

# КОГДА ГОТОВНОСТЬ ВСТРЕЧАЕТСЯ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ

## ВИЗИТ В ОАО "НТЦ "ЗАВОД "ЛЕНИНЕЦ"\*

И.Шахнович

В октябре 1944 года приказом по наркомату авиационной промышленности для разработки и производства авиационной радиолокационной и радиотехнической аппаратуры был создан Завод № 287. С 1966 года предприятие стало называться Ленинградский завод "Ленинец". В 1990 году "Ленинец" был преобразован в Государственное предприятие "Завод "Ленинец", в 1993 году – в АО "Завод Ленинец", переименованное позже в ОАО "Завод Ленинец". Все эти годы "Завод Ленинец" выпускал бортовые РЛС для самолетов истребительной авиации, принимал участие в создании системы перехвата "Заслон", в которую входят РЛС с ФАР, тепlopеленгатор и прицельно-пилотажный индикатор.

В 2001 году на базе ОАО "Завод Ленинец" было создано ОАО "Научно-технический центр "Завод Ленинец". Сегодня это современный научно-технический центр по производству сложнейших изделий. Предприятие занято разработкой, изготовлением и модернизацией радиолокационного и радионавигационного оборудования, бортового радиоэлектронного оборудования для самолетов и вертолетов; средств наземного обслуживания общего применения. Выпускаются судовое климатическое оборудование, гироскопические системы, приемники сейсмических волн.

Четыре года назад в НТЦ "Завод Ленинец" стартовал проект создания современного производственного комплекса по изготовлению электронных модулей специального назначения. Сегодня завершены два важнейших этапа этого проекта, создано современное производство. Одна из главных особенностей комплекса – гибкость. Здесь изготавливаются сложнейшие радиоэлектронные модули, причем одновременно как штучные, так и серийные. Как удалось достичь такой гибкости, какое технологическое оборудование используется? Как организовано производство, какие задачи решает комплекс в целом? Со всеми этими вопросами мы приехали в Санкт-Петербург, в ОАО "НТЦ "Завод Ленинец", чтобы все увидеть своими глазами. С производством нас знакомит Татьяна Смирнова, начальник производственного комплекса сборочно-монтажного цеха ОАО "НТЦ "Завод Ленинец".

\* Сейчас – АО "ЗАСЛОН"

### Татьяна, как создавался участок поверхностного монтажа?

В 2010 году руководство ОАО "НТЦ "Завод Ленинец" приняло стратегическое решение о создании собственного производственного комплекса монтажа печатных узлов, оснащенного современным оборудованием. Это было требованием жизни. Новые изделия необходимо создавать на новой элементной базе, используя новые материалы и новые конструкторские решения. И конечно, для всего этого необходимы новые технологии монтажа.

Особенность ОАО "НТЦ "Завод Ленинец" – мы выпускаем продукцию на сверхплотных многослойных печатных платах 5–6 класса точности с двухсторонней разводкой. На одной плате может быть несколько десятков микросхем с выводами под корпусом типа BGA, QFN, LTM, огромное число чип-компонентов в корпусах с типоразмером 0201 (0,3×0,6 мм). Сами платы могут быть многослойными, в том числе с теплоемкими внутренними слоями меди до 170 мкм. Используются самые разные материалы – от обычного стеклотекстолита и керамических поликорковых подложек до СВЧ-материалов из неоднородных диэлектриков.

Кроме того, предприятию необходимо выпускать как опытные изделия, так и серийную продукцию. А это очень непросто – изготавливать экспериментальные платы, отрабатывать технологию, и здесь же производить массовые изделия, причем в перспективе планируются запуски партий и в десятки тысяч штук. И технологические, и организационные подходы

к таким изделиям сильно различаются. Причем качество конечного продукта, трудозатраты в процессе сборки и минимизация сроков выпуска изделия зависят от качества технологической подготовки производства, которую проводят наши специалисты. Это ключевая составляющая при запуске изделия в производство.

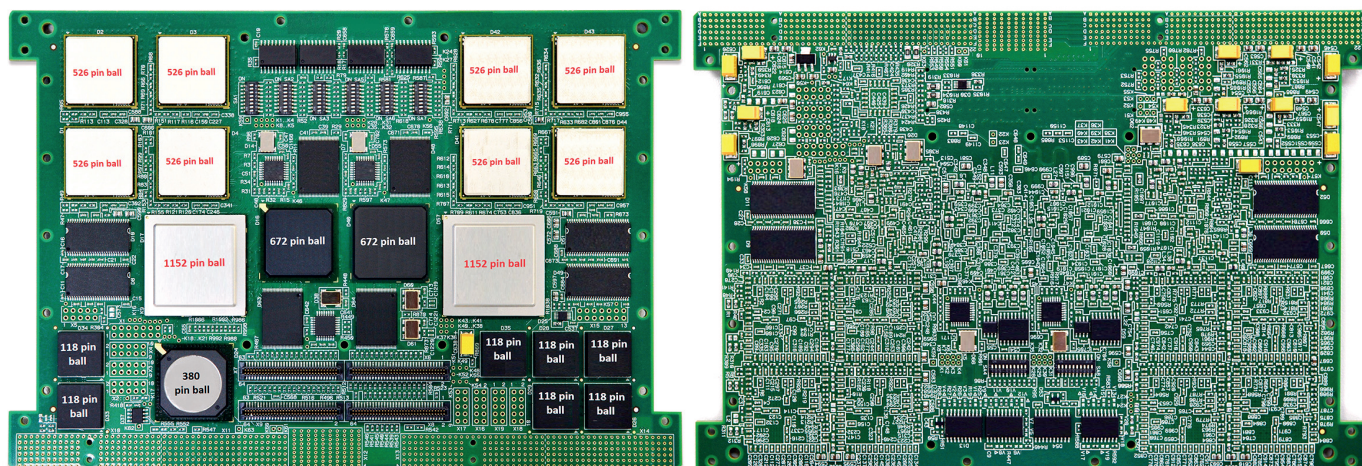
Конечно, изготовление этих узлов можно было бы отдать на откуп контрактным производителям. Однако основным аргументом в пользу создания собственного производства стало сохранение технического ноу-хау и освоение наукоемких технологий. Как профессиональный технолог, отмечу, что при выпуске высококачественной продукции необходимо отслеживать и фиксировать технологические параметры на всех этапах производства, контролировать комплектующие и материалы, режимы хранения, профили сушки, пайки, отмывки, ремонтов и т.д. Очевидно, что владеть всей этой информацией и обеспечить полную прослеживаемость возможно только на собственном производстве. Потеря контроля над технологией, над историей своих изделий и управлением качеством недопустима.

В результате в конце 2010 года мы приступили к разработке концепции



Татьяна  
Смирнова

Пример  
сложных плат,  
выпускаемых  
предприятием





Печь  
Asscon VP 6000  
с вакуумной  
камерой

построения нового производственного комплекса монтажа и сборки печатных узлов и выбору технологического оборудования. Принципиально, что мы изначально ориентировались на освоение новых технологий, чтобы выпускать конкурентную современную продукцию. Процесс модернизации предполагает как минимум три этапа и до сих пор не завершен.

Ремонтная  
станция  
MS9000SAN-(III)  
Rework Station

На первом этапе, в 2011 году, мы подобрали оборудование для первой технологической линии, ориентированной на опытное, единичное и мелкосерийное производство. Чтобы квалифицированно



принимать решение о выборе каждой позиции оборудования (а, значит, и по будущей технологии), пришлось изучать инновационные методы нанесения и оплавления паяльной пасты. Процесс выбора – замечательное, творческое время и вместе с тем большая ответственность. Акцент был сделан не на конкретном поставщике оборудования, а на новейших технологиях и оборудовании, позволяющем их внедрить. От оборудования требовались прежде всего надежность, максимальная гибкость и высокая скорость переналадки. Высоки были требования и к поставщику оборудования: оперативный уровень сервисного обслуживания, быстрое время реакции, обязательное проведение многостадийного инструктажа наших специалистов, возможность отладки технологических процессов и постанова изделия на производство, опыт реализованных проектов. Спустя три года с уверенностью констатирую, что в выборе мы не ошиблись.

В качестве системы оплавления мы остановились на технологии парофазной пайки. Технология была запатентована в 1975 году, однако лишь в последнее время получила новый виток развития. В 2011 году лучшие системы парофазной пайки, представленные на российском рынке, – печи немецкой фирмы Asscon – поставляла компания "Диполь". Мы приобрели печь Asscon VP 6000 с вакуумной камерой и очень довольны и самой печью, и качеством обслуживания. Ремонтную станцию MS9000SAN-(III) Rework Station поставила та же компания "Диполь". Выбор станции и освоение операций монтажа-демонтажа всех применяемых на производстве компонентов оказался не менее увлекательным процессом.

Параллельно мы начали работы по комплектованию и развитию участка, в тесном сотрудничестве с компанией Остек. В частности, мы совместно подобрали высокоточную установку автоматического дозирования паяльной пасты. Для мелкосерийного многономенклатурного производства технология нанесения паяльной пасты методом дозирования оказалась оптимальной. Она не требует трафаретов, обеспечивает мгновенную переналадку,

позволяет изменять объем наносимой пасты. При необходимости можно нанести пасту на платы с неровной поверхностью, с бортами, с уже установленными компонентами. При отсутствии конструкторских данных есть возможность создать рабочую программу при помощи видеокамеры.

При выборе системы дозирования для нас была важна возможность использования пасты любого производителя, причем основным критерием была не скорость, а точность и повторяемость процесса, что важно при монтаже микросхем с мелким шагом, чип-компонентов 0201 и 01005. В итоге мы остановились на автомате дозирования Axiom X1010 компании Nordson ASYMTEK. Он оснащен одновременно шнековым и пневматическим дозаторами, что позволяет решать практически все наши задачи: нанесение паяльной пасты на контактные площадки для компонентов 01005, дозирование клея для поверхностного монтажа в одном цикле, нанесение материалов точками или линиями, нанесение паяльной пасты на платы в так называемом "корыте" и др.

Непросто было выбрать и автомат установки компонентов. Он должен обеспечивать максимальную гибкость и удобство переналадки при смене изделий. Мы рассмотрели ряд вариантов, оценивали автоматы в условиях действующих производств и в конечном итоге остановились на установке FLX2011 швейцарской компании Essemtec. Даже посетили производство, где выпускаются эти системы. Автомат FLX2011 обеспечивает производительность на уровне 6000 комп/ч. Загрузка компонентов возможна с четырех сторон. Допустимо одновременно использовать до 300 8-мм ленточных питателей, а также пеналы, матричные поддоны, даже короткие отрезки ленты, что для нас принципиально важно. Причем плата во время сборки неподвижна, что исключает даже минимальный риск смещения компонентов в процессе монтажа. В автомат FLX2011 встроена система верификации компонентов, позволяющая определить их полярность, измерить номинал сопротивления, индуктивности и т.п. Причем можно задать периодичность



Автомат дозирования Axiom X1010

проверки - например, контролировать каждый десятый компонент. Подобная опция важна, поскольку позволяет обнаруживать ошибки оператора или комплектовщика, которые весьма вероятны при опытном производстве.

Особо отмечу участие компании Остек при введении оборудования в эксплуатацию, проведении тренингов инженерного состава, совместную работу по разработке и внедрению технологических процессов для наших изделий, в том числе, процессов парофазной пайки.

### С какими сложностями вы столкнулись при освоении парофазной пайки, в чем проявились для вас достоинства этого метода?

Неоспоримые достоинства парофазной пайки - невозможно перегреть сборку выше заданной температуры конденсации пара, равномерное распределение температуры по поверхности модуля, отсутствие теневых эффектов. Парофазная пайка выполняется в полностью инертной среде, при предварительном нагреве не происходит окисление, обеспечивается высокая повторяемость результатов процесса. Мы монтируем сложные жесткие и гибко-жесткие печатные платы. Равномерно прогреть такую сборку, не перегрев компоненты, - достаточно сложная задача. А в случае парофазной пайки проблем нет. Если для подобных

Автомат  
установки  
компонентов  
FLX2011



операций использовать конвекционную печь, потребуется не менее 8-10 зон, чтобы правильно задать термопрофиль. Однако длина такой печи – 4-5 м, найти столько места в нашем помещении проблематично. Парофазная печь гораздо компактнее – всего 2,5 метра. Сейчас она используется как автономная, что вполне соответствует нашим потребностям. Но при необходимости ее можно встроить в конвейерную линию.

Очень полезной для нас оказалась вакуумная камера. В нее перемещаются платы из зоны пайки, и уже в вакуумной

среде происходит кристаллизация припоя. Благодаря низкому давлению из сплава выходят все газы, в результате в паяном соединении оказывается значительно меньше пустот. Стандарт IPC-A-610D определяет их максимально допустимый уровень в 25%. Мы же задали себе более жесткие рамки – не более 10% пустот в паяном соединении, и выдерживаем этот параметр. Если их уровень выше, останавливаем процесс и разбираемся, в чем дело. Применение вакуума для минимизации пустот в паяных соединениях особенно актуально при оплавлении в одном цикле компонентов со свинцовыми и бессвинцовыми покрытиями. Также отсутствие пустот важно для мощных СВЧ-сборок, где критична хорошая теплопередача от компонентов к плате.

Конечно, при освоении новой технологии невозможно избежать проблем и ошибок. Но это – неизбежный путь обретения опыта. Приведу лишь один пример. Температура кипения теплоносительной жидкости определяет максимальную температуру нагрева платы. Мы априори полагали: раз указано, что температура кипения жидкости 240°C, то она будет такой всегда, и не контролировали реальную температуру нагрева плат в печи. А через три года столкнулись с перегревом компонентов. Оказалось, что за это

Макет участка  
поверхностного  
монтажа.  
От принтера  
Horizon 03iX  
(в левом  
дальнем углу)  
поворотный  
конвейер  
направляет  
платы  
в загрузчик  
перед  
автоматом  
дозирования  
Axiom X1010  
и автоматом  
установки  
Samsung SM482



время часть легких фракций теплоноситель жидкости испарилась и ее температура кипения выросла до 247°C, что выше максимально допустимой температуры пайки для ряда микросхем (245°C). Мы сделали правильные выводы, и теперь ежедневно проверяем температуру кипения. В свою очередь, немецкие поставщики жидкости прислали нам методику корректировки ее состава, и теперь мы можем очень точно выдерживать требуемую нам температуру 237±2,5°C. Все это – технологические знания, которые можно обрести только с опытом.

Таким образом, на первом этапе перевооружения мы создали линию, обеспечивающую выпуск опытных и мелкосерийных изделий и работали на ней два года. Однако вскоре перед нами встала новая задача – освоение производства крупносерийных изделий, причем на тех же площадях. Для ее решения в 2013 году мы приступили ко второму этапу модернизации комплекса. Совместно с компанией Остек мы нашли, я считаю, уникальное решение – гибкую реконфигурируемую схему построения технологических линий, разработали соответствующий проект и успешно его реализовали.

### Как же удалось совместить экспериментальный участок и серийное производство?

Прежде всего, было закуплено оборудование, предназначенное для серийного производства. Это были конвейерные системы, загрузчики/разгрузчики компании Nutek, система оптической инспекции Viscom, но главное – трафаретный принтер фирмы DEK и автомат установки компонентов компании Samsung.

Однако само по себе оборудование – это еще не все. Уникальность нашего участка, предмет особой гордости – гибкое компоновочное решение, в котором после трафаретного принтера используется конвейер-ворота. В результате мы вольны направлять платы по разным маршрутам. После принтера можно направить платы в систему дозирования и далее – в автомат Samsung SM482. А можно и прямо в накопитель для гибкого автомата FLX 2011.



### Как вы выбрали оборудование для серийного производства?

Поскольку по статистике до 60% дефектов являются следствием операции нанесения паяльной пасты, мы очень серьезно рассматривали данную технологическую операцию. Выбор пал на трафаретный принтер Horizon 03iX компании DEK. При прочих высоких производственных характеристиках он отличается двумя замечательными опциями, очень полезными для нас – ProActive и Cyclon. ProActive – это специальная технология нанесения паяльной пасты через трафарет с очень малыми апертурами, что необходимо для микросхем с малым шагом или пассивных компонентов типоразмера 01005. Суть технологии – рапель при перемещении вибрирует, "активируя" паяльную пасту, чтобы она полностью заполнила маленькие апертуры. Не менее полезна технология очистки трафарета снизу Cyclon. Бумага при движении вдоль нижней поверхности трафарета также вибрирует, что гарантирует его очистку. Эффективна и встроенная 2D-система инспекции нанесения паяльной пасты. Она проверяет наличие или отсутствие отпечатка в нужном месте, появление перемычек, смещения отпечатков и т.п. Если качество нанесения пасты неудовлетворительно, процесс останавливается, плата дальше не пойдет и оператор сможет устранить проблему.

Трафаретный принтер Horizon 03iX компании DEK



Поворотный конвейер за трафаретным принтером

Для нашего производства очень удобно наличие двух технологий нанесения паяльной пасты – с помощью трафаретного принтера и автомата дозирования. В опытном производстве достоинства автомата дозирования очевидны – не нужно изготавливать трафареты. Однако дозатор полезен и в серийном производстве – он позволяет избежать применения ступенчатых трафаретов. Ведь при трафаретной печати количество нанесенной паяльной пасты на контактных площадках определяет толщина трафарета. Автомат дозирования позволяет гибко изменять данный параметр. Напомню, у нас очень сложные

платы, где необходимо варьировать объем паяльной пасты, наносимой на контактные площадки. Если использовать только трафаретную печать, для нанесения разных объемов трафарет должен быть ступенчатым. Это сложно, дорого и не всегда надежно. Намного проще сначала провести трафаретную печать, используя стандартный трафарет, а затем дополнительно нанести пасту в нужные точки с помощью автомата дозирования.

Конечно, сердце линии автоматического SMD-монтажа – автомат установки компонентов. Мы выбрали серийный установщик SM482 компании Samsung с номинальной производительностью 21 тыс. комп./час. Эта система предназначена для средне- и крупносерийного производства. Но при этом автомат позволяет устанавливать широкую номенклатуру элементов – от чип-компонентов 01005, микросхемы с шагом 0,3 мм, в корпусах типа BGA, QFN и т.п. до элементов с габаритами 55×55 мм. Возможно использование питателей из лент, из пеналов и паллет, просто забор со стола. Можно положить обрезок ленты на стол и работать с ней, используя специальную обучаемую систему распознавания места забора компонентов. Кроме того, электронные питатели позволяют без труда заправить обрезок ленты. Это очень удобно для работы с компонентами типоразмеров 0201 и 01005. Для автоматической подачи паллет с микросхемами используется специальная система STF100S. Она вмещает 25 паллет и располагается рядом с автоматом, не занимая места на основной базе.

В системе используются полностью интеллектуальные питатели, которые обеспечивают полную прослеживаемость процесса сборки. Всегда можно восстановить, из какой катушки установлен компонент на конкретную печатную плату. А зная происхождение этой катушки, несложно определить поставщика. Так как система полностью интеллектуальная, для предварительной зарядки катушек в питатели используется специальная станция. На ней штрих-код питателя связывается со штрих-кодом на катушке и заносится в систему. Это исключает ошибку оператора – питатель можно

Автомат установки компонентов Samsung SM482



установить в любую позицию, автомат сам распознает, что это за компонент. Благодаря станции зарядки, пока автомат собирает одно изделие, можно готовить питатели для другого. Замена питателя возможна на ходу и во время работы автомата – очень удобно.

Поскольку для нас один из определяющих параметров автомата – точность, очень полезна система автоматической температурной компенсации. В процессе работы установщика отдельные узлы нагреваются, их линейные размеры из-за теплового расширения меняются. Чтобы такие изменения не влияли на точность установки и повторяемость, автомат сам вносит необходимую компенсирующую поправку.

Еще одна полезная особенность автомата SM482 – керамические вакуумные захваты. Некоторые наши компоненты – магнитные, и без керамических захватов их автоматический монтаж был бы проблематичен. В целом, уровень оборудования позволяет нам собирать изделия практически любой степени сложности, обладая при этом высокой гибкостью и надежностью.

### Вы используете ручной монтаж?

Да. Правда, применение штыревых компонентов сведено к минимуму, но присутствует ручная запрессовка разъемов. Все ручные операции мы также стараемся максимально облегчить и автоматизировать. Например,



используем ручной дозатор паяльной пасты с пневмоприводом, ручной установщик Expert компании Essemtec. Есть небольшая камерная конвекционная печь с предварительным ИК-нагревом RO-06-Plus также компании Essemtec. Она позволяет задать термопрофиль пайки, который выдерживается автоматически. Можно наблюдать за ходом процесса через прозрачное окно, есть уникальный режим паузы, позволяющий подбирать параметры оплавления. И конечно, предусмотрено несколько обычных рабочих мест техников-монтажников, оснащенных современными паяльными станциями JBC и всем необходимым инструментом.

Система автоматической подачи паллет STF1005 для автомата SM482

Ручной установщик Expert и дозатор с пневмоприводом (слева), конвекционная печь RO-06-Plus (справа)







Рабочее место  
монтажника

### Как происходит отмывка плат?

Мы используем установку струйной отмывки Super SWASH чешской компании PBT. Она применяется как для очистки печатных плат от остатков флюса, так и для отмывки трафаретов и плат от паяльной пасты. Отличительная особенность этой системы – она обладает полностью замкнутым циклом, ей не нужны ни подача воды, ни слив. Система имеет встроенный деионизатор. В установке используются отмывочные жидкости компании Zestron на основе MPC-технологии. Суть MPC – загрязнения выталкиваются на поверхность, моющая жидкость проходит систему фильтрации, и снова получается чистый раствор. Химический

Установка  
струйной  
отмывки  
Super SWASH



состав моющей жидкости не меняется. Это позволяет использовать одну и ту же жидкость от 1-2 месяцев до полугода. Отмывка, ополаскивание и сушка происходят в одной установке. Система очень гибкая, позволят оптимально подобрать параметры отмывки, что для нас также очень важно.

В отдельных случаях, если нельзя применять струйную отмывку, мы можем использовать ультразвуковую отмывку, и даже отмывку в спирто-бензиновой смеси.

### Одна из наиболее распространенных проблем производства продукции для ответственного применения – сочетание технологий свинцоводержащих и бессвинцовых паяльных материалов. Как вы ее решаете?

Конечно, для ответственных изделий мы используем только свинцоводержащую паяльную пасту. Но нужно помнить, что в пайке всегда участвуют три компонента: материал финишного покрытия печатной платы, материал покрытия контакта компонента и материал паяльной пасты. Когда они все одинаковы или совместимы, проблем нет. Финишное покрытие печатных плат и паяльные пасты мы можем выбирать и контролировать сами. Но зачастую к нам поступают электронные компоненты с бессвинцовыми покрытиями. И это проблема, которую необходимо решать.

Поэтому еще на этапе получения комплектации очень ответственный момент – анализ финишного покрытия выводов компонентов. Подчеркну, у нас подготовка производства проводится на основании конструкторской документации, при замене свинцовых покрытий на бессвинцовые (или наоборот) отдел внешней кооперации изменяет технологический процесс и соответственно – технологический маршрут. В частности, если речь идет о микросхемах в корпусах типа BGA, мы производим замену шариковых выводов, реболлинг – для нас штатная операция. Тем самым мы в принципе исключаем проблемы, связанные с одновременным применением свинцовых и бессвинцовых финишных

покрытий выводов компонентов и тем самым обеспечиваем монтаж по заданным режимам. С другой стороны, благодаря парофазной пайке в одном цикле возможно паять как бессвинцовые, так и свинецосодержащие компоненты. Мы используем и такой подход, обрабатывая профили пайки с помощью системы термопрофилирования RTP.

### Как реализован контроль технологических процессов?

Контроль качества технологических операций – задача, которая постоянно в центре нашего внимания, мы уделяем ей самое серьезное внимание. Это многоступенчатый процесс.

Прежде всего, у нас есть система автоматической оптической инспекции (АОИ) S3088 flex немецкой компании Viscom. Она оснащена четырьмя верхними и восьмью боковыми видеокамерами, что позволяет проводить полноценный 3D-контроль качества паяных соединений. Выбор системы АОИ происходил очень сложно, поскольку на рынке представлены несколько достойных моделей. Теперь мы понимаем, что выбор был сделан правильно. Установка 3D-АОИ S3088 flex обеспечивает аналитический, а не статистический метод контроля паяных соединений. Это означает, что контроль может идти уже с первой платы. При статистических методах анализ выполняется по эталонным образцам. Для этого нужно смонтировать несколько плат, причем совершенно одинаково. В системе 3D-АОИ программирование происходит без привязки к шаблону. Непосредственно задаются параметры каждого типа паяных соединений – допуски, объем и т.п. В процессе работы эти параметры можно изменять, чтобы задать более четкие границы годности печатных плат в соответствии с требованиями стандартов.

На выходе системы АОИ происходит автоматическая разбраковка плат на два магазина: брак и годные. Когда вся партия проверена, магазин с отбракованными платами относят на ремонтную станцию для дальнейшего анализа. Ремонтное рабочее место оснащено



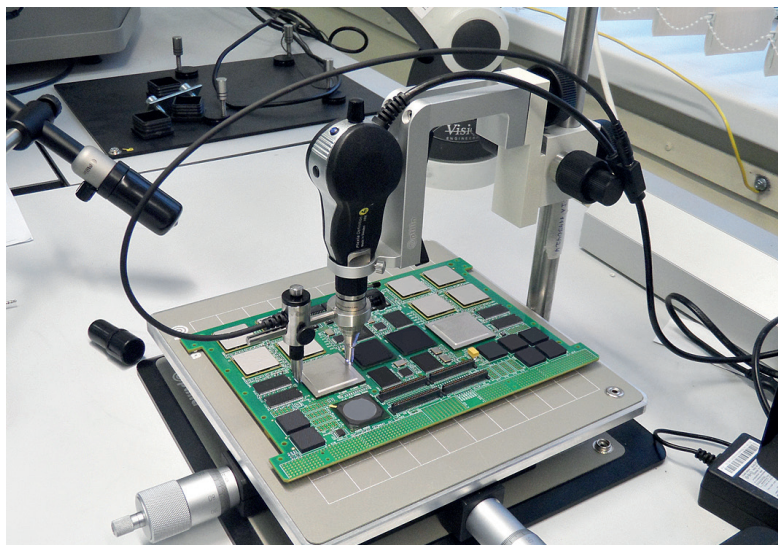
Система АОИ S3088 flex

компьютером и по сети связано с системой АОИ. Результаты контроля автоматически передаются на этот компьютер. Оператор вводит заводской номер платы и на мониторе перед ним появляется фотография печатного узла с локализацией дефекта и указанием его типа. Далее оператор рассматривает это место на плате и определяет, действительно ли имеется дефект или плата годна. В случае реального дефекта проводится ремонт с помощью трехканальной паяльной станции JBC.

Есть у нас и средства визуального контроля, которому подвергается 100% собранных модулей. Для этого используются оптические инспекционные

Оптический инспекционный микроскоп Luph. Виден дефект монтажа типа "надгробный камень"





Видеомикроскоп-эндоскоп Flexia BGA

микроскопы Lynx компании Vision Engineering. Они формируют стереозображение платы, с увеличением до 40 крат, на плату можно посмотреть под различными углами.

Очень эффективное и полезное для нас средство проверки плат – видеомикроскоп-эндоскоп Flexia BGA шведской компании Optilia. С помощью этой системы можно посмотреть на установленные компоненты снизу-сбоку, обнаружить многие дефекты и распознать их причины. Например, удастся обнаружить остатки флюса под корпусами с шариковыми выводами. Оптическая

микроголовка бокового обзора системы Flexia BGA настолько миниатюрна, что позволяет работать на платах с очень плотным монтажом, где расстояние между компонентами не превышает 1 мм, а просвет под корпусом BGA – всего 50 мкм.

Однако наш главный инструмент контроля паяных соединений – рентген. Мы выбрали систему phoenix microme|x компании General Electric. Это 3D-система, позволяющая смотреть на плату под углом до 70°. Конструкция системы такова, что сверху находится рентгеновская трубка, затем – стол с образцом, и снизу – рентгеновский детектор. Чтобы получить изображение под углом, отклоняется детектор, а не трубка или образец. Такой подход позволяет достичь максимального увеличения, поскольку трубку можно приблизить практически вплотную к печатной плате.

Когда установка приобреталась, она была оснащена аналоговым детектором – системы рентгеновского контроля с цифровыми детекторами еще только появлялись на рынке. Однако на выставке Productronika-2011 в Мюнхене, благодаря компании Остек, мы смогли проанализировать наши платы на системе phoenix microme|x с цифровым детектором. И своими глазами увидели разницу – качество

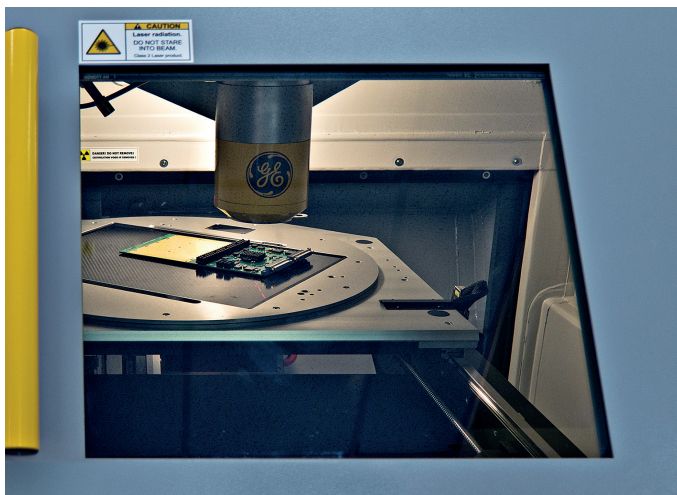


Рассказать об особенностях реализации проекта создания участка SMD-монтажа в НПЦ "Завод Ленинец" мы попросили коммерческого директора компании "Остек-Инжиниринг" Алексея Кивелева.

**Алексей, в чем для компании Остек заключалась особая специфика этого проекта? Как она проявилась при подборе оборудования?**

Нам всегда интересно работать с нестандартными проектами и сложными задачами.

Когда я впервые увидел помещение будущего участка SMD-монтажа, здесь ничего не было, шли строительные работы. Взявшись за проект, мы стремились предложить максимально эффективные решения. Причем каждое наше предложение приходилось обосновывать, доказывать его превосходство. Каждое решение мы подтверждали экспериментами, причем применительно к конкретным изделиям предприятия. С сотрудниками предприятия мы объездили множество российских выставок, побывали на Productronica в Мюнхене. Мы не просто выступали поставщиками решений – компания Остек взяла на себя обязательства по отработке технологий и постановке изделий на производство. Мы же занимались



картинки оказалось лучше на порядок. Стали видны дефекты, которые физически невозможно заметить с аналоговым детектором. Конечно, в результате руководством было принято решение о покупке новой системы с цифровым детектором. А компания Остек пошла нам навстречу и предложила экономически оптимальную схему такого "апгрейда" – замену старой установки на новую (trade in). Это были абсолютно оправданные затраты. Ведь цель производства завода "Ленинец" – создание продукции с высочайшим уровнем качества и надежности. Соответственно, и основной инструмент контроля должен быть самым лучшим.

### Вы подвергаете рентгеновскому контролю каждую плату?

Мы контролируем не просто каждую плату – каждое паяное соединение, если оно находится под корпусом микросхемы. Причем у нас даже не 100%-ный контроль, а 200%-ный. Если в печатном узле есть компоненты с контактными площадками под корпусом, они проходят двойной контроль – их независимо проверяют два разных исполнителя. И иногда это помогает. Ведь сложность наших плат такова, что под корпусами на одной плате находятся порядка 10 тыс. контактных площадок. Всех их нужно проверять, и один оператор может что-то не заметить.

Камера системы рентгеновского контроля phoenix microme|x. Видна рентгеновская трубка над платой

обучением персонала. Участвовали и в подготовке планировочных решений по размещению технологического оборудования. В итоге этой совместной работы достигнут результат, которым можно гордиться.

### В чем особенность именно этого производства?

В максимальной гибкости. Возможности участка позволяют собирать печатные узлы практически любого уровня сложности. Причем как серийные, так и штучные изделия. Есть серьезное оборудование как для опытного, так и для среднесерийного производства. Причем это разноплановое оборудование, перекрывающее практически весь

спектр необходимых технологических операций. Например, для нанесения паяльной пасты можно использовать и трафаретный принтер, и автоматический дозатор, для пайки плат – и конвекционное, и парофазное оплавление, и ручную пайку. Все это позволяет выпускать сложнейшие печатные узлы. Кроме того, предприятие оснащено очень серьезными средствами контроля – есть современные системы автоматической оптической, рентгеновской и визуальной инспекции. Руководство предприятия намерено и дальше развивать производство, внедрять перспективные технологии, строить еще более совершенную систему контроля качества продукции. И здесь мы ему, надеюсь, сможем помочь.

Однако помимо инструментальных средств контроля, очень важную роль для обеспечения качества и надежности изделий играет система автоматизированного управления производством (АСУП), которую мы создаем и внедряем совместно с компанией "ЛОТТА".

### Расскажите подробнее о вашей системе автоматизированного управления производством.

В 2012 году было принято решение о реализации пилотного проекта автоматизации производственных процессов комплекса поверхностного монтажа на базе автоматизированной системы "Парус-Предприятие 8". Главные задачи, которые предполагалось решить – учет и прослеживаемость производства изделий в целом.

Изделия ОАО "НТЦ "Завод Ленинец" отличаются очень высокими требованиями к качеству. Один из инструментов его обеспечения – система прослеживаемости. Мы должны знать, из каких комплектующих собрано любое изделие, кем и когда эти комплектующие поставлены, на каком оборудовании, кем и когда были выполнены технологические операции, какие режимы использовались, каковы были термопрофили пайки и режимы отмывки – и так вплоть до упаковки, отгрузки, а также гарантийного и постгарантийного обслуживания. Кроме того автоматизированная система должна отслеживать процесс изготовления деталей и сборочных единиц, в том числе, текущие ремонты, возвраты изделий от ОТК предприятия на доработку, устранение обнаруженных дефектов после оптического или рентгеновского контроля. При таком учете сохраняется вся история производства любого изделия. Это важно для анализа причин отказов, выявления ненадежных компонентов или проблемных техпроцессов. Например, если видно, что компоненты от такого-то поставщика выходят из строя чаще, чем другие – значит, с этим поставщиком работать не стоит. Можно локализовать и устранить причины сбоев, определить системную технологическую проблему. В итоге растет

надежность, а значит – и эксплуатационные характеристики изделия в целом.

Вторая задача, решаемая АСУП, – контроль состояния производства. Система позволяет учитывать реально затраченное время каждого сотрудника. У каждой операции есть отметка начала и окончания работы. Мы можем определить, кто и чем занимался. Это очень важно, поскольку есть виды работ, на которые тратится немало времени, но их никто не учитывает, в том числе, и при нормировании. Причем одно дело – учитывать работу, выполняемую по плану, и совсем другое – внеплановые работы, неизбежные на опытном производстве. Руководство порой задает вопрос типа: "Чем заняты люди? Ремонтом? Да ладно, это же 5 минут". Действительно, одна плата – 5 минут. Но если учесть все платы и все технологические операции, эти минуты складываются в часы.

Еще одна проблема, которую осознают не все – номинально одно и то же изделие может по-разному выглядеть на производстве. Например, комплектация поставлена не в заводской упаковке, а россыпью, свинецсодержащие компоненты заменили на бессвинцовые и т.п. Конструкторская документация не изменилась, но для подготовки производства это означает изменение технологических операций и их режимов, технологических маршрутов и даже оборудования. Такова специфика нашего предприятия. И все эти особенности нужно учитывать, иначе невозможно нормирование. А без него очень сложно заниматься планированием производства.

АСУП позволяет заниматься планированием – составлять планы производства, распределять заказы по оборудованию. Но для этого нужно знать нормы – время выполнения каждой операции. Для опытного производства, на стадии освоения новых технологий это очень сложно. Пока нет норм, система позволяет учитывать фактическое затраченное время. Когда будет наработана база норм по всем технологическим операциям, система позволит автоматически планировать производство тех или иных изделий. В системе предусмотрено

специальное рабочее место нормировщика, где он может задавать свои нормы, выбирать нормы нескольких типов и т.п.

Особо подчеркну – можно выбрать и приобрести хорошее оборудование, а вот АСУП можно только создать. Поначалу мы не могли даже полностью формализовать требования к системе, вместе прошли непростой путь проб и ошибок. Но сегодня просто не представляем, как можно работать без нашей системы.

Часть модулей системы уже год как работает – правда, в рамках только производственного комплекса поверхностного монтажа. Еще многое предстоит сделать. Например, пока не реализован учет плат и узлов по штрих-кодам – используются внутренние номера, наносимые на платы вручную. Однако все наше серийное технологическое оборудование оснащено опциями, позволяющими считать штрих-коды. Внедрение лазерной системы нанесения штрих-кода на печатные платы – вопрос самого ближайшего будущего. В рамках третьего этапа модернизации производства нужно решать и ряд других задач – автоматизировать работу со складом, интегрировать автоматизированную систему с программным обеспечением технологического оборудования и т.д. Но уже достигнуто самое главное – понимание важности АСУП со стороны наших сотрудников. Это было непросто, однако результат того стоит.

### **Новые технологии, новое оборудование, новая организация производства требует и нового подхода к кадровому обеспечению. А сегодня это проблема. Как вы ее решаете?**

Действительно, самое ценное, что у нас есть – это опыт и кадры. Предприятие реализует политику инвестиций в "выращивание" своих высококвалифицированных специалистов – то есть в интеллектуальный капитал. Сейчас на производственном комплексе работают 13 сотрудников. Для того чтобы поддерживать надлежащую квалификацию персонала, на предприятии

регулярно проводится обучение, сотрудники участвуют в технических семинарах. Мы поддерживаем тесную связь с Политехническим колледжем городского хозяйства Санкт-Петербурга, у нас уже трудятся несколько его выпускников со специальностью "Управление качеством".

Вопросы кадрового обеспечения можно решать, когда предприятие развивается, оснащается современным оборудованием и выпускает перспективную продукцию. Это означает интересную работу, достойную оплату труда, перспективы роста. Мы пока в самом начале пути, наш производственный комплекс автоматизированного монтажа – первый на предприятии, оснащенный самым современным оборудованием.

Нужно понимать, что техническое перевооружение производства не сводится только к закупке нового оборудования. Оборудование – это лишь средство реализации технологий выпуска конкурентоспособной продукции. Здесь уместно вспомнить прописную истину о том, что успех приходит, когда возможность встречается с готовностью высокопрофессионального коллектива решать сложные задачи производства. Мы были готовы к внедрению новых технологий, и со стороны руководства предприятия получили для этого необходимые возможности.

Наша ниша – работа со сложными модулями 5-6 класса плотности монтажа. Причем мы можем производить как единичные продукты, так и, при необходимости, выпускать их серийно. С одной стороны, это дополнительные сложности, но с другой, именно такая творческая работа позволяет персоналу постоянно совершенствоваться и приобретать новые знания и навыки. На собственном опыте мы понимаем, насколько трудно найти производителя, который изготовил бы сложные печатные узлы с надлежащим качеством. И не просто бы их изготовил, но и проверил, используя весь необходимый набор инструментальных средств. Это сложно. Но мы это можем. И в этом – наше главное достижение. ●