



ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕХНИКИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ. ЧАСТЬ 1

Евгений Липкин

lines@ostec-group.ru

Сегодня мы наблюдаем очередной эволюционный период изменений, происходящий в радиоэлектронной отрасли. Суть изменений в том, что рыночные принципы работы все активнее применяются в так называемом «госсекторе», где предприятия начинают очень серьезно работать в области оптимизации затрат. При этом, разумеется, никто не снижал и не ослаблял требования к функциональности и надежности конечной продукции.

Традиционные принципы организации сборочных производств, построенные на масштабировании людских ресурсов под целевые объемы производства (рис. 1), приводят к огромному количеству проблем и не позволяют эффективно решать задачи обеспечения экономической эффективности в сегодняшних реалиях. Основные проблемы, вызванные активным использованием ручного труда в сборке радиоэлектронной аппаратуры:

- Нестабильное качество, как следствие негативного влияния человеческого фактора.
- Высокие затраты на персонал в условиях дефицита квалифицированных специалистов.
- Ограничение технологического уровня производства в силу невозможности применений ручного труда для монтажа современной компонентной базы.

В результате предприятия, следующие по этому пути, теряют заказы со всеми вытекающими отсюда последствиями либо просто не до-



Рис. 1 Цех ручного монтажа

стигают требуемых финансовых показателей.

Уже давно стало понятно – одним из основных направлений изменений является автоматизация производства, что подтверждает и мировая практика. Разумеется, полная автоматизация не всегда возможна, и к этому процессу нужно подходить аккуратно, но, опять-таки, как нам говорит мировая практика, предприятия с более высокой степенью автоматизации процессов более успешны на рынке. После прочтения некоторого количества различных публикаций на данную тему может сложиться обманчивое впечатление, что подавляющее большинство автоматизированных решений является оптимальными для сборки ответственной аппаратуры и только компания А (или Б, или В, или любая другая) знает в этом толк.

Очень часто при проектировании автоматизированного решения не учитывается множество факторов, и в результате предприятие получает некую линию-«инвалида», которая не в состоянии решать как раз те самые задачи, которые и определяют конкурентоспособность предприятия на технологическом уровне, и обеспечивают реальную оптимизацию затрат. Это выражается еще и в том, что часть задач продолжает решаться вручную, уровень дефектности остается высоким, приходится докупать дополнительное оборудование.

Давайте попробуем разобраться, какими же качествами должно обладать оптимальное решение для автоматизации сборочных процессов при производстве спецтехники, чтобы обеспечивать конкурентный уровень технологии и оптимальную себестоимость: Эффективное сборочное производство должно обязательно обеспечивать конкурентоспособные показатели по следующим факторам:

- проведение сборки с использованием современной компонентной базы;
- минимизация себестоимости сборки и контроля качества;
- увеличение уровня выхода годных изделий;
- сокращение времени обработки заказа (внутреннего или внешнего) и производства продукции.

Рассмотрим данные факторы в применении к отечественным

реалиям и требованиям российского рынка. В рамках данной темы мы подготовили к публикации цикл статей, освещающих различные аспекты сокращения производственных затрат при автоматизации сборочно-монтажных производств, ориентированных на производство техники специального назначения.

В настоящей статье мы рассмотрим вопросы, связанные с переходом на современную компонентную базу, и способы, обеспечивающие реальное сокращение затрат при автоматизации нанесения паяльной пасты.

СОКРАЩЕНИЕ ЗАТРАТ, СВЯЗАННЫХ С НАНЕСЕНИЕМ ПАЯЛЬНОЙ ПАСТЫ

Рассматривая вопрос оптимизации затрат при нанесении паяльной пасты и сохранения при этом передового технологического уровня предприятия, стоит сделать небольшой экскурс в текущее состояние дел в мировой электронной индустрии.

Нам не удастся избежать глобальной технологической эволюции как бы нам того не хотелось. Рынки Юго-Восточной Азии, Европы и Северной Америки, где разрабатывается, производится и потребляется большинство производимой радиоэлектронной аппаратуры (в том числе и специального назначения) и компонентов, диктуют мировой порядок.

Вспомните, что было с бессвинцовой технологией. До последнего не угасала надежда на то, что эта беда обойдет нас стороной, но сейчас практически все компоненты поступают в бессвинцовом исполнении. А ведь прошло всего несколько лет.

С «бессвинцовыми делами» мы как-то разобрались и научились жить и работать, однако также стоит обратить внимание еще на три тенденции:

- Минимизацию размеров компонентов.
- Увеличение количества и плотности выводов микросхем.
- Активное использование технологии монтажа штыревых компонентов на пасту.

Последний пункт является наиболее сложным с точки зрения установки компонентов, и мы его рассмотрим в следующей статье. А вот первые два очень сильно влияют на выбор технологии нанесения паяльной пасты и во многом определяют задачи завтрашнего, а зачастую и сегодняшнего дня.

МИНИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ КОМПОНЕНТОВ

Минимизация размеров компонентов вызвана, в первую очередь, стремлением к снижению массогабаритных характеристик изделий. Это актуально для всех классов радиоэлектронной аппаратуры, в том числе и для спецтехники.

На сегодняшний день использование электронных компонентов с размерами 01005 по объему обогнало компоненты 0805. Размеры компонентов в корпусах 01005 находятся в диапазоне от 100x304 мкм до 200x400 мкм. Внешний вид таких компонентов представлен на рис. 2

В частности, по данным компании Murata Manufacturing (<http://www.murata.com/products/article/pp09e1/3.html>) уже сегодня объем производства керамических конденсаторов размерами 01005 (рис. 3) составляет весомую долю в глобальном объеме потребления.

Более того, Murata Manufacturing в 2012 году начала производство компонентов существенно меньших, чем 01005, их размеры – 100x200 мкм.

Важный экономический аспектом является то, что самый массовый продукт неизбежно

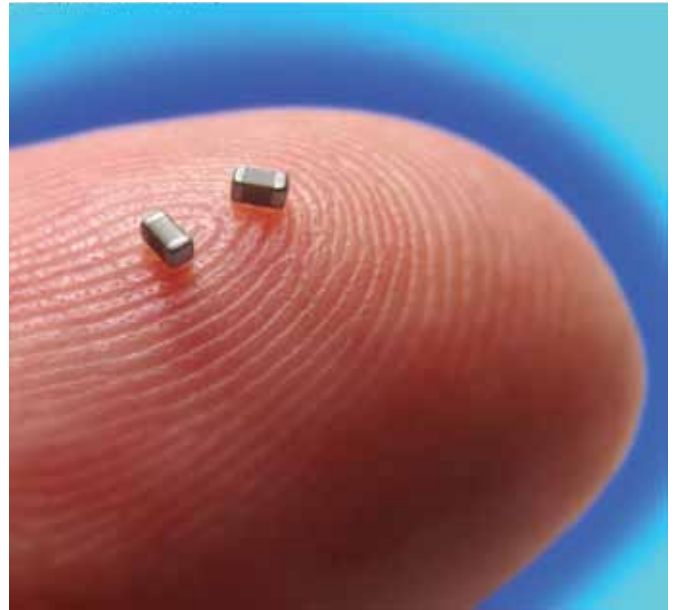


Рис. 2 Чип-компоненты размером 01005 (200x400 мкм)

становится самым дешевым. Использование же дефицитных компонентов приводит к усложнению цепочек поставки и существенному удорожанию конечного продукта.

Из-за такой закономерности в ближайшие год-два стремительными темпами с рынка начнут вытесняться «крупногабаритные» (по отношению к 0201 и 01005) и дорогие компоненты.

Для того чтобы обеспечить технологическую конкурентоспособность и низкую стоимость радиокомпонентов, требуется эффективно работать с миниатюрными компонентами на своем производстве.

Осуществлять ручной монтаж компонентов 01005 и 0201 практически невозможно. То есть, конечно, можно приложить огромные усилия и установить один-два компонента с требуемой точностью (Левша же подковал блоху), но обеспечить повторяемость, разумную трудоемкость и качество можно лишь теоретически.

Единственным решением остается автоматический монтаж. Рассмотрим, каким образом это влияет на нанесение паяльной пасты, и как можно оптимизировать стоимость данной технологической операции.

Рассматривая вопросы нанесения паяльной пасты, стоит обратиться к рекомендациям по конструированию контактных площадок под

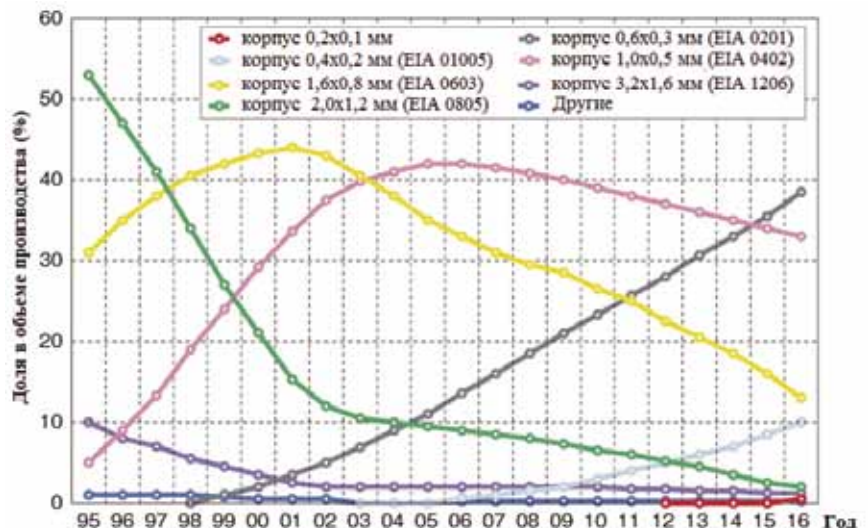


Рис. 3 Объем производства керамических конденсаторов. По вертикали – доля в общем объеме продаж компании Murata в процентном выражении



Таблица 1 Рекомендация для контактных площадок под компоненты 01005

Конструкция контактных площадок (метрическая система)	
Размеры	200 x 250 мкм
Просвет	100 мкм

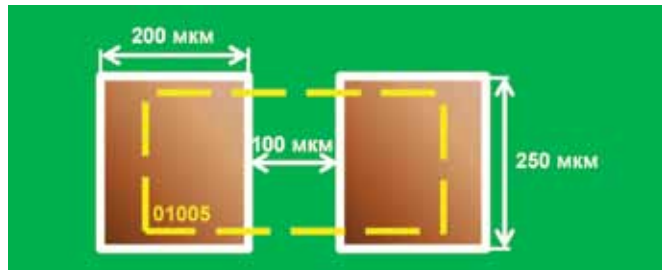


Рис. 4 Рекомендуемая конструкция контактных площадок под компоненты 01005

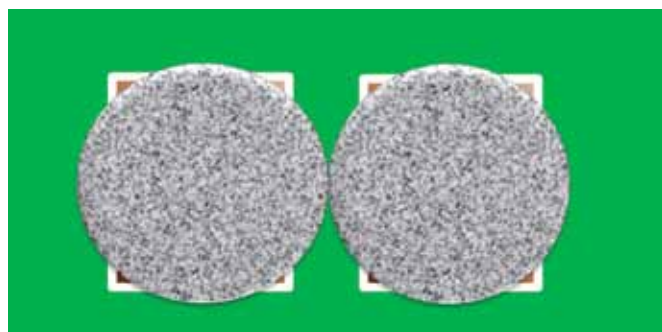


Рис. 5 Образование перемычки из-за избыточного количества паяльной пасты

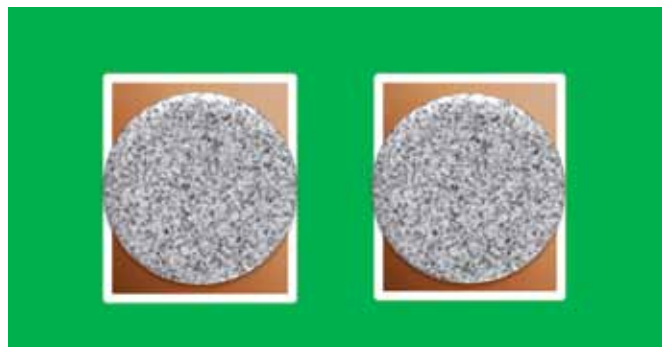


Рис. 6 Качественное нанесение паяльной пасты

01005.

В качестве рекомендаций по конструированию контактных площадок под компоненты 01005 ассоциация IPC приводит результаты исследования «Конструирование и разработка технологического процесса сборки пассивных компонентов 01005» (Design and process development for the assembly of 01005 passive components: <http://www.ipcoutcome.org/mart/50780.shtml>). Данное исследование курировал Нью-Йоркский Государственный Университет. Результатом исследования стали рекомендации по конструированию контактных площадок под компоненты 01005, приведенные в таблице 1 и проиллюстрированные на рис. 4.

Так как мы говорим о производстве спецтехники, рассмотрим в качестве базового возможного варианта нанесение паяльной пасты дозированием, то есть без использования трафарета (его отсутствие может сократить время подготовки производства и сборки партии плат).

При таком малом размере контактных площадок (рис. 4) крайне важно, с одной стороны, нанести достаточное и равномерное

количество паяльной пасты, чтобы обеспечить качественную пайку и исключить дефект «надгробного камня»; с другой стороны, исключить переизбыток паяльной пасты, который может привести к возникновению перемычки (рис. 5).

Пример качественного нанесения паяльной пасты на контактные площадки компонента 01005 представлен на рис. 6.

Давайте определим, какой должна быть доза паяльной пасты, чтобы исключить возникновение перемычек. При этом надо учитывать следующие факторы, дополнительно увеличивающие риск возникновения перемычек:

- Повторяемость размера дозы современных дозаторов и бестрафаретных принтеров находится в диапазоне от 10 до 15%.
- После установки компонента границы доз паяльной пасты увеличиваются.
- Точность позиционирования дозирующего устройства также может варьироваться и составляет от 25 до 70 мкм (при 3 сигма) в зависимости от возможностей применяемого оборудования.

ПРОВЕДЕМ НЕКОТОРЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Расстояние между центрами контактных площадок под компоненты 01005 $L=300$ мкм.

Таким образом, максимальный радиус доз должен составлять $L/2=150$ мкм (диаметр, соответственно, 300 мкм). С учетом того, что повторяемость размера дозы составляет в среднем 10% (лучше всего посмотреть в спецификации на конкретный дозатор

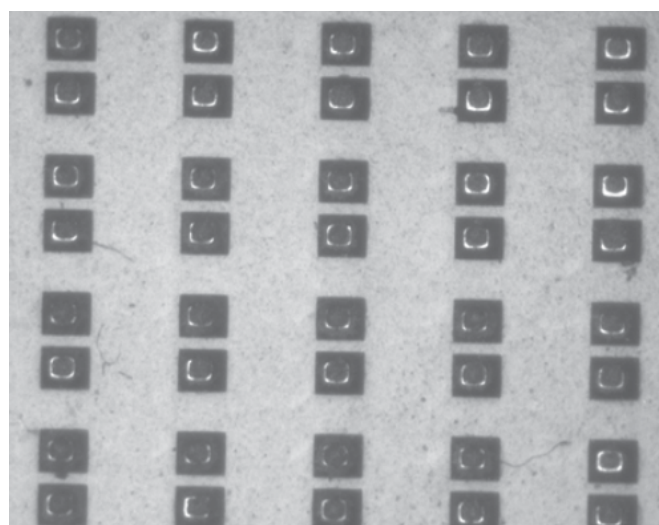


Рис. 7 Нанесение доз диаметром 200 мкм (Аxiom X-1010)

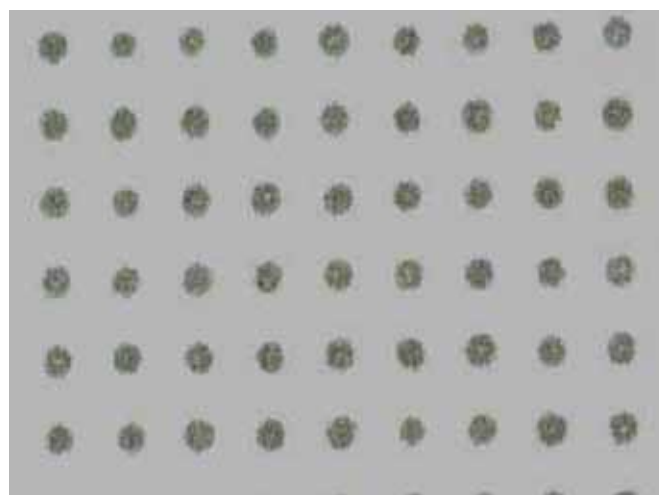


Рис. 8 Нанесение доз диаметром 147 мкм (Аxiom X-1010)



Рис. 9 Установка прецизионного дозирования Axiom X-1010

или бестрафаретный принтер), надо учесть этот фактор в наших вычислениях:

$R_{max} = L/2 * (100\% - 10\%) = 135 \text{ мкм}$, что соответствует диаметру дозы, равному 270 мкм

В вычислениях мы не учитывали такие факторы, как точность позиционирования дозирующего устройства и смещение отпечатка пасты после установки компонента под воздействием усилия установки. Учитывая их, мы получим требования к дозам паяльной пасты на уровне 250 мкм в диаметре.

Согласно технической документации большинство современной дозирующей техники не в состоянии обеспечить нанесение таких малых доз с высокой повторяемостью. В частности, каплеустрейная технология, ориентированная на высокую скорость, не подходит под задачи, требующие высокой точности, в связи с тем, что может наносить дозы только существенно большего диаметра.

Для решения таких задач требуются дозирующие установки высокой точности.

Приведем результат дозирования, осуществленного на установке прецизионного дозирования Axiom X-1010 (рис. 7, 8). Внешний вид установки представлен на рис. 9.

Таким образом, возможности установки прецизионного дозирования Axiom-1010 позволяют осуществлять качественное нанесение

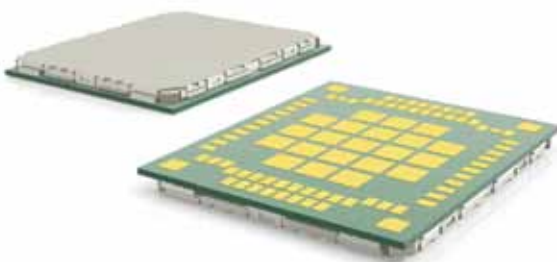


Рис. 10 Компонент в корпусе LGA

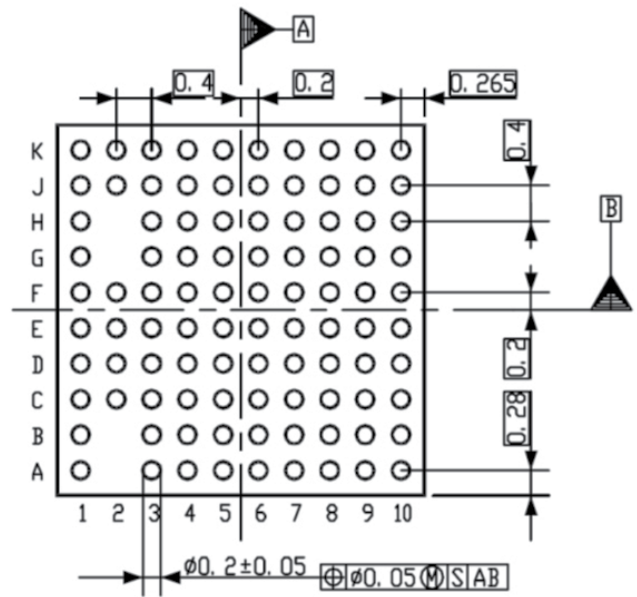


Рис. 11 Чертеж компонента в корпусе LGA (UFLGA96-P-0505-0.40A01) производства Toshiba

доз паяльной пасты для монтажа компонентов 01005. Более того, установка имеет существенный технологический запас для работы с компонентами еще меньшего размера.

Теперь давайте рассмотрим другую проблемную область технологической эволюции.

УВЕЛИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА И ПЛОТНОСТИ ВЫВОДОВ МИКРОСХЕМ

Ни для кого не секрет, с какой скоростью увеличивается количество и плотность выводов микросхем. Это формирует новые требования к оборудованию по установке таких компонентов на печатную плату. В последнее время уже мало кого можно удивить микросхемами в корпусах BGA с шагом 0,5 мм.

Рассмотрим теперь работу с компонентами в корпусах LGA (рис. 10). В отличие от компонентов в корпусе BGA, компоненты в корпусе LGA имеют плоские выводы. Более того, использование флюс-геля, которое решало ряд вопросов с монтажом BGA, не является решением в случае с LGA.

Стоит отметить, что микросхемы в корпусах LGA стремительно завоевывают свое место на мировом рынке по выпуску электронных изделий. На рис. 11 представлен пример одного из таких корпусов современных микросхем с шагом 0,4 мм (приведён в каталоге компании Toshiba (<http://www.semicon.toshiba.co.jp/eng/product/package/ic/uflga.html>)).

В итоге получается, что оптимальный диаметр дозы для компонентов LGA с шагом выводов 0,4 мм не должен превышать 200 мкм. В противном случае велик риск образования различных дефектов, начиная с шариков припоя и заканчивая перемычками.

То же справедливо и для компонентов в корпусе BGA. В дальнейшем будет происходить миграция в сторону более активного использования корпусов LGA. Это объясняется следующими факторами:

- при эффективной организации технологического процесса качество пайки лучше;
- корпус LGA дешевле, чем BGA, за счет отсутствия шариков;
- прямое соединение компонента и платы обеспечивает лучшую передачу тепла и электрического сигнала.

Таким образом, обеспечение технологическую возможность нанесения паяльной пасты для монтажа современных микросхем, например, в корпусе LGA, можно достичь следующих преимуществ:



Рис. 12 Факторы, снижающие себестоимость нанесения паяльной пасты при использовании средств автоматизации

- привлечение заказов на более сложные изделия;
- оптимизация массо-габаритных характеристик изделия;
- сведение к минимуму затрат на ремонт, вызванный неоптимальной технологией.

ПРИМЕНЕНИЕ ТИПОВЫХ ПАЯЛЬНЫХ ПАСТ

Часто для операций дозирования необходимы специальные типы паяльной пасты, поставляемые в картриджах, совместимых только с конкретным оборудованием.

Более того, требуется использование паяльной пасты типов 5 и 6 (размер частиц 15-25 мкм и 5-15 мкм), что приводит к следующим последствиям:

- зависимости от ограниченного количества производителей и поставщиков пасты;
- высокой стоимости паяльной пасты;
- усложнению цепочек поставки;
- возможным перебоям в поставках пасты.

В данной ситуации возможность использовать стандартные картриджи с паяльной пастой, применяемой повсеместно, может существенно упростить жизнь и сократить затраты. В частности, система прецизионного дозирования Axiom X-1010 может работать с паяльной пастой в стандартных картриджах, начиная с 3-го типа (размер частиц 25-45 мкм) и выше.

ИТОГ

Использование современных средств автоматизации нанесения паяльной пасты, таких как прецизионный дозатор Axiom X-1010 или его аналогов, позволяет существенно сократить себестоимость операций нанесения паяльной пасты за счет следующих факторов (рис. 12). Дополнительно отметим, что применение систем автоматизированного нанесения паяльной пасты методом дозирования позволяет выйти на новый технологический уровень и решать более сложные производственные задачи. ■■