ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56427— 2015

Пайка электронных модулей радиоэлектронных средств

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СМЕШАННЫЙ И ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕССВИНЦОВОЙ И ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЙ

Технические требования к выполнению технологических операций

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Закрытым акционерным обществом «Авангард-ТехСт» (ЗАО «Авангард-ТехСт») и ОАО «Авангард»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 420 «Базовые несущие конструкции, печатные платы, сборка и монтаж электронных модулей»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 июня 2015 г. № 627-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.2—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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 (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2015

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 ... 1
3 Термины, определения и сокращения ... 2
3.1 Термины и определения ... 2
3.2 Сокращения ... 2
4 Основные положения ... 3
5 Общие требования к технологии пайки электронных модулей радиоэлектронных средств ... 7
5.1 Общие требования ... 7
5.2 Общие требования к применяемым материалам ... 7
5.3 Общие требования к применяемой электронной компонентной базе ... 8
5.4 Общие требования к финишным покрытиям контактных площадок печатных плат ... 8
6 Требования к электронной компонентной базе ... 8
6.1 Требования к механической обработке выводов компонентов ... 8
6.2 Требования по предварительному лужению и финишным покрытиям выводов компонентов ... 9
6.3 Требования к визуальному осмотру компонентов ... 10
6.4 Требования к сушке электронных компонентов ... 11
6.5 Требования к реболлингу компонентов с матричными выводами ... 12
6.6 Требования к маркировке и упаковке поверхностно-монтируемых изделий электронной компонентной базы ... 13
7 Требования к печатным платам ... 13
7.1 Требования к финишным покрытиям контактных площадок печатных плат ... 13
7.2 Требования к реперным знакам на печатной плате ... 15
7.3 Общие требования к защитным паяльным маскам ... 15
7.4 Требования к материалам печатных плат ... 16
7.5 Требования к сушке печатных плат перед пайкой ... 16
7.6 Требования к хранению печатных плат ... 16
8 Требования к технологическим материалам ... 16
8.1 Требования к припойной пасте ... 16
8.2 Требования к флюсам ... 17
8.3 Требования к отмывочным жидкостям ... 19
9 Технические требования, предъявляемые к выполнению технологических операций поверхностного и смешанного монтажа электронной компонентной базы широкой номенклатуры на печатные платы ... 20
9.1 Требования к установке компонентов ... 20
9.2 Требования к монтажу компонентов в отверстие ... 20
9.3 Требования по дозированному нанесению припойной пасты ... 20
9.4 Требование к пайке оплавлением ... 22
9.5 Требования к качеству паяных соединений ... 24
9.6 Требования к анализу дефектов компонентов с матричными выводами после пайки ... 27
10 Требования безопасности ... 29
11 Охрана природы ... 29

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пайка электронных модулей радиоэлектронных средств

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СМЕШАННЫЙ И ПОВЕРХНОСТНЫЙ МОНТАЖ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕССВИНЦОВОЙ И ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЙ

Технические требования к выполнению технологических операций

Soldering of electronic modules of radio-electronic means. Automated mixed and surface mounting using lead-free and conventional technologies. Technical requirements for the implementation of technological operations

Дата введения — 2015—09—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на электронные модули радиоэлектронных средств и устанавливает технические требования к выполнению технологических операций пайки электронных модулей радиоэлектронных средств при автоматизированном смешанном и поверхностном монтаже с применением бессвинцовой и традиционной технологий.

Требования настоящего стандарта предназначены для использования всеми изготовителями и распространяются на изделия, поставляемые контрагентами.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 17325—79 Пайка и лужение. Основные термины и определения

ГОСТ 23752—79 Платы печатные. Общие технические условия

ГОСТ 29137—91 Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования

ГОСТ Р 53429—2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции

ГОСТ Р 53432—2009 Платы печатные. Общие технические требования к производству

ГОСТ Р 53734.5.1—2009 (МЭК 61340-5-1—2007) Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Общие требования

ГОСТ Р 54849—2011 Маска паяльная защитная для печатных плат. Общие технические условия

ГОСТ Р МЭК 61191-1—2010 Печатные узлы. Часть 1. Поверхностный монтаж и связанные с ним технологии. Общие технические требования.

ГОСТ Р МЭК 61191-2—2010 Печатные узлы. Часть 2. Поверхностный монтаж. Технические требования.

ГОСТ Р МЭК 61192-1—2010 Печатные узлы. Требования к качеству. Часть 1. Общие технические требования

ГОСТ Р МЭК 61192-2—2010 Печатные узлы. Требования к качеству. Часть 2. Поверхностный монтаж

ГОСТ Р МЭК 61192-3—2010 Печатные узлы. Требования к качеству. Часть 3. Монтаж в сквозные отверстия

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт,

Издание официальное

на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 17325, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **срок годности:** Время, в течение которого чувствительные к влаге поверхностно-монтируемые изделия или печатные платы, упакованные в сухом состоянии, могут храниться в закрытом влагонепроницаемом пакете с сохранением требуемого уровня влажности внутри упаковки.

3.1.2 **температура пайки:** Температура в контакте соединяемых электромонтажных элементов и расплавленного припоя, при которой обеспечивается формирование паяного соединения.

3.1.3 **поверхностный монтаж:** Монтаж поверхностно-монтируемых изделий на поверхность печатной платы.

3.1.4 **традиционная (оловянно-свинцовая) технология пайки:** Монтаж электронной компонентной базы (ЭКБ) с применением припоев, содержащих не менее 30 % свинца.

3.1.5 **бессвинцовая технология монтажа:** Монтаж ЭКБ с применением припоев, финишных покрытий печатных плат и выводов компонентов, не содержащих свинец.

3.1.6 **комбинированная технология монтажа:** Поверхностный монтаж радиоэлектронных изделий в корпусах компонента с матричным расположением выводов (BGA — Ball Grid Array) с бессвинцовыми шариковыми выводами по традиционной технологии.

3.1.7 **смешанный монтаж:** Установка на одну печатную плату компонентов в корпусах для поверхностного монтажа и монтажа в отверстие.

3.1.8 **реболлинг:** Технология удаления и последующего восстановления шариковых выводов компонентов типа BGA.

3.1.9 **околоэвтектическое соединение:** оловянно-свинцовое паяное соединение, образованное припоями системы олово—свинец и содержащее от 30 % до 40 % свинца в своем составе.

3.1.10 **неэвтектическое соединение:** оловянно-свинцовое паяное соединение, образованное припоями системы олово—свинец и содержащее менее 30 % свинца в своем составе.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте приняты следующие сокращения:

ВНП — влагонепроницаемый пакет;

ИМС — интегральная микросхема;

ИЭТ — изделия электронной техники;

КТЛР — коэффициент теплового линейного расширения;

НД — нормативная документация;

ОЖ — отмывочная жидкость;

ПП — плата печатная;

ПМИ (SMD) — поверхностно-монтируемые изделия (surface mounting device);

ПУ — печатный узел;

РЭС — радиоэлектронные средства;

ТУ — технические условия;

ЭМ — электронный модуль;

CSP — Chip Scale Package — корпус с размерами кристалла;

MELF — Metal Electrode Leadless Face — безвыводной компонент с металлическими торцевыми выводами;

QFN — Quad-flat no-leads — квадратный плоский безвыводной корпус;

LCC — Leadless Chip Carrier — безвыводной кристаллодержатель;

MSL — Moisture Sensitivity Level — уровень чувствительности к влаге;

HASL — Hot Air Solder Leveling — горячее лужение с выравниванием воздушным ножом;

OSP — Organic solderability preservative — органическое защитное покрытие;

ENIG — Electroless nickel/immersion gold — покрытие иммерсионным золотом по подслою никеля;

ENEPIG — Electroless Ni/Electroless Pd/Immersion Au — иммерсионное золото, поверх подслоя химического никеля и палладия;

IMSN — Immersion stannum — иммерсионное олово;

IMAG — Immersion argentum — иммерсионное серебро.

4 Основные положения

4.1 Производственный персонал, занятый на технологических операциях пайки, должен проходить периодическую аттестацию в соответствии с действующими на предприятиях положениями.

4.2 На всех этапах производства, а также на складах и непосредственно на рабочих местах, в том числе при любых операциях с ЭКБ, следует руководствоваться мероприятиями по защите от влияния статического электричества в соответствии с ГОСТ Р 53734.5.1.

4.3 В зависимости от конструкции печатных узлов и электронных модулей, их области применения и типа используемого оборудования разрабатывается технологический процесс сборки и монтажа. Типовые схемы технологического процесса сборки и монтажа печатных узлов и электронных модулей различных конструкций приведены на рисунках 1—5.

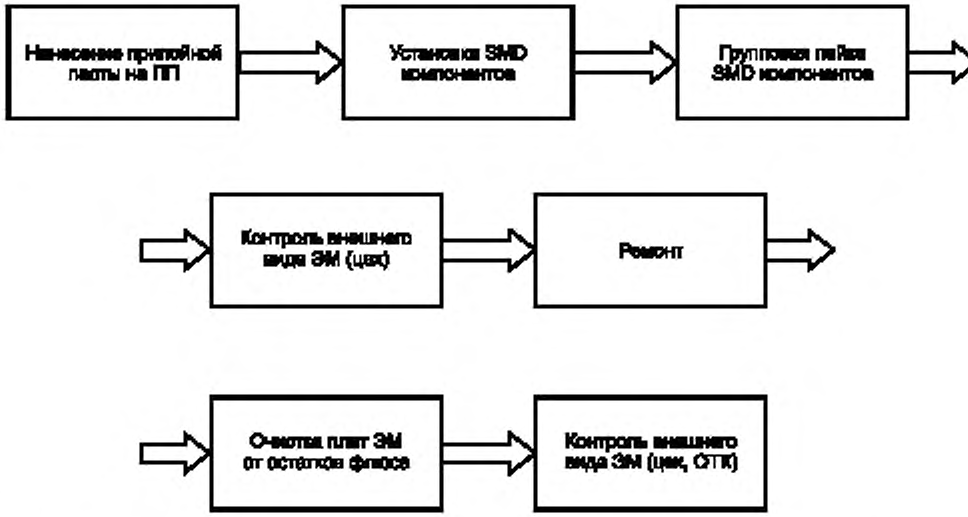


Рисунок 1 — Типовая структурная схема технологического процесса изготовления электронных модулей одностороннего поверхностного монтажа

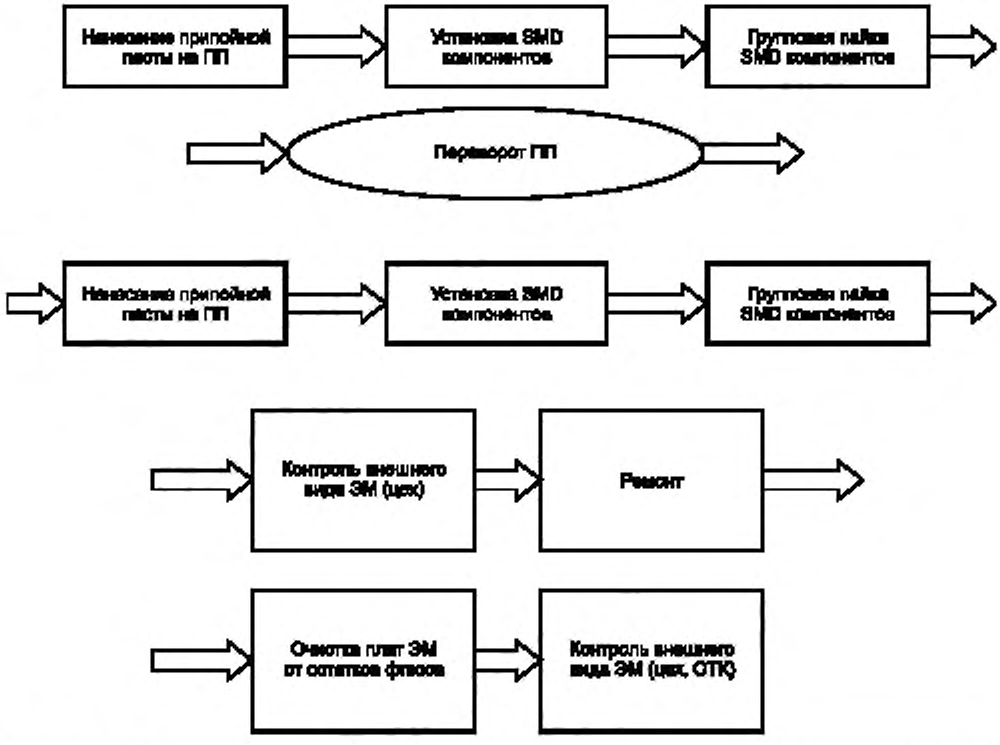


Рисунок 2 — Типовая структурная схема технологического процесса изготовления электронных модулей двустороннего поверхностного монтажа

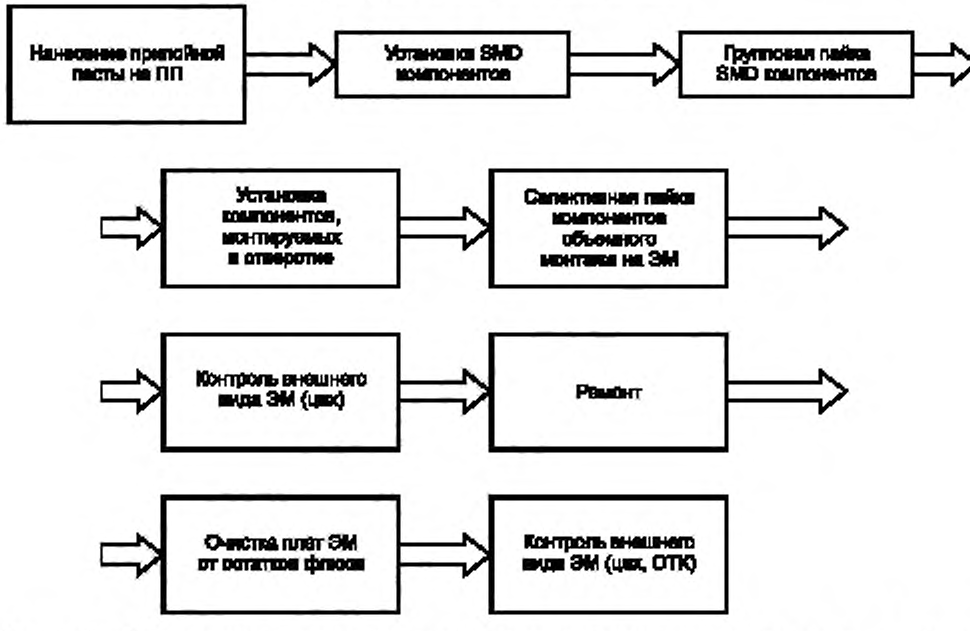


Рисунок 3 — Типовая структурная схема технологического процесса изготовления электронных модулей смешанного совмещенного монтажа

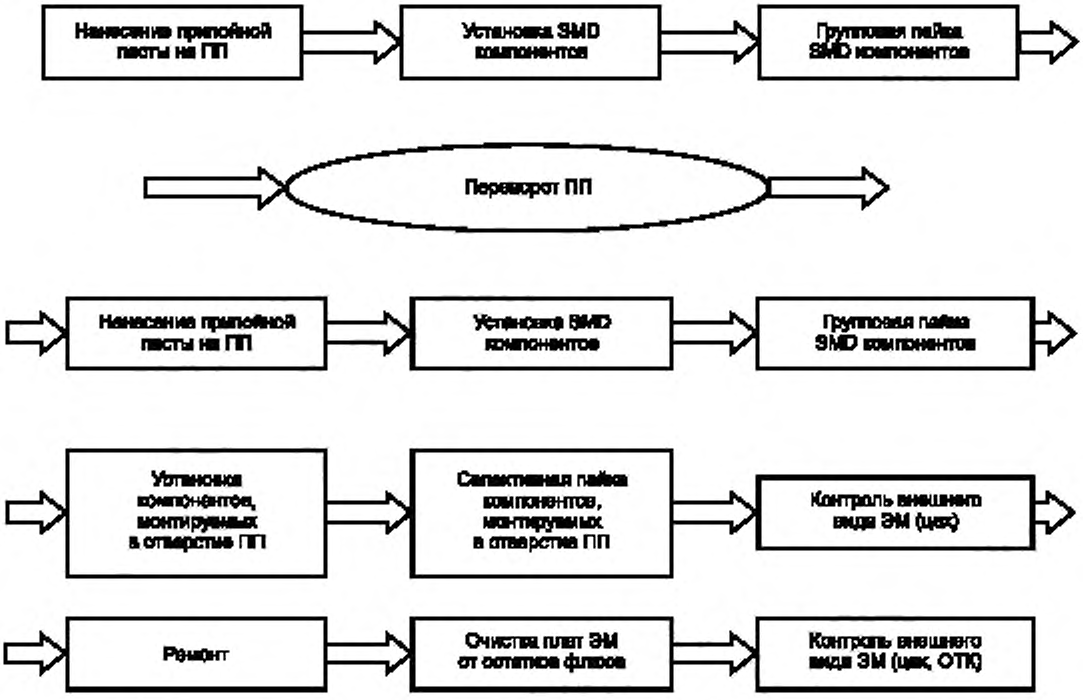
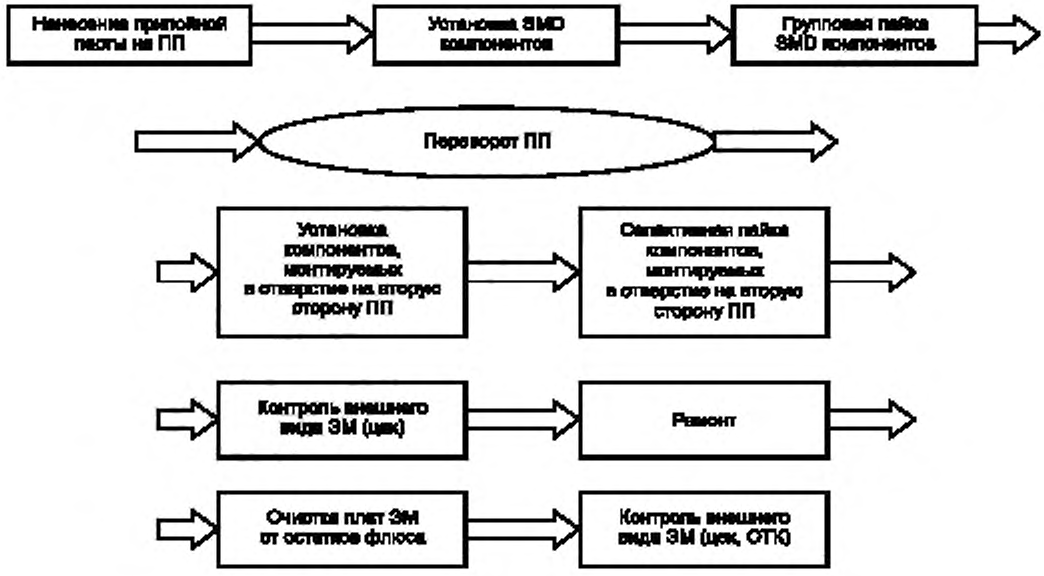
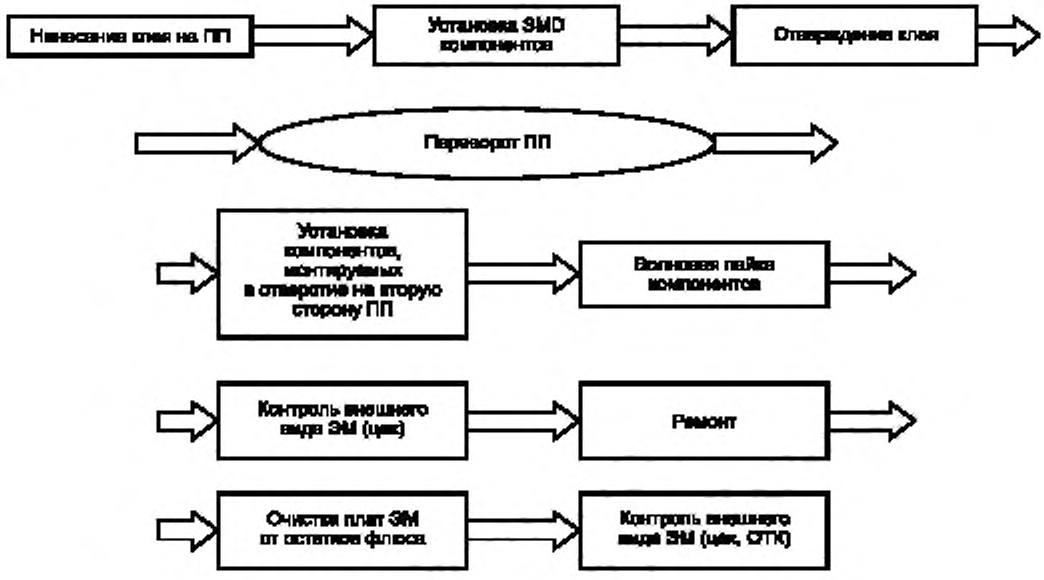


Рисунок 4 — Типовая структурная схема технологического процесса изготовления электронных модулей сложного смешанного монтажа



а) без применения клея



б) с применением клея

Ограничения: Для схемы б) нельзя применять компоненты с матричными выводами типа BGA, компоненты типа QFN и компоненты в металлокерамических корпусах.

Рисунок 5 — Типовые структурные схемы технологического процесса изготовления электронных модулей смешанного разнесенного монтажа

5 Общие требования к технологии пайки электронных модулей радиоэлектронных средств

5.1 Общие требования

5.1.1 Общие требования к технологии пайки электромонтажных соединений электронных модулей РЭС — в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61191-1.

5.1.2 Требования к технологии пайки электромонтажных соединений электронных модулей РЭС различаются в зависимости от классификации электронных и электрических сборок в соответствии с их назначением в РЭС по ГОСТ Р МЭК 61191-1:

- класс А: электронные изделия общего применения;
- класс В: специализированная электронная аппаратура;
- класс С: электронная аппаратура ответственного назначения.

Ответственным за определение класса электронных и электрических сборок, к которому принадлежит изделие, является заказчик. Реальные требования к РЭС могут находиться между приведенными классами. Класс задается в контракте, в котором указываются любые исключения или дополнительные требования к параметрам изделия.

5.2 Общие требования к применяемым материалам

5.2.1 Общие требования к применяемым сплавам

5.2.1.1 При пайке электронных модулей РЭС класса С по традиционной технологии должны быть использованы только сплавы, содержащие не менее 30 % свинца (ПОС-61, ПОСК 50-18 и аналогичные).

Примечание — В случае необходимости ступенчатой пайки электронных модулей РЭС допускается применение низкотемпературных припоев с температурой плавления ниже 179 °С и указанных в НД.

5.2.1.2 При пайке электронных модулей РЭС классов А и В для Российской Федерации должны быть использованы содержащие свинец сплавы. По требованию заказчика допустимо использование бессвинцовых сплавов.

5.2.1.3 Для пайки электронных модулей РЭС классов А и В, предназначенных для продажи за пределами Российской Федерации, а также при работе по бессвинцовой технологии, должны применяться бессвинцовые сплавы, если иное не предусмотрено контрактом.

5.2.1.4 При работе по комбинированной технологии (при пайке РЭС классов А и В) должны быть использованы только сплавы, содержащие не менее 30 % свинца (ПОС-61, ПОСК 50-18 и аналогичные).

5.2.2 Общие требования к применяемым флюсам

5.2.2.1 Флюсы для пайки электромонтажных соединений электронных модулей РЭС должны быть классифицированы по следующим признакам:

- температурному интервалу активности (низкотемпературные — до 450 °С и высокотемпературные — свыше 450 °С);
- природе растворителя (водные и неводные);
- природе активатора, определяющего действия (для низкотемпературных флюсов: канифольные, кислотные, галогенидные, гидразиновые, фторборатные, анилиновые и стеариновые; для высокотемпературных флюсов: галогенидные, фторборатные и боридно-углекислые);
- механизму действия (защитные, химического действия, электрохимического действия и реактивные);
- агрегатному состоянию (твердые, жидкие и пастообразные);
- по классам активности (класс L — низкая активность флюса или отсутствие активности остатков флюса, класс М — средняя активность флюса/остатков флюса, класс Н — высокая активность флюса/остатков флюса).

Примечания

1 В наименовании флюса, содержащего несколько активаторов, необходимо называть все активаторы (канифольно-галогенидный флюс, фторборатно-галогенидный флюс и т. п.).

2 Допускается применение флюсов, указанных в НД.

5.2.2.2 Классы флюсов для пайки электромонтажных соединений электронных модулей РЭС из 5.2.2.1 должны дополнительно характеризоваться добавлением индекса 0 или 1, который показывает соответственно отсутствие или наличие во флюсе галогенов.

5.2.2.3 Для пайки электромонтажных соединений электронных модулей РЭС класса С должны быть использованы только флюсы класса L0. Отмывка изделий от остатков флюса после пайки обязательна.

5.2.2.4 Для пайки электромонтажных соединений электронных модулей РЭС классов А и В по традиционной и бессвинцовой технологиям допускается использовать флюсы любого класса. Рекомендуется отмывка изделий от остатков флюса после пайки.

5.2.2.5 Для пайки электромонтажных соединений электронных модулей РЭС класса В по комбинированной технологии рекомендовано применять флюсы классов М0 и Н0 с последующей обязательной отмывкой изделий от остатков флюса после пайки.

5.3 Общие требования к применяемой электронной компонентной базе

5.3.1 При пайке электронных модулей РЭС класса С по традиционной технологии допускается применение выводных и безвыводных компонентов поверхностного монтажа, выводных компонентов, монтируемых в отверстия, с финишными покрытиями выводов, приведенными в 6.2, при условии их качественного смачивания оловянно-свинцовым припоем, а также допускается применение компонентов в корпусах типа BGA с шариковыми выводами из оловянно-свинцового припоя. Во всех указанных случаях при пайке должны образовываться традиционные оловянно-свинцовые паяные соединения околоэвтектического состава.

5.3.2 При пайке электронных модулей классов А и В по бессвинцовой технологии допускается применение выводных и безвыводных компонентов поверхностного монтажа, выводных компонентов, монтируемых в отверстия, с финишными покрытиями выводов, приведенными в 6.2, при условии их качественного смачивания бесссвинцовым припоем, а также допускается применение компонентов в корпусах типа BGA с шариковыми выводами из бессвинцового припоя. Покрытия выводных компонентов, монтируемых в отверстие, а также выводных и безвыводных компонентов поверхностного монтажа не должны содержать свинец в своем составе.

5.3.3 При пайке электронных модулей классов А и В оловянно-свинцовым припоем компонентов в корпусах типа BGA с шариковыми выводами из бессвинцового припоя допускается проводить монтаж по комбинированной технологии, если иное не предусмотрено контрактом. При монтаже должны образовываться оловянно-свинцовые паяные соединения незвтектического состава.

5.4 Общие требования к финишным покрытиям контактных площадок печатных плат

5.4.1 При пайке электронных модулей РЭС класса С по традиционной технологии должны быть применены только печатные платы с финишным покрытием контактных площадок из оловянно-свинцового припоя (HASL Sn-Pb), иммерсионного золота (ENIG) или иммерсионного олова (IMSN).

5.4.2 Для пайки электронных модулей классов А и В по традиционной технологии, по согласованию с заказчиком, допускается использовать в качестве покрытия контактных площадок печатных плат иммерсионное серебро (IMAG), химическое олово и органическое финишное покрытие.

5.4.3 При пайке электронных модулей классов А и В по бессвинцовой технологии не допускается применение печатных плат с финишным покрытием контактных площадок, содержащим свинец. Допускается применять любые финишные покрытия контактных площадок печатных плат, не содержащие свинец, при условии обеспечения ими хорошей смачиваемости припоем используемого сплава.

5.4.4 При пайке электронных модулей классов А и В с применением комбинированной технологии допускается использование печатных плат с любыми финишными покрытиями контактных площадок (кроме бессвинцового HASL), при условии обеспечения ими хорошей смачиваемости припоем используемого сплава.

6 Требования к электронной компонентной базе

6.1 Требования к механической обработке выводов компонентов

6.1.1 Требования по механической обработке выводов компонентов, монтируемых в сквозные отверстия, такие как формовка, обрезка, загиб выводов, — в соответствии с ГОСТ 29137 и ГОСТ Р МЭК 61192-3.

6.1.2 Требования по формовке компонентов поверхностного монтажа — в соответствии с ГОСТ 29137 и ГОСТ Р МЭК 61191-2.

6.1.3 Компоненты в корпусах типа BGA, чип-компоненты и большинство компонентов для поверхностного монтажа зарубежного производства не требуют предварительной механической подготовки выводов.

6.2 Требования по предварительному лужению и финишным покрытиям выводов компонентов

6.2.1 Требования по предварительному лужению выводов компонентов — в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61192-3.

Примечание — Допускается руководствоваться требованиями к лужению, приведенными в НД.

6.2.2 Компоненты в корпусах типа BGA, чип-компоненты и большинство компонентов для поверхностного монтажа не требуют предварительного лужения выводов.

6.2.3 При пайке электронных модулей классов А и В по традиционной, бессвинцовой или комбинированной технологии допускается использование компонентов без предварительного лужения или финишного покрытия выводов, при условии использования высокоактивных флюсов класса М или Н.

6.2.4 Финишные покрытия выводов, монтируемых в отверстие, выводных и безвыводных компонентов поверхностного монтажа (кроме BGA и аналогичных) и их область применения приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Финишные покрытия выводов, монтируемых в отверстие, выводных и безвыводных компонентов поверхностного монтажа (кроме BGA и аналогичных) и их область применения

Тип покрытия выводного компонента	Область применения		Срок сохранения паяемости компонентов, мес
	Свинцовая технология	Бессвинцовая технология	
Блестящее олово (Sn)	+	+	6
Блестящее олово (Sn) — отожженное	+	+	6
Блестящее олово (Sn) — оплавленное	+	+	6
Блестящее олово (Sn) — оплавленное поверх слоя никеля (Ni)	+	+	6
Блестящее олово (Sn) — с защитным слоем никеля (Ni)	+	+	6
Блестящее олово (Sn) — с защитным слоем серебра (Ag)	+	+	1
Полуматовое олово (Sn)	+	+	6
Матовое олово/Медь (Sn/Cu)	+	+	6
Матовое олово (Sn)	+	+	6
Матовое олово (Sn) — отожженное	+	+	6
Матовое олово (Sn) — оплавленное	+	+	6
Матовое олово (Sn) — оплавленное поверх слоя никеля (Ni)	+	+	6
Матовое олово (Sn) — с защитным слоем никеля (Ni)	+	+	6
Матовое олово (Sn) — с защитным слоем серебра (Ag)	+	+	6
Олово (Sn)	+	+	6
Олово (Sn) — нанесенное погружением в расплав	+	+	6
Олово (Sn) — иммерсионное	+	+	6
Олово (Sn) — оплавленное	+	+	6
Никель (Ni)	+	+	6
Никель/золото (Ni/Au) < 2 % Au	+	+	12
Никель/золото (Ni/Au) — электролитическое покрытие < 2 % Au	+	+	12
Никель/палладий (Ni/Pd)	+	+	12
Никель/палладий/золото (Ni/Pd/Au) < 2 % Au	+	+	12
Палладий (Pd)	+	+	12
Платина/палладий/серебро (Pt/Pd/Ag)	+	+	1
Серебро (Ag)	+	+	1

Окончание таблицы 1

Тип покрытия выводного компонента	Область применения		Срок сохранения паяемости компонентов, мес
	Свинцовая технология	Бессвинцовая технология	
Серебро (Ag) — электроосажденное	+	+	1
Серебро (Ag) — иммерсионное	+	+	1
Серебро (Ag) — с защитным слоем никеля (Ni)	+	+	6
Серебро/палладий (Ag/Pd)	+	+	6
Серебро/палладий (Ag/Pd) — защитный слой Ni	+	+	6
Олово/висмут (Sn/Bi) < 3 % Bi	+	+	6
Олово/медь (Sn/Cu)	+	+	6
Олово/медь (Sn/Cu) — отожженное	+	+	6
Олово/медь (Sn/Cu) — нанесенное погружением в расплав	+	+	6
Олово/свинец (Sn85/Pb15) — гальваническое	+	–	6
Олово/серебро (Sn/Ag)	+	+	6
Олово/серебро (Sn/Ag) — нанесенное погружением в расплав	+	+	6
Олово/серебро (Sn/Ag) — гальваническое	+	+	6
Олово/серебро/висмут (Sn/Ag/Bi) < 3 % Bi	+	+	6
Олово/серебро/висмут/медь (Sn/Ag/Bi/Cu) < 3 % Bi	+	+	6
Олово/серебро/медь (Sn/Ag/Cu)	+	+	6
Олово/серебро/медь (Sn/Ag/Cu) — погружение в расплав	+	+	6

6.3 Требования к визуальному осмотру компонентов

6.3.1 Визуальный осмотр проводят только для компонентов поверхностного монтажа в случае автоматизированной сборки без оснащения установщика функцией визуального контроля компонентов. Компоненты должны быть проверены на отсутствие повреждений, иметь сопроводительные документы и уложены в антистатическую тару, а влагочувствительные компоненты — во влагостойкую защитную тару.

6.3.2 Перед сборкой визуально проверяют расположение компонентов (в ленте, паллете, тубе и т. п.) в приспособлении оборудования для их установки, которые должны быть сориентированы в одном направлении с помощью метки (ключа) первого вывода.

6.3.3 Требования по допуску размера выводов для компонентов типа BGA

Диапазон размеров шарикового вывода для наиболее распространенных типов BGA приведен в таблице 2. В общем случае разница диаметров между самым маленьким и самым большим выводом компонента не должна превышать 30 %.

Таблица 2 — Диапазон размеров шарикового вывода для наиболее распространенных типов BGA

Минимум, мм	Номинал, мм	Максимум, мм
0,65	0,75	0,90
0,50	0,60	0,70
0,45	0,50	0,55
0,40	0,45	0,50
0,35	0,40	0,45
0,25	0,30	0,35

Окончание таблицы 2

Минимум, мм	Номинал, мм	Максимум, мм
0,22	0,25	0,28
0,18	0,20	0,22
0,13	0,15	0,17

6.3.4 Проверка количества и расположения выводов BGA

6.3.4.1 Для печатных узлов РЭС классов С и В не допускается отсутствие шарикового вывода, не предусмотренное конструкцией компонента. Для печатных узлов РЭС класса А, по решению главного конструктора, допускается отсутствие незначительного количества предусмотренных конструкцией компонента шариковых выводов, если они не несут функциональной нагрузки.

6.3.4.2 Для сборки и монтажа печатных узлов РЭС класса С не допускается использовать компоненты типа BGA, у которых контактные площадки ограничены паяльной маской.

6.3.4.3 Для электронных модулей РЭС классов А и В допускается применять компоненты с матричными выводами как с неограниченными маской, так и с ограниченными маской шариковыми выводами.

6.4 Требования к сушке электронных компонентов

6.4.1 Для обеспечения качества и повторяемости технологического процесса пайки, перед монтажом на печатные платы электронные компоненты должны проходить процедуру сушки, так как влага, скопившаяся в теле компонента при нагреве и кипении, может привести к смещению компонента или образованию пустот в паяном соединении.

6.4.2 Компоненты отечественного производства должны содержать надлежащую упаковку и иметь четкую маркировку, условия хранения и обращения с ними после вскрытия упаковки. Сушку отечественных компонентов проводят в соответствии с НД (например, ТУ) на них.

6.4.3 Компоненты иностранного производства должны характеризоваться уровнем чувствительности к влаге (MSL), определяющим надлежащую упаковку компонента, условия хранения и обращения с ними после вскрытия упаковки. Информация по уровню MSL для компонентов иностранного производства должна быть указана на упаковке, или в спецификации на компонент, или в сопроводительной документации.

6.4.4 Классификация MSL должна применяться к ИМС в пластмассовой конструкции. Керамические конструкции полупроводниковых элементов являются герметичными и не классифицируются по уровню чувствительности к влажности.

6.4.5 Порядок обращения с электронными компонентами, чувствительными к влажности, приведен в таблице 3.

6.4.6 Компоненты, чувствительные к влажности, должны храниться в запечатанной упаковке с вложенным внутрь веществом-поглотителем влаги. После вскрытия упаковки компоненты должны храниться в камерах (шкафах) сухого хранения при контролируемых температуре и влажности. При превышении времени хранения во вскрытой упаковке перед использованием компоненты должны быть подвергнуты термообработке на стандартных либо ускоренных режимах (см. таблицу 3).

Таблица 3 — Уровни (классы) чувствительности ПМИ к влажности

Уровень (класс) MSL	Условия хранения без упаковки		
	Время	Температура, °С, не более	Влажность, %, не более
1	Неограниченно	30	85
2	1 год	30	60
2а	4 недели	30	60
3	168 часов	30	60
4	72 часа	30	60

Окончание таблицы 3

Уровень (класс) MSL	Условия хранения без упаковки		
	Время	Температура, °С, не более	Влажность, %, не более
5	48 часов	30	60

Примечания

1 Материал блистерной ленты выдерживает температуру только до 50 °С, при превышении этой температуры лента повреждается. Поэтому сушка чувствительных к влажности компонентов на ленте может занять несколько дней.

2 Необходимо проводить сушку чип-компонентов, упакованных в ленты на катушках, в соответствии с уровнем MSL, указанным на упаковке, или в спецификации на компонент, или в сопроводительной документации.

6.4.7 Компоненты, хранящиеся во вскрытой упаковке в условиях производства при несоблюдении условий микроклимата, должны быть просушены в режимах, указанных в таблице 4, в зависимости от толщины корпуса и времени пребывания ПМИ в нерегламентируемых условиях.

Таблица 4 — Справочные условия для сушки чувствительных к влажности ПМИ в корпусах различной толщины

Толщина корпуса ПМИ	Уровень (класс) MSL	Сушка при 125 °С	Сушка при 90 °С и относительной влажности 5 %	Сушка при 40 °С и относительной влажности 5 %
≤ 1,5 мм	2	5 часов	17 часов	8 дней
	2а	7 часов	23 часа	9 дней
	3	9 часов	33 часа	13 дней
	4	11 часов	37 часов	15 дней
	5	12 часов	41 час	17 дней
	5а	16 часов	54 часа	22 дня
> 1,5 мм ≤ 2,0 мм	2	18 часов	63 часа	25 дней
	2а	21 час	3 дня	29 дней
	3	27 часов	4 дня	37 дней
	4	34 часа	5 дней	47 дней
	5	40 часов	6 дней	57 дней
	5а	48 часов	8 дней	79 дней
> 2,0 мм ≤ 5,0 мм	2	48 часов	10 дней	79 дней
	2а	48 часов	10 дней	79 дней
	3	48 часов	10 дней	79 дней
	4	48 часов	10 дней	79 дней
	5	48 часов	10 дней	79 дней
	5а	48 часов	10 дней	79 дней
BGA > 17×17 мм или любые многослойные ПМИ	2 — 6	96 часов	Не применимо	Не применимо

6.4.8 Для изделий РЭС класса С сушка компонентов в корпусах BGA обязательна. Если иные параметры не указаны в технической документации на компонент, сушка должна осуществляться при температуре +125 °С в течение 24 ч. После сушки компоненты должны быть смонтированы в течение 8 ч.

6.4.9 Для изделий РЭС классов А и В рекомендуется проводить сушку компонентов в корпусах BGA.

6.5 Требования к реболлингу компонентов с матричными выводами

6.5.1 При производстве РЭС класса С по традиционной технологии пайки, не допускается применение компонентов типа BGA с выводами в бессвинцовом исполнении. При отсутствии необходимого компонента в исполнении с оловянно-свинцовыми шариковыми выводами, должна быть проведена замена бессвинцовых выводов оловянно-свинцовыми.

6.5.2 При необходимости восстановления поврежденных (отсутствующих) шариковых выводов допускается проведение операции допайки отсутствующих выводов.

6.5.3 Допускается использовать операцию реболлинга в процессе ремонта компонентов типа BGA на печатных узлах.

6.5.4 Требования к процессу реболлинга

6.5.4.1 Перед проведение реболлинга компонент должен быть высушен согласно 6.4 для удаления накопленной в нем влаги, негативно влияющей на процесс оплавления припоя.

6.5.4.2 При проведении реболлинга должны быть приняты меры по защите от воздействия статического электричества.

6.5.4.3 Применяемые при реболлинге материалы должны иметь сертификаты с указанием даты изготовления, марки и срока годности.

6.5.4.4 Для проведения реболлинга применяются специализированные трафареты различных конструкций.

6.5.4.5 Диаметр апертуры трафарета для реболлинга должен быть на 4—10 мкм больше диаметра устанавливаемого шарикового вывода.

6.5.4.6 Шаг выводов компонента должен совпадать с шагом апертур трафарета.

6.5.4.7 Трафарет для реболлинга должен быть выполнен из несмачиваемого припоем материала.

6.5.4.8 Для удаления бессвинцовых выводов с контактных площадок компонента BGA, в зависимости от имеющегося в распоряжении оборудования, должны быть использованы либо термофен (паяльник) с вакуумным отсосом, либо паяльник и медная плетенка для удаления припоя, либо ванна с расплавленным припоем.

6.5.4.9 Во время удаления бессвинцовых выводов не должно быть повреждения защитной маски компонента BGA.

6.6 Требования к маркировке и упаковке поверхностно-монтируемых изделий электронной компонентной базы

6.6.1 Упаковка ПМИ ЭКБ должна удовлетворять требованиям автоматизированного монтажа компонентов на ПП.

6.6.2 Маркировка ПМИ ЭКБ должна быть устойчивой к воздействию разрешенных к применению отмывочных жидкостей.

7 Требования к печатным платам

7.1 Требования к финишным покрытиям контактных площадок печатных плат

7.1.1 Требования к печатным платам с покрытием — горячее лужение оловянно-свинцовым припоем (HASL Sn-Pb)

7.1.1.1 Горячее лужение оловянно-свинцовым припоем обладает наилучшей паяемостью и может сохранять свои свойства в течение 6 мес без герметичной упаковки и 12 мес — при условии герметичной упаковки. ПП, хранившиеся более 12 мес перед использованием, следует проверять на паяемость.

7.1.1.2 Горячее лужение оловянно-свинцовым припоем должно применяться для пайки плат класса 4 по ГОСТ Р 53429 и ниже.

7.1.2 Требование к печатным платам с покрытием — иммерсионное золото по подслою химического никеля (ENIG, химический никель — золото)

7.1.2.1 Покрытие из химического никеля/иммерсионного золота (ENIG) представляет собой тонкую (~ 0,05—0,2 мкм) золотую пленку, наносимую поверх подслоя никеля (~ 4—5 мкм). Золото хорошо растворяется в припое, не подвержено быстрому потускнению и окислению. Срок хранения ПП с финишным покрытием контактных площадок химический никель — золото составляет 12 мес без герметичной упаковки, но печатные платы, хранившиеся более 18 мес, перед использованием следует проверять на паяемость.

7.1.2.2 ENIG покрытие рекомендовано как для микросварки алюминиевой (или золотой) проволокой компонентов (кристаллы, диоды и т. д.), так и для пайки. Рекомендовано к использованию при реализации вышеуказанных процессов на одном электронном модуле или печатном узле.

7.1.2.3 Печатные платы должны поставляться с паспортом контроля КП ПП ENIG. В случае отсутствия такого паспорта по контролю КП ПП ENIG перед пайкой должен быть проведен контроль качества покрытия ENIG контактных площадок ПП, так как при нарушении технологического процесса

нанесения покрытия ENIG имеется риск «отравления» фосфором поверхности контактных площадок ПП в визуально выраженном почернении (т. н. «Black-Pad»). Дефект вызывает отсутствие качественного паяного соединения, наблюдается отрыв компонентов от контактных площадок после процесса пайки и характерное почернение контактных площадок.

7.1.2.4 При использовании ПП с финишным покрытием контактных площадок ENIG целесообразно обеспечить минимальное содержание золота в оловянно-свинцовом припое, при накоплении которого более 4 % по массе приводит к охрупчиванию паяного соединения и, соответственно, к снижению усталостной долговечности паяного соединения, а также слишком большое количество золота придает получающемуся паяному соединению тусклый, зернистый вид.

7.1.3 Требование к печатным платам с покрытием иммерсионным оловом (IMSN)

7.1.3.1 Иммерсионное олово — это тонкое покрытие из чистого олова, как правило, толщиной от 0,6 до 1,5 мкм, защищающее лежащую под ним медь от окисления и обеспечивающее высокопаяемую поверхность. Покрытие контактных площадок ПП иммерсионным оловом (IMSN) чувствительно к условиям хранения. С оловянными покрытиями связано два важных явления: оловянные усы [длинные (до 150 мкм) тонкие кристаллические нити разнообразной формы, растущие в различных направлениях из материала покрытия] и оловянная чума. Срок хранения ПП с финишным покрытием контактных площадок иммерсионным оловом (IMSN) составляет 6 мес без герметичной упаковки, а при условии герметичности упаковки — 12 мес.

7.1.3.2 Покрытие контактных площадок ПП иммерсионным оловом (IMSN) допускается применять для пайки ответственной аппаратуры классов В и С, при условии применения оловянно-свинцовых припоев.

7.1.3.3 Покрытие контактных площадок ПП иммерсионным оловом (IMSN) не рекомендуется применять для пайки аппаратуры с применением бессвинцовых припоев, кроме аппаратуры класса А, из-за высокой вероятности возникновения оловянных усов.

7.1.3.4 Покрытие контактных площадок ПП иммерсионным оловом рекомендуется применять для выполнения соединений разъемов с платой методом запрессовки.

7.1.4 Требования к печатным платам с покрытием иммерсионным серебром (IMAG)

7.1.4.1 Толщина покрытия контактных площадок ПП иммерсионным серебром (IMAG) должна составлять от 0,05 до 0,2 мкм. В процессе пайки слой серебра полностью растворяется в паяном соединении, образуя однородный сплав Sn/Pb/Ag непосредственно на медной поверхности, что дает хорошую надежность соединения.

7.1.4.2 Покрытие контактных площадок ПП иммерсионным серебром (IMAG) наиболее чувствительно к условиям хранения и упаковки. Упаковочные материалы, которые содержат серу, разрушают это покрытие за очень короткий период времени. Поглотители влаги (в большинстве содержащие серу, хотя доступны и без серы), резиновые ленты и прокладочная бумага с высоким значением pH и содержанием серы никогда не должны быть частью упаковки печатных плат. Вынимать печатные платы из упаковки до сушки перед монтажом ЭМ и ПУ не допускается. Если печатная плата все же осталась без упаковки, следует положить ее в пакет и плотно закрыть, чтобы не допустить попадания воздуха. Воздействие воздуха приведет к потускнению поверхности (формирование сульфатов), которое ухудшит паяемость — это может произойти всего за 1 мес. При условии герметичной упаковки срок сохранения паяемости составляет 6 мес.

7.1.4.3 Перед пайкой должен быть проведен контроль качества покрытия IMAG контактных площадок ПП, так как при нарушении технологического процесса нанесения покрытия IMAG могут образоваться дефекты (микропустоты) и характерное почернение контактных площадок.

7.1.5 Требование к печатным платам с покрытием химическим оловом

7.1.5.1 Допустимый срок хранения ПП с финишным покрытием контактных площадок химическим оловом составляет 6 мес без герметичной упаковки и 12 мес — для герметично упакованных ПП.

7.1.5.2 Финишное покрытие контактных площадок с химическим оловом должно обладать планарностью поверхности с толщиной от 1,5 до 3 мкм. Покрытия контактных площадок с химическим оловом обеспечивают более хорошее растекание припоя при пайке ЭКБ на волне припоя, чем гальванически осажденное олово, и на таких тонких покрытиях не было замечено случаев образования нитевидных кристаллов (оловянных усов) при длительном хранении. Финишное покрытие контактных площадок химическим оловом может быть использовано как для изготовления соединений опрессовкой, так и для токопроводящих клеевых соединений. Покрытие химическим оловом является наиболее предпочтительным для гибких ПП.

7.1.6 Требование к печатным платам с органическим защитным покрытием (OSP — organic solderability preservative)

7.1.6.1 Органическое покрытие контактных площадок ПП должно применяться только при изготовлении изделий класса А или В без повышенных требований к надежности. Толщина покрытия обычно составляет 0,2—0,6 мкм. Плоскостность поверхности, обеспечиваемая данным покрытием, крайне высока. Оно также прекрасно подходит для контактных площадок ПП, расположенных с малым шагом.

7.1.6.2 При неправильном нанесении отпечатков припойной пасты, когда печатная плата требует очистки от ошибочных отпечатков или мазков припойной пасты, большинство органических растворителей, используемых для удаления пасты, могут удалять, уменьшать толщину или реагировать с OSP-покрытием, уменьшая его эффективность в плане предотвращения окисления меди. Чтобы гарантировать защитные свойства покрытия после очистки, необходимо проявлять осторожность и обеспечить совместимость растворителя и OSP-покрытия.

7.1.6.3 OSP-покрытие для окружающей среды является более безопасным чем HASL. Не следует допускать непосредственного контакта поверхностей плат при их транспортировании, так как они могут подвергаться абразивному износу при трении друг о друга. Следует проложить между ними бумагу либо осуществлять транспортирование в специальной таре, исключающей соприкосновение плат.

7.1.6.4 OSP-покрытие по своей природе является неметаллическим и, следственно, непроводящим, поэтому не предназначено для проведения внутрисхемного электрического тестирования.

7.1.6.5 OSP-покрытие наилучшим образом используется там, где не требуется внутрисхемный контроль, например в потребительских товарах (изделий класса А).

7.1.6.6 Платы, изготовленные с применением покрытия OSP, могут не подходить для применения в высокочастотных изделиях, так как не будет непосредственного контакта металлического экрана с металлом проводника, покрытым OSP.

7.1.6.7 Допустимый срок хранения ПП с финишным покрытием контактных площадок OSP составляет 3 мес без герметичной упаковки и 6 мес — при условии герметичной упаковки.

7.1.7 Требование к печатным платам с покрытием иммерсионное золото, поверх подслоя химического никеля и палладия (ENEPIG)

7.1.7.1 Покрытие из иммерсионного золота, поверх подслоя химического никеля и химического палладия представляет собой тонкую (0,03—0,05 мкм) золотую пленку, наносимую поверх подслоя палладия (0,05—0,1 мкм) и никеля (3,0—5,0 мкм). Плоскостность поверхности, обеспечиваемая данным покрытием, крайне высока.

7.1.7.2 Допустимый срок хранения ПП с финишным покрытием контактных площадок ENEPIG составляет 12 мес без герметичной упаковки, но печатные платы, хранившиеся более 18 мес, перед использованием следует проверять на паяемость.

7.1.7.3 Покрытие ENEPIG рекомендовано для микросварки золотой проволокой компонентов (кристаллы, диоды и т. д.), а также к использованию при реализации вышеуказанных процессов на одном электронном модуле или печатном узле.

7.2 Требования к реперным знакам на печатной плате

7.2.1 Для РЭС класса В и С для обеспечения точности позиционирования печатной платы должны быть предусмотрены минимум два реперных знака на противоположных углах ПП. При мультиплицировании ПП должны быть предусмотрены по два реперных знака, как для каждой отдельной платы, так и для мультиплаты в целом.

7.2.2 Реперные знаки должны выполняться одновременно с операцией нанесения контактных площадок.

7.2.3 Если иного не оговорено потребителем, реперные знаки должны представлять собой круглые контактные площадки одинакового размера. Для улучшения распознавания, реперные знаки по возможности должны находиться на свободном от контактных площадок участке ПП и быть выделены по периметру отсутствием маски.

7.2.4 Для обеспечения точности установки компонентов типа BGA на печатной плате должно быть предусмотрено минимум два реперных знака на противоположных углах относительно посадочного места компонента. Для печатных узлов класса А допускается установка BGA без применения реперных знаков.

7.3 Общие требования к защитным паяльным маскам

7.3.1 Вся поверхность ПП должна быть покрыта паяльной маской. Допускается отсутствие паяльной маски на контактных площадках ПП, в местах установки ИМС с шагом 0,5 и менее, а также в местах установки компонентов типа BGA.

7.3.2 Проводники, проходящие вблизи контактных площадок, должны быть полностью закрыты маской.

7.3.3 Зазор между паяльной маской и краем контактной площадки ПП должен быть не менее 0,1 мм.

7.3.4 Высота защитной паяльной маски по отношению к контактным площадкам по ГОСТ Р 54849.

7.3.5 При выборе паяльной маски в зависимости от используемых припойных паст и флюсов следует руководствоваться ГОСТ Р 54849.

7.4 Требования к материалам печатных плат

7.4.1 Выбор материала для печатных плат проводится в соответствии с требованиями к характеристикам материала, включая температуру стеклования материала и его КТЛР, а также условиями эксплуатации изделия — в соответствии с ГОСТ Р 53432 и ГОСТ 23752.

7.4.2 Выбор материала для печатных плат должен проводиться, опираясь на температуру стеклования материала и его КТЛР (он должен быть максимально приближен к КТЛР компонентной базы).

7.5 Требования к сушке печатных плат перед пайкой

7.5.1 Во избежание образования пор, раковин и пустот в паяных соединениях печатные платы непосредственно перед пайкой, с целью удаления влаги, рекомендуется подвергать сушке при температуре 100 °С — 110 °С в течение 1,5—2 ч или при температуре 60 °С — 70 °С в течение 3—4 ч.

7.5.2 В случае, если печатные платы подвергались предварительному лужению погружением, причем между операцией лужения и пайкой прошло не более 2 сут, сушку печатных плат можно не проводить.

7.5.3 Допускается сушка печатных плат с установленными на них (но не запаянными) ИЭТ, при этом температура сушки не должна превышать предельного значения, указанного в национальных стандартах или ТУ на ИЭТ.

7.6 Требования к хранению печатных плат

При хранении печатных плат следует руководствоваться ГОСТ 23752.

8 Требования к технологическим материалам

8.1 Требования к припойной пасте

8.1.1 Требования к распределению частиц припойной пасты по размерам

8.1.1.1 Припойные пасты должны классифицироваться по типам в зависимости от размера частиц (см. таблицу 5). Распределение частиц припойной пасты по размерам должно определяться методом седиментации.

Таблица 5 — Классификация припойных паст в зависимости от размера частиц припоя

Тип частиц припоя	Не более 0,5 % частиц размерами	Не более 1 % частиц размерами	Не менее 80 % частиц в пределах	Не более 10 % частиц размерами
Тип 1	180 мкм	150 мкм	150—75 мкм	20 мкм
Тип 2	90 мкм	75 мкм	75—45 мкм	20 мкм
Тип 3	53 мкм	45 мкм	45—25 мкм	20 мкм
Тип 4	45 мкм	38 мкм	38—20 мкм	20 мкм
Тип 5	32 мкм	25 мкм	25—15 мкм	15 мкм
Тип 6	25 мкм	15 мкм	15—5 мкм	5 мкм

8.1.1.2 Форма частиц припойной пасты должна быть сфероидальной с максимальным отношением длины к ширине 1,5. Другая форма частиц пасты может быть допустима, если согласована между пользователем или поставщиком. Форма частиц порошка припойной пасты должна определяться визуально с помощью бинокулярного микроскопа при увеличении, достаточном для определения процентного соотношения сферических и эллиптических (отношением длины к ширине менее 1,5) частиц. Порошки, в которых 90 % частиц сферические, считаются сферическими, прочие порошки счи-

таются несферическими. Сферичность частиц порошка должна определяться методом рассеяния светового луча. Частицы считаются сферическими, если отклонение составляет от 1,0 (идеальная сфера) до 1,07. Частицы со значениями более 1,07 считаются несферическими.

8.1.2 Требования к количеству металлической составляющей в припойной пасте по массе

Количество металлической составляющей должно находиться в пределах 75 % — 95 % по массе. Количество металлической составляющей должно находиться в пределах (± 1) % от заданного номинального значения.

8.1.3 Требования к кинематической вязкости припойной пасты

Измерение вязкости припойной пасты должно производиться в диапазонах от 300000 до 1600000 сПз и от 50000 до 300000 сПз. Измеренная вязкость должна лежать в пределах (± 10) % от заданного производителем припойной пасты номинального значения.

8.1.4 Требования по выбору марки и области применения

Выбор марки припойной пасты проводится под соответствующую область применения и зависит от выбранной технологии и используемого оборудования с учетом требований 5.2.1 и 9.3.6.

8.1.5 Требования к входному контролю припойной пасты

8.1.5.1 Проводится визуальный осмотр банки и этикетки на банке припойной пасты на соответствие паспорта (спецификации) и сопроводительной документации.

8.1.5.2 Допускается проверка одного или нескольких параметров припойной пасты на соответствие значений, указанных в паспорте или другой документации.

8.2 Требования к флюсам

8.2.1 Флюсы для пайки должны быть классифицированы в зависимости от химической основы нелетучей составляющей и в соответствии с их коррозионным действием и свойствами проводимости флюса или его остатков.

8.2.2 Классификация флюсов по химической составляющей

В зависимости от химической основы нелетучей составляющей флюсы для пайки должны быть классифицированы на флюсы на основе:

- натуральной канифоли (RO),
- синтетической канифоли (RE),
- органических соединений, отличных от натуральной и синтетической канифоли (OR),
- неорганических кислот и/или солей (IN).

8.2.3 Классификация флюсов по активности

8.2.3.1 Класс флюса должен определяться с помощью тестовых методов, приведенных в таблице 6.

Таблица 6 — Тестовые требования для классификации флюсов по активности

Тип флюса	Медное зеркало	Качественный тест на галогены		Количественный тест на галогены	Тест на коррозию	Вариант прохождения теста на поверхностное сопротивление изоляции
L0	Нет сквозных отверстий	Прошел	Прошел	0,0 %	Нет следов коррозии	Отмыт и не отмыт
L1		Прошел	Прошел	< 0,5 %		
M0	Сквозные отверстия менее чем в 50 % площади	Прошел	Прошел	0,0 %	Допустима незначительная коррозия	Отмыт или не отмыт
M1		Не прошел	Не прошел	от 0,5 % до 2,0 %		
H0	Сквозные отверстия более чем в 50 % площади	Прошел	Прошел	0,0 %	Допустима значительная коррозия	Отмыт
H1		Не прошел	Не прошел	> 2,0 %		

8.2.3.2 Соответствие между типами флюсов L, M и H и классами флюсов на основе канифоли (R, RMA, RA и RSA), а также другими флюсами, такими как водорастворимые и синтетически активированные, приведено в таблице 7.

Таблица 7 — Соответствие между типами флюсов

Тип флюса	Соответствие
L0	Все классы флюсов R, некоторые флюсы класса RMA, некоторые флюсы с малым содержанием твердых веществ «безотмывочные»
L1	Большинство флюсов класса RMA, некоторые флюсы класса RA
M0	Некоторые флюсы класса RA, некоторые флюсы с малым содержанием твердых веществ «безотмывочные»
M1	Большинство флюсов класса RA, некоторые флюсы класса RSA
H0	Большинство водорастворимых флюсов
H1	Некоторые флюсы класса RSA, большинство водорасторимых и синтетических активированных флюсов

Примечание — В радиотехнической промышленности и при производстве и ремонте электронного оборудования производителям РЭС предлагается несколько типов паяльных флюсов:

- R — флюс на основе чистой канифоли, которая может быть как в твердом состоянии, так и в форме жидкостей на основе спирта или других растворителей. Это самая неагрессивная категория флюсов, рассчитанная на пайку свежих неокисленных или хорошо зачищенных поверхностей.
- RMA — группа флюсов на основе слабоактивированной канифоли. В роли активаторов выступают комбинации органических кислот или их соединений, что делает композицию более эффективной, по сравнению с группой R. Применяются при автоматической пайке со стандартизированными температурно-временными профилями.
- RA — группа флюсов на основе активированной канифоли, что делает пайку очень эффективной, но требует промывки, без которой флюс не застрахован от коррозионной активности.
- SRA — флюсы с применением сверхактивированной канифоли, разработаны для решения нестандартных задач в электронике, например, для пайки никеля, нержавеющей стали и др. Эта группа флюсов сильно агрессивна и требует тщательной промывки во всех без исключения случаях.

8.2.3.3 Флюсы с малым содержанием твердых веществ, «не требующие отмывки», могут быть выполнены на основе как натуральной, так и синтетической канифоли, но могут и не содержать их. В этом случае они относятся к классу флюсов органического типа и обычно имеют уровень активности L или M. Водорастворимые флюсы для электроники и синтетические активированные флюсы обычно имеют органическую основу (OR) и уровень активности H.

8.2.3.4 Сводная классификация флюсов приведена в таблице 8.

Таблица 8 — Классификация флюсов

Основа флюса	Уровень активности флюса (% содержание галогенов)	Тип флюса
Rosin (RO) Канифоль	Низкий (0 %) — класс L	ROL0
	Низкий (< 0,5%) — класс L	ROL1
	Средний (0 %) — класс M	ROM0
	Средний (0,5 — 2,0 %) — класс M	ROM1
	Высокий (0 %) — класс H	ROH0
	Высокий (> 2,0 %) — класс H	ROH1
Resin (RE) Синтетические смолы	Низкий (0 %) — класс L	REL0
	Низкий (< 0,5 %) — класс L	REL1
	Средний (0 %) — класс M	REM0
	Средний (0,5 —2,0 %) — класс M	REM1
	Высокий (0 %)— класс H	REH0
	Высокий (> 2,0 %) — класс H	REH1
Organic (OR) Органические кислоты	Низкий (0 %) — класс L	ORL0
	Низкий (< 0,5 %) — класс L	ORL1

Окончание таблицы 8

Основа флюса	Уровень активности флюса (% содержание галогенов)	Тип флюса
Organic (OR) Органические кислоты	Средний (0 %) — класс М	ORM0
	Средний (0,5 — 2,0 %) — класс М	ORM1
	Высокий (0 %) — класс Н	ORH0
	Высокий (> 2,0 %) — класс Н	ORH1
Inorganic (IN) Неорганические кислоты	Низкий (0 %) — класс L	INL0
	Низкий (<0,5 %) — класс L	INL1
	Средний (0 %) — класс М	INM0
	Средний (0,5—2,0 %) — класс М	INM1
	Высокий (0 %) — класс Н	INH0
	Высокий (>2,0 %) — класс Н	INH1

8.2.4 Марки и область применения флюсов

8.2.4.1 Выбор марки флюса осуществляется в соответствии с его характеристиками под соответствующую область применения и используемым оборудованием, если это не противоречит 5.2.2.

8.2.4.2 Рекомендации по отмывке остатков флюсов после пайки в зависимости от класса собираемой аппаратуры РЭС приведены в 5.2.2.3—5.2.2.5.

8.2.5 Требования к входному контролю флюсов

8.2.5.1 Проводится визуальный осмотр тары и этикетки на таре флюса на соответствие паспорту или другой документации.

8.2.5.2 Допускается проверка одного или нескольких параметров флюса на соответствие значениям, указанным в паспорте или другой документации.

8.3 Требования к отмывочным жидкостям

8.3.1 Марки и область применения отмывочных жидкостей

8.3.1.1 Выбор марки отмывочной жидкости проводится в соответствии с ее характеристиками под соответствующую область применения и используемое оборудование.

Примечания

1 Для изделий РЭС класса С должны применяться только отмывочные жидкости, указанные в действующей отечественной НД.

2 Для изделий РЭС класса А и В рекомендуется применение отмывочных жидкостей, указанных в действующей отечественной НД.

8.3.1.2 Процессы отмывки должны классифицироваться в зависимости от среды в соответствии с таблицей 9.

Таблица 9 — Классификация процессов отмывки

Процесс	Среда отмывки	Среда ополаскивания
Водный	Раствор отмывочной жидкости в воде (содержит не менее 50 % воды)	Вода
Полуводный	Растворитель	Вода
В растворителе	Растворитель	Растворитель

8.3.2 Требования к печатным узлам и компонентам, подвергаемым отмывке

8.3.2.1 Печатные узлы должны быть пригодны к отмывке, то есть обеспечивать достаточные зазоры под корпусами компонентов. В случае установки компонентов без зазора (через прокладки или вплотную, монтаж в отверстия) отмывка паек от остатков флюса осуществляется и контролируется с другой стороны ПУ.

8.3.2.2 Все электронные компоненты, устанавливаемые на печатные платы, должны быть герметичными. Особое внимание следует уделить подстроечным компонентам, переключателям и разъемам. Компоненты, не подлежащие отмывке, должны быть защищены от воздействия влаги.

8.3.3 Требования к чистоте воды для ополаскивания

8.3.3.1 При полуводной отмывке сопротивление воды для финишного ополаскивания печатных узлов и электронных модулей, а также перед нанесением влагозащитного покрытия, рекомендуется применять дистиллированную или деионизованную воду с сопротивлением не менее 1 МОм.

8.3.3.2 При водной отмывке для разбавления концентрата отмывочной жидкости и последующего ополаскивания после отмывки печатных узлов и электронных модулей, в том числе перед нанесением влагозащитного покрытия, рекомендуется применять дистиллированную или деионизованную воду с сопротивлением не менее 1 МОм.

8.3.3.3 Качество отмывки печатных узлов и электронных модулей должно проверяется как минимум одним из ниже перечисленных методов: путем контроля сопротивления (проводимости) воды, идущей на слив с установки отмывки, визуальными и/или люминесцентными методами, количественной оценкой ионных загрязнений. Допускается проводить контроль отмывки печатных узлов и электронных модулей любым другим способом, указанным в НТД.

8.3.4 Требования к входному контролю отмывочных жидкостей

8.3.4.1 Проводится визуальный осмотр тары и этикетки на таре отмывочной жидкости на соответствие паспорту (спецификации) и сопроводительной документации.

8.3.4.2 Допускается проверка одного или нескольких параметров отмывочных жидкостей на соответствие значениям, указанным в паспорте или другой документации.

9 Технические требования, предъявляемые к выполнению технологических операций поверхностного и смешанного монтажа электронной компонентной базы широкой номенклатуры на печатные платы

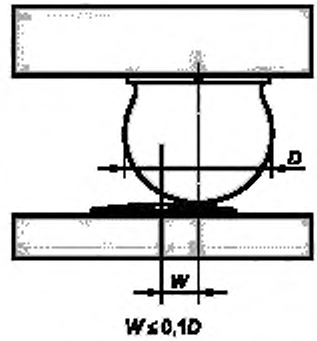
9.1 Требования к установке компонентов

9.1.1 Требования к установке компонентов поверхностного монтажа

9.1.1.1 Требования к установке компонентов поверхностного монтажа — в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61192-2.

9.1.1.2 Требование к установке компонента BGA

Смещение центров шарикового вывода BGA и контактных площадок на печатной плате относительно друг друга в момент установки компонента на припойную пасту, не должно превышать 10 % от диаметра вывода (рисунок 6).



W -- смещение от центра контактной площадки ПП, мм; *D* -- диаметр шарика, мм.

Рисунок 6 — Смещение компонента BGA при установке

9.2 Требования к монтажу компонентов в отверстие

Требования к монтажу компонентов в отверстие — в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61192-3.

9.3 Требования по дозированному нанесению припойной пасты

9.3.1 При проведении операции автоматизированной сборки и монтажа электронных модулей РЭС класса С допускается применять любой метод дозирования припойной пасты с целью обеспечения формирования качественных традиционных оловянно-свинцовых паяных соединений околоэвтектического состава.

9.3.2 При проведении операции автоматизированной сборки и монтажа электронных модулей РЭС класса С с применением трафаретной печати для широкой номенклатуры ЭКБ (например, чип-компонентов типоразмера 0402, микросхем с шагом 0,4—0,5 мм, танталовых конденсаторов, дросселей и т. д.) допускается применять многоуровневый трафарет для обеспечения формирования качественных традиционных оловянно-свинцовых паяных соединений околоэвтектического состава.

Примечание — Многоуровневый трафарет дает возможность обеспечить необходимое количество пасты для широкой номенклатуры компонентов с различными количественными требованиями (дозами) припойной пасты на одной печатной плате.

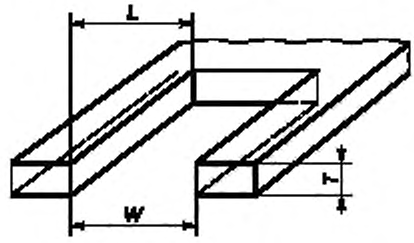
9.3.3 При проведении операции автоматизированной сборки и монтажа электронных модулей РЭС классов А и В допускается применять любой метод дозирования припойной пасты.

9.3.4 Для изделий РЭС класса В при пайке электронных модулей по традиционной технологии рекомендуется обеспечивать формирование качественных традиционных оловянно-свинцовых паяных соединений околоэвтектического состава.

9.3.5 Требования к нанесению припойной пасты с применением трафаретов

9.3.5.1 Требования к толщине фольги и размерам апертур трафарета

Для определения максимальной толщины фольги трафарета должны быть учтены размеры минимальной апертуры трафарета и выдержаны следующие соотношения относительно ее размеров. Схема и соотношения для определения максимальной толщины трафарета приведены на рисунке 7.



$$\frac{W}{T} \geq 1{,}5; \quad \frac{LW}{2(L+W)T} \geq 0{,}66$$

W — ширина минимальной апертуры трафарета, мм; L — длина минимальной апертуры трафарета, мм; T — толщина трафарета, мм.

Рисунок 7 — Схема и соотношения для определения максимальной толщины трафарета

Ширина максимальной апертуры трафарета к его толщине должна быть более или равна 1,5 (см. рисунок 7).

Для всех апертур трафарета должно быть применено закругление углов для качественного нанесения припойной пасты на ПП и лучшей его очистки.

При проектировке трафаретов для бессвинцовой припойной пасты в качестве общего правила должно быть использовано максимальное приближение размеров апертур к размерам контактных площадок платы. Небольшое уменьшение размера (например, 0,0127 мм на сторону площадки) допустимо.

9.3.5.2 Требования по уменьшению апертур трафарета различных типов компонентов при сборке и монтаже ЭМ и ПУ с применением оловянно-свинцовой припойной пасты

Для компонентов поверхностного монтажа с выводами с шагом 1,3 — 0,4 мм, уменьшение апертур трафарета должно составлять 0,03—0,08 мм по ширине и 0,05—0,13 мм по длине.

Уменьшение диаметра круглой апертуры под вывод BGA в пластиковом корпусе должно составлять 0,05 мм.

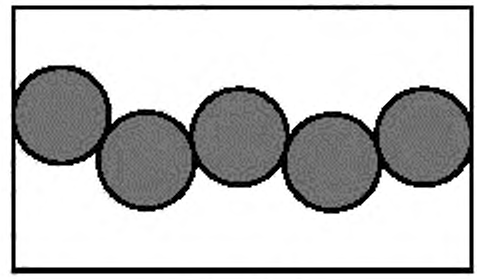
Уменьшение диаметра круглой апертуры под вывод BGA в керамическом корпусе должно составлять 0—0,03 мм.

Апертура для вывода BGA с малым шагом и CSP должна представлять собой квадрат со стороной, равной или на 0,025 мм меньшей, чем диаметр площадки на плате. Квадраты должны иметь скругленные углы радиусом 0,06 мм для квадрата 0,25 мм и 0,09 для квадрата 0,35 мм.

Для апертур под установку чип-компонентов должны быть использованы стандартные формы без уменьшения.

9.3.6 Требования к выбору класса припойной пасты

Выбор класса припойной пасты должен осуществляться с учетом размера частиц припоя. Выбор размера частиц припойной пасты должен учитывать минимальный шаг используемых ПМИ и размер апертур в трафарете для нанесения припойной пасты. Ширина апертуры трафарета должна быть не меньше пяти диаметров частиц припоя. Схема и соотношение для применения правила «пяти шаров» приведены на рисунке 8.



$$L = P \times R \geq 5 \times D,$$

L — ширина апертуры в трафарете, мм; *P* — ширина контактных площадок, мм; *R* — процент уменьшения апертуры в трафарете относительно размера контактных площадок, *D* — максимальный диаметр частиц припоя, мм.

Рисунок 8 — Схема и соотношение для применения правила «пяти шаров»

Рекомендуемые тип и размер частиц припоя, толщина трафарета и минимальная ширина апертуры в зависимости от шага выводов ПМИ приведены в таблице 10.

Таблица 10

Минимальный шаг выводов ПМИ	Рекомендуемая толщина трафарета	Минимальная ширина апертуры трафарета *L*	Рекомендуемый тип / размер частиц припоя
0,65 мм	150 мкм	0,40 мм	Тип 2 / 75 — 45 мкм
0,50 мм	125—150 мкм	0,25 мм	Тип 3 / 45 — 25 мкм
0,40 мм	75—100 мкм	0,20 мм	Тип 4 / 38 — 20 мкм

9.3.7 Требования к количеству припойной пасты после нанесения

9.3.7.1 С целью повышения надежности паяных соединений для изделий РЭС классов В и С необходимо закладывать максимальную высоту ПС за счет выбора толщины трафарета с учетом выше описанных правил по 9.3.5.1 и 9.3.6.

9.3.7.2 Максимально допустимое отклонение массы отпечатка пасты должно составлять 20 % от номинального.

9.3.7.3 Не допускается загрязнение пастой базового материала печатной платы.

9.3.8 Требования по приклейке ПМИ перед пайкой

9.3.8.1 Отвержденные клеи должны выдерживать температуру до 250 °С. Такая термостойкость будет удовлетворять требованиям пайки как по традиционной, так и бессвинцовой технологии.

9.3.8.2 Клей должен быть полностью отвержден. В противном случае велика вероятность потери приклеенных ПМИ во время пайки.

9.3.8.3 Особое внимание необходимо уделять приклейке чип-компонентов и диодов в стеклянном корпусе. Для их фиксации необходимо использовать одну клеевую точку. В противном случае при неблагоприятном стечении всех факторов возможно возникновение дефектов оплавления типа «надгробный камень» (рисунок 18).

9.4 Требование к пайке оплавлением

9.4.1 Требование к конвекционной пайке оплавлением

9.4.1.1 При автоматизированной пайке оплавлением следует руководствоваться требованиями ГОСТ Р МЭК 61192-1.

9.4.1.2 Требование к пайке оплавлением ЭМ, ПУ и аппаратуры РЭС с применением оловянно-свинцовых припоев

При пайке оплавлением ЭМ, ПУ и аппаратуры РЭС класса С по традиционной технологии (с применением оловянно-свинцовых припоев) должен использоваться профиль оплавления, указанный предприятием-производителем припойной пасты, при этом пиковая температура такого профиля в любом случае не должна превышать 225 °С.

При отсутствии информации о профиле оплавления применяемой оловянно-свинцовой припойной пасты должен использоваться профиль, приведенный на рисунке 4.

Для электронных модулей РЭС класса А и В при пайке оплавлением по традиционной технологии рекомендуется применять профиль, приведенный на рисунке 9.

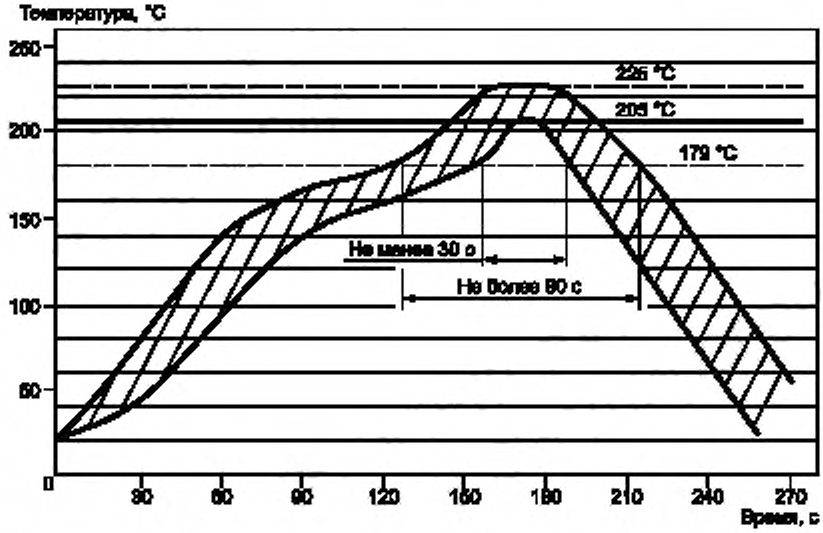


Рисунок 9 — Рекомендованный профиль оплавления с применением оловянно-свинцовых припоев при пайке аппаратуры РЭС класса С

В зависимости от конструкции электронных модулей РЭС класса С (платы-теплоотводы с медным или алюминиевым основанием, керамические платы с толстым слоем меди (100 — 400 мкм), платы с большим количеством теплоемких СВЧ-транзисторов и т. д.) допускается увеличивать по времени стадию предварительного нагрева до 180 с, при этом недопустимо превышать время (90 с) нахождения припоя в расплавленном состоянии.

Для электронных модулей РЭС класса А и В при пайке оплавлением по комбинированной технологии компонентов типа BGA рекомендуется применять профиль, указанный на рисунке 4.

9.4.1.3 Требование к пайке оплавлением ЭМ и ПУ с применением бессвинцовых припоев

При пайке оплавлением ЭМ, ПУ и изделий классов А и В по бессвинцовой технологии (с применением бессвинцовых припоев) должен использоваться профиль оплавления, указанный предприятием-производителем припойной пасты, при этом пиковая температура такого профиля в любом случае не должна превышать 245 °С.

При отсутствии информации о профиле оплавления применяемой бессвинцовой припойной пасты должен использоваться профиль, приведенный на рисунке 10.

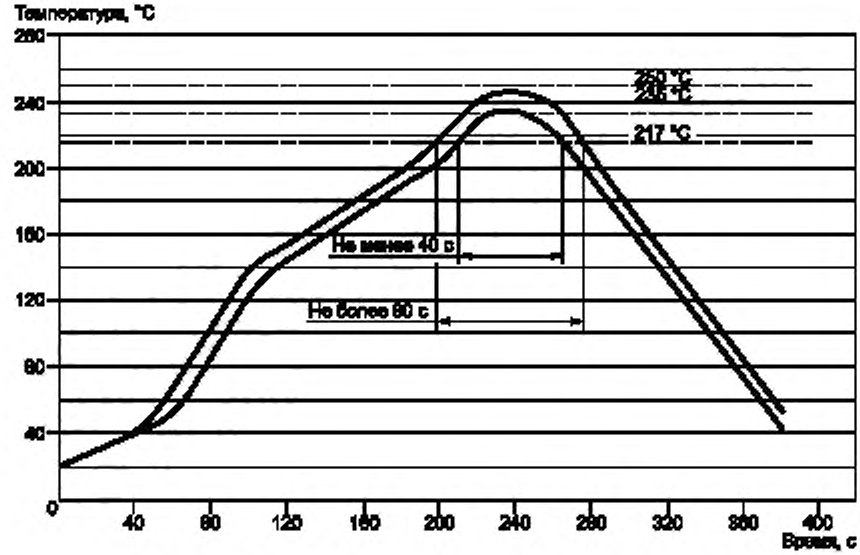


Рисунок 10 — Рекомендуемый профиль оплавления при пайке ЭМ и ПУ с применением бессвинцовых припоев

9.4.2 Требование к пайке в паровой фазе (конденсационная пайка)

9.4.2.1 При пайке в паровой фазе ЭМ, ПУ и аппаратуры РЭС класса С по традиционной технологии в оборудовании должна применяться жидкость с температурой кипения от 200 °С до 215 °С, причем время нахождения припоя в расплавленном состоянии должно составлять от 30 до 90 с.

9.4.2.2 При пайке в паровой фазе ЭМ, ПУ и аппаратуры РЭС класса А и В по традиционной технологии рекомендуется руководствоваться требованиями 9.4.2.1.

9.4.2.3 При пайке в паровой фазе ЭМ, ПУ и аппаратуры РЭС класса А и В по бессвинцовой технологии в оборудовании должна применяться жидкость с температурой кипения от 230 °С до 245 °С, причем время нахождения припоя в расплавленном состоянии должно составлять от 40 до 90 с.

9.4.2.4 Для электронных модулей РЭС класса А и В при пайке в паровой фазе по комбинированной технологии компонентов типа BGA должна применяться жидкость с температурой кипения от 200 °С до 215 °С, причем время нахождения припоя в расплавленном состоянии должно составлять от 30 до 90 с.

9.4.2.5 При одновременной двусторонней пайке в паровой фазе ЭМ, ПУ и аппаратуры РЭС тяжелые компоненты (реле, разъемы, трансформаторы, микросхемы и т. д.), расположенные с нижней части платы, должны быть приклеены.

9.4.2.6 При пайке в паровой фазе ЭМ, ПУ и аппаратуры РЭС класса С чувствительной к перегреву ЭКБ и/или проводится процесс ступенчатой пайки с применением низкотемпературных припоев, указанных в 5.2.1.1, в оборудовании должна применяться жидкость с температурой кипения от 150 °С до 160 °С, причем время нахождения припоя в расплавленном состоянии должно составлять от 30 до 60 с.

9.5 Требования к качеству паяных соединений

9.5.1 Внешний вид паяных соединений должен быть с четко выраженными галтелями, отсутствием трещин, каверн и посторонних включений. Допускается применять любые доступные методы контроля, в том числе визуальные, оптические, рентгеновские, а также металлографические исследования шлифов паяных соединений.

9.5.2 Поверхность галтелей припоя по всему периметру паяного шва должна быть вогнутой, непрерывной, гладкой, глянцевой или светло-матовой, без темных пятен.

9.5.3 При пайке ИЭТ время пайки не должно превышать времени, указанного в национальных стандартах или ТУ на данный ИЭТ.

9.5.4 При необходимости ступенчатой пайки соединений, расположенных в непосредственной близости друг от друга, пайку каждого последующего соединения следует проводить припоем, температура начала кристаллизации которого должна быть на 30 °С — 40 °С ниже температуры кристаллизации первого.

9.5.5 Каждое из дефектных паяных соединений, не допускаемых к приемке, должно быть подпаяно вручную электропаяльником или механизировано. Примеры дефектных паяных соединений приведены на рисунках 11—18.

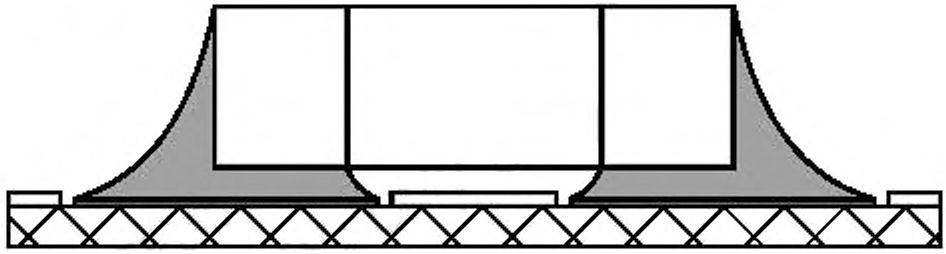


Рисунок 11 — Пример качественного паяного соединения чип-компонента

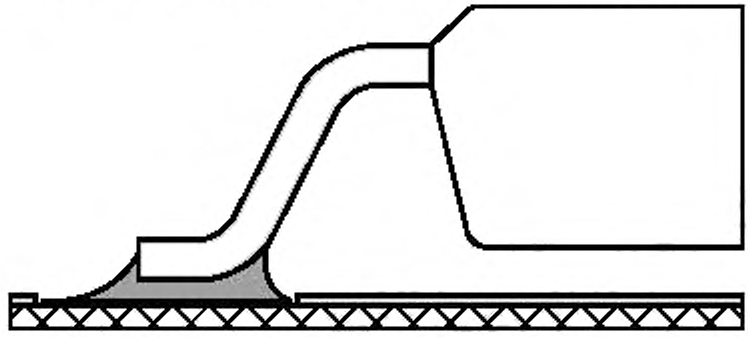


Рисунок 12 — Пример качественного паяного соединения компонента с выводами типа «крыло чайки»

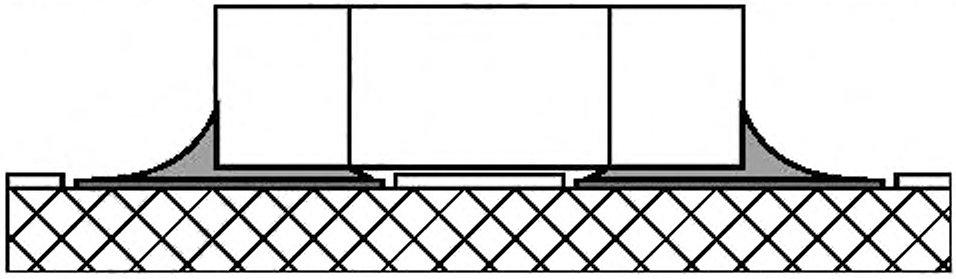


Рисунок 13 — Пример недостаточной дозы для формирования качественного паяного соединения

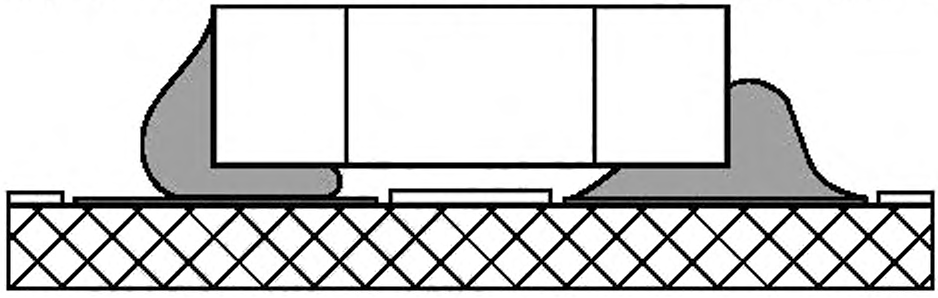


Рисунок 14 — Пример плохого смачивания припойной пастой контактной площадки печатной платы (слева) и плохого смачивания припойной пастой компонента (справа)

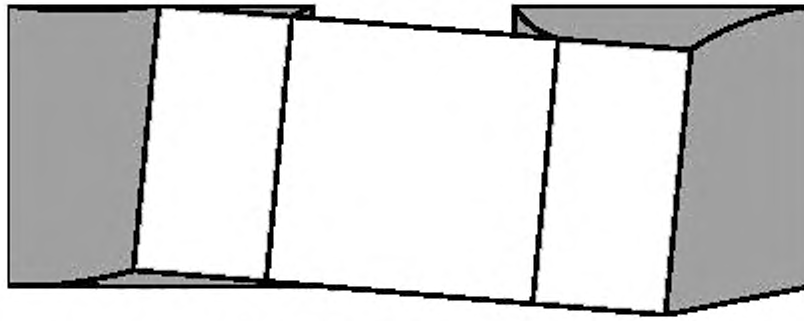


Рисунок 15 — Дефект установки компонента (более 15°)

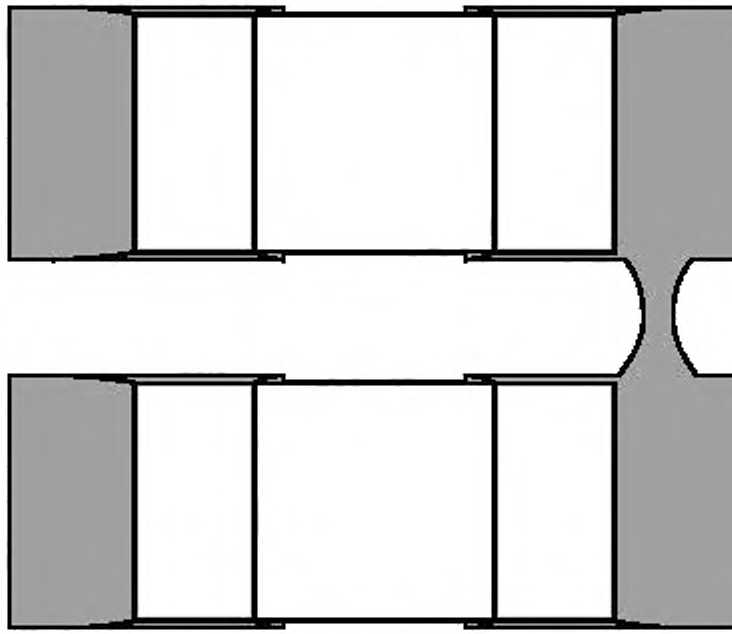


Рисунок 16 — Перемыкание соседних компонентов

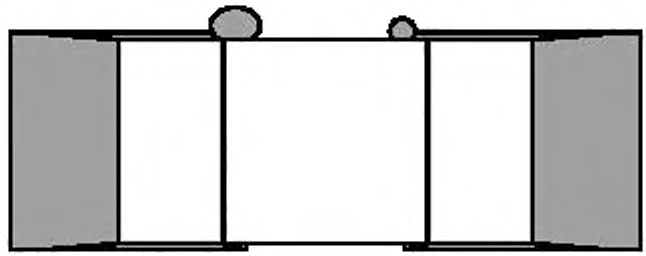


Рисунок 17 — Дефект наличия шариков припоя

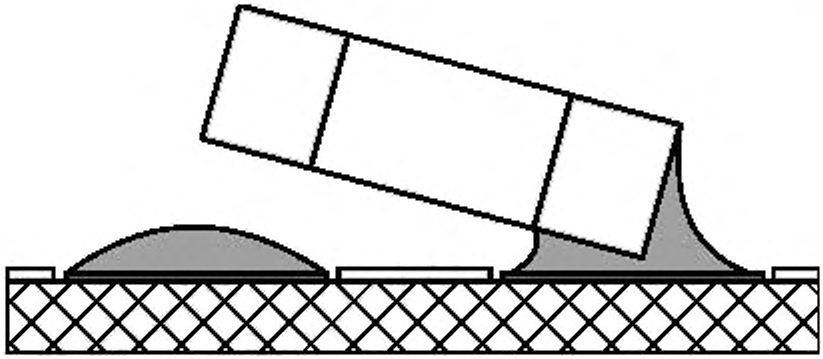


Рисунок 18 — Дефект оплавления компонента

9.5.6 Подпайка дефектных соединений печатного монтажа с металлизированными отверстиями должна проводиться с обязательным предварительным флюсованием паяного шва с обеих сторон платы с последующей подпайкой со стороны, с которой проводилась первоначальная пайка. Не допускается подпайка дефектных соединений с противоположной стороны из-за опасности непрочных пустотелых соединений. Качество паяных соединений после их подпайки должно соответствовать требованиям настоящего раздела. Устранение дефектных соединений не считается вторичной пайкой. Подпайка дефектных соединений проводится по тем же режимам, что и первоначальная пайка, в соответствии с режимами, приведенными в ТУ и ИЭТ.

9.6 Требования к анализу дефектов компонентов с матричными выводами после пайки

9.6.1 Для контроля и анализа дефектов компонентов с матричными выводами типа BGA после пайки допускается применять любые доступные методы контроля, в том числе визуальные, оптические, рентгеновские, а также металлографические исследования шлифов паяных соединений.

9.6.2 Внешний вид традиционных оловянно-свинцовых паяных соединений околоэвтектического состава, а также комбинированных паяных соединений компонентов с матричными выводами типа BGA должен быть с четко выраженными галтелями, отсутствием трещин, каверн и посторонних включений (рисунок 19).

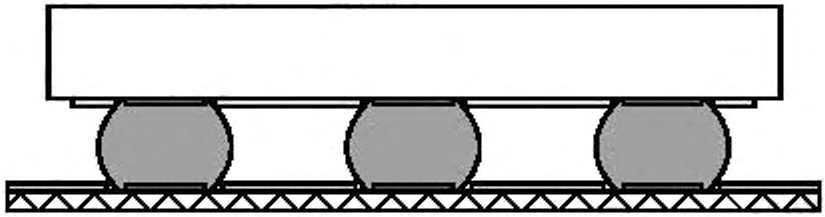


Рисунок 19 — Пример качественного паяного соединения BGA

9.6.3 В паяном соединении не должно быть пустот более 25 % от общего объема паяного соединения. На рисунке 20 приведено схематичное изображение пустоты в паяном соединении компонентов с матричными выводами типа BGA.

9.6.4 Для печатных узлов РЭС класса С и В не должно быть перемыканий между шариковыми выводами BGA (см. рисунок 21). Для печатных узлов класса А по решению главного конструктора изделия допустимы перемыкания шариковых выводов BGA, если они не приводят к некорректной работе изделия.

9.6.5 Для печатных узлов РЭС класса С и В не допускается «потеря шаров» — отсутствие шарикового вывода компонентов с матричными выводами типа BGA, не предусмотренное конструкцией компонента. Для печатных узлов класса А по решению допускается отсутствие незначительного количества предусмотренных конструкцией компонента шариковых выводов, если они не несут функциональной нагрузки.

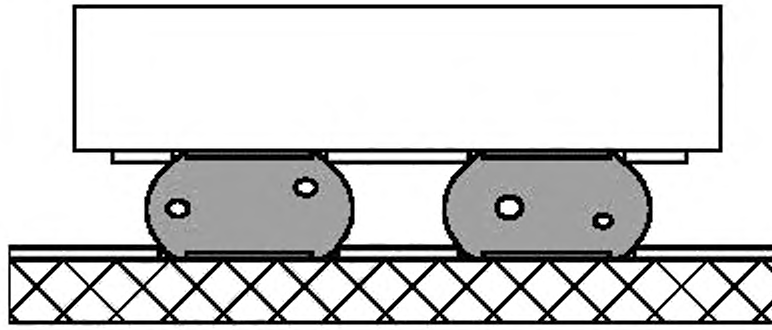


Рисунок 20 — Пустоты в паяном соединении компонентов с матричными выводами типа BGA

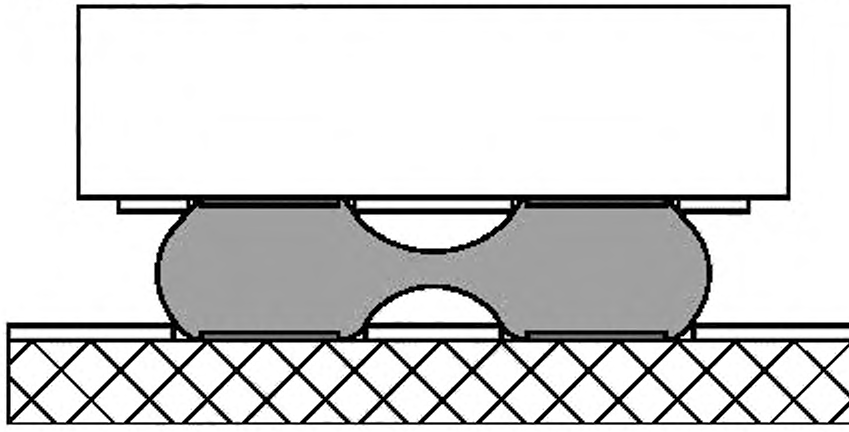


Рисунок 21 — Перемыкание шариковых выводов компонентов с матричными выводами типа BGA

9.6.6 Припой шарикового вывода в процессе пайки должен полностью растечься по контактной площадке печатной платы.

9.6.7 Припойная паста и припой шарикового вывода компонентов с матричными выводами типа BGA должны быть полностью перемешаны (иметь равномерную структуру паяного соединения), без четко выделенной границы перехода и эффекта «головы на подушке» (см. рисунок 22).

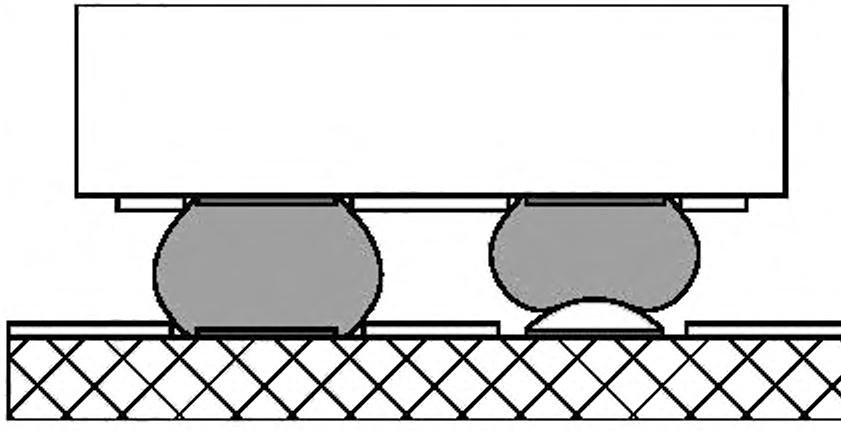


Рисунок 22 — Отсутствие перемешивания припойной пасты и припоя шарикового вывода компонентов с матричными выводами, дефект типа «голова на подушке»

10 Требования безопасности

При пайке электронных модулей следует руководствоваться требованиями безопасности, установленными на предприятии.

11 Охрана природы

11.1 Требования и методы обеспечения экологической безопасности при пайке электронных модулей в соответствии с руководящими документами предприятия и требованиями настоящего стандарта.

11.2 При внедрении технологического процесса должны быть предусмотрены мероприятия, направленные на экономию природных ресурсов.

11.3 Образующиеся отходы в результате внедрения технологического процесса утилизируют в соответствии с руководящими документами предприятия.

УДК 681.3.023-182.77:006.354 ОКС 31.190 Э02

Ключевые слова: пайка, модули электронные, технические требования, радиоэлектронные средства, поверхностный монтаж, смешанный монтаж, автоматизированный монтаж, бессвинцовая технология, традиционная технология

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.М. Малахова*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 08.10.2015. Подписано в печать 16.10.2015. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,60. Тираж 37 экз. Зак. 3300.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва. Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru