

# Когда гильотина нежнее рук?

## Групповая заготовка. Рекомендации по конфигурации скрайберных линий.

### Вводные данные

На этапах регулирования и ПСИ(приемо-сдаточных испытаний) зафиксированы многочисленные отказы антенны и усилителей из состава антенны по причине отказа чип-компонентов. Основной причиной отказа является выход из строя SMD-компонентов — конденсатора С4 0402 3С102.1АТ2А, реже — других компонентов.

### Цель проведения исследования

Анализ причин разрушения электронных компонентов.

В процессе демонтажа отказавших конденсаторов происходит их механическое разрушение, что свидетельствует о наличии трещин или микротрещин в керамическом корпусе компонентов. Визуально трещины не просматриваются. Замена компонентов восстанавливает работоспособность изделия. Для определения этапа возникновения дефекта проверялась целостность конденсаторов при помощи ручной пайки в исходном состоянии поставки, а также на одной групповой заготовке после основных операций ТП: монтажа печатных плат, УЗ-отмывки, разделения групповой заготовки на платы.

### Исследование

Появление трещин корпуса зафиксировано после операции разделения групповой заготовки на отдельные платы.

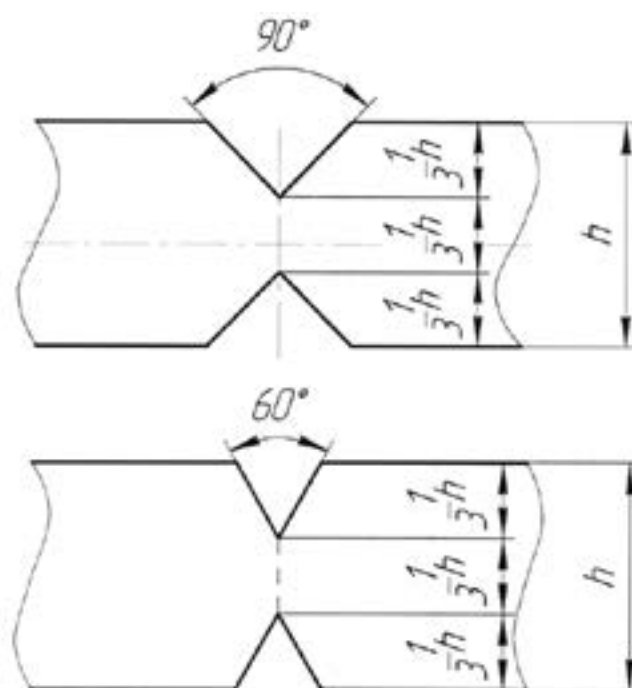
Разделение групповой заготовки на отдельные платы осуществляется вручную, выламыванием по выполненным при изготовлении платы линиям надреза — скрайберным линиям.

Для определения причины появления дефекта рассмотрены конфигурации скрайберных линий в платах, изготовленных в разных партиях, а также рекомендации по разработке и изготовлению групповых заготовок плат.

Скрайберные линии имеют овальную конфигурацию и не соответствуют рекомендуемым как по форме, так и по глубине реза. Конфигурация линий скрайбирования выполнена заводом-производителем с отклонением от рекомендуемой, а именно: глубина реза меньше рекомендуемой; форма паза отличается от рекомендуемой.

При выламывании плат возникают значительные механические деформации платы, которые и приводят к трещинам керамических корпусов конденсаторов.

Причиной отказа является возникновение трещин корпусов чип-конденсаторов при лом-



Изображение 1. Рекомендуемая конфигурация скрайберных линий

ке плат из-за несоответствия формы и размеров скрайберных линий рекомендуемым, что приводит к значительным деформациям групповой заготовки плат и необходимости выбора направления прикладывания усилия при ручном разделении групповой заготовки на платы (ломке).

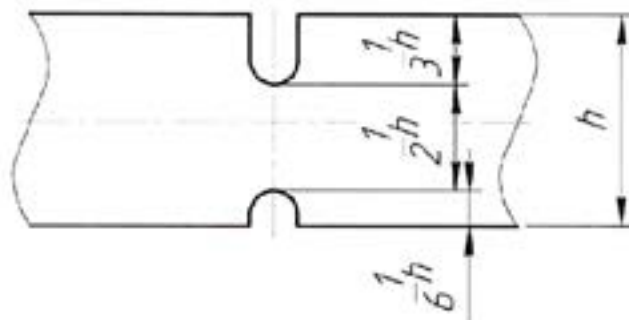
При разделении технологической панели после монтажа на отдельные платы важным фактором, влияющим на целостность как самих плат, так и установленных на них компонентов, является применение качественной оснастки.

Разламывание вручную, без использования гильотинных или дисковых ножей – наихудший вариант разделения групповых заготовок на отдельные платы.

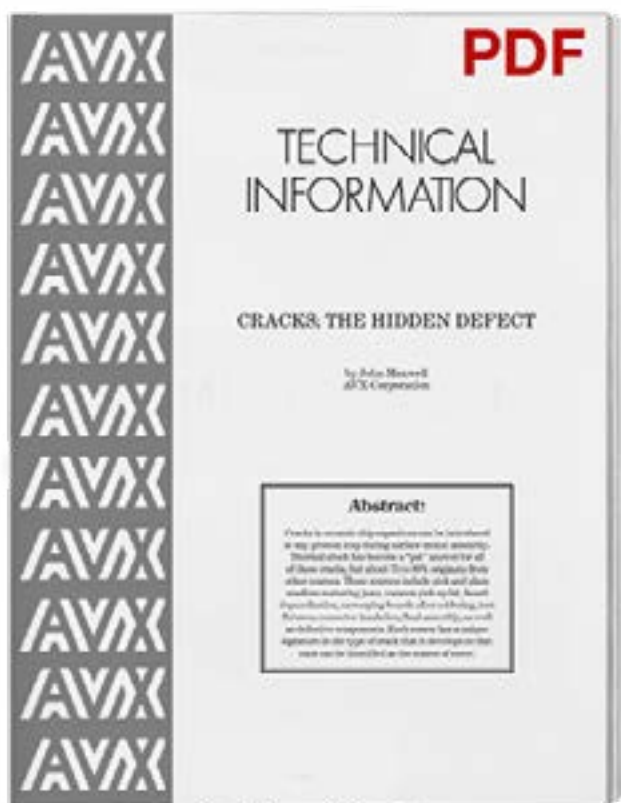
В этом случае происходит значительная деформация кручения всей панели, а особенно области на краю плат в месте разлома. Подробно проблемы, связанные с разделением групповых панелей, описаны в прилагаемых документах компании-производителя электронных компонентов – AVX Corporation .

При этом следует помнить, что жесткость плат (величина, обратная прогибу заготовки от нормированного усилия) прямо пропорциональна моменту инерции сопротивления сечения платы (чем больше брус, тем меньше прогиб), а момент инерции сопротивления пластины прямо пропорционален кубу толщины пластины.

Например, увеличение толщины платы в 2 раза повышает жесткость платы и, соответственно, уменьшает величину деформаций в 8 раз. Справедливо и обратное утверждение: при толщине платы в 1,00 мм жесткость платы будет в 3,375 раза меньше, чем для платы толщиной 1,50 мм, примеры для которой приведены в прилагаемых документах.



Изображение 2. Фактическая конфигурация скрайберных линий



При этом должны быть решены две задачи: обеспечено простое разделение панели по линиям скрайбирования; групповая панель не должна самопроизвольно разделяться на этапах транспортировки, при подготовительно-заготовительных операциях, монтаже и т.д.

Единственный способ решить эти задачи – обеспечить необходимую глубину скрайбирования, а точнее — минимальное значение толщины диэлектрика между разделительными канавками. Исходя из прочностных качеств стеклотекстолита, на сегодняшний день эта величина равна минимум 0,30 мм для технологических панелей, состоящих из небольшого количества плат. Для панелей с большим количеством канавок (высокий коэффициент мультиплицирования – более 10 плат на панели без дополнительных технологических полей, увеличивающих монтажную жесткость панели во время нанесения пасты и монтажа) минимальное значение толщины диэлектрика между разделительными канавками может быть и большим. В особенности для плат, которые подвергаются двухстороннему монтажу без поддерживающих штифтов, или для плат, толщина которых составляет более 2,00 мм.

Современные технологические процессы скрайбирования заключаются в нанесении разделительных канавок по поверхности платы с помощью нескольких пар дисковых пил, которые одновременно формируют канавки с обеих сторон платы. При этом создаются наиболее щадящие условия механической обработки для материала диэлектрика, в структуре стеклотекстолита невысокий уровень остаточных внутренних напряженностей. При такой обработке легко создать любую форму канавки (зависит от формы режущей кромки дисковой пилы), обеспечить высокую точность позиционирования канавок относительно печатного рисунка платы (отклонение достигает не более  $\pm 25$  мкм), практически полную соосность канавок на противоположных сторонах платы, высокую точность глубины реза канавок (составляет не более  $\pm 100$  мкм).

Для печатных плат, которые имеют типовые значения толщины (как правило, это платы с диапазоном толщин 1,50..1,60 мм), давно отработана технология реза на треть глубины с V-образным (треугольным в сечении) профилем канавок. При этом, в зависимости от толщины плат, материала и наличия на краю плат элементов топологии, угол канавки может составлять от 20° до 90°.

Для плат типовой толщины при применении технологии реза на треть толщины платы обеспечивается номинальное значение толщины диэлектрика между разделительными канавками, равное 0,50 мм. Если учесть предельные отклонения глубины реза от номинального значения, то минимальное значение толщины диэлектрика между разделительными канавками будет равным 0,30 мм. Такая остаточная толщина диэлектрика обеспечивает целостность панели на этапах транспортировки и при подготовительно-заготовительных операциях. При условии применения качественного монтажного оборудования эта толщина удовлетворительна на этапах трафаретного нанесения пасты, установки компонентов и монтажа. При большом коэффициенте мультиплицирования технология реза на треть толщины с V-образным профилем канавок является нецелесообразной. В этом случае чаще применяются пилы, создающие не V-образный, а U-образный профиль канавок. Характерная особенность канавок такого профиля – меньший уровень остаточных внутренних напряженностей материала, что повышает стойкость панели к вибрациям и ударным нагрузкам во время операций трафаретного нанесения пасты, установки компонентов и монтажа, предотвращая тем самым самопроизвольное разрушение панели на любом из указанных технологических процессов.

Еще одна причина, по которой применяются пилы с U-образным профилем канавок, – наличие в зоне скрайбирования элементов топологического рисунка. Для пил, которые создают V-образный профиль канавок, характерным недостатком является достаточно большая ширина канавки на поверхности платы, которая тем больше, чем толще плата и глубже рез. Кроме того, в случае соприкосновения вращающейся пилы с краем проводников или полигонов, вследствие сравнительно большой плоскости касания (чем больше угол канавки, тем

больше площадь касания), нередки случаи срыва проводников и образования заусенцев меди. При этом вся групповая панель бракуется, что влечет дополнительные расходы и удорожает стоимость изготовления.

Для дисковых пил с U-образным профилем канавок выход брака скрайбирования значительно ниже. Это объясняется тем обстоятельством, что площадь касания торца пилы с медью минимальна и равна толщине меди. Кроме того, усилие на отрыв, прилагаемое к меди, направлено строго перпендикулярно, что значительно снижает риск срыва меди и образования заусенцев. Именно высокая доля брака при скрайбировании в предыдущем заказе вынудила завод дооснастить производство и изменить профиль дисковых пил с V-образного на U-образный.

При малой толщине плат технология реза на треть толщины является нецелесообразной. В этом случае применение технологии реза на треть толщины мало приемлемо по причине малой остаточной толщины материала диэлектрика между канавками. К примеру, при толщине плат, равной 1,00 мм, номинальное значение толщины диэлектрика между разделительными канавками составит 0,33 мм. Однако если учесть максимальные отклонения глубины реза, то получим минимальное значение толщины диэлектрика между разделительными канавками равное 0,13 мм. Такая остаточная толщина соизмерима с размерами пучков пряжи волокон стеклоткани, что создаст недопустимо малую жесткость панели. Если хотя бы одна из линий скрайбирования будет иметь остаточное значение толщины диэлектрика между разделительными канавками равное 0,20 мм или менее, это гарантировано повлечет за собой разрушение панели при монтаже и вероятное разрушение панели при транспортировке или подготовительно-заготовительных операциях.

То обстоятельство, что в предыдущем заказе финальная толщина диэлектрика между разделительными канавками составила треть от толщины платы, объясняется только совпадением: суммарная погрешность глубины реза была таковой, что при заданной толщине в 0,50 мм фактическая толщина составила около 0,35 мм. Исходя из этих соображений, завод в каждой конкретной ситуации, руководствуясь накопленным опытом и существующими в отрасли рекомендациями, принимает самостоятельное решение о выборе необходимого профиля дисковых пил и глубине реза при выполнении операций скрайбирования. В случае, если заказчик настаивает на каком-то определенном типе скрайбирования (форме канавок и/или глубине реза), завод не берет на себя ответственность за разрушение групповой панели на любом из технологических процессов.

## **Заключение**

Ошибочными считаются суждения о том, что применение специального оборудования для разрезания групповой заготовки на платы представляется нецелесообразным по причинам:

- высокой стоимости оборудования;
- отсутствия номенклатуры плат для обработки на оборудовании;
- отсутствия отказов в практике выполнения операции ручного разделения плат ранее.

Настоятельно рекомендуем отказаться от практики разделения групповых панелей вручную, поскольку применение специального оборудования значительно снижает риск выхода из строя корпусов ЭРЭ, расположенных в непосредственной близости от линий скрайбирования.