

# ДЕФОРМАЦИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ: КАК ИХ ПРЕДОТВРАТИТЬ НА ЭТАПЕ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Деформации печатных плат, возникающие в процессе производства, приводят к многочисленным негативным последствиям. Деформации могут вызвать разрыв проводников, а также существенно осложнить процесс монтажа SMD (Surface Mount Device — компонент, монтируемый на поверхность) на печатную плату. Обычно для борьбы с деформацией печатных плат применяют различные технологические решения на этапе производства плат. Однако некоторые приемы, с помощью которых можно существенно снизить вероятность появления деформации, можно применить уже на этапе проектирования платы. Об этих приемах рассказывается в данной статье.

Деформации печатных плат могут возникать по ряду причин, в частности:

- несоответствие исходных материалов требованиям производителей печатных плат (например, для стеклотекстолитов большое значение имеет перпендикулярность и равномерность плетения волокон стеклоткани; если стекловолна не перпендикулярна и расположены неравномерно, то это может привести к деформации материала при его нагреве, а как следствие и к деформации готовой печатной платы);
- воздействие высоких температур и влажности на этапе производства печатной платы;
- ошибки при проектировании печатной платы.

Ситуацию осложняет и то, что существуют различные пути реализации проектов плат. Есть два основных пути, по которым проект превращается собственно в плату: плата разрабатывается и производится в России; плата разрабатывается в России, а производится за рубежом (чаще всего в азиатских странах, реже — в Европе).

Проблемы возникают, когда платы разрабатываются в соответствии с требованиями ГОСТ, а производятся на заводе, сертифицированном по международным стандартам. Такие заводы находятся не только за рубежом, но и в России. В результате между стандартами возникают несоответствия. Очень важно учесть эти несоответствия уже на стадии разработки конструкции печатной платы.

Е.Береп

beger@ncab.ru, www.ncab.ru

В странах Азии и Европы большинство поставщиков плат (а в последнее время многие поставщики и в России) руководствуются требованиями стандартов IPC — Association Connecting Electronics Industries. Поэтому, чтобы плата получилась такой, какой ее задумал конструктор, необходимо учитывать требования уже двух различных стандартов!

Чтобы описать требования ГОСТ и IPC, дадим определения основных видов деформации печатных плат.

**Деформация изгиба.** Согласно IPC-T-50G, изгиб — это отклонение от плоскости печатной платы (ПП), характеризующееся близкой к цилиндрической или сферической форме кривизной при условии, что все четыре угла ПП лежат в одной плоскости (рис.1).

**Деформация скручивания.** Согласно ГОСТ 20406-75, скручивание — это деформация, характеризующаяся спиральным искривлением противоположных кромок основания печатной платы. При скручивании один угол платы находится не в той плоскости, в которой лежат остальные три угла (рис.2).

## ТРЕБОВАНИЯ ГОСТ

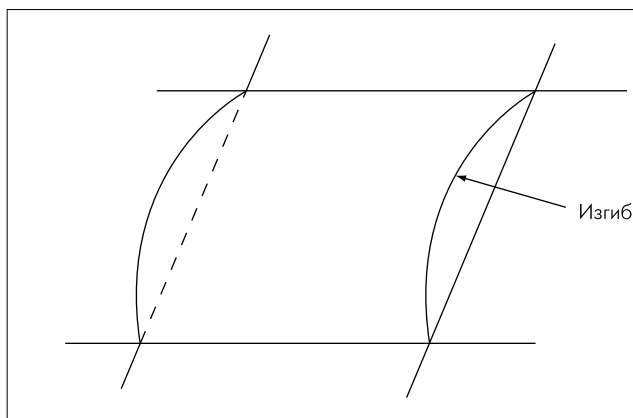
Согласно ГОСТ 23752-79, деформация при изгибе и скручивании печатных плат с жестким основанием на 100 мм длины не должна превышать значений, указанных в таблице (за исключением зоны концевых контактов).

При использовании диэлектрика высшей категории качества на основе стеклоткани деформация не должна превышать 0,4 мм.

### Требования ГОСТ к деформации печатных плат\*

Толщи- на печат- ной платы d, мм	Деформация печатной платы, мм				
	Односторонние платы (ОПП)		Двусторонние платы (ДПП)		Много- слойные платы (МПП)
	На ос- нове бумаги	На осно- ве стекло- ткани	На основе бумаги	На основе стекло- ткани	
1,0<d≤1,5	1,5	0,9	0,9	0,8	0,5
1,5<d≤2,0	1,2	0,8	0,6	0,6	0,4
d>2,0	0,9	0,6	0,5	0,5	0,4

\* Значения деформации для ПП толщиной 1,0 мм и менее не устанавливаются.



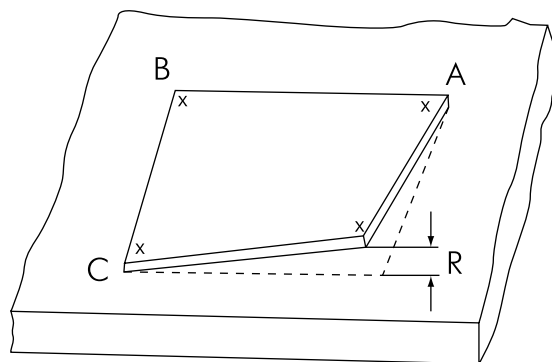
**Рис. 1. Деформация изгиба**

Деформация в зоне концевых контактов не должна быть более 0,5 мм (для МПП – 0,4 мм).

Отклонение от перпендикулярности сторон прямоугольной ПП при деформации скручивания не должно быть более 0,2 мм на 100 мм, если в конструкторской документации не указаны другие значения.

Проверку деформации на соответствие требованиям ГОСТ проводят при помощи линейки, вес которой при наложении на испытуемую ПП не изменяет значения ее деформации.

Линейку размером более длины диагонали используемой ПП накладывают на ПП, которая расположена вогну-



**Рис. 2. Деформация скручивания. Точки А, В и С лежат в одной плоскости. R – максимальное отклонение угла платы от плоскости**

той стороной вверх. Определяют место максимального отклонения вогнутой поверхности от линейки и измеряют его с точностью 0,1 мм. Затем измеряют расстояние между точками касания линейкой поверхности ПП с точностью до 0,5 мм. Значение деформации ПП на 100 мм длины (K) определяют по формуле:

$$K = \frac{100^2 \cdot h}{L^2},$$

где h – максимальное расстояние от поверхности ПП до линейки, мм; L – расстояние между точками опоры линейки, мм.



**Рис.3. Отклонение платы от плоскости по длине или ширине при деформации изгиба**

Для измерения значения деформации в зоне концевых контактов линейку располагают над концевыми контактами параллельно краю ПП. Можно также измерять значение деформации при помощи калибровочной щели.

Проверку отклонения от перпендикулярности сторон прямоугольной ПП на соответствие требованиям стандартов проводят путем сравнения ПП с калиброванными угольниками, один из которых выполнен с верхним предельным отклонением от перпендикулярности, другой — с нижним.

### ТРЕБОВАНИЯ IPC

Согласно требованиям IPC-A-600G, для печатных плат с поверхностно монтируемыми компонентами деформации при изгибе и скручивании ПП не должны превышать 0,75%. Для всех остальных ПП деформации при изгибе и скручивании не должны превышать 1,5%, независимо от толщины печатной платы.

Для того чтобы измерить значение деформации изгиба, необходимо поместить плату на ровную поверхность. Концы платы должны касаться этой поверхности. Затем нужно измерить значения длины (L) и ширины (W) ПП, а также ее отклонение от плоскости в самой верхней точке (рис.3). Измеренное значение максимального отклонения по длине обозначается  $R_L$ , а по ширине —  $R_W$ .

После того, как произведены все необходимые измерения, значение деформации изгиба (B, %) рассчитывают по формуле (см. IPC-TM-650, метод 2.4.22):

$$B_L = \frac{R_L}{L} \cdot 100 \quad \text{или} \quad B_W = \frac{R_W}{W} \cdot 100.$$

Например, если для прямоугольной печатной платы размером 50 × 200 мм измеренная деформация по длине ( $R_L$ ) составляет 1,5 мм, то получаем

$$B_L = \frac{1,5}{200} \cdot 100 = 0,75\%.$$

Такая деформация допускается стандартом IPC даже для печатных плат с поверхностно монтируемыми компонентами.

Теперь определим деформацию скручивания. Для этого нам понадобится измерить длину диагонали (D), а также максимальное отклонение угла платы от плоскости (R) (см.рис.2).

Величина деформации скручивания (Twist) в процентах определяется по следующей формуле:

$$\text{Twist} = \frac{R}{2 \cdot D} \cdot 100.$$

Например, есть прямоугольная печатная плата, диагональ которой равна 200 мм. Максимальное отклонение от плоскости (измеренное значение R) равно 3 мм. Тогда значение деформации будет равно:

$$\text{Twist} = \frac{3}{2 \cdot 200} \cdot 100 = 0,75\%.$$

Такая деформация также допускается стандартом IPC, в том числе для печатных плат с поверхностно монтируемыми компонентами.

Таким образом, требования ГОСТ и IPC к деформациям ПП различаются. Отметим наиболее существенные отличия.

- ГОСТ не регламентирует значения деформаций изгиба и скручивания для печатных плат толщиной менее 1 мм, а IPC регламентирует.
- Величина деформации при изгибе и скручивании имеет особое значение при использовании поверхностно монтируемых компонентов. Слишком большая деформация не позволит печатной плате принять плоскую форму, а это необходимо для нанесения паяльной пасты через трафарет (в специальном принтере) и для установки поверхностно монтируемых компонентов (в автоматическом установщике). Стандарт IPC предусматривает различные требования к величине деформаций для плат с поверхностным монтажом и без него. Стандартом же ГОСТ этот аспект не оговаривается.
- Значения деформации изгиба и скручивания очень важны для плат с концевыми контактами, и на этом делается акцент в требованиях ГОСТ. В стандарте же IPC специальные требования для таких плат не оговариваются.

Указанные различия стандартов необходимо учитывать, если разработанные по ГОСТ платы планируется заказывать на заводе, работающем в соответствии с международным стандартом IPC.

### КАК ПРЕДОТВРАТИТЬ ДЕФОРМАЦИИ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПП

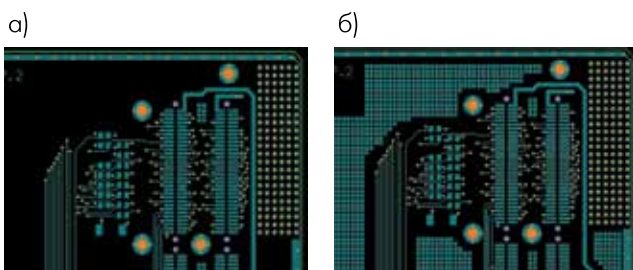
Существует множество способов, предупреждающих или уменьшающих деформации на разных этапах процесса производства печатных плат. Эти способы давно внедрены и широко используются.

Но, оказывается, существуют приемы, с помощью которых еще на стадии проектирования можно если не устранить, то, по меньшей мере, существенно уменьшить величины возможных деформаций ПП. Рассмотрим эти приемы.

### Баланс меди

Этот метод предусматривает заполнение свободных от меди областей на печатной плате медной фольгой\*. Если проводящий рисунок неравномерный, толщина слоя меди в готовой

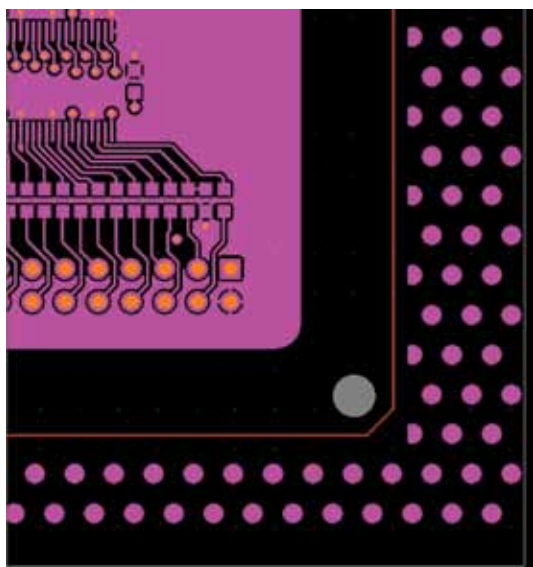
\* Anderson B. Советы по конструированию печатных плат для повышения рентабельности производства. — NCAB newsletter, январь 2008 г.



**Рис.4. Печатная плата с несбалансированным (а) и сбалансированным (б) печатным рисунком**

продукции будет различной в различных областях печатной платы. Неравномерность рисунка медных проводников приводит к деформации печатных плат (изгибу и скручиванию). Чтобы снизить риск деформации, рисунок должен быть равномерным (рис.4). Это относится и к рисунку внутренних слоев МПП.

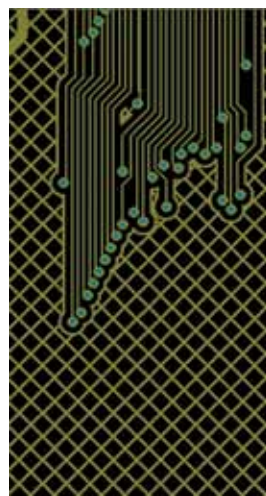
Если печатные платы планируется поставлять в панелях с технологическими полями, то и на полях необходимо добавлять медь для баланса (рис.5).



**Рис.5. Пример заполнения технологических полей печатной платы**



**Рис.6. Заполнение свободных мест медной фольгой в виде залитого полигона**



**Рис.7. Заполнение свободных мест медной фольгой в виде сетки**

Заполнять медью свободные области можно с помощью различных форм. Это могут быть квадраты (см. рис.4), прямоугольники, круги (см. рис.5) и даже просто полигон, залитый медью полностью (рис.6) или в виде сетки (рис.7).

Изменить дизайн печатных плат на стадии разработки нетрудно. Если вы проектируете плату в CAD-системе, то проще всего использовать заливку полигона – это стандартная опция всех CAD-систем проектирования печатных плат.



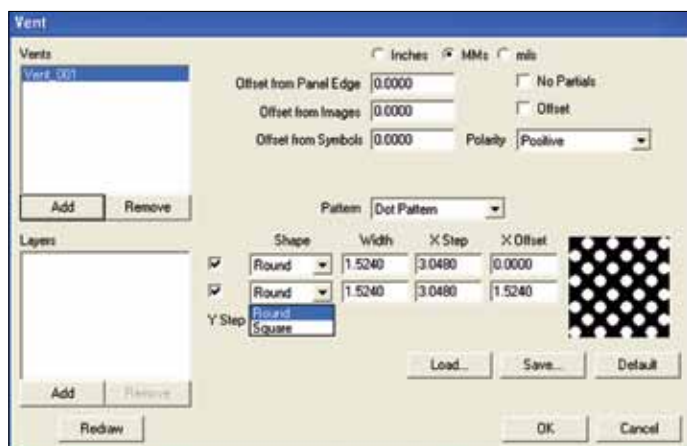


Рис.8. Интерфейс САМ-системы для выбора параметров заливки

Заливку технологических полей легче выполнить на стадии подготовки проекта к производству, когда выполняется мультипликация платы. В САМ-системах есть стандартные опции по заливке технологических полей (рис.8). Они предусматривают различные варианты заливки: заливка сплошным полигоном, сетчатая заливка, заливка с помощью кругов или квадратов, размер и частота которых задается технологом при подготовке проекта к производству.

Плата с хорошим балансом меди по всей по поверхности (рис.9) существенно снижает величину деформаций.

### Иммерсионные покрытия

Для печатных плат, толщина которых 0,8 мм и менее, лучше всего использовать иммерсионные покрытия (такие, как, например, ENIG – Electroless Nickel/Immersion Gold – иммерсионное золото по подслою никеля или IS – Immersion Silver – иммерсионное серебро, и др.). Применение всеми любимого "стандартного" горячего лужения (HAL или HASL – Hot Air (Solder) Leveling) увеличивает вероятность появления деформации. Это связано с высокой температурой процесса горячего лужения

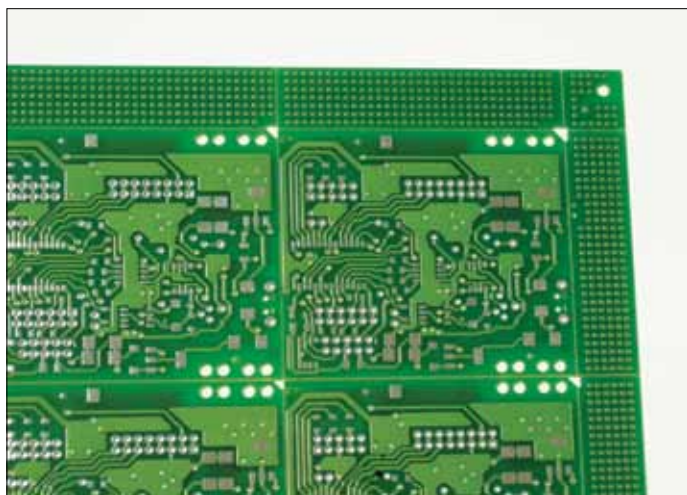


Рис.9. Пример готовой панели с хорошим балансом меди

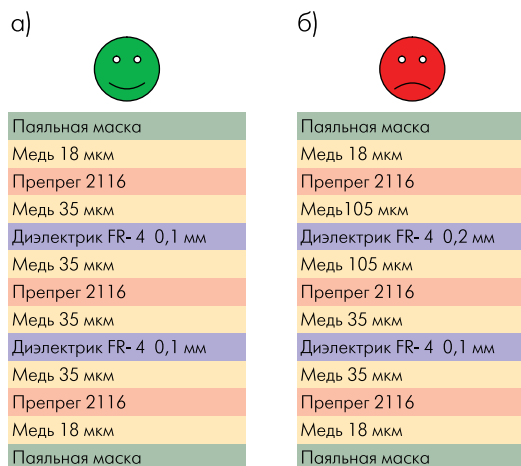


Рис.10. Структура слоев многослойной печатной платы: а) – симметричная; б) – несимметричная

(для бессвинцового лужения (lead-free HASL) температура может достигать 270°C).

### Симметричная структура для МПП

Для многослойных печатных плат оптимальна симметричная структура. Несимметричная структура ведет к недопустимо большому изгибу платы.

В абсолютно симметричной структуре (рис.10а) центром является препрег 2116, относительно него симметрично располагаются одинаковые фольгированные диэлектрики, препреги и медная фольга внешних слоев. Можно с уверенностью сказать, что величина изгиба и скручивания ПП с такой структурой будет в пределах стандартов.

В случае же несимметричной структуры (рис.10б) центром является тот же препрег 2116, но сверху и снизу от него мы видим диэлектрики разной толщины (FR-4 толщиной 0,2 мм и 0,1 мм соответственно). Толщина фольги относительно центра платы тоже различна: 105 и 35 мкм. В итоге значительно возрастает вероятность того, что деформация готовой платы выйдет за пределы допуска.

Таким образом, если задуматься о готовой плате еще на стадии проектирования, можно избежать многих проблем, связанных с ее деформацией. Конечно, все рекомендации, данные в статье, воплотить в жизнь бывает невозможно. Например, для плат, используемых в СВЧ-аппаратуре, не всегда возможно обеспечить баланс меди. В нестандартных проектах иногда не удается сделать симметричной структуру платы. Всегда надо исходить из принципа "из двух зол выбирают меньшее". Но если есть возможность использовать при проектировании платы описанные приемы, почему бы ими не воспользоваться и не повысить качество готового изделия без каких-либо дополнительных затрат? Решение, как всегда, остается за вами!

## ВЫСТАВКА ВКСС-2008

11-я Международная ежегодная специализированная выставка ведомственных и корпоративных информационных систем, сетей и средств связи (ВКСС-2008) прошла со 2 по 5 декабря 2008 года в ВК "Крокус Экспо". Тема выставки – новые инфокоммуникационные технологии. В ней приняли участие специалисты различных отраслей – энергетической, транспортной, нефтегазовой. Организаторами выставки традиционно выступили Банк России, ФСБ России, Министерство обороны РФ, МЧС России, МВД России, ОАО "РЖД", ФСК ЕЭС России, ГК "Информтехника" и ООО "ПромЭкспо ИТ". Выставка проводилась при активной поддержке Министерства связи и массовых коммуникаций РФ.

Торжественную церемонию начала работы выставки открыл заместитель председателя Банка России – председатель оргкомитета выставки ВКСС-2008 М.Ю. Сенаторов.

В приветственном слове к гостям и участникам выставки заместитель министра связи и массовых коммуникаций Н.С.Мардер подчеркнул: "Проведение конгрессно-выставочных мероприятий, подобных Международной выставке ВКСС, способствует развитию производства высокотехнологичной продукции, внедрению современных технологий в информационно-телекоммуникационных сетях и системах".

Ежегодную международную конференцию в рамках выставки ВКСС-2008 с большим успехом открыл практический семинар учебного центра "Информзащита" – "Контроль безопасности информационных систем и расследование инцидентов". В рамках семинара обсуждались вопросы защищенности компьютерных сетей, правонарушений в сфере компьютерной информации.

Большой интерес вызвала презентация Департамента государственной политики в области информатизации и информационных технологий (докладчик – А.А.Домрачев) о юридической значимости электронного документооборота в рамках программы "Электронное государство XXI века".

Много внимания докладчики уделили РЖД – ведущей транспортной системе страны, ее развитию и современным средствам связи. Отмечалось, что компания ориентируется на отечественных производителей, которые создают технологии с учетом специфики рынка перевозок России – объемов, протяженности железнодорожных линий, сложных климатических условий.

Главный инженер ЦСС ОАО "РЖД" Александр Слюняев отметил, что приоритетом для РЖД является организация подвижной информационной среды за счет внедрения цифровых систем радиосвязи для управления перевозочным процессом, а также спутниковых систем. В частности, в 2009–2010 годах линия "Санкт-Петербург – Москва" будет оборудована системой спутниковой навигации и позиционирования объектов инфраструктуры.

## "ИНФОКОМ-2008"

Международная выставка инфокоммуникационных технологий "ИнфоКом-2008" прошла с 22 по 25 октября в Москве в ВК "Крокус Экспо". Выставка, организованная компанией FORMIKA при поддержке отраслевого министерства, объединила более 200 крупнейших участников мирового инфокоммуникационного рынка, которые представили свои разработки на площади более 23 тыс. кв. метров.

Выставка "ИнфоКом" проходила в восьмой раз. В экспозиции были представлены крупнейшие компании, работающие в сфере высоких технологий, IT, телекоммуникаций, информации и связи, известные медиахолдинги. Важнейшие разделы были посвящены инновационным разработкам в следующих областях: аппаратные средства; инфокоммуникационные услуги; программное обеспечение; информационная безопасность; электронное правительство; цифровое телерадиовещание и др.

По традиции, открытие выставки было отмечено вниманием высшего руководства страны. В первый день работы на выставку с рабочим визитом прибыли заместитель председателя Правительства РФ С.Собянин и министр связи и массовых коммуникаций РФ И.Щёголев, который представил важнейшие, с государственной точки зрения, экспонаты.

Все участники и большинство гостей отмечали, что в этом году тематика выставки существенно расширилась. Если раньше выставка "ИнфоКом" была в основном технологической, то в этом году ее информационная составляющая значительно усилилась благодаря присутствию представителей крупнейших российских СМИ.

В деловую программу вошло более 170 конференц-мероприятий, семинаров и мастер-классов для представителей бизнеса, СМИ и обычных посетителей.

На пленарном заседании "Информационное общество и современные технологии доставки информации" глава Министерства связи и массовых коммуникаций РФ И.Щёголев обозначил векторы дальнейшего развития отрасли, отметив тенденцию перехода от базовой задачи – обеспечения доступности инфокоммуникационных технологий – к задаче иного уровня, связанной с повышением качества информации.

В этом году выставка "ИнфоКом" была отлично организована и охватила множество направлений развития инфокоммуникационной отрасли. Более 22,5 тыс. посетителей, пришедших на выставку, несомненно, не остались разочарованными ни наполнением стендов и презентациями компаний, ни развлекательно-образовательными мероприятиями, а участники получили большую отдачу от представления своих разработок широкой аудитории.