



Факторы, влияющие на процесс нанесения паяльной пасты через трафарет.

Анализ в зависимости от времени цикла

Как измерить, насколько качественно нанесена паяльная паста? Идеальна ситуация, когда получить и понять показатели измерений легко, например, как показания спидометра в автомобиле, которые точно отображают скорость движения машины.

Джо Бельмонте
(Joe Belmonte)

jbelmonte@speedlinetech.com

Боб Бойес (Bob Boyes)

bboyes@speedlinetech.com

Перевод: Ольга Зотова

smt@dipaul.ru

Для определения качества работы линии для производства электронной продукции существует ряд показателей. Далее приведены самые распространенные из них.

- Качество технологического процесса (Process quality). Измерение количества брака при производстве по сравнению с количеством существующих единиц определенного продукта. Многие компании учитывают определенный тип брака (отсутствующий компонент, перемычка и т. д.) при каком-то отдельном процессе (печать, монтаж компонентов и т. д.), при осуществлении которого возник брак, а затем подсчитывают коэффициент дефектности при этом конкретном процессе. Этот показатель выражается в DPMO (defects per million opportunities — количество дефектов на миллион).
- Коэффициент непрерывной работы (Process uptime). Сколько времени в процентном выражении от всего времени производства линия действительно производит продукцию? Этот коэффициент не показывает, как часто используется конкретный процесс. Ряд факторов может помешать производству продукции. Например, для многих производителей важной проблемой является отсутствие материалов.
- Количество единиц продукции, произведенное за определенный отрезок времени (Units produced per time period). Этот параметр обычно называет-

ся «время цикла производства» и связан с такими параметрами, как «скорость линии» или «скорость импульсов».

- Выход годной продукции с первого прохода (First pass yield). Это параметр измерения количества единиц продукции, которая прошла все соответствующие тесты (внутрисхемный и/или функциональный) с первого раза. Очень трудно понять, какой показатель является «хорошим», так как на него влияет несколько факторов (размер платы, количество паяных соединений, сложность компонента, тестовое покрытие и т. д.). Далее мы обсудим этот показатель подробнее.

В промышленности нет стандартного показателя, с помощью которого можно сравнить уровни производительности процесса. Все данные кажутся вычислением на основе простых математических действий. Тем не менее, у нас все равно нет всемирно признанного стандарта, на основании которого можно производить вычисления. В разных компаниях, и даже в подразделениях одной и той же компании, по-разному измеряют показатели или включают различные составляющие в любой из широко используемых параметров измерения.

Например, при измерении параметра выхода годной продукции с первого прохода некоторые проверяют собранные изделия сразу же после сборки без проверки, доработки или/и ремонта. При этом измеряется реальная производительность линии и определяется полученный брак. Тем не менее, в результате использования этого метода снижается показатель выхода годной продукции с первого прохода. Другие же проводят инспекцию, доработку и ремонт до внутрисхемной и/или функциональной проверки. Тогда показатель выхода годной продукции с первого прохода выше, но зачастую он не отражает реальную производительность линии или не определяет полученный брак.

Существуют также различные подходы к тому, как определять брак и что считать браком. Одни увеличивают количество мест возможного брака, добавляя элементы сквозного монтажа, выводы компонентов

О компании Speedline Technologies

Speedline Technologies — это мировой лидер в области знаний, решений и сервисных услуг для сборщиков печатных плат и полупроводниковой промышленности, сосредоточенных у одного поставщика. Штаб-квартира компании находится во Франклин-е, штат Массачусетс, США. Компания продает продукцию пяти брендов: Accel[®] — оборудование для отмывки электронных изделий, Camalot[®] — системы дозирования, Electrovert[®] — оборудование для пайки волной, оплавления припоя и отмывки, MPM[®] — системы для нанесения паяльной пасты через трафарет, Protect[®] — решения в области сервиса, технической поддержки и обучения.
<http://www.speedlinetech.com>

и другие элементы как потенциальные места брака; другие предлагают категорию брака, обозначаемую как «ошибка». Чем больше количество мест возможного брака, тем ниже показатель количества дефектов на миллион (DPMO). Ошибки — это брак, обнаруженный до определенного момента производственного процесса, исправленный и не включенный в окончательный подсчет произведенных негодных изделий.

По всему миру в электронной промышленности используются различные варианты подсчета этих показателей. Это самая главная причина того, почему нельзя сравнить показатели процесса производительности различных компаний или даже подразделений одной и той же компании друг с другом. Все это многообразие показателей нужно для того, чтобы показать цифры в выгодном свете руководству, покупателям и/или конкурентам.

Итог — единственный показатель производительности линии. Это показатель того, сколько продукции производится каждый день. Сколько из того, что сегодня произвели, мы можем отгрузить заказчику?

Хорошим считается продукт, который создан в приемлемые сроки и который прошел все необходимые тесты с первого раза без инспекции, доработки или ремонта. Коэффициент произведенной качественной продукции и отгруженной каждый день мы называем «производительностью процесса» (process throughput). Термин «время цикла машины» (machine cycle time) исторически использовался как ключевой показатель производительности основного оборудования. На самом деле, эта переменная только способствует реальному измерению производительности трафаретного принтера или другого оборудования для производства электронных изделий. Часто в электронной промышленности термины «время цикла» и «производительность» взаимозаменяемы. На самом же деле это два разных показателя измерения эффективности работы оборудования. Если речь идет о трафаретных принтерах, то время цикла — это скорость, с которой машина завершит подготовку и выравнивание печатной платы к нанесению паяльной пасты. Поступление платы в принтер и выход из него, выравнивание платы относительно заданной цели (реперных знаков трафарета), передвижение платы в нужное положение и передача ее дальше в линию — именно эти показатели, как правило, используются производителями для подсчета времени цикла. Время завершения основных задач машины, в данном случае нанесения паяльной пасты, обычно суммируется с общепринятыми элементами, которые и определяют время цикла. В большинстве случаев поставщик автомата для нанесения паяльной пасты определяет время цикла как время поступления платы в машину и выхода из нее плюс время выравнивания относительно заданной цели. Само же время нанесения паяльной пасты зачастую не включается поставщиком в показатель времени цикла.

Нанесение паяльной пасты часто зависит от типа используемой пасты, а также от площади ее нанесения. Самое современное оборудо-

вание для нанесения паяльной пасты может перемещать ракеты даже быстрее, чем позволяют характеристики паяльных паст с самой высокой скоростью нанесения. Многие заказчики до сих пор используют пасту, которую по современным стандартам нужно наносить медленно, и именно эта скорость является ключевым фактором определения времени цикла нанесения паяльной пасты. Получив результаты влияния материалов на переменные, производители оборудования изменили определение времени цикла, включив в него только те параметры, которые они могут контролировать.

Хотя и очень важно рассматривать время цикла как исходный показатель производительности, так же необходимо понимать, что является ключевым показателем оценки процесса. Самым важным показателем для производства любого электронного изделия является «производительность процесса». Ее можно определить, ответив на следующий вопрос: «Сколько мы сегодня произвели плат, которые можно отгрузить нашим заказчикам?»

В показатель производительности процесса включены все составляющие цикла плюс все «дополнительные» операции, которые может выполнить машина. Например, самые современные принтеры для нанесения паяльной пасты могут выполнять такие дополнительные операции, как очистка трафарета, 2D-контроль качества нанесения паяльной пасты и дозирование материала на трафарет. Некоторые усовершенствованные модели могут проводить даже 3D-контроль качества нанесения паяльной пасты, контролируют медленное отливание трафарета, расстановку суппортов плат, а также способны собирать данные для статистического контроля и другие показатели качества для дальнейшего улучшения выхода продукции.

Хорошая печатная плата — это такое изделие, которое может пройти все тесты на уровне платы, в том числе и функциональные, с первого раза (выход годной продукции с первого прохода) без доработки или ремонта. В тех случаях, когда принтер выходит за границы, предъявляемые к производительности линии, можно изменить дополнительные утилиты: увеличить частоту протирки трафарета, уменьшить скорость его отлипания или усилить инспекцию самых важных компонентов — чтобы повысить производительность.

Контрактные производители получают доход в зависимости от количества собранных плат. Когда мы оцениваем работу сборщиков плат, то мы должны учитывать и многие другие факторы, кроме времени цикла машины. Гораздо более важно оценивать производительность процесса, а не просто сравнивать показатели времени цикла. Одно из последних нововведений в принтерах — это возможность параллельно выполнять ряд дополнительных функций, не снижая производительность. Если машина может выполнять две или более дополнительных функции одновременно с основными задачами, и к тому же сохраняются высокая точность и повторяемость, то есть большая вероятность того, что у этой машины будет

самый короткий цикл. Например, оцениваются два одновременно работающих принтера, наносящих паяльную пасту на идентичные платы, причем рабочие параметры также идентичны. У обеих машин заявлено одинаковое время цикла. Итак, если все другие параметры одинаковы, то, используя время цикла в качестве единицы измерения, можно прийти к выводу, что обе машины будут обрабатывать в час одну и ту же количество плат. На самом же деле, несмотря на то, что время цикла у принтеров одинаковое, разница в среднем времени нанесения пасты будет равна 5%. К тому же, если включить такие дополнительные функции, как протирка трафарета и 2D-контроль качества нанесения паяльной пасты в принтере, то разрыв между двумя машинами увеличится еще больше: разница может составить больше чем 25%! Несмотря на то, что у обоих принтеров равный объем производства, один принтер, как показано в этом примере, обладает большей производительностью в отношении оценки количества произведенных плат/панелей за час.

Машина, которая быстрее выполняет дополнительный контроль качества нанесения паяльной пасты и контроль самого процесса, эффективно увеличивает производительность и количество качественно произведенных плат за определенный отрезок времени. Это и есть настоящее определение производительности процесса.

Время цикла процесса подсчитывается еще проще. Как правило, вы можете определить время цикла процесса обработки изделия каждой отдельной машины, чтобы подсчитать, сколько единиц продукции вы сможете производить каждый день. Отдельный процесс с самым длинным циклом обычно и определяет время цикла всей линии. Мы часто думаем о линии для сборки печатных плат как об отдельных машинах, работающих вместе. Тем не менее, лучше думать о линии как об одной машине. Она или работает, или нет. Сегодня, используя технологии поверхностного монтажа компонентов (SMT), вы можете пропустить какой-то процесс или продолжить, если другой не работает. Между временем цикла сборки изделия (время, которое уходит на сборку изделия от начала до конца) и качеством этого изделия есть определенный баланс.

Конечно же, недопустима сборка бракованного изделия для достижения нужного времени цикла или снижение скорости процесса производства, чтобы максимально снизить возможность возникновения брака.

Первый незаменимый способ достичь оптимального баланса времени цикла и качества — это полностью понять и оптимизировать все аспекты процесса, изучая статистические данные. Невозможно найти замену хорошему технологическому, хорошо выполняющему свою работу. Также не найти замену квалифицированным рабочим. Обучение процессу должно заключаться не только в том, чтобы обучать персонал тому, как работать на данной машине. Каждый сотрудник на производстве должен полностью понимать процесс и то, что необходимо для достижения оптимальных результатов. Многого также можно достичь, укрепляя дисциплину на производстве



(обеспечение соблюдения каждым сотрудником в каждой смене всех обязательных процедур) и постоянно помогая и обучая операторов и технический персонал программам по непрерывному улучшению производственного процесса.

Чтобы максимально повысить объем выпуска, мы должны обратить внимание и на используемые инструменты. Какие опции оборудования помогут максимально повысить объем выпускаемых изделий? Многие опции оборудования помогают уменьшить количество бракованных изделий. Например, в сложных принтерах для нанесения паяльной пасты могут быть установлены 2D- и 3D-контроль качества нанесения паяльной пасты, протирка трафарета бумагой или его вакуумная очистка, автоматическая расстановка пинов для поддержки плат, системы выравнивания и совмещения плат и трафарета и другие опции, предназначенные для снижения производственного брака и времени цикла. В автоматах для монтажа компонентов могут быть установлены и системы проверки нахождения компонента в нужном питателе, видеосистемы выравнивания и центрирования компонентов для того, чтобы компонент устанавливался точно в заданное место. Мы называем эти опции не первостепенной важности дополнительными. Все эти опции оборудования и многие другие очень эффективны при выполнении задач, для которых они и были созданы. Единственная их проблема — это то, что практически все они работают в последовательном режиме. Другими словами, пока выполняются дополнительные задачи, оборудование не выполняет свои *первоочередные* задачи: нанесение паяльной пасты, монтаж компонентов и т. д.

Конечно же, нам нужны эти дополнительные функции, чтобы производить как можно больше изделий ежедневно. Тем не менее, мы не получаем максимальной пользы от времени цикла каждой машины, теряя время на производстве изделия, используя опции. В идеале, наше оборудование должно выполнять некоторые или почти все дополнительные функции одновременно с основными функциями машины. То оборудование, которое выполняет эти дополнительные функции параллельно с основными, достигнет оптимального соотношения между временем цикла и производительностью.

Например, если автомат для нанесения паяльной пасты может чистить трафарет, одновременно подавая следующее изделие в рабочее положение и выполняя выравнивание при помощи камеры, то это значит, что у нас одновременно выполняются две дополнительные задачи, что максимально способствует улучшению времени цикла и качества. Это и есть фактическая производительность процесса.

Что нужно оборудованию для нанесения паяльной пасты, чтобы одновременно выполнять несколько задач? Исторически сложилось так, что разработчики сосредоточили свое внимание на быстродействии. Они создают такие опции машины, которые работают с наибольшей скоростью. Покупатели же оценивали оборудование с точки зрения времени цикла. Таким образом, производители оборудования направляли свои усилия на то, чтобы превзой-

ти показатели времени цикла аналогичного оборудования своих конкурентов. Улучшению производительности процесса в том понимании, как мы это описали ранее, уделялось мало внимания. Если мы хотим повысить производительность процесса, то нужно создать другую философию разработки оборудования. Внедрить возможность одновременного выполнения задач в существующий дизайн машин практически невозможно. Оборудование нужно разрабатывать так, чтобы оно могло одновременно выполнять несколько задач. У оборудования с возможностью параллельного выполнения задач есть несколько преимуществ для увеличения производительности процесса. Такие дополнительные опции, как очистка трафарета, проверка качества нанесения паяльной пасты и другие, повышающие качество, могут применяться чаще, не ухудшая производительность процесса.

Совмещение задач — лучшее, что может быть — способствует повышению качества без увеличения времени производства.

В электронной промышленности происходит переход к использованию меньших по размеру компонентов (0201, 01005 и др.), более сложных (матричные микросхемы, флип-чипы и др.) и более дорогих (микропроцессоры и другие дорогостоящие компоненты). Также приходится работать с платами с большей плотностью монтажа, плюс необходимо использовать бессвинцовые материалы. Результат: условие «создать правильно с первого раза» будет все более и более важным для достижения финансовой выгоды. Ремонт и доработка таких изделий с использованием новых компонентов и бессвинцовых материалов становится серьезным испытанием. В лучшем случае доработка бессвинцовых изделий займет больше времени, но может еще больше повредить и плату, и компоненты. Самое выгодное с экономической точки зрения решение — это создать необходимое изделие с первого раза.

Мы должны продолжать оценивать оборудование и те его возможности, которые могут максимально увеличить наши шансы для достижения этой задачи. При выборе оборудования необходимо анализировать и производительность процесса на нем. Так же как неверно при выборе оборудования руководствоваться только ценой, точно так же неверно руководствоваться только данными времени цикла оборудования. Во-первых, как мы это уже обсуждали при рассмотрении показателей оценки процесса, в промышленности не существует единого стандартного метода подсчета и определения времени цикла машины. То, что на первый взгляд кажется самым лучшим показателем времени цикла, на самом деле может оказаться очень далеким от оптимального показателя, после того как мы пойдем все входящие в подсчет времени цикла параметры. К тому же, мы должны понимать истинную ценность данного элемента оборудования. Когда речь идет о производительности процесса, именно ценность должна быть самым главным фактором при выборе оборудования, а не цена, время цикла или другой фактор.

В подавляющем большинстве случаев анализ цены оборудования по отношению к производимому изделию покажет, что стоимость оборудования — это очень малая доля общей стоимости создания изделия. Оборудование, которое обладает максимальной дополнительной функциональностью с минимальным влиянием на время цикла, плюс максимальным положительным влиянием на производительность процесса, имеет явное преимущество в повышении прибыли организации.

- Чтобы эффективно оценить фактический объем выпуска принтера, следует принять во внимание следующие переменные параметры.

Время цикла. Подсчет времени, затрачиваемого на передачу платы в машину, выравнивание, поднятие на высоту, пригодную для печати, возврат в положение для передачи дальше в линию и выход из машины. Само нанесение паяльной пасты сюда не входит.

Параметры нанесения паяльной пасты. Это давление ракелей, расстояние, на которое они передвигаются, и параметры скорости. Эти параметры зависят от размера платы, плотности монтажа компонентов, шага компонентов и состава пасты (это очень важная составляющая, потому что скорость зависит от реологии пасты). Оптимизация времени цикла нанесения паяльной пасты требует использовать такой состав, который можно наносить быстро. Чем больше плата, тем больше составляющая параметра расстояния передвижения ракеля в определении времени цикла. Если вы на плату размером 12 дюймов (30,5 см) будете наносить паяльную пасту, скорость нанесения которой 2 дюйма (5 см) в секунду, то на проход ракелей потребуется 6 секунд. Если мы перейдем на пасту, которую можно наносить со скоростью 8 дюймов (20,3 см) в секунду, то на проход ракелей уйдет 1,5 секунды.

Использование ракелей или закрытой головы для нанесения пасты. При использовании закрытой головы для нанесения паяльной пасты не нужно тратить время на докладывание пасты на трафарет. Даже если используется система автоматического дозирования пасты, машине все равно нужно какое-то время для нанесения нового слоя паяльной пасты на трафарет. Закрытые головы обладают уникальными достоинствами, полезными при смене параметров нанесения паяльной пасты из-за перехода на работу с другим изделием. В этих головах вся паяльная паста находится внутри, поэтому перед очисткой трафарета с него надо убрать совсем мало пасты. Расход паяльной пасты меньше, потому что состав для нанесения на следующее изделие находится уже в закрытой печатной голове.

Нанесение паяльной пасты. Если используются ракели, то как паста попадает на трафарет? Здесь влияющими факторами являются как метод (нанесение пасты вручную или при помощи автоматического дозатора), так и размер апертур и размер платы, так как именно от них зависит то, как часто необходимо докладывать пасту.

Простота работы с программным обеспечением. Оператору должно быть легко работать

с программным обеспечением. Все функции, которыми может управлять оператор, должны быть просты для понимания и доступны. Программное обеспечение должно быть настолько интуитивным, насколько это возможно. Это облегчает наладку, переналадку и работу машины, что способствует длительному бесперебойному функционированию системы.

Частота и метод очистки трафарета. Процесс нанесения паяльной пасты на плату через трафарет требует проводить его очистку с определенной частотой. То, как часто необходимо очищать трафарет, зависит от нескольких факторов, включая его дизайн, покрытие печатной палаты (HASL, иммерсионное серебро, золото-никель, OSP и т. д.), поддержка платы во время нанесения пасты и т. п. Так как чистить трафарет необходимо даже если мы разработали самый лучший процесс нанесения паяльной пасты, то мы должны оценить, как данная машина проводит эту операцию. Во всех современных машинах для нанесения паяльной пасты есть функция очистки трафарета. Необходимо понимать, как осуществляется очистка трафарета; например, применяются ли для этого растворитель и вакуум?

Расстояние между платой и трафаретом и скорость отделения платы и трафарета. Системы могут работать по-разному. Из-за высокой плотности монтажа для работы с некоторыми платами может понадобиться более медленная скорость отделения, чтобы улучшить отлипание слоя нанесенной пасты от трафарета.

Проверка качества нанесения паяльной пасты. В большинстве автоматов есть 2D-контроль качества нанесения паяльной пасты; в некоторых есть 3D-контроль нанесенного слоя пасты на особо важных участках. Системы 2D и 3D-контроля работают неодинаково. Для оценки важности этой дополнительной функции необходимо понимать, какие факторы можно измерять, какой метод применять и как использовать полученные данные.

Наладка и переналадка, включая показатель среднего времени, затрачиваемого на работу ММТА (Mean Time To Assist). В большинстве случаев для производства другого изделия необходимо произвести переналадку. Многие проводят несколько переналадок оборудования в день. Необходимо принимать во внимание скорость, с которой на данном оборудовании можно произвести переналадку.

- Какие факторы, влияющие на время переналадки, может оптимизировать машина?

Стратегия управления процессом (например, сбор статистических данных). Как уже говорилось, объем выпуска — это измерение количества произведенных хороших плат за определенный отрезок времени. Для достижения максимальной производительности очень важно качество производимой продукции. Мы должны понимать, как работает наш процесс на той или иной стадии. Мы не сможем оптимизировать производительность, если будем находить брак уже в конце сборки изделия. Должна быть разработана идеология производства, предотвращающая возникновение брака, а не направленная на поиск дефектов.

Ключевым моментом такой превентивной идеологии производства является хорошо разработанная и функционирующая система статистической обработки данных.

- Какие характеристики оборудования для нанесения паяльной пасты могут помочь в реализации программы обработки статистических данных?

Обучение и дисциплина оператора. Дисциплинированный, добросовестный оператор с хорошей подготовкой вносит очень большой вклад в производительность процесса нанесения паяльной пасты. Подготовка оператора должна предусматривать гораздо больше, чем просто обучение основам работы на машине. Он должен понимать все факторы, влияющие на процесс печати, и то, как этот процесс влияет на все производство, включая качество конечного продукта. Обучение необходимо, впрочем, как и производственная дисциплина. Операторы во всех сменах должны всегда выполнять работу одинаково. Старшие смены и технический персонал должны помогать и обучать операторов, чтобы те понимали и соблюдали все процедуры. Производство электроники — во многом командная работа: все должны активно участвовать, чтобы повысить объем выпуска продукции.

Оптимизация процесса (дизайн трафарета, оптимизация рабочих параметров и т. д.). Оптимизация процесса — это средство, с помощью которого технологи и операторы понимают, определяют и классифицируют все переменные, влияющие на нанесение паяльной пасты на печатную плату, а затем используют полученные знания для того, чтобы улучшить процесс. Рабочие параметры, такие как скорость движения ракелей, сила давления, расстояние вдавливания, расстояние хода ракелей и т. д., должны выражаться количественно и оптимизироваться при помощи статистически обоснованного подхода, например, планирования проведения эксперимента (DOE). Другие факторы, которые надо учесть, — это дизайн трафарета, дизайн печатной платы и покрытие, поддержка платы и выбор паяльной пасты. Часто считают, что именно при нанесении паяльной пасты получается больше всего брака; тем не менее, следует помнить, что оборудование — это еще не все. Даже самое лучшее оборудование может оказаться неэффективным, если процесс неверно настроен или не подходит материалы.

Профилактическое техническое обслуживание оборудования. Один из важных аспектов объема выпуска — это коэффициент непрерывной работы машины или ее простоя. От машины с самым коротким циклом будет мало пользы, если для того, чтобы она работала, надо уделять много времени и сил. Владелец должен строго соблюдать график профилактического проведения технического обслуживания. Нужное техническое обслуживание должно проводиться каждую неделю/месяц/год. К сожалению, в промышленности это правило часто игнорируется. Владелец настолько занят, что оборудование непрерывно работает круглосуточно каждый день. В результате, техническое обслуживание машины не проводится

должным образом, и это существенно влияет на производительность оборудования.

Для машин необходимо разработать четкий график проведения профилактического технического обслуживания. Доступ к местам проведения технического обслуживания всегда должен быть свободен. И при проведении этих работ нельзя допускать никаких компромиссов. Владелец оборудования должен отслеживать данные о производительности всего процесса, чтобы внести соответствующие изменения в график проведения профилактического технического обслуживания (добавить или убрать какие-то процедуры). Очень часто при переходе на какой-то новый процесс или производство новой платы требуется внесение каких-то поправок в рекомендованный поставщиком график проведения работ по техническому обслуживанию оборудования.

Тому, кто занимается покупкой оборудования для нанесения паяльной пасты, не трудно получить значение времени цикла машины. Все крупные поставщики указывают время цикла в технических характеристиках. Но задокументировать информацию об объеме выпуска гораздо сложнее. Многие переменные показатели, от которых зависит производительность процесса нанесения паяльной пасты, не зависят напрямую от оборудования. Важно сотрудничество с поставщиком, чтобы выделить основные свойства оборудования и точно настроить его параметры.

Чтобы оптимизировать производительность процесса, мы должны начать с оборудования для нанесения паяльной пасты, которое обладает всеми возможностями максимально управлять переменными параметрами. Затем необходимо поработать с поставщиком, обладающим таким опытом, чтобы тот помог оптимизировать все те переменные, которые не могут управляться оборудованием. Поставщик оборудования может быть знатоком самого оборудования, но понимает ли он, как оптимизировать весь процесс, и может ли он это сделать? Покупатель должен стремиться понять весь процесс полностью до того, как он выберет определенного поставщика. Запомните: выбирая поставщика оборудования, вы покупаете не только само оборудование, но и все ресурсы организации этого поставщика, включая сервис, запчасти, возможности разработки процессов и поддержку в оптимизации процесса. От комбинации всех этих составляющих и зависит реальный объем выпуска принтером определенного дизайна плат. Покупателю, выбирающему оборудование для нанесения паяльной пасты, необходимо учитывать гораздо больше, чем данные времени цикла машины, он должен также понимать роль всех тех составляющих, которые влияют на объем выпуска и которые организация поставщика может помочь оптимизировать. Покупатель должен принимать во внимание не цену оборудования, а его ценность, а между ними такая же разница, как и между временем цикла оборудования и производительностью процесса. То внимание, которое уделит покупатель во время разработки процесса всем этим аспектам, окупится со временем большей предсказуемостью и большей производительностью. ■