

Стандарты IPC-6012С и IPC-A-600Н: характеристики, квалификация и приемка жестких печатных плат

Ассоциация IPC продолжает работы по выпуску официальных переводов стандартов на русский язык. Совсем недавно вышел в свет на русском языке стандарт по восстановлению, модификации и ремонту электронных сборок IPC-7711/21В. Сейчас готовятся к изданию русскоязычные редакции двух востребованных стандартов, предназначенных для улучшения взаимопонимания между производителями и потребителями и обеспечения качества печатных плат: IPC-6012С и IPC-A-600Н. Многим производителям эти стандарты уже знакомы, в особенности второй из них. Статья посвящена особенностям применения каждого из этих стандартов, а также некоторым аспектам, связанным с их переводом, понимание которых поможет более эффективно их использовать.

Юрий Ковалевский

Цели и назначение стандартов: в чем они похожи и чем отличаются

Стандарты IPC-6012С и IPC-A-600Н готовятся к выходу на русском языке вместе. Ранее обе редакции были выпущены в оригинале также одновременно. Это произошло не случайно: множество требований этих двух стандартов совпадает, и при переводе было уделено большое внимание не только тому, чтобы числовые параметры в двух документах были одинаковы, но также чтобы совпадали и формулировки, относящиеся к одному и тому же требованию.

У тех, кто не пользовался этими стандартами ранее, может возникнуть вопрос: зачем понадобилось два документа, в такой большой степени повторяющих друг друга?

Ответ заключен в общей структуре системы стандартов IPC: с одной стороны, каждый документ создается таким образом, чтобы быть наиболее удобным на своем этапе цепочки разработки и производства электронных изделий, а с другой — требования по всей цепочке гармонизированы между собой. Стандарт IPC-6012 предназначен для этапа запуска печатной платы в производство или, как частный случай, размещения заказа на ее изготовление, а IPC-A-600 —

документ для приемки уже готового изделия. Если посмотреть на цепочку шире, можно проследить, как ряд требований проходит через все соответствующие документы, начиная от серии IPC-2220 по конструированию и заканчивая приемкой электронной сборки по стандарту IPC-A-610 и даже, в определенной мере, ремонтом и восстановлением по стандарту IPC-7711/21. Вполне логично, что находящиеся по соседству в производственной цепочке стандарты предъявляют к изделию одинаковые требования, но форма подачи их разная.

Стандарт IPC-6012С входит в серию IPC-6010 (рис. 1), назначение которой — определить согласованные промышленностью требования к печатным платам и предоставить инструмент для оценки поставщиков по одним и тем же критериям. В этой фразе ключевое слово — «поставщики»: оцениваются не только сами печатные платы, но и возможности производителя. Таким образом, сославшись на эти стандарты, заказчик может определить, способны ли те или иные производители изготовить изделие с нужным ему уровнем качества, и получить исходные данные для выбора, где разместить заказ. Кроме того, единые требования позволяют проще «переключаться» между поставщиками в случае необхо-

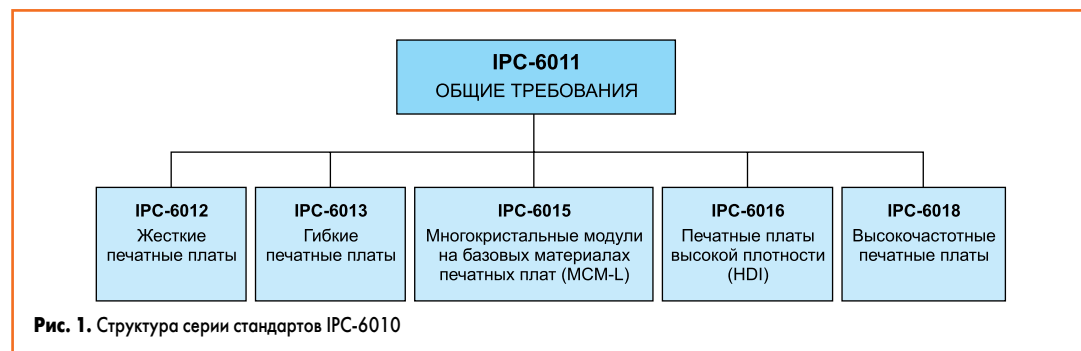


Рис. 1. Структура серии стандартов IPC-6010

димости. Это особенно актуально в условиях глобализации цепочек поставок. Однако, с другой стороны, это оказывается полезным и в рамках одной компании, когда можно сказать, что изделие заказывается собственному производству: стандарты серии IPC-6010 помогают правильно выработать критерии к изделию, определить его технологичность, а также предоставляют полезную информацию по необходимым испытаниям.

Стандарт IPC-A-600, напротив, сконцентрирован на изделии. Он не имеет никакого отношения к оценке поставщика, не предъявляет требований к процессам и не устанавливает планов испытаний. Его единственная задача — ответить на вопрос: то, что мы получили, хорошо или плохо?

Кроме того, отличается и форма изложения информации: IPC-6012 в основном содержит текстовые описания требований и таблицы; иллюстрации используются в нем лишь для пояснения, когда это необходимо. Стандарт IPC-A-600 содержит множество фотографий и рисунков, иллюстрирующих критерии приемки. В этом плане данный документ можно считать иллюстрированным дополнением к серии IPC-6010, как это сказано в стандарте IPC-6012C: «Совместно с настоящим стандартом для более полного понимания рекомендаций и требований может быть использован стандарт IPC-A-600, содержащий рисунки, иллюстрации и фотографии, которые могут оказать помощь в визуальном представлении приемлемых и неприемлемых состояний, видимых снаружи и внутри».

Правда, важно понимать, что сами критерии и в стандарте IPC-A-600 выражены текстом, о чем в документе говорится так: «Текст и примеры не всегда находятся в прямом соответствии, поскольку затруднительно найти большое количество примеров, достаточно специфичных, чтобы они во всех случаях соответствовали бы критериям приемки. Когда фотографии или иллюстрации, содержащиеся в настоящем стандарте, не согласуются с текстовым описанием, текст имеет приоритет и следует применять его».

Резюмируем:

- IPC-6012C:
 - Устанавливает требования к жестким платам.
 - Служит для выбора и оценки поставщиков.
 - Предназначен главным образом для применения на этапе заказа.
 - Содержит текстовую и табличную информацию.
 - В основе: требования к контролю и испытаниям.
 - IPC-A-600 — вспомогательный документ.
- IPC-A-600:
 - Предоставляет критерии оценки качества плат с иллюстрациями.
 - Предназначен главным образом для применения на этапе выходного контроля/приемки.
 - Содержит краткие текстовые критерии в сочетании с изображениями.
 - В основе: требования к готовому изделию.
 - Не устанавливает требований к испытаниям.

Классы изделий. Новый класс 3/A

Как и многие документы IPC, рассматриваемые стандарты основаны на классификации изделий по конечному применению. Напомним, что всего классов изделий по IPC три, и они определяют требования к обеспечению надежности изделия в зависимости от его назначения и не имеют никакого отношения к классам точности и плотности, применяемым в стандартах ГОСТ.

Класс 1 — самый «мягкий». Это изделия потребительской электроники и прочие неотчетливые устройства. Класс 2, как сказано в стандартах, включает в себя изделия, от которых требуется непрерывное функционирование и повышенный срок службы и для которых бесперебойная работа желательна, но не является особенно важной. Изделия класса 3 — это ответственная и/или работающая в тяжелых условиях аппаратура.

От класса изделия зависят допуски, приемлемость того или иного состояния и, что очень важно, планы и объемы испытаний.

Класс изделия необходимо установить как можно раньше и обязательно до начала изготовления. Класс задает заказчик. В стандарте IPC-6012 говорится: «Класс изделия должен быть указан в закупочной документации. Закупочная документация должна содержать достаточную информацию для изготовления печатной платы и обеспечения того, что пользователь получит желаемое изделие».

Кстати, заметим здесь, что понятие «закупочная документация», часто встречающееся в стандартах IPC, подразумевает любую документацию, сопровождающую заказ, в том числе конструкторскую документацию, электронные документы, положения контракта или договора и т. п.

Три класса изделий — во многом основа стандартов IPC, хорошо знакомая и привычная тем, кто использует эти документы. Но в редакции С стандарта IPC-6012 появился новый абзац: «1.3.1.2. Отличия в требованиях для космической аппаратуры и военной авионики. Отличия в классификации требований к характеристикам для космической аппаратуры и военной авионики определяются Приложением А настоящего стандарта. Обычно данные требования обозначаются как Класс 3/A».

Таким образом, вводится еще один класс — класс 3/A, требования которого приводятся в Приложении А стандарта IPC-6012C. Этот класс — еще более жесткий, чем класс 3. Он отражает ряд требований, характерных для внутренних стандартов OEM-компаний, работающих в космической отрасли. Некоторые из этих требований ужесточают контроль по сравнению с обычным классом 3 для повышения надежности результатов испытаний, а некоторые запрещают определенные состояния.

В частности, существуют состояния, приемлемость которых подтверждена многолетней практикой отрасли и множеством исследований, проводившихся IPC, тем не менее заказчики в определенных отраслях требуют

исключения или ограничения таких состояний. Так, например, в стандарте IPC-A-600H приводится подробное описание истории исследований такого недостатка, как пятнистость (разделение в узлах стеклоткани). Выводы сводятся к тому, что отказ, вызванный пятнистостью, крайне маловероятен и на практике не наблюдался. Для класса 3 установлены ограничения на пятнистость, выход за которые считается индикатором отклонения процесса, но не неприемлемым состоянием. Для класса же 3/A пятнистость не допускается.

Безусловно, стандарт не обязует применять класс 3/A только для «космической аппаратуры и военной авионики», как и не требует обратного. Какой класс применять, решает только заказчик, но всегда нужно помнить, что завышение класса изделия ограничивает выбор поставщиков и повышает стоимость изготовления, иногда в несколько раз.

Требования и обеспечение качества продукции

Основные разделы стандарта IPC-6012C — 3 и 4 — озаглавлены как «Требования» и «Обеспечение качества продукции». По сути, раздел 3 содержит сами требования, а раздел 4 — планы испытаний, которые должны подтверждать соответствие требованиям раздела 3.

Каждому обязательному требованию стандарта поставлен в соответствие план выборки, который зависит от класса изделия и объема партии.

Для определения объема выборки применяются таблицы 4-2 и 4-3. Таблица 4-2 для каждого требования и в зависимости от класса изделия устанавливает так называемый приемлемый уровень качества (показатель AQL). Затем по таблице 4-2 в зависимости от объема партии, приемлемого уровня качества и класса изделия определяется объем выборки.

Кроме того, определяются тип контрольных купонов (таблицы 4-1 и 4-3) и тип выборки (в расчете на плату, панель и т. п. — таблица 4-3).

Таким образом определяются испытания, которые необходимо проводить с каждой партией, то есть приемочные испытания.

Кроме того, стандарт устанавливает испытания на соответствие качества и квалификационные испытания.

Испытания на соответствие качества проводятся по нескольким критериям ежеквартально или ежемесячно в зависимости от класса изделия и типа конструкции платы в соответствии с таблицей 4-4 стандарта.

Квалификационные испытания служат для подтверждения способности производителя изготавливать изделия с соответствующими свойствами и указанного класса. Они также выполняются по таблицам 4-3 и 4-4.

Обратим здесь внимание еще на одно понятие, встречающееся в стандартах IPC: арбитражные испытания. Этим термином обозначаются испытания дополнительных микрошлифов, которые требуются для подтверждения пригодности партии при наличии

дефектов микрошлифов обычных испытаний, если эти дефекты изолированы, случайны или вызваны изготовлением микрошлифов. Заметьте, что значение этого термина отличается от «экспертной оценки», встречающейся в стандартах IPC-J-STD-001 и IPC-A-610, которая означает дополнительный осмотр уже выявленного дефекта для его правильного распознавания.

И наконец, поясним часто встречающееся в описании испытаний понятие «промышленно изготовленные платы». Стандартом IPC-6012 часто допускается применение промышленно изготовленных плат (то есть плат, изготовленных в том же процессе, что и испытываемая партия) вместо контрольных купонов.

Структурная целостность и характеристики, видимые внутри

Пункт 3.6 стандарта IPC-6012C содержит требования к структурной целостности. Это объемный и один из самых важных пунктов стандарта. Здесь приводятся характеристики внутренней структуры, к которым, в частности, относятся внутренний пояс, трещины в фольге внутренних слоев, различные недостатки базового материала, металлизации отверстий, последствия удаления смолы и проч. Почти все характеристики, перечисленные в этом пункте, оцениваются после того, как изделие (купон) подверглось термическому напряжению.

В стандарте IPC-A-600 этим требованиям соответствуют критерии раздела 3 «Характеристики, видимые внутри». Несмотря на различные названия, эти разделы стандартов гармонизированы, и основной особенностью характеристик, приводимых в данных разделах, является то, что их оценка проводится на микрошлифах. Поэтому, например, пояс площадок на внутренних слоях относится к этим разделам, а на внешних — нет. Как уже говорилось, эти стандарты служат разным целям, и классификация по способу осмотра более гармонична для стандарта IPC-A-600, поэтому и название раздела отличается.

Снаружи ли характеристики, видимые снаружи?

Все остальные характеристики, которые не требуют оценки микрошлифа, в стандарте IPC-A-600 относятся к видимым снаружи (раздел 2), а в стандарте IPC-6012 разбросаны по остальным пунктам раздела 3.

Исходя из этого, характеристики, видимые снаружи, совершенно необязательно находятся на поверхности плат фактически. Например, пятнистость или вздутие являются внутренним состоянием, но для их оценки микрошлиф не требуется. С другой стороны, некоторые недостатки, например пустоты в базовом материале, могут быть видны снаружи, но без изготовления микрошлифа их невозможно оценить, поэтому они будут относиться к характеристикам, видимым внутри

(или к структурной целостности в терминах стандарта IPC-6012).

Надеемся, что эти соображения помогут вам легче ориентироваться в требованиях стандартов.

Разделы 4 и 5 стандарта IPC-A-600H

Говоря о связи стандартов IPC-6012 и IPC-A-600, в разделе 4 «Прочее» следует упомянуть только пункты, касающиеся плат с металлическим основанием. Этот тип плат рассматривается в обоих стандартах и имеет ряд специфических критериев.

Остальные пункты раздела 4 посвящены гибким платам и гибким частям гибко-жестких плат — «области интереса» стандарта IPC-6013, а также платам с утопленными проводниками (конструкция, подобная отечественным рельефным платам). Раздел 5 содержит некоторые сведения и критерии, касающиеся чистоты, паяемости и электрической целостности плат.

Приложение В

Завершая тему структуры этих документов, необходимо упомянуть о Приложении В стандарта IPC-6012C. Оно представляет собой таблицу, в которой в алфавитном порядке приводятся характеристики, к которым в стандарте установлены требования. Эта таблица, кроме ссылки на пункт требований, содержит и сами требования в короткой форме. Этот инструмент позволяет быстро находить нужные характеристики и уточнять, что требуется от изделия «в общих чертах», а при необходимости — обратиться к пункту с подробным описанием.

При переводе таблица была построена в соответствии с русским алфавитом и с использованием различного порядка слов и/или формулировок. Так, например, захваченные пустоты можно найти в графах «Металлизация отверстий — захваченные пустоты», «Захваченные пустоты на внутренних слоях (в месте соединения внутренних площадок и металлизации СМО)» или «Складки и захваченные пустоты в металлизации».

Некоторые особенности терминологии

Ранее в статье уже приводились некоторые пояснения по специфическим терминам, употребленным в стандартах. Для упрощения работы с этими документами дадим описание еще нескольких таких терминов.

Металлизированные и неметаллизированные отверстия

В большинстве случаев эти термины совпадают с привычным значением: отверстия с нанесенной на стенки металлизацией или без нее. Однако в некоторых случаях (например, когда речь идет о пояске) понятие металлизированных отверстий расширяется до любых отверстий, в которых есть некоторое механическое усиление, например пистонированных.

Удаление смолы травлением/негативным травлением

Здесь важно обратить внимание, что в стандартах термин «положительное травление» сокращается просто до «травления». Таким образом «удаление смолы травлением» противопоставляется «удалению смолы негативным травлением».

Захваченные пустоты

Это особый тип пустот в металлизации стенок отверстий, которые образованы складками, замкнувшимися с образованием внутренней полости (рис. 2). Их следует отличать от других пустот, упомянутых в стандартах.

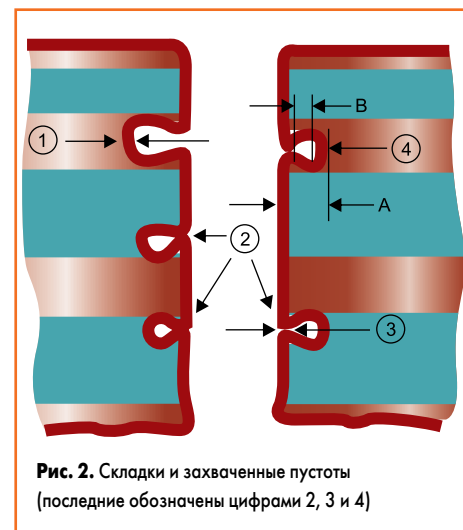


Рис. 2. Складки и захваченные пустоты (последние обозначены цифрами 2, 3 и 4)

Разрыв пояски по отверстию и выступ отверстия

Это состояние, когда пояска площадки полностью отсутствует из-за смещения отверстия. (Напомним, что такое состояние стандартами IPC для некоторых классов изделий допускается.) Следует обратить внимание на то, как определяется численное значение разрыва пояски по отверстию: оно представляет собой угол дуги отверстия между точками пересечения с краем площадки и выражается в градусах (рис. 3).

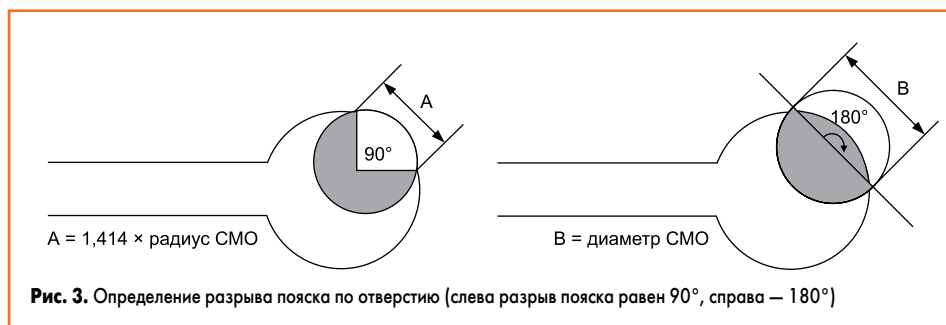


Рис. 3. Определение разрыва пояски по отверстию (слева разрыв пояски равен 90°, справа — 180°)

Финишное покрытие

Иногда к финишному покрытию относится паяльная маска.

Изгиб металлизации

Место, где металлизация стенки отверстия переходит на площадку (рис. 4).

Нахлест металлизации

Это расстояние по радиусу отверстия, на которое распространяется металлизация стенок отверстия по площадке после изгиба при соблюдении требований к толщине (рис. 4).

Разделение металлизации во внутреннем слое

Таким образом обозначается состояние отделения внутренней площадки от металлизации стенки отверстия. Не следует путать с расслоением между металлизацией и диэлектриком или разделением между слоями металлизации.

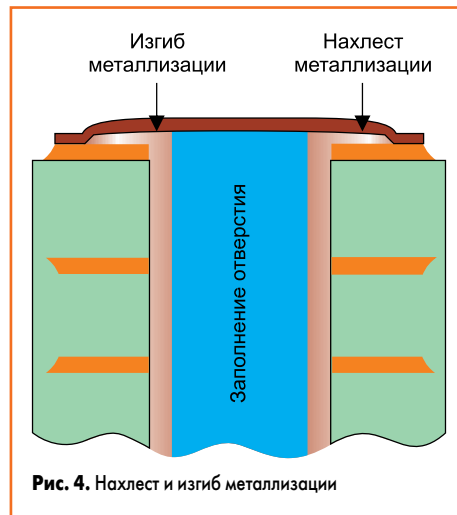


Рис. 4. Нахлест и изгиб металлизации

Неполное смачивание и отсутствие смачивания

Необходимо различать эти термины. Отсутствие смачивания — это состояние, когда часть металлической поверхности не смачи-

вается припоем. Неполное смачивание — это состояние, когда происходит смачивание всей поверхности, но припой частично собирается обратно, образуя бугорки. При этом поверхность все же покрыта тонким слоем припоя.

Заполнение области покрытия

Так обозначаются разделы и требования, касающиеся качества нанесения покрытия, его совмещения (если применимо), отслоений, пропусков и т. п.

Заключение

Стандарты по характеристикам и приемке печатных плат — одни из ключевых в вопросах обеспечения качества. Надеемся, что перевод передовых, признанных во всем мире документов на русский язык поможет сделать ваши изделия более качественными и конкурентоспособными, а эта статья послужит лучшему пониманию стандартов IPC-6012C и IPC-A-600H.