

**С. Ш. Хайрова** – магистрант кафедры инноватики и управления качеством

**Г. И. Коршунов** (д-р техн. наук, проф.) – научный руководитель

## **ПРОЦЕССЫ ЭФФЕКТИВНОГО КОНТРАКТНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ**

XXI век, является веком знаний, наукоемких производств, высоких технологий и стремительных инноваций. Технологии меняются с невероятной скоростью и то, что казалось «пределом мечтаний» вчера, сегодня воспринимается как пережитки прошлого. Производителям ничего иного не остается, как держать руку на «пульсе событий» и вовремя предвидеть грядущие перемены.

Промышленный комплекс России, как и ряд других комплексов, нуждается в переходе на наукоемкие технологии и выпуске конкурентоспособной продукции выполненной на современной элементной базе. Так как существующие «старые» производства не обеспечивают должным образом решение современных государственных задач, а новые предприятия малого и среднего бизнеса, в свою очередь, не всегда учитывают весь комплекс сложившихся проблем.

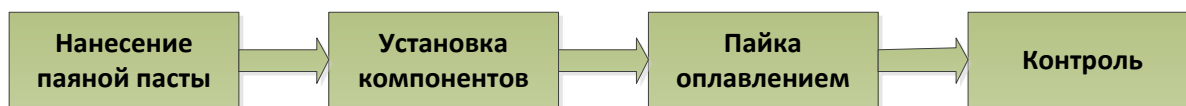
Создание высокотехнологичных наукоемких инновационных предприятий по контрактному производству электроники (аутсорсинг) позволят внедрить современные технологии, учесть проблемы элементной базы (контрафакт), обеспечить высокую надежность и качество, необходимое для применения в космической, военной и другой ответственной аппаратуре. А исследования в области менеджмента качества и стандартизации обеспечат конкурентоспособность в условиях вступления в ВТО.

Развитие процессного подхода, постоянный мониторинг и трансферт инновационных технологий являются необходимыми условиями успешного развития бизнеса. В условиях инновационного развития возможны и крайности: ряд японских специалистов говорят о необходимости сворачивания старых технологий при появлении принципиально новых.

В области контрактного производства электроники, где базовые инновации относятся к пятому технологическому укладу, начавшемуся в 1985 г., и вторичные технологические инновации более или менее предсказуемы, тезис постоянного совершенствования выполняется скорее эволюционным путем. Это подтверждается значительной потребностью в конкретных областях применения, в том числе в космической и военной аппаратуре. Роль радиоэлектронной индустрии в повседневной жизни современного человека переоценить невозможно. Практически во всех устройствах бытового, промышленного, научного, а также военного назначения присутствуют электронные приборы, основой которых служит печатная плата (ПП).

Для обеспечения процесса автоматического поверхностного монтажа ПП выполняется ряд основных этапов [1], среди которых необходимо, прежде всего, выделить следующие:

- 1) проектирование печатных плат, электрических цепей, контактных площадок, выбор чип-компонентов и их предполагаемого расположения;
- 2) изготовление печатных плат методом штамповки или печати;
- 3) нанесение паяльной пасты (дозирование или трафаретная печать);
- 4) установка чип-компонентов на плату, фиксация паяльной пастой;
- 5) групповая пайка (в конвекционной, инфракрасной или паровоздушной печи);
- 6) оптический контроль качества монтажа;
- 7) отмывка печатных узлов (при необходимости).



Этапы автоматического монтажа поверхностно-монтажных элементов

Из приведенных этапов непосредственное отношение к технологии поверхностного монтажа [2] имеют с 3 по 6-й этапы, а именно: *нанесение паяльной пасты, установка чип-компонентов на плату, групповая пайка, оптический контроль качества монтажа*. Рассмотрим эти этапы более подробно.

**Нанесение паяльной пасты.** Для пайки элементов и удержания их на поверхности платы до момента образования паяного соединения используется паяльная паста, которая представляет собой порошкообразный припой с добавлением флюса и различных активаторов, присадок. Паста имеет гелеобразную консистенцию и должна обеспечивать очистку контактных площадок ПП и компонентов от оксидной пленки и других примесей, мешающих образованию паяного соединения, активацию флюса, равномерное образование качественного паяного соединения, а также удержание компонента на поверхности платы до момента пайки, т.е. обладать клеящими свойствами.

Паста наносится на контактные площадки ПП через трафарет, отверстия в котором - апертуры – повторяют рисунок, расположение и форму контактных площадок на плате. Нанесение пасты происходит на автоматических принтерах трафаретной печати. Эти устройства оснащены видеосистемой, обеспечивающей точное совмещение трафарета с платой. Затем, с помощью специальных ракелей происходит продавливание пасты через отверстия в трафарете и ее нанесение на контактные площадки платы. Специальные устройства принтера контролируют различные параметры этого процесса (скорость перемещения ракеля, давление, скорость отрыва трафарета от платы), а также выполняют такие операции, как контроль состояния и очистка трафарета.

**Установка чип-компонентов.** Установка чип-компонентов во многом является механической процедурой. Основная её задача – правильное размещение чип-компонентов на печатной плате. Все SMD-компоненты должны быть установлены строго в соответствии со спроектированной электронной схемой изготавливаемой печатной платы. Понятно, что в случае ошибки размещения полученное изделие в лучшем случае не будет работать, а в худшем – возможны короткие замыкания и даже воспламенение.

Для устранения человеческого фактора на данном этапе, чаще всего, применяются роботизированные или автоматизированные программируемые установщики, которые позволяют снизить риски неправильной установки.

Зачастую в одной линии можно встретить два и более автомата установки компонентов, выполняющих свои определенные задачи. Например, скоростная установка простых чип-компонентов и установка компонентов, требующих высокой точности, компонентов больших размеров или сложной формы. Но, независимо от устройства станка, основная последовательность действий выглядит примерно одинаково: захват компонента из питателя, его центрирование с помощью видеосистемы, лазера или механическими захватами и установка на плату. Перед началом монтажа специальная видеосистема определяет координаты реперных меток на плате и вносит поправки на неточность позиционирования платы в рабочей области станка.

**Пайка печатной платы.** Когда на печатную плату нанесена паяльная паста, установлены и зафиксированы SMD-компоненты, выполняется этап оплавления припойной пасты. Во время оплавления припоя на печатных платах очень важно соблюдение температурного режима и (или) температурного профиля. Температурный режим характеризуется не только температурой максимального нагрева, но и то, как данная температура достигается. В процессе нагрева для ряда чип-компонентов должна выдерживаться заданная скорость нагрева. Другими словами при оплавлении задается температура оплавления и время, за которое необходимо её достичь. Бо-

лее того, процедура охлаждения так же должна выдерживать подобный режим. Такой подход гарантирует, что печатная плата и SMD-компоненты, находящиеся на ней, не будут подвержены тепловым ударам, и, следовательно, позволяет уберечь её от тепловых повреждений.

Чтобы обеспечить заданный температурный режим оплавления используются так называемые печи оплавления припоя. Такие печи позволяют выполнить требования по температурному профилю в условиях групповой пайки чип-компонентов на печатных платах. Они различаются используемыми методами нагрева, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Среди самых распространенных на настоящий момент, является - *метод конвекции*. Конвекционные печи обеспечивают наиболее высокое качество пайки и производительность.

*Оптический контроль качества монтажа.* Спаянные модули проходят контроль с помощью установки автоматической оптической инспекции, которая позволяет распознать такие дефекты, как пропуск компонентов, их смещение, образование перемычек между выводами микросхем, непропаи и холодные пайки. Наиболее передовые установки также позволяют оценивать качество образованных паяных соединений. Проверка происходит в автоматическом режиме, платы, на которых были выявлены дефекты либо маркируются, либо эти данные передаются на ремонтную станцию, либо выводятся в наглядной форме оператору АОИ. Если на собираемых модулях присутствуют элементы со скрытыми выводами, такие как BGA, CSP, QFN и другие, качество пайки которых невозможно определить с помощью оптических систем, применяются установки рентгенооптического контроля.

Среди основных достоинств поверхностного монтажа необходимо в порядке значимости отметить следующие:

- существенное снижение себестоимости серийных электронных изделий;
- унификация и стандартизация, как используемых чип-компонентов, так и схем построения электронных изделий;
- повышенные возможности по автоматизации процесса;
- лучшая ремонтопригодность;
- уменьшение размеров чип-компонентов и как следствие – снижение их стоимости;
- снижение веса электронных изделий за счет уменьшения размеров чип-компонентов.

Проблемы развития процессов поверхностного монтажа включают:

- необходимость точно соблюдать технологию нанесения паяльной пасты, температурный профиль во время оплавления паяльной пасты и т.д.;
- высокие требования к применяемому технологическому оборудованию;
- существенные первоначальные затраты для оборудования технологической линии;
- повышенные требования к хранению и транспортировке электронных чип-компонентов.

Рассмотрим более подробно предприятие ООО «Пантес» специализирующееся на контрактном проектировании, изготовлении и монтаже ПП. На данном предприятии функционируют две автоматических линии поверхностного монтажа, оборудованные современным оборудованием ведущих мировых производителей [3].

Все операции – загрузки и выгрузки плат на линию, нанесение паяльной пасты, установка компонентов, оплавление, оптический контроль – осуществляются в полностью автоматическом режиме, что позволяет минимизировать участие человека, повысить производительность и качество выпускаемых изделий.

Основой линий поверхностного монтажа являются установщики компонентов. На предприятии ООО «Пантес» используются автоматы фирмы Asmleon, хорошо зарекомендовавшие себя гибкие многофункциональные машины TorazXII и MG1, специализированные установщики – высокопроизводительные Sapphire и AX-501, универсальный прецизионный AX201. Именно это оборудование позволяет сотрудникам обеспечивать монтаж самого широкого спектра компонентов – от чипов 01005 до микросхем QFP, BGA, QFN любых размеров и с малым шагом выво-

дов, широкой номенклатуры разъемов, длиной до 160 мм, держателей сим карт и карт памяти, деталей высотой до 45 мм, а точность и функциональная оснащенность таких машин как Assembleon AX201 позволяет применять их в микроэлектронных приложениях.

Пайка происходит в конвекционных печах. Эти печи имеют 7 зон нагрева и 2 зоны охлаждения, что позволяет выстраивать температурные профили максимально соответствующие требованиям изделия, применяемых материалов и компонентов. Все печи подготовлены для работы в инертной среде и имеют водяное охлаждение. Рабочие параметры печей позволяют применять их для пайки изделий по бессвинцовой технологии, а различные опции – поддержка ПП по центру, подогрев конвейера в пиковых зонах, специальные системы циркуляции воздуха в рабочей зоне обеспечивают высококачественную пайку любых изделий.

Для точного подбора профиля пайки используется система термопрофилирования, которая позволяет не только считывать текущие параметры, но и автоматически подбирать оптимальные режимы для конкретных изделий, контролировать и корректировать параметры работы, наглядно сопоставляя требуемые, заданные и реальные показатели.

Эффективность пайки изделий обеспечивает проверка на системах Автоматической Оптической Инспекции. Закуплены и внедрены установки Orbotech Vantage S22 и Cyberoptics Flex Ultra 18M. Данные системы способны выявить различные дефекты пайки (смещение, отсутствие компонентов, непропаи и перемычки между выводами), считывать маркировку компонентов, распознавать полярность, оценивать качество паяных соединений. Важной особенностью этих систем является их способность работать с изделиями, собранными по бессвинцовой технологии. Такая технология пайки компонентов примерно на 30 – 40 градусов выше температуры оловянно-свинцового сплава [4]. Они имеют другой состав припоя и флюса, другие условия хранения и предварительной сушки компонентов. Некоторые старые свинцовые компоненты такую температуру могут не выдержать, притом, что деградация может быть «отложенной» во времени.

Эффективное контрактное производство позволяет улучшить качество выпускаемой электроники и снизить издержки предприятия. ООО «Пантес» следит за всеми технологическими новинками и старается максимально полно использовать возможности современной технологии. Благодаря самому современному оборудованию, внедрению технологических инноваций и квалифицированному персоналу предприятие способно решить даже самых сложных задач, которые может поставить перед ними клиент.

#### **Библиографический список**

1. <http://ru.wikipedia.org> Поверхностный монтаж (SMT).
2. Мэнгин Ч.-Г., Макклелланд С. Технология поверхностного монтажа. М.: Мир, 1990.
3. <http://www.pantes.ru> Сайт ООО «Пантес».
4. Новоселов В.Н. Ersa для бессвинцовой пайки сегодня и завтра// Технологии в электронной промышленности. 2010. № 4.