

Деликатное разделение групповых заготовок печатных плат

Всем мы с вами знаем, что такое групповая заготовка и почему она наиболее удобна для работы сборочно-монтажного участка. Но далеко не все из нас знают, как правильно разделять групповые заготовки, а тем более какие технические требования нужно заложить в конструктив печатной платы при ее изготовлении, чтобы в будущем избежать сложностей при разделении. А именно — физической нагрузки на уже смонтированную печатную плату (на изгиб, скручивание и пр.), которая может привести к крайне нежелательным последствиям, сводящим на нет трудоемкий процесс сборки печатной платы.

**Антон Кантер,
Олег Вахрушев**

pribor@pribor.ru

Современные производители радиоэлектроники год от года предъявляют все более серьезные требования, как к качеству выпускаемой продукции, так и к производительности машин, работающих на производствах. В этой статье речь пойдет о профессиональном и правильном разделении групповых заготовок печатных плат промышленным технологическим оборудованием. Процесс разделения заключается в удалении обрезков, технологических полей, возникающих при вырезке одинарной печатной платы (ПП) или разделении нескольких ПП, заключенных в одну большую групповую заготовку.

Сегодня существует множество способов разделения печатных плат

В рамках этой статьи мы сравним существующие методы разделения с точки зрения экономической выгоды, надежности и брака финальной продукции. Незатейливый на первый взгляд процесс разделения печатных плат может доставить множество хлопот на предприятии. Стадия разделения групповых заготовок находится в финальной цепочке цикла производства, а значит, и стоимость производственно-

го брака очень высока. Таким образом, несложное, казалось бы, определение сути процесса отражает его огромное значение во всем цикле производства ПП.

Ручное разделение

Единственное преимущество технологии ручного разделения (рис. 1) по сравнению с другими — невероятная гибкость процесса. Не требуется никакой смены оснастки и перепрограммирования. Все, что нужно здесь, — умелые руки работника. Это соображение до сих пор привлекает некоторых производителей. Для подавляющего же большинства данная технология абсолютно неприемлема. Критические недостатки метода очевидны: прилагаемые нагрузки разрушают компоненты, смонтированные на ПП, и паяные соединения, а порой вызывают расщепление ПП. Вся работа, проделанная на предыдущих технологических этапах, часто идет напрямиком в мусорную корзину.

Желательно также, чтобы выламываемая печатная плата имела прямые линии разлома, а это довольно редкое явление для сегодняшних продуктов. Подготовка линий для разлома достигается путем предварительного скрайбирования (о данной технологии мы скажем позднее) или сверления ПП в местах разлома.

Сам процесс разделения неточен и требует большой доли ручного труда, что ведет к увеличению времени цикла производства конечного изделия и затрат в целом, а также большому количеству технологического брака.

Резка на гильотине

Данный метод позволяет резать сплошные линии или срезать отдельные перемычки ПП. Можно резать вручную либо на автоматическом прессе. Метод довольно производителен, но прилагаемые напряжения велики и здесь. К тому же длина реза часто ограничивается длиной лезвия. Этот метод больше подходит для мелких серий и экспериментальных

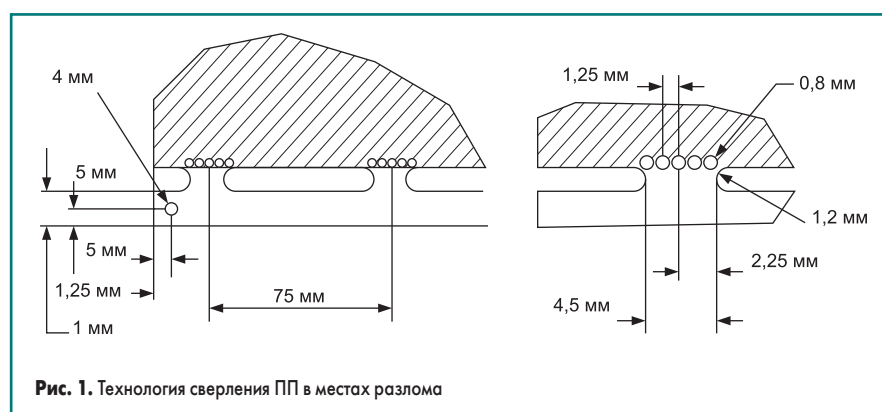


Рис. 1. Технология сверления ПП в местах разлома

образцов. В этом случае могут быть повреждены компоненты, установленные на поверхность ПП.

Разделение с предварительным скрайбированием заготовок ПП

Процесс скрайбирования заготовок (рис. 2) представляет собой фрезерование V-образных канавок (линии будущего разлома) на обеих сторонах ПП при помощи дисковых фрез при последующего разделения ПП. Это довольно быстрый и надежный метод подготовки ПП, но применим только в случае прямых линий контура ПП.

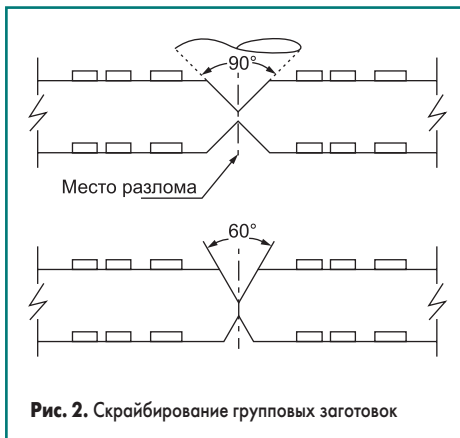


Рис. 2. Скрайбирование групповых заготовок

Разделение ПП после установки электронных компонентов в этом случае происходит вручную или с помощью специальных автоматических или полуавтоматических устройств. Устройства снабжены лезвиями, которые делают в виде пары дисков либо в виде диска и прямого лезвия. ПП подается между дисками. Диски пробегает по предварительно нанесенным на обеих поверхностях V-образным канавкам, определяющим линию реза. Благодаря геометрии профиля канавки диски создают существенные латеральные разрывающие усилия. Диски, таким образом, не режут, а больше расталкивают части ПП друг от друга в противоположные от канавки стороны.

К недостаткам метода относятся порой значительные усилия, прилагаемые к ПП во время обработки, что ведет к повреждению паяных соединений, расположенных вблизи места реза и к расслоению материала ПП, а в случае с ручным разделением — к повреждению компонентов от прилагаемых рукой усилий. Кроме того, эту работу должен выполнять оператор. Свобода конструирования ПП, а следовательно, и устройств, в которые она входит, ограничена применением только прямых сквозных линий контура ПП.

Штамповка

Технология предусматривает применение пресса для выдавливания ПП из панели. Метод обладает одним существенным преимуществом: очень быстрый процесс; в случае многомодульной ПП все модули выдавливаются одновременно. Форма ПП может быть и произвольной, но линия реза не может быть сплошной: рекомендуется ПП с отдельными удаляемыми мостиками, нежели удаление ма-

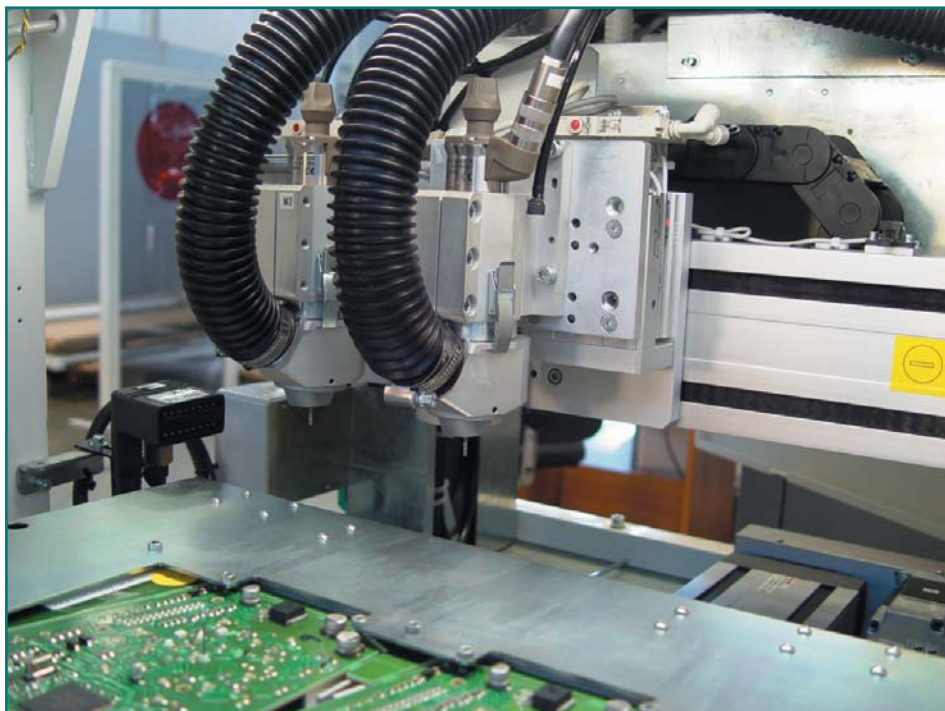


Рис. 3. Разделение групповых заготовок фрезой вертикального типа

териала со всей линии реза. Вследствие значительных усилий при штамповке объем производственного брака также остается высоким. Предлагаемые на рынке решения часто требуют ручной загрузки и выгрузки продукции из штампа, поэтому данный процесс сложно встроить в автоматическую производственную линию. Дорогая оснастка: цена штампа может достигать 5000 евро, а для непрерывного производства необходимо иметь как минимум один штамп в запасе для предотвращения простоев вследствие поломки штампа.

Фрезерование концевой фрезой (routing)

Сначала давайте обсудим более подробно технические требования, предъявляемые к групповой заготовке для разделения ее методом фрезерования (рис. 3), и первым делом детально рассмотрим понятие групповой заготовки печатных плат.

Монтаж элементов можно производить как на отдельной печатной плате, так и одновременно на нескольких платах, объединенных в групповую заготовку (так называемую мультиплицированную ПП). Объединение печатных плат в групповую заготовку позволяет значительно повысить производительность линий и уменьшить затраты на изготовление продукции.

Печатные платы, объединенные групповую заготовку, для которых выполняется автоматический монтаж, имеют некоторые особенности:

- Обычно на краях панели (или одиночной печатной платы) оставляют с двух сторон свободную от компонентов область (технологическое поле) шириной от 3,8 до 10 мм. Конкретная ширина данной области зависит от требований конкретного оборудования (как правило, используют от 5 до 10 мм);

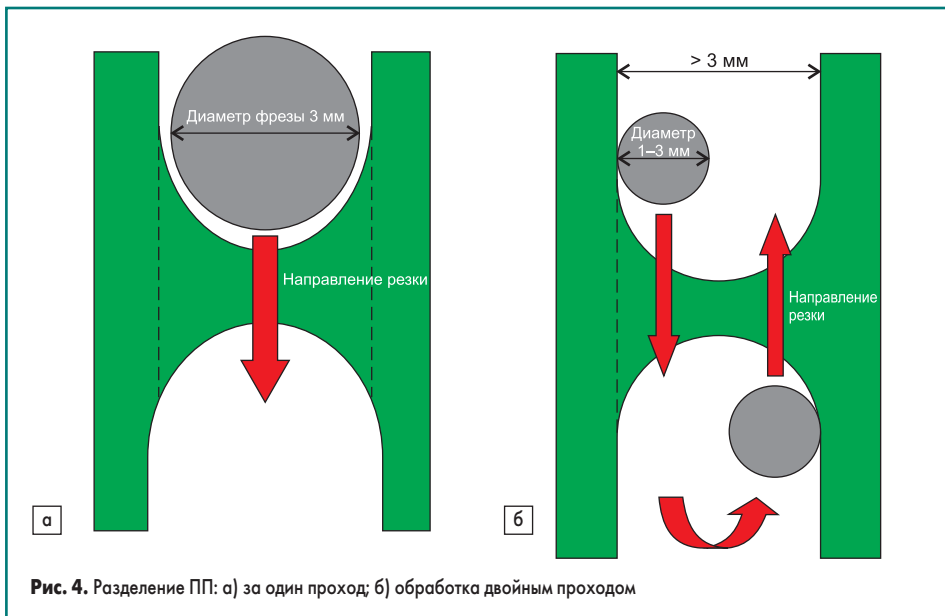
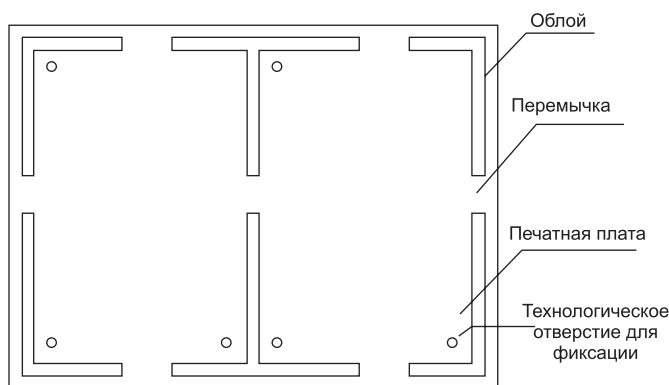


Рис. 4. Разделение ПП: а) за один проход; б) обработка двойным проходом


Рис. 5. Пример построения групповой заготовки

• Для точной фиксации печатной платы при монтаже и пайке требуется 4 (минимум 2) отверстия, расположенных по углам групповой заготовки (одиночной печатной платы). Эти отверстия (обычно диаметром 3,2 мм) можно также располагать в свободных областях печатной платы.

Между печатными платами и так называемым облоем (все те отходы, что остаются после разделения групповой заготовки) оставляют технологические перемычки. Для оптимального использования оборудования для разделения печатных плат производитель рекомендует применять ширину перемычек 3 мм. При такой ширине перемычки режущий элемент способен осуществлять разделение за 1 проход (рис. 4а).

В случае, когда используется фреза нестандартного диаметра, или длина перемычки больше диаметра фрезы, возможна обработка двойным проходом (рис. 4б).

При таком разделении износ режущего элемента выше, нежели при однопроходном разделении. Примерное построение групповой заготовки показано на рис. 5. Длина самих перемычек зависит от степени жесткости ПП.

Технология разделения фрезой подразумевает удаление соединительных мостиков или выпиливание полного контура ПП. После такой процедуры мы получим отдельные печатные платы, которые ранее были смонтированы на одной групповой заготовке (рис. 6).

Для этого процесса резки применяются различные типы фрез. Мостики перемалываются фрезой в пыль, которая удаляется интегрированным пылесосом. Технология обладает рядом существенных преимуществ: высокая скорость обработки, высокая точность, минимальные усилия, действующие на ПП, возможность обработки любых нелинейных контуров ПП, отличное качество обработанных кромок. Все это делает данную технологию наиболее предпочтительной из всех альтернатив. Роутинг позволяет производить быструю переналадку оборудования под разнообразную номенклатуру ПП. Данный метод применим для полностью автоматических систем, встраиваемых в линию, или автономных технологических систем.

Недостатком технологии можно назвать значительный уровень начальных инвестиций при покупке базового оборудования. Необхо-

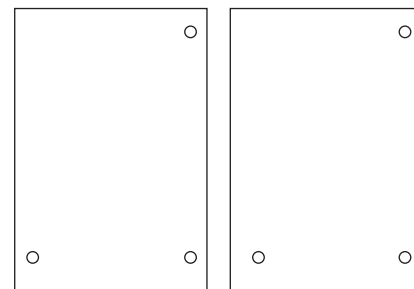
дима эффективная система удаления пыли. Некоторые ПП сложной конструкции могут потребовать специализированных систем крепления.

Эти недостатки быстро окупаются вследствие значительного улучшения качества, высокой скорости обработки и уменьшения или полного исключения доли ручного труда, а также полного устранения брака, связанного с разделением, присутствующим в ручных методах.

По нашему мнению, такой способ разделения является наиболее предпочтительным для любых типов производств радиоэлектроники. Именно разделение вертикальной фрезой называется «деликатной» технологией разделения и считается единственным рациональным и допустимым методом для производств, где ценят свои средства и качество выпускаемой продукции.

Оборудование для разделения групповых заготовок

В этой статье мы проведем обзор оборудования для разделения печатных плат компании JOT Automation (Финляндия), которая входит в корпорацию Rohwedder Group. В этой компании работает более 1000 человек. Ее офисы расположены по всему миру. Rohwedder Group занимает лидирующие позиции на рынке автоматизации сборочных процессов, начиная от индивидуальных консультаций и за-


Рис. 6. Обработанные ПП (после разделения)

канчивая разработкой концепций и установки оборудования «под ключ». Гарантийное и послепродажное обслуживание также являются залогом успешного сотрудничества с клиентами. Rohwedder AG прошла сертификацию согласно международным стандартам качества DIN EN ISO 9001:2000. Продукция Rohwedder Group применяется поставщиками компонентов и узлов для автомобильной, медицинской и электронной индустрии.

Компанию основал Ханс Роведер в 1956 году. Начиная с 1990-х она нацелена на развитие технологий и позиционирования на рынке. Rohwedder Group действует на развивающихся рынках Европы, Америки и Азии.

Заказчиками оборудования компании JOT Automation являются крупнейшие мировые изготовители электроники, такие как Nokia, SonyEricsson, Bosh, Siemens, Blaupunkt, Sunways.

Помимо роутеров для разделения печатных плат компания выпускает достаточно широкий ассортимент продукции: конвейерные модули (рис. 7, 8), системы автоматизации рабочих процессов (рис. 9), системы функционального тестирования готовой продукции (рис. 10, 11), системы функциональной проверки средств мобильной связи (рис. 12, 13) и системы лазерной маркировки (рис. 14). Вопрос лазерной маркировки мы рассмотрим в следующих статьях, так как он заслуживает отдельного внимания. Кроме того, компания производит системы разделения печатных плат и автоматические системы установки компонентов водного монтажа.


Рис. 7. Конвейерные модули различного назначения



Рис. 8. Рабочее место визуальной инспекции



Рис. 9. Система автоматической работы с россыпью



Рис. 10. Функциональный тестер



Рис. 11. Функциональный тестер (внутри)



Рис. 12. Тестер мобильного телефона



Рис. 13. Фиксатор мобильного телефона



Рис. 14. Лазерный маркиратор

Роутер — точная и деликатная резка

Разделение печатных плат — это процесс разделения мультиплицированных заготовок печатных плат фрезерным станком вертикального типа, роутером. В основе работы любого роутера заложен принцип фрезерования. Фрезерование — процесс обработки резанием с помощью режущего элемента/фрезы. Фреза (рис. 15) — многозубый (многолезвийный) инструмент в виде тела вращения для обработки материалов методом резки.

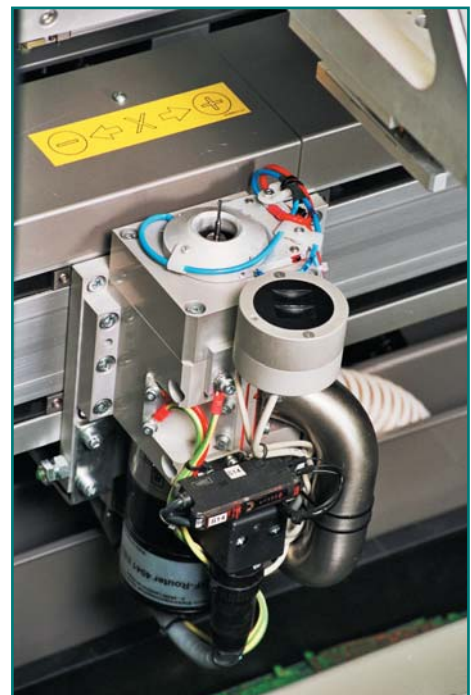


Рис. 15. Фреза высокоскоростного роутера J501-41

Вначале машине задается алгоритм действий. Процесс обучения машины заключается в регистрации точек надреза встроенной в роутер камерой, либо закладкой алгоритма в программное обеспечение. Фреза, автоматически перемещаемая двигателями машины, обрабатывает по заданному алгоритму мультиплицированную заготовку печатных плат. Роутер оснащается промышленным пылесосом, который удаляет из рабочей зоны пыль и загрязнения.

Автономный роутер J501-41 компании JOT

J501-41 — автономный, отдельно стоящий роутер для разделения групповых заготовок в условиях мелко- и среднесерийных производств (рис. 16).

J501-41 — гибкая, настольная модель с небольшой площадью основания. Модель обеспечивает качественное разделение модулей печатных плат, выполняет точную и чистую резку. Роутер может быть использован в производстве как основное или как дополнительное оборудование.

Движение режущего блока по осям X и Y происходит за счет высокоточных сервоприводов с точностью 0,05 мм. Загрузка изделия производится вручную. В базовой комплекта-



Рис. 16. Автономный роутер J501-41

ции машина оборудуется одним высоко-частотным шпинделем.

Замена фрезерующего инструмента производится вручную. Пользовательский интерфейс основан на простом и легком управлении с помощью панели управления. Установка сконструирована согласно международным требованиям к безопасности и полностью удовлетворяет нормам антистатической защиты.

Описание рабочих модулей

Основой конструкции являются стальные, сваренные между собой трубы. На них закреплена фиксирующая плита, позволяющая исключить нежелательные вибрации. На плиту установлена рабочая часть машины (рис. 17). Приводы сервомоторов по осям X и Y находятся на независимой основе, что позволяет добиться минимального отклонения при работе станка.

Контроллер машины и основные электромагистральи смонтированы в закрытых областях внутри рабочей зоны. На фронтальной части машины находится панель управления, информационный дисплей, кнопки управления.

Автоматическая система перемещения по осям декартовой системы обеспечивает перемещение по оси X — 380 мм, Y — 550 мм, Z — 50 мм. Перемещение по осям X, Y происходит автоматически с помощью заранее заданного алгоритма соответствующим сервоприводам. Перемещение по оси Z происходит с помощью пневматического привода, либо программируемым сервоприводом. На конце подвижного модуля закрепляется режущий элемент — фреза, на нем же расположено сопло пылесоса для удаления пыли и стружки в процессе резки. Фреза приводится в движение высокооборотным шпинделем, достигающим скорости 6000 оборотов в минуту. Замена фрезы производится вручную. Фреза имеет алмазное покрытие активного режущего элемента. В среднем, одной фрезы хватает на обрезку 2000 мм материала. Возможно использование одной и той же фрезы в течение более длительного времени путем



Рис. 17. Автономный роутер J501-41 (вид с открытой системой загрузки)

изменения высоты режущего элемента. При корректном изменении высоты посадки фрезы расход режущих элементов будет последовательным, а значит, ресурс фрезы увеличится (рис. 18).

Ионизатор находится внутри рабочей области. Система направляет ионизированные воздушные потоки в рабочую зону. Ионизированный воздух значительно повышает антистатическую защищенность устройства.



Рис. 18. Регулировка высоты фрезы

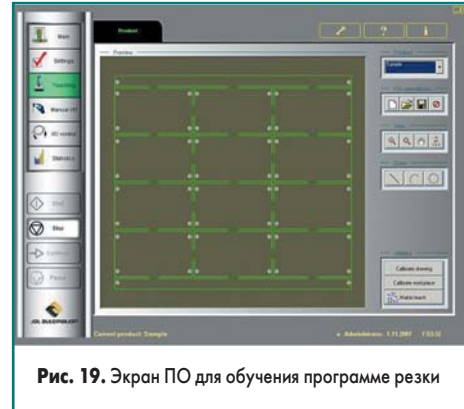


Рис. 19. Экран ПО для обучения программе резки

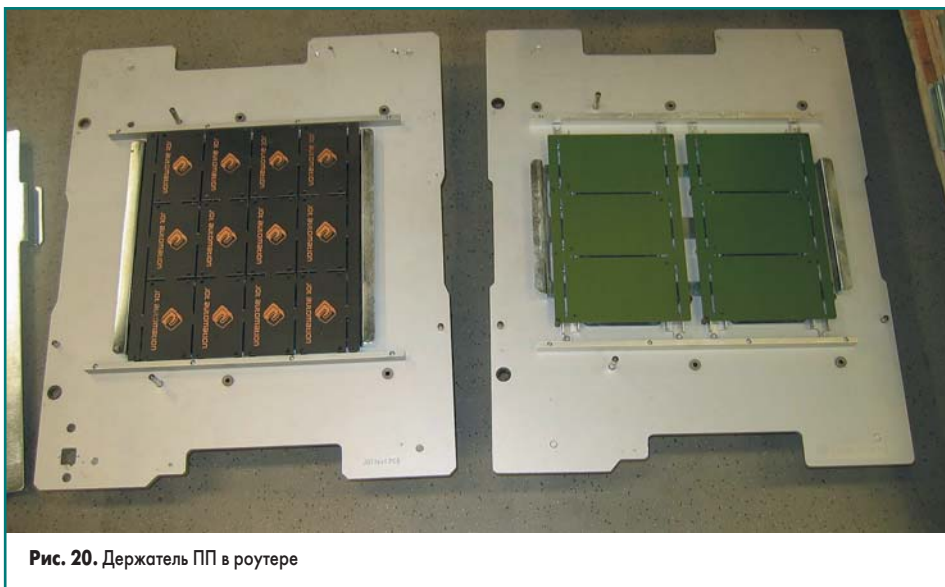


Рис. 20. Держатель ПП в роутере

Таблица. Технические характеристики роутера J501-41

Максимальные размеры обрабатываемых печатных плат	300×350 мм
Толщина	0,6–3,2 мм FR4
Максимальная высота компонентов сверху/снизу	15/40 мм
Вес	300 кг
Ход по оси X	380 мм, скорость 1200 мм/с, ±0,05 мм
Ход по оси Y	550 мм, скорость 1200 мм/с, ±0,05 мм
Ход по оси Z	50 мм, 600 мм/с, ±0,1 мм
Система управления	Программный тип управления с помощью контроллера и фирменного интерфейса
Просмотр и конвертирование DXF-файлов	Загрузка данных с внешнего персонального компьютера
Электропитание	230 В переменного тока / 50 Гц, потребляемая мощность 2,2 кВт
Встроенный ионизатор	есть
Подключение сжатого воздуха	6 бар, 40 л/мин
Эргономика и безопасность	Уровень шума <80 дБ, ESD безопасный дизайн, соответствие нормам безопасности CE
Габаритные размеры установки	730×997×1525 мм

Сама система перемещения по осям имеет встроенный программируемый контроллер. Контроллер способен сохранять в памяти машины до 1000 разных программ разделения заготовок.

Система управления состоит из размещенного на передней панели дисплея и блока управления. Блок управления позволяет выбирать программу резки и получать информацию о прохождении рабочего цикла. На боковой панели роутера находятся сервисные порты для подключения персонального компьютера.

Дополнительно на панели инструментов выведены: кнопка включения/выключения

устройства, кнопка аварийной остановки, кнопка сервиса.

Программное обеспечение для обучения машины имеет дружелюбный интерфейс, что позволяет максимально быстро выполнять ввод в эксплуатацию, переналадку и делает работу с машиной понятной и наглядной (рис. 19).

Система загрузки данных в формате DFX позволяет загружать в память контроллера программы резки, конвертированные с помощью внешнего персонального компьютера.

Система удаления пыли и загрязнений предназначена для удаления пыли, стружки и иных

загрязнений из рабочей области с помощью внешнего пылесоса.

Более скоростная система с двумя параллельно расположенными по оси X шпинделями позволяет одновременно обрабатывать 2 участка печатной платы с максимальным размером 400×350 мм.

Держатель для печатных плат (рис. 20) — уникальный механизм, фиксирующий плату после процесса резки. Изготавливается отдельно для каждого типа плат. Технические характеристики рассматриваемого нами роутера приведены в таблице.

Заключение

Мы с Вами рассмотрели наиболее распространенные методы разделения групповых заготовок и типовой дизайн групповой заготовки для разделения ее методом фрезерования. Очевиден тот факт, что на данный момент метод фрезеровки — это самый безопасный и деликатный способ, сводящий до минимума риск повреждения смонтированной ПП.

Так же мы затронули тему скрайбирования ПП и методов ручного разделения. В следующих статьях посвященных данной тематике мы рассмотрим более детально высокоскоростные машины для разделения методом фрезерования, рассмотрим дисковый автоматический метод разделения ПП подготовленных для скрайбирования (пробег такого диска может составлять более 2000 метров резки), рассмотрим метод лазерного разделения групповых заготовок. ■■■