

СТРАТЕГИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ ПЕРЕХОДЕ К БЕССВИНЦОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

Переход к бессвинцовым технологиям при сборке печатных узлов ставит перед технологами предприятий электронной промышленности наиболее существенные за последние десятилетия проблемы. Они связаны с фундаментальными физическими и химическими изменениями, вносимыми в процесс оплавления, которые затрагивают не только процесс пайки, но и операции контроля качества паяных соединений.

Переход к бессвинцовым технологиям* актуален сегодня для всех предприятий, связанных с производством печатных узлов. Если еще год назад технологи считали, что их это не касается ("поставка продукции, выпускаемой нашим предприятием, на европейский рынок не планируется"), то теперь их мнение изменилось, поскольку на предприятия начали поступать электронные компоненты с бессвинцовыми покрытиями выводов. А это повлекло за собой проблемы с качеством паяных соединений. Стало очевидным, что для их решения в условиях перехода к бессвинцовым технологиям необходимо:

- изменение температурных профилей оплавления (рис.1);
- использование технологического оборудования (печей оплавления), обеспечивающего новые температурные профили при минимальной разнице температур по всей площади печатного узла;
- применение новых припоев;
- применение новых базовых материалов для печатных плат (ПП) с повышенной температурой стеклования.

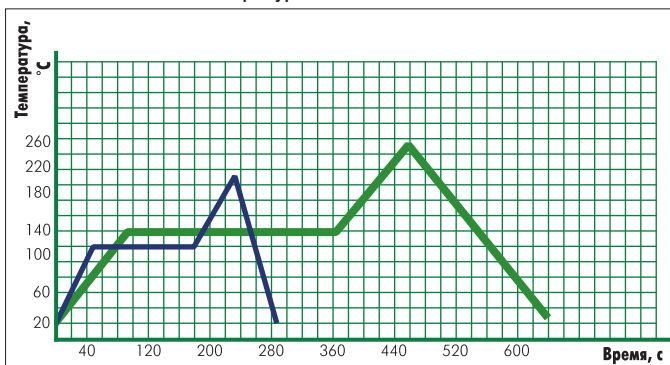


Рис. 1. Изменение температурного профиля при переходе от традиционной технологии (синий цвет) к бессвинцовой (зеленый)

Надо отметить, что все бессвинцовые припои, предлагаемые взамен традиционных, при их внедрении добавляют технологам проблем на всех этапах сборки печатных узлов, повышая риск появления технологических дефектов. Ремонт печатных узлов, собранных с применением бессвинцовых припоев, усложняется из-за более высокой температуры плавления, что увеличивает риск разрушения компонента или повреждения ПП.

* ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2004, №5, с.47.

С.Гафт, Е.Матов
info@ostec-smt.ru

В этих условиях стратегия контроля, ориентированная на предупреждение дефектов, получает дополнительные и весьма весомые стимулы к развитию по сравнению с традиционной, ориентированной только на диагностирование и локализацию дефектов. Новая стратегия предполагает многоступенчатую организацию автоматического оптического контроля.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ СБОРКЕ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

Сегодня данный вид контроля уже завоевал прочные позиции как эффективное средство диагностирования, локализации и предупреждения дефектов. Современные представления об организации контроля в процессе сборки отражены на рис.2.

Традиционные доводы в пользу применения систем автоматического оптического контроля качества нанесения паяльной пасты следующие:

- сокращение размеров монтируемых компонентов и, как следствие, уменьшение объемов паяльной пасты в столбиках;
- увеличение плотности компонентов на единицу площади ПП;
- увеличение числа выводов, расположенных под корпусами компонентов.

В условиях перехода к бессвинцовым технологиям необходимость автоматического контроля качества нанесения паяльной пасты диктуется также и дополнительными причинами:

- увеличением вязкости паяльных паст и, как следствие, повышением вероятности засорения отверстий в трафарете;
- ухудшением условий для формирования столбиков паяльной пасты;
- повышением трудоемкости устранения технологических дефектов;
- увеличением вероятности повреждения печатного узла в процессе ремонта.

Применение автоматических оптических систем как средства предупреждения потенциальных (скрытых) технологических дефектов повышает экономическую эффективность контроля качества нанесения паяльной пасты. При этом возрастают требования к функциональности самой системы контроля. Если еще недавно считалось необходимым и достаточным использование 2D-метода (контроль качества заполнения паяльной пастой контактных площадок), то при переходе к бессвинцовым технологиям все чаще рекомендуется применять 2D/3D-метод, позволяющий контролировать реальный объем паяльной пасты в каждом столбике (рис.3).

Учитывая рассмотренные обстоятельства и стремясь оправдать ожидания пользователей, безусловный мировой лидер в области производства и разработки систем автоматического оптического контроля компания ORBOTECH в начале текущего года выпустила

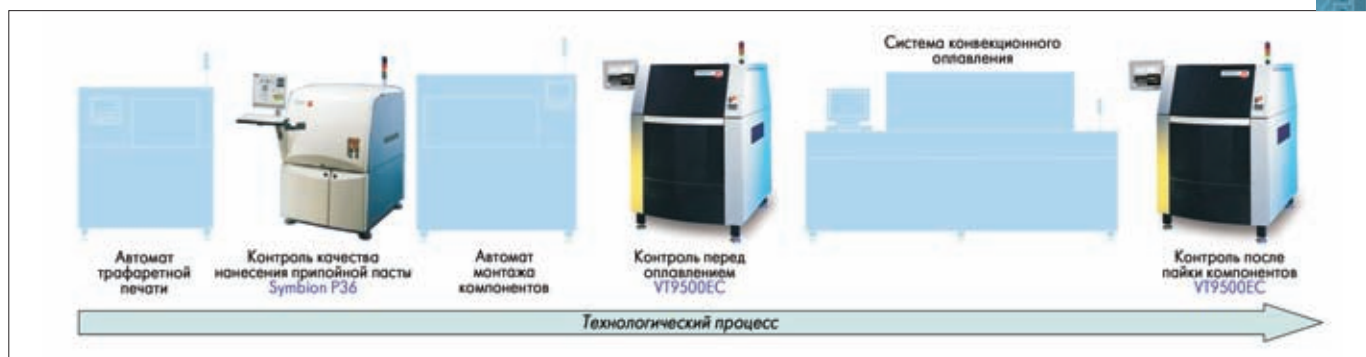


Рис.2. Типовая схема применения систем автоматического оптического контроля в процессе монтажа печатных узлов

на рынок новую систему 2D/3D-контроля Symbion P36 (рис.4), обеспечивающую стопроцентный контроль объема столбиков паяльной пасты. Отличительная особенность системы Symbion P36, наряду с высокой точностью измерений и достоверностью результатов контроля, – высокая производительность, что позволяет встраивать ее в современные автоматические сборочные линии.

Поскольку по силе поверхностного натяжения бессвинцовые припои превышают традиционные сплавы, требования к точности установки SMD-компонентов в новых условиях ужесточаются. Снизить возникновение технологических дефектов монтажа позволяет использование современных автоматов монтажа, например компании Philips/Assembleon*, обеспечивающих высокую производительность при повышенной точности установки компонентов.

Проведение автоматического оптического контроля печатных узлов перед оплавлением (особенно в условиях крупносерийного производства) резко снижает стоимость ремонта, связанного с устранением дефектов монтажа (неустановленный компонент, установленный со смещением компонент, подъем одного края компонента). Приподнятый угол компонента при оптическом контроле обнаруживается надежно. Благодаря этому при пайке компонентов с выводами, расположенными под корпусом (LLP, BGA, CSP, Flip Chip), риск повреждения ПП электронного модуля при проведении ремонта существенно снижается.

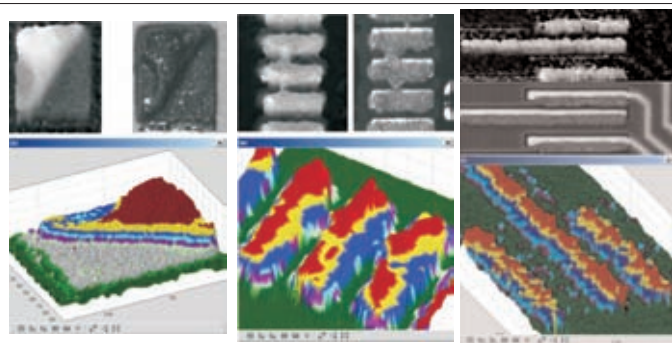


Рис.3. Контроль объема столбиков паяльной пасты (слева), образования перемычек между столбиками (в центре) и качества совмещения трафарета с печатной платой (справа), выполненный 2D/3D-автоматической оптической системой Symbion P36

Практика применения профессиональных систем автоматического оптического контроля компании ORBOTECH серий VT8000, VT9300, TRION 2340 после оплавления уже давно доказала их эффективность на поле сражения с технологическими дефектами и повышения надежности выпускаемых печатных узлов благодаря стопроцентному контролю каждого паяного соединения. Однако в условиях перехода к бессвинцовым технологиям изменяются форма

* ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2004, №6, с.82–85; №7, с.64–67; №8, с.58–61; 2005, №3, с.50–52.

(углы смачивания), цвет и отражающие свойства поверхностей паяных соединений, что может привести к увеличению количества ложных дефектов. Кроме того, в условиях повышения температуры в зоне оплавления растет вероятность коробления ПП.



Рис.4. Новая система 2D/3D-контроля Symbion P36

Для повышения достоверности контроля, повторяемости результатов и снижения количества ложных дефектов при переходе к бессвинцовым технологиям необходимо обеспечить возможность получения изображений компонентов и паяных соединений под углом к объекту. В этих условиях только многокамерные системы автоматического оптического контроля позволяют получать в одном окне захвата изображения объекта под разными углами, использовать направленные источники освещения с нужной в каждый конкретный момент стороны. Такая технология оптического контроля обеспечивает надежное диагностирование и локализацию дефектов монтажа и паяных соединений (рис.5).

Многокамерные системы, кроме того, имеют еще одно неоспоримое преимущество перед своими однокамерными "экономичными" младшими братьями: возможность проведения контроля в условиях высокой плотности монтажа, когда компонент частично закрыт монтируемым по соседству разъемом или высокочастотной рамкой (рис.6). Это достигается благодаря наличию угловых камер и направленных под углом источников освещения. Такая технология с успехом используется в системах автоматического оптического контроля компании ORBOTECH.

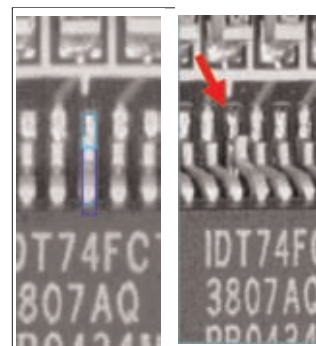


Рис.5. Локализация приподнятых выводов ИС в условиях плотного монтажа и бессвинцовой технологии системой VT9500 компании ORBOTECH. Надежная локализация приподнятого вывода возможна только боковой камерой с направленным источником освещения (снимок справа)

Выпущенная на рынок компанией ORBOTECH в начале года новая серия систем VT9500 специально ориентирована на контроль печатных узлов высокой плотности монтажа с использованием бессвинцовых припоев. Необходимо также отметить, что системы компании ORBOTECH используют средства самообучения и статистической обработки результатов, что позволяет проводить контроль

качества изменяющихся в условиях реального производства формы и объема галтелей и полностью исключить вмешательство оператора в процесс корректировки управляющих программ и предотвратить снижение уровня контроля.

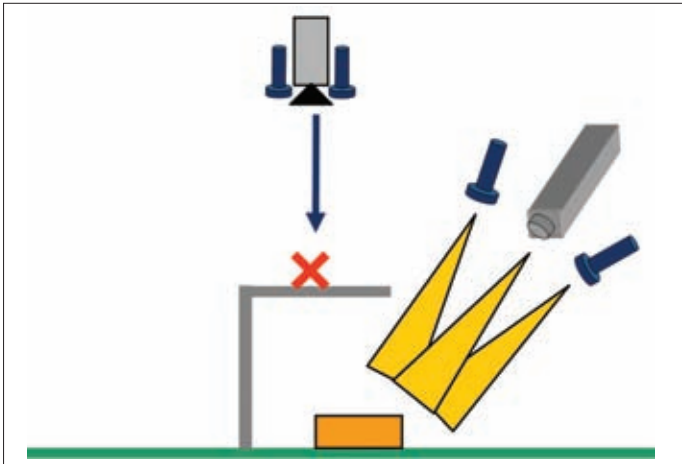


Рис.6. Автоматический оптический контроль качества монтажа и паяных соединений компонентов, частично закрытых соседними конструктивными элементами

Использование новых программных продуктов YIELD ADVISER™ компании ORBOTECH обеспечивает эффективное управление процессом автоматической сборки на основании статистической обработки данных об обнаруженных дефектах. Например, при обнаружении систематических дефектов монтажа компонентов, создаваемых одной и той же головкой определенного автомата, можно оперативно принять решение о прочистке насадки, а при постоянном дефекте монтажа конкретного компонента – решение о замене поставщика компонентов, имеющих отклонения по геометрическим размерам. Кроме того, данный программный продукт позволяет оценить реальную загрузку сборочного оборудования, ритмичность его работы, время простоев. Анализируя эти данные, можно оптимизировать технологический процесс с целью достижения максимальной производительности при запланированном уровне качества и надежности выпускаемой продукции.



Рис.7. Разрушение металлизации переходных отверстий ПП в процессе оплавления

РЕНТГЕНОВСКИЙ КОНТРОЛЬ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

Повышение температуры плавления припоя с 183 до 217°C при переходе к бессвинцовым технологиям приводит к необходимости увеличивать максимальную температуру в зоне оплавления на 40°C – до уровня 245–260°C.

В начале 2005 года в диагностическом центре ЗАО предприятия ОСТЕК на установке рентгеновского контроля *rsba|analyser* производства компании Phoenix|x-ray (Германия) были проведены многочисленные исследования образцов печатных узлов от различных российских производителей электроники, столкнувшихся с ухудшением качества продукции при переходе к бессвинцовым технологиям. Анализ, проведенный на основании результатов исследований, позволил выявить характерные дефекты.

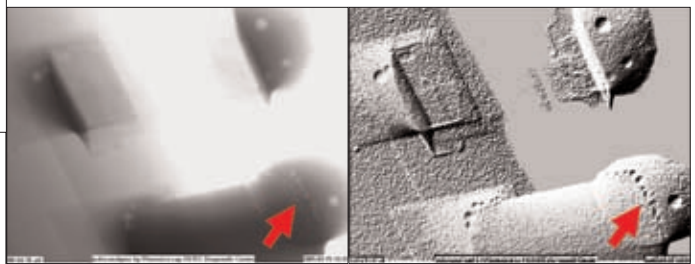


Рис.8. Типичные дефекты паяных соединений чип-компонентов

Под воздействием повышенной температуры разрушается металлизация переходных отверстий. На рис.7 представлены снимки, наглядно иллюстрирующие этот тип дефекта в процессе оплавления при температуре 255°C. Наиболее вероятная причина дефекта – различие в коэффициентах теплового расширения смолы и металла. Для предупреждения дефектов такого типа следует использовать базовые материалы с повышенной температурой стеклования.

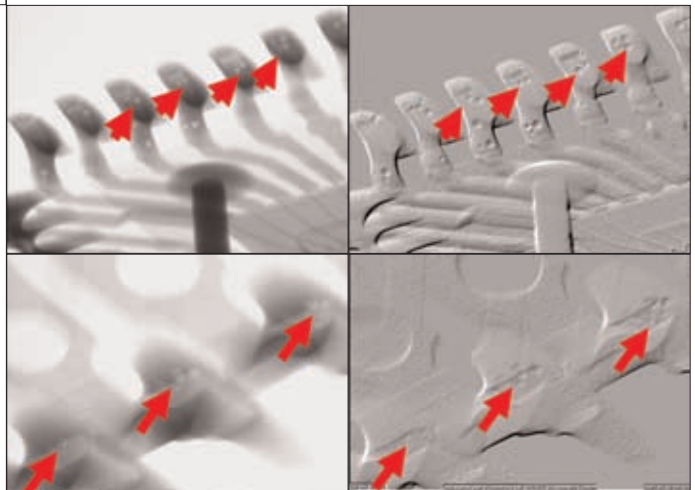


Рис.9. Типичные дефекты паяных соединений компонентов с выводами типа "крыло чайки"

Анализ качества паяных соединений проводился по критерию процентного содержания пустот и их расположения. Типичные дефекты паяных соединений чип-компонентов, представленные на рис.8, иллюстрируют образование микротрещин по границе раздела вывод компонента–галтель припоя. Наиболее вероятные причины их возникновения – неудовлетворительная паяемость выводов компонента, неполное разрушение окисной пленки, высокая скорость нарастания температуры. Методы устранения и предупреждения подобных дефектов – тщательный подбор материалов для пайки, отладка параметров технологического процесса оплавления (температуры в зонах и скорости конвейера).

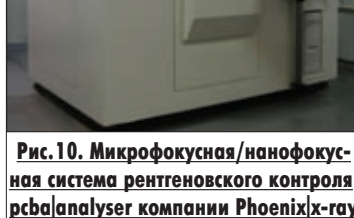


Рис.10. Микрофокусная/нанофокусная система рентгеновского контроля *rsba|analyser* компании Phoenix|x-ray

Типичные дефекты паяных соединений компонентов с выводами типа "крыло чайки" представлены на рис.9. На нижней паре снимков отчетливо видны пустоты на границе раздела вывод – галтель припоя.

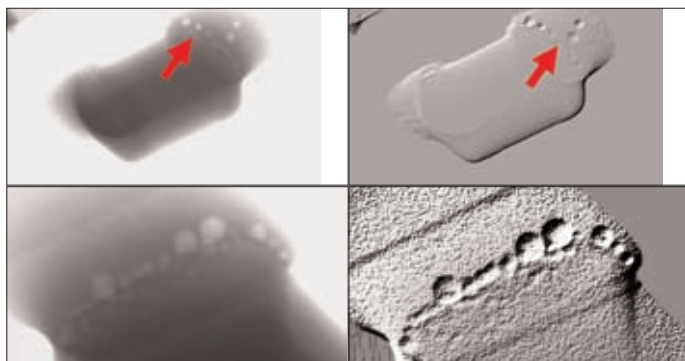


Рис. 11. Иллюстрации механизма образования микротрещин, полученных с помощью микрофокусной (сверху) и нанофокусной (снизу) систем рентгеновского контроля pсba|analyser компании Phoenix|x-ray

Для этих компонентов наиболее вероятные причины возникновения дефектов и методы их устранения и предупреждения – те же, что и для чип-компонентов.

Представленные дефекты паяных соединений относятся к ряду "скрытых" и совершенно недопустимы для изделий, работающих в условиях повышенных уровней вибрации и расширенного диапазона температур.

Основные требования к оборудованию рентгеновского контроля, позволяющему проводить проверку и анализ бессвинцовых паяных соединений, следующие:

- максимальное напряжение – до 160 кВ;
- максимальный ток – до 500 мкА;
- максимальная мощность излучения – 20 Вт;
- разрешение – не хуже 1 мкм;



Рис. 12. Иллюстрации механизма образования микротрещин, связанных с короблением ПП и подложек ИС в процессе оплавления

- максимальное геометрическое увеличение – не менее 300;
- конструкция рентгеновской системы должна обеспечивать получение изображения под углом до 60° к объекту при максимальном увеличении;
- чувствительность по контрастности – не хуже 2%.

Всем этим требованиям отвечает микрофокусная система рентгеновского контроля pсba|analyser компании Phoenix|x-ray, представленная на рис. 10.

При необходимости получения более детальных изображений паяных соединений (рис. 11 и 12), например при проведении исследований паяных соединений ИС в BGA-корпусах на предмет образования микротрещин между шариковым выводом и подложкой вследствие коробления ПП и/или подложки, максимальный эффект может быть получен при использовании систем с нанофокусной трубкой.

Переход к бессвинцовым технологиям сулит еще немало сюрпризов на пути их освоения. Однако выбор корректной стратегии контроля, подкрепленной современным технологическим оборудованием, сделает эту цель безусловно достижимой и позволит обеспечить высокое качество и надежность выпускаемой продукции в новых условиях. ○