

ОПТИМИЗАЦИЯ

КАК ЭФФЕКТИВНО ИНВЕСТИРОВАТЬ В УЧАСТОК СВЕРЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В КРИЗИСНОЕ ВРЕМЯ?



Текст: Семен Хесин

”

Узким горлышком производства печатных плат могут быть несколько операций: гальваника, прессование, экспонирование, электроконтроль и автоматическая оптическая инспекция. Но чем сложнее платы, тем чаще таким участком оказывается сверление. Платы с BGA-компонентами часто имеют несколько десятков тысяч отверстий (рис. 1: количество отверстий диаметром 0,2 мм более 19 тысяч), из-за чего программа сверления длится несколько часов. И, соответственно, потребность в сверлильных станках будет актуальна всегда. В статье я постараюсь ответить на вопрос, как получить максимально быстрый возврат инвестиций в зависимости от различной сложности плат.

#	Tool Type	Count	Type	FSize [μm]	+Tol [μm]	-Tol [μm]	*	DSize [μm]
1	Hole	12	Plated	251.46	104.14	251.46	<input type="checkbox"/>	250
2	Hole	495	Via	251.46	104.14	251.46	<input type="checkbox"/>	250
3	Hole	106	Plated	254	76.2	254	<input type="checkbox"/>	200
4	Hole	16552	Via	254	76.2	254	<input type="checkbox"/>	200
5	Hole	3252	Via	254	101.6	254	<input type="checkbox"/>	250
6	Hole	113	Via	304.8	101.6	304.8	<input type="checkbox"/>	250
7	Hole	72	Plated	381	50.8	50.8	<input type="checkbox"/>	450
8	Hole	4	Non plated	558.8	76.2	76.2	<input type="checkbox"/>	650
9	Hole	14	Plated	609.6	76.2	76.2	<input type="checkbox"/>	700
10	Hole	6912	Plated	660.4	76.2	76.2	<input type="checkbox"/>	750

1. Неполная таблица инструмента для типовой программы обработки (количество отверстий диаметром 0,2 и 0,25 мм более 19 тысяч, диаметром 0,75 мм – порядка 7 тысяч)

Типичный спор в случае непокрития отверстий: виновник – сверление или гальваника? Если сверление, то:

- режимы или инструмент?
- оборудование или человек?
- предоперации, само сверление или постоперации?
- базовый материал или вспомогательный?

Формирование межслойных переходов в целом и сверление в частности – это очень сложный и многофакторный процесс, управление которым – задача технологов и их руководства. Решение этих вопросов и инвестирование в процессы бывает разным. Я мог бы написать: «Вложите 1 миллион долларов!», но ведь это не обязательно решит все ваши проблемы и задачи. Самым главным я считаю инвестирование в опыт ваш или ваших сотрудников. Поэтому разделим статью на две части:

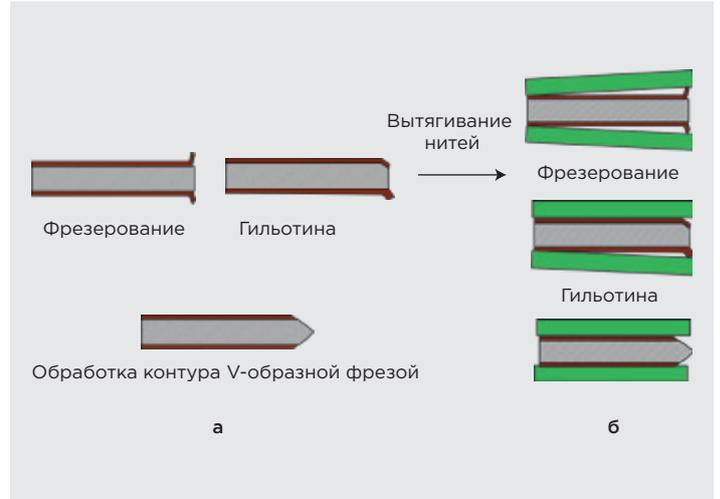
1. Какие шаги предпринять для быстрого решения текущих вопросов с имеющимся оборудованием?
2. Как выбрать новое оборудование?

Часть 1. Несколько шагов, которые можно и нужно сделать прямо сейчас

На производительность операции напрямую влияют скорость выполнения, а также процент выхода годных. Приведенные дальше этапы помогают добиться максимальной производительности при ≈100% выходе годных с операции сверления. Итак, что нужно сделать?

Проверить нарезку материала (базового и вспомогательного)

Несмотря на кажущуюся простоту, заготовительная операция является одним из важных этапов в производстве печатных плат. Нарезка может привести к образованию заусенцев в зоне реза (рис 2), что потом приводит



2. Наличие и отсутствие заусенцев в зоне реза после разных видов обработки (а) и их влияние на зазоры в пакете сверления (б)

к неплотному прилеганию накладки к заготовке во время обработки и, как следствие, заусенцам в области, близкой к краю реза. Чтобы избежать этого эффекта, после нарезки необходимо формировать фаску на заготовке.

Нарезка базового и вспомогательного материалов должна выполняться точно в размер. Накладка должна быть меньше заготовки менее чем на 0,5 мм, подкладка – менее чем на 0,5 мм больше заготовки. Таким образом, во время обработки прижимные лапки станка будут плотно зажимать пакет сверления, и не будет образовываться пузырь (рис 3).

Проверить сборку пакета сверления

Сборка пакета сверления напрямую связана с нарезкой материала. Основная цель – обеспечить плотное прилегание между накладкой и заготовкой, а также подкладкой и заготовкой во время обработки, минимизируя пыль между ними. Диаметр волоса ≈80 микрон. Вы представляете, что будет, если свер-



3. Пузырь между заготовкой и накладкой из-за некорректной нарезки

ло диаметром 200 мкм попадет в него? На некоторых зарубежных предприятиях данная операция выполняется в помещении 7-го класса чистоты. При отсутствии таких возможностей рекомендуется проводить хотя бы обеспыливание плат, подкладок и накладок перед сверлением – вопрос обеспыливания очень важен при малых диаметрах отверстия.

Если отверстия для базирования в накладке расположены на большем расстоянии относительно отверстий в заготовке (формируются на разных единицах оборудования), то между накладкой и заготовкой также будет пузырь. Например, отверстия в заготовке на расстоянии 400 мм, а отверстия в накладке – на 401 мм. Тогда либо штифт будет с перекосом, что приведет к смещению всей программы сверления и браку, либо образуется пузырь, который создаст заусенцы и брак. Чтобы уйти от этого эффекта, необходимо либо формировать отверстия на одной установке, либо делать отверстия в накладке с припуском.

Подобрать корректный инструмент

Для сверления отверстий диаметрами 0,5 мм и более тип инструмента не играет большой роли, но для формирования отверстий меньших диаметров выбор инструмента имеет решающее значение. В мире и в России последние 10 лет лидирует инструмент с двойной стружечной канавкой, которая переходит в одну. Такой инструмент позволяет получить максимально ровную стенку отверстий, максимальную скорость сверления и добиться наибольшего ресурса инструмента. Все это достигается за счет более жесткой сердцевины такого сверла. На рис. 4 изображены сверла фирмы ТСТ (Тайвань), серия УСУ.

Использовать короткую серию сверл при необходимости

При диаметрах $\leq 0,5$ мм рекомендуются сверла минимально применимой короткой серии для конкретного конструктива многослойной печатной платы (МПП). Минимальная длина режущей части при выборе серии сверла рассчитывается по формуле: длина режущей части = толщина МПП



4

Внешний вид стандартного инструмента и сверл серии УСУ фирмы ТСТ, Тайвань

+ толщина накладки + диаметр инструмента (заход в подкладку) + два диаметра инструмента (выход стружки).

Подобрать оптимальные вспомогательные материалы

Рекомендуется применение следующих подкладок и накладок:

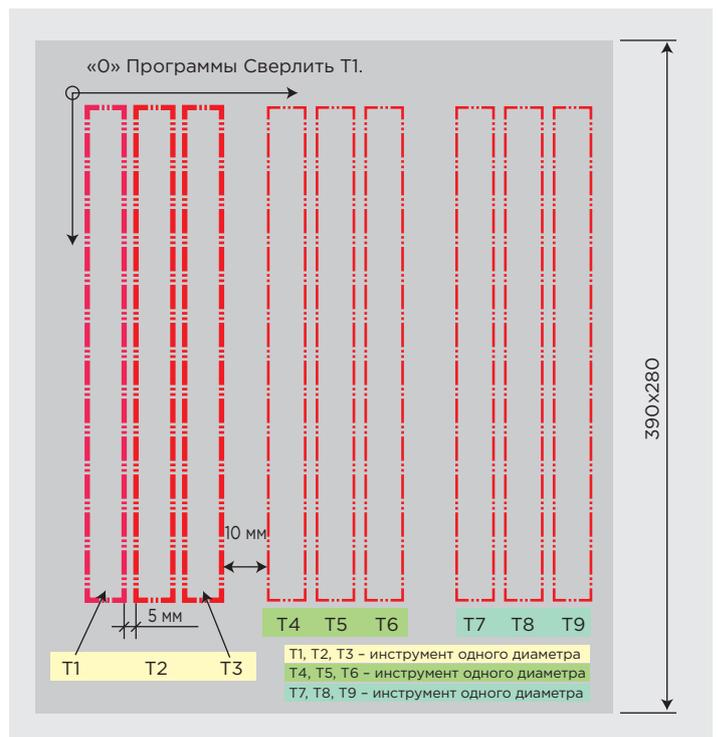
- Накладки:
 - › алюминиевая накладка для диаметров более 0,3 мм;
 - › PPL-накладка 0,5 мм для диаметров 0,3 мм и менее;
 - › алюминиевая накладка с лубрикантом для диаметров менее 0,1 мм, толщина алюминия в накладке должна быть равна диаметру инструмента.
- PPL-подкладка 1,5 мм и более.

Использовать качественные базовые материалы

«Слепить из того, что было» не всегда понравится отделу технического контроля (ОТК). Базовый материал должен быть качественным. А что такое качественный базовый материал? Это широкое технологическое окно, которое позволяет получить большую производительность, не теряя в качестве, и быть уверенным в результате. Применение базовых материалов Hitachi, Panasonic и Taiflex гарантирует это.

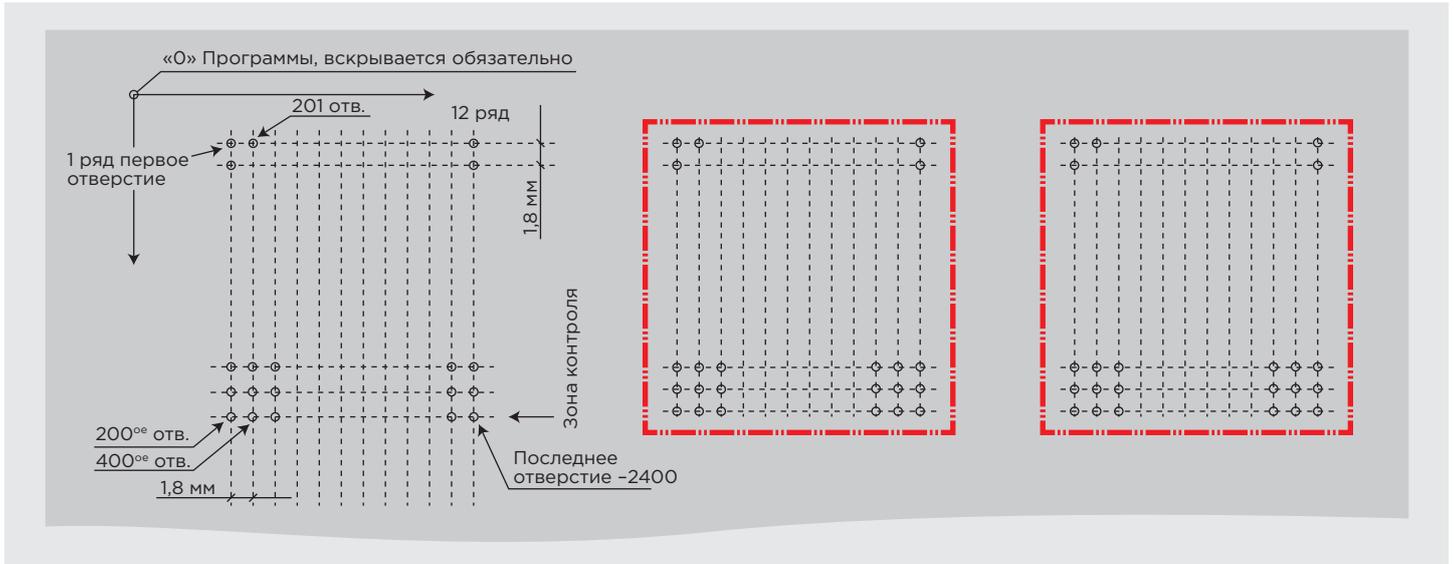
Подобрать режимы резания

Подбор режимов обработки – основная задача любого технолога. Помочь в этом может методика подбора режи-



5

Схема заготовки для подбора режимов резания на 3 диаметра сверл



6
Схема расположения рядов отверстий для подбора режимов резания

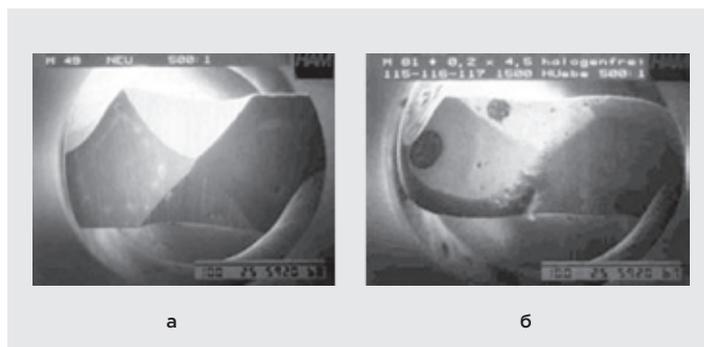
мов. В основе методики лежит обработка одной заготовки при разных режимах (каждый режим под одно новое сверло, рис 5). Задав на одно сверло ресурс 3000–5000 отверстий, вы сможете выбрать режим и понять ресурс инструмента для него (рис 6).

Косвенно можно оценить режимы через режущую кромку сверла (рис 7).

Но наиболее точный результат, конечно, дадут шлифы (рис 8). Чем оптимальнее режим, тем дольше служит сверло.

Сверление в несколько заходов

Для сверхбольшого соотношения глубины относительно диаметра целесообразно сверлить в несколько заходов. Конечно, не каждый станок такое позволяет, но если у вас есть станки POSALUX, то освоите функцию stepdrill для сверления в три захода (рис 9). Для выполнения такой операции станки должны обладать сверхвысокой повторяемостью и точностью обработки. На данный момент такие характеристики могут обеспечить только станки POSALUX.

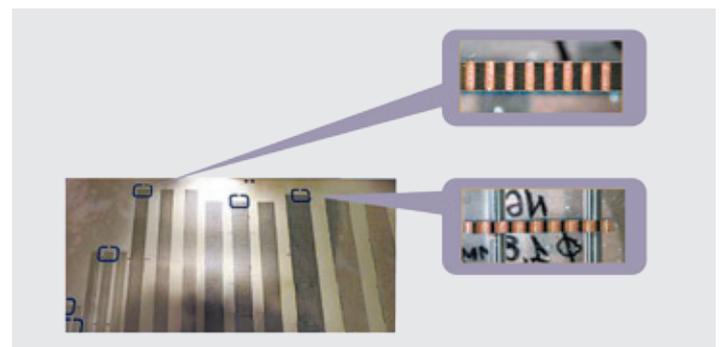


7
Внешний вид нового сверла (а) и сверла после 1500 отверстий (б)

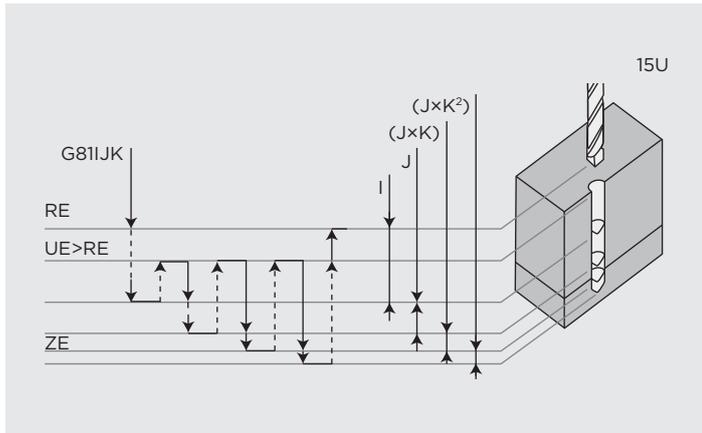
Правильно распределить обязанности внутри цехового персонала

Как-то я оказался на небольшом частном заводе в Европе, который специализировался на скоростном изготовлении печатных плат. На этом заводе было 10 шпинделей, два прессы, одна гальваническая линия производительностью 2 м²/час и все необходимое оборудование для производства печатных плат. Работали там порядка 15 человек, включая владельца, секретаря, бухгалтера и менеджера по продажам. Этот завод делал печатные платы от нарезки материала до финишного покрытия. Операции нанесения маски, экспонирования, проявления и дублирования маски выполнял один человек. Он же оценивал качество выполненных работ.

Так и в сверлении: оператор на небольшом производстве должен и сверлить, и выполнять операции подготовки перед сверлением, а после сверления – зачистку, продувку и контроль выполненных отверстий. Если вышеописанные шаги сделаны, а шпинделей по-прежнему не хватает, необходимо приступать к выбору оборудования.

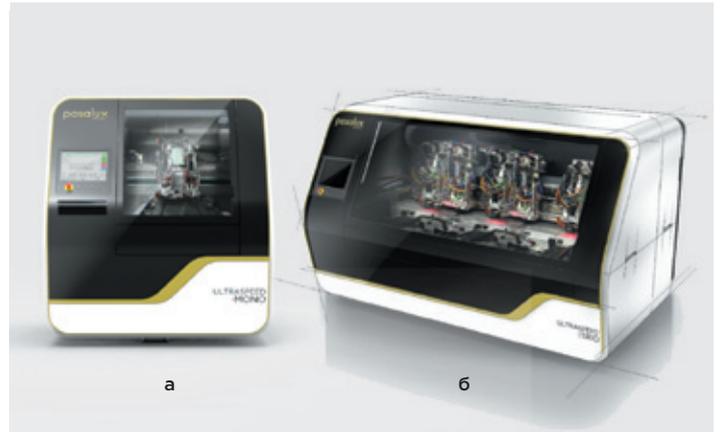


8
Фото заготовки и шлифов для подбора режимов резания после сверления



9

Схема движения сверла во время обработки в режиме stepdrill



10

Фото станка POSALUX: одностанционная модель MONO (а) и трехстанционная модель TRIO (б)

Часть 2. Выбор оборудования

Рынок оборудования для сверления и фрезерования

Рынок оборудования для сверления и фрезерования печатных плат представляет собой следующее:

- С точки зрения технологий и качества оборудования лидер рынка – фирма POSALUX, Швейцария.
- Огромное количество азиатских изготовителей, выбрать среди которых надежного – задача очень нетривиальная, но вполне решаемая. Остек уже выполнил эту задачу и готов поделиться своими решениями.
- Ряд других европейских фирм, которые с точки зрения технологий проигрывают POSALUX, а с точки зрения соотношения цена/комплектация – проигрывают китайским изготовителям. Эти компании держатся в основном за счет бренда.

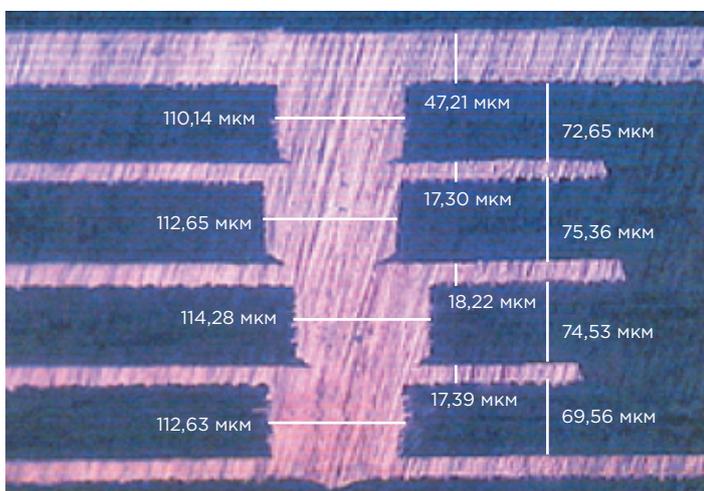
Рассмотрим оборудование компании POSALUX.

Ключевые преимущества POSALUX

Самый быстрый возврат инвестиций

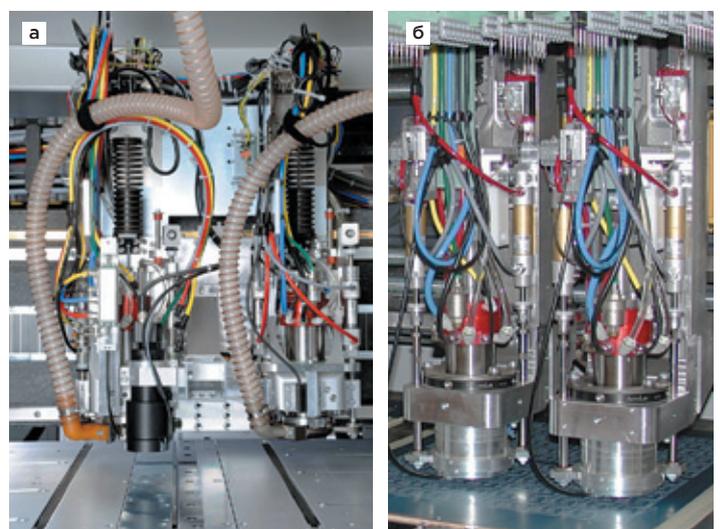
При покупке станка важно оценивать не только разовые капиталовложения, но и производительность, точность и технические возможности оборудования. По всем этим показателям POSALUX – мировой лидер. Одним шпинделем в одной заготовке на глубину 300 мкм станок может сверлить до 20 отверстий в секунду, что равняется 1200 отверстиям в минуту. И все это при соблюдении паспортной точности в 15 мкм. Точность заглабления (важна для формирования глухих отверстий) в пределах 10 мкм, что отлично демонстрирует рис 11: плата послойного наращивания, выполненная в РФ.

Что это дает? Когда обычные станки сверлят стандартную программу со скоростью 300 отверстий в минуту, POSALUX будет ее сверлить со скоростью 600 отверстий в минуту. Таким образом, станки POSALUX максимально быстро окупают себя, особенно на сложных печатных платах.



11

Шлиф платы послойного наращивания, серийно изготавливаемой в РФ и демонстрирующей точность сверления на глубину станками POSALUX



12

Комплектация станков Combi (а) и Dual (б)

Видео о преимуществах POSALUX



Самая низкая стоимость владения оборудованием благодаря концепциям DUAL / COMBI

Станки POSALUX обладают уникальными технологиями: Combi – два шпинделя на одной станции работают попеременно и Dual – два шпинделя работают на одной станции одновременно (рис 1 2).

Принцип Combi: два разных шпинделя попеременно обрабатывают заготовку на одной станции.

Преимущества Combi:

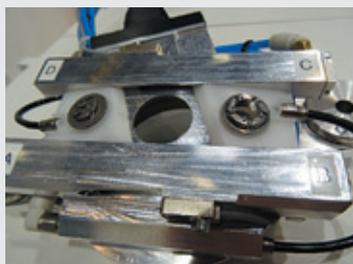
- Сверление и фрезерование с одного станка.
- Экономия производственных площадей и стартовых инвестиций.
- Возможность сверления и формирования металлизированных пазов в одной программе с одного установка.
- Доступны одно-, двух- и трех-станционные станки в комплектации Combi.

Принцип Dual: два одинаковых шпинделя одновременно обрабатывают заготовку на одной станции.

Преимущества Dual:

- Удвоенная производительность.
- Экономия производственных площадей и стартовых инвестиций.
- Комплектация доступна и для сверлильных, и для фрезерных станков.

В случае малого размера заготовки концепция Dual позволяет обрабатывать две заготовки на одной станции, таким образом превращая одностанционный станок в двухстанционный (рис 1 3).



Прижимная пята для сверлильного шпинделя

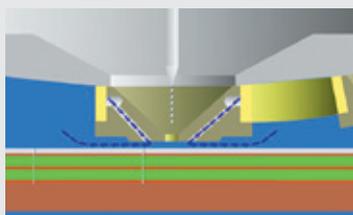


Схема работы 300-микронной воздушной подушки

Система IPF3 для автоматического трёхпозиционного изменения окна прижимной пята для сверления отверстий малого диаметра позволяет избавиться от заусенцев на меди при сверлении отверстий малого диаметра. Снятие заусенцев на отверстиях малого диаметра практически невозможно, так как заусенец заваливается внутрь отверстия при щёточной зачистке.

Система IPF3 использует металлические прижимные пята с микроотверстиями (в обоих пятаках), через которые подаётся сжатый воздух, создающий воздушную подушку между прижимной пятай и поверхностью просверливаемого пакета порядка 300 мкм. Данная воздушная подушка позволяет не поднимать каждый раз прижимную пята для перемещения к каждому отверстию. Вверх и вниз перемещается только шпиндель и только для того, чтобы сверло вышло из материала. Это увеличивает скорость сверления, снижает вибрацию, но не снижает точность сверления!



Прижимная пята для фрезерного шпинделя

Прижимная пята IPF2R имеет две позиции: щетку для фрезерования по контуру и пластиковую вставку для фрезерования на глубину. Обычно смену между щеткой и вставкой выполняет оператор, и после замены требуется перенастройка Z оси, на что тратится много времени.

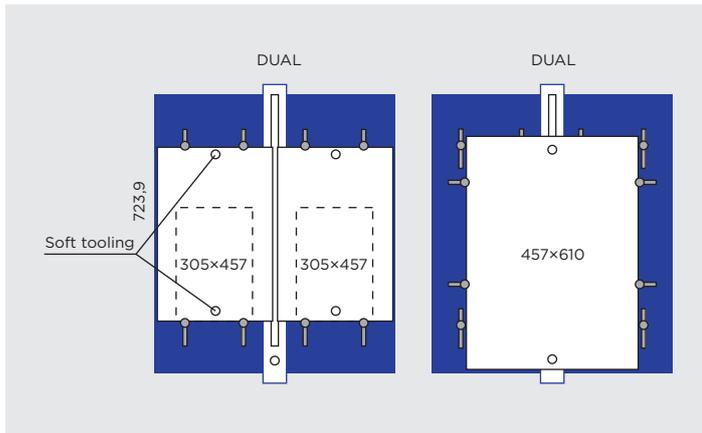
Система IPF2R позволяет значительно сэкономить время в случае частого использования станка для фрезерования на глубину.



Прижимная пята для универсального шпинделя

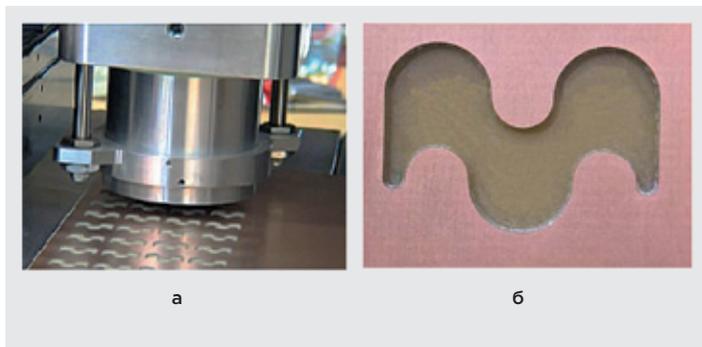
Прижимная пята для универсального шпинделя обладает тремя позициями.

Две металлические вставки с микроотверстиями для сверления с воздушной подушкой под малые и большие диаметры. Щетка для фрезерования по контуру. В этой же позиции и производится смена инструмента.



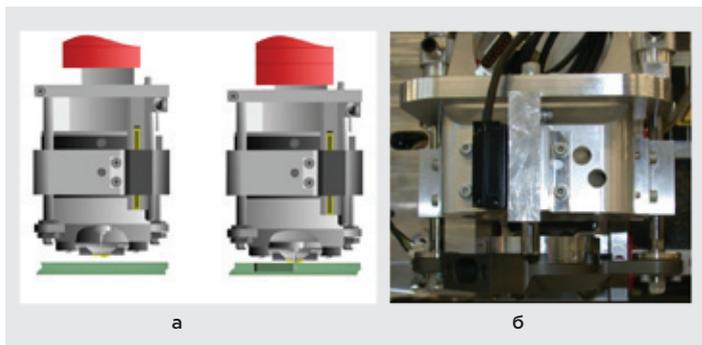
1 3

Работа с двумя заготовками малого размера на одной станции при комплектации DUAL



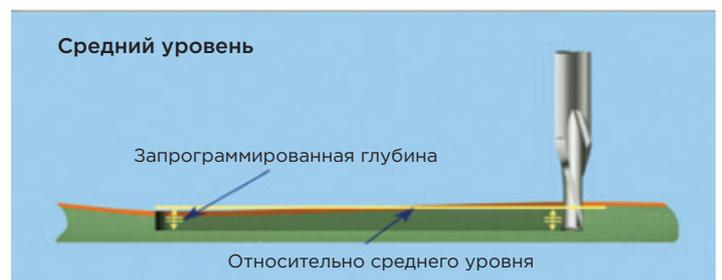
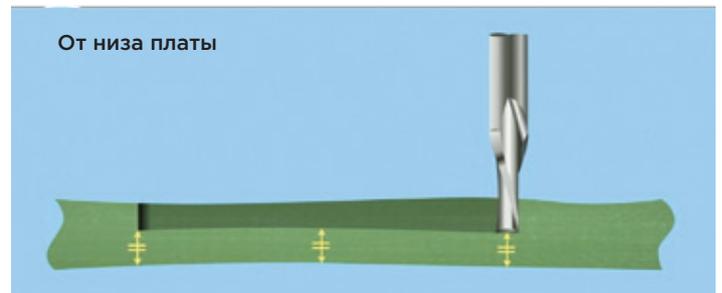
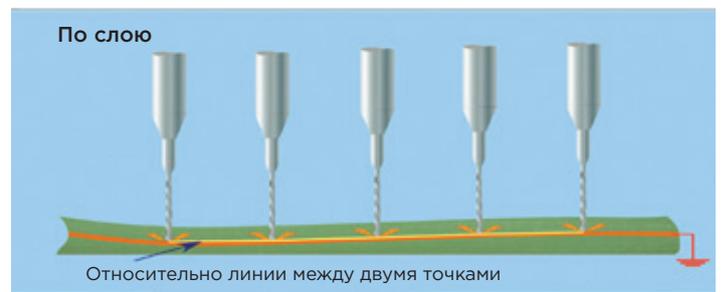
1 4

Фрезерование без перемычек: вид станка без перемычек (а) и вид заготовки после обработки (б)



1 5

Схема расположения второй измерительной станции для фрезерования на глубину от токопроводящей поверхности (а) и внешний вид измерительной станции, установленной на станке (б)



1 6

Виды обработки на глубину (а, б, в, г, д)

Технические преимущества

С точки зрения технологии станки POSALUX давно опередили всех изготовителей в мире. Яркими примерами являются прижимные пяты.

Станки POSALUX обладают широкими возможностями:

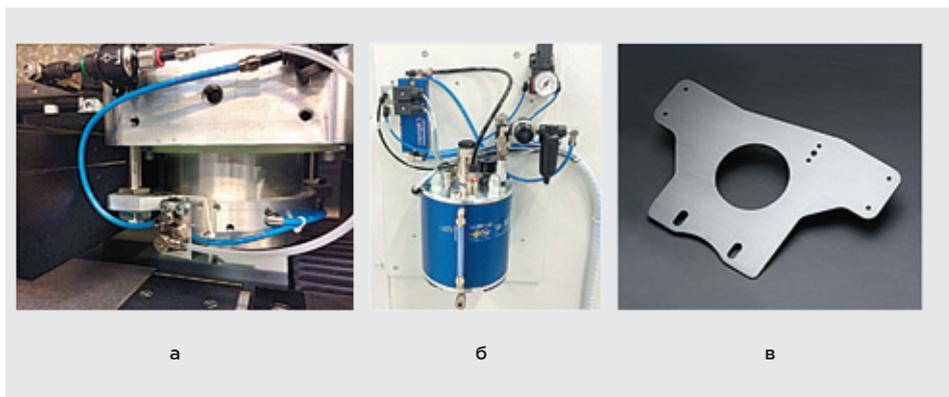
- По фрезерованию без перемычек (рис 1 4).
- По фрезерованию и сверлению на глуби-

ну от токопроводящей и токопроводящей поверхностей.

- По фрезерованию алюминия.

Станки из страны «трех драконов»

Компания «Остек-Сервис-Технология» неоднократно выводила на российский рынок продукты из Юго-Восточной Азии. Азиатский рынок огро-



17

Вид системы распыления лубриканта на станке (а), бачка с лубрикантом на станке (б), детали после фрезерования (в)

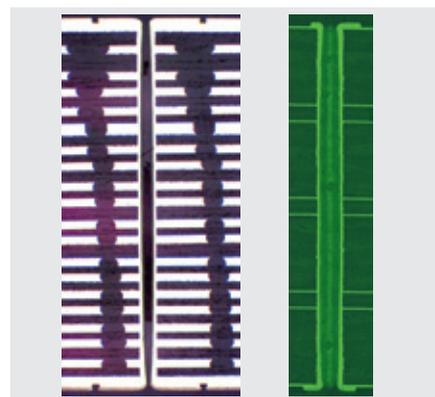
мен и является самым большим рынком электроники и оборудования в мире. Я общался с изготовителем сверлильных станков в Китае и спросил, как у них проходит выбор оборудования. Его ответ меня обескуражил: «Мы покупаем по одному станку у пяти изготовителей (а некоторые изготовители даже дарят по станку). После года эксплуатации принимаем решение, у кого купить 100 штук 6-шпиндельных станков». Когда я ему сообщил, что мы в России выбираем, сравнивая технические характеристики на бумаге, отзывы с других предприятий, в ответ последовало недоуменное молчание.

Специалисты «Остек-Сервис-Технология» проделали серьезную работу по выбору оборудования и, проведя серьезный анализ рынка, отсеяв «гаражные» производства, нетехнологичное и неподходящее для российского рынка оборудование, нашли замечательного партнера (рис 19). Компания предлагает идеальное соотношение цена и комплектация, что гарантирует лучшие комплектующие при низких ценах (рис 20). Мы уже внедрили это оборудование на ряде предприятий в России и, если ваши инвестиции серьезно ограничены бюджетом, предлагаем обращаться к нам!



19

Вид одного из сборочных цехов китайского изготовителя



18

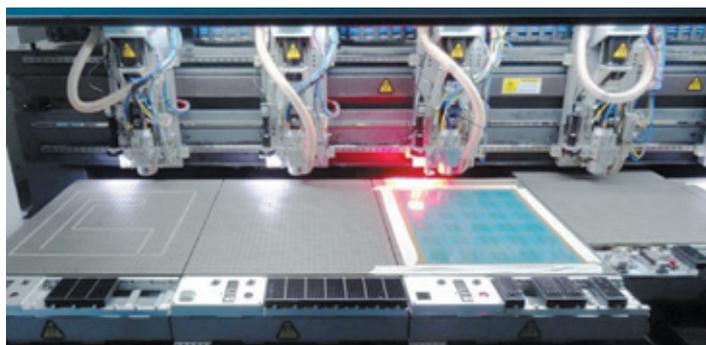
Платы с высоким отношением диаметра к толщине (до 1:24)

Опыт «Остек-Сервис-Технология» в России

В своей работе мы сталкивались с различными задачами: сверление отверстий диаметром 50 мкм, сверление отверстий со скоростью 15 отверстий в секунду при сохранении паспортной точности, программы сверления в течение 25 часов, обработка нестандартных материалов, обратное рассверливание и многое другое (рис 18). Компания имеет сертифицированную сервисную службу, которая может решить любые задачи, а также консолидационный склад запасных частей на территории России. Наш опыт внедрения более чем 200 станков позволяет гарантировать результат, и мы с радостью готовы делиться им с вами.

В статье представлены рекомендации по избавлению от узкого горлышка на участке сверления. Для этих и других задач специалисты ООО «Остек-Сервис-Технология» уже имеют готовые и проверенные в РФ решения. Станки POSALUX – это самый быстрый возврат инвестиций, самая низкая стоимость владения оборудованием, самые высокие производительность и точность, а также лучшие технические комплектации.

Вам остается только сделать правильный выбор!



20

Станок в высокотехнологичной комплектации: отдельные столы, видеокamеры на каждом столе, вакуумные столы, фрезерование на глубину