

Выбор варианта оснащения участка поверхностного монтажа

Производство конкурентоспособной аппаратуры невозможно без использования современных технологий сборки печатных плат, без оптимального выбора оборудования с учетом всех требований конкретного участка поверхностного монтажа. Помочь в выборе может опыт действующего производственного предприятия.

**Сергей Демин,
Дмитрий Зенцов**

ic@averon.ru

На определенном этапе развития любого предприятия возникает необходимость перехода на технологию поверхностного монтажа (SMT). Однако стоит ли вообще задумываться о развертывании собственной технологической линии в условиях изобилия предложений контрактного производства? По нашему мнению, ответ очевиден и позитивен. Суперточные высокопроизводительные автоматы и высококвалифицированные технологи контрактных производств без преувеличения откроют новые горизонты возможностей в изготовлении средних и крупных серий, тогда как мелкие серии могут оказаться для них или для вас нерентабельны. Наряду с экономическим фактором для многих предприятий важна максимизация независимости от смежников, устойчивость и безопасность (информационная — вследствие опасений раскрыть ноу-хау, кадровая — из-за утраты собственных технологов в момент ненадобности их услуг). Эти и некоторые другие мотивы (включая творческие) являются основанием для существования и развития малых технологических линий SMT. Для принятия взвешенного решения о целесообразности внедрения малой линии SMT на вашем предприятии, а также для обучения персонала новым технологиям полезно ознакомиться с успешными действующими предприятиями.

Екатеринбургская фирма «Аверон», которую мы представляем, с 1990 года производит медицинское лабораторное оборудование и изделия промышленного назначения, в том числе со сложной электронной начинкой. Спецификой этого производства является весьма широкая номенклатура (многие десятки плат) при небольшой серийности изделий (от сотен до тысяч штук в год). Этапу серийного производства каждого изделия предшествует стадия отработки прототипов. С развитием элементной базы производится и модернизация выпускаемой продукции — словом, проблема оперативного изготовления изделий широкой номенклатуры является для нас исключительно важной.

Поставив перед собой вопрос об оснащении собственного участка поверхностного монтажа, при всем многообразии предложений на рынке

мы столкнулись с ограниченностью выбора. Предлагаемое оборудование не устраивало нас либо по цене, либо по техническим характеристикам. Имея значительный производственный потенциал, мы разработали технологическую линию для участка поверхностного монтажа и оснастили его оборудованием собственного производства. Постоянно работая над совершенствованием, адаптируя оборудование под производственные задачи, отыскивая пути оптимизации опытных образцов на производственном участке, сравнивая с доступными аналогами, мы пришли к выводу, что разработанное нами технологическое оборудование вполне конкурентоспособно, функционально и значительно дешевле импортных аналогов. Сегодня мы хотим выпустить на рынок проверенные на реальном производстве варианты оснащения производственного участка.

Ключевым звеном в технологической цепочке является паяльная печь. К разработке настольной печи камерного типа мы приложили максимум усилий. Важнейшими факторами качества пайки при объемном нагреве является способ нагрева, равномерность распределения температуры по поверхности рабочей зоны печи, а также возможность проведения пайки по заданному температурному профилю. Существует два основных способа нагрева плат в процессе пайки в паяльных печах — инфракрасный и конвекционный, каждый способ имеет свои преимущества и недостатки, поэтому наиболее перспективным является одновременное применение обоих способов нагрева в одной печи. Равномерность распределения температуры по рабочей зоне важна для получения качественных паяных соединений, снижения вероятности повреждения элементов и печатных плат в результате перегрева или деформаций при тепловом расширении. Современные паяльные пасты требуют проведения пайки по определенному температурному профилю с заданием на разных стадиях процесса определенной температуры, времени выдержки и скорости нагрева.

Разработанная нами конвекционно-инфракрасная настольная печь для малосерийных производств и лабораторного изготовления прототипов



Рис. 1. Паяльная печь «Аверон-Тропик» (АПИК 1.0)

методом поверхностного монтажа (рис. 1) сочетает эффективный, равномерно распределенный по объему камеры конвекционный нагрев с периодическим кварцевым подогревом. Применение дополнительного кварцевого излучателя обеспечивает стабилизацию температуры, полный прогрев печатной платы и точное соблюдение температурного профиля пайки.

Микропроцессорное управление обеспечивает точное воспроизводство режимов пайки и полимеризации клея в соответствии с предварительно запрограммированными технологическими режимами (термопрофилями). Одной из главных отличительных особенностей паяльной печи АПИК 1.0 «Тропик» является возможность выбора типа термопрофиля. Принципиальная разница между традиционным режимом с заданием температуры и времени выдержки на каждом этапе пайки и новым, так называемым «ускоренным», заключается в том, что при выборе такого способа регулирования задается оптимальная скорость подъема температуры на разных участках выполнения программы пайки. Для отработки техпроцесса печь укомплектована дополнительным контактным термосенсором для измерения температуры в критических точках платы (в дополнение к штатному измерителю температуры в камере). Также контроль процесса в рабочей зоне может осуществляться визуально (через смотровое окно). Основные параметры выбранной программы пайки и данные о ходе ее выполнения выводятся на графический дисплей. Кроме того, имеется возможность вывода на дисплей справочной информации о функциональных клавишах и режиме работы печи. Возможно соединение печи с компьютером для документирования процесса пайки, а также подключение внешней системы вытяжки.

Таблица 1. Технические характеристики инфракрасно-конвекционной печи АПИК 1.0

Количество термопрофилей	ускоренных	50
	традиционных	50
Рабочая зона, мм	310×350	
Высота компонентов, мм	до 40	
Габариты (ширина×высота×глубина), мм	420×370×300	
Мощность, кВт	2,7	
Питание 50 Гц однофазное, В	220	
Масса изделия, кг	20,0	

Цикл пайки зависит от выбранного термопрофиля и составляет 5–7 минут.

Вторым по значимости после процесса пайки является процесс нанесения паяльной пасты на контактные площадки. Основные способы нанесения — трафаретный и точечное дозирование с помощью дозаторов. Каждый способ имеет свои преимущества и недостатки. Наиболее подходящим для мелкосерийного и опытного производства является способ нанесения с помощью ручных пневматических дозаторов. Если производительность участка исчисляется десятками плат в месяц, целесообразно использовать ручной дозатор. Для этих целей мы разработали программируемый дозатор паяльной пасты АПДП 1.0 (рис. 2), особенностью которого является максимальная адаптация для работы на поточном производстве. Как правило, в дозаторах, представленных на рынке, размер капли определяется временем дозирующего импульса, и при необходимости нанесения пасты на контактные площадки разного размера каждый раз приходится изменять время импульса. Удобнее, как в дозаторе АПДП 1.0, «запрограммировать» величину дозирующего импульса для каждого типа



Рис. 2. Дозатор паяльной пасты АПДП 1.0

контактных площадок, встречающихся на плате, и в процессе работы изменять величину капли одним нажатием клавиши, переключаясь с одной программы на другую. Благодаря этому производительность операции нанесения пасты с помощью дозатора АПДП 1.0 может достигать 3500–4000 точек в час. К сожалению, качество и скорость нанесения дозируемых материалов существенно зависит от квалификации оператора и сложности печатной платы.

Для дальнейшего увеличения производительности и повышения качества операции нанесения паяльной пасты необходимо применять автоматические дозаторы (рис. 3). Для наших условий, когда предприятие производит малыми партиями большое количество разнообразных приборов, оптимальным в технико-экономическом отношении выбором оказался автоматический дозатор паяльной пасты Dotmaster голландской фирмы DIMA SMT Systems, совмещающий легкость перенастраиваемости (для перехода с одной платы на другую достаточно перезагрузить файл), высокую скорость нанесения пасты (до 10 тыс. точек в час) и отличную повторяемость (не хуже 0,1 мм). Посвятив изрядное



Рис. 3. Автоматический дозатор Dotmaster

время исследованию российского рынка оборудования в поисках недорогой модели автоматического дозатора, мы пришли к выводу, что альтернатив предложению DIMA в данном классе производительности, точности и в подходящей нам ценовой категории попросту нет. После приобретения этого агрегата мы на удивление легко освоили его на практике, даже в отсутствие документации на русском языке — настолько простой и дружелюбный к пользователю интерфейс.

Следующий по скорости и производительности способ — это нанесение пасты через трафарет. Преимущества трафаретного способа нанесения — высокая скорость и повторяемость, относительная простота работы и обслуживания, сочетаются с низкой «мобильностью» — при любых изменениях платы приходится изготавливать новый трафарет. Поскольку цена качественного стального трафарета с лазерной резкой немалая, трафаретный принтер экономически оправдано применять при значительной серийности и редких изменениях печатной платы. Для нанесения пасты через трафарет нами был разработан ручной трафаретный принтер АТП 1.0 (рис. 4) с размером рабочего поля 370×320 мм. Основными достоинствами этого принтера являются возможность регулировки положения платы по осям X, Y и углу, что позволяет точно совмещать отверстия трафарета с контактными площадками на плате, а также механизм быстрой смены рамок для натяжения трафаретов и вакуумный прижим для крепления плат.

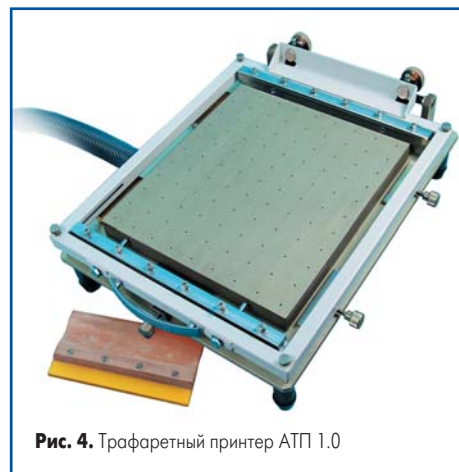


Рис. 4. Трафаретный принтер АТП 1.0



Рис. 5. Вариант оснащения рабочего места монтажника

И наконец, для улучшения эргономики и повышения производительности процесса установки компонентов на плату и нанесения паяльной пасты ручным дозатором было разработано рабочее место монтажника. Оно состоит из монтажного столика с упором для локтя правой руки, который позволяет закрепить на рабочем поле печатную плату (или совокупность плат) максимальным размером 310×410 мм, вакуумного пинцета, предназначенного для захвата и установки практически любых, в том числе массивных и горячих, SMD-компонентов на печатную плату, а также из питателей, предназначенных для установки бобин с чип-элементами на ленте шириной 8 мм. Используя такую комплектацию рабочего места, можно устанавливать до 850–900 компонентов в час (рис. 5).

Итак, подведем итоги. Выбор варианта оснащения производственного участка зависит от планируемого объема и номенклатуры производства, а также уровня необходимых инвестиций. Для опытного, мелко- и среднесерийного производства мы предлагаем проверенные на собственном производстве варианты:

1. Для опытного производства, в случае, когда необходимо изготовить прототип платы перед передачей ее на контрактное производство, или при производстве малых партий, исчисляемых десятками штук в смену (табл. 2).
2. Для мелко- и среднесерийного узкономенклатурного производства, когда объем

Таблица 2

Монтажный столик АСП 1.0	
Ручной пневматический дозатор АПДП 1.0	
Вакуумный пинцет АПВ 1.0	
Набор ленточных питателей АПЛ 1.0	
Паяльная печь «Аверон-Тропик»	

производства составляет несколько тысяч плат в месяц при редких изменениях печатной платы (табл. 3).

3. Для мелко- и среднесерийного широкономенклатурного производства, когда размеры партий достигают тысяч штук в месяц, а номенклатура выпускаемых плат довольно большая, к тому же часто происходят изменения печатных плат (табл. 4).

Для принятия решения о выборе варианта оснащения малой линии SMT на вашем предприятии, а также для обучения персонала новым технологиям полезно ознакомиться с успешными действующими предприятиями. В их число входит и «Аверон». Мы не предлагаем тиражирование ваших изделий, как это делают контрактные производства. Но мы готовы содействовать в получении технологических знаний и опыта, что не входит в задачи контрактных производств. Распространение оборудования и сервиса нам также представляется рыночным сегментом, достойным приложения ресурсов и творческих сил.

Таблица 3

60Монтажный столик АСП 1.0 2–4 шт.	
Трафаретный принтер АТП	
Вакуумный пинцет АПВ 1.0 2–4 шт.	
Набор ленточных питателей АПЛ 1.0	
Паяльная печь «Аверон-Тропик»	

Таблица 4

Монтажный столик АСП 1.0 2–6 шт.	
Автоматический дозатор паяльной пасты Dotmaster	
Ручной пневматический дозатор АПДП 1.0	
Вакуумный пинцет АПВ 1.0 2–6 шт.	
Набор ленточных питателей АПЛ 1.0	
Паяльная печь «Аверон-Тропик»	