

Селективная пайка приходит на смену пайке волной припоя и ручному труду

Появление технологии поверхностного монтажа вызвало сильнейшую инновационную волну в области производства электроники. Постоянно прогрессирующая миниатюризация компонентов и их число, доступное для данной технологии, расширяют возможности для создания новых технических решений и применений поверхностного монтажа.

Евгений Липкин

lines@ostec-smf.ru



Рис. 1. Компоненты, монтируемые в отверстия

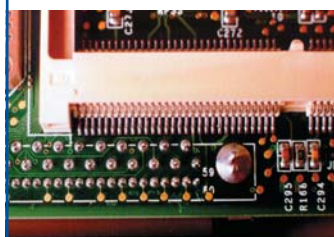


Рис. 2. Платы с компонентами, монтируемыми в отверстия

Всеобщая миниатюризация привела к тому, что зачастую более 90% применяемых компонентов — это SMD-компоненты. Тем не менее далеко не каждый производитель может позволить себе разрабатывать изделия со стопроцентным содержанием таких компонентов. До сих пор существует часть разъемов, трансформаторов, переключателей и прочих элементов, не подлежащих переводу на поверхностный монтаж или по каким-то причинам неэффективных в подобном применении.

Как известно, пайка таких компонентов (рис. 1 и 2) и сегодня выполняется вручную, что приводит к увеличению временных и трудовых затрат при изготовлении изделий, а также к существенному влиянию человеческого фактора.

Различный уровень квалификации персонала становится причиной снижения повторяемости (рис. 3), и, как показывает практика, на этапе ручной сборки порой аннулируются все труды по оптимизации производственного процесса в отношении снижения себестоимости продукции и повышения ее качества.

В России большая составляющая ручного труда в производстве электроники, при относительно высокой стоимости рабочей силы, нередко приводит к снижению конкурентоспособности продукции даже на внутреннем рынке. А кроме того, ручной труд ограничивает рост объемов производства многих предприятий.

Один из возможных вариантов выхода из сложившейся ситуации — внедрение автоматизированных систем селективной пайки.

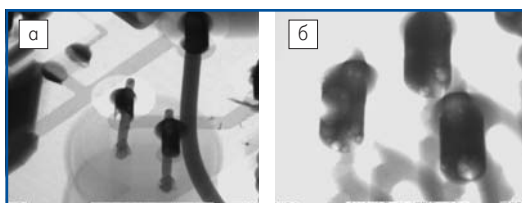
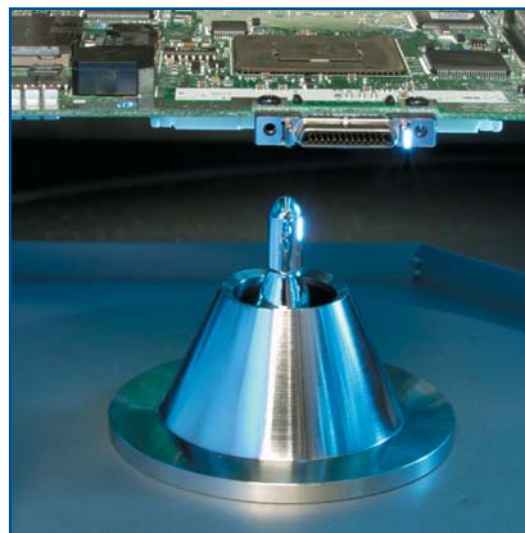


Рис. 3. Примеры дефектов пайки выводных компонентов.

Снимки получены с помощью установки рентгеновского контроля pcb analyzer;

а) плохое заполнение отверстий припоем, б) пустоты



Сегодня мировой лидер в области оборудования и технологий пайки, немецкая компания Ersa Löttechnik GmbH, представляет серию автоматического оборудования для селективной пайки Versaflow.

Оборудование данной серии успешно разработано с учетом следующих требований заказчиков:

- возможность работы в производственной линии;
- высокая производительность при малом цикле изготовления изделия;
- возможность работы с любыми современными печатными платами;
- высокоточная система позиционирования;
- высокая повторяемость пайки, такая же, как при пайке волной припоя;
- высокая точность нанесения флюса для обеспечения безотмывочной технологии;
- возможность пайки в инертной среде;
- простое программирование, управление и обслуживание оборудования;
- автоматизация, сокращающая временные затраты до 97% по сравнению с ручным трудом.

В зависимости от того, какие задачи ставит перед собой изготовитель, будь то высокая производительность, высокая гибкость или же сочетание обоих параметров, данная задача может быть решена с помощью оборудования, представленного в модельном ряду Versaflow.



Рис. 4. Микроволна припоя

Пайка одиночной микроволной припоя (рис. 4) рассчитана на использование в условиях многономенклатурных производств и позволяет переходить на новое изделие, меняя программу (а при необходимости и сопло волнообразователя) и обеспечивая тем самым максимальную гибкость. Благодаря полному компьютерному контролю и возможности детального программирования параметров каждая операция пайки на плате выполняется с оптимальным результатом. Специальный дизайн сопла волнообразователя исключает необходимость учитывать при разработке изделий направление пайки, создание ловушек припоя и особое ориентирование компонентов на плате.



Рис. 5. Автоматическая установка селективной пайки Versaflow

Чем же обеспечивается соответствие машин серии Versaflow требованиям производителей электроники?

В качестве примера рассмотрим установку селективной пайки микроволной припоя Versaflow.

Versaflow — полностью автоматизированная система (рис. 5) селективной пайки микроволной припоя, осуществляющая пайку в инертной среде.

Система нанесения флюса

Флюсующая головка **Micro Drop**, вмонтированная в каретку, перемещается по осям X–Y благодаря сервоприводу. Принцип действия головки аналогичен функциям головки струйного принтера и позволяет наносить флюс дозами, измеряемыми микро-

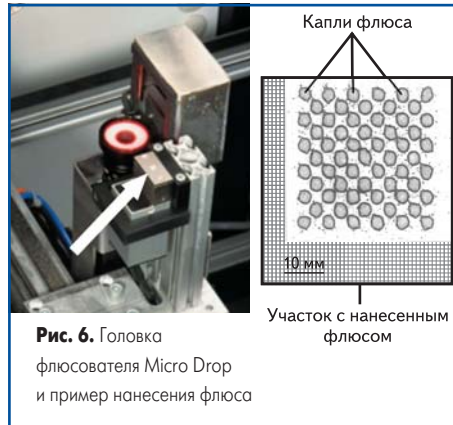


Рис. 6. Головка флюсователя Micro Drop и пример нанесения флюса

граммами. Количество флюса, подлежащее нанесению в каждую точку, задается программно. Эта особенность очень важна, поскольку для получения качественной галтели отдельные точки пайки могут требовать большего или меньшего количества флюса.

Площадь нанесения можно минимизировать до уровня сечения человеческого волоса, что позволяет избежать нежелательного разбрызгивания флюса. Таким образом, высокая точность нанесения флюса исключает необходимость операции отмывки.

Скорость перемещения головки (рис. 6) во время флюсования варьируется от 0,2 до 1,0 м/мин, а скорость перемещения от одной точки к другой достигает 15 м/мин.

Флюс подается в головку электромагнитным насосом, в котором отсутствуют механические узлы.

Модуль предварительного подогрева

Модуль предварительного подогрева (рис. 7) состоит из набора инфракрасных нагревателей с диапазоном излучения от средних до коротких волн мощностью 1700 Вт каждый. Мощность нагрева может быть задана программно в соответствии с конструкцией печатного узла. Полностью программно-управляемый модуль нагрева позволяет задавать и температурный профиль нагрева, так же, как и в установках пайки волной, или регулировать включение нагревателей, что очень важно. Поскольку процесс пайки может происходить долго, нагреватель включа-



Рис. 7. Модуль предварительного подогрева: верхний конвекционный модуль

ется таким образом, что требуемый уровень нагрева достигается непосредственно перед тем, как плата отправится в зону пайки. Соответственно, исключается ситуация, при которой плата перегреется из-за длительного пребывания в зоне предварительного подогрева, или успеет остыть, прежде чем попадет в зону пайки.

Дополнительно сверху устанавливаются модули конвекционного подогрева теплым воздухом, что особенно актуально для теплоемких плат, требующих более высоких температур или времени нагрева, например многослойных печатных плат, у которых необходимо прогреть металлизированные отверстия для достижения качественной пайки.

Модуль пайки

Ванна с припоем, так же как и флюсующая головка, вмонтирована в перемещаемую сервоприводом и позиционируемую по осям X–Y систему. Максимальная скорость перемещения составляет 15 м/мин. Такая высокая скорость сокращает до минимума время перемещения между точками пайки как непродуктивное время работы установки. В качестве опции возможно регулирование сопла по оси Z до 30 мм. Эта опция позволяет регулировать давление волны на плату, избежать контакта с компонентами на нижней стороне и, как следствие, выбирать оптимальный путь обхода платы.

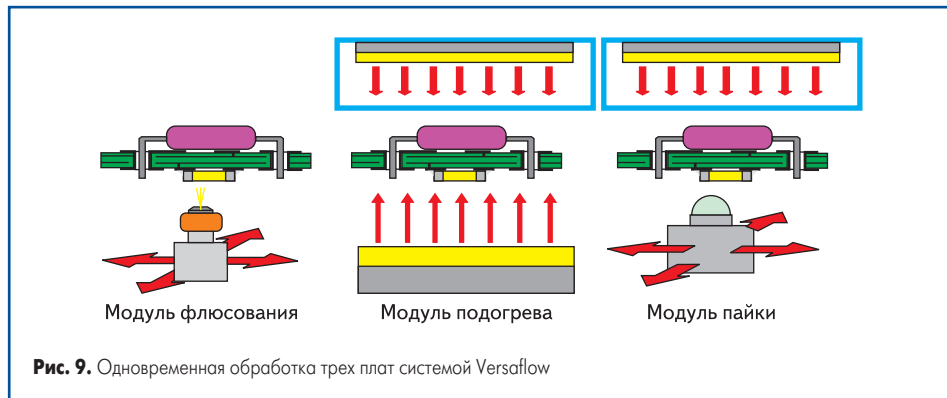


Рис. 8. Модуль пайки с установленным волнообразователем

Насос волнообразователя (рис. 8) электромагнитный. Высота волны и время контакта с выводом программируется индивидуально для каждой точки пайки.

Ванна с припоем, как и волнообразователь, находится в среде азота, что улучшает характеристики смачиваемости. Дополнительное преимущество в том, что на практике применение азота сводит к минимуму необходимость в обслуживании.

Стандартный волнообразователь выполнен в виде одиночного сопла с внешним диаметром 6 мм. Дополнительно, в зависимости от существующих потребностей, поставляются волнообразователи других размеров.



Конвейерная система

Конвейерная система разработана в виде сегментированного конвейера с горизонтально расположенными приводными роликами, которые позволяют системе оперировать различными скоростями в зонах флюсования, подогрева и пайки. Платы могут перемещаться без паллет или с ними.

Система фиксации, оборудованная стопорами, фиксирующими шттырями и системой прижима плат, обеспечивает четкую определенность и повторяемость местоположения плат.

С помощью конвейерной системы одновременно обрабатываются три платы (рис. 9).

Система управления

Система управления (рис. 10) реализована на базе промышленного компьютера. Дружественное ПО, работающее в операционной системе Microsoft Windows, направляет пользователя в процессе разработки рабочей программы. Программное обеспечение предусматривает семидневный таймер и защиту доступа с помощью пароля. На мониторе постоянно отображается необходимая информация о состоянии модулей.

Запуск программ осуществляется легко и быстро как в ручном режиме путем выбора оператором, так и с помощью системы кодирования, например штрихкодом.

Функция обучения, основанная на использовании камеры, снимающей нижнюю сторону платы, нажатием кнопки мышки позволяет включать точки пайки или ряды выводов для пайки в программу. Информация о количестве наносимого флюса, времени



Рис. 10. Блок управления с сенсорным экраном

подогрева, последовательности и ходе операций, расстоянии между соплом и платой, скорости перемещения и времени контакта при пайке — все эти параметры могут быть введены в таблицу Excel.

Единожды введенная программа готова к запуску.



Рис. 11. Пример галтели, полученной на установке VersafLOW

Благодаря установкам новой серии VersafLOW впервые стало возможным автоматизировать и включить в линию монтажа печатных плат систему селективной пайки (рис. 11). Качество этой пайки соответствует качеству пайки традиционной волной припоя с использованием флюсов, не требующих отмывки. Параметры процесса, оптимизированные один раз, остаются такими же и в дальнейшем. Повторяемость достигнута.

Следует также отметить, что системы серии VersafLOW полностью адаптированы к бессвинцовой технологии, переход к которой в России остается лишь вопросом времени.

Экономический эффект внедрения системы селективной пайки VersafLOW

Внедрение автоматических систем селективной пайки положительно влияет на структуру затрат в бюджете предприятий. Попробуем отразить основные результаты внедрения системы VersafLOW на примере европейского опыта.

Сокращение числа сотрудников, вовлеченных в процесс производства изделий

На производствах, использующих ручную пайку, внедрение автоматизированной се-

лективной пайки позволяет свести к минимуму ручной труд. В результате высвобождается персонал и появляется возможность уменьшить число сотрудников, вовлеченных в производство, или перенаправить квалифицированные кадры на другие участки, сократив за счет этого затраты на оплату труда.

Сокращение затрат на расходные материалы

Важным преимуществом систем селективной пайки микроволновой припоя VersafLOW является экономия технологических материалов по сравнению с обычными системами пайки волной. Это обеспечивается следующими факторами:

- нанесение флюса ведется только в заданные участки платы высокоточной головкой флюсователя;
- доза наносимого флюса в каждой точке платы точно задается в программе;
- нет необходимости в ловушках припоя, которые способствуют дополнительному расходу припоя;
- пайка ведется в среде азота, что позволяет экономить на образовании шлама припоя;
- возможности контроля волны позволяют осуществлять пайку только в тех точках, где это необходимо, и контролировать параметры данного процесса.

На рис. 12 приведены результаты сравнительного анализа расхода технологических материалов, проведенного одной из европейских компаний, при обычной пайке волной и селективной пайке с помощью автоматической системы VersafLOW одного и того же печатного узла.

Исключение необходимости отмывки

Селективная пайка уникальна тем, что нанесенный точно и дозированно флюс выгорает в процессе пайки, не требуя последующей отмывки. Это приводит к экономии средств на технологическом процессе отмывки плат, на специализированном оборудовании (а следовательно, и на его обслуживании) и дорогостоящих отмывочных жидкостях.

Результаты одного из исследований остатков ионных загрязнений после пайки приведены на рис. 13.

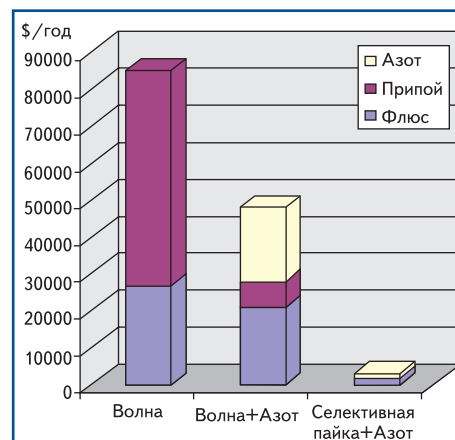


Рис. 12. Сравнение расхода технологических материалов при пайке обычной волной и селективной пайке системой VersafLOW

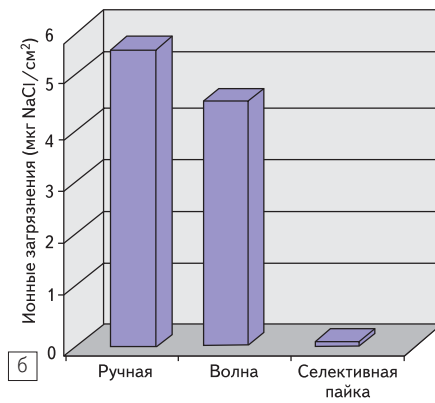
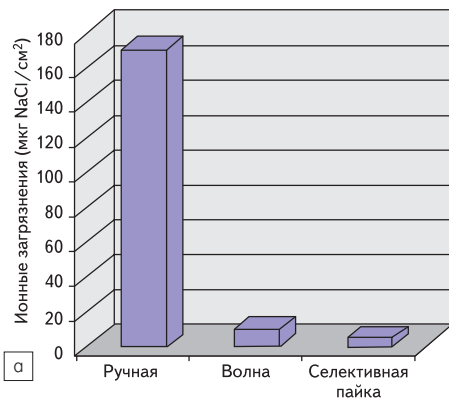


Рис. 13. Количество ионных загрязнений: а) на всей плате в зависимости от технологии пайки; б) в местах монтажа компонентов в отверстия в зависимости от технологии пайки

Сокращение до минимума вероятности дефектов

Высокая степень контроля и управления параметрами пайки, исключение влияния человеческого фактора и множество самых современных технических решений сводят возможные дефекты на этапе пайки до минимума (рис. 14).

Как известно, производственный брак порождает дополнительные издержки, которые иногда в десятки раз увеличивают себестоимость изделий. В подобных случаях либо продукция становится неконкурентоспособной, либо уменьшается прибыль.

Снижение количества дефектов приводит к сокращению издержек на обеспечение ремонтных мест и гарантийной составляющей в себестоимости продукции, одновременно поднимая репутацию компании как производителя качественной продукции.

Краткие технические характеристики Versaflo

- Максимальные размеры печатной платы (Д×Ш) — 500×400 мм.
- Емкость ванны для припоя (при использовании Sn63) — 10 кг.
- Время разогрева ванны — 1,5 час.
- Максимальная температура припоя — 330 °С.
- Количество патрубков вытяжной вентиляции — 2 шт.
- Точность позиционирования — ±0,25 мм.
- Скорость перемещения флюсователя/модуля пайки — 0,2–15 м/мин.

- Мощность модуля инфракрасного подогрева — 10,2 кВт.
- Скорость пайки — 0,1 м/мин.
- Напряжение питания: (5-жильный провод, 50/60 Гц) — 3×230/400 В, нейтральный, заземление;
- Габаритные размеры:
 - длина — 2580 мм;
 - ширина — 1525 мм;
 - высота — 1800 мм.
- Вес (без припоя) — 1100 кг.

Пример использования селективной пайки в производстве

Существуют различные варианты включения селективной пайки в технологический процесс производства. Назовем три основных.

В первом случае выводные компоненты монтируются вручную, на отдельно расположенных рабочих местах. Затем смонтированные платы переносятся в отдельно стоящую установку селективной пайки (рис. 15а).

Второй вариант основан на использовании конвейера с рабочими местами для ручной сборки компонентов. Плата транспортируется от одного рабочего места к другому и после полной сборки попадает по конвейеру в установку селективной пайки (рис. 15б).

Третий вариант предполагает полную автоматизацию. Для монтажа компонентов в отверстия используется автоматическое оборудование (рис. 15в).

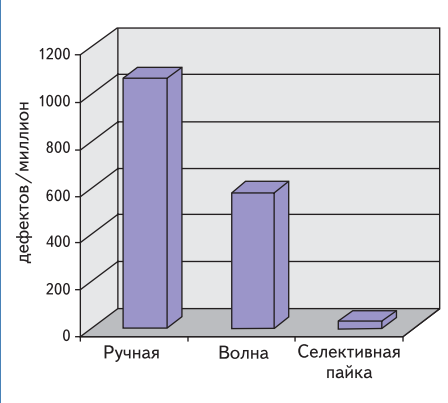


Рис. 14. Сравнение количества дефектов пайки при применении различных технологий

Расчет производительности Versaflo

Приведем показатели производительности системы селективной пайки микроволновой припоя Versaflo на примере платы, представленной на рис. 16.

В данном изделии выводы разъемов расположены в четыре ряда. Однако флюс наносится одновременно на два ряда, а пайка всех четырех рядов выводов ведется за один проход. Это обеспечивается возможностями головки флюсователя, высокой управляемостью формы микроволны припоя и подбором оптимального для каждой конкретной задачи сменного волнообразователя.

На диаграмме (рис. 17) описана хронология этапов пайки рассматриваемой платы в установке Versaflo.

Как видно из диаграммы, самым продолжительным является нахождение платы в зоне пайки 36 секунд (6 секунд перемещение платы + 30 секунд непосредственно пайка). Первая плата получится через 84 секунды (флюсование + подогрев + пайка), но в момент ее выхода из установки на входе в зону пайки будет находиться следующая плата. Следовательно, с учетом того, что одновременно в установке находятся три платы (рис. 9), каждые 36 секунд на выходе установки мы получаем готовое изделие.

Подсчитаем:

- Плата содержит 112 выводов, подлежащих селективной пайке.

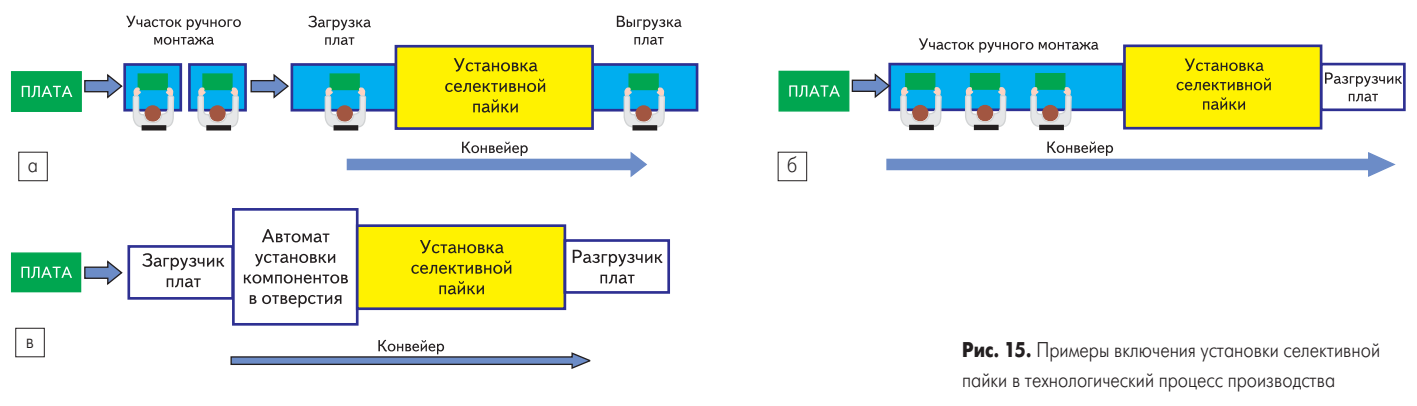


Рис. 15. Примеры включения установки селективной пайки в технологический процесс производства

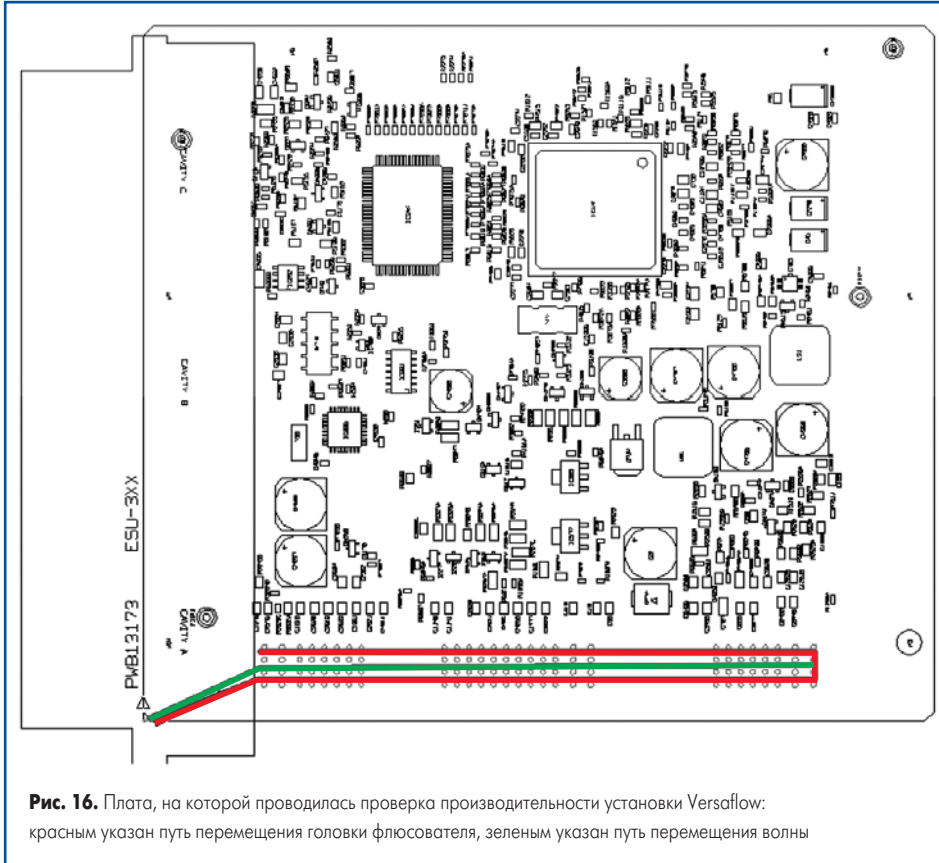


Рис. 16. Плата, на которой проводилась проверка производительности установки Versaflow: красным указан путь перемещения головки флюсователя, зеленым указан путь перемещения волны

- Время получения готового изделия составляет **36 секунд**. (Мы не учитываем первую плату.)
- Таким образом, среднее время на пайку одного вывода составляет: $36/112 = 0,32$ секунды.

Внедрение технического оснащения, подобного системе Versaflow, позволяет за счет высокой производительности, непревзойденной гибкости, максимально возможного качества выполнения операций пайки в азот-

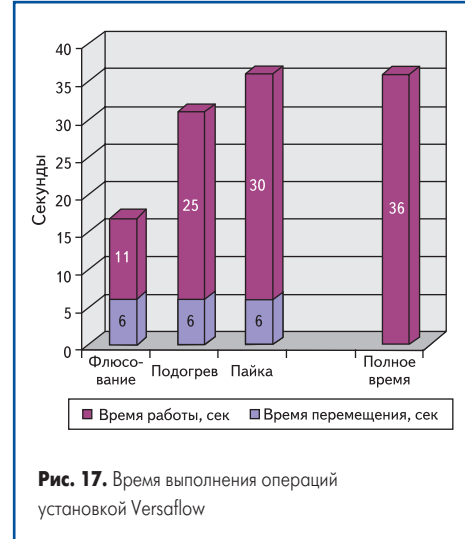


Рис. 17. Время выполнения операций установкой Versaflow

ной среде и подтвержденной надежности оборудования перейти на новый технологический уровень, существенно повысить экономическую эффективность и обеспечить дальнейшее развитие производственного направления бизнеса.

Мировая практика такова, что западные компании все больше предпочитают устанавливать на производстве селективные установки пайки вместо традиционных систем пайки волной припоя.

Системы Versaflow проверены на предприятиях всемирно известных компаний и организаций Nokia, Siemens, Loewe, Boeing, Bosch, Miele, Sollectron, NASA, Conrad Electronic.