Несоответствующее состояние, брак — уровни А, В, С

Паяльная маска имеет порошкообразный, белесоватый внешний вид с возможными включениями металлического припоя. Захваченный флюс привел к отслаиванию масочной пленки от проводников, покрытых оловянно-свинцовым припоем.

Упаковка и перевозка

Материалы

Следующие требования применяются ко всем материалам, соприкасающимся с электронными или электрическими сборками или секторами сборок, или ко всем материалам, которые используются для их упаковки:

- Требования к проводимости в сборочной документации должны выполняться для всех материалов, которые непосредственно соприкасаются со сборками, содержащими устройства, чувствительные к статическому электричеству.
- Материалы, которые непосредственно соприкасаются с любой частью сборки, не должны содержать химических или загрязняющих веществ, приводящих к ухудшению параметров деталей или паяемых поверхностей, содержащихся в ней.
- Следует избегать применения упаковочных материалов, которые при транспортировке или эксплуатации могут легко крошиться.

Механическая защита

Проект конструкции транспортных упаковок для размещения сборок должен обеспечивать следующее:

- Разделяющее расстояние между сборками, которое эффективно предотвращает межсхемный контакт и механическое повреждение поверхности.
- Для изделий уровня С, расположенных рядом, соприкасающиеся антистатические мешки не должны являться разделением.
- Отсутствие движения схемы внутри ее собственного мешка или контейнера и отсутствие относительного движения мешка или контейнера внутри любой внешней упаковки.

Маркирование/этикетирование

Все упаковки, содержащие схемные элементы, чувствительные к электростатическому электричеству, должны иметь предупреждающую этикетку, прикрепленную к их внешней поверхности.

Упаковки, содержащие опасные материалы, должны маркироваться или этикетироваться на их внешней поверхности.

Обращение

Требования к обращению подробно изложены в п. 5.5.2 стандарта.

Профессиональная подготовка

Подготовка проектировщиков, инженеров и старшего линейного руководства

Управленческий персонал, инженеры-технологи, снабженцы и проектировщики должны получить соответствующую техническую подготовку и пройти специальный тренинг по технологиям, которые предполагается применять и контролировать.

Обучение персонала производственной (технологической) линии

Требования к обучению для большей части рабочих сборочных линий делятся на три категории:

- Персонал, выполняющий ручную работу. Помимо знания стандартных приемов пайки и других методов, для многих ручных операций, таких как размещение компонентов поверхностного монтажа и установка компонентов штыревого монтажа, доработка и межэтапное обращение, требуется исключительное мастерство.
- Предполагается, что персонал, управляющий автоматическими процессами и проводящий их техническое обслуживание, заботится о дорогом прецизионном высокоточном машинном оборудовании, которое, хотя и является номинально автоматическим, на практике будет весьма чувствительно как к квалификации наладчиков оборудования, так и к квалификации операторов.
- Мастера участков, в чьем подчинении находятся рабочие сборочной линии, обучаются на обычной основе.
- Все мастера участков, техники, операторы и контролеры должны понимать требования визуальной проверки (осмотра) и контрольной документации для своих собственных процессов, для готовой сборки и компонентов (им также следует периодически проходить переподготовку для понимания визуальных требований). Их следует инструктировать по методам интерпретации разных дефектов, по опознаванию новых типов компонентов и по соблюдению чистоты и правил антистатического обращения. (См. МЭК 61189-5 (IEC 61189-5)).

Операторы оборудования с ручным управлением

При наборе персонала следует проверять зрение на остроту и дальтонизм. По медицинским требованиям проверку зрения следует проводить систематически, например ежегодно. Ношение очков и контактных линз не является недостатком, но если операторам потребуется использовать микроскоп, очки могут сделать эту задачу более затруднительной и утомительной.

Наладчики-операторы станков

Хотя большая часть работы наладчиков будет специализирована для конкретных машин, подготовку по эксплуатации машин следует предварять полным курсом обучения, которое получают операторы оборудования с ручным управлением, и, возможно, с последующей практикой в этой роли в течение нескольких месяцев.

Помимо наладки и программирования машин для разных типов схем, в спецификацию работы операторов автоматов-установщиков следует вводить простые задания на техническое обслуживание первого уровня, такие как очистка сменного стола и зажимных приспособлений подъемно-транспортного устройства.

Техники

Важная составляющая работы техников будет заключаться в подготовке операторов и контролеров в оперативном режиме.

Следует иметь достаточное количество техников среди рабочего персонала, прошедших нужную базовую подготовку по пониманию

физических и химических основ технологических процессов, за которыми им придется следить.

Мастера участков и персонал ОТК

Мастерам участков и персоналу ОТК следует получить подготовку по всем вышеописанным дисциплинам в качестве подготовки к своей рабочей роли.

Помимо этого, им следует получить подготовку по проведению анализа, чтобы быть способными проводить анализ данных управления технологическим процессом и вносить предварительно согласованные коррективы.