

# Современное сверлильно-фрезерное оборудование

## и роль технолога в получении качественного конечного результата в операции сверления

**Ответственность за результаты и важная роль технолога при выборе современного сверлильно-фрезерного оборудования для производства печатных плат обусловлена высокими требованиями к качеству отверстия под металлизацию.**

**Михаил Однодворцев**

mikle@elserv.ru

Рост производства в России, в том числе и производства электронных модулей с новыми более высокими требованиями к конструкции и плотности монтажа, а также устаревший, не обновляющийся в течение последнего десятилетия станочный парк когда-нибудь поставит перед технологом вопрос выбора нового сверлильно-фрезерного оборудования.

Это может произойти в следующих случаях или в различных их комбинациях:

- 1) производительности имеющегося парка сверлильно-фрезерного оборудования не хватает;
- 2) имеющееся оборудование физически изношено, и необходимо модернизировать парк сверлильно-фрезерного участка;
- 3) требуется высокоточное современное сверлильно-фрезерное оборудование для изготовления прецизионных печатных плат с микропереходами и глухими отверстиями (рис. 1).

Но перед началом выбора необходимо ответить, соответствует ли ваша ситуация вышеперечисленным случаям, то есть:

- 1) правильно ли вы оцениваете производительность вашего сверлильно-фрезерного оборудования?

2) не сваливаете ли вы недоработки в технологии изготовления печатных плат, в том числе в технологическом процессе сверления и фрезерования, на сверлильно-фрезерные станки, то есть на качество просверленных под металлизацию отверстий?

3) сколько вы собираетесь изготавливать прецизионных печатных плат с микропереходами и глухими отверстиями?

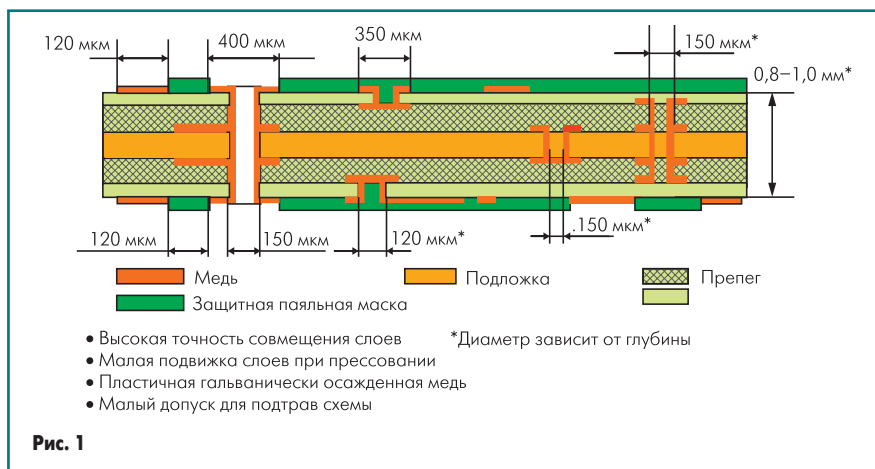
Попробуем ответить на эти вопросы.

1) Вопрос производительности фактически является вопросом окупаемости оборудования. Большую часть времени эксплуатации сверлильно-фрезерных станков может занимать межоперационное время перед и после операций сверления или фрезерования. Это время уходит на подготовку нового задания, загрузку и разгрузку станка заготовками. Оно может составлять до 1/4 всего времени эксплуатации станка. Сократить это время можно, используя сетевые карты для передачи подготовленных программ сверления и фрезерования на станок и автоматические загрузчики/разгрузчики, если модель станка позволяет добавить эти опции.

2) Первое, что необходимо проверить — это качество используемого инструмента (сверл и фрез).

Сверла с перезаточкой для многослойных печатных плат не годятся, так как они не имеют перезаточки вспомогательной режущей части — ленточки — и могут быть причиной появления повышенного напоя смолы на внутренних торцах контактных площадок внутренних слоев (рис. 2).

Второе: необходимо контролировать количество отверстий, просверленных сверлом перед заточкой, и не допускать использования затупившихся сверл. Современные сверлильно-фрезерные станки имеют такую функцию. Количество отверстий, просверливаемых сверлом перед заточкой, для каждого диаметра определяет технолог на основе результатов исследования качества отверстий при пробном сверлении матрицы отверстий порядка 50×50 в за-



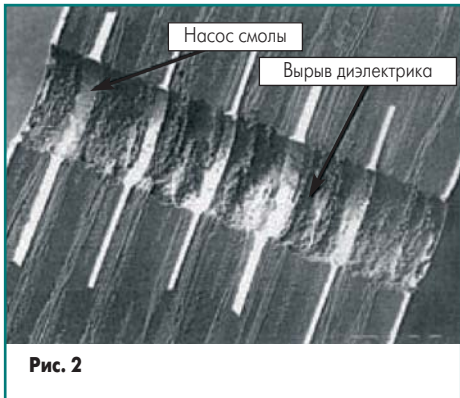


Рис. 2

готовке стандартно используемого материала. По этой просверленной матрице визуально с помощью устройства оптического контроля, а затем для убедительности на микрошлифе, можно определить, какое количество отверстий соответствует необходимым требованиям.

Важнейшими факторами, определяющими качество просверленного отверстия, являются режимы сверления (скорость вращения и скорость подачи сверла, которые рассчитываются относительно необходимой скорости реза, а также скорость выхода сверла). Каждый производитель станков, инструмента и материалов дает свои рекомендуемые режимы сверления и фрезерования.

Автор убежден, что наилучшие режимы сверления и фрезерования для определенной модели сверлильно-фрезерного станка каждого типа (производителя) инструмента и типа (производителя) материала может определить только цеховой технолог, опираясь на личный опыт работы, помноженный на отработку режимов для новых материалов и инструмента, учитывая рекомендуемые производителями режимы.

Неправильная заточка сверл

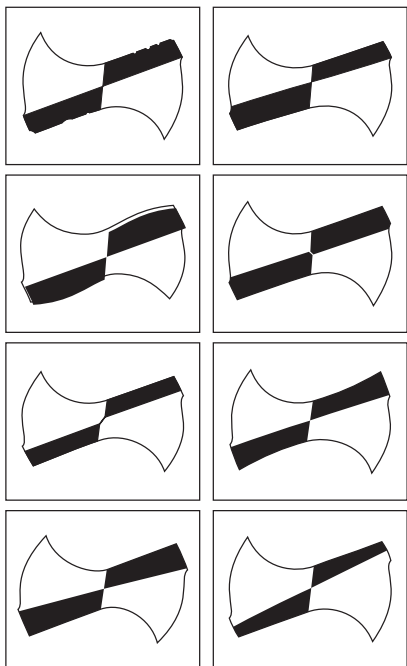


Рис. 3

Также необходимо контролировать результат повторной заточки сверла (рис. 3) то есть такие параметры, как передний и задний угол, а также качество полированного канала транспортирующей части сверла, отвечающего за удаление стружки.

Важную роль играет применяемый прокладочный материал, так как он влияет на размер заусенца медной фольги и на срок службы инструмента.

Очень полезно знать величину биения сверла в цанге шпинделя станка, так как это может объяснить вам, почему малые диаметры сверл одного производителя ломаются чаще, чем другого. Это связано с зернистостью твердосплавного материала, применяемого для изготовления сверл. Более хрупкие сверла имеют более длительный срок службы до перезаточки, но очень чувствительны к поперечному биению цанги шпинделя.

3) Сверлильно-фрезерное оборудование, позволяющее сверлить отверстия 0,1 мм, а также глухие отверстия, на данный момент имеет высокую стоимость, так как состоит из высокоточной прецизионной механической части и соответствующего программного обеспечения. Следовательно, необходимо точно представлять себе производительность заказываемого оборудования.

Наконец, принято решение приобрести новый сверлильно-фрезерный станок. Необходимо определить, какая производительность и какие характеристики вам нужны, учитывая требования к классу и конструкции изготавливаемой вами печатной платы.

Какие станки на данный момент предлагают изготовители и продавцы оборудования? На российском рынке представлено порядка 10 изготовителей сверлильно-фрезерных станков (исключая изготовителей оборудования для прототипного производства). Они различаются производительностью и техническими характеристиками. Для того чтобы сделать правильный выбор, необходимо при схожести характеристик учитывать их стоимость.

На примере нескольких моделей сверлильно-фрезерных станков, таких как MAPE CNC-1 (CNC-2000XL), KLG Speedstar1 (Speedstar2), Posalux Ultraspeed 3600 (Ultraspeed 6000, Ultraspeed 8400), имеющих различные технические характеристики и цену, автор попробует предложить варианты их использования в различных масштабах производства, а также для различных типов и конструкций печатных плат.

Первый и самый бюджетный пример — это сверлильно-фрезерный станок CNC-1 датской фирмы MAPE (рис. 4). Он представляет собой полноценный одношпиндельный станок с ЧПУ, имеющий гранитное основание. Станки CNC-1, имеющие в базовой комплектации шпиндель на шарикоподшипниках с максимальной скоростью вращения 60 тыс. об/мин без водяного охлаждения, могут сверлить сверлами диаметром от 0,25 мм и использовать фрезы диаметром от 0,8 мм. Укомплектованные же шпинделем на шарикоподшипниках с максимальной скоростью



Рис. 4

коподшипниках с максимальной скоростью вращения 80 тыс. об/мин и шпинделем на воздушных подшипниках с максимальной скоростью вращения 125 тыс. об/мин могут сверлить сверлами диаметром от 0,1 мм. Привод по трем осям перемещения осуществляется с помощью пошаговых двигателей и пары «винт — гайка». Его двухшпиндельный аналог CNC-2000XL (рис. 5) имеет такие же технические характеристики и стандартно комплектуется шпинделями 80 тыс. или 125 тыс. об/мин. Единственной его особенностью является наличие системы лазерного контроля инструмента (рис. 6).

При использовании нескольких станков CNC-1 или CNC-2000XL получается гибкая модульная система, которая позволяет применять это оборудование в многономенклатурном производстве печатных плат. Точность сверления сквозных отверстий  $\pm 10$  мкм и повторяемость  $\pm 5$  мкм позволяют использовать данное оборудование как в мелкосерийном, так и в среднесерийном производстве печатных плат. Использование в станке встроенной видеосистемы программирования дает воз-



Рис. 5

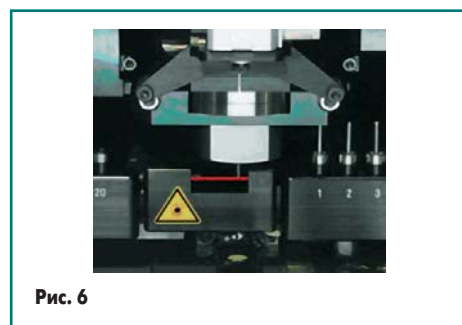


Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8



Рис. 9



Рис. 10

возможность составлять или корректировать программы сверления и фрезерования на месте.

Это семейство станков фирмы MARE отвечает всем требованиям к сверлильно-фрезерному оборудованию, предъявляемым при изготовлении ДПП и МПП 5 класса точности, не имеющих глухих микропереходов, что и подтверждается их безукоризненной работой на российских предприятиях.

Второй пример — это достаточно новая серия высокоточных и производительных станков Speedstar1 (одношпиндельный) (рис. 7) и Speedstar2 (двухшпиндельный) (рис. 8) фирмы KLG (Германия), уже успешных попасть к российским производителям печатных плат.

В данных станках используется евромагазин (инструмент без ограничительных колец), система лазерного контроля инструмента (длина, диаметр, биение) (рис. 9), гибкое программное обеспечение, удобный доступ для обслуживания (только с лицевой стороны).

Отличительной особенностью этой серии станков фирмы KLG является возможность использования их при любой серийности производства — от мелкосерийного до серийного, так как они могут составляться в многошпиндельную линейку и при необходимости доукомплектовываться автоматическими загрузчиками-разгрузчиками (рис. 10), повышающими производительность системы.

Применение различных шпинделей фирм Precise и Westwind с максимальной скоростью вращения для различных моделей от 60 тыс. до 180 тыс. об/мин позволяет получить необходимую конфигурацию станка для решения различных задач. Например, станок со шпинделем 60 тыс. об/мин — для фрезерования, со шпинделем 125 тыс. об/мин — для сверления и фрезерования, а со шпинделем 180 тыс. об/мин — только для сверления.

Высокая точность сверления микроотверстий диаметром от 0,1 мм ( $\pm 5$  мкм), высокая скорость перемещения по осям X и Y (75 м/мин) и высокая точность заглабления ( $\pm 7$  мкм) — необходимое условие для сверления глухих отверстий — обеспечивается применением в конструкции станка прецизионной механики и линейных приводов по всем осям.

Учитывая все вышеперечисленное и (пусть и небольшой) опыт работы на этих станках, можно рекомендовать эти станки для производства прецизионных ДПП и МПП, имеющих в конструкции микропереходы и глухие отверстия, отвечающих самым высоким техническим требованиям, даже более высоким, чем требования 5 класса точности по ГОСТ 23751.

Третий пример — это фирма Posalux — не требующий особого представления производитель сверлильно-фрезерного оборудования со станками серии Ultraspeed 3600, 6000 и 8400 (рис. 11.), отличающимися высочайшим швейцарским качеством.

Помимо высокой точности сверления ( $\pm 5$  мкм) сверлами диаметром от 0,1 мм и заглабления сверла ( $\pm 10$  мкм), станки фирмы



Рис. 11



Рис. 12

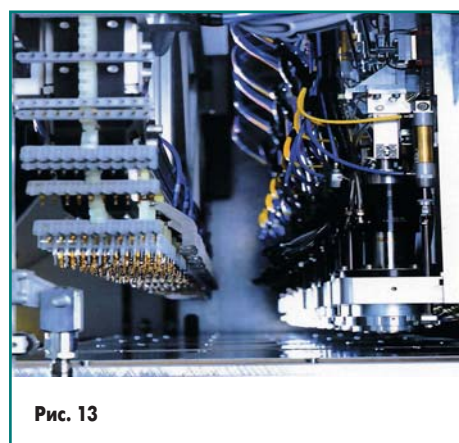


Рис. 13

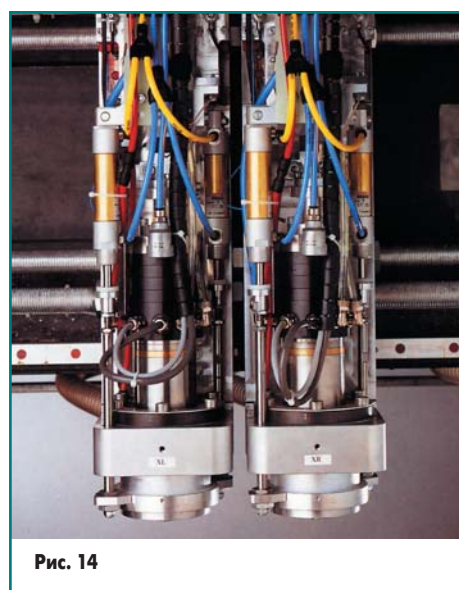


Рис. 14



Рис. 15

Posalux имеют высокую производительность, достигаемую применением автоматических загрузчиков/разгрузчиков (рис. 12) и конвейерной системы смены евромагазина (рис. 13), а также использованием одновременно двух шпинделей на одной станции (опция Dual) (рис. 14). Эта опция позволяет получать из базового двухшпиндельного станка фактически четырехшпиндельный по производительности, где заготовка обрабатывается одновременно двумя шпинделями.

Спектр применяемых в данных сверлильно-фрезерных станках шпинделей с максимальными скоростями вращения от 40 тыс. до 180 тыс. об/мин позволяет конфигурировать станки для фрезерования, сверления и фрезерования либо только для сверления.



Рис. 16

Опыт эксплуатации этих станков на территории России позволяет рекомендовать их для среднесерийного и серийного производства как ДПП, так и МПП, имеющих в конструкции микропереходы и глухие отверстия и отвечающих самым высоким техническим требованиям, даже более высоким, чем требования 5 класса точности по ГОСТ 23751.

Все описанные сверлильно-фрезерные станки отвечают современным высоким технологическим требованиям, обеспечивают получение качественного отверстия при обеспечении необходимых режимов резания для используемого инструмента и материалов.

Для всех станков необходим комплект оборудования для штифтовки и расштифтовки



Рис. 17

заготовок для установки их на столы станков, например, Pluritec Spinomatic (рис. 15) или Pluritec Depini (рис. 16). Рекомендуется также применение установки для склейки торцов специальной лентой (рис. 17), позволяющей плотно скрепить заготовки печатных плат между собой и тем самым обеспечить отсутствие заусенцев на медной фольге между заготовками.

## Заключение

Рынок сверлильно-фрезерного оборудования предлагает полный набор для производства печатных плат различной степени сложности.

Выбор конкретных моделей должен опираться на оценку экономической эффективности использования оборудования для конкретных задач производства.

При выборе основного оборудования настоятельно рекомендуется приобретение вспомогательных устройств, markedly повышающих эффективность использования всего парка оборудования в целом.