

Конференция IPC в России – теория и практика

С 3 по 4 сентября в Москве прошла конференция Ассоциации IPC, деятельность которой направлена на поддержку мировой отрасли производства электроники, в частности, за счет разработки промышленных стандартов. Соорганизатором мероприятия выступила компания «Диполь», официальный дистрибьютор стандартов IPC в России. Европейский формат конференции удалось совместить с требованиями российской электронной промышленности. Это было первое мероприятие IPC в России, проводившееся в такой форме.

Влад Поляков

На конференции прозвучали выступления таких специалистов, как Ларс Валлин (Lars-Olof Wallin), представитель Ассоциации IPC в Европе, Боб Уиллис (Bob Willis), независимый эксперт, лауреат премий SMTA и IPC, а также Хан Раетсен (Han Raetsen), мастер IPC из компании Balver Zinn Group/Cobar Europe B. V.

Мастер-классы

Ларс Валлин, как оказалось, в прошлом работал преподавателем в университете, а потому по ходу своего выступления активно общался с аудиторией, постоянно поддерживая интерес к предмету. Темой первого мастер-класса стали требования к производству ответственной электроники 3-го класса по IPC для всех звеньев производственной цепочки. С целью получить обратную связь от слушателей ведущий спросил: «Всегда ли работают ваши платы?». Услышав в ответ: «Всякое бывает», Ларс заметил, что если бы у разработчиков всегда все шло гладко, то они не собирались бы на мероприятия, подобные этому. Свое участие в мастер-классах люди объясняют практически одинаково: «Приходим потому, что у нас есть проблемы».

Г-н Валлин считает, что во многих странах не понимают, насколько важно, чтобы требования к изделию удовлетворялись на каждом этапе производственной цепочки. Готовая печатная плата (ПП) появляется в конце линии, и только тогда производитель задается вопросом, качественная ли она. Если плата не работает (а такое случается во всем мире), то следует понять почему. Дело в том, что во всей цепочке разработки и производства изделия очень много параметров, трудно поддающихся контролю, но которые оказывают ключевое влияние на результат. По исследованию автора презентации, в общем случае существует 32 параметра и 212 возможных значений. Эти переменные зависимы, каждая может повлиять на другую. Отсюда огромное количество комбинаций — 42 млн. Человеку не под силу контролировать все. К примеру, если хотя бы один из основных параметров сборочного производства (данные

для подготовки программ, паяльная паста, трафареты и т. д.) не соответствует требованиям, то паяные соединения окажутся некачественными.

Г-н Валлин подробно описал типичные технологические ошибки и то, к чему они приводят. При производстве ПП невозможно избежать проблем. Но найти их трудно. Возможны два варианта: ничего не делать и продолжать поставки, надеясь на лучшее, либо ремонтировать и терять деньги. Но есть и третий путь: постараться избежать возникновения проблем на каждом из этапов техпроцесса.

Избежать проблем на ранних стадиях помогают именно стандарты. Описав ключевые из них, г-н Валлин заметил, что в структуре стандартов IPC можно явно пронаблюдать весь процесс от конструирования изделия до его приемки и даже ремонта и восстановления.

В качестве примера, иллюстрирующего важность применения стандартов, можно привести следующее. Когда ставит вопрос о базовом материале ПП, то большинство указывают в технической документации FR-4. Но FR-4 — это не конкретный материал, а целый класс материалов, отличающихся множеством параметров, например температурой стеклования. В этом смысле очень важно на этапе заказа точно описать материал в отношении его механических, электрических и тепловых свойств. Если вы заказываете ПП в Китае, заявляя, что вам нужен FR-4, то в этом случае, скорее всего, китайцы используют самый дешевый материал, который зачастую не имеет даже сертификатов UL. Чтобы данную проблему исключить, у IPC есть стандарт IPC-4101D, подытожил выступающий.

Второй мастер-класс Ларса Валлина назывался «Почему мои паяные соединения не идеальны?» и касался проблемы поиска и устранения причин дефектов. Рассмотрены они были на двух примерах.

Первый — проблема смачивания в сквозном металлизированном отверстии. На практике г-н Валлин сталкивался с данной проблемой и познакомил слушателей с проведенным анализом и выводами. Этот пример в некоторой степени был упрощенным, однако иллюстрировал методику ана-



Ларс ВАЛЛИН (Lars-Olof WALLIN), представитель Ассоциации IPC в Европе

лиза дефектов, учитывающую такие факторы, как конструкция изделия, организация процессов, управление качеством, закупки, выбор оборудования и проч., что часто оказывается упущенным из-за концентрации на анализе техпроцесса. Слушателей интересовали частности: может ли тот или иной фактор повлиять на появление данного дефекта. Ларс Валлин привел ряд примеров наиболее распространенных причин отсутствия припоя в металлизированном отверстии, которые вызвали живое обсуждение. Но, безусловно, какой именно фактор или сочетание каких факторов станет ключом к решению конкретной проблемы, может быть выявлено только при анализе данного случая, включая само изделие, техпроцесс, особенности компании и всех поставщиков.

Второй пример — так называемый эффект надгробного камня (дефект пайки оплавлением, при котором компонент поднимается на свой торец). Здесь также был рассмотрен практический случай, в котором причиной дефекта оказалось сочетание нескольких факторов, в числе которых точность установки компонента на плату и смена поставщика компонентов. При разработке площадки мы подразумеваем, что у компонента конкретные размеры. Но у разных поставщиков размеры одного и того же чип-компонента могут отличаться, особенно по высоте. Исходя из проведенного анализа были выработаны рекомендации, которые позволяют избежать данных дефектов в дальнейшем.

Эти два примера показали, насколько важно учитывать факторы, которые на первый взгляд кажутся «вторичными», не относящимися к производству как таковому. Именно для того, чтобы не забыть уделить внимание всем элементам, влияющим на результат, Ларс Валлин разработал «Контрольные таблицы IPC», подобные тем, что используются пилотами перед вылетом. Это руководство было представлено на конференции на русском языке.

Параллельно мастер-классы провел Боб Уиллис, их темами стали «Технологии от-

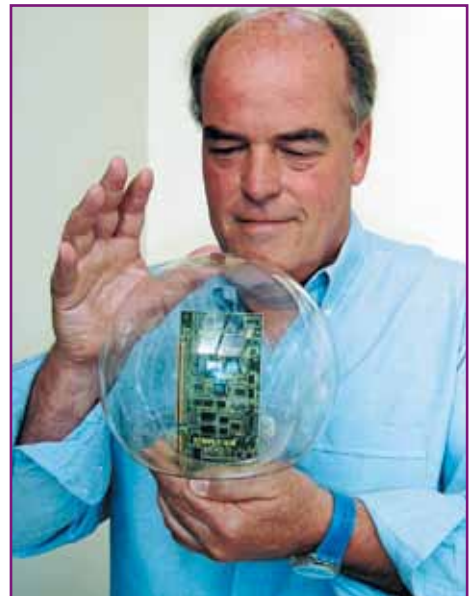
мывки и нанесения конформных покрытий» и «Практический анализ дефектов». Существует множество методик и способов анализа дефектов: разрушающие и неразрушающие, инструментальные и визуальные. Г-н Уиллис описал целый ряд примеров и пояснил, как можно анализировать их различными способами, что должно помочь слушателям выбрать наиболее подходящую им методику.

Затронутые вопросы оказались столь актуальными, а информация — полезной, что у участников возникло желание пригласить авторов мастер-классов на производство для аудита и выявления проблем.

Пленарные доклады

Второй день состоял из пленарных докладов. Открыло его выступление Боба Уиллиса, который представил доклад о методе монтажа «корпус на корпус» (package on package, PoP). Суть технологии в том, что на один корпус устанавливается другой корпус, на него — следующий и т. д. Применяется такая методика в большинстве мобильных телефонов. Стандарты для корпусов PoP разрабатывает сообщество JEDEC. При помощи слайдов и видеороликов Боб показал, как происходит сборка PoP, и привел ряд рекомендаций по конструированию и управлению технологическими режимами при использовании этой технологии. Если у компании достаточно современная линия, то производители оборудования способны легко и сравнительно недорого модернизировать ее для использования технологии «корпус на корпус».

Далее слово взял Хан Раецен из Balver Zinn Group. Он отметил, что в настоящее время компания ищет возможность строительства в России производственного предприятия, что, наряду с конференцией, стало одной из целей его приезда. В компании уверены: это откроет новые возможности для российского рынка, так как заказчики смогут быстрее получать материалы (сегодня поставка занимает минимум 3–4 недели). Затем он перешел непосредственно к докладу, темой



Боб УИЛЛИС (Bob WILLIS),
независимый эксперт, лауреат премий SMTA и IPC

которого стали современные материалы для сборки электроники. Особенность нынешней ситуации заключается в использовании на производствах смешанной технологии: работают с бессвинцовыми компонентами, паяя на свинцовую пасту. Перевести электронику на бессвинцовые технологии заставили три директивы. Первая регулирует, что происходит с изделием, закончившим срок службы (электроника должна допускать переработку). Вторая регламентирует, как избежать попадания электронных изделий в отходы. Третья и самая важная — RoHS — диктует список материалов, запрещенных к применению. Среди них оказался свинец, в результате вся электроника в Европе была вынуждена перейти на бессвинцовые технологии.

Отказ от свинца вызывает новые проблемы. Во-первых, покрытие компонентов не должно иметь свинца, а сам компонент, попадая в бессвинцовое производство, обязан выдерживать большие температуры. Во-вторых, особую важность приобретает вопрос абсорбирования влаги компонентами. Все важнее становится чувствительность компонентов к процессу. Соответствующие показатели зафиксированы в стандартах IPC.

Компоненты для монтажа в отверстия с бессвинцовым покрытием начали использоваться много лет назад, еще до введения описанных выше директив. Однако процесс изменить необходимо: повысить температуру, увеличить время выдержки и т. д. Все, что проходит через пайку оплавлением (материалы, компоненты), должно выдерживать соответствующие температуры. В итоге многим компаниям пришлось закупать новое оборудование.

В случае со смешанной технологией высок риск расплавления и деформации элементов, а также вероятность неполного смешивания материала шариковых выводов и пасты (сверху бессвинцовый материал, снизу — свинецсодержащий). Очень важна в данной ситуации паяльная паста. Если используется бессвинцовая паяльная паста, это означает, что



остальная химия предназначена для бессвинцового термопрофиля. Многие пасты на температурах бессвинцовых процессов имеют недостаточную активность или у них происходит срыв активности, необратимо меняющий свойства. Balver Zinn Group разработала бессвинцовую паяльную пасту, а потом перенесла методы, применяющиеся в бессвинцовой технологии, на эвтектические пасты. Таким образом, последние могут участвовать в бессвинцовом процессе.

Как можно обеспечить применение смешанной технологии на производстве и как она влияет на надежность изделий? Изделие надежно в том случае, если обеспечивает ожидаемую функциональность в определенных условиях, в течение определенного периода времени и без превышения ожидаемого уровня отказов. В этом смысле, скажем, военная электроника сильно отличается от потребительской — разные ожидания и уровень надежности. Для получения надежного паяного соединения необходимо, чтобы его металлургический состав был равномерным. Как показали определенные испытания, наибольшая надежность достигается при одинаковых материалах: тогда количество циклов до отказа превышает 3 тыс. В случае смешанной технологии надежность снижается на треть, до 2 тыс. циклов. Согласно ряду исследований, температурный профиль для свинецсодержащей технологии нельзя использовать для бессвинцовых выводов.

Что будет, если вы ремонтируете плату, спаянную по свинецсодержащей технологии, при помощи бессвинцовой методики, и наоборот? В случае с односторонней ПП появляется барьер, ослабляющий паяное соединение, и оно может разорваться. Лучше очистить площадку и запаять новым припоем. Для двухсторонних и многослойных ПП с металлизированными отверстиями картина похожая, но барьер выглядит иначе (прочность обеспечивается внутренним припоем). Если отверстие металлизированное, то смешивать припой при ремонте/восстановлении не запрещается. Подытоживая выступление, Хан Раэтсен посоветовал российским специалистам перед использованием смешанной технологии убедиться в совместимости техпроцессов, а при необходимости скорректировать их.

Затем в кресло спикера вернулся Боб Уиллис, представивший два коротких доклада: «Контроль качества конформных покрытий» и «Определение наиболее важных параметров при выборе финишных покрытий для плат и компонентов». По результатам исследования, наибольшее количество проблем вызывают два вида дефектов конформных покрытий: собиравшиеся материалы в своеобразные бугорки из-за плохого смачивания поверхности и пузырение. Те или иные материалы для покрытий включены в стандарты IPC. Один из способов нанесения покрытия — погружение. При проведении контроля может помочь свойство материалов светиться в ультрафиолете, что позволяет выявить по цвету, где покрытие нанесено, а где нет. Оно же помогает при ремонте/восстановлении. Второй способ — распыление. В данном случае также нетрудно раз-



глядеть под ультрафиолетом, как наносится покрытие, что очень полезно на этапе запуска процесса. При самостоятельном нанесении покрытия или заказе его у сторонней организации важно указать, в каких местах покрытие должно быть, а в каких не должно. Делайте это так, чтобы можно было проверить, правильно ли выполнена работа. Помогут в этом вопросе, опять же, стандарты, но с покрытиями часто возникает ситуация, когда какой-то участок не принципиален. Об этом надо сообщить исполнителю, ведь если покрытия там нет, то и ремонтировать плату необязательно. Боб подчеркнул: нормы IPC указывают толщину конформных покрытий, но играют роль рекомендаций; выбирая покрытие, помните, что оно должно быть совместимо с паяльной маской, иначе на выходе получите «мокрую» плату. Также выступающий описал методы выявления дефектов покрытия и способы их устранения. Некоторые исправления в покрытие нетрудно внести еще до его затвердевания, тем самым избежав лишних проблем.

Следом вновь выступил Хан Раэтсен. Он рассказал о разработке флюсов для селективной пайки. Суть данной методики в том, что волна припоя прикладывается к нескольким точкам на плате. Существуют два вида селективной пайки: протягиванием и погружением. Первый вид подразумевает, что у вас есть насадка с мини-волной припоя, которая постоянно движется вдоль поверхности ПП и касается всех точек пайки (выводов компонентов). Особенность в том, что есть постоянный поток припоя, а остатки флюса им смываются. В данном случае важно количество наносимого флюса. Второй вид отличается тем, что создается палета со специальными отверстиями, повторяющими места для пайки, в которые подается припой. Таким образом, плата просто погружается на палету. Использование флюса для данного процесса более критично: некоторое его количество оказывается заперто между ПП и расплавленным припоем. В чем же причины выбора селективной пайки и каковы ее преимущества? При использовании пайки

волной нельзя размещать выводные компоненты на обеих сторонах платы. Но даже если выводные компоненты расположены на одной стороне платы, а на обратной стороне имеются массивные поверхностно монтируемые компоненты, то ПП не может быть спаяна с помощью волны припоя. Дополнительная причина — некоторые поверхностно монтируемые компоненты, расположенные со стороны пайки, могут быть очень чувствительны к температуре и их нельзя подвергать воздействию волны припоя. В таких случаях преимущество имеет селективная пайка.

Какие есть сложности с флюсами, применяемыми в системах селективной пайки? Во-первых, флюс должен наноситься исключительно в те места, где будет происходить пайка. Каждый флюс имеет определенную температуру полимеризации, ей подвержено только то количество флюса, которое попадет под воздействие волны припоя. Соответственно, оставшийся флюс не будет полимеризован. Он же представляет опасность для платы: будет вызывать коррозию и прочие негативные явления. Также флюсы для селективной пайки должны обладать температурной стабильностью, ведь в месте пайки температура может достигать +330 °C. По этим причинам флюсы, годные для пайки волной, не подходят для селективной технологии. Обратной стороной активности флюсов является коррозия. То же самое с образованием дендритов. Balver Zinn Group провела масштабное исследование с целью выяснить, какие из флюсов наиболее надежны и безопасны при селективной пайке. В ходе испытаний флюсы на спиртовой основе коррозии не вызвали, а вот флюсы на водной основе вызвали коррозию, как и флюсы на полуводной основе (за одним исключением). Авторы пришли к выводу, что для селективной пайки не должны применяться флюсы с содержанием воды более 20%. Тесты на определение поверхностного сопротивления изоляции показали: надежность флюсов на спиртовой основе оказалась выше, чем флюсов на водной основе. По ходу дела выяснилось, что на поверхностное сопротив-

ление изоляции большое влияние оказывает температура пайки. Ряд дополнительных тестов дал более явные результаты. Так, желательнее, чтобы флюс имел меньшее растекание. К сожалению, спирт как основа этому не способствует. Каким образом заставить флюсы на спиртовой основе не растекаться слишком сильно? Еще одно необходимое свойство — хорошие капиллярные показатели, необходимые для заполнения сквозных металлизированных отверстий. Когда в компании задался вопросом о разработке флюсов для селективной пайки, вспоминает Хан, нужно было понять, какую кислоту использовать. Ведь каждая кислота имеет свою температуру деактивации. При температуре +50 °С многие кислоты долго деактивируют свои свойства. По результатам тестов для селективных флюсов были выбраны кислоты, кото-

рые при низких температурах деактивируются лучше других. Для предотвращения растекания флюса в формуле можно использовать добавки, увеличивающие силу поверхностного натяжения. Например, подойдет комбинация воды и спирта. Интересное свойство спирта в том, что если его наносить на предварительно нагретую поверхность, то он растекается хуже. При селективном нанесении флюса струйной технологией важно соблюдать правильное давление, иначе тот будет попросту отскакивать. Также лучше всего обеспечить нанесение флюса строго на вывод компонента. В заключение г-н Раецен порекомендовал выбирать для селективной пайки флюсы с понятными и известными свойствами, а также с наибольшей надежностью. В этом смысле оптимальны флюсы на основе натуральной или синтетиче-

ской канифоли, а органических флюсов желательно избегать.

Заключение

В завершение конференции Ларс Валлин предоставил слушателям для ознакомления руководство «Контрольные таблицы IPC», которое было выдано всем участникам в электронном виде на русском языке. За то, что мероприятие прошло в позитивном ключе, хочется поблагодарить не только крупных специалистов из-за рубежа, но и российских организаторов — Юрия Ковалевского, представителя IPC в России, и Андрея Фешко, сертифицированного тренера IPC («Диполь»), — за их посильную помощь в проведении докладов и квалифицированный перевод. ■