ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 61192-5— 2010

ПЕЧАТНЫЕ УЗЛЫ. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ

Часть 5

Доработка, модификация и ремонт

IEC 61192-5:2007
Workmanship requirements for soldered electronic assemblies — Part 5: Rework, modification and repair of soldered electronic assemblies (IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Измерительно-информационные технологии» (АНО «Изинтех») на основе аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4. Перевод выполнен российской комиссией экспертов МЭК/ТК 91

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 420 «Базовые несущие конструкции, печатные платы, сборка и монтаж электронных модулей», подкомитетом ПК-3 «Технология сборки и монтажа радиоэлектронных модулей»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2010 г. № 1090-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 61192–5:2007 «Требования к качеству изготовления печатных узлов. Часть 5. Доработка, модификация и ремонт». (IEC 61192-5:2007 «Workmanship requirements for soldered electronic assemblies — Part 5: Rework, modification and repair of soldered electronic assemblies)». Наименование стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5 — 2004 (пункт 3.5).

Настоящий стандарт, являющийся одной из частей стандарта ГОСТ Р МЭК 61192 под общим названием «Печатные узлы. Требования к качеству», рекомендуется применять совместно с остальными перечисленными ниже частями:

Часть 1 Общие технические требования.

Часть 2 Поверхностный монтаж.

Часть 3 Монтаж в сквозные отверстия.

Часть 4 Монтаж контактов.

В справочном приложении ДА настоящего стандарта приведены сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации, которые рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2011

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 2
3 Термины, определения, обозначения и сокращения . . . 3
3.1 Термины и определения . . . 3
3.2 Сокращения . . . 3
4 Перечень операций доработки . . . 4
4.1 Операции перед пайкой . . . 4
4.2 Операции после пайки . . . 4
4.3 Основные предварительные условия для удовлетворительной и надежной доработки . . . 5
5 Доработка после пайки . . . 5
5.1 Общие положения . . . 5
5.2 Проведение доработки нанесенной паяльной пасты и непроводящего ток клея . . . 5
5.3 Операции доработки установленных компонентов . . . 6
5.4 Дополнительное совмещение компонентов после отверждения термопластичного клея . . . 6
5.5 Дополнительное совмещение компонентов после отверждения термореактивного клея . . . 6
6 Факторы воздействия на доработку после пайки . . . 7
6.1 Маркировочные знаки компонента и немаркированные компоненты . . . 7
6.2 Повторное применение удаленных компонентов . . . 7
6.3 Чувствительные компоненты . . . 7
6.4 Проектирование рисунка печатных плат и ограничения на размер печатных плат . . . 7
6.5 Действие теплоотводов . . . 8
6.6 Тип материала печатной платы . . . 8
6.7 Материал паяльной маски и размер отверстий трафарета . . . 8
6.8 Доработка отдельных выводов устройств с мелким шагом выводов . . . 10
6.9 Доработка компонентов BGA . . . 10
7 Подготовительные действия для доработки и ремонта после пайки . . . 10
7.1 Меры предосторожности для предупреждения электростатических повреждений . . . 10
7.2 Исключение загрязнения компонентов . . . 11
7.3 Удаление влагозащитного слоя . . . 11
7.4 Неподходящие компоненты . . . 11
7.5 Очистка перед доработкой . . . 11
7.6 Защита соседних чувствительных компонентов . . . 12
7.7 Сушка печатных узлов перед заменой компонентов . . . 12
7.8 Предварительный нагрев больших многослойных плат . . . 12
7.9 Предварительный нагрев чувствительных компонентов-заменителей . . . 12
8 Доработка после пайки . . . 12
8.1 Общие положения . . . 12
8.2 Дополнительное совмещение компонента (выравнивание) . . . 12
8.3 Удаление компонента . . . 13
8.4 Удаление соседних компонентов . . . 13
8.5 Повторное применение компонентов . . . 13
8.6 Добавление флюса или припоя . . . 13
8.7 Сглаживание припоя . . . 14
8.8 Удаление избытка припоя с соединений . . . 15
8.9 Подготовка контактных площадок перед заменой компонента . . . 15
8.10 Замена компонента . . . 15
8.11 Очистка . . . 15
8.12 Визуальный контроль и электрическое тестирование . . . 15
8.13 Проверка однородности тепловых характеристик паяных соединений . . . 15
8.14 Замена локального влагозащитного покрытия . . . 16
9 Выбор оборудования, инструментов и методов доработки . . . 16
9.1 Общие положения . . . 16
9.2 Соответствие оборудования доработки предварительным требованиям к компонентам и печатной плате . . . 16

10 Инструменты и методы ручной доработки . . . 19
10.1 Общие положения . . . 19
10.2 Миниатюрные обычные (с накоплением энергии) паяльники . . . 19
10.3 Паяльники управляемого нагрева . . . 20
10.4 Воздушные или газовые паяльники . . . 20
10.5 Нагретый пинцет . . . 21
10.6 Паяльники со специальными наконечниками . . . 21
11 Механизированные и программируемые установки доработки . . . 22
11.1 Общие положения . . . 22
11.2 Газовые установки доработки . . . 22
11.3 Фокусируемое инфракрасное оборудование . . . 23
11.4 Оборудование с термодами (нагретыми электродами) . . . 24
11.5 Лазерное оборудование для оплавления . . . 25
12 Вспомогательные инструменты и оборудование . . . 25
12.1 Обычные паяльники . . . 25
12.2 Нагревательные плиты . . . 25
12.3 Пневматические дозаторы . . . 26
12.4 Инструменты доработки для печатных узлов с монтажом в сквозные отверстия . . . 26
12.5 Обычные и вакуумные пинцеты . . . 26
12.6 Бачки с припоем . . . 26
12.7 Медная оплетка . . . 26
13 Процедуры документирования операций доработка . . . 26
13.1 Общие положения . . . 26
13.2 Копии отклонений . . . 27
13.3 Сопровождающие документы . . . 27
13.4 Состояние доработки . . . 27
14 Подготовка операторов и контролеров . . . 28
15 Ремонт в полевых условиях . . . 29
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации . . . 30
Библиография . . . 31

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕЧАТНЫЕ УЗЛЫ. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ

Часть 5

Доработка, модификация и ремонт

Soldered electronic assemblies. Workmanship requirements.
Part 5: Rework, modification and repair

Дата введения — 2011—07—01

1 Область применения

В настоящей части стандарта ГОСТ Р МЭК 61192 приведены информация и требования, которые применяются к процедурам модификации, доработки и ремонта печатных узлов. Она распространяется на конкретные процессы, используемые для изготовления печатных узлов, в которых компоненты монтируются на печатные платы и к соответствующим деталям полученных изделий. Настоящий стандарт распространяется также на операции, которые являются частью процесса монтажа изделий комбинированными технологиями.

Настоящая часть стандарта ГОСТ Р МЭК 61192 содержит также руководство по вопросам проектирования, для которых существенной частью является доработка.

Примечание — Типовые операции доработки в процессе изготовления с применением технологий поверхностного монтажа, на которые распространяется настоящая часть стандарта, показаны на рисунке 1.

Издание официальное

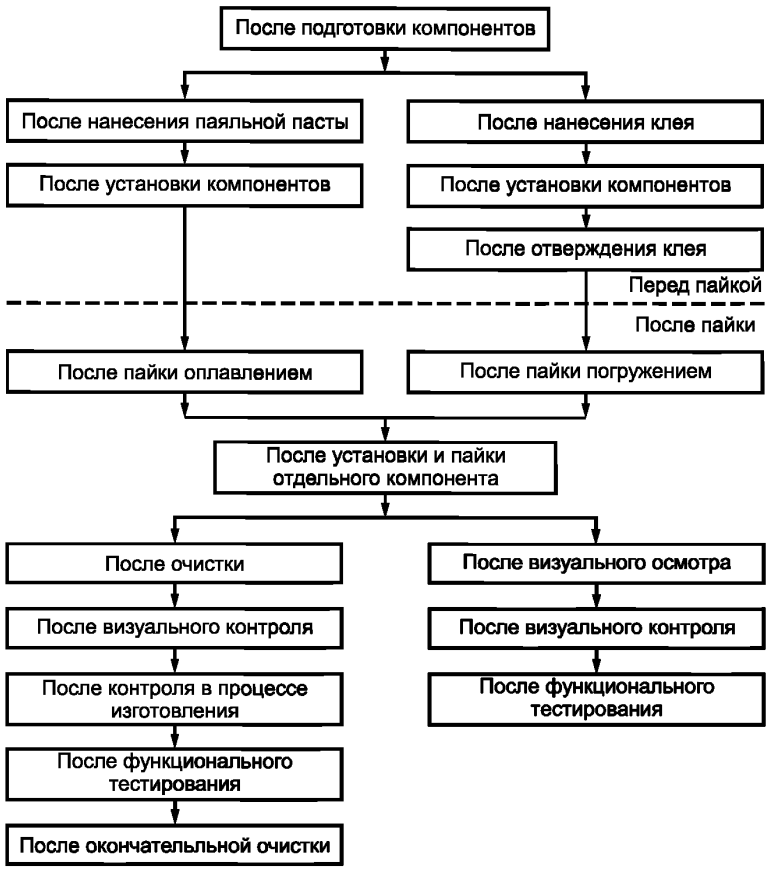


Рисунок 1 — Типовые операции модификации, доработки и ремонта в процессе изготовления

2 Нормативные ссылки

Следующие стандарты являются важными для применения настоящего стандарта. Для датированных стандартов используется только указанное издание. Для недатированных стандартов используется последняя их редакция (включая любые поправки).

МЭК 60194 Печатные платы. Проектирование, изготовление и сборка. Термины и определения *(IEC 60194, Printed board design, manufacture and assembly. Terms and definitions)*

МЭК 61190-1-1 Материалы для монтажа в электронных модулях. Часть1-1. Требования к паяльным флюсам для высококачественных соединений в электронных сборках (IEC 61190-1-1, *Attachment materials for electronic assembly. Part 1-1: Requirements for soldering fluxes for high-quality interconnections in electronic assembly)*

МЭК 61190-1-2 Материалы для монтажа в электронных модулях. Часть1-2. Требования к припойным пастам для высококачественных соединений в электронной сборке (IEC 61190-1-2, *Attachment materials for electronic assembly. — Part 1-2: Requirements for soldering pastes for high-quality interconnections in electronic assembly)*

МЭК 61190-1-3 Материалы для монтажа в электронных модулях. Часть1-3. Требования к припоям электронного класса и твердым припоям с флюсом и без флюса для применения в пайке печатных узлов (IEC 61190-1-3, *Attachment materials for electronic assembly. — Part 1-3: Requirements for soldered electronic grade alloys and fluxed and non-fluxed solid solders for electronic soldering applications)*

МЭК 61191-1 — 2010 Печатные узлы. Часть 1. Поверхностный монтаж и связанные с ним технологии. Общие технические требования *(IEC 61191-1, Printed board assemblies. — Part 1: Generic specification — Requirements for soldered electrical and electronic assemblies using surface mount and related assembly technologies)*

МЭК 61191-2 Печатные узлы. Часть 2. Поверхностный монтаж. Технические требования *(IEC 61191-2, Printed board assemblies. — Part 2: Sectional specification — Requirements for surface mount soldered assemblies)*

МЭК 61191-3 Печатные узлы. Часть 3. Монтаж в сквозные отверстия. Технические требования *(IEC 61191-3, Printed board assemblies. — Part 3: Sectional specification — Requirements for through-hole mount soldered assemblies)*

МЭК 61191-4 Печатные узлы. Часть 4. Монтаж контактов. Технические требования *(IEC 61191-4, Printed board assemblies. — Part 3: Sectional specification — Requirements for terminal soldered assemblies)*

МЭК 61192-1 Печатные узлы. Требования к качеству. Часть 1. Общие технические требования *(IEC 61192-1, Workmanship requirements for soldered electronic assemblies. — Part 1:General)*

МЭК 61192-2 Печатные узлы. Требования к качеству. Часть 2. Поверхностный монтаж (IEC 61192-2, Workmanship requirements for soldered electronic assemblies. — Part 2: Surface-mount assemblies)

МЭК 61192-3 Печатные узлы. Требования к качеству. Часть 3. Монтаж в сквозные отверстия *(IEC 61192-3, Workmanship requirements for soldered electronic assemblies. — Part 3: Through-hole mounts assemblies)*

МЭК 61192-4 Печатные узлы. Требования к качеству. Часть 4. Монтаж контактов *(IEC 61192-4, Workmanship requirements for soldered electronic assemblies. — Part 4: Terminal assemblies)*

МЭК 61193-1 Системы оценки качества. Часть 1. Регистрация и анализ дефектов печатных узлов *(IEC 61193-1, Quality assessment systems — Part 1: Registration and analysis of defects on printed board assemblies)*

МЭК 61249 (все части) Материалы для печатных плат и других соединяющих структур *(IEC 61249 (all parts), Materials for printed boards and other interconnecting structures).*

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются определения стандарта МЭК 60194, некоторые из них (помеченные звездочкой) повторно приведены для удобства. Кроме того, применены следующие термины с соответствующими определениями.

3.1.1 **встроенный компонент** (embedded component): Электронный компонент, который является неотъемлемой частью печатной платы, например встроенные резисторы, емкостные слои, печатные катушки индуктивности.

3.1.2 **добавленный компонент** (added component): Электронный компонент, который монтируется на печатную плату с помощью пайки или другими методами крепления.

3.1.3 **доработка*** (rework): Процесс доработки изделий, не отвечающих техническим требованиям, путем использования обычных или альтернативных процессов обработки, которые гарантируют соответствие изделия требованиям чертежа или технических условий.

3.1.4 **копии отклонений** (anomaly chart): Копия сборочного чертежа (или реального печатного узла), которая используется для записи установленных дефектов или индикаторов процесса, применяемых для анализа совершенства процесса.

3.1.5 **модернизация*** (modification): Пересмотр функциональной возможности изделия, чтобы соответствовать новым критериям приемки.

3.1.6 **ремонт*** (repair): Действие, направленное на восстановление функциональной способности дефектных изделий таким образом, что устраняется несоответствие изделия действующим чертежами и техническим условиям.

3.2 Сокращения

Нижеперечисленные сокращения в виде аббревиатур являются общеупотребительными применительно к печатным узлам. Некоторые аббревиатуры включены только для информации.

- ASIC — заказная интегральная схема;
- BGA — компонент поверхностного монтажа, в котором шариковые выводы сформированы в узлах координатной сетки снизу корпуса;
- CBGA — керамический корпус BGA;

- CCGA — керамический корпус с матрицей столбиковых выводов;
- CLCC — квадратный керамический корпус микросхемы с металлическими контактными площадками;
- CLLCC — керамический выводной кристаллодержатель;
- LCCC — безвыводной керамический кристаллодержатель;
- LED — светодиод;
- MELF — компонент поверхностного монтажа с торцевыми металлическими контактами цилиндрической формы;
- PLCC — пластмассовый квадратный корпус (кристаллодержатель) для поверхностного монтажа с контактами по всем его сторонам;
- PTEF — тефлон;
- QFP — пластмассовый квадратный плоский корпус;
- RMA — канифоль средней активности;
- SMD — устройство поверхностного монтажа;
- SO — малогабаритный корпус;
- SOD — диод в малогабаритном корпусе типа SO;
- SOIC — ИС в корпусе типа SO;
- SOT — транзистор в корпусе SO;
- TSOP — тонкий малогабаритный корпус;
- ИС — интегральная схема.

4 Перечень операций доработки

4.1 Операции перед пайкой

Данная доработка включает следующие операции:

a) подготовку компонента;

b) нанесение припоя (паста, таблетки из припоя, лужение);

c) нанесение клея;

d) установку компонента;

e) отверждение клея.

Примечание — В контексте данного стандарта слово «компонент» включает все добавляемые компоненты, печатные платы и любые компоненты, которые изготавливаются как часть печатной платы.

4.2 Операции после пайки

Операции доработки после пайки, не обязательно осуществляемые в заданном порядке, включают:

a) подготовительные операции перед доработкой или ремонтом, например удаление конформного покрытия, предварительный нагрев, сушка, очистка, удаление соседних компонентов и деталей для облегчения доступа;

b) повторное выравнивание компонента;

c) удаление компонента;

d) добавление флюса или припоя в соединение;

e) удаление избытка припоя из соединения;

f) удаление избытка припоя или клея с печатной платы перед повторным монтажом компонента;

g) монтаж компонента-заменителя;

h) очистку после доработки (если требуется);

i) визуальный осмотр, контроль размеров, контроль механических и тепловых характеристик, проверка электрических характеристик доработанных изделий.

4.3 Основные предварительные условия для удовлетворительной и надежной доработки

Обязательные предварительные условия для удовлетворительной и надежной доработки включают следующее:

a) специальное проектирование топологии, позволяющей применять нужный инструментарий для каждого компонента;

b) подтверждение типа припоя, используемого для соединений, выбор соответствующего материала процесса (олово/свинец, без олова, другие) и материала-заменителя;

c) наличие наиболее удобного инструмента и оборудования для выполнения задания с антистатической защитой;

d) достаточная квалификация оператора и контролера для принятия правильного решения о том, требуется ли проводить доработку и не нанесет ли она больше вреда, чем пользы;

e) исключение процессов доработки, которые могут создать опасность снижения надежности, не обнаруживаемую до отправки заказчику, например чрезмерный термический удар, увеличение интерметаллического слоя на поверхности раздела между медью и припоем;

f) надлежащий профессиональный уровень оператора, особенно в операциях доработки или ремонта;

g) условия обеспечения качества печатных плат, компонентов и материалов;

h) спроектированные с учетом эргономических требований рабочие места для проведения доработки или ремонта;

i) управление производственными условиями при проведении доработки;

j) эффективное обучение и проверка (аттестация);

k) документированные процедуры доработки и ремонта;

l) контроль за обеспечением безопасности и загрязнением окружающей среды.

Широкий диапазон используемых контактов и конфигураций выводов компонентов и их различие в стойкости к тепловым нагрузкам предполагают отсутствие унифицированного оборудования доработки.

5 Доработка после пайки

5.1 Общие положения

Во всех случаях рекомендуется удостовериться в том, что соответствующее корректирующее действие устраняет причины несоответствия. Дальнейшее руководство изложено в ГОСТ Р МЭК 61192-1 и ГОСТ Р МЭК 61192-2.

5.2 Проведение доработки нанесенной паяльной пасты и непроводящего ток клея

5.2.1 Общие положения

Доработку нанесения пасты и клея рекомендуется проводить в соответствии с 5.2.2 и 5.2.5. Дальнейшее руководство изложено в ГОСТ Р МЭК 61192-2.

5.2.2 Повсеместное смещение или смазывание отложений

Рекомендуется тщательно очистить печатную плату от всей пасты или клея. Печатную плату допускается использовать повторно. Пасту и клей, удаленные с платы, рекомендуется отбраковывать.

5.2.2.1 Несмонтированная печатная плата

Несмонтированную печатную плату рекомендуется очищать в очистительной машине как можно скорее. Для очистки печатной платы рекомендуется использовать только соответствующие чистящие жидкости.

5.2.2.2 Смонтированная печатная плата

Перед любой очисткой должно быть получено разрешение от руководителя процесса, ответственного за разъединение компонентов и электронного модуля, перед тем как электронный модуль будет очищен в очистительной машине. Обычно получают разрешение на локализованную очистку, однако очистку укомплектованного электронного модуля рекомендуется выполнять сразу после оплавления, чтобы удалить любой остаток чистящего средства. Другая очистка не разрешается, поскольку очищающие жидкости способны проникать в компонент, как и в другие элементы, приводя к коррозии, которая может значительно влиять на эксплуатационные характеристики компонента.

5.2.3 Локальное смещение или смазывание материала

Если дефект находится в одном или нескольких местах, а требуемое количество материала и его нанесение приспособлены к удобному управлению ручными методами, то локально расположенный или нанесенный материал можно удалять и замещать с помощью шприца или другими средствами дозирования единичного нанесения. В отсутствие такой возможности рекомендуется выполнять рекомендации, изложенные в 5.2.2.

5.2.4 Повсеместное неправильное количество пасты или клея

Операции доработки рекомендуется проводить в соответствии с 5.2.2.

5.2.5 Локальное неправильное количество пасты или клея

Операции доработки рекомендуется проводить в соответствии с 5.2.3.

5.3 Операции доработки установленных компонентов

5.3.1 Повсеместное смещение компонентов

Рекомендуется удалить с печатной платы все установленные (на данной операции) компоненты, и все элементы тщательно очистить. Рекомендуется внимательно оценить уровень влажности деталей. Печатную плату допускается повторно использовать, если удовлетворяются требования к ее чистоте, но всю удаленную с платы пасту и весь клей рекомендуется браковать в отходы. Если устанавливаемые компоненты приходится применять повторно (не рекомендуется), например запасные детали для операций доработки, то их рекомендуется проверять на механическое повреждение (100 %) и повторно тестировать электрические характеристики (100 %).

5.3.2 Локальное смещение компонентов

Время сразу после установки является наилучшим для исправления значительного смещения. Во время оплавления компонентов поверхностного монтажа, как правило, происходит дополнительное выравнивание, обусловленное силами поверхностного натяжения, когда припой переходит в расплавленное состояние. Данное явление наиболее эффективно для небольших компонентов и корпусов типа BGA, но на него не рекомендуется полагаться, поскольку местная разница в паяемости и температуры на контактах компонентов способны проявлять противоположные воздействия.

Если один или несколько компонентов не совмещены, их можно осторожно переместить с помощью пинцета с токопроводящими пластиковыми наконечниками. Во избежание растекания пасты или клея рекомендуется слегка приподнимать компонент перед тем, как проводить его горизонтальное перемещение, но это необходимо выполнять очень осторожно, чтобы не допустить отрыва компонента от пасты или клея.

Примечание — Если имеет место дополнительное выравнивание, то имеется высокая вероятность замыкания или образования перемычек.

5.4 Дополнительное совмещение компонентов после отверждения термопластичного клея

Рекомендуется исправлять несовмещение после отверждения клея, а не ждать, когда это произойдет после пайки. Если ясно, что компонент находится за пределами предписанных позиционных пределов после пайки, то компонент рекомендуется передвинуть и повторно установить, с помощью дополнительного клея, если необходимо. Дальнейшие указания можно получить в разделе 5 ГОСТ Р МЭК 61191-2.

Если требуется только небольшое перемещение, например на 0,2 мм, или вращение на 10°, то термопластический клей можно расплавить, а компонент осторожно передвинуть с помощью пинцета с токопроводящими пластиковыми наконечниками. Требуется проявлять осторожность, чтобы не допустить нарушения контакта между корпусом компонента и клеевым слоем. Перед проведением данной операции рекомендуется уточнить максимально допустимую температуру повторного расплавления с изготовителем клея. Рекомендуется также убедиться, что материал будет обеспечивать достаточно прочную связь после повторного расплавления во избежание риска падения компонента в ванну с припоем. В этом случае компонент не снимается с печатной платы и не заменяется. Рекомендуется применять подходящий способ нагрева компонента, например, не рекомендуется применять паяльник для керамических конденсаторов. См. также 6.3 и таблицу 1.

5.5 Дополнительное совмещение компонентов после отверждения термореактивного клея

При использовании термореактивного клея, как правило, исправление оставляют на время после пайки, поскольку нет потребности в его замене. Если клей используется для обеспечения дополнительной прочности во время термоциклирования, то его требуется нанести повторно. В некоторых случаях может быть приемлемым использование для доработки термопластичного клея.

Если необходимо полностью разрушить сцепление, например, вращением нагретого компонента пинцетом для разрушения адгезионного сцепления перед съемом компонента с печатной платы, то компонент-заменитель рекомендуется прикладывать уже после пайки погружением, если клея больше не требуется. В тех случаях, когда необходимо дополнительно совмещать компонент после пайки, требуются одновременное повторное расплавление паяных соединений и размягчение клея, чтобы обеспечить возможность соответствующего корректирующего перемещения.

6 Факторы воздействия на доработку после пайки

6.1 Маркировочные знаки компонента и немаркированные компоненты

В отсутствие маркировочных знаков на многих компонентах и при тенденции пренебрегать маркировкой позиционных обозначений на печатных платах рекомендуется обеспечить оператора-доработчика и контролера полной схемой установки компонентов с подробным перечнем компонентов.

Для сведения к минимуму риска путаницы любые избыточные или лишние компоненты без маркировочных знаков на своих корпусах рекомендуется тщательно идентифицировать по значению, типу, номеру партии и хранить их в защищенной среде, например в твердой пластиковой таре или сухой упаковке рядом с рабочим местом. Если обозначения на печатной плате полностью отсутствуют, то может потребоваться координатная сетка для идентификации соответствующих положений компонентов.

Для обеспечения правильной замены рекомендуется проинструктировать операторов-доработчиков, чтобы они отмечали полярность всех дефектных диодов, электролитических конденсаторов и корпусов ИС перед их удалением, даже если неправильная полярность является причиной корректирующего действия.

6.2 Повторное применение удаленных компонентов

В основном компоненты не рекомендуется применять повторно. Помимо ухудшения качества, которое уже произошло, после дополнительного времени может произойти дальнейшее ухудшение качества. Большинство производителей компонентов не распространяют стандартные гарантии на свое изделие, если оно было снято с печатной платы и установлено повторно. Хотя риск появления повреждения имеется всегда, с компонентами некоторых типов можно успешно выполнять операцию удаления и повторного применения.

Если в результате у схемы проявится ранний отказ при эксплуатации, то за это несет ответственность лицо, санкционировавшее данную работу. Разумно предположить что произойдет некоторое снижение надежности. См. также 7.9.

6.3 Чувствительные компоненты

Независимо от того, какой метод доработки применяется, некоторые компоненты подвержены риску больше, чем другие. Выбор инструментария и мастерство оператора являются принципиальными факторами. Нижеперечисленные компоненты представляют собой примеры чувствительных компонентов, которые особенно чувствительны к доработке, и их повторное применение не рекомендуется:

- многослойные керамические чип-конденсаторы;
- светодиоды;
- заказные ИС в корпусах PLCC и в плоских корпусах с четырехсторонним расположением выводов;
- прецизионные резисторы, монтируемые пайкой волной;
- большие ИС в корпусе типа SO (более 16 выводов);
- плоские корпуса с четырехсторонним расположением выводов, монтируемые пайкой волной;
- SOT 23 и корпуса типа SO, впрессованные в термопластичный материал;
- BGA в пластмассовом корпусе;
- BGA в керамическом корпусе (CBGA);
- керамический корпус с матрицей столбиковых выводов (CCGA);
- оптроны;
- кварцевые резонаторы и кварцевые фильтры.

В основном компоненты повторно не применяются. Категорически не рекомендуется повторно применять компонент, в технических условиях которого специально запрещено его повторное применение. Исходя из принципа надежности для данных компонентов, предпочтительнее применять автоматические установки доработки с управлением продолжительности, температуры и скоростей нагрева, вместо ручных методов.

6.4 Проектирование рисунка печатных плат и ограничения на размер печатных плат

Многие потребители выбирают технологию поверхностного монтажа из-за его потенциально рентабельной миниатюризации. Однако проектировщику проводящего рисунка печатных плат рекомендуется добиваться компромисса между противоречащими требованиями к эксплуатационным характеристикам, сокращению «реального пространства», электрическим испытаниям, удобству монтажа и доработки. Надежность изделия может быть чувствительна к перечисленным требованиям.

Если компоненты располагаются слишком близко, то соседние компоненты и компоненты-заменители можно легко повредить во время доработки. Находящийся рядом припой может расплавиться во второй раз, приводя к десмачиванию, к уменьшению прочности механического крепления и к риску получения непропаянных соединений. Для компонентов, которые были прикреплены клеем и пайкой волной, при любых обстоятельствах рекомендуется допускать достаточный зазор вокруг устройств с тем, чтобы их можно было поворачивать на 90° в одном направлении (или на 45° в двух направлениях) для смещения клея, пока все соединения расплавлены.

Успешное удаление больших многовыводных корпусов ИС включает применение горячего газа, нагретых электродов или лазерного оборудования. Принципиальным фактором является достаточное освобождение пространства вокруг корпуса. Это позволяет теплу во время доработки полностью концентрироваться вокруг устройства и уменьшает риск оплавления соседних соединений.

6.5 Действие теплоотводов

В тех случаях, когда в печатных платах присутствуют большие слои земли или теплоотводы, они способны отводить тепло от компонента, который подвергается доработке. Впоследствии может потребоваться дополнительное тепло в течение длительных периодов, которое, в свою очередь, приводит к повреждению компонентов или печатной платы. Факт, что паяные соединения не могут достичь температуры оплавления, не является гарантией того, что компонент (или печатная плата) не были перегреты. Данная проблема проектирования решается на стадии разработки проводящего рисунка печатной платы. При возможности любое паяное соединение компонента, которое может нуждаться в доработке, включая компоненты с монтажом в сквозные отверстия, рекомендуется теплоизолировать от земляного слоя или встроенного теплоотвода с помощью узкого короткого медного проводника.

В тех случаях, когда теплоотвод прикреплен к компоненту, рекомендуется либо применять съемный теплоотвод, который снимается без нарушения или давления на паяные соединения, либо, если теплоотвод несъемный, рекомендуется, чтобы он не затруднял доступ соответствующего инструмента доработки и не исполнял роль поглотителя значительного тепла, подаваемого инструментом доработки. Если используется неподходящий инструмент доработки, то вероятность соприкосновения и повреждения соседних компонентов может быть высокой, так же как и вероятность передачи термоудара на дорабатываемое устройство. Рекомендуется отсоединить теплоотвод перед проведением работ по удалению электронной детали.

Дополнительно может потребоваться защитить корпус компонента от чрезмерной температуры доработки, например путем обрезания местного теплоотвода между корпусом и паяным соединением.

6.6 Тип материала печатной платы

Чтобы свести к минимуму риск отрыва контактной площадки проводника от основания печатной платы во время доработки, на стадии проектирования в качестве материала основания печатной платы рекомендуется выбирать стеклоэпоксидное волокно, удовлетворяющее соответствующим требованиям серии стандартов МЭК 61249, или другой аналогичный материал. Некоторые широко применяемые материалы основания имеют низкую прочность при отрыве омедненного слоя, и их применение повышает вероятность отрыва контактной площадки во время доработки.

Для обеспечения минимального повреждения печатной платы во время доработки слоистый пластик основания рекомендуется сертифицировать по допустимости применения к нему процедур модернизации, доработки или ремонта. Серия стандартов МЭК 61249 обеспечивает критерий качества различных пластических материалов, используемых в производстве жестких печатных плат разных типов. Процедуры доработки и методы испытаний идентифицируются для определения возможностей плат в обеспечении своих характеристик через многократное воздействие температур во время монтажа и доработки.

6.7 Материал паяльной маски и размер отверстий трафарета

Адгезионные способности паяльной маски и соотношение размеров между полосками маски и соседними контактными площадками могут влиять на выбор инструмента доработки. Перегрев такой маски способен привести к локальному отслаиванию. Для некоторых сухих пленочных фоторезистов имеется высокая вероятность отслаивания и скручивания над площадками проводников при перегреве. Это приводит к необходимости применения скальпеля или аналогичного инструмента для очистки участков на кон-

тактных площадках под выводы компонента-заменителя. Толстые пленки могут проявлять большую склонность к отслаиванию. При отсутствии паяльной маски между контактными площадками (см. рисунок 2) используется многоконтактный групповой инструмент.

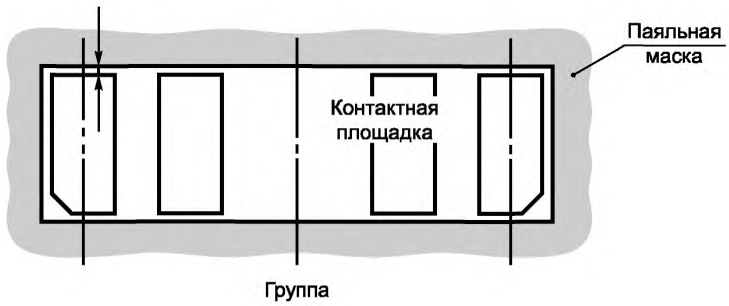


Рисунок 2 — Групповой монтаж без паяльной маски между контактными площадками

Не рекомендуется расположение проводников между контактными площадками с шагом не более 1 мм из-за высокой вероятности их повреждения во время доработки. При попытке размещения проводника с двумя зазорами между контактными площадками, при шаге равном 1 мм, требуется обеспечить ширину проводника 0,15 мм с двумя зазорами по 0,15 мм. Такое расположение приводит к контактной площадке шириной 0,55 мм. На рисунке 3 показан пример такого расположения. Проводник с шириной 0,15 мм является наименьшим, который рекомендован для таких мест, если он покрывается паяльной маской. Обычно паяльная маска используется для защиты проводника, который размещается между двумя контактными площадками, предназначенными для компонента поверхностного монтажа. Если участок перекрытия данного проводника (полоска паяльной маски) менее 0,1 мм, то велика вероятность отслаивания из-за близкого тепла, подаваемого на соседнюю контактную площадку.

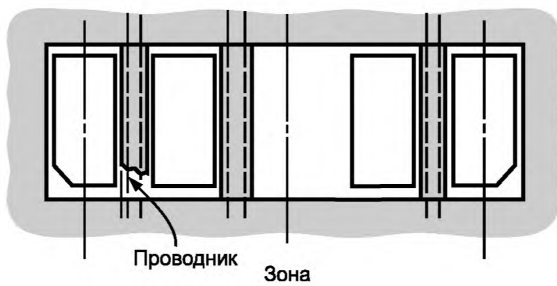
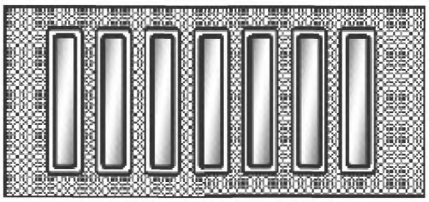
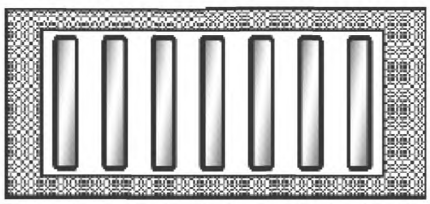


Рисунок 3 — Проводник между контактными площадками с малым шагом

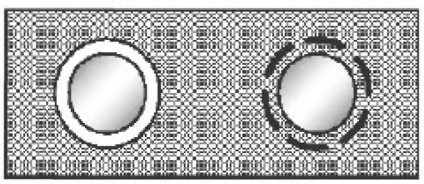
В местах, где отверстие в паяльной маске смещено для перекрытия медной контактной площадки и защиты входящей тонкой (узкой) дорожки проводника и перекрытие меньше 0,125 мм, наиболее вероятно отслаивание во время удаления компонента. Для минимизации риска отслоения рекомендуется избегать размещения узких полосок фоторезиста между контактными площадками с мелким шагом (рисунок 4). Такое размещение вызывает потребность в очень строгом контроле точности при нанесении паяльной пасты методом трафаретной печати. В зависимости от толщины пленки жидкие паяльные маски более устойчивы к отслаиванию, но могут не подходить, если требуется закрывать переходные отверстия.



Контактные площадки, разделенные барьером из паяльной маски для корпусов ИС с мелким шагом выводов



Контактные площадки, не разделенные барьером из паяльной маски для корпусов ИС с мелким шагом выводов



Варианты нанесения паяльной маски для корпусов BGA: с освобождением контактной площадки от маски и с нанесением маски на часть котактной площадки

Рисунок 4 — Оптимальное проектирование паяльной маски для монтажа многовыводного компонента

6.8 Доработка отдельных выводов устройств с мелким шагом выводов

За исключением опытных образцов печатных узлов, которые не планируется отправлять в эксплуатацию, не рекомендуется проводить вручную замену отдельных ИС с шагом выводов не более 0,5 мм. Наилучший результат достигается применением пайки оплавлением термодами, лазерной пайкой или эквивалентными устройствами оплавления, однако данные методы включают нанесение флюса и повторное расплавление всех соединений. См. также 11.3 и 11.4. Метод доработки обычно определяется плотностью монтажа компонентов.

6.9 Доработка компонентов BGA

Для обнаружения плохого смачивания и образования перемычек после пайки можно применять рентгенографические и другие методы. Компоненты BGA могут оплавляться либо одновременно со всеми остальными компонентами поверхностного монтажа на печатной плате, либо раздельно с применением специального оборудования, предназначенного для точной установки и пайки горячим газом отдельных корпусов. Если требуется удалить дефектный компонент BGA, то, как правило, в процедуре удаления требуется применять инструменты для пайки горячим газом и направлять струю газа под корпус BGA. Инструменты с лазерным и инфракрасным излучением также могут быть эффективны. Рекомендуется предварительно нагревать плату для уменьшения температурного напряжения операции доработки. Дефектную деталь можно удалять после расплавления всех соединений. После удаления компонента контактные площадки требуется повторно обработать до первоначального состояния и затем установить новую деталь с применением такого же инструмента оплавления горячим газом. Можно добавить новую паяльную пасту на контактные площадки для компонента BGA или на сами шариковые выводы нового компонента в зависимости от шага между шариковыми выводами BGA.

Не рекомендуется проводить установку компонента BGA вручную без помощи оптического совмещения. Удаление и замена компонента требуют применять такое совмещение.

7 Подготовительные действия для доработки и ремонта после пайки

7.1 Меры предосторожности для предупреждения электростатических повреждений

Для предотвращения электростатического повреждения компонентов и печатных узлов, которые находятся в работе на участке монтажа, рекомендуется предпринимать меры предосторожности ко всем операциям доработки и ремонта.

7.2 Исключение загрязнения компонентов

Компоненты-заменители рекомендуется извлекать из защитных упаковок (например, лент или трубок) по мере их использования, а не заранее. Это принципиально для соблюдения уровня влажности, требуемого для влагочувствительных компонентов, и для оценки условий хранения путем проверки влагочувствительных маркировочных знаков, обычно пакуемых с компонентом. Не рекомендуется переносить компоненты в поддоны, если последние не прикрыты, не очищены и если не все компоненты были использованы до пополнения поддона. Попадание заводских загрязнений на компоненты может привести к значительному риску ухудшения паяемости и качества доработанного соединения. Особая осторожность необходима при обращении с многовыводными компонентами для сохранения шага выводов и их параллельности. Не рекомендуется касаться пальцами и другими предметами выводов во избежание их загрязнения и последующего ухудшения паяемости.

Основными инструментами для ручной установки компонентов на печатных платах являются вакуумный и обычный пинцеты. Если для работы с керамическими чип-компонентами используются обычные пинцеты, то рекомендуется применять пинцеты с токопроводящими пластиковыми наконечниками для сведения к минимуму риска повреждения хрупких керамических корпусов. При использовании данных инструментов для сведения к минимуму риска загрязнения рекомендуется держать компоненты только за корпус, но не за выводы. В вакуумном пинцете рекомендуется тщательно следить за чистотой всасывающих насадок и часто их заменять. При постоянном применении их поверхность прижима покрывается и пропитывается слоем грязи и смазки, и паяемость чипа может ухудшаться из-за контактирования с ними.

7.3 Удаление влагозащитного слоя

Готовые платы и платы, возвращенные для ремонта, например, после эксплуатации в полевых условиях, могли быть защищены влагозащитным покрытием. Локальное удаление данного слоя около дефектного компонента перед началом доработки является необходимым. Требуется проявлять большую осторожность при выполнении данной операции во избежание нанесения повреждения или загрязнения соседних установленных компонентов и печатной платы. Предварительно требуется определить тип материала покрытия для выбора метода удаления. После выбора метода допускается осторожно применять нагретые инструменты, такие, как устройства с раздельным нагревом, затем пескоструйные бормашины или химические реагенты. Рекомендуется принимать меры предосторожности для предотвращения повреждения ближайших компонентов или печатной платы от любого царапающего инструмента.

Для предотвращения нежелательного распространения механических и химических воздействий растворители не рекомендуется оставлять в соприкосновении с веществом покрытия или добавленными компонентами дольше 15 мин. Любые осколки или остатки от процессов удаления покрытия рекомендуется удалять перед началом доработки, например с помощью наконечника вакуумного пинцета-очистителя. Нельзя использовать паяльники для удаления покрытия, поскольку они приводят к обугливанию покрытия и локальному расслаиванию печатной платы. Для компонентов с выводами рекомендуется отдельно обрезать каждый вывод перед началом удаления корпуса.

Примечания

1 — Некоторые пластики, используемые для влагозащитного покрытия, могут выделять токсические испарения при температурах нагретого паяльника, например полиуретановый лак.

2 — Для удаления покрытия рекомендуется применять только химические реагенты, рекомендованные поставщиком влагозащитного покрытия. Также рекомендуется учитывать их совместимость с печатной платой и корпусом добавленного компонента.

7.4 Неподходящие компоненты

Не рекомендуется производить замену дефектного компонента другим с теми же электрическими параметрами, но имеющим другой размер посадочного места корпуса. Такой компонент можно слегка подогнать под те же контактные площадки, но паяные соединения могут не удовлетворять требованиям к заданным размерам или не обеспечивать надежность соединений. Компоненты, предназначенные для монтажа в сквозные отверстия с помощью проволочных и ленточных выводов, не рекомендуется припаивать к контактным площадкам для контактов компонентов поверхностного монтажа. В случае неизбежности такой доработки корпус компонента рекомендуется перед пайкой прочно приклеить к печатной плате. Если после склеивания предполагается применять метод групповой пайки, то рекомендуется проверить пригодность компонента для температурного профиля данного метода пайки.

7.5 Очистка перед доработкой

Для многих операций будет достаточным применить подходящую жидкость или растворитель (например, пропан 2-01) в конкретном месте с помощью щетки. Если требуется полное погружение, то реко-

мендуется убедиться, что все компоненты, печатная плата, а также технологические материалы пригодны для такого погружения, а также гарантирована их совместимость с планируемой к применению очищающей жидкостью.

7.6 Защита соседних чувствительных компонентов

Если термочувствительные компоненты располагаются близко к компонентам, которые будут дорабатываться, и имеется риск их перегрева, например при применении систем с горячим газом, то рекомендуется использовать отражатели или маскирующие конструкции. В критических случаях для защиты от термоудара, приводящего к необнаруживаемому внутреннему повреждению, рекомендуется использовать либо датчики для проверки скорости нагрева и максимальных температур, либо заменять чувствительные компоненты новыми компонентами.

7.7 Сушка печатных узлов перед заменой компонентов

Печатные узлы на многослойных печатных платах, которые были возвращены после эксплуатации в полевых условиях или находились на хранении в незащищенных условиях, могут потребовать сушки перед доработкой для удаления поглощенной влаги. Данная операция проводится для сокращения риска общего расслоения платы или растрескивания пластикового корпуса компонента. Процесс сушки рекомендуется проводить при максимальной температуре хранения печатного узла в течение соответствующего времени. Типовые режимы — это 48 ч при температуре 80 °С или 60 ч при 70 °С зависимости от типа компонентов, конструкции земляного слоя или слоя питания. Платы с сетчатыми медными слоями сушатся быстрее, чем платы, имеющие непрерывные сплошные участки.

Примечание — Плоскостность может ухудшиться, если печатный узел во время сушки закреплен неправильно.

7.8 Предварительный нагрев больших многослойных плат

Предварительный нагрев рекомендуется проводить всегда, когда это практически возможно, а для многослойных плат его рекомендуется рассматривать как необходимую операцию. Так же как и сокращение времени доработки, предварительный нагрев является важным аспектом в предотвращении теплового удара компонентов и в сокращении риска локального расслоения платы.

7.9 Предварительный нагрев чувствительных компонентов-заменителей

Если известно, что применяемый инструмент доработки способен нанести сильный термоудар, например, в случае применения паяльника, то следует предварительно нагреть новые компоненты. Обычно предварительный нагрев проводят в небольших печах рядом с рабочим местом доработки. Данные печи настраивают либо на максимальную температуру хранения компонентов, либо на безопасную максимальную рабочую температуру рабочей поверхности.

8 Доработка после пайки

8.1 Общие положения

Помимо необходимых действий предварительной подготовки, указанных в разделе 7, существует девять основных операций в мероприятиях по доработке и ремонту компонентов поверхностного монтажа после пайки:

1) дополнительное совмещение компонента (выравнивание), см. 8.2;
2) удаление компонента (в том числе соседних компонентов в случае необходимости), см. 8.3 и 8.4;
3) добавление припоя и флюса, см. 8.6 и 8.7;
4) удаление избытка припоя с соединений, см. 8.8;
5) подготовка контактных площадок перед заменой компонента, см. 8.9;
6) замена компонента, см. 8.10;
7) очистка, см. 8.11;
8) визуальный осмотр и электрическое тестирование, см. 8.12 и 8.13;
9) локальное обновление влагозащитного покрытия (если необходимо), см. 8.14.

8.2 Дополнительное совмещение компонента (выравнивание)

Несмотря на то, что приподнимание или удаление компонента может не понадобиться, рекомендуется наносить флюс для ровного теплораспределения и для облегчения создания гладкого соединения без острых выступов.

8.3 Удаление компонента

Типичные дефекты, которые приводят к необходимости удаления компонента, включают:

- неисправный компонент (механическая, электрическая неисправность);
- компонент, размещенный в неправильном месте или с неправильной ориентацией;
- шарики припоя, попавшие под компонент.

К другим причинам удаления компонента относятся:

- использование дорогих компонентов в будущем;
- исключение компонента из проекта из-за изменений.

8.4 Удаление соседних компонентов

Для плат с очень высокой плотностью монтажа компонентов и/или в проекте проводящего рисунка не были учтены требования к доработке, может потребоваться удаление компонентов или деталей, которые препятствуют эффективному доступу к паяным соединениям, нуждающимся в проверке. Это может стать большой проблемой для плат, находившихся в долгом употреблении. Компоненты штыревого монтажа с выводами могут монтироваться после тестирования или программируемые ИС могут устанавливаться в свои контактные посадочные гнезда позже, и их потребуется извлекать для создания доступа к компонентам поверхностного монтажа, находящимся под ними. Во всех случаях дефектный компонент и компоненты, выпаянные для обеспечения доступа, рекомендуется заменять новыми компонентами. Повторно допускается использовать контактные посадочные гнезда.

8.5 Повторное применение компонентов

Повторно применять компоненты не рекомендуется. Помимо ухудшения качества, которое уже проявилось, может появиться потенциально возможное ухудшение качества через какое-то время. Компоненты поверхностного монтажа, удаленные с плат, рекомендуется повторно применять только в исключительных обстоятельствах. Рекомендуется проводить визуальный осмотр и повторное тестирование всех компонентов, предназначенных для повторного применения. Как правило, гарантия изготовителя не распространяется на изделие в случае его удаления с печатной платы и повторного применения на другом посадочном месте. Например, в многослойных керамических чип-конденсаторах, испытавших чрезмерный термоудар, могут образоваться микротрещины во время операций нагрева при удалении и замене. Данные дефекты могут не обнаруживаться при отправке, но могут привести к отказу при эксплуатации в полевых условиях через несколько месяцев. Кроме того, керамические чип-конденсаторы, постоянные чип-резисторы и подстроечные компоненты могут иметь серебро, выщелоченное из их выходных контактов во время первоначальных операций пайки. При любой попытке повторно припаять данные компоненты дальнейшее выщелачивание может привести к уменьшению количества серебра на керамической контактной поверхности и десмачиванию с керамическим корпусом. В случаях, когда можно предположить, что существует высокая вероятность в необходимости удаления ИС, например в случае программируемых компонентов, а также компонентов памяти, рекомендуется применять контактные посадочные гнезда.

8.6 Добавление флюса или припоя

Дефекты, которые могут вызывать потребность в добавлении припоя (сглаживании,) и флюса, включают:

- неправильное количество припоя (недостатки проекта или процесса);
- непропаянное соединение, в том числе создание эффектов «надгробного камня» и «крокодила»;
- отток припоя, например, из-за отслоения паяльной маски и неудачного проводящего рисунка печатной платы.

Добавление новых компонентов требует применения свежих флюса и припоя. Во время всех операций доработки рекомендуется применять жидкий, безотмывочный жидкий с низким содержанием твердых остатков, RMA (канифоль средней активности), или аналогичный некислый флюс в соответствии с МЭК 61190-1-1. Некислый флюс с низким содержанием твердых остатков или безотмывочный флюс могут быть особенно удобны для ремонта, если нельзя проводить последующую очистку и чрезвычайно необходимо свести к минимуму риски от остатков флюса.

Если флюс наносится до удаления компонента, то на контактной площадке остается достаточное количество припоя, что устраняет потребность в дополнительном припое во время операции замены. Однако на практике лучше удалять как можно больше припоя для сокращения общего уровня интерметаллических соединений и/или других загрязняющих веществ в соединении. Ровное покрытие флюса наносится ватным тампоном, мягкой кисточкой или шприцем. Как удаление оксидов с поверхностей, предназначенных для пайки, так и слой флюса позволяют припою расплавляться быстрее и ровнее, тем самым сокращая время доработки и риски перегрева.

При предварительном нагреве флюс рекомендуется наносить за несколько секунд до начала действий по доработке. Если доработка проводится рядом с контактными площадками (например, выходными контактами или клавиатурами), то рекомендуется предпринимать меры предосторожности во избежание загрязнения контактов флюсом. Рекомендуется применять подходящие маскирующие вещества. Контакты могут очищаться от остатков флюса или лент с помощью тряпки, пропитанной пропаном 2-01 или равноценным средством.

Паяльная паста и проволочный припой, используемые для доработки, должны соответствовать требованиям к паяльной пасте МЭК 61190-1-2 и к проволочному припою МЭК 61190-1-3.

8.7 Сглаживание припоя

В качестве косметического ремонта не рекомендуется сглаживать паяное соединение. На практике данная операция проводится на соединениях, имеющих недостаточное количество припоя в процессе монтажа или в результате неудачного проектирования, или и того, и другого вместе. Обычно выбор лежит между распределением небольших количеств паяльной пасты с подачей тепла газовым паяльником и нанесением флюса для облегчения теплораспределения перед применением плоского проволочного припоя небольшим паяльником. При использовании проволоки с сердечником из флюса для некоторых соединений может потребоваться предварительное флюсование, для других — нет, это зависит от их размера и формы.

При обращении с многослойными керамическими чип-конденсаторами требуется особая осторожность. Для сведения к минимуму риска внутреннего повреждения от термоудара рекомендуется соблюдать следующие меры предосторожности:

a) чип рекомендуется равномерно нагреть до 100 °С;

b) паяльник рекомендуется применять мощностью не более 30 Вт, с наконечником диаметра не более 2 мм и с установленной максимальной температурой наконечника до 280 °С; данные параметры могут быть весьма принципиальны при доработке устройств, корпус которых сделан из термопластичного материала; рекомендуется тепло подавать на соединения через участки выходных контактов, а не через корпус;

c) не рекомендуется превышать максимальное общее время пайки, равное 5 с, которое измеряется с момента начального приложения паяльника до момента его удаления.

Для уменьшения риска выщелачивания серебра во время доработки, проходящей с использованием керамических чип-компонентов, рекомендуется применять припой с 2 % серебра. Рекомендуется выбирать соответствующие рабочие условия (например, температуру паяльника) в зависимости от материала припоя и компонента, подлежащего доработке.

При наличии мастерства и опыта оператора паяльную пасту допускается наносить на контактные площадки с помощью пневматического шприца до установки нового компонента. Информация о пневматических шприцах-дозаторах дана в 12.2. Для данной цели конические полипропиленовые насадки шприца предпочтительнее трубок из нержавеющей стали, поскольку стальные трубки более подвержены засорению.

На посадочные места под многовыводные корпуса BGA с шагом выводов не более 1,27 мм операция нанесения пасты ручным способом на отдельные контактные площадки с достаточной точностью может оказаться практически невыполнимой. Иногда применяется метод нанесения пасты, аналогичный выдавливанию тонкой полосы зубной пасты, вдоль ряда контактных площадок. Когда тепло подается к выводам нового компонента, поверхностное натяжение стягивает припой на каждый вывод и контактную площадку. Однако, может потребоваться устранение нескольких замыканий между выводами.

Другой ручной способ заключается в применении миниатюрного паяльника в одной руке и пинцета в другой. Сначала паяльник прикладывается к двум выводам, находящимся на большом расстоянии друг от друга, для закрепления компонента на месте. Затем можно отложить пинцет и вместо него взять отрезок проволочного припоя и по очереди обрабатывать каждое соединение для обеспечения точного количества припоя и для создания хорошего соединения. Данный способ создания соединений допустимого качества требует большого мастерства.

Для замены устройств с малым шагом выводов, например с шагом не более 0,65 см, после удаления как можно большего количества припоя с каждой контактной площадки рекомендуется применять оборудование с термодами или газовое оборудование с одной головкой. Информация о газовом оборудовании и оборудовании с термодами дана в 11.2 и 11.4 соответственно.

Еще один метод нанесения отмеренных количеств дополнительного припоя заключается в применении комплекта самоклеющихся полиимидных лент специального размера с полоской припоя и длиной, равной длине ряда прикрепляемых выводов. Важным фактором данного метода является тщательное совмещение ленты с контактными площадками до нанесения тонкого слоя (покрытия) флюса и последующей установки компонента. Прорези в лентах облегчают совмещение выводов компонента, лента осторожно снимается после пайки.

Тепло может подаваться с помощью либо газового оборудования, либо оборудования с термодами. Газовое оборудование иногда предпочтительнее применять после установки компонента, поскольку компонент можно приподнять над контактными площадками настолько, чтобы припой был видим, пока он нагрет. Если припой расплавлен, тогда компонент опускается на холмики припоя и держится до тех пор, пока не произойдет отверждение. Для данного процесса могут также применяться фокусируемые инфракрасные установки.

8.8 Удаление избытка припоя с соединений

Варианты удаления припоя включают применение только одного паяльника или паяльника совместно с медной оплеткой или применение инструментов для удаления припоя при отпайке. Соответствующие примеры описаны в разделах 8 — 10.

8.9 Подготовка контактных площадок перед заменой компонента

После удаления компонента на некоторых контактных площадках печатной платы припоя может оказаться больше его первоначального количества, что может устранять потребность в нанесении дополнительного припоя. Однако рекомендуется как можно более тщательно удалять припой для уменьшения общего уровня интерметаллических соединений и/или загрязнений в соединении. В любом случае чрезмерную высоту припоя рекомендуется уменьшать до замены компонента.

Для того чтобы компонент мог правильно разместиться на своих контактных площадках, может потребоваться подходящий растворитель или нагретая тонкая пластинка для удаления остатков клея. Обычно потребности в замене клея нет, если он был нанесен для придания дополнительной механической прочности после пайки.

8.10 Замена компонента

Потребность в замене возникает для компонентов:

- пропущенных во время установки;
- смещенных во время пайки или отпайки;
- удаленных во время доработки;
- отсутствующих во время начального монтажа;
- при изменении проекта после монтажа.

Руководство по замене компонента приведено в разделах 10 — 12.

8.11 Очистка

Для больших, плотно скомпонованных плат, в которых может проводиться больше одного цикла доработки, очистку рекомендуется ограничивать локальными участками, например с помощью щетки, до завершения всех необходимых изменений. Рекомендуется предпринимать меры предосторожности во избежание распространения загрязнения флюсом близлежащих участков. При применении ультразвукового метода рекомендуется ограничиваться конечной очисткой погружением, если имеющаяся документация подтверждает, что ультразвуковое воздействие не ухудшает механические или электрические параметры изделия или очищаемого компонента. Безотмывочные флюсы рекомендуется применять для доработки только в случаях, когда не должна применяться операция окончательной очистки методом погружения.

8.12 Визуальный контроль и электрическое тестирование

Визуальный контроль после доработки рекомендуется проводить в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61191-1 — ГОСТ Р МЭК 61191-4. Рекомендуется принимать меры предосторожности во время доработки во избежание загрязнения электрических контрольных точек остатками флюса, особенно если для доработки выбирается метод без очистки.

8.13 Проверка однородности тепловых характеристик паяных соединений

Проверку характеристик паяных соединений можно осуществлять наведением лазерного луча или лучей других видов к каждому соединению по очереди и регистрацией скорости роста температуры на них, например инфракрасным датчиком. Там, где данная скорость выше обычной скорости, регистрируется плохое соединение.

8.14 Замена локального влагозащитного покрытия

Основное требование перед локальным повторным покрытием заключается в определении типа покрытия и установлении метода его удаления и замены. Прочность, прозрачность, растворяемость, возможность соскабливания, возможность удаления термическим воздействием и толщина покрытия — все данные характеристики являются принципиальными при принятии решения, как нужно удалять покрытие без повреждения компонентов, намеченных оставаться на печатном узле. Рекомендуется применять покрытие-заменитель идентичного состава. Требуется обеспечивать такую же степень чистоты на доработанном участке, которая требовалась перед нанесением первоначального покрытия. Методы добавления нового покрытия варьируются в диапазоне от ручного способа распыления до роботизированных автоматизированных установок-распылителей. Не рекомендуется применять безотмывочные флюсы для доработки. Флюс средней активности или флюсы с низким содержанием твердых остатков являются предпочтительными для применения. Не рекомендуется допускать температуру отверждения покрытия выше максимального значения температуры хранения платы или компонентов.

9 Выбор оборудования, инструментов и методов доработки

9.1 Общие положения

Существенными факторами при использовании комплекта оборудования доработки являются следующие:

a) не рекомендуется использовать оборудование, представляющее опасность для здоровья или угрозу жизни операторов;

b) не рекомендуется использовать оборудование, которое может нанести повреждение:

1) дорабатываемому компоненту,

2) соседним компонентам,

3) печатной плате;

c) рекомендуется, чтобы оборудование имело встроенный подогрев для уменьшения термоудара;

d) рекомендуется, чтобы оборудование было простым в эксплуатации и требовало минимальной квалификации персонала;

e) рекомендуется, чтобы оборудование состояло из одного устройства для удаления и замены компонента, добавления и удаления припоя;

f) рекомендуется, чтобы оборудование обеспечивало минимальное время для выполнения операции доработки;

g) рекомендуется применять инструменты с размерами, подходящими к плотности установки компонентов печатного узла;

h) рекомендуется, чтобы в комплект оборудования входил вакуумный пинцет для удаления компонента после оплавления и/или разрушения клеевого соединения.

9.2 Соответствие оборудования доработки предварительным требованиям к компонентам и печатной плате

9.2.1 Общие положения

При доработке обычных паяных соединений выводов компонента с монтажом в сквозные отверстия для работы с элементами наиболее распространенных типов подойдут паяльник и вакуумный инструмент для удаления припоя. Для технологии поверхностного монтажа отсутствует унифицированное оборудование, которое выполняет операции доработки на компонентах поверхностного монтажа всех типов рентабельно и без нанесения ущерба их надежности. При выборе оборудования монтажники имеют право больше учитывать одни требования, чем другие, в зависимости от области применения изделия и действующих приоритетов. Примеры учитываемых приоритетов — спасение:

a) печатного узла любой ценой;

b) компонента по причине его высокой стоимости или невозможности замены;

c) печатной платы и компонента для повторного применения или анализа.

Для каждой доработки, ремонта или модернизации может требоваться много разных инструментов, а также множество разных насадок. Выбор методов, инструментов и оборудования доработки зависит от ряда факторов. Данные факторы рассмотрены в 9.2.2 — 9.2.4. Рисунок 5 показывает пример процедуры удаления корпуса SOIC.

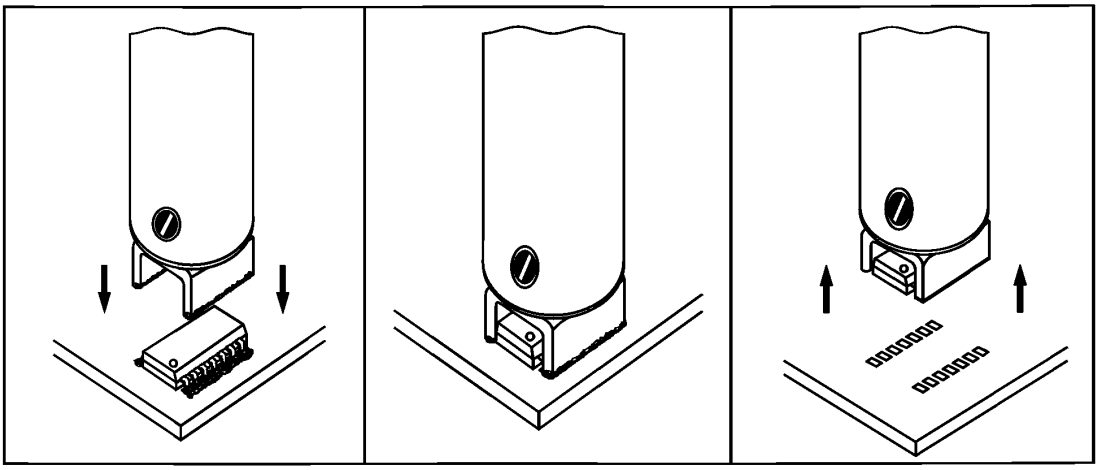


Рисунок 5 — Пример процедуры удаления корпуса SOIC

9.2.2 Выбор в зависимости от типа компонента на печатной плате

Каждый тип компонента имеет один или несколько методов доработки, наиболее подходящих для их удаления. Например, многовыводные устройства, такие, как пластмассовые квадратные плоские корпуса (QFP), наилучшим образом обрабатываются газоструйными, инфракрасными установками или установками с нагретыми электродами из-за того, что они удаляют компонент в ходе одной операции.

Газовый паяльник или нагретый пинцет более удобен для удаления простого чип-резистора. Очень часто выбор требуется делать под влиянием факторов, не основываясь на лучшем технологическом варианте, например наличия инструментов или неудачно заложенных в конструкцию ограничений на расстояния между компонентами.

9.2.3 Выбор в зависимости от материала печатной платы

Тип используемого материала печатной платы оказывает два основных воздействия на выбор метода доработки.

a) для слоистых пластиков с низкой прочностью на отрыв меди, таких как PTEF (тефлон), рекомендуется, чтобы инструмент и компоновка платы предусматривали возможность наблюдения за расплавлением соединений компонента до его удаления;

b) для плат с большой тепловой массой, таких как платы с металлической сердцевиной или платы с земляными слоями большой площади, во избежание применения инструмента с высокой скоростью нагрева рекомендуется применять небольшие нагреватели для обеспечения общего подогрева.

9.2.4 Выбор в зависимости от конструкции платы и процессов пайки

Печатные узлы, пропаянные волной припоя, содержат компоненты, приклеенные к печатной плате. В этом случае инструментам доработки требуется обеспечивать подвод достаточного тепла для расплавления припоя и смягчения клея перед тем, как позволить поперечному моменту силы повернуть компонент и разрушить сцепление. Для печатных узлов без приклеенных компонентов, например конструкций с применением пайки методом оплавления, такие возможности инструмента не требуются. В данном случае достаточно нанести флюс и расплавить припой. Флюс обеспечивает достаточную передачу тепла, а также уменьшает образование оксида.

В печатных узлах с установкой компонентов поверхностного монтажа на обеих сторонах требуется контролировать процессы доработки для предотвращения повреждения соединений или потери компонентов, размещенных на обратной стороне прямо напротив оплавляемых компонентов, а также соседних компонентов. В некоторых случаях рекомендуется проектировать печатный узел с применением клея на одной стороне даже для печатных узлов с пайкой методом оплавления. Это не предотвратит нежелательное повторное оплавление соединений и последующий рост интерметаллического слоя, но предотвратит выпадение компонентов с платы.

Все указанные факторы учтены в таблице 1 с данными о применении рекомендуемых средств доработки с учетом типа компонентов. На рисунке 6 показан пример удаления компонента BGA с применением либо газового, либо инфракрасного конвекционного нагрева.

Таблица 1— Рекомендуемое оборудование для компонентов разных типов

Инструменты	Тип компонента									
	BGA	SOIC	PLCC	QFP	CLLCC	SOD	SOT	Чип	MELF	Пассивный с выводами
Миниатюрные паяльники (25 Вт или 30 Вт диаметр — до 2 мм), см. 10.2	—	A, B, C, D	A*, B*, C, D	A*, B*, C, D	—	A	A	A	A	A, B, C, D
Паяльники управляемого нагрева, см. 10.3	—	A, B, C, D	A*, B*, C, D	A*, B*, C, D	—	—	—	—	—	A, B, C, D
Газовые паяльники, см. 10.4	—	A, B, C, D	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
Нагретый пинцет, см. 10.5	—	—	—	—	—	A	A	A	A	A
Паяльники со специальными наконечниками, см. 10.6	—	A	A	—	—	A	A	A	A	A
Газовые установки доработки, см. 11.2	A, B	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 инфракрасное оборудование, см. 11.3	—	A, B	A, B	A, B	A, B	A, B	A, B	A, B	A, B	A, B
Оборудование с термодами, см. 11.4	—	A, B	A, B	A, B	A	A	A	A	A	A
Лазерное оборудование, см. 11.5	—	A, B	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание: A — удаление компонента; B — замена компонента; C — добавление припоя; D — удаление припоя; * — нерентабельно.

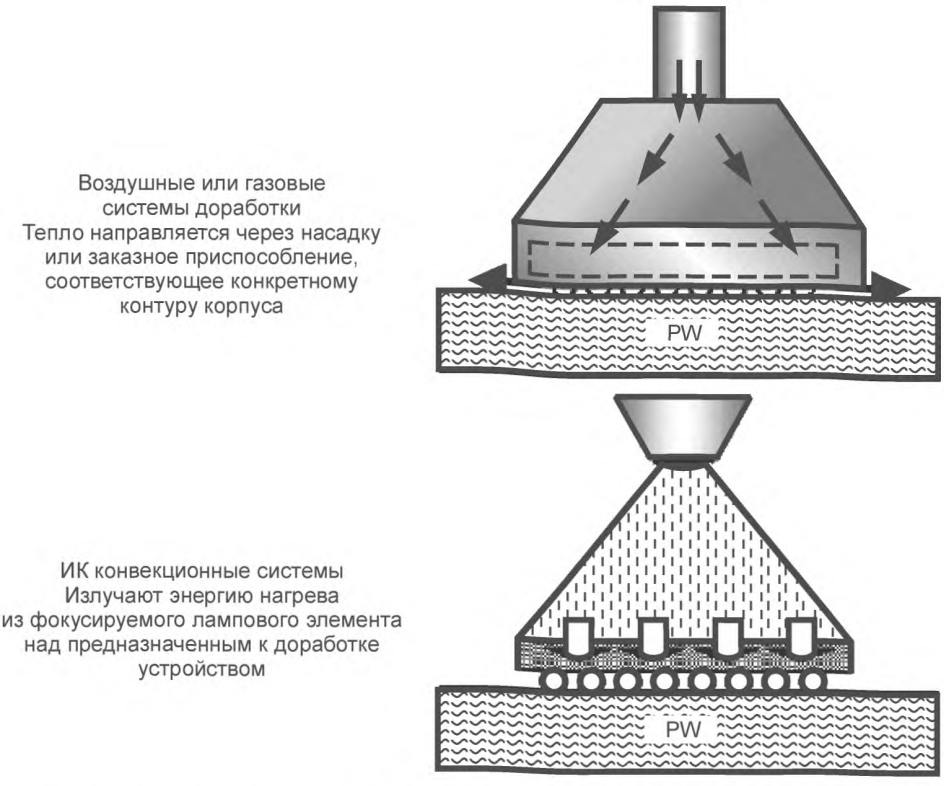


Рисунок 6 — Примеры удаления компонента BGA с применением воздушного, газового или инфракрасного конвекционного нагрева

10 Инструменты и методы ручной доработки

10.1 Общие положения

Данный раздел охватывает только основные ручные методы. Для каждого вида доработки, описанного в разделах 4—8, в таблице 1 указан рекомендуемый инструмент для всех широко используемых типов компонентов поверхностного монтажа.

10.2 Миниатюрные обычные (с накоплением энергии) паяльники

Данные паяльники имеют маленькие наконечники с максимальным диаметром жала 2 мм и низкой накопленной тепловой энергией. Они позволяют проводить безопасную доработку геометрических форм малых размеров, находящихся на печатных платах с поверхностным монтажом, и компонентов, например за счет сокращения рисков термоудара (рисунок 7).

Применение терморегулируемых паяльников мощностью 20 или 30 Вт является существенным фактором. Температуру режима холостого хода рекомендуется устанавливать в пределах (260 ± 20)°С с периодической проверкой температуры наконечника, поскольку она имеют склонность к большим разбросам во время работы. Рабочие условия температуры паяльника, пистолета-распылителя и т. п. выбирают соразмерно, в зависимости от материала припоя и компонента, подлежащего обработке.

Примечание — При доработке небольших компонентов, чьи корпуса сделаны из термопластичного материала, обычно имеющего точки плавления между 270 °С и 280 °С, рекомендуется предусматривать температуру наконечника немного ниже указанных значений.

Безвыводные керамические чип-конденсаторы и чип-резисторы можно удалять путем приложения наконечника горячего паяльника к центральной части чипа (только для удаления и утилизации)



Рисунок 7 — Миниатюрный обычный паяльник

и, когда оба соединения оплавятся, металлическим пинцетом поднять корпус. Для компонентов, прикрепленных клеем, требуется сочетать вращение с движением вверх. Операцию рекомендуется рассматривать как разрушающую для всех чип-компонентов. Существенным фактором является то, что они не применяются повторно. Хотя данный метод практикуется, он не рекомендован для применения.

Корпусные устройства с ленточными или проволочными выводами удаляются путем оплавления каждого соединения по очереди, отгибания и отрыва каждого последующего вывода с печатной платы, пока все не будут подняты. Установка с вакуумным пинцетом или пинцетом большого размера используется для удаления корпуса компонента. Данный метод является также разрушающим и нерентабелен для корпусов PLCC. В некоторых случаях может потребоваться перед основной операцией удалить избыток припоя с отдельных соединений с помощью миниатюрного вакуумного паяльника или медной оплетки. Для добавления припоя рекомендуется применять провод с сердечником из флюса или одножильный провод большого сечения.

10.3 Паяльники управляемого нагрева

В конструкцию данных паяльников введены небольшие нагреватели, встроенные в наконечник. Нагрев наконечника регулируется автоматически. Энергия отбирается только при необходимости поддержания температуры наконечника установки. Однако, являясь паяльниками с накопленной энергией, они могут привести к быстрому нагреву, и их рекомендуется применять с осторожностью при замене компонентов, чувствительных к температуре прикосновения, например керамических чип-конденсаторов.

Удовлетворительная пайка осуществляется при более низких температурах наконечника, чем при работе с обычными паяльниками. Это делает доработку менее чувствительной к действиям оператора и сокращает риск теплового повреждения печатной платы и компонента.

Паяльники управляемого нагрева гораздо быстрее нагреваются и охлаждаются, что позволяет быстро изменять состояния наконечника. Из-за способности саморегулирования один наконечник может применяться для широкого диапазона компонентов и состояний тепловой массы печатной платы. Однако для лучших результатов при работе с компонентами поверхностного монтажа имеется набор специально сконструированных наконечников, вплоть до 84-штырьковых корпусов. Большие наконечники могут быть менее эффективными, чем маленькие. Они уменьшают визуальный доступ к соединению, а во время удаления компонента вносят риск того, что оператор может поднять компонент слишком рано и оторвать проводник или контактную площадку с печатной платы.

10.4 Воздушные или газовые паяльники

Воздушные или газовые паяльники являются небольшими ручными инструментами, которые распыляют управляемый поток нагретого газа, обычно воздуха. Данная струя достаточно тонкая для направления на отдельные соединения, и при ее применении рекомендуется подавать достаточно тепла для их оплавления, на одно за другим. Их можно применять для доработки всех видов. Кроме воздушных паяльников имеются портативные паяльники, заряжаемые бутаном.

Для удаления компонентов с выводами каждый отдельный вывод требуется оплавлять и с помощью пинцета полностью отгибать вверх от контактной площадки для предотвращения повторного образования соединения. После обработки таким способом всех выводов устройство можно удалить обычным или вакуумным пинцетом.

Для многовыводных компонентов, как и в случае применения миниатюрного паяльника, метод является очень медленным, но допустимым в ситуациях, когда отсутствуют другие, более удобные способы. Воздушные или газовые паяльники не всегда пригодны для удаления больших безвыводных компонентов, таких как большие керамические чип-конденсаторы или CLCC.

При применении их на небольших устройствах, таких как керамические чипы или маленькие корпуса с выводами, имеется возможность расплавлять все соединения сразу путем быстрого перемещения струи с одной стороны на другую по всем выводам компонента. Газ распространяется в разные стороны, когда попадает на печатную плату, поэтому рекомендуется принимать меры предосторожности во избежание перегрева соседних компонентов и сдувания маленьких чип-компонентов с печатной платы под действием струи.

Для добавления припоя рекомендуется применять паяльную пасту и таблетки из припоя, вместо проволочного припоя. Для удаления припоя требуется чистая, хорошего качества медная оплетка и флюс, нанесенный на соединения. Для удаления избытка припоя с соединений маленьких компонентов с выводами может быть достаточным применение слегка смоченного наконечника, но данный метод не рекомендуется применять для чип-компонентов.

Замену компонента допускается производить сначала дозированным распределением паяльной пасты на контактную площадку (посадочное место компонента) с помощью пневматического шприца, после чего вручную установить каждый компонент и либо оплавить каждое соединение по очереди, либо пробегать струей для оплавления всех соединений на маленьких компонентах одновременно. Для многовыводных устройств данный метод очень медленный, но он допустим в тех случаях, когда отсутствуют другие, более удобные способы.

10.5 Нагретый пинцет

Нагретый пинцет по принципу действия может быть аналогичным паяльнику с прямым нагревом или может использовать метод накопленной энергии. Пинцет имеет металлические насадки специальной формы, которые проводят ток для генерации тепла на его наконечниках, но данный ток не проходит через дорабатываемое устройство. Нагревание может осуществляться импульсным или постоянным током.

Путем сцепления концов двухконтактного компонента с наконечниками пинцета тепло передается в соединения для их одновременного оплавления, чтобы можно было поднять корпус до охлаждения припоя и повторного образования соединений. Основное преимущество заключается в том, что данная операция рассчитана на работу одной рукой. Это означает, что инструмент очень подходит для доработки приклеенных компонентов, которые требуется поворачивать приблизительно на 90° для разрушения клея после расплавления паяных соединений. Рекомендуется проектировать печатную плату таким образом, чтобы оставалось достаточное пространство для данной операции.

Недостатками данного инструмента являются: затрудненное наблюдение за расплавлением припоя и риск слишком быстрых действий неопытного оператора. В результате контактные площадки могут быть оторваны от печатной платы во время одновременного выполнения поворота и подъема компонента.

Нагретый пинцет подходит для удаления маленьких многовыводных компонентов, например шестивыводных. После нанесения флюса на соединения процедура удаления такая же, как ранее описанная для двухконтактных компонентов.

Пополнение, дополнение и удаление припоя практически невыполнимы с инструментом данного типа, поэтому их рекомендуется выполнять с помощью дополнительных методов. Данный инструмент не рекомендуется применять для замены таких компонентов, как теплочувствительные чип-конденсаторы, из-за риска термоудара.

10.6 Паяльники со специальными наконечниками

Это обычные паяльники с накопленной энергией, оснащенные специальными сменными наконечниками, которые подходят для работы с ограниченным диапазоном стандартных корпусов компонентов поверхностного монтажа. Имеются наконечники для работы с большей частью стандартных керамических чип-компонентов (резисторами, конденсаторами), корпусами MELF, SOD или SOT и некоторыми малыми корпусами (SOIC и TSOP).

Иногда потребители прикрепляют их к небольшим стойкам сверлильных станков для поддержания совмещения по осям X—Y, обеспечения лучшего управления нажимом вниз и сохранения компланарности передней поверхности инструмента с печатной платой. Рекомендуемый диапазон температуры наконечника составляет (260 ± 20) °С. Рабочие температуры паяльника, пистолета-распылителя и т. п. выбирают в зависимости от материала припоя и компонента, подлежащего обработке.

Некоторые изготовители предлагают наконечники для корпусов PLCC малых размеров (до 84 штырьков). Наконечники могут применяться для приложения вращающего момента на приклеенные компоненты во время расплавления припоя. Однако трудно наблюдать расплавление из-за глубины выемки наконечника и близости соседних компонентов. Ввиду невозможности точно знать, когда припой расплавлен, необходимо особенно осторожно действовать во избежание отрыва контактных площадок с платы при работе с такими материалами, как PTEF (тефлон), который имеет низкую прочность при отрыве. Для удаления припоя насадки инструментов более высокого качества оснащаются вакуумной присоской для подъема корпуса по достижении температуры оплавления.

Добавление или удаление припоя практически невыполнимо инструментом данного типа, и данные операции рекомендуется проводить заранее и другим методом. Не рекомендуется применять данный инструмент для замены компонента, но его можно использовать при крайней необходимости, если ничего другого нет; в случае его применения может потребоваться некоторая доводка. Данные паяльники уменьшают визуальный доступ к соединению и во время удаления устройства вносят риск оторвать дорожку или контактную площадку с платы, т. к. оператор может слишком рано поднять компонент.

11 Механизированные и программируемые установки доработки

11.1 Общие положения

Для каждой работы, описанной в разделе 8, в таблице 1 приведены рекомендуемое механизированное или программируемое оборудование и инструменты доработки компонентов поверхностного монтажа всех широко применяемых типов.

11.2 Газовые установки доработки

Газовые установки доработки представляют собой настольное оборудование, способное распределять поток нагретого воздуха или газа через насадки или через разделительные перегородки на выводы компонента. Они предназначены в основном для многовыводных корпусов и способны обеспечивать начальную пайку, а также удаление и замену компонента. Рекомендуется избегать применения пистолетов-распылителей для удаления красочного покрытия, а также ручных фенов для волос.

Насадки обычно формируют матрицу из набора маленьких трубок в блоке. Для корпусов PLCC насадки загибаются внутрь около своих наконечников для направления потока на компонент. Для корпусов QFP они направлены прямо вниз. Оборудование с разделительными перегородками допускает прохождение нагретого газа через щелевые отверстия, которые совмещаются с конкретными рядами выводов компонента. В обоих случаях насадки подгоняются к конкретным типам и размерам корпусов, но на некоторых установках матрица для большого устройства дорабатывает малые корпуса при условии, что при проектировании печатной платы предусмотрено достаточное пространство вокруг небольших корпусов для доступа к ним.

Блоки насадок являются сменными и не обязательно могут являться быстрозаменяемыми, это зависит от типа установки. Большая часть установок имеет встроенный нагревательный элемент и добавочное сопло, установленное под печатной платой для обеспечения предварительного нагрева. В случаях проведения большого объема доработки, ремонта или модернизации можно рекомендовать вспомогательный элемент нагрева: нагревательную плиту или нагревательную аэродинамическую трубу с профилем нарастания температуры, при котором предварительный нагрев начинается раньше и тем самым предотвращается термоудар при переносе плат на место доработки.

Температура горячего воздуха и скорость потока регулируются, определяя время оплавления. В струйном течение размещается термопара, и с ее помощью регулируется мощность в нагревательном элементе. Слишком мощная комбинация температуры и скорости потока способна вызвать оплавление соединений на ближних компонентах. Во многих установках имеется также таймер выключения потока горячего воздуха через определенное время для предотвращения перегрева компонента и печатной платы.

Процесс можно наблюдать через бинокулярный микроскоп или дополнительно через видеокамеру и на экране монитора. Для компонентов с малым шагом и компонентов BGA оптическая система использует призменный метод, разрешающий точно совмещать выходные контакты компонента и контактные площадки.

Почти все системы имеют встроенную вакуумную присоску, которую можно включать для подъема компонента с печатной платы, а некоторые установки снабжены датчиками или пружинами, прикрепленными к присоске и позволяющими ей автоматически подниматься, если припой на всех соединениях расплавлен. Имеются несколько конструктивных вариантов со вспомогательным маленьким одноструйным паяльником для применения на отдельных соединениях.

Данный тип оборудования является одним из множества доступных, используемых для удаления и замены многоштырьковых устройств. Рекомендуется нанести жидкий флюс на все соединения, затем оплавить соединения с помощью соответствующей насадки. Корпус компонента затем поднимается с помощью вакуумной присоски.

Если оборудование не снабжено одноструйным паяльником, то оно не может применяться для нанесения дополнительного припоя или для удаления избытка припоя без оплавления всех соединений. Для замены компонента (рисунок 8) обычно требуется предварительно нанести паяльную пасту, таблетки припоя с флюсом или полиимидные клеевые ленты с полосками припоя. Если в установке имеется одноструйный паяльник, то для дополнения припоя предпочтительнее применять его совместно с паяльной пастой вместо приложения проволочного припоя с помощью обычного паяльника. См. также 10.4.



Рисунок 8 — Газовые установки доработки

11.3 Фокусируемое инфракрасное оборудование

Фокусируемое инфракрасное оборудование состоит из фокусируемого луча коротковолнового инфракрасного излучения, коллимированного или зашторенного для сужения площади его действия до размеров оплавляемых соединений компонентов. В большинстве случаев метод можно использовать для проведения операции первоначальной пайки, а также для удаления и замены компонента.

Из-за такого способа переноса тепла процесс является чувствительным к тепловой массе и цвету, поэтому компоненты определенного типа, например черные пластиковые корпуса ИС, могут очень сильно нагреваться, если не применяются специальные экраны или не используется повышенная степень предосторожности при настройке и программировании оборудования. Очевидно, что последнее замечание не является принципиальным, если компонент будет выброшен после удаления.

Для сокращения времени процесса рекомендуется либо оснащать установку программируемой станцией предварительного нагрева, либо предварительно нагревать печатную плату вне установки и затем быстро переносить ее на установку. Работа проводится на платформе, способной перемещаться по осям X, Y. Цикл нагрева может программироваться для обеспечения разных температурно-временных профилей для выводов компонентов различных форм и тепловых масс. Более сложные конструкции имеют оптические системы с расщепленным лучом, облегчающим совмещение корпусов ИС с малым шагом выводов с рисунками контактных площадок печатной платы и совмещение быстро заменяемых заслонок, настроенных под конкретные типы и размеры корпусов. В данных установках инфракрасные лучи направлены только на выводы и не попадают на пластмассовые корпуса.

Кроме того, данные установки могут оснащаться встроенными насадками с вакуумными пинцетами, которые уменьшают вероятность подъема дорожек с печатных плат из-за многократных попыток подъема компонента с печатной платы с помощью силы, достаточной для разрушения поверхностного натяжения расплавленного припоя. Перед удалением компонента на все соединения рекомендуется наносить жидкий флюс. Хотя рекомендуется, чтобы программы установки заслонок и тепловых профилей были одинаковыми в тех случаях, когда дорабатывается определенный тип корпуса, но с учетом разной толщины печатных плат и слоев может потребоваться провести несколько пробных прогонов для каждой новой схемы с целью настройки правильного температурно-временного профиля.

Если оборудование не оснащено миниатюрным паяльником или одноструйным воздушным или газовым паяльником, то оно не может применяться для нанесения дополнительного припоя или для удаления избытка припоя без оплавления всех соединений. Для замены компонента обычно требуется предварительно нанести паяльную пасту, таблетки припоя с флюсом или предварительно нанести полиимидные клеевые ленты с полосками припоя. Если в установке имеется одноструйный паяльник, то для дополнения припоя предпочтительнее применить его совместно с паяльной пастой вместо использования проволочного припоя с обычным паяльником. Также см. 10.4.

11.4 Оборудование с термодами (нагретыми электродами)

Методы, основанные на использовании оборудования с термодами, применяются для первоначальной установки и пайки, а также для доработки. В оборудовании с термодами, разработанном на базе маленьких сварочных машин, применяются методы импульсного контактного электронагрева. Нагрев осуществляется через электроды специальной формы, выполненные для одновременного контактирования со всеми контактами многовыводных устройств. Материалы электродов не смачиваются комбинациями флюса и припоя, используемыми на печатных платах. Как и при применении нагретого пинцета, напряжение фактически отсутствует на любых контактах устройства во время рабочего цикла (рисунок 9.)

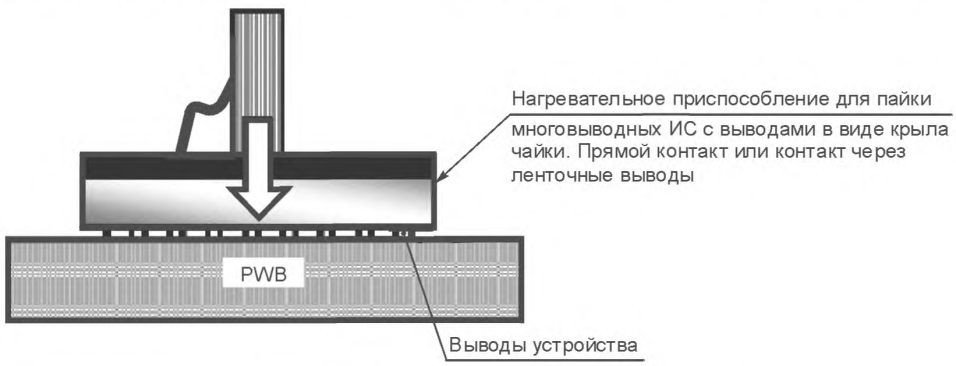


Рисунок 9 — Пайка оплавлением нагретыми термодами

Система электродов, предназначенная для доработки, обычно монтируется на образец пресс-формы для обеспечения очень точного вертикального перемещения и поддержания компланарного положения лицевой поверхности электрода относительно основания пресс-формы и поверхности печатной платы. Очень важно регулярно проверять компланарность, например, ежечасно, и обеспечивать состояние, при котором зажимное приспособление для положения каждой отдельной контактной площадки печатной платы позволяет пресс-форме контролировать локальную компланарность печатной платы с основанием пресс-формы и нагретым электродом.

Более сложные системы имеют плавающую насадку, которая способна следить за поверхностью печатной платы и таким образом обеспечивать состояние, при котором выводы устройства ровно удерживаются на ее поверхности. Метод с термодами особенно подходит для плоских корпусов, которые изначально были разработаны для данного метода, а не для других процессов оплавления, которые в настоящее время используются для плоских корпусов. Однако с помощью электродов, имеющих точную форму и соответствующих каждому конкретному изделию поставщика, можно, но с некоторыми трудностями, удалять и заменять также корпуса PLCC на установке с термодами.

Циклы процессов удаления и замены могут быть трудоемкими из-за необходимости нагревать сравнительно большие тепловые массы. В операции замены электрод требуется оставлять на месте, чтобы крепко держать выводы на печатной плате, пока припой не затвердеет. Для обоих процессов — удаления и замены рекомендуется проводить предварительный нагрев до 100 °С.

Примечание — Компоненты, имеющие хотя бы один вывод, деформированный до состояния, при котором какую-то часть такого вывода требуется выравнивать вниз на его контактную площадку более чем на удвоенную толщину вывода, рекомендуется выбрасывать в отходы. Остаточное напряжение после отверждения припоя будет снижать надежность соединения, со временем приводя к разрушению соединения.

Для шага между выводами более 0,8 мм применение паяльной пасты для операции замены выполнимо, но может быть несколько коротких замыканий, которые требуется ликвидировать, и имеется риск образования шариков припоя. Из-за наличия окружающих компонентов пасту потребуется дозировано наносить шприцем, а не способом трафаретной печати.

Для шага не более 0,8 мм трудно равномерно нанести достаточно малые количества пасты на каждую контактную площадку. Имеется одна возможность — вместо пасты обычного типа применять пасту с низким содержанием припоя. В качестве альтернативы пригодны таблетки припоя с флюсом на гибких пластиковых носителях, но они имеют специальные (индивидуальные) конструкции для каждого типа корпуса. Иногда после удаления компонента на контактных площадках остается достаточное количество припоя. В этих случаях требуется добавлять только флюс.

Как и в газовом оборудовании, устройства с термодами обычно имеют вакуумную присоску, встроенную в систему электродов, для подъема компонента после оплавления. Для удаления компонента кисточкой или распылителем наносится небольшое количество мягкого флюса перед загрузкой печатной платы под головку устройства доработки, т. е. после предварительного нагрева.

Электрод опускается на вывод, и на нагревающийся электрод подается питание. Когда припой расплавится, включается вакуумная присоска и электрод поднимается вместе с компонентом, прижатым к присоске. После добавления паяльной пасты на контактные площадки компонент-заменитель либо устанавливается на печатную плату вручную, либо помещается внутри электрода и удерживается в нем вакуумной присоской. Электрод находится на месте во время циклов нагрева и охлаждения и по их завершении поднимается.

Добавление припоя рекомендуется проводить только в тех случаях, когда всем соединениям требуется одинаковое количество припоя, добавляемого для монтажа или демонтажа компонента. Как отмечено ранее, в большинстве случаев предпочтительнее применять метод заблаговременного дозирования паяльной пасты. В особых случаях соответствующей альтернативой может быть применение таблеток припоя с флюсом. Удаление припоя не входит в функцию оборудования данного типа, и его рекомендуется проводить заблаговременно другим методом.

11.5 Лазерное оборудование для оплавления

Применение лазера для монтажа компонентов методом пайки оплавлением ограничено определенными случаями, следовательно, для них лазеры применяются и как инструмент доработки. Лазерное оборудование очень точное, и его можно применять для нагрева соединений с целью удаления компонента или пополнения припоя (рисунок 10). Очевидным преимуществом данного метода является его прецизионность и, следовательно, возможность избегать оплавления соседних паяных соединений и сведения к минимуму количества тепла, приложенного к корпусам.



Рисунок 10 — Автоматическое лазерное оборудование для оплавления

12 Вспомогательные инструменты и оборудование

12.1 Обычные паяльники

При использовании обычных паяльников (например, мощностью 50 Вт) требуется большое мастерство, чтобы избежать повреждения из-за термоударов, наносимых компонентам поверхностного монтажа. Использование мощных паяльников не рекомендуются, за исключением корпусов MELF больших размеров или компонентов с монтажом в сквозные отверстия, приспособленных для поверхностного монтажа.

12.2 Нагревательные плиты

Настоятельно рекомендуется применять нагревательные плиты (или альтернативные средства), обеспечивающие дополнительный нагрев до и во время доработки, если это практически выполнимо. Помимо

дополнительного сокращения энергии, потребляемой от нагревательного элемента, дополнительный нагрев значительно сокращает риск термоудара дорабатываемого компонента, окружающих его компонентов и саму печатную плату. Предварительный нагрев особенно важен при работе на многослойных платах, где влага, адсорбированная между слоями, может привести к расслоению, если приняты недостаточные меры предосторожности.

12.3 Пневматические дозаторы

Пневматические дозаторы способны обеспечивать однородный управляемый источник паяльной пасты, пригодный для доработки. Дозатор рекомендуется содержать при постоянной температуре, чтобы разбросы в дозированном количестве пасты в результате изменения вязкости сводились к минимуму. Большая часть устройств оснащается регулятором давления воздуха, программируемым таймером длины импульсов и измерителем, который показывает давление, начиная с нормальной заводской подачи сжатого воздуха без масла. Импульс запускается педальным выключателем.

При присоединении к шприцу с паяльной пастой можно настраивать давление и программировать длину импульса для управления объемом пасты, дозируемым единичным нажатием на педальный выключатель. В более простом оборудовании автоматическое управление длиной импульсов отсутствует. Данные устройства распределяют количество паяльной пасты более точно, чем ручные шприцы. Подобные устройства могут применяться и для дозирования клея.

12.4 Инструменты доработки для печатных узлов с монтажом в сквозные отверстия

Из-за размеров наконечников, которые делают паяльники слишком громоздкими, данные инструменты отпайки ограничиваются размерами, позволяющими удалять избыток припоя с небольшого числа соединений компонентов поверхностного монтажа и отпайки компонентов поверхностного монтажа с малым числом выводов. Большая часть типов данных паяльников имеет насадки с вакуумными приспособлениями для отсасывания избытка припоя. Они весьма полезны для удаления избытка припоя с контактных площадок после подъема компонентов с печатной платы.

12.5 Обычные и вакуумные пинцеты

Рекомендуется применять набор пинцетов с мягкими передними концами, например из высокотемпературных пластиков или костяные, во избежание повреждения компонентов, а также токопроводящие пинцеты, во избежание образования разности потенциалов между компонентами, чувствительными к статическому электричеству, и остальными компонентами.

Вакуумные пинцеты могут быть более предпочтительны для чувствительных компонентов, но не все компоненты имеют плоские верхние поверхности, необходимые для захвата. Корпуса MELF, регулируемые резисторы и регулируемые конденсаторы представляют собой примеры корпусов, неудобных для захвата. Некоторые вакуумные пинцеты имеют дополнительную вращаемую насадку, которая может быть полезна для совмещения компонентов во время ручной установки.

Наконечники обычных и вакуумных пинцетов рекомендуется содержать в чистоте. Желательно разработать надлежаще оформленные инструкции, в которых предусматривается регулярная очистка, по крайней мере, ежечасная или чаще, и в которых указан метод очистки при обнаружении какого-либо загрязнения.

12.6 Бачки с припоем

Бачки с припоем могут применяться для пайки или отпайки, например, выводных рамок на модулях печатных плат с уменьшенными размерами. Температуру расплавленного припоя рекомендуется контролировать в пределах ± 5 °С от заданного значения.

12.7 Медная оплетка

Свежую медную оплетку можно применять вместе с паяльником соответствующей мощности для уменьшения количества припоя в соединениях больших чип-компонентов. Ее трудно применять для корпусов малых размеров, а необходимость применения паяльника создает риск термоудара.

13 Процедуры документирования операций доработки

13.1 Общие положения

Строгий контроль процедур доработки обусловлен необходимостью сбора данных для сокращения стоимости и разработки программ повышения выхода качественной продукции, а также для нормального управления процессом и определения возможного числа доработок платы до ее окончательной отбраковки как не отвечающей требованиям.

13.2 Копии отклонений

В качестве метода определения дефектов проектирования и технологического процесса рекомендуется применение копии отклонений для протоколирования дефектов пайки при первом изготовлении новой конструкции. Метод заключается в создании фотокопии собранной платы и маркировки на ней мест всех дефектов для партии проверяемых плат (например, десяти). Для следующих десяти плат будет использоваться новая копия и т. д. Такие копии полезны для устранения дефектов процесса или как индикаторы отклонений в ходе процесса.

13.3 Сопровождающие документы

Когда операторы или контролеры выполняют операции доработки, модернизации или ремонта, рекомендуется протоколировать данные действия для каждого печатного узла.

Операторам или контролерам рекомендуется заносить в протокол данные о числе дефектов в каждой категории в соответствии с таблицей 2 ГОСТ Р МЭК 61191-1.Их работу рекомендуется проверять, по крайней мере, на выборочной основе другому оператору или контролеру.

13.4 Состояние доработки

Чтобы обеспечить прослеживаемость состояния доработки, рекомендуется разработать конкретный план, позволяющий прослеживать доработанное изделие в эксплуатации.

Для улучшения общей системы управления процессом полезно создать простой метод с обратной связью по корректирующему действию в соответствии с МЭК 61193-1.

Таблица 2 — Дефекты печатных узлов

Номер дефекта	Описание дефекта	Требования
01	Отклонение от требований сборочного чертежа a) пропущенный компонент b) неправильный компонент c) перевернутый компонент	ГОСТ Р МЭК 61191-1 4.1.1
02	Повреждение компонентов сверх допустимых, определенных изготовителем или соответствующих дополнительных требований a) повреждение компонента (трещина) b) растрескивание под воздействием влаги (зернение)	ГОСТ Р МЭК 61191-2
03	Повреждение печатного узла или печатной платы a) мизлинг или точечное расслоение, которые воздействуют на функциональность b) вздутие или расслоение, которые создают перемычки между металлизированными сквозными отверстиями/проводниками c) недопустимое отклонение от плоскостности	МЭК 61191-1 10.2.1, 10.2.1.1, 10.2.3
04	Межсоединения в металлизированных сквозных отверстиях с выводами и без выводов a) несмоченное отверстие или вывод b) неудовлетворительное заполнение отверстия c) разлом паяного соединения d) холодная пайка или нарушенное паяное соединение	ГОСТ Р МЭК 61191-1 10.2.4, 10.2.4.1, 10.2.5
05	Отклонение от минимального расчетного электрического зазора a) смещение или несовмещение электропроводящей части корпуса компонента или провода b) образование шариков припоя c) образование перемычек припоя d) выплески припоя e) паутина или корка припоя	ГОСТ Р МЭК 61191-2 9.5.1

Окончание таблицы 2

Номер дефекта	Описание дефекта	Требования
06	Дефектные паяные соединения — вывод, контакт или контактная площадка a) десмачивание или несмачивание b) выщелачивание припоя c) недостаточное количество припоя d) капиллярное затекание припоя e) недостаточное расплавление f) неполное соединение (обрыв) g) избыток припоя h) чрезмерное количество пустот в припое i) проникновение клея j) охрупчивание золота	ГОСТ Р МЭК 61191-1 10.2.4, 10.2.4.1
07	Поврежденная маркировка на плате a) измененная b) стертая	ГОСТ Р МЭК 61191-1 10.2.2
08	Несоответствие требованиям к очистке или при контроле чистоты	ГОСТ Р МЭК 61191-1 9.5, 9.5.2.1
09	Несоответствие требованиям к влагозащитному покрытию	ГОСТ Р МЭК 61191-1 11.1.2.2

14 Подготовка операторов и контролеров

Вследствие малых размеров компонентов и широкого диапазона контактов и типов паяных соединений подготовка операторов или контролеров, необходимая для проведения надежной доработки поверхностного монтажа, значительно продолжительней, чем для работы с компонентами при монтаже в сквозные отверстия.

Не все кандидаты владеют необходимым уровнем ручного мастерства. Всех кандидатов рекомендуется проверять на отсутствие дальтонизма и удовлетворительное зрение во время ежегодной проверки глаз медицинской комиссией.

В планы подготовки рекомендуется включать следующие темы:

a) используемые типы компонентов, их обозначение, маркировочные знаки ориентации и стандартные цветовые коды;

b) обращение с чувствительными материалами;

c) требования к совмещению всех компонентов используемых типов (см. ГОСТ Р МЭК 61191-2);

d) формы галтелей, минимальные и максимальные контуры припоя для каждого используемого типа компонентов (см. ГОСТ Р МЭК 61191-2);

e) обнаружение непропаянных соединений, десмачивания, выщелачивания, паутинок или корок, перемычек, нарушенных соединений, растекания клея, проколов, полостей и раковин;

f) выбор надлежащего инструмента для каждого вида доработки на каждом основном типе компонентов;

g) методы применения надлежащих инструментов, включая флюсование, точки контакта и время контакта;

h) сведение к минимуму термоудара компонентов;

i) исключение образования интерметаллидов;

j) методы обращения с шариками припоя;

k) проверка корпусов компонентов на повреждение;

l) «где» и «как» документировать повторяющиеся дефекты;

m) методы контроля качества доработки, категории дефектов; требования к документированию дефектов.

15 Ремонт в полевых условиях

Рекомендации по методике полевого техобслуживания изделий, которые содержат печатные узлы поверхностного монтажа и не считаются ремонтонепригодными изделиями, задаются при разработке конструкторской документации.

Неподготовленный и плохо оснащенный для полевого ремонта персонал способен нанести огромный вред при эксплуатации не только схеме, но и репутации производителя. Изготовителям рекомендуется включать в документы, которые поставляются вместе с печатными узлами, следующие рекомендации потребителям относительно дефектных схем поверхностного монтажа:

- рекомендуется возвращать, если это практически осуществимо, в специализированные ремонтные центры;

- рекомендуется возвращать, если это практически осуществимо, изготовителю, который имеет необходимый опыт и испытательное оборудование для проведения ремонтных работ, характерных для данной схемы.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
МЭК 60194:2006	—	*
МЭК 61190-1-1:2002	—	*
МЭК 61190-1-2:2007	—	*
МЭК 61190-1-3:2007	—	*
МЭК 61191-1:1998	IDT	ГОСТ Р МЭК 61191-1—2010 «Печатные узлы. Часть 1. Поверхностный монтаж и связанные с ним технологии. Общие технические требования»
МЭК 61191-2:1998	IDT	ГОСТ Р МЭК 61191-2—2010 «Печатные узлы. Часть 2. Поверхностный монтаж. Технические требования»
МЭК 61191-3:1998	IDT	ГОСТ Р МЭК 61191-3—2010 «Печатные узлы. Часть 3. Монтаж в сквозные отверстия. Технические требования»
МЭК 61191-4:1998	IDT	ГОСТ Р МЭК 61191-4—2010 «Печатные узлы. Часть 4. Монтаж контактов. Технические требования»
МЭК 61192-1:2003	IDT	ГОСТ Р МЭК 61192-1—2010 «Печатные узлы. Требования к качеству. Часть 1. Общие требования»
МЭК 61192-2:2003	IDT	ГОСТ Р МЭК 61191-2—2010 «Печатные узлы. Требования к качеству. Часть 2. Поверхностный монтаж. Технические требования»
МЭК 61192-3:2002	IDT	ГОСТ Р МЭК 61191-3-2010 «Печатные узлы. Требования к качеству. Часть 3. Монтаж в сквозные отверстия. Технические требования»
МЭК 61192-4:2002	IDT	ГОСТ Р МЭК 61191-4-2010 «Печатные узлы. Требования к качеству. Часть 4. Монтаж контактов. Технические требования»
МЭК 61193-1:2001	—	*
МЭК 61249 (все части)	—	*

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] МЭК 61760-1	Технология поверхностного монтажа — Часть 1: Стандартная методика технических требований для компонентов поверхностного монтажа (IEC 61760-1, Surface mounting technology — Part 1: Standard method for specification of surface mounting components (SMDs))
[2] ИСО 9000	Системы управления качеством — Основы и словарь (ISO 9000, Quality management systems — Fundamentals and vocabulary)
[3] ИСО 9001	Системы управления качеством — Требования (ISO 9000, Quality management systems — Requirements)
[4] ИСО 9453	Мягкие паяльные флюсы — Химические составы и формы (ISO 9453, Soft Solder alloys — Chemical compositions and forms)
[5] ИСО 9454-1	Мягкие паяльные флюсы – Классификация и требования — Часть 1: Классификация, маркировочные знаки и упаковка (ISO 9453-1, Soft Solder alloys — Classification and requirements — Part 1: Classification, labeling and packaging)
[6] IPC-7711	Доработка электронных модулей (Rework of electronics assemblies)к, IPC-Association Electronics Industries, 2215 Sanders Road, Northbook, IL 60062-9135, gost.e-ecolog.ru

УДК 621.3.049.75:006.354 ОКС 1.190 Э02

Ключевые слова: печатный узел, требования к качеству, доработка, модификация, ремонт, поверхностный монтаж, сквозные отверстия, монтаж контактов, технические требования

Редактор *Г. И. Коледова*
Технический редактор *Н. С. Гришанова*
Корректор *С. В. Смирнова*
Компьютерная верстка *В. Н. Романовой*

Сдано в набор 14.06.2011. Подписано в печать 21.07.2011. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,57. Тираж 94 экз. Зак. 653.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.

gost.e-ecolog.ru