ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 55492— 2013/ IEC/PAS 62137-3:2008

ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Часть 3

Руководство по выбору методов экологических и ресурсных испытаний для паяных соединений

IEC/PAS 62137-3:2008
Electronics assembly technology — Part 3: Selection guidance of environmental and endurance test methods for solder joints
(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Закрытым акционерным обществом «Авангард-ТехСт» (ЗАО «Авангард-ТехСт») и ОАО «Авангард» на основе выполненного российской комиссией экспертов МЭК/ТК 91 аутентичного перевода на русский язык международного документа, указанного в пункте 4

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 28 июня 2013 г. № 375-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному документу IEC/PAS 62137-3:2008 «Технология сборки изделий электроники. Часть 3. Руководство по выбору методов экологических и ресурсных испытаний для паяных соединений» (IEC/PAS 62137- 3:2008 «Electronics assembly technology — Part 3: Selection guidance of environmental and endurance test methods for solder joints»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации и межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный 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.ru).

© Стандартинформ, 2014

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 и определения . . . 2
4 Общие положения . . . 3
5 Порядок выбора применимого метода испытаний . . . 5
5.1 Воздействующие факторы на паяные соединения в реальных условиях и при проведении испытаний . . . 5
5.2 Выбор методов испытаний, основанных на формах и типах выводов электронных компонентов 7
5.2.1 Поверхностно монтируемые компоненты. . . . 7
5.2.2 Компоненты с выводами, монтируемыми в отверстия . . . 9
6 Общие положения для методов испытаний . . . 10
6.1 Монтаж прибора и используемые материалы . . . 10
6.2 Условия пайки . . . 11
6.2.1 Общие положения . . . 11
6.2.2 Пайка оплавлением припоя . . . 11
6.2.3 Пайка волной припоя . . . 12
6.3 Ускоренная подготовка к испытанию . . . 14
6.3.1 Быстрое изменение температуры (в настоящем стандарте применяется для всех типов припоев) . . . 14
6.3.2 Сухой нагрев (применяется только к припою состава Bi58Sn42) . . . 14
6.3.3 Влажный нагрев (установившийся режим) (применяется к припоям состава Sn91Zn9 и Sn89Zn8Bi3) . . . 14
6.4 Выбор условий испытания и оценка результатов испытания. . . . 14
7 Метод оценки испытания . . . 15
7.1 Испытание на прочность паяного соединения поверхностно монтируемых компонентов . . . 15
7.1.1 Общие положения . . . 15
7.1.2 Испытание прочности на отрыв . . . 15
7.1.3 Испытание прочности на сдвиг. . . . 16
7.1.4 Испытание прочности при приложении крутящего момента. . . . 16
7.1.5 Испытание прочности при монотонном изгибе . . . 17
7.2 Циклическое испытание на изгиб. . . . 17
7.3 Испытание на усталость при механическом сдвиге. . . . 19
7.4 Циклическое испытание на падение и циклическое испытание на прочность при ударе стальным шариком . . . 20
7.4.1 Циклическое испытание на падение. . . . 20
7.4.2 Циклическое испытание на прочность при ударе стальным шариком . . . 21
7.5 Испытание на прочность паяных соединений для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия. . . . 21
7.5.1 Испытание прочности на отрыв для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия. . . . 21
7.5.2 Испытание на сопротивление ползучести для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия . . . 22
Приложение А (справочное) Условие быстрого изменения температуры. . . . 23
Приложение В (справочное) Испытание паяного соединения на электрический обрыв . . . 25
Приложение С (справочное) Испытания на прочность при приложении крутящего момента . . . 26
Приложение D (справочное) Испытание на прочность при монотонном изгибе. . . . 29
Приложение Е (справочное) Циклическое испытание на удар стальным шариком. . . . 31
Приложение F (справочное) Испытание прочности на отрыв . . . 33
Приложение G (справочное) Испытание на сопротивление ползучести. . . . 34
Приложение Н (справочное) Метод оценки явления подъема галтели припоя для паяного соединения компонента, монтируемого в отверстия. . . . 36
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам . . . 38
Библиография . . . 39

Введение

Международный стандарт МЭК (IEC) 62137-3 был подготовлен в комитете МЭК ТК 91: «Технология сборки электроники».

Данная редакция прекращает действие и заменяет документ IEC/PAS 62137-3, опубликованный в 2008 году, и включает некоторые редакторские правки. Основные изменения, имеющие отношение к настоящему стандарту, включают следующее:

- отсутствие технических изменений;
- некоторые редакторские изменения и корректировки;
- некоторые существенные изменения, реализованные для удобства.

Перечень всех частей стандарта IEC 62137 может быть найден на web-сайте Международной электротехнической комиссии под общим заголовком «*Технология сборки изделий электроники*».

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Часть 3

Руководство по выбору методов экологических и ресурсных испытаний для паяных соединений

Electronics assembly technology. Part 3. Selection guidance of environmental and endurance test methods for solder joints

Дата введения — 2013—12—01

1 Область применения[1)]

Настоящий стандарт устанавливает методологию выбора наиболее подходящего метода испытаний на надежность паяных соединений различных форм и типов для электронных компонентов, монтируемых по технологии поверхностного монтажа (SMD), компонентов с матричными выводами и других, а также компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия с использованием припоя из сплавов различного состава.

2 Нормативные ссылки

Следующие нормативные документы являются обязательными для применения настоящего стандарта. При датированных ссылках применимы только упомянутые публикации. При недатированных ссылках используется последний нормативный документ (включая любые дополнения).

МЭК 60194 Платы печатные. Конструкция, изготовление и сборка. Термины и определения *(Printed board design, manufacture and assembly — Terms and definitions)*

МЭК 61188-5 (все части) Платы печатные и сборки печатных плат. Проектирование и применение *(Printed boards and printed board assemblies — Design and use)*

МЭК 61249-2-7 Материалы для печатных плат и других соединительных структур. Часть 2-7. Армированные материалы основания с плакировкой и без плакировки. Эпоксидный слоистый пластик со стеклотканью Е, с определенной воспламеняемостью (вертикальное испытание на горение), плакированный медью (*Materials for printed boards and other interconnecting structures — Part 2-7: Reinforced base materials clad and unclad — Epoxide woven E-glass laminated sheet of defined flammability (vertical burning test), copper-clad*

МЭК 62137-1-1:2007 Технология поверхностного монтажа. Методы испытания паяных соединений поверхностного монтажа на долговечность и воздействие окружающей среды. Часть 1-1. Испытание прочности на отрыв *(Surface mounting technology — Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint — Part 1-1: Pull strength test)*

МЭК 62137-1-2:2007 Технология поверхностного монтажа. Методы испытания паяных соединений поверхностного монтажа на долговечность и воздействие окружающей среды. Часть 1-2. Испытание прочности на сдвиг *(Surface mounting technology — Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint — Part 1-2: Shear strength test)*

[1)] *Внесено редакционное изменение текста по отношению к тексту применяемого стандарта МЭК для приведения в соответствие с терминологией, принятой в Российской Федерации.*

Издание официальное

МЭК 62137-1-3:2008 Технология поверхностного монтажа. Методы испытания паяных соединений поверхностного монтажа на долговечность и воздействие окружающей среды. Часть 1-3. Испытание на циклическое падение *(Surface mounting technology — Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint — Part 1-3: Cyclic drop test)*

МЭК 62137-1-4:2009 Технология поверхностного монтажа. Методы испытания паяных соединений поверхностного монтажа на долговечность и воздействие окружающей среды. Часть 1-4. Циклическое испытание на изгиб *(Surface mounting technology — Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint — Part 1-4: Cyclic bending test)*

МЭК 62137-1-5:2009 Технология поверхностного монтажа. Методы испытания паяных соединений поверхностного монтажа на долговечность и воздействие окружающей среды. Часть 1-5. Испытание на усталость при механическом сдвиге *(Surface mounting technology — Environmental and endurance test methods for surface mount solder joints — Part 1-5: Mechanical shear fatigue test)*

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по МЭК 60194, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **прочность на отрыв поверхностно монтируемого компонента** (pull strength for SMD): Максимальная сила, необходимая для разрушения соединения вывода и подложки, когда вывод в виде «крыльев чайки» поверхностно монтируемого компонента отрывается с использованием специального инструмента под углом 45° к поверхности подложки.

[IEC 62137-1-1:2007, измененный]

3.2 **прочность при сдвиге для поверхностно монтируемого компонента** (shear strength for SMD): Максимальная сила, приложенная параллельно к поверхности подложки и перпендикулярно к боковой поверхности образца, необходимая для разрушения соединения поверхностно монтируемого компонента, смонтированного на подложке.

[IEC 62137-1-1:2007, измененный]

3.3 **прочность при сдвиге с приложением крутящего момента для поверхностно монтируемого компонента** (torque shear strength for SMD): Максимальный крутящий момент, прикладываемый к поверхностно монтируемому компоненту параллельно к поверхности подложки, необходимый для разрушения паяного соединения между концевыми выводами/выводами поверхностно монтируемого компонента и подложкой.

3.4 **прочность при монотонном изгибе, прикладываемом к поверхностно монтируемому компоненту** (monotonic bending strength for SMD): Прочность паяных соединений поверхностно монтируемого компонента, смонтированного на подложке, при условии, что подложка выгнута по направлению к смонтированному компоненту, выражена максимальной глубиной прогиба, при которой разрушается соединение.

3.5 **циклическая прочность на изгиб для поверхностно монтируемого компонента** (cyclic bending strength for SMD): Интенсивность силы, которая выражена в числе циклов, необходимых для перелома соединения между концевыми выводами/выводами смонтированного на подложке поверхностно монтируемого компонента и медной контактной площадки подложки после циклического изгиба подложки на специфицированный угол, позволяющий лицевой стороне подложки принимать выпуклую форму.

[IEC 62137-1-4:2009, измененный]

3.6 **сопротивление механическому сдвигу при усталости для поверхностно монтируемого компонента** (mechanical shear fatigue strength for SMD): Приложение циклической деформации сдвига к паяным соединениям путем механических перемещений взамен относительных перемещений, вызванных разностью ТКЛР (температурных коэффициентов линейного расширения), происходящих при испытаниях циклическим изменением температуры

Примечание — Испытание на усталость при механическом сдвиге продолжается до момента, когда максимальная прилагаемая сила уменьшится до установленной величины, что соответствует появлению начальной трещины, или до момента, когда измеряющим электрическое сопротивление прибором будет зарегистрирован

разрыв электрического соединения, причем количество циклических механических сдвигов регистрируется как показатель устойчивости к усталости.

3.7 **циклическое испытание на падение для поверхностно монтируемого компонента** (cyclic drop test for SMD): Число фиксируемых испытательным приспособлением падений до момента разрушения паяных соединений поверхностно монтируемого компонента с контактными площадками на подложке, при падении подложки с определенной высоты.

3.8 **циклическое испытание на прочность при падении стального шарика** (cyclic steel ball drop strength for SMD): Число падений стального шарика с заранее определенной высоты на подложку до момента, при котором возникает разрушение паяных соединений поверхностно монтируемого компонента с контактными площадками на подложке.

3.9 **прочность на отрыв для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия** (pull strength for lead insertion type device): Максимальная приложенная сила, при которой разрушается паяное соединение между компонентом с выводами, монтируемыми в отверстия, и контактной площадкой на подложке, при отрыве вывода с помощью специального приспособления.

3.10 **сопротивление ползучести для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия** (creep strength for lead insertion type device): Прочность паяного соединения, выраженная временем до наступления момента разрушения паяного соединения при условии приложения постоянной силы к выводу компонента, монтируемого в отверстие, припаянного к контактной площадке.

3.11 **явление подъема галтели припоя для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия** (fillet lifting phenomenon for lead insertion type device): Явление, в силу которого происходит подъем галтели припоя от контактной площадки на подложке или контактной площадки от подложки (отслоение).

3.12 **последовательная цепочка** (daisy chain): Вся цепь паяных соединений, подключенных последовательно (см. В.2).

Примечание — Контактные площадки на обеих сторонах подложки и вывод имеют паяный контакт в последовательной цепочке при испытании на подъем галтели.

4 Общие положения

Области соединений, которые должны быть оценены, показаны на рисунке 1. Представленные здесь методы испытаний применимы для оценки стойкости соединений для компонента, смонтированного на подложке, но не для оценки механической прочности самого компонента.

Условия для проведения ускоренной подготовки к испытанию (быстрое изменение температуры и сухой нагрев) могут превысить максимально допустимый для компонента диапазон рабочих температур.

Бессвинцовые припои имеют свойства, отличающиеся от обычно используемых эвтектических и близких к ним сплавов припоев. Надежность бессвинцового паяного соединения может оказаться уменьшенной при применении конкретного припоя, при использовании концевых выводов/выводов особой формы и при обработке поверхности.

Пример фактора, показывающего влияние на надежность соединения с применением припоя Sn96,5Ag3Cu,5, представлен на рисунке 2. Данный припой имеет более высокую температуру плавления, является более твердым, нежели оловянно-свинцовый припой на основе эвтектического сплава, и более стойким к механической деформации в твердом состоянии. Следовательно, механическое напряжение, воздействующее на соединение, становится выше, нежели при использовании припоя на основе эвтектического оловянно-свинцового сплава.

Эти свойства могут вызвать разрыв паяного соединения при ускоренной подготовке к испытанию.

Покрытия выводов поверхностно монтируемых компонентов могут влиять не только на результаты испытаний на падение, но и на другие испытания. Следовательно, при всех испытаниях следует учитывать данный фактор.

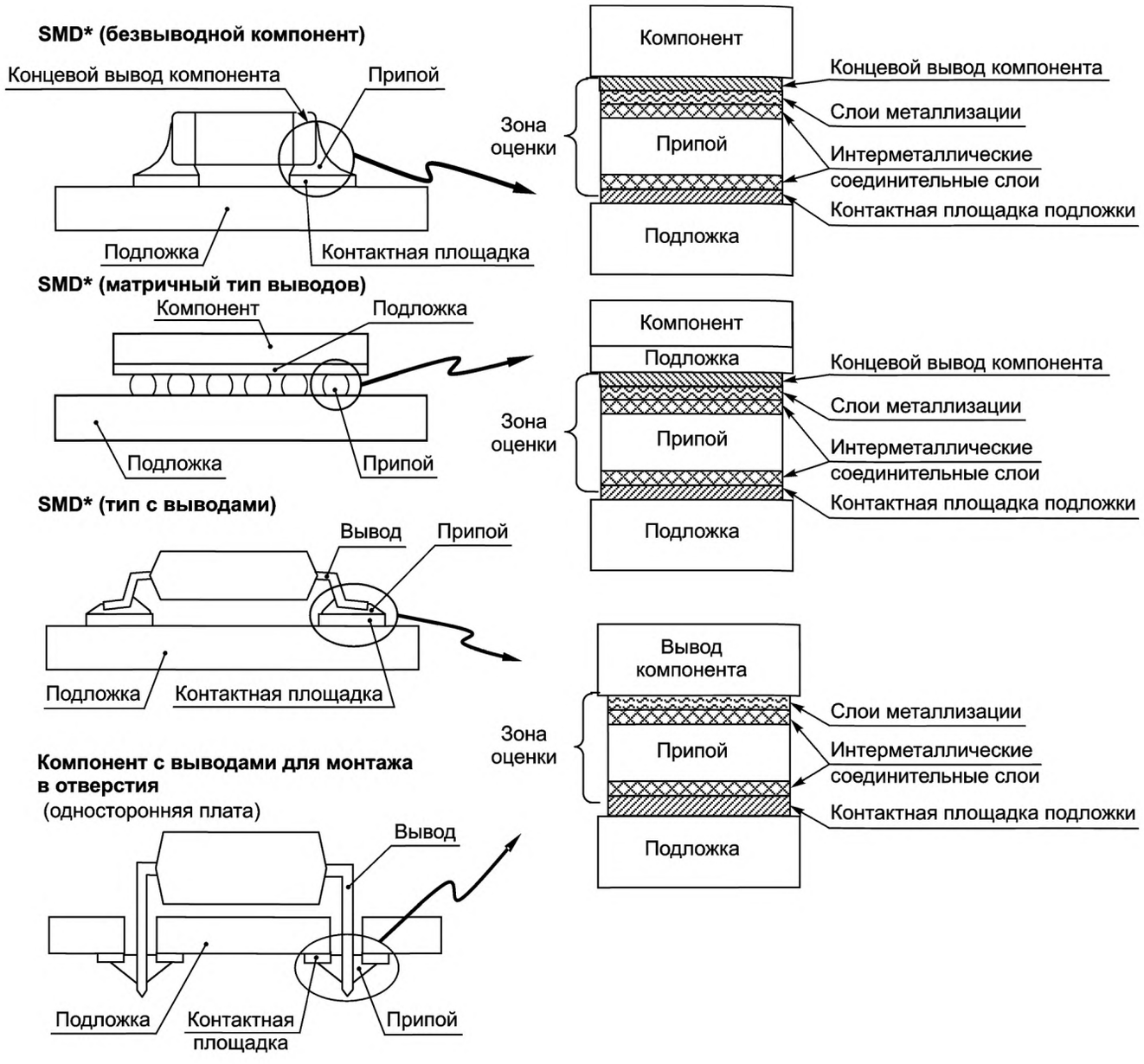


Рисунок 1 — Области соединений для испытаний на надежность

* SMD — поверхностно монтируемый компонент.

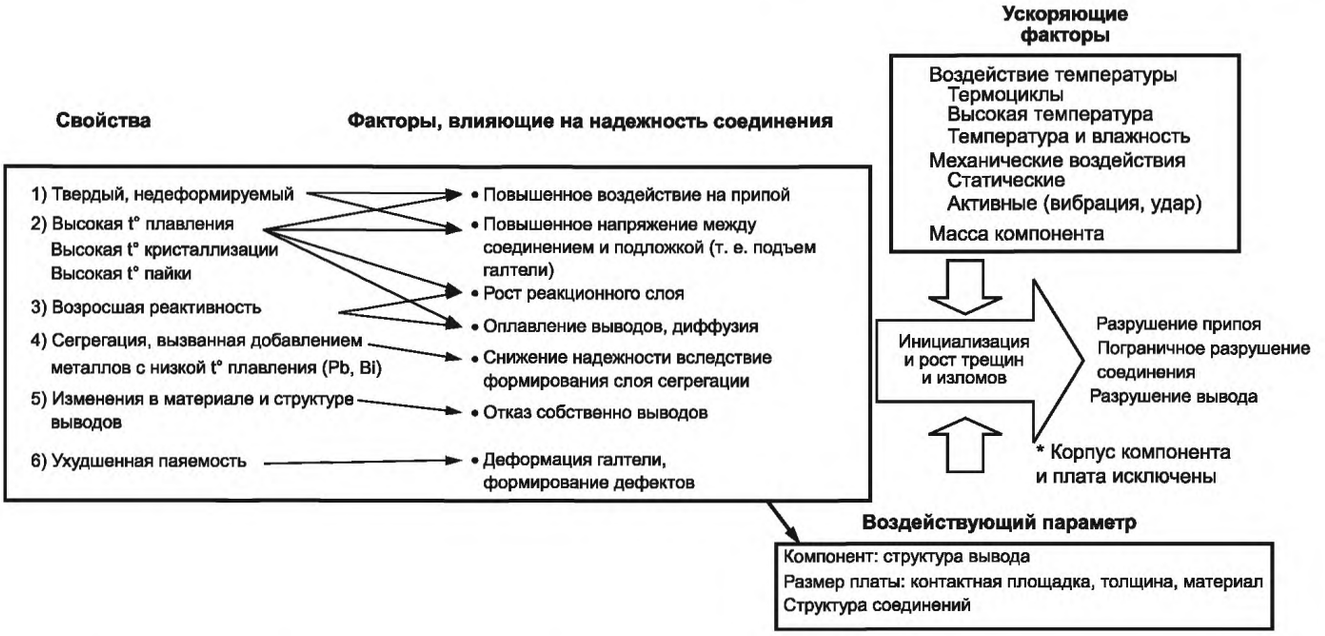


Рисунок 2 — Факторы, влияющие на надежность соединений, выполненных бессвинцовым припоем

5 Порядок выбора применимого метода испытаний

5.1 Воздействующие факторы на паяные соединения в реальных условиях и при проведении испытаний

Связь между методами испытаний и воздействием, вызванным реальными условиями, показана в таблице 1. Тип подложки и форма выводов компонента, которые влияют на результаты испытаний поверхностно монтируемых компонентов в реальных условиях, также приведены в ссылках к таблице. Выбор метода испытания, применимого для компонентов специальной формы и выводов компонента, приведен в 5.2.

Таблица 1 — Связь между методами испытаний и воздействиями, вызванными реальными условиями

Метод испытаний (применимый стандарт)	Ускоренная подготовка	Платы/компоненты, к которым применим метод испытания	Воздействие в условиях эксплуатации на изделия, к которым применим метод испытания
Проверка на обрыв[a), b)] Приложение B	Быстрое изменение температуры[c)] Сухой нагрев[c)] Влажный нагрев[c)]	Поверхностно монтируемые компоненты (SMD)	Предполагается наличие следующих воздействий: a) Повторяющийся термоудар, вызванный разностью температурных коэффициентов линейного расширения компонента и подложки при включенном или выключенном состоянии оборудования и/или температурных изменениях в окружающей среде. b) Высокая температура окружающей среды. c) Высокая температура и влажность окружающей среды
Прочность на отрыв[a)] МЭК 62137-1-1		Поверхностно монтируемые компоненты (SMD), с выводами типа «крыло чайки»	
Предел прочности при сдвиге[a)] МЭК 62137-1-2		Поверхностно монтируемые компоненты (SMD)	
Предел прочности на сдвиг при скручивании[a)] Приложение C		Поверхностно монтируемые компоненты (SMD)	
Испытания на прочность при монотонном изгибе[a)] Приложение D		Поверхностно монтируемые компоненты (SMD)	

Окончание таблицы 1

Метод испытаний (применимый стандарт)	Ускоренная подготовка	Платы/компоненты, к которым применим метод испытания	Воздействие в условиях эксплуатации на изделия, к которым применим метод испытания
Испытания на прочность при циклическом изгибе[a] МЭК 62137-1-4	Повторяющийся изгиб платы	Поверхностно монтируемые компоненты (SMD)	Повторяющееся механическое воздействие, приложенное к паяным соединениям и подложке, как в случае переключений, особенно для портативных устройств
Испытания на усталостную прочность при механическом сдвиге МЭК 62137-1-5	Прикладываемое циклическое механическое усилие	Поверхностно монтируемые компоненты (SMD)	Повторяющийся термоудар, вызванный разностью температурного коэффициента линейного расширения компонента и подложки при включенном или выключенном состоянии оборудования и/или температурных изменениях в окружающей среде
Испытание на циклическое падение[d] МЭК 62137-1-3	Повторяющееся падение платы	Поверхностно монтируемые компоненты (SMD)	Удар, испытываемый паяным соединением при случайном падении оборудования, находящегося во включенном состоянии
Испытание на прочность при циклическом падении стального шарика[d] Приложение E	Повторяющееся падение шарика	Поверхностно монтируемые компоненты (SMD)	
Испытание на прочность при отрыве Приложение F	Быстрое изменение температуры[c]	Односторонняя печатная плата, компоненты с выводами для монтажа в отверстия	Повторяющийся термоудар, вызванный разностью температурного коэффициента линейного расширения компонента и подложки при включенном или выключенном состоянии оборудования и/или температурных изменениях в окружающей среде
Испытание на сопротивление ползучести Приложение G	Весовая нагрузка при повышенной температуре	Односторонняя печатная плата, компоненты с выводами для монтажа в отверстия	Разрушение паяного соединения при приложении постоянной силы
Наблюдение явления подъема галтели Приложение H	Не применяется[e]	Двухсторонняя печатная плата, компоненты с выводами для монтажа в отверстия	Явление подъема галтели может встречаться между припоем и покрытием вывода и/или контактной площадкой после пайки

[a] Данный вид испытаний проводится для оценки уменьшения прочности паяного соединения при ускоренной подготовке к испытанию, реализованной в виде повторяющегося температурного воздействия на соединение посредством быстрого изменения температуры, сухого и влажного нагрева. Должный способ испытания должен быть выбран с учетом свойств испытуемого изделия, таких как форма выводов.

[b] Данный вид испытаний проводится для проверки наличия возможного дефекта паяного соединения посредством измерений изменения величины электрического сопротивления без приложения механического воздействия. Данный метод испытаний упомянут здесь как альтернативный метод, поскольку он достаточно часто употребим, особенно для изделий с матричным расположением выводов BGA и LGA.

[c] В зависимости от состава использованного припоя применяемая ускоренная подготовка к испытательному воздействию может быть следующей:

1) Быстрое изменение температуры: для припоев состава Sn-Zn, Sn-Bi и Sn-In.
2) Влажный нагрев: для припоев состава Sn-Zn.
3) Сухой нагрев: для припоев состава Sn-Bi.

[d] Испытание на воздействие циклическим падением стального шарика применимо для припоев на основе сплава Sn-Zn, Sn-Bi и Sn-In.

[e] Если имеется подъем галтели между выводом и платой, для воздействия рекомендуется применять быстрое изменение температуры.

Примечание — Испытание на виброустойчивость является испытанием на долговечность в условиях вибрации, которая может воздействовать на изделие при его транспортировке или при использовании его в условиях эксплуатации. До настоящего момента не было доказано, что испытания на виброустойчивость, включая и наиболее жесткие испытания при случайной вибрации, могли бы дать оценку степени разрушения паяного соединения. По этой причине испытание на виброустойчивость не включено в настоящий стандарт.

5.2 Выбор методов испытаний, основанных на формах и типах выводов электронных компонентов

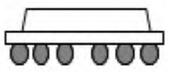
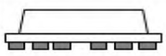
5.2.1 Поверхностно монтируемые компоненты

Рекомендованные методы испытаний, пригодные для электронных компонентов различных форм корпусов и типов выводов, приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Рекомендованные методы испытаний, пригодные для поверхностно монтируемых электронных компонентов различных форм корпусов и типов выводов

	Типы выводов компонента				Применение ускоренной подготовки к испытаниям							
	Выводы		Количество выводов	Примеры	Отрыв	Прочность при сдвиге	Прочность при крутящем моменте	Обрыв	Монотонный изгиб	Циклический изгиб	Циклическое падение	Усталость при механическом сдвиге
Основные электронные компоненты	Выводы на двух сторонах (гнутые)		2	Танталовый конденсатор, индуктивность	—	A, B	—	—	—	—	C	—
	Выводы на трех сторонах		2	Чип-резистор, пленочный конденсатор	—	A, B	—	—	—	—	C	—
	Выводы на пяти сторонах, включая крышку		2	Монолитный конденсатор, термистор, предохранитель, индуктивность	—	A, B	—	—	—	—	C	—
	Многовыводные компоненты (выводы по сторонам)		4 или более	Резисторные и конденсаторные сборки	—	A, B	—	—	—	C	C	—
	«Крыло чайки» — 1		4 или более	Трансформатор	A, B	C	—	—	C	—	C	—
	«Крыло чайки» — 2		До 6	Переключатель	—	B	A, B	—	—	—	C	—
	«Крыло чайки» — 3		4 или более	Разъем	—	A, B	A, B	—	C	—	C	—
	Выводы на основании компонента		2	Катушка индуктивности, танталовый конденсатор	—	A, B	B	—	—	—	C	—
	Круглые выводы, включая колпачок		2	MELF конденсатор/резистор/предохранитель	—	A, B	B	—	—	—	C	—

Продолжение таблицы 2

	Типы выводов компонента				Применение ускоренной подготовки к испытаниям							
	Выводы		Количество выводов	Примеры	Отрыв	Прочность при сдвиге	Прочность при крутящем моменте	Обрыв	Монотонный изгиб	Циклический изгиб	Циклическое падение	Усталость при механическом сдвиге
Полупроводниковые приборы	Выводы на двух сторонах (гнутые)		2	Диод	—	A, B	C	—	—	—	C	—
	«Крыло чайки»		от 3 до 6	Малый транзистор	C	B	C	—	—	—	C	—
	«Крыло чайки»		6 или более	QFP, SOP	A, B	—	—	C	C	C	B	B
	Безвыводные		6 или более	QFN, SON	—	—	—	A, B	C	B	B	B
	Шариковые выводы на основание корпуса		Множество	BGA, FBGA	—	—	—	A, B	C	B	B	B
	Выводы на основание корпуса без шариков		Множество	LGA, FLGA	—	—	—	A, B	C	B	B	B

Примечания

1 «A» — рекомендуется для ускоренной подготовки к испытанию, «B» — применимо, «C» — применимо при удовлетворении определенных условий, «-» — не применяется.

2 Одно из нижеперечисленных механических испытаний проводится до и после ускоренной подготовки к испытаниям в соответствии с формой компонента, подлежащего испытанию:

a) испытание прочности на отрыв: поверхностно монтируемые компоненты с выводами типа «Крыло чайки»;

b) испытание на предел прочности при сдвиге: поверхностно монтируемые компоненты малых размеров, для которых может быть применено приспособление для приложения бокового механического давления;

c) испытание на прочность при сдвиге при приложении крутящего момента: поверхностно монтируемые компоненты, имеющие форму корпуса, не позволяющую применить обычное испытание на прочность при сдвиге, а также достаточно большие по размерам компоненты с большим количеством выводов, такие как полупроводниковые приборы или разъемы.

3 Испытание на наличие электропроводности применяется к компонентам, для которых может быть сформировано последовательное соединение на основание печатной платы или же внутри самого компонента, находящегося под испытанием.

Примерами являются полупроводниковые приборы с выводами, отличающимися от BGA, LGA или QFN.

4 Испытания на монотонный изгиб применяются к тем компонентам с большой высотой или геометрическими размерами, к которым можно применить измерение сопротивления и которые не могут быть легко деформированы.

5 Испытания на прочность при циклическом изгибе и на циклическое падение применяются к компонентам, используемым в основном в портативной аппаратуре.

Применение данного вида испытаний описывается в технических условиях на изделие.

Испытание на прочность при циклическом изгибе для подложек применяется для полупроводниковых приборов, смонтированных на подложке.

Окончание таблицы 2

6 Каждый тип испытаний на воздействие температуры применяется при использовании следующих сплавов:

a) быстрое изменение температуры: для сплавов Sn-Ag-Cu, Sn-Zn, Sn-Bi и Sn-In;

b) влажный нагрев: для сплава Sn-Zn;

c) сухой нагрев: для сплава Sn-Bi.

7 Формы корпусов полупроводниковых приборов установлены в стандарте МЭК 60191. Однако понятие «Корпус с концевыми выводами без шариков на нижней поверхности» до настоящего времени не определено. Здесь под термином «Корпус с концевыми выводами без шариков на нижней поверхности» понимается корпус BGA без шариков припоя.

5.2.2 Компоненты с выводами, монтируемыми в отверстия

Испытание прочности на отрыв является основным для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия. Для изделий большого размера также может быть использовано испытание на сопротивление ползучести, при предположении о возможности приложения механического воздействия со стороны конструктивной структуры изделия.

Выбор вида испытаний должен быть отражен в технических условиях на изделие, монтируемое только на одной стороне подложки. Во многих случаях прочность выводов компонентов, монтируемых в отверстия, может быть хуже в сравнении с прочностью паяных соединений. Настоящие виды испытаний не являются подходящими для оборудования, в котором используется данный вид подложек.

Рекомендованные с учетом массы методы испытаний для изделий с выводами, монтируемыми в отверстия, тип платы и способ приложения нагрузки представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Рекомендованные для применения способы испытаний и масса изделий с выводами, монтируемыми в отверстия

Тип подложки	Применение, тип изделия		Испытание		Оценка	
	Применение	Масса изделия	Испытание на прочность при отрыве	Испытание на сопротивление ползучести	Явление подъема галтели припоя	Проверка на обрыв
Односторонняя, с монтажом в отверстия TH	Без постоянной нагрузки	Легкое	B	—	—	—
		Тяжелое	C	B	—	—
	С постоянной нагрузкой	Легкое	B	—	—	—
		Тяжелое	C	C	—	—
Двусторонняя, с монтажом в отверстия TH	В основном для компонента с выводом для монтажа в отверстие		—	—	B	C
	Компонент с выводом, монтируемым в отверстие, для которого применима последовательно измеряемая цепь		—	—	B	B

Примечания

1 «B» — применимо, «C» — применимо при выполнении определенных условий, «—» — неприменимо.

2 Требования к окружающей среде при проведении испытаний:

a) испытания на прочность при отрыве — комнатная температура;

b) испытания на сопротивление ползучести — повышенная температура окружающей среды, как отражено в стандарте на изделие;

c) видимый подъем галтели припоя — комнатная температура;

d) проверка на обрыв — быстрые изменения температуры окружающей среды, как отражено в стандарте на изделие.

3 Для проведения данных испытаний возможно применение припоев сплавов Sn-Ag-Cu и Sn-Zn.

4 В случае применения двухсторонней подложки с отверстиями, прочность собственно вывода, как правило, меньше, чем прочность паяного соединения. Следовательно, данный вид подложек неприменим для проведения испытаний на прочность при отрыве.

5 Особенности оценки двухсторонних печатных плат для монтажа в сквозные отверстия даны в приложении H.

6 Общие положения для методов испытаний

6.1 Монтаж прибора и используемые материалы

a) Припой

На практике для пайки в качестве припоя используется большой ассортимент бессвинцовых сплавов. Если в спецификации на продукт не указано иное, бессвинцовый сплав для припоя должен выбираться из таблицы 4, где дается его тип.

Таблица 4 — Состав припоев

Тип припоя	Сплав (краткое обозначение)	
Sn-Ag-Cu	Sn96,5Ag3Cu,5(A30C5)	—
Sn-Zn	Sn91Zn9(Z90)	Sn89Zn8Bi3(Z80B30)
Sn-Bi	Bi58Sn42(B580)	—
Sn-In	Sn88In8Ag3,5Bi,5(N80A35B5)	—
Sn-Cu	Sn99,3Cu,7(C7)	—

b) Тестовая подложка

Тестовой подложкой служит приведенный в стандарте МЭК 61249-2-7 ламинированный материал на основе стеклоткани и эпоксидных смол, покрытый медью. Материал подложки с наименьшей подверженностью термическому разложению, механической деформации и разрушению следует выбирать в случае использования материала, отличающегося от указанного выше.

Твердые, трудно деформируемые материалы, такие как керамика, не следует использовать в качестве тестовой подложки при проведении испытаний на прочность при монотонном и циклическом изгибе и при испытании на циклическое падение.

Прочие условия указаны в описании соответствующих методов испытаний.

c) Монтаж изделий на тестовую подложку

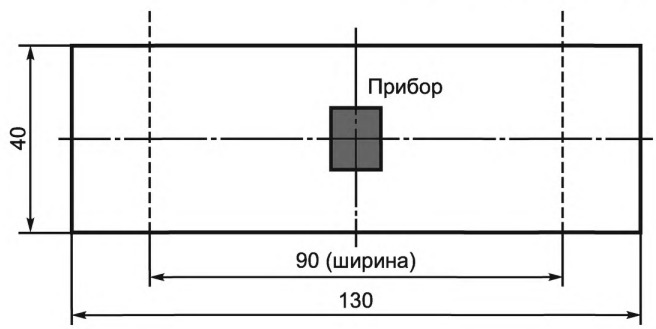
Ниже перечислены требования к монтажу изделий на тестовую подложку.

При проведении испытаний для поверхностно монтируемых изделий последние монтируются на подложке с односторонней металлизацией или на одной стороне подложки с двухсторонней металлизацией.

При проведении испытаний для изделий с выводами, монтируемыми в отверстия, последние монтируются на одной стороне подложки. Испытания для изделий с выводами, монтируемыми в отверстия и установленными на обеих сторонах подложки, не проводятся, поскольку в данном случае прочность паяного соединения намного выше прочности выводов изделия.

Для пайки поверхностно монтируемых компонентов должен применяться метод пайки оплавлением; для изделий с выводами, монтируемыми в отверстия, должен применяться метод пайки волной припоя.

Размеры в миллиметрах



Пояснение — Толщина тестовой подложки 1,6 мм

Рисунок 3 — Пример монтажа поверхностно монтируемого прибора для проведения испытаний на устойчивость при монотонном и циклическом изгибах

d) Расположение компонентов на тестовой подложке и контактные площадки

Поверхностно монтируемые компоненты, подлежащие испытаниям на прочность при монотонном изгибе, циклическим испытаниям на прочность при изгибе и испытаниям на циклическое падение, должны быть смонтированы в центре тестовой подложки, как это показано на рисунке 3. По согласованию между производителем и потребителем расположение испытуемого прибора для проведения иных испытаний может быть определено в другом месте тестовой подложки. Если иное не указано в стандарте на изделие, должны использоваться контактные площадки, удовлетворяющие требованиям стандарта МЭК 61188-5.

Таблица 5 — Диаметры сквозных отверстий и контактных площадок в отношении к номинальному поперечному сечению и номинальному диаметру проволочного вывода

Номинальная область поперечного сечения (S), мм^2	Номинальный диаметр (d) круглого в сечении вывода, мм	Диаметр сквозного отверстия, мм	Диаметр контактной площадки, мм
$S \le 0,10$	$d \le 0,35$	0,8	1,4
$0,10 < S \le 0,28$	$0,35 < d \le 0,60$	1,0	1,6
$0,28 < S \le 0,50$	$0,60 < d \le 0,80$	1,2	1,8
$0,50 < S \le 0,79$	$0,80 < d \le 1,00$	1,4	2,0
$0,79 < S \le 1,20$	1,00 ,60 $< d \le 1,25$	1,6	2,2

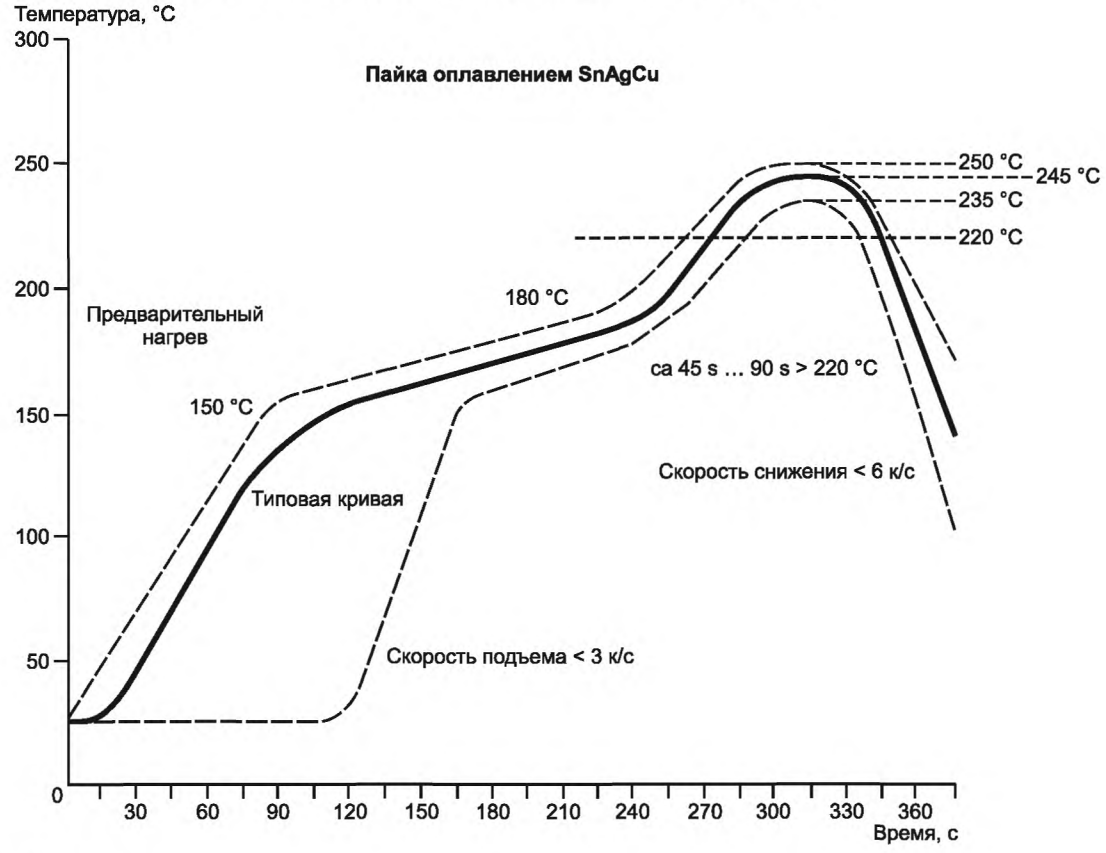
6.2 Условия пайки

6.2.1 Общие положения

Для формирования галтели припоя надлежащего качества требуется правильный выбор условий пайки. Примеры температурного профиля для пайки оплавлением и волной припоя показаны в 6.2.2 и 6.2.3 соответственно.

6.2.2 Пайка оплавлением припоя

Температурные профили при пайке оплавлением припоя, используемые при практической реализации процесса сборки, всегда должны быть оптимизированы с учетом размеров монтируемых пайкой компонентов, размеров подложки и т. д. Температурный профиль для припоя Sn96,5Ag3Cu,5 должен соответствовать рекомендациям, данным в стандарте МЭК 61760-1, как показано на рисунке 4. Примеры температурного профиля для других припоев показаны на рисунке 5.

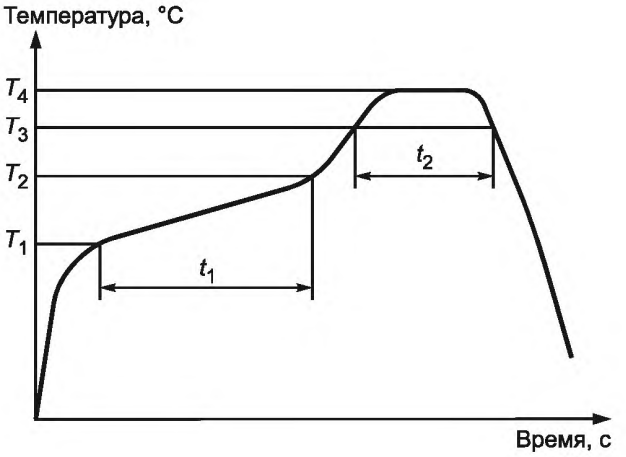


Пояснения

Сплошная линия: типовой процесс (температура на концевых выводах).

Пунктирная линия: ограничения технологического процесса; ограничение снизу (температура на концевых выводах); ограничение сверху (температура на верхней части прибора).

Рисунок 4 — Пример температурного профиля при пайке оплавлением припоя (Sn96,5Ag3Cu,5)



Символ и описание		Состав припоя		
		Sn91Zn9[a], Sn89Zn8Bi3	Bi58Sn42	Sn88In8Ag3,5Bi,5
T_1	Минимальная температура предварительного разогрева	130 °С	100 °С	140 °С
T_2	Максимальная температура предварительного разогрева	150 °С	120 °С	160 °С
T_3	Температура пайки	200 °С	150 °С	206 °С
T_4	Пиковая температура	220 °С ± 5 °С	190 °С ± 5 °С	220 °С ± 5 °С
t_1	Время предварительного разогрева	90 с ± 30 с	90 с ± 30 с	90 с ± 30 с
t_2	Время пайки	От 20 до 60 с	От 20 до 60 с	От 20 до 60 с
[a] Пайку рекомендуется проводить в атмосфере инертного газа, такого как N_2.				

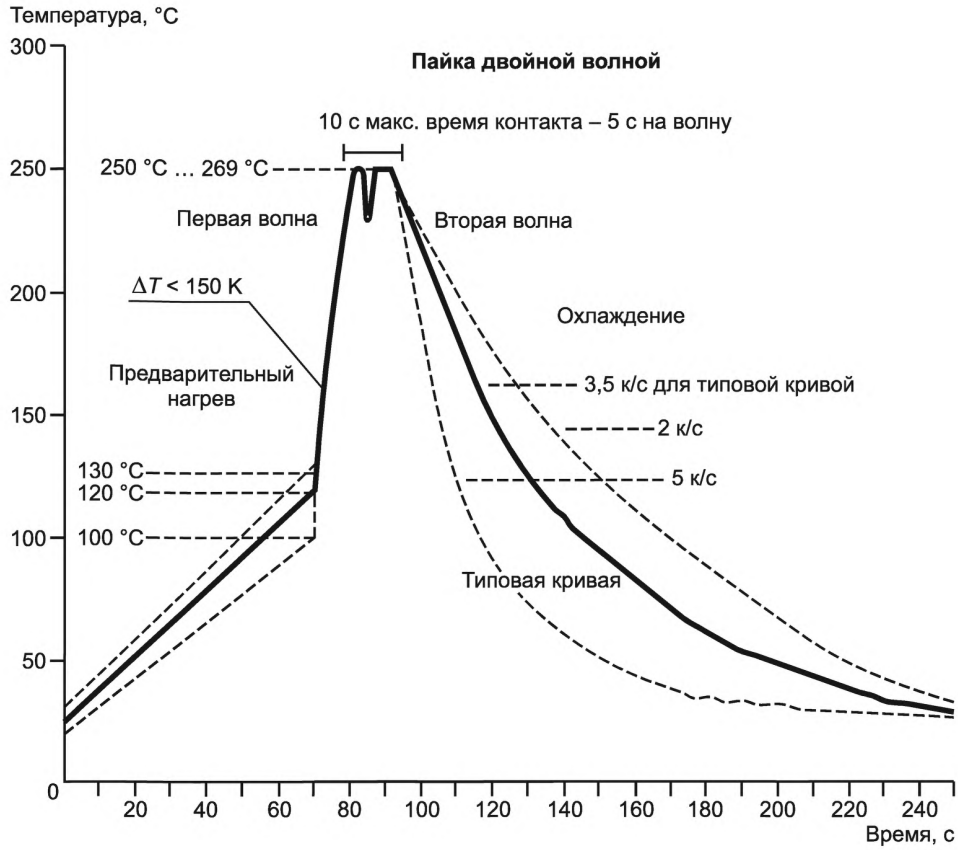
Рисунок 5 — Примеры температурного профиля при пайке оплавлением припоя иного, чем Sn96,5Ag3Cu,5

Детальные описания прочих условий отражены в соответствующих методиках испытаний.

6.2.3 Пайка волной припоя

Температурные профили при пайке волной припоя, используемые при практической реализации процесса сборки, всегда должны быть оптимизированы с учетом размеров монтируемых пайкой компонентов, размеров подложки и т. д. Температурный профиль для припоя Sn96,5Ag3Cu,5 должен соответствовать показанному на рисунке 6 и на рисунке 7.

Детальные описания прочих условий отражены в соответствующих методиках испытаний.

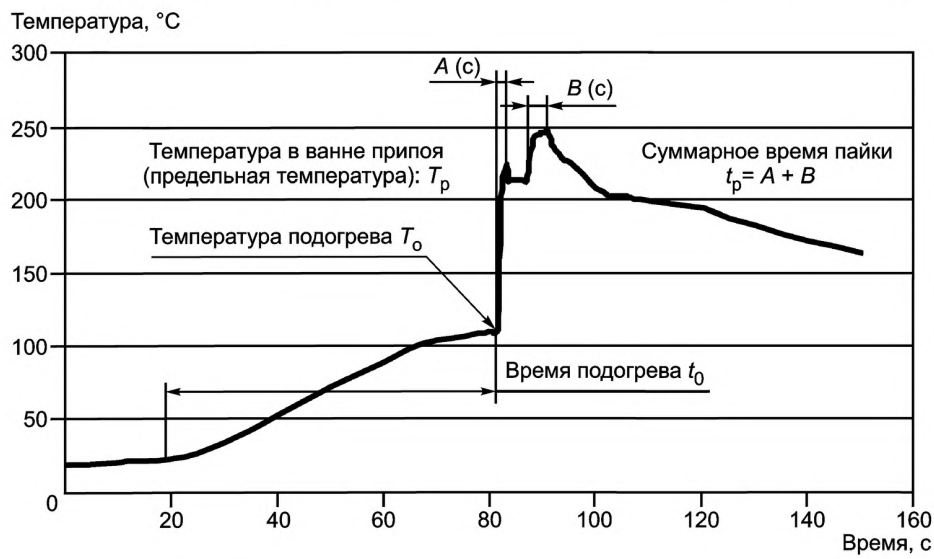


Пояснения

Сплошная линия: типовой процесс (температура на концевых выводах).

Пунктирная линия: ограничения технологического процесса; ограничение снизу (температура на концевых выводах); ограничение сверху (температура на верхней части прибора).

Рисунок 6 — Пример температурного профиля при пайке волной припоя (Sn96,5Ag3Cu,5)



Состав припоя	Подогрев		Пайка	
	Температура подогрева T_0	Время подогрева t_0	Максимальная температура T_p	Время пайки t_p
Sn99,3Cu,7(C7)	От 100 °С до 120 °С	От 30 с до 90 с	250 °С ± 5 °С	От 3 с до 5 с

Рисунок 7 — Пример температурного профиля при пайке волной припоя

6.3 Ускоренная подготовка к испытанию

6.3.1 Быстрое изменение температуры (в настоящем стандарте применяется для всех типов припоев)

Испытание N (быстрое изменение температуры с заданным временем перехода), описанное в стандарте МЭК 60068-2-14, должно быть выполнено при проведении испытаний на прочность при отрыве, на прочность при сдвиге, на прочность при приложении крутящего момента и при испытаниях на монотонный изгиб для поверхностно монтируемых компонентов и при проведении испытаний на прочность при отрыве для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия. Температурные условия должны быть выбраны с учетом влияния характеристик изменения температуры паяного соединения, ослабляющих соединение, когда оно испытывает воздействие. Температурные характеристики зависят от размера испытуемого образца (теплоемкость и тепловыделение образца), размеров тестовой подложки или от количества одновременно испытываемых тестовых подложек (См. приложение А).

Рекомендуемые температурные условия представлены в таблице 6.

Если не указано другое, количество циклов составляет от 500 до 1000, за исключением измерения сопротивления.

Таблица 6 — Температурные условия для случая быстрого изменения температуры

Условия		Состав сплава для припоя			
		Sn96, 5Ag3Cu,5	Sn91Zn9, Sn89Zn8Bi3	Bi58Sn42	Sn88In8Ag3,5Bi,5
Минимальная температура хранения	Температура	–40 °C	–40 °C	–40 °C	–40 °C
	Время выдержки	30 мин	30 мин	30 мин	30 мин
Максимальная температура хранения	Температура	125 °C	125 °C	85 °C	125 °C
	Время выдержки	30 мин	30 мин	30 мин	30 мин

6.3.2 Сухой нагрев (применяется только к припою состава Bi58Sn42)

Сухой нагрев, как описано в стандарте МЭК 60068-2-2, должен быть выполнен при проведении испытаний на прочность при отрыве, на прочность при сдвиге, на прочность при приложении крутящего момента и при испытаниях на монотонный изгиб для поверхностно монтируемых компонентов и при проведении испытаний на прочность при отрыве для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия, на следующих условиях.

a) Температура: 85 °C.

b) Продолжительность: 500 ч и 1000 ч.

6.3.3 Влажный нагрев (установившийся режим) (применяется только к припоям состава Sn91Zn9 и Sn89Zn8Bi3)

Испытание в камере (влажный нагрев, установившийся режим), описанное в стандарте МЭК 60068-2-78, должно быть выполнено при проведении испытаний на прочность при отрыве, на прочность при сдвиге, на прочность при приложении крутящего момента и при испытаниях на монотонный изгиб для поверхностно монтируемых компонентов и при проведении испытаний на прочность при отрыве для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия, на следующих условиях.

a) Температура и влажность: 65 °C, 85 %.

b) Продолжительность: 500 ч и 1000 ч.

6.4 Выбор условий испытания и оценка результатов испытания

a) Скорость приложения нагрузки

Методы испытаний и условия оценки стойкости паяных соединений должны быть организованы таким образом, чтобы избежать разрушения собственно испытуемого образца, сосредоточив разрушающее воздействие исключительно на паяном соединении. Существует тенденция к увеличению разрушения тестовой подложки и/или образца при проведении испытаний на прочность при отрыве, сдвиге, отрыве с приложением крутящего момента и монотонном изгибе для поверхностно монтируемых приборов и для испытаний на прочность при отрыве для приборов с выводами, монтируемыми в отверстия, в случаях, когда скорость приложения воздействующей силы очень высока. Рекомендуется выбирать более медленные скорости приложения нагрузки, при которых разрушение паяного соедине-

ния происходит в период от нескольких десятков секунд до нескольких минут, основываясь на проведении предварительных испытаний образца.

b) Крепление тестовой подложки

На результат испытания могут влиять происходящие во время испытания смещения тестовой подложки относительно основания или ее искривления. Тестовая подложка должна быть надежно закреплена на основании, желательно в месте, близком к испытываемому паяному соединению.

Структура и/или размер крепежного приспособления, применяемого для фиксации тестовой подложки, или поддерживающего тестовую подложку приспособления должны быть точно описаны для каждого метода испытания для поддержания воспроизводимости условий испытания.

c) Результат испытания

Результат испытания должен быть проанализирован не только подтверждением и записями силы и времени приложенного разрушающего паяное соединение воздействия, но и способа, каким данное разрушение произошло.

7 Метод оценки испытания

7.1 Испытание на прочность паяного соединения поверхностно монтируемых компонентов

7.1.1 Общие положения

Испытания на прочность при отрыве, на прочность при сдвиге, на прочность при приложении крутящего момента и на монотонный изгиб как до, так и после ускоренной подготовки к испытанию используются для оценки степени деградации прочности и других характеристик паяного соединения.

7.1.2 Испытание прочности на отрыв

Испытание прочности при отрыве применяется для поверхностно монтируемых компонентов с выводами типа «Крыло чайки». Как показано на рисунке 8, для приложения усилия отрыва и для измерения силы при отрыве приспособление, создающее усилие на отрыв, цепляется крючком к одному из выводов под углом 45°.

Деградация соединения анализируется сравнением максимальной приложенной на отрыв силы и типа разрушения до и после ускоренной подготовки компонента к испытанию. Данный вид испытаний применим для соединений, полученных как пайкой оплавлением, так и методом пайки волной припоя.

Наиболее подходящая скорость подъема прямоугольного плоского корпуса (QFP) с выводами с шагом 0,5 мм при данном виде испытания составляет 0,0083 мм/с (0,5 мм/мин).

Детальное описание процедуры испытания представлено в стандарте МЭК 62137-1-1.

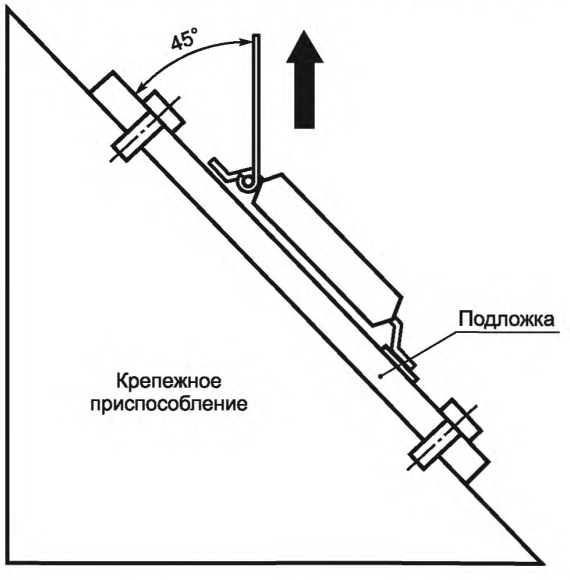


Рисунок 8 — Испытание прочности на отрыв

7.1.3 Испытание прочности на сдвиг

Испытание прочности на сдвиг применяется для поверхностно монтируемых компонентов небольших размеров. Как показано на рисунке 9, максимальное значение силы, приложенной на сдвиг, измеряется, когда она приложена параллельно поверхности подложки и перпендикулярно испытуемому образу. При пайке компонента к тестовой подложке применяется метод оплавления припоя.

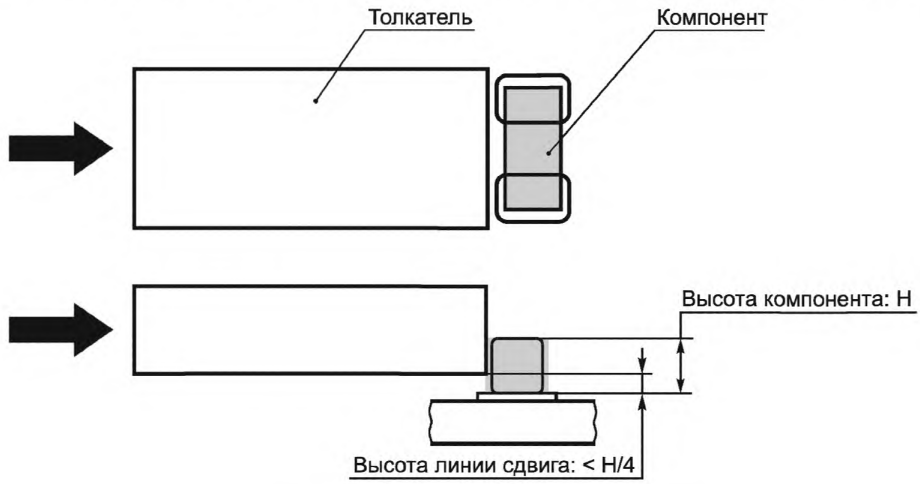


Рисунок 9 — Испытание прочности на сдвиг

Для получения точных измерений при испытании, усилие на сдвиг необходимо прикладывать на постоянно поддерживаемой высоте, составляющей не менее $^1/_4$ от высоты испытываемого компонента, и не касаясь монтажного поля. Наиболее подходящая скорость приложения силы составляет от 0,0083 мм/с до 0,15 мм/с (от 0,5 мм/мин до 9 мм/мин).

Детальное описание процедуры испытания представлено в стандарте МЭК 62137-1-2.

7.1.4 Испытание прочности при приложении крутящего момента

Испытание прочности при приложении крутящего момента является методом, альтернативным испытанию прочности на сдвиг, и применяется к компонентам, для которых испытание прочности на сдвиг не может быть легко применено вследствие их форм. Данный вид испытания наиболее часто применяется для компонента больших размеров. Приспособление в виде патрона, имеющего внутреннюю полость, удерживает компонент, как это показано на рисунке 10, и передает приложенный к нему крутящий момент на компонент, вызывая его разворот. Максимальный крутящий момент, приводящий к сдвигу компонента, измеряется, когда вращающий момент приложен строго параллельно тестовой подложке.

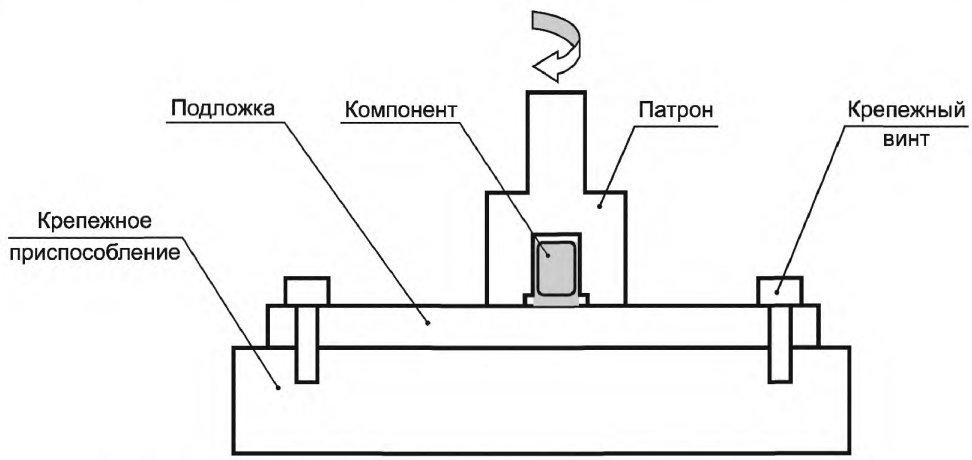


Рисунок 10 — Испытание на прочность при приложении крутящего момента

Для получения точных измерений глубина внутренней выборки в патроне приспособления должна быть равна высоте испытуемого компонента. Центр оси вращения приспособления должен соответствовать геометрическому центру корпуса испытуемого компонента; взаимного колебания этих осей следует избегать. Наиболее подходящая скорость вращения патрона приспособления при возможности ее регулировки составляет от 0,00698 рад/с до 0,017 рад/с.

Детальное описание процедуры испытания представлено в приложении С.

7.1.5 Испытание прочности при монотонном изгибе

Испытание прочности при монотонном изгибе применяется чаще для компонентов больших размеров. Как показано на рисунке 11, тестовая подложка с установленным на ней поверхностно монтируемым компонентом укладывается на поддерживающее приспособление лицевой стороной вниз. При этом тестовая подложка прогибается с помощью изгибающего приспособления, прикладываемого к обратной ее стороне до момента разрушения паяного соединения, а глубина изгиба в момент разрушения измеряется. Для определения степени деградации паяных соединений данный вид испытания должен проводиться до и после процедуры ускоренной подготовки компонента к испытанию.

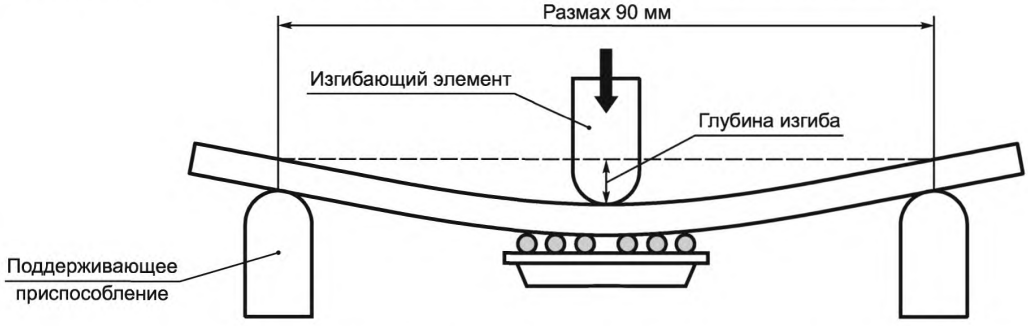


Рисунок 11 — Монотонное испытание на прочность при изгибе

Желательно, чтобы тестовая подложка была изогнута в виде дуги. Данный вид испытания не применяется для плат малой толщины и керамических подложек. Предпочтительно измерять глубину изгиба подложки, используя электрические измерения, обнаруживающие обрыв цепи, такие как последовательно-приоритетная цепочка, описанная в приложении В. Т. е. использовать для этих целей прибор, измеряющий электрическое сопротивление (см. D.2.3). Расстояние между опорами поддерживающего подложку приспособления должно быть 90 мм с радиусом закругления опор *R* 2,5 мм. Радиус закругления изгибающего элемента должен быть 5 мм.

Условие проведения испытания должно выбираться таким образом, чтобы зависимость между деформирующим тестовую подложку воздействием и глубиной прогиба приобретала линейный характер. Желательно провести предварительный тест для проверки зависимости глубины прогиба и прикладываемым деформирующим воздействием, а также ограничить глубину при предварительно определенной скорости изгиба, используя измеритель деформации, установленный рядом с точкой паяного соединения испытываемого компонента.

Наиболее подходящая для данного испытания скорость изгиба фольгированной медью подложки на основе стекловолокна и эпоксидной смолы при толщине 1,6 мм составляет 0,0083 мм/с (0,5 мм/мин). Максимальное ограничение глубины прогиба — 10 мм.

Детальное описание процедуры испытания представлено в приложении D.

7.2 Циклическое испытание на изгиб

Циклическое испытание на изгиб чаще применяется для безвыводных поверхностно монтируемых компонентов больших размеров, используемых в портативных устройствах. Как показано на рисунке 12, тестовая подложка с установленным на ней поверхностно монтируемым компонентом укладывается на поддерживающее приспособление лицевой стороной вниз, как и при монотонном испытании на прочность при изгибе. Тестовая подложка периодически прогибается с использованием изгибающего элемента, прикладываемого с обратной ее стороны, на заранее определенную глубину, до наступления момента разрушения паяного соединения. Разрушение паяного соединения определяется с использованием электрических измерений, обнаруживающих обрыв цепи, таких как последовательно-приоритетная цепочка, описанная в приложении В, т. е. использовать для этих целей прибор,

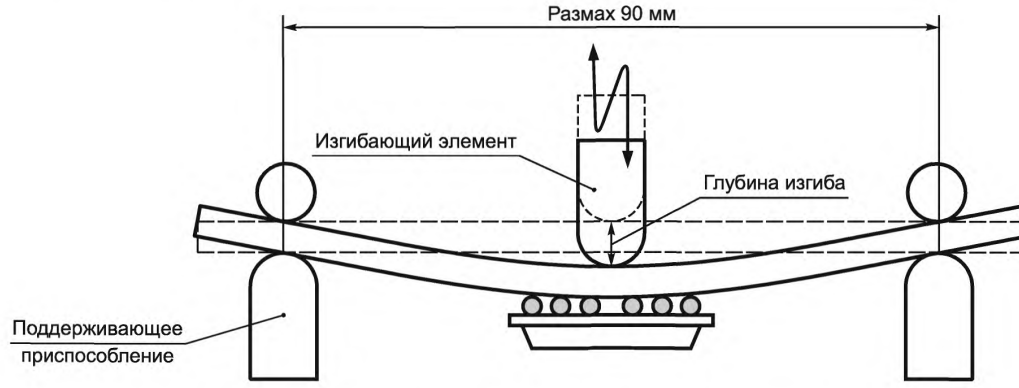


Рисунок 12 — Циклические испытания на прочность при изгибе

измеряющий электрическое сопротивление (см. D.2.4). Число изгибов, совершенных до момента разрушения паяного соединения, записывается.

Испытательное оборудование и приспособление аналогичны используемым при испытаниях прочности при монотонном изгибе. Однако тестовая подложка после проведения многочисленных изгибов может не принять исходную плоскую форму, что, в свою очередь, повлияет на результаты испытаний. Конструкция приспособления должна обеспечить гладкость и постоянство изгиба тестовой подложки. Рисунок 13 показывает такое приспособление для испытания компонента, а также схему устройства, изгибающего тестовую подложку с обратной стороны, позволяющего удерживать ее первоначальную

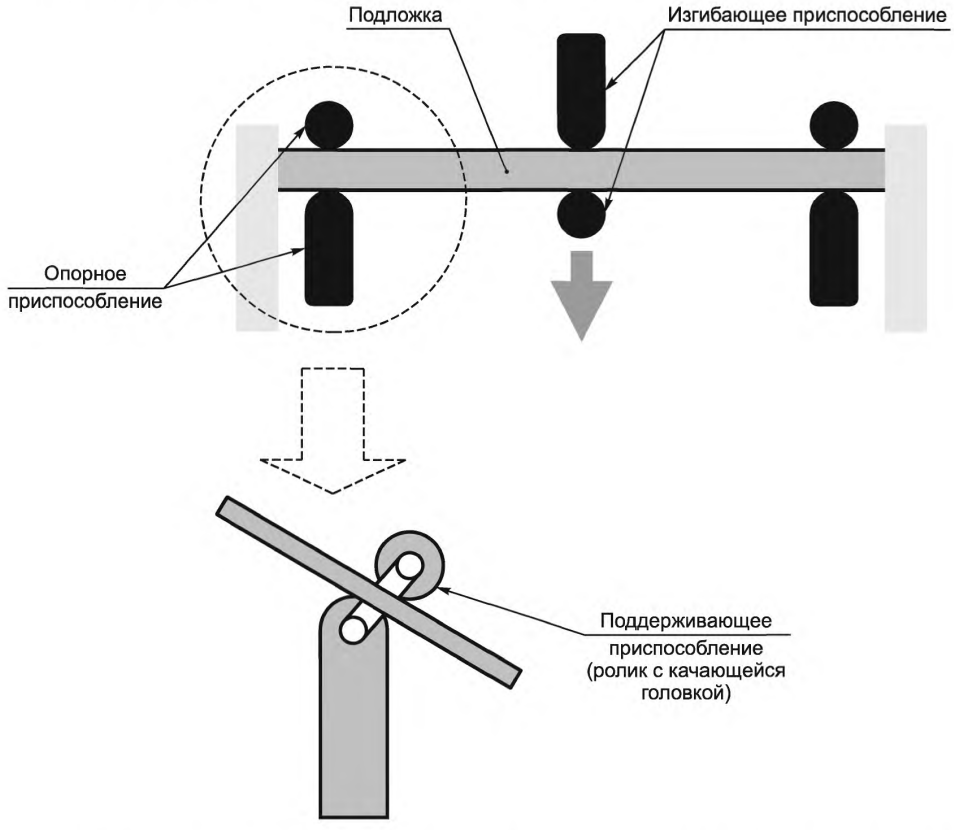


Рисунок 13 — Устройство для проведения циклических испытаний на прочность при изгибе

форму путем удержания обоих концов тестовой подложки на поддерживающем приспособлении и использования изгибающего элемента, имеющего опорный подшипник.

Рекомендуемая скорость изгиба составляет 0,5 мм/с (30 мм/мин). Для правильного определения приемлемой глубины прогиба подложки для каждого из поверхностно монтируемых компонентов различных размеров следует провести предварительное испытание, при котором разрушение паяного соединения происходит при нескольких тысячах приложенных на изгиб подложки усилий. После того как взаимосвязь между величиной глубины изгиба и количеством приложенных на изгиб усилий, приводящих к разрушению соединения, будет представлять собой практически прямую линию на графике в двойном логарифмическом масштабе, правильная глубина изгиба может быть определена без особых затруднений.

Данный тип испытаний на изгиб не подходит для подложек из керамики.

Детальное описание метода испытания представлено в стандарте МЭК 62137-1-4.

7.3 Испытание на усталость при механическом сдвиге

Испытание на усталость при механическом сдвиге реализуется приложением к паяному соединению усилий циклической деформации сдвига, реализуемых путем механического перемещения, взамен относительного перемещения, вызываемого разностью ТКЛР (температурных коэффициентов линейного расширения) при испытаниях на циклическое воздействие температуры. Как показано на рисунке 14, для испытания на усталость при механическом сдвиге существуют два типа методов приложения нагрузки.

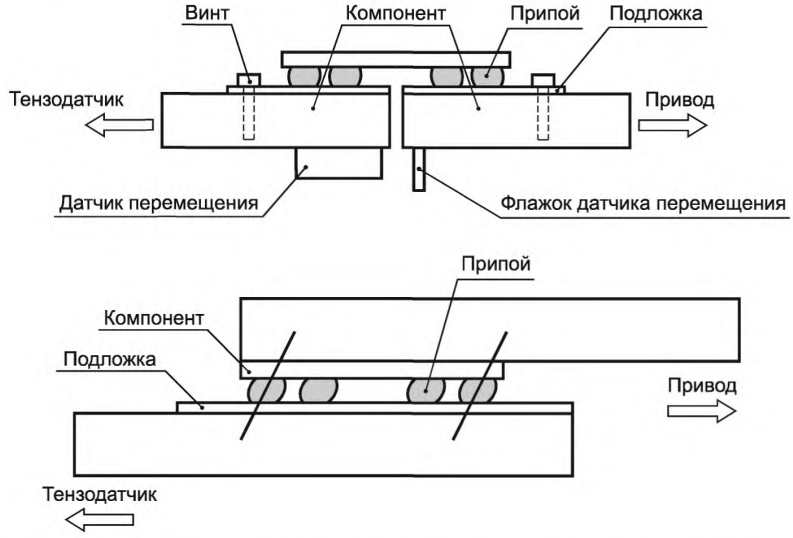


Рисунок 14 — Принципиальная схема устройства для проведения испытания на усталость при механическом сдвиге паяного соединения

Метод усталостных колебаний реализуется приложением усилий деформации сдвига на паяные соединения, реализуемых путем механического перемещения двух частей разделенной подложки. При реализации метода перекрывающегося усталостного сдвига нижняя поверхность подложки и верхняя поверхность испытываемого компонента фиксируются на двух взаимно перемещаемых основаниях приспособления. С помощью силового привода к основанию приспособления прикладывается усилие механического перемещения, приводящее к деформации паяного соединения на сдвиг.

Испытания на усталость являются по своей сущности испытаниями с контролируемым механическим перемещением на сдвиг малого цикла с нагрузочным профилем в виде симметричных колебаний треугольной или синусоидальной формы. Испытания проводятся при температуре 25 °С или при повышенной температуре.

Испытания на усталость при механическом сдвиге продолжаются до момента разрушения паяного соединения:

- максимальное значение приложенной силы падает до определенной величины, что соответствует моменту появления первоначальной трещины в соединении;

- разрушение паяного соединения обнаруживается обрывом в электрической цепи в виде последовательной цепочки, что отражено в приложении В, с использованием прибора, измеряющего электрическое сопротивление (см. D.2.4).

Число циклов, предшествующее разрушению паяного соединения, записывается.

Детальное описание метода испытания представлено в стандарте МЭК 62137-1-5.

7.4 Циклическое испытание на падение и циклическое испытание на прочность при ударе стальным шариком

7.4.1 Циклическое испытание на падение

Циклическое испытание на падение проводится для поверхностно монтируемых компонентов, используемых в портативной аппаратуре. Как показано на рисунке 15, поверхностно монтируемый компонент, установленный на тестовой подложке, удерживается на фиксирующем приспособлении наружной стороной вниз и сбрасывается с заранее установленной высоты на ударную плиту. Разрушение паяного соединения обнаруживается обрывом в электрической цепи, образованной в виде последовательной цепочки, что отражено в приложении В, с использованием прибора, измеряющего электрическое сопротивление (см. D.2.4).

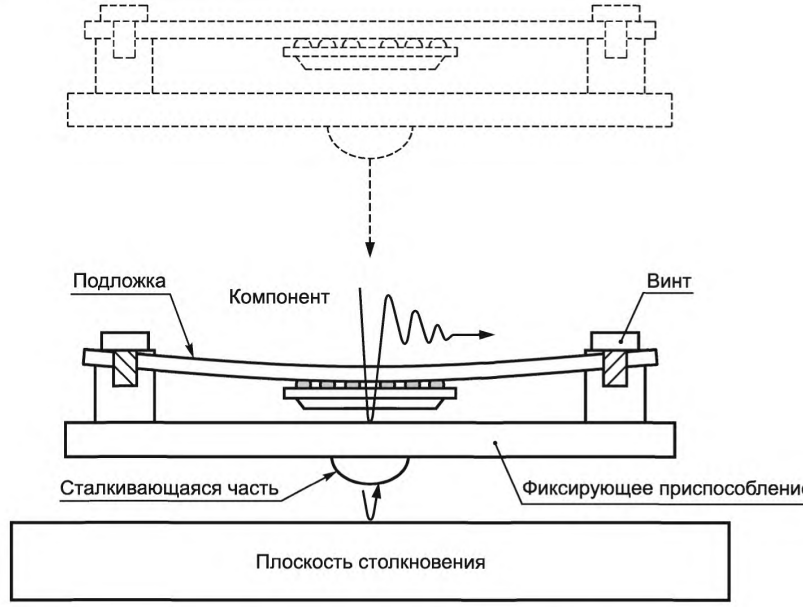


Рисунок 15 — Циклическое испытание на падение

Число падений, предшествующее разрушению паяного соединения, записывается.

Разрушение соединения вызвано приложением усилия, образованного в тестовой подложке ударом, образующимся при столкновении. Для данного вида испытаний применима более тонкая тестовая подложка толщиной от 0,8 мм до 1,2 мм, по сравнению с другими типами испытаний, где используются тестовые подложки толщиной 1,6 мм.

Для улучшения воспроизводимости испытания необходимо принять меры по стабилизации уровня нагрузки, приходящейся на паяные соединения при ударе. С этой целью, для предотвращения ассиметричного удара при падении на плиту, на фиксирующем приспособлении рекомендуется формировать полусферические выступы. Крутящий момент, прикладываемый при затягивании всех винтов фиксирующего приспособления, должен быть максимально одинаков. Испытательное оборудование должно иметь конструктивную структуру, минимизирующую трение держателя тестовой подложки, чтобы избежать отклонения значений скорости падения на плиту. Ударная плита не должна иметь вмятин. С целью проверки воспроизводимости испытания желательно провести предварительное испытание для определения формы и амплитуды деформирующего воздействия с использованием тензодатчика, установленного в непосредственной близости к паяному соединению испытываемого компонента.

Детальное описание метода испытания представлено в стандарте МЭК 62137-1-3.

7.4.2 Циклическое испытание на прочность при ударе стальным шариком

Как показано на рисунке 16, поверхностно монтируемый компонент, установленный на тестовой подложке, удерживается фиксирующим приспособлением лицевой поверхностью вниз, а стальной шарик сбрасывается с заранее установленной высоты на оборотную сторону тестовой подложки. Точка падения шарика для поверхностно монтируемых компонентов больших размеров выбирается ближе к периферии компонента, являющейся наиболее уязвимым для возникновения механических повреждений местом. Разрушение паяного соединения обнаруживается обрывом в последовательной электрической цепи, как отражено в приложении В, с использованием прибора, измеряющего электрическое сопротивление (см. D.2.4).

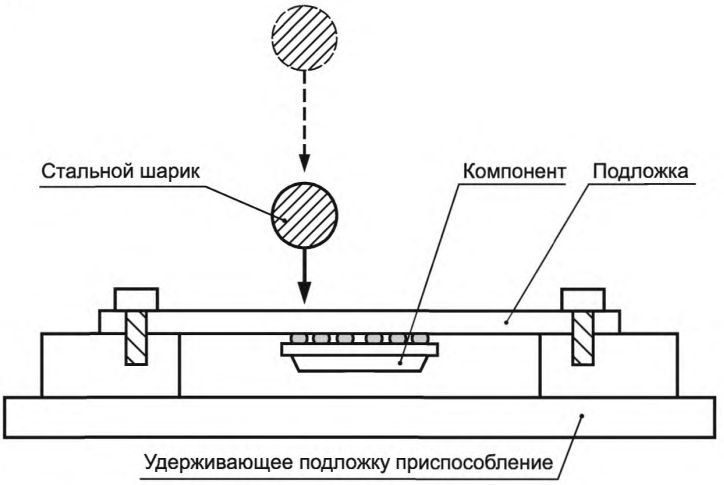


Рисунок 16 — Циклическое испытание на удар стальным шариком

Число падений, предшествующее разрушению паяного соединения, записывается.

Для достижения хорошей воспроизводимости условий испытательное оборудование должно обеспечить высокую точность позиционирования точки падения шарика. Для проверки стабильности прикладываемого к паяному соединению деформирующего воздействия желательно провести предварительное испытание для определения формы и амплитуды деформирующего воздействия с использованием тензодатчика, установленного в непосредственной близости к паяному соединению испытываемого компонента.

Детальное описание процедуры испытания представлено в приложении Е.

7.5 Испытание на прочность паяных соединений для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия

7.5.1 Испытание прочности на отрыв для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия

Данное испытание проводится путем удержания одного из выводов компонента с выводами, монтируемыми в отверстия, установленного на одностороннюю подложку, удерживаемую фиксирующим приспособлением, и вытягивания данного вывода в направлении, перпендикулярном тестовой подложке, с целью измерения максимальной силы, разрушающей паяное соединение, как показано на рисунке 17. Данный вид испытаний проводится как до, так и после ускоренной подготовки к испытанию, при этом оценивается степень деградации паяного соединения. Если наличие корпуса компонента осложняет проведение испытания прочности на отрыв, может быть использован только вывод, отделенный от корпуса компонента. Скорость приложения тянущего

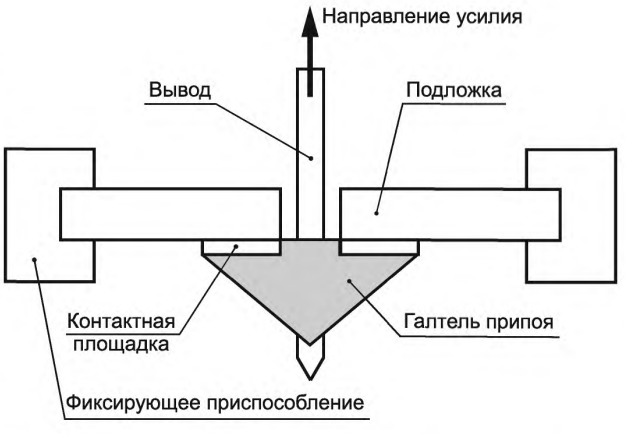


Рисунок 17 — Испытание прочности на отрыв

усилия выбирается из предпочтительных значений 1 мм/мин, 2 мм/мин, 5 мм/мин, 10 мм/мин и 20 мм/мин.

Детальное описание процедуры испытания представлено в приложении F.

7.5.2 Испытание на сопротивление ползучести для компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия

Данное испытание проводится с целью измерения времени, необходимого для разрыва и выпадения вывода, смонтированного пайкой в сквозное отверстие на тестовой подложке путем его вытягивания с помощью подвешенного груза и нагрева до высокой температуры в термокамере, как это показано на рисунке 18. Если наличие корпуса компонента осложняет проведение испытания на сопротивление ползучести, может быть использован только вывод, отделенный от корпуса компонента. Разрушение паяного соединения обнаруживается обрывом электрической цепи с использованием прибора, измеряющего электрическое сопротивление (см. D.2.4).

Время, предшествующее разрушению паяного соединения, записывается.

Условия проведения испытаний определяются температурой плавления используемого материала, которая обычно устанавливается выше, чем 0,4 от величины T_m (T_m — температура плавления материала в градусах Кельвина). Для сплавов, используемых в качестве припоев, при условии, что комнатная температура составляет приблизительно 0,6 от величины T_m, теоретически возможно провести испытание на сопротивление ползучести при температуре от минус 50 °С до температуры чуть ниже температуры плавления. Однако необходимо учитывать термическое сопротивление компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия, а также старение подложки. Практически температурный диапазон, в котором проводятся испытания компонента, лежит в пределах от комнатной температуры до температуры +125 °С. Более высокая температура может быть выбрана при использовании подложки с более высокой температурой стеклования (*Tg*). Для правильного определения прилагаемого усилия на отрыв вывода желательно также выполнить предварительное испытание.

Ползучесть оценивается весом примененного груза и временем, прошедшим до момента разрушения паяного соединения.

Детальное описание процедуры испытания представлено в приложении G.

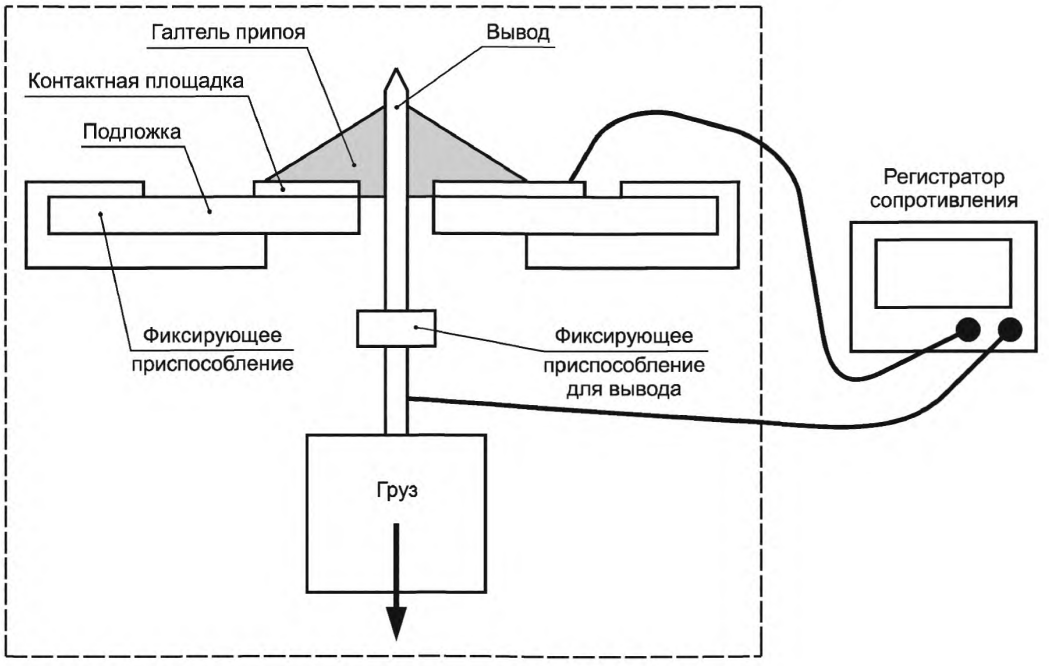


Рисунок 18 — Испытание на сопротивление ползучести

Приложение А
(справочное)

Условие быстрого изменения температуры

А.1 Общие положения

В настоящем приложении описываются условия испытаний на воздействие быстрого изменения температуры, приведенные в 6.3.1.

А.2 Время предварительной выдержки образца в условиях окружающей среды, необходимое для проведения эффективного испытания

Кривая ослабления механического напряжения, вызванного приложением постоянной механической деформации, приведена на рисунке А.1. Изначальное изменение механического напряжения довольно велико, однако оно уменьшается с течением времени. Явление усталости в материале припоя при повторяющемся изменении температуры в значительной мере зависит от механического напряжения небаллистического типа. Начальное изменение напряжения достаточно велико, но напряжение уменьшается с течением времени.

Приложенное к паяному соединению механическое напряжение, вызванное разностью температурных коэффициентов линейного расширения материалов клемм/выводов компонента и тестовой подложки, обусловленное быстрым изменением температуры, уменьшается с течением времени. При этом небаллистическое механическое напряжение является причиной усталости паяного соединения. Для испытания прочности соединения необходимо выдерживать его при высокой или низкой температуре достаточное время. Для оценки результатов крайне неэффективной является выдержка соединения в температурных условиях, при которых ослабление механического напряжения не является значительным.

Следовательно, для ослабления напряжения желательно выдерживать испытуемый образец при высокой или низкой температуре в течение 15 мин.

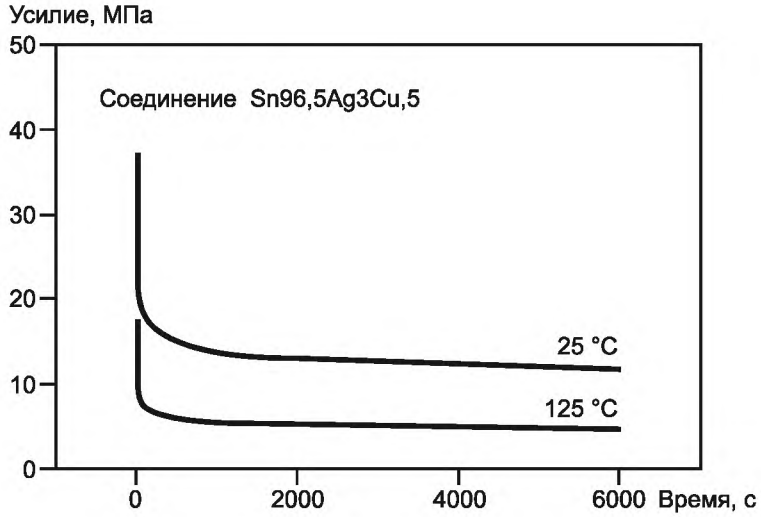
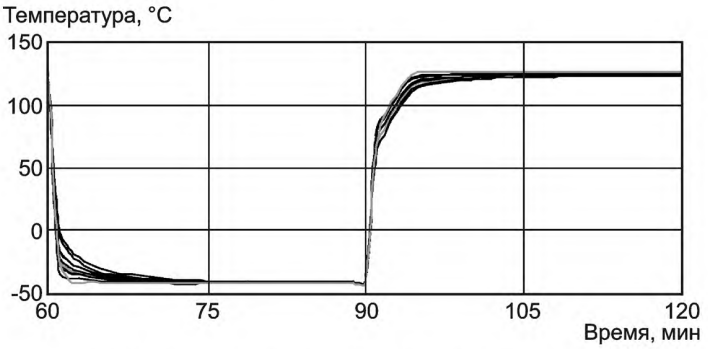


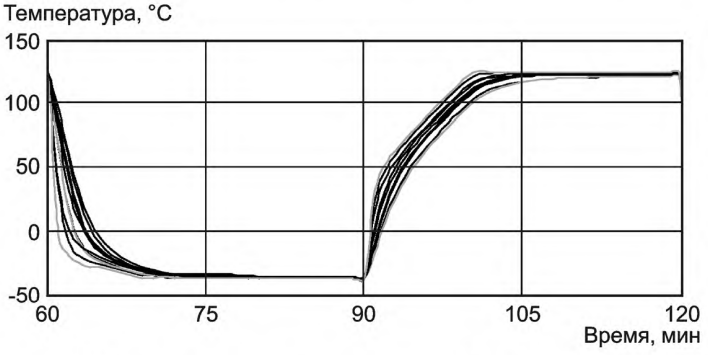
Рисунок А.1 — Кривая ослабления механического напряжения, вызванного приложением постоянной механической деформации (Sn96,5Ag3Cu,5)

А.3 Время, требуемое для достижения температурного равновесия

На рисунке А.2 представлены результаты замера температуры в камере термоциклирования с внутренней воздушной циркуляцией. Температура в камере достигает устойчивого состояния примерно через пять минут после загрузки небольшого количества подложек. Однако при большом количестве загружаемых подложек устойчивое состояние будет достигнуто приблизительно через 15 минут. Для испытания образцы необходимо выдержать в камере 15 минут.



a) Распределение температуры (0 подложек)



b) Распределение температуры (240 подложек)

Рисунок А.2 — Время, необходимое для достижения устойчивого состояния температурного равновесия в камере термоциклирования

А.4 Время выдержки образца при высокой/низкой температуре (технические условия)

Время выдержки образца при высокой/низкой температуре определено в 30 минут, как сумма времени, необходимого для снятия механического напряжения (15 минут), и времени, необходимого для температурной стабилизации (15 минут).

Приложение В
(справочное)

Испытание паяного соединения на электрический обрыв

В.1 Общие положения

Данный вид испытания оценивает долговечность паяных соединений путем постоянного контроля электрической проводимости соединения без приложения механического воздействия.

Данный метод испытания особенно подходит для проверки долговечности паяного соединения для компонентов с матричным расположением выводов, таких как BGA, LGA, для которых практически неприменимы испытания на прочность паяного соединения, такие как испытание на предел прочности при сдвиге.

В.2 Образец и тестовая цепь

Для полупроводникового прибора испытательным образцом может служить компонент, выводы которого подключены, как показано на рисунке В.1. Все контактные элементы образца и тестовой подложки поочередно включены в тестовую цепь.

Как рекомендуется, конструкция образца, используемая для испытаний, должна полностью соответствовать той же конструкции реального полупроводникового прибора, подлежащего оценке.

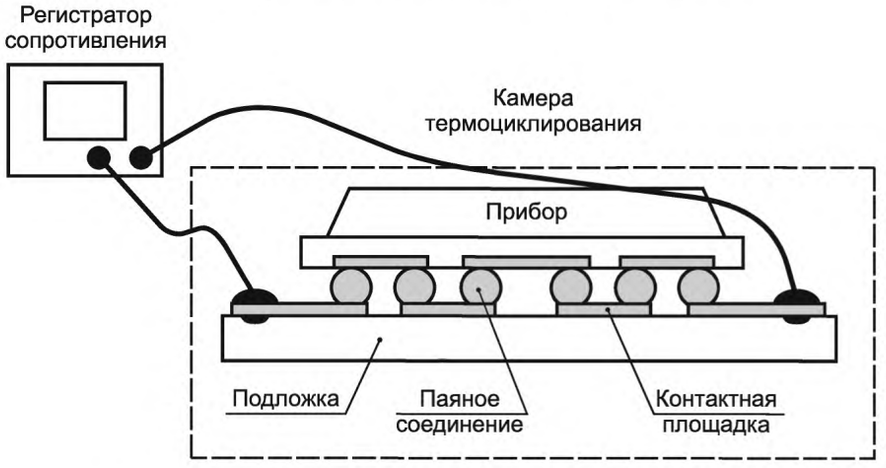


Рисунок В.1 — Пример схемы для проведения испытаний паяного соединения на наличие электрического соединения

В.3 Условия монтажа и материалы

Подробно см. 6.1.

В.4 Метод испытания

Для оценки наличия разрушения паяного соединения перед проведением ускоренной подготовки к испытанию и после нее измеряется электрическое сопротивление образованной последовательной цепи. Величина сопротивления образованной последовательной цепи должна измеряться постоянно для обнаружения степени деградации паяных соединений. Желательно проводить постоянные измерения сопротивления цепи до того момента, пока не будет обнаружено разрушение паяного соединения. Подробно метод испытания описан в стандарте МЭК 62137.

Приложение С
(справочное)

Испытания на прочность при приложении крутящего момента

С.1 Общие положения

Данное приложение детально описывает испытание на прочность при приложении крутящего момента, приведенное в 7.1.4.

С.2 Метод испытания

С.2.1 Оборудование и приспособление для испытания

Испытание на прочность при приложении крутящего момента должно проводиться с использованием специального оборудования, указанного в С.2.3, приспособления для приложения крутящего момента, показанного на рисунках С.2 и С.3.

С.2.2 Крепление тестовой подложки

Тестовая подложка с установленным поверхностно монтируемым компонентом должна быть закреплена в крепежном приспособлении с использованием болтов. Тестовая подложка должна быть закреплена на крепежном приспособлении, на всех ее четырех углах, или задвинута в него короткой стороной, как этот показано на рисунке С.1. При воздействии на испытуемый образец сдвигающей силы тестовая подложка не должна изгибаться. При приложении крутящего момента поперечной силы последний передается на тестовую подложку.

С.2.3 Приложение крутящего момента поперечной силы

С.2.3.1 Общие положения

Испытательное оборудование должно обеспечивать возможность регулировки скорости вращения при приложении крутящего момента и должно иметь в составе устройство, позволяющее поддерживать ось вращения строго вертикально по отношению к тестовой подложке.

С.2.3.2 Скорость перемещения

До проведения испытания на прочность при сдвиге при приложении крутящего момента, путем проведения предварительного испытания приблизительно определяется максимальный крутящий момент. Скорость перемещения приспособления для приложения крутящего момента при проведении испытания выбирается на основании полученных в результате предварительного испытания приблизительных данных таким образом, чтобы необходимый для разрушения соединения максимум прилагаемого крутящего момента достигался во временном интервале от нескольких десятков секунд до нескольких минут.

Примечание – Скорость перемещения не указана в настоящем стандарте, однако в случае, когда оборудование для испытания имеет возможность регулировки скорости перемещения, рекомендовано выбирать ее в диапазоне от 0,00698 рад/с до 0,015 рад/с.

Когда возможность регулировки скорости перемещения отсутствует, следует поворачивать вращающееся приспособление до момента, когда максимум прилагаемого крутящего момента достигается во временном интервале от нескольких десятков секунд до нескольких минут.

С.2.3.3 Регулировка положения приспособления для испытаний прочности на сдвиг при приложении крутящего момента

Приспособление для испытаний прочности на сдвиг при приложении крутящего момента накрывает тестовую подложку сверху, после чего приспособление вращается с малой скоростью, образуя крутящий момент (см. рисунок С.3). При приложении крутящего момента ось вращения приспособления должна быть совмещена в вертикальной проекции с центром компонента, смонтированного на тестовой подложке. Для подавления возможного отклонения от оси вращения или вибраций рекомендуется использовать зажимное приспособление.

С.2.3.4 Разрушение соединения при проведении испытаний прочности на сдвиг при приложении крутящего момента

Приспособление для испытаний прочности на сдвиг при приложении крутящего момента накрывает тестовую подложку сверху, после чего приспособление вращается с малой скоростью, образуя крутящий момент. Следует обратить особое внимание на поддержание измерителя крутящего момента строго в вертикальном положении по отношению к тестовой подложке. Скорость вращения, при условии возможности ее регулирования, должна устанавливаться в пределах от 0,00698 рад/с до 0,015 рад/с. В случае, если возможность регулирования скорости отсутствует, следует очень медленно поворачивать приспособление до наступления момента разрушения паяного соединения.

С.2.4 Испытание прочности на сдвиг при приложении крутящего момента к электрическому соединителю

С.2.4.1 Требования к испытательному оборудованию

В испытательном оборудовании рекомендуется предусмотреть возможность регулировки скорости вращения и наличие устройства, поддерживающего ось вращения строго перпендикулярно к поверхности тестовой подложки.

С.2.4.2 Приспособление для проведения испытания прочности на сдвиг при приложении крутящего момента к электрическому соединителю

Подготавливается приспособление для проведения испытания прочности на сдвиг при приложении крутящего момента к электрическому соединителю с учетом его паяных соединений и формы электрического соединителя, усиливающей его механическую прочность, как показано на рисунке С.3. Для улучшения точности измерений желательно, чтобы данное приспособление устанавливалось на разъем как можно более точно, с минимальным зазором. Глубина Н данного покрывающего приспособления должна быть приблизительно равна высоте разъема. Покрывающее приспособление помещается на разъем, смонтированный на тестовой подложке.

С.2.4.3 Скорость перемещения, прикладывающая крутящий момент к электрическому соединителю

Для приблизительного определения максимального крутящего момента должно быть проведено предварительное испытание с использованием исходного образца. По результатам предварительно проведенного испытания образца на сдвиг определяется требуемая скорость перемещения, при которой максимум крутящего момента, обрывающего испытываемое соединение, достигается за временной интервал от нескольких десятков секунд до нескольких минут.

Примечание — Скорость перемещения не указана в настоящем стандарте, однако в случае, когда оборудование для испытания имеет возможность регулировки скорости перемещения, рекомендовано выбирать ее в диапазоне от 0,00698 рад/с до 0,015 рад/с (скорость вращения).

Когда возможность регулировки скорости перемещения отсутствует, следует поворачивать вращающееся приспособление до момента, когда максимум прилагаемого крутящего момента достигается во временном интервале от нескольких десятков секунд до нескольких минут.

С.2.4.4 Регулировка положения приспособления для испытаний прочности на сдвиг при приложении крутящего момента к электрическому соединителю

Приспособление для испытаний прочности на сдвиг при приложении крутящего момента накрывает тестовую подложку сверху, после чего приспособление вращается с малой скоростью, образуя крутящий момент (см. рисунок С.3). При приложении крутящего момента ось вращения приспособления должна быть совмещена в вертикальной проекции с центром устройства, смонтированного на тестовой подложке. Для подавления возможного отклонения от оси вращения или вибраций рекомендуется использовать зажимное приспособление.

С.2.4.5 Разрушение разъема при проведении испытаний прочности на сдвиг при приложении крутящего момента

Приспособление для испытаний прочности на сдвиг при приложении крутящего момента накрывает тестовую подложку сверху, после чего приспособление вращается с малой скоростью, образуя крутящий момент. Следует обратить особое внимание на поддержание измерителя крутящего момента строго в вертикальном положении по отношению к тестовой подложке. Скорость вращения, при условии возможности ее регулирования, должна устанавливаться в пределах от 0,00698 рад/с до 0,015 рад/с. В случае, если возможность регулирования скорости отсутствует, следует очень медленно поворачивать приспособление вокруг разъема, удерживая ось вращения строго перпендикулярно тестовой подложке, до наступления момента разрушения паяных соединений.

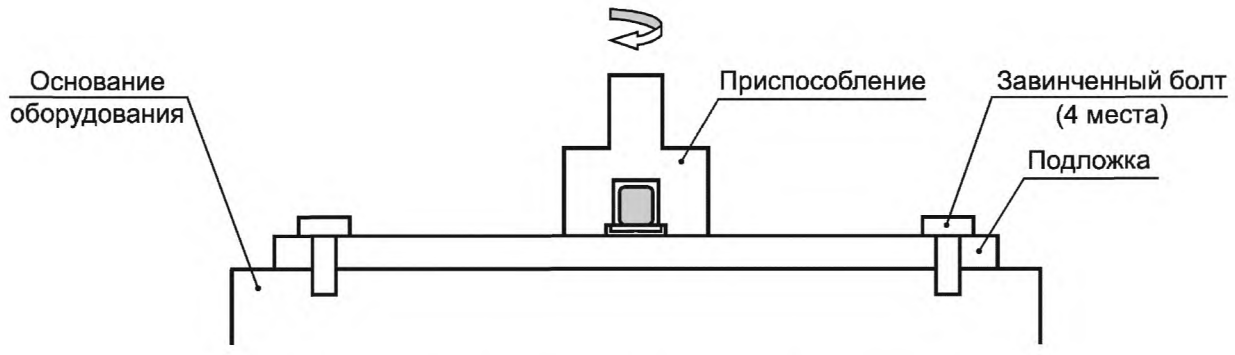


Рисунок С.1 — Фиксация подложки для проведения испытаний на сдвиг при приложении крутящего момента

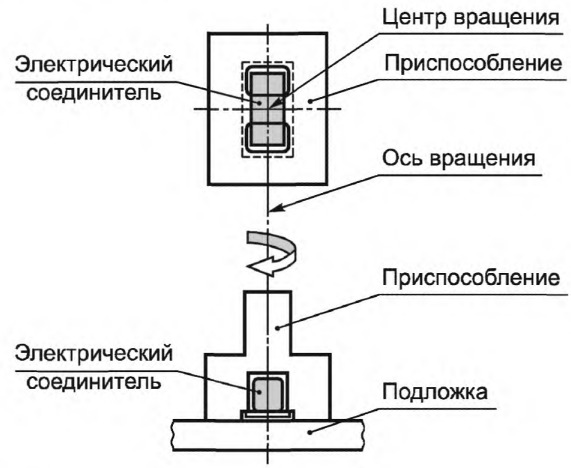


Рисунок С.2 — Приспособление для позиционирования и испытаний на сдвиг при приложении крутящего момента

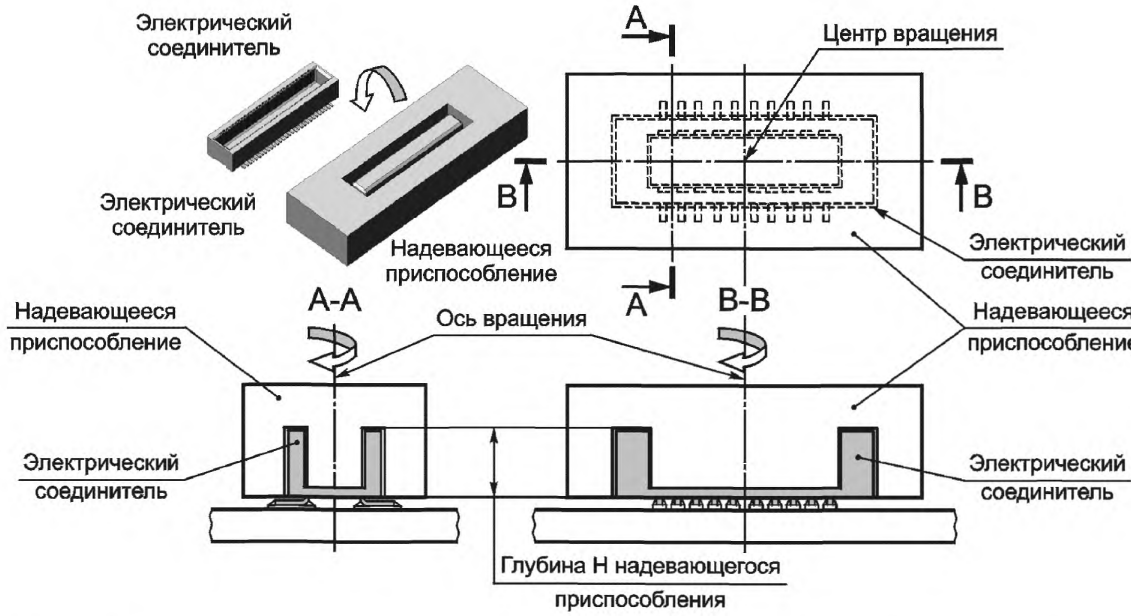


Рисунок С.3 — Испытание на сдвиг при приложении крутящего момента к электрическому соединителю

Приложение D
(справочное)

Испытание на прочность при монотонном изгибе

D.1 Общие положения

Данное приложение детально описывает процедуру испытания на прочность при монотонном изгибе, приведенную в 7.1.5.

D.2 Оборудование для проведения испытания на прочность при монотонном изгибе

D.2.1 Требования к испытательному оборудованию

Если иное не отражено в спецификации на продукт, оборудование для проведения испытания на прочность при монотонном изгибе должно быть следующим:

D.2.2 Испытательная машина

Испытание должно быть проведено с использованием оборудования для проведения испытания на прочность при монотонном изгибе, описанном в 7.1.5, со следующими особенностями.

a) Машина должна иметь возможность передавать усилие нажима на инструмент прогиба с заданной скоростью на заданное перемещение (максимум 20 мм). Точность измерения линейного перемещения должна составлять ±1 % от показаний измерителя испытательной машины (установленное значение).

b) В машине должна быть предусмотрена возможность измерения приложенной к гибочному инструменту силы и смещения с течением времени.

D.2.3 Приспособление для выгибания подложки

В приспособлении для выгибания подложки должны быть предусмотрены возможности удержания компонента, установленного на печатную плату лицевой поверхностью вниз, и выгибание печатной платы с помощью специального инструмента с приложением усилия по центру с обратной ее стороны. Если иное не указано в спецификации на продукт, приспособление должно быть следующим.

Конструкция приспособления для изгиба подложки должна быть такой, как показано на рисунке D.1

a) Материал: в качестве материала приспособления должна быть использована сталь.

Примечание — Для предотвращения деформаций, вызванных циклическими испытаниями, рекомендуется использовать высокопрочную сталь.

b) Изгибающий инструмент: радиус изгибающего элемента должен быть 5 мм ± 0,2 мм.

c) Поддерживающее приспособление: радиус поддерживающего приспособления должен быть 2,5 мм ± ± 0,2 мм.

d) Расстояние между двумя поддерживающими ребрами приспособления: расстояние должно быть 90 мм ± ± 1 мм.

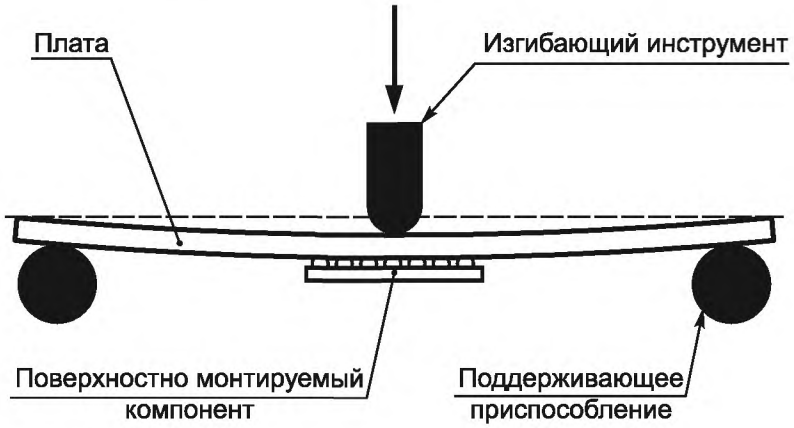


Рисунок D.1 — Пример приспособления для изгиба платы

D.2.4 Инструмент для измерения электрического сопротивления

Инструмент для измерения электрического сопротивления, помимо прочего, должен иметь устройство обнаружения обрыва на тестовой подложке и возможность квалифицировать обрыв в случае превышения электрическим сопротивлением величины 1×10^3 Ом. Измерительный инструмент должен обеспечить измерения прерываний электрической цепи длительностью от 10 мкс до 100 мкс с целью обнаружить обрыв соединения.

D.2.5 Регистратор

Регистратор должен записывать перемещение и прикладываемое усилие с течением времени прохождения во время теста.

D.3 Процедура испытания

Если иное не указано в спецификации на продукт, процедура испытания должна быть следующей.

a) Тестовая подложка должна быть помещена на основании приспособления для изгиба следующим образом:

- изначально пайкой устанавливаются проволочные выводы для включения в последовательную цепочку, использующуюся для текущих измерений электрического сопротивления, затем подключаются провода к обнаружителю кратковременных прерываний;
- следует убедиться, что центры поддерживающих ребер приспособления находятся на одинаковом расстоянии от центра изгибающего инструмента (45 мм ± 0,5 мм);
- тестовая подложка установлена на испытательную машину лицевой стороной с поверхностно монтируемым компонентом вниз. Положение тестовой подложки должно быть подстроено так, чтобы изгибающий инструмент оказывал воздействие по центру подложки;
- приведя в контакт изгибающий инструмент и подложку, следует убедиться, что изгибающий инструмент находится в центре подложки.

Примечание — Для подтверждения приложения изгибающего инструмента к подложке следует поддержать усилие изгиба подложки на уровне 1 Н ± 0,1 Н.

b) Подложка продавливается изгибающим инструментом до момента обнаружения электрического обрыва. Значения величин приложенной силы, перемещения и электрического сопротивления последовательного соединения записываются.

c) Паяное соединение считается разрушенным в момент, когда будет подтверждена «разомкнутость» последовательной цепи. Значение прочности при монотонном изгибе в данный момент записывается.

Примечание — Если иное не указано в спецификации продукта, величина максимального перемещения должна быть 10 мм. Испытание следует прекратить, если при данном перемещении не происходит электрического обрыва или не видно разрушения.

d) В случае необходимости производится осмотр повреждения соединения. После проверки способ разрушения записывается.

D.4 Скорость перемещения

Если иное не указано в спецификации продукта, скорость перемещения должна быть выбрана в диапазоне от 0,0083 мм/с до 0,1 мм/с (от 0,5 мм/мин до 6 мм/мин).

Примечание — Правильно выбранная скорость перемещения приводит к разрушению соединения за временной интервал от нескольких десятков секунд до нескольких минут.

Приложение Е
(справочное)

Циклическое испытание на удар стальным шариком

Е.1 Общие положения

Данное приложение детально описывает процедуру проведения испытания на удар стальным шариком, приведенную в 7.4.2.

Циклическое испытание на удар стальным шариком является упрощенным испытанием для поверхностно монтируемых компонентов BGA, LGA и QFN, устанавливаемых в портативную аппаратуру, и используется как альтернатива испытанию на циклическое падение (для слабых ударов). Данное испытание не позволяет получить оценку прочности смонтированных на плате компонентов, однако оно позволяет осуществить относительную сравнительную оценку надежности монтажа компонентов, подвергающихся ударам стального падающего шарика.

Е.2 Условия монтажа поверхностно монтируемых компонентов и применяемые материалы

Монтаж компонента и материалы должны удовлетворять требованиям, изложенным в 6.1. Толщина и материал тестовой подложки должны быть такими, чтобы при ударе, вызванном падением шарика, подложка изгибалась с допустимым радиусом кривизны, но не деформировалась. Рекомендованная толщина тестовой подложки составляет 1,6 мм, т. е. больше, чем при испытании на циклическое падение, описанное в 7.4.2.

Е.3 Испытательное оборудование

Для достижения хорошей повторяемости испытательное оборудование должно иметь высокую точность позиционирования точки падения шарика. Для проверки стабильности свойств механического напряжения, прикладываемого к испытываемому паяному соединению, с целью определения формы и амплитуды механического напряжения, желательно провести предварительное испытание с использованием тензодатчика, размещенного в непосредственной близости от паяного соединения компонента, проходящего испытание.

Е.4 Процедура испытания

Как показано на рисунке Е.1, поверхностно монтируемый компонент, установленный на тестовой подложке, удерживается фиксирующим ее приспособлением в положении лицевой поверхностью вниз, а стальной шарик свободно падает с заданной высоты на тыльную сторону тестовой подложки. Точка падения шарика для поверхностно монтируемых компонентов больших размеров выбирается ближе к периферии компонента, являющейся наиболее уязвимым для возникновения механических повреждений местом. Разрушение паяного соединения обнаруживается обрывом в последовательной электрической цепи, как это отражено в приложении В, путем использования прибора, измеряющего электрическое сопротивление (см. D.2.4).

Число свободных падений шарика до момента разрушения соединения записывается.

Данное испытание является испытанием на воздействие легким ударом.

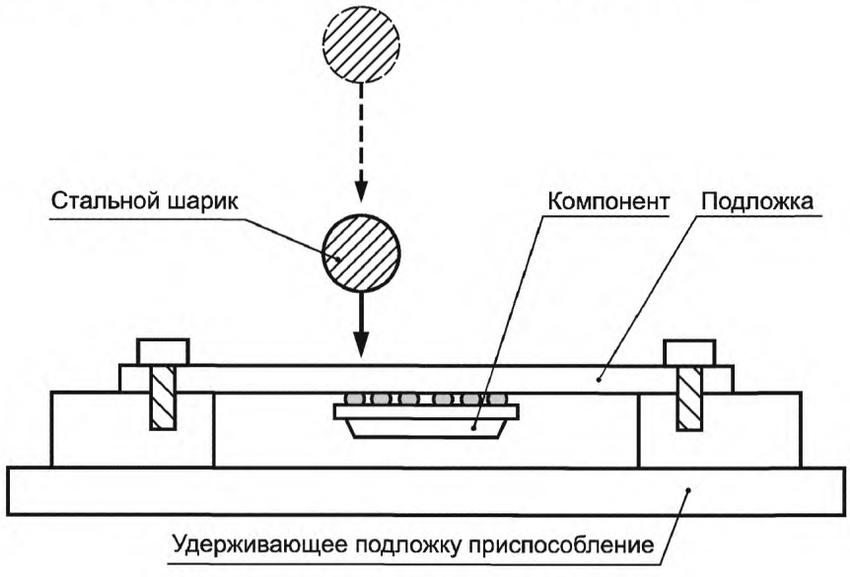


Рисунок Е.1 — Циклическое испытание на падение

Е.5 Взаимосвязь данного испытания с испытанием на циклическое падение (пример)

Сравнение испытаний на циклическое падение и на циклический удар стальным шариком было сделано для различных материалов концевых выводов и сплавов, используемых в качестве припоя, для корпуса QFN с 64 выводами и с шагом выводов 0,5 мм, смонтированного на подложке из материала FR-4, толщиной 1,6 мм. Как показано на рисунке Е.2, сравнивалось количество падений до момента разрушения паяных соединений. Между двумя типами испытаний наблюдалась устойчивая корреляция.

Условия

Испытание на циклическое падение: высота падения — 0,75 м.

Испытание падением стального шарика: масса шарика — 10 г, высота падения — 1,5 м.

Рисунок Е.2 — Сравнение циклического испытания на падение и циклического испытания на удар стальным шариком

Приложение F
(справочное)

Испытание прочности на отрыв

F.1 Общие положения

Данное приложение детально описывает процедуру проведения испытания прочности на отрыв, приведенную в 7.5.1.

F.2 Процедура испытания

Процедура испытания описана ниже.

a) Перед испытанием образец должен быть выдержан в стандартных атмосферных условиях, как описано в 5.3 стандарта МЭК 60068-1, в течение более 4 ч. Испытание должно проводиться после проведения проверки компонента.

b) Тестовая подложка должна быть зафиксирована на оборудовании для проведения испытания прочности на отрыв, как показано на рисунке F.1.

Примечание — При закреплении тестовой подложки вывод, подлежащий испытанию, должен быть зафиксирован в центре крепежного приспособления подложки таким образом, чтобы он был перпендикулярен крепежному приспособлению вывода.

c) Вывод фиксируется в приспособлении оборудования для испытания прочности на отрыв.

Примечания

1 Особое внимание следует уделить на недопущение механических, термических и химических воздействий на паяное соединение между выводом и контактной площадкой в случае, если требуется отделение вывода от корпуса компонента.

2 Способ крепления тестовой подложки, относительное положение крепежного приспособления и вывода должны быть записаны.

3 Когда вывод зафиксирован в приспособлении, создающем усилие на отрыв, особое внимание следует обратить на недопущение приложения к соединению скручивающей или сгибающей силы.

d) Скорость подъема приспособления для испытания должна быть выбрана из следующих рекомендованных значений: 0,0167 мм/с (1,0 мм/мин), 0,033 мм/с (2,0 мм/мин), 0,083 мм/с (5,0 мм/мин), 0,167 мм/с (10 мм/мин), 0,333 мм/с (20 мм/мин). Скорость подъема должна быть указана в описании прибора.

Примечание — Скорость подъема должна быть выбрана так, чтобы разрушение соединения происходило за временной интервал от нескольких десятков секунд до нескольких минут, начиная от момента начала подъема.

e) Тянуть вывод установленного компонента со скоростью согласно пункту d) до разрушения соединения. Значение максимальной приложенной силы, при которой происходит разрушение, записывается.

Примечание — При записях значений изменений приложенной на отрыв силы также желательно записать изменение перемещения для нескольких точек рядом с соединением.

f) Положение при разрушении соединения и способ разрушения также подлежат записи.

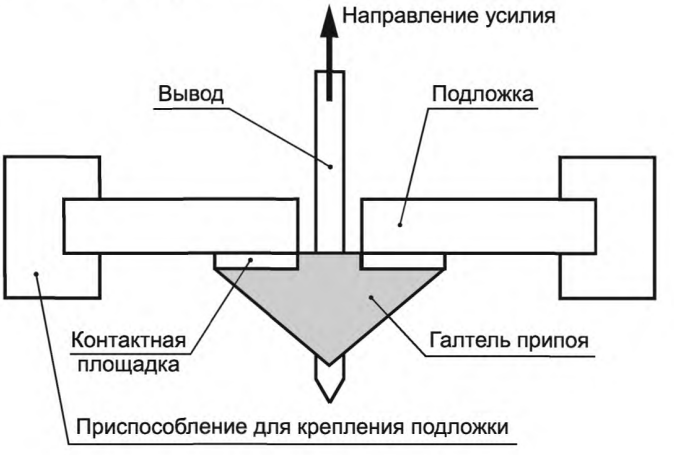


Рисунок F.1 — Испытание прочности на отрыв

Приложение G
(справочное)

Испытание на сопротивление ползучести

G.1 Общие положения

Данное приложение детально описывает процедуру проведения испытания прочности на отрыв, приведенную в 7.5.2.

G.2 Процедура испытания

Испытание проводится с использованием специального оборудования и оснастки в соответствии со следующей процедурой.

a) Образец, подлежащий испытанию, после предварительной подготовки должен быть осмотрен визуально.

b) Измерительная цепь для осуществления контроля за поддержанием непрерывности электрического соединения имеет подключение положительной клеммой к контактной площадке отдельно от вывода компонента, на расстоянии не менее 10 мм от него. Отрицательная клемма подключается к приспособлению с грузом, удерживающему вывод.

c) Тестовая подложка устанавливается на специальной оснастке для проведения испытания на сопротивление ползучести.

Примечание 1 — Тестовая подложка закрепляется на оснастке так, чтобы подлежащий испытанию вывод находился по центру приспособления для его фиксации, и чтобы продольная ось вывода совпадала с центральной осью приспособления.

d) Если иное не указано в спецификации на продукт, тестовая подложка устанавливается в температурной камере. Температура в камере должна соответствовать температуре, указанной в соответствующих стандартах.

Примечание 2 — Температура, указанная в соответствующих стандартах, должна быть ниже величины температурной стойкости тестовой подложки.

Примечание 3 — Следует обратить внимание на исключение химического, термического или механического воздействий на соединение вывода и контактной площадки.

Примечание 4 — Способ крепления тестовой подложки, взаимное положение крепежного приспособления и испытуемого соединения должны быть записаны.

e) Схема испытаний показана на рисунке G.1.

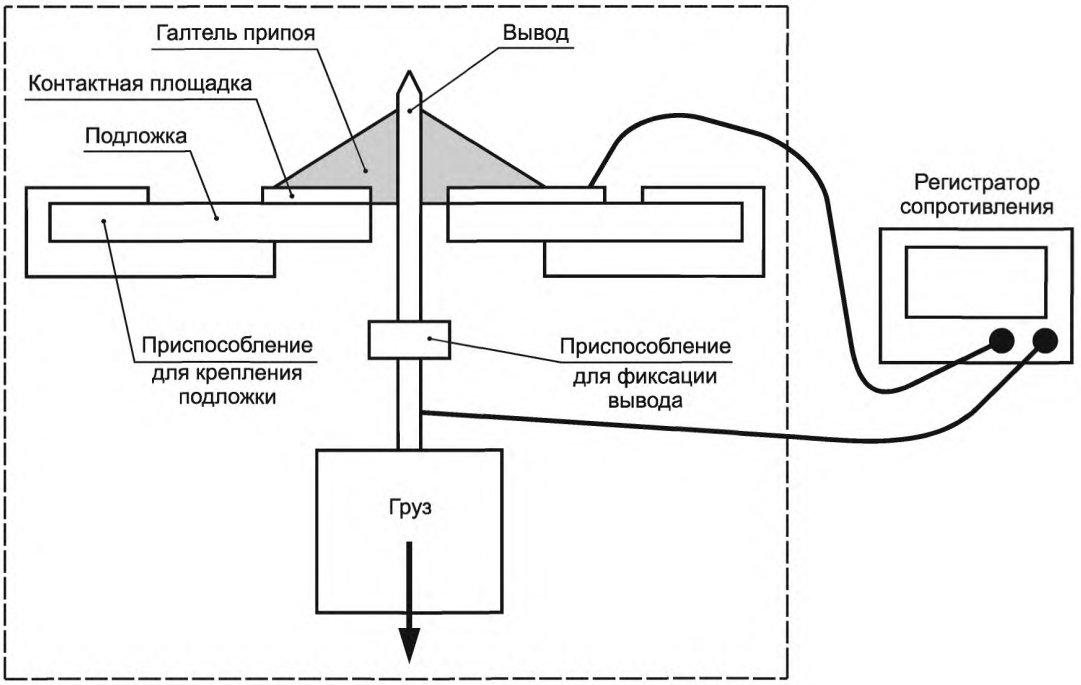


Рисунок G.1 — Испытание на сопротивление ползучести

f) К выводу компонента прикладывается сила величиной, указанной в спецификации. Груз с заранее определенной массой используется для приложения к выводу силы требуемой величины. Точность величины прикладываемой силы должна поддерживаться на уровне не хуже ±1 %.

Примечание 5 —Следует принять меры для исключения касания вывода, груза с приспособлением и иными предметами, расположенными в камере.

Примечание 6 — При установленном на приспособление грузе следует исключить приложение каких-либо динамических воздействий на тестовую подложку.

Примечание 7 — При выборе подходящей величины прилагаемой силы (массы груза) наиболее рационально начать испытание с приложением наибольшей силы (т. е. 90 % от предела прочности на разрыв соединения), принимая в рассмотрение результаты испытаний прочности на отрыв и на сопротивление ползучести. Выбор силы меньшей величины желательно осуществить, используя график, построенный в логарифмическом масштабе для экстраполяции, путем уменьшения величины прикладываемой силы, определяемой линией на графике.

g) Включить источник питания и измерительное оборудование и начать измерение.

h) Записать время, прошедшее от момента начала приложения нагрузки и до момента разрушения соединения.

i) Записать положение и способ разрушения испытываемого соединения.

Примечание 8 — Перед началом испытания следует убедиться в работоспособности оборудования и измерительной схемы, которую следует включить перед проведением испытания на сопротивление ползучести, и провести проверку целостности электрического соединения до момента подвешивания груза и при условии отсутствия любых внешних механических усилий, приложенных к соединению.

Приложение Н
(справочное)

Метод оценки явления подъема галтели припоя для паяного соединения компонента, монтируемого в отверстия

Н.1 Общие положения

Данное приложение описывает метод оценки явления подъема галтели для компонентов с выводами для монтажа пайкой в отверстие.

Как показано на рисунке Н.1, существуют три типа подъема галтели припоя:

- подъем галтели между выводом и припоем;
- подъем галтели между галтелью и контактной площадкой;
- отслоение между контактной площадкой и платой.

Примечание — Данный метод служит для оценки формирования явления подъема галтели припоя и образующегося при этом обрыва электрической цепи для установленных сочетаний компонента, припоя и подложки. Электрический обрыв часто наблюдается в случае, когда существует подъем галтели между контактной площадкой и платой. Для обнаружения обрыва рекомендуется постоянно проводить оценку состояния проводимости цепи.

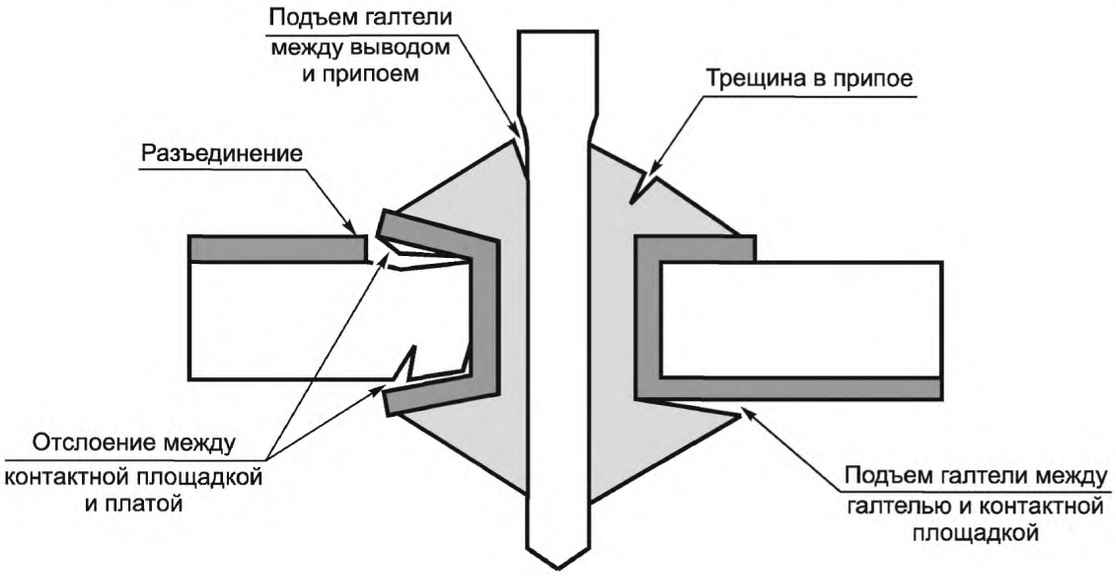


Рисунок Н.1 — Явление подъема галтели паяного соединения

Н.2 Наблюдение явления подъема галтели припоя

Подъем галтели может наблюдаться с помощью визуального осмотра с использованием увеличительного стекла под углом 10° — 30° к поверхности тестовой подложки. Желательно записывать статус проявления подъема галтели припоя незамедлительно после монтажа компонентов на тестовой подложке.

Н.3 Оценка непрерывности электрического соединения

Электрический обрыв в паяном соединении проверяется путем оценки целостности и проводимости электрического соединения до и после проведения процедуры ускоренной подготовки к испытанию, как описано в 6.3. Электрический обрыв в паяном соединении обнаруживается как обрыв в последовательной измерительной цепи, как показано на рисунке Н.2, с использованием прибора для измерения электрического сопротивления (см. D.2.4).

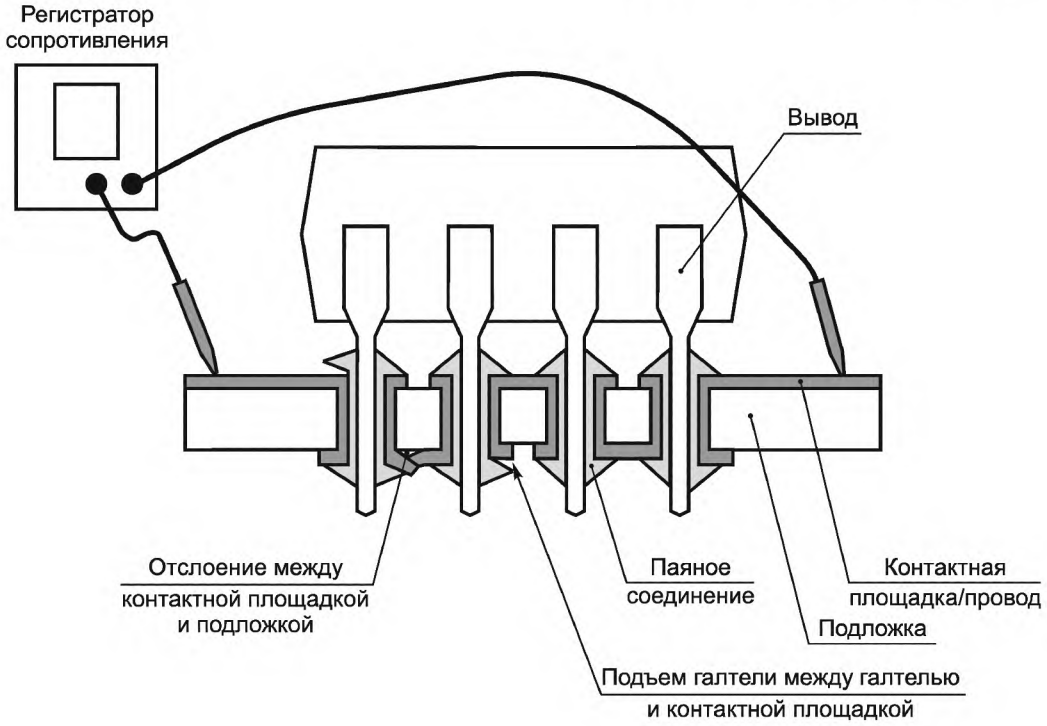


Рисунок Н.2 — Пример схемы для проведения испытаний на наличие электрического соединения в месте пайки для устройств с выводами, монтируемыми в отверстия

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
МЭК 60068-1:1998	MOD	ГОСТ 28198—89 (МЭК 68-1—88) «Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 1. Общие положения и руководство»
МЭК 60068-2-2	IDT	ГОСТ Р МЭК 60068-2-2—2009 «Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-2. Испытания. Испытание B: Сухое тепло»
МЭК 60068-2-14	MOD	ГОСТ 28209-89 (МЭК 68-2-14—84) «Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание N: Смена температуры»
МЭК 60068-2-78	IDT	ГОСТ Р МЭК 60068-2-78—2009 «Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-78. Испытания. Испытание Cab: Влажное тепло, постоянный режим»
МЭК 60194	NEQ	ГОСТ Р 53386—2009 «Платы печатные. Термины и определения»
МЭК 61188-5	—	*
МЭК 61249-2-7	MOD	ГОСТ 26246.7—89 (МЭК 249-2-7—87) «Материал электроизоляционный фольгированный нормированной горючести для печатных плат на основе целлюлозной бумаги, пропитанной фенольным связующим (вертикальный метод горения). Технические условия»
МЭК 61760-1	—	*
МЭК 62137-1-1:2007	NEQ	ГОСТ 20.57.406—81 «Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний»
МЭК 62137-1-2:2007	NEQ	ГОСТ 20.57.406—81 «Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний»
МЭК 62137-1-3:2008	NEQ	ГОСТ 20.57.406—81 «Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний»
МЭК 62137-1-4:2009	NEQ	ГОСТ 20.57.406—81 «Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний»
МЭК 62137-1-5:2009	NEQ	ГОСТ 20.57.406—81 «Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний»

* 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 использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты;
- NEQ — неэквивалентные стандарты.

Библиография

IEC 60068-1:1998	Испытание на воздействие внешних факторов. Часть 1. Общие положения и руководство (*Environmental testing — Part 1: General and guidance)*
IEC 60068-2-2	Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание B: Сухой нагрев (*Environmental testing — Part 2-2: Tests — Test B: Dry heat)*
IEC 60068-2-14	Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-14. Испытания. Испытание N: Смена температуры (*Environmental testing — Part 2-14: Tests — Test N: Change of temperature)*
IEC 60068-2-78	Испытание на воздействие внешних факторов. Часть 2-78. Испытания. Испытание Cab: Влажный нагрев, установившийся режим (*Environmental testing — Part 2-78: Tests — Test Cab: Damp heat, steady state)*
IEC 61760-1	Технология поверхностного монтажа. Часть 1. Стандартный метод составления технических условий на компоненты, монтируемые на поверхности плат (*Surface mounting technology — Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)*)
IEC 62137:2004	Испытание на долговечность и воздействие окружающей среды. Методы испытания печатных плат поверхностного монтажа для корпусов контактного матричного типа FBGA, BGA, FLGA, LGA, SON и QFN (*Environmental and endurance testing — Test methods for surface-mount boards of area array type packages FBGA, BGA, FLGA, LGA, SON and QFN)*

УДК 621.396:69:006.354 ОКС 31.190 Э02

Ключевые слова: технология сборки изделий электроники; паяные соединения; экологические и ресурсные испытания; руководство по выбору; надежность паяных соединений различных форм и типов; электронные компоненты, монтируемые по технологии поверхностного монтажа (SMD); компоненты с матричными выводами; компоненты с выводами, монтируемыми в отверстия с использованием припоя из сплавов различного состава

Редактор *Т.С. Никифорова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *О.Д. Черепковой*

Сдано в набор 09.04.2014. Подписано в печать 22.05.2014. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,80. Тираж 60 экз. Зак. 2120.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru