

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА МАКЕТОВ С ПОВЕРХНОСТНЫМ МОНТАЖОМ

Е. Шулика

Еще пять лет назад большой проблемой было заказать со сроком изготовления в несколько дней одну печатную плату (ПП) промышленного качества с целью протестировать работу изделия перед запуском в серию. Теперь благодаря оборудованию ООО НТФ "Техно-Альянс Электроникс" такой проблемы нет — за несколько дней может быть изготовлена заказная ПП в одном экземпляре из отличных материалов, за несколько часов нанесена на нее паяльная паста, установлены и припаяны все элементы с соблюдением необходимых температурных режимов. При этом можно быть уверенным, что изделие не откажет и через несколько лет, во всяком случае из-за нарушения технологии монтажа. Новое оборудование позволяет проводить основные технологические операции поверхностного монтажа — нанесение паяльной пасты на контактные площадки, установку компонентов на плату, оплавление. При разработке оборудования большое внимание уделялось блокам контроля и регулировки температуры, поэтому с помощью настольного оборудования можно производить пайку по термопрофилю на небольших платах, по качеству не уступающую пайке в конвейерных печах.

ДОЗИРОВАНИЕ ПАЯЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И УСТАНОВКА КОМПОНЕНТОВ

В первую очередь на ПП наносится паяльная паста, что в мелкосерийном производстве удобнее делать с помощью пневматического дозатора, который обеспечивает одинаковые ее дозы. На вход дозатора подается чистый сжатый воздух из магистрали или от внешнего компрессора. После прохода воздуха через специальный регулятор его давление понижается и стабилизируется. К выходу дозатора герметично подключается картридж с паяльной пастой. С помощью таймера оператор задает время открывания клапана, через который сжатый воздух подается в картридж и давит на поршень, в результате чего из иглы выделяется паста. По истечении заданного времени клапан закрывается, а лишний воздух из картриджа сбрасывается в атмосферу. Выделение пасты прекращается. Таким образом, доза паяльной пасты в основном зависит от диаметра иглы, рабочего давления и времени открывания клапана. При работе

объем дозирования меняют путем варьирования времени открытия клапана, а рабочее давление и игла не меняются.

Для выполнения этих операций разработан **пневмопроцессор-дозатор ПП-34** (рис. 1). Его микропроцессорная система управления и индикации режимов обеспечивает оператору полный контроль над изделием. Управление осуществляется как с лицевой панели, так и дистанционно, для чего используют настольный манипулятор типа "мышь" и ножную педаль. Возможно исполнение прибора с внешним командным

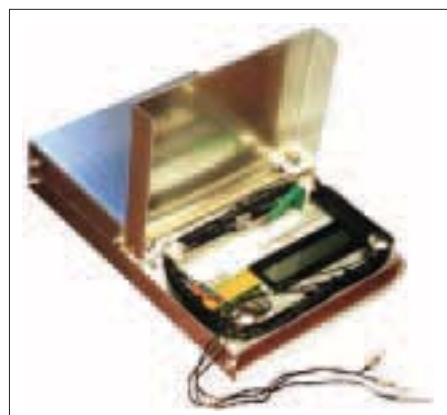


Рис. 1. Пневмопроцессор-дозатор ПП-34

портом, при этом дозирование происходит по команде от внешнего источника. Это позволяет встраивать дозатор в различные технологические линии, где требуется дозирование материалов.

В системе управления пневмопроцессора ПП-34 предусмотрено четыре режима дозирования. Режим работы по таймеру обеспечивает подачу одинаковых доз паяльной пасты. Предусмотрен режим автоматического повтора дозы через регулируемый интервал времени. ПП-34 оснащен прецизионным регулятором рабочего давления, позволяющим устранять влияние других потребителей, подключенных к тому же источнику воздуха. Давление контролируется по встроенному манометру. В пневматическую схему прибора включен фильтр тонкой очистки, обеспечивающий безупречную работу клапана. Дополнительный объем сжатого воздуха внутри колбы фильтра улучшает динамику накачки и снижает погрешность дозирования.

Применение пневмопроцессора ПП-34 не ограничивается дозированием паяльной пасты. С его помощью можно наносить флюсы, клеи, смазки, герметики с широким интервалом вязкости. Регулировка прибора настолько точна, что можно выдавить даже 1 мг воды. При дозировании анаэробного клея средней вязкости порциями по 1 мг их повторяемость по массе составляет 5% (при условии постоянства температуры). При неизменных настройках дозатора и повышении температуры клея на 10–20°C объем дозы может существенно измениться (в разы), что при серийном производстве приводит не только к неоправданному повышению расхода дорогостоящего материала, но и вызывает дополнительные технологические сложности в сборочных процессах.

Жидкие материалы иногда самопроизвольно просачиваются через иглу во время пауз в их подаче. Специально для работы с такими материалами прибор ПП-34 может быть оснащен регулируемой вакуумной отсечкой. Принцип действия ее таков, что во время паузы создается небольшое разрежение в свободном объеме картриджа, препятствующее выдавливанию жидкости.

В настоящее время по заказу одного завода разрабатывается автоматический дозатор для нанесения фиксирующего клея на резьбу. Для стабилизации температуры клея дозатор будет оснащен специальным устройством, позволяющим добиться высокой точности дозирования вне зависимости от температуры в цехе. Дозатор будет встроен в уже действующую автоматическую сборочную линию. К производству готовится также новая модель дозатора с цифровым таймером и блоком раздачи жидкости на одно или несколько рабочих мест из специального резервуара.

Для установки на плату электронных компонентов пневмопроцессор ПП-34 оснащен блоком управления **вакуумным манипулятором ВМ-01** (вакуумный пинцет). Управление производится мышью или педалью в четырех режимах. К блоку управления ВМ-01 подключается с помощью термостойкого токопроводящего шланга из силикона. Вращающийся вакуумный затвор на маленьких шариковых подшипниках предотвращает перекручивание шланга и снижает напряжение руки оператора. Статическое электричество с руки стекает через шланг на металлический штуцер заземленного пневмопроцессора.

Для захвата электронных компонентов пинцет комплектуется большим набором сменных игл из нержавеющей стали, а также силиконовой присоской, позволяющей переносить даже горячие микросхемы (рис.2). Весь этот набор инструментов в сочетании с возможностью регулировки глубины вакуума позволяет легко манипулировать любыми существующими сегодня компонентами, в том числе и самыми миниатюрными, без риска их повреждения.



Рис.2. Вакуумный манипулятор ВМ-01 с набором инструментов

ОПЛАВЛЕНИЕ

При оплавлении самое важное – соблюдать температурные режимы. Недогрел – получил "холодную пайку", перегрел – "жизнь" термочувствительных элементов под вопросом, очень быстро нагрел – под вопросом ресурс работы многослойных керамических конденсаторов, особенно при работе изделия в условиях вибрационных нагрузок. Для контроля работы конвейерных и камерных печей, в которых происходит групповая пайка печатных узлов при серийном производстве, предназначен **цифровой трехканальный измеритель температуры "Термоскоп ТА-570"** (рис.3).



Рис.3. Термоскоп ТА-570

Контроль температуры выполняется с помощью малогабаритных платиновых терморезисторов, размещаемых непосредственно на ПП. Эти термодатчики име-

ют прямоугольную форму, сопоставимы по габаритам с чипами и оснащены длинными термостойкими сигнальными проводами. Тепловой контакт с ПП осуществляется по плоскости, что в совокупности с высокой скоростью отклика датчика позволяет получать данные о реальной температуре практически без задержек.

Измеренная температура от каждого из трех термодатчиков отображается на встроенном дисплее прибора. Кроме того, при подключении прибора к компьютеру специальная программа **"Термопро-Центр"** позволяет строить термографики в реальном масштабе времени. В дальнейшем результаты измерения можно сохранить, распечатать, наложить графики один на другой, измерить приращения температуры и времени, а также скорость нагрева. Таким образом, с помощью прибора "Термоскоп" непосредственно в ходе процесса пайки можно проверить, как сильно отличается реальная температурная зависимость в контрольных точках платы от необходимого термопрофиля, что сильно облегчает отладку технологического процесса.

Программа "Термопро-Центр" позволяет одновременно обслуживать два прибора "Термоскоп", подключенных к компьютеру. Это дает возможность получать одновременно три или шесть графиков зависимостей изменения температуры от времени с датчиков. Дополнительная программа предназначена для проверки точности показаний прибора, а в случае необходимости помогает откалибровать его.

Однако применение прибора "Термоскоп" не ограничивается участком сборки печатных узлов. Некоторые организации приобретают его для исследования тепловых режимов работы создаваемой аппаратуры.

Выпускаемое **паяльное оборудование** позволяет осуществлять пайку платы двумя способами – горячим воздухом с предварительным подогревом ПП или по профилю.

Технические характеристики приборов нижнего подогрева

Характеристика	НП 12-10	НП 17-12	НП 24-17
Напряжение питания, В	~220, 50 Гц	~220, 50 Гц	~220, 50 Гц
Максимальная температура рабочей поверхности, °С	300	300	300
Максимальная потребляемая мощность, Вт	500	500	1000
Средняя скорость разогрева в диапазоне 50–300°С, °С/с	1–1,4	0,4–0,5	0,4–0,5
Габаритные размеры рабочей поверхности, мм	120x100	170x120	240x170
Габаритные размеры прибора, мм	195x160x50	250x175x50	295x250x50
Масса прибора, кг	1,3	1,7	2,5

Приборы нижнего подогрева ПП. Приборы **НП 12-10, НП 17-12, НП 24-17** (см. табл.) отличаются габаритами рабочей поверхности. Их назначение:

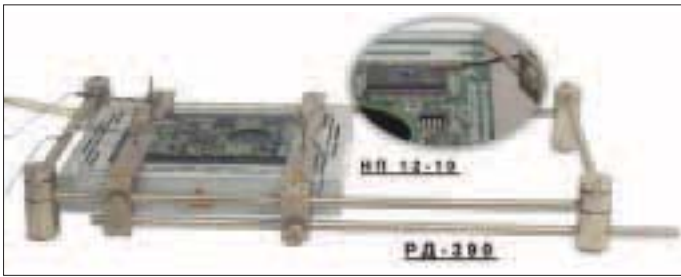


Рис.4. Прибор нижнего подогрева ПП НП 12-10 и рамочный держатель плат РД-390

- предварительный подогрев плат при пайке поверхностно монтируемых компонентов различными способами;
- предварительный подогрев плат перед извлечением компонентов;
- подогрев керамических элементов перед их захватом термопинцетом, что предотвращает образование микротрещин;
- отверждение клея, фиксирующего компоненты на плате;
- использование для других лабораторных нужд.

Высокая равномерность распределения температурного поля по рабочей поверхности обеспечивается за счет толстой алюминиевой рассеивающей пластины. Конструкция изделий и наличие внутренней теплозащиты из современных материалов позволяют поддерживать температуру корпуса в безопасном диапазоне, поэтому оператор не получит ожога при случайном прикосновении к нему. От статического электричества ПП предохраняет защитное заземление.

ПП можно устанавливать непосредственно на рабочую поверхность устройства подогрева, а для закрепления платы с воздушным зазором используется рамочный держатель плат РД-390 (рис.4). Держатель позволяет передвигать плату над рабочей поверхностью приборов нижнего подогрева. Кроме того, он оснащен приспособлением для закрепления на плате контрольных датчиков температуры. В случае необходимости к нему же крепится охладитель ПП с регулируемым потоком воздуха.

Для стабилизации рабочей температуры может быть использован один из одноканальных терморегуляторов ТП 1-10 или ТП 1-10кд, оснащенный измерительным каналом с контрольным термодатчиком (рис.5). При одновременной работе с микрофоном удобнее пользоваться двухканальным терморегулятором ТП 2-10 или ТП 2-10б. В этом случае второй канал используется для управления микрофоном или для контроля температуры с помощью термодатчика, подключаемого вместо микрофона. Все терморегуляторы работают автономно и обеспечивают:

- включение и выключение нагревателя кнопкой;
- установку температуры стабилизации с дискретностью 1°C;
- сохранение значения температуры стабилизации во внутренней памяти при отключении;



Рис.5. Терморегулятор

- одновременную индикацию установленной температуры стабилизации и реальной температуры рабочей поверхности;
- индикацию температуры контрольного термодатчика (модели ТП 1-10кд и ТП 2-10);
- автоматическое отключение нагревателя при коротком замыкании или обрыве цепи датчика обратной связи с индикацией причины неисправности.

Кроме того, модели ТП 1-10кд и ТП 2-10 могут работать под управлением компьютерной программы "Термопро-Центр", для чего в составе изделия имеется канал связи RS-232С. При этом с помощью контрольного датчика становится возможным не только измерять температуру объекта нагрева, но и получать термографик в реальном масштабе времени на экране компьютера аналогично тому, как это делается цифровым термометром "Термоскоп ТА-570м".

Пайка по термопрофилю. Важное свойство прибора НП 12-10 в комплекте с терморегулятором ТП 1-10кд (а также ТП 2-10) и программой "Термопро-Центр" – возможность пайки малогабаритных плат по термопрофилю при единичном и мелкосерийном производстве и одновременный контроль полученных результатов в графической форме (рис.6). Это стало возможным благодаря высокой скорости разогрева рабочей поверхности прибора НП 12–10 и специальному алгоритму термостабилизации, компенсирующему инерционные процессы нагрева. Однако и остальные приборы подогрева могут использоваться для пайки по профилю, но с меньшей скоростью разогрева.



Рис.6. Установка для пайки по термопрофилю

Пайка поверхностно монтируемых элементов возможна только с верхней стороны платы, в то время как нижняя сторона должна равномерно прилегать к рабочей поверхности прибора нижнего подогрева. Можно располагать плату с некоторым зазором от рабочей поверхности, однако время пайки при этом увеличивается.

На термограммике (рис.7) четко прослеживаются характерные зоны термопрофиля:

- зона I* – предварительный подогрев, где происходит испарение жидких фракций из паяльной пасты или флюса. Температура этой зоны обычно находится в пределах 100–125°C;
- зона II* – выравнивание температуры. Температурное поле равномерно распределяется по объему электронных компонентов и ПП. Температурный диапазон составляет обычно 170–180°C и совпадает с температурным интервалом активности флюса, при этом происходит растворение оксидных пленок;
- зона III* – пайка, в этой зоне жидкий припой заполняет зазоры за счет капиллярного эффекта. Максимальная температура зоны 200–250°C в зависимости от типа применяемой паяльной пасты.

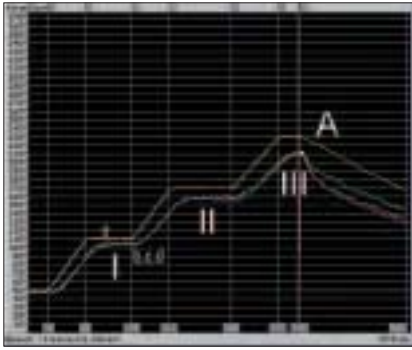


Рис.7. Процесс пайки ПП: а – термо-профиль, заданный пользователем и отработанный прибором НП 12-10; б, с, d – термографики трех контрольных датчиков, расположенных на ПП. В точке "А" был включен воздушный охладитель

увеличение серии производства на одном рабочем месте. С 2005 года планируется выпускать новый прибор нижнего подогрева с увеличенными габаритами рабочей поверхности 200x120мм с такими же характеристиками, как у НП 12–10.

Микрофен. Пайка горячим воздухом или инертным газом осуществляется при помощи микрофена МФ-100. Перед пайкой горячим воздухом производят подогрев ПП. Особенно важен подогрев при пайке и ремонте многослойных плат. Использование подогрева платы при пайке микрофеном снижает температурные перепады на поверхности платы и компонентах. В результате уменьшается риск образования микротрещин в керамических компонентах, а также предотвращается искривление ПП.

Для удобства работы микрофен поставляется в комплекте с подставкой и тремя сменными наконечниками, один из которых – щелевой – предназначен для обдува выводов микросхем (рис.8). Стабильность рабочей температуры обеспечивается с помощью одноканального терморегулятора ТП 1-5 или ТП 1-5кд, который имеет дополнительный измерительный канал и комплектуется термодатчиком. При одновременной работе с одним из устройств подогрева плат удобнее пользоваться двухканальным терморегулятором ТП 2-10 или ТП 2-10б. Микрофен подключается ко второму каналу терморегулятора. С 2005 года терморегуляторы для микрофе-

Обычный компьютер имеет два порта RS-232, поэтому программа "Термопро-Центр" может одновременно обслуживать два терморегулятора ТП 1–10кд в комплекте с приборами подогрева НП 12–10. При необходимости за счет этого возможно



Рис.8. Пайка микрофеном

на будут выпускаться со встроенным регулируемым источником воздуха.

Микрофен МФ-100 имеет следующие технические характеристики:

Напряжение питания (обеспечивается терморегулятором)36–42 В переменного тока
Максимальная потребляемая мощность100 Вт
Максимальная рабочая температура в зоне расположения датчика обратной связи	..500°С
Минимальный допустимый расход воздуха	..не менее 0,6 л/мин
Максимальный расход воздуха ограничен подводимой мощностью при заданной температуре стабилизацииобеспечивается компрессорами ПП-34 или AIR 2000-4
Средняя скорость разогрева воздуха в диапазоне 50–500°С4°С/с
Габаритные размеры без шнура и наконечника33x170 мм
Длина шнура1 м
Масса прибора0,2 кг
Режим работынепрерывный

Представленное оборудование выпускается с 2000 года. За это время продукция доказала свою надежность и подтвердила высокие технические характеристики.

По материалам компании ООО НТФ "Техно-Альянс Электроникс".

и Контроль соединений контактов BGA

С ростом использования паяных соединений безвыводных контактов необходимо пересматривать методы их проверки и соответствующие стандарты.

Визуальное обследование паяных соединений матрицы шариковых выводов (BGA) наилучшим образом выполняется с помощью эндоскопов. Такие системы различных поставщиков, как например Ersa и Metcal, конструируются специально для оптического обследования паяных соединений между корпусом прибора и печатной платой.

Рентгеновский контроль – широко распространенная альтернатива оптическому контролю, однако он ограничен в отношении проблем техпроцесса и обнаруживаемых дефектов. При наличии достаточных средств идеальным было бы сочетание и оптического, и рентгеновского контроля.

С рядом ограничений возможен визуальный осмотр наружных частей контактных выводов BGA, однако в отношении внутренних частей контактов и при наклоне прибора относительно платы он затруднителен. При разработке стандартов должны быть определены критерии осмотра выводов с оловянно-свинцовым припоем, с бессвинцо-

вым припоем, высокотемпературных шариковых выводов для обычных BGA, чипов и перевернутых кристаллов. Для высокотемпературных шариковых выводов (олово 90%–свинец 10%) разделительная линия между припоем и шариком видима, поскольку шарик не оплавляется с помощью пасты. Шариковые бессвинцовые выводы BGA при использовании оловянно-свинцовой пасты полностью не оплавляются при температуре 210–225°С, обычной для печатных узлов с поверхностным монтажом. Шариковые выводы с припоем олово–серебро–медь имеют температуру оплавления 217°С. Диаметр шарикового вывода должен быть равным или превосходить изначальный диаметр до оплавления, поскольку к нему добавляется паста. В случае высокотемпературных выводов никаких изменений в диаметре не должно быть.

В некоторых случаях ни рентгеновский, ни оптический контроль не могут легко дать ответ, поэтому необходимо использовать и другие методы. Тогда помогают микросечения, красящий агент или акустическое сканирование.

www.circuitsassembly.com/online/0407/