



ВЫБОР ПОДХОДЯЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОЙ ПАЙКИ. ЧАСТЬ 2

Окончание. Начало в бюллетене «Поверхностный монтаж» № 4(96), 2012

Александр Антонов
lines@ostec-group.ru

Перед производителями всегда стоит нелегкая задача выбора подходящего оборудования, которое будет полностью удовлетворять поставленным требованиям и задачам. В данной статье представлены результаты сравнения работы двух установок селективной пайки, выполненные сотрудниками компании Shenzhen Kaifa Technology Co. Ltd. Шеньчжэнь, Китай («Selective Soldering Technology Selection», Francisco Fernandez, Eddie Tang, Feng Lu). Это пример того, как выбор той или иной установки оказывает влияние на окончательные результаты при работе в реальных производственных условиях.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ УСТАНОВОК

Согласно результатам исследования существует большая разница в реальной производительности установок селективной пайки при работе в условиях массового производства. Данные для подсчета производительности установок А и Б собирались на протяжении месяца при одинаковых условиях эксплуатации. Как можно увидеть на рис. 17, несмотря на практически идентичную концепцию построения систем – параллельная обработка плат, одновременная пайка мультизаготовок двумя смачиваемыми припоем волнообразователями и пр. – разница между реальной производительностью первой и второй установок отличается в 6 раз! Падение реальной производительности производственной линии обусловлено большим количеством простоев, связанных с обслуживанием и ремонтом установки А. В то же время на второй производственной линии установка Б стабильно продолжала изготавливать печатные узлы с хорошим качеством пайки в условиях массового изготовления продукции.

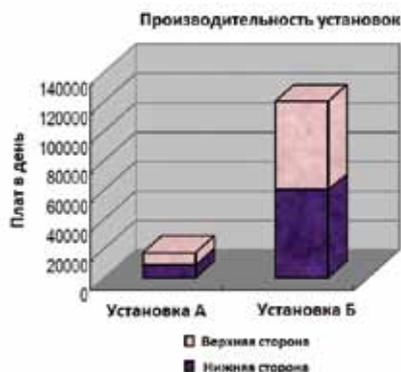


Рис. 17 Итоговая реальная производительность установок

ПРИЧИНЫ ПАДЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ А

Как отмечалось выше, время жизни волнообразователей установки А и Б отличается примерно в 2,5 раза. На практике в процессе исследования это привело к тому, что в первый месяц эксплуатации оборудования произошло выгорание кончика волнообразователя установки А (рис. 18), и это начало сказываться на стабильности миниволны припоя и, соответственно, на качестве пайки изготавливаемых изделий. Для предотвращения последующего брака изношенный волнообразователь пришлось заменить, для чего потребовалась полная остановка производственной линии. Также причиной падения производительности стала поломка и замена составных частей модуля пайки. В первый же месяц эксплуатации установки А произошло полное изнашивание приводного ремня (рис. 19) и поломка ходовых винтов, перемещающих ванну с припоем вверх/вниз (рис. 20). В ходе поиска причин быстрого износа ремня выяснилось, что изначально он не был рассчитан на работу при высоких температурах. В конструкцию модуля пайки системы А встроена специальная



Рис. 18 Износ волнообразователя

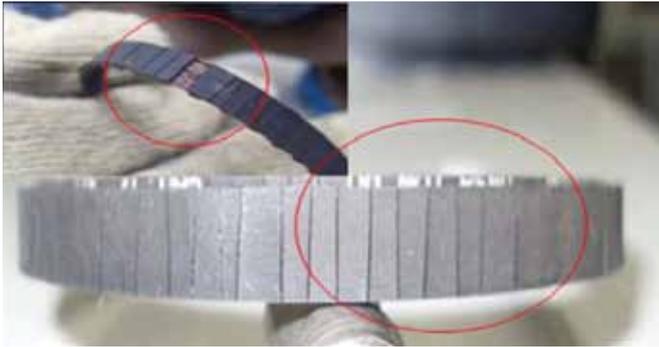


Рис. 19 Износ приводного ремня установки А



Рис. 22 Плохое качество пайки вывода компонента



Рис. 20 Поврежденные ходовые винты

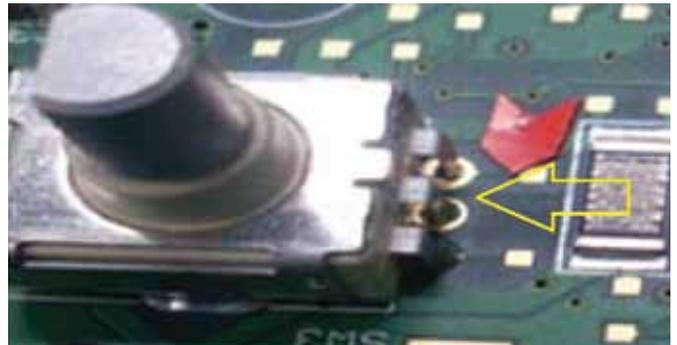


Рис. 23 Неудовлетворительное заполнение монтажных отверстий припоем



Рис. 21 Повреждение колпачка распыления азота в установке А

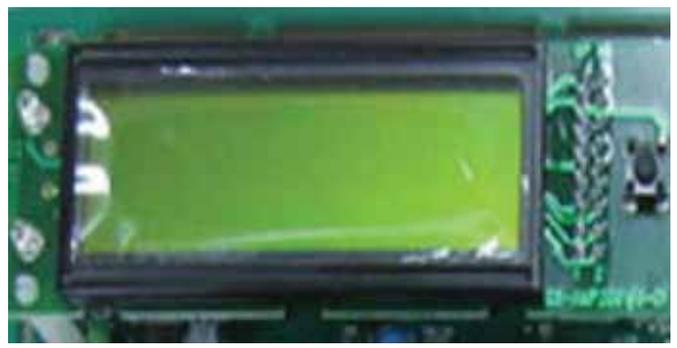


Рис. 24 Изменение цвета ЖК-дисплея

система воздушного охлаждения, которая должна поддерживать температуру на уровне не более 75 градусов, однако, как выяснилось, данная система поддерживает температуру на таком уровне не во всех случаях. При выключении установки первой обесточивается система воздушного охлаждения, при этом температура насоса и ремней достигает значения в 200 градусов, что и приводит к последующему износу.

В ходе работы установки А было выявлено повышенное окислообразование на поверхности припоя, вызванное повреждением колпачка распыления азота (рис. 21). Для его замены также потребовалась остановка производственной линии.

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ПАЙКИ ПУ

Независимо от производителя и конструкции используемой вами установки важными являются правильная настройка и подбор технологических параметров и режимов работы для конкретного печатного узла. При неправильном подборе параметров проблемы могут наблюдаться на любой установке. Также важна способность той или иной системы поддерживать нужное качество пайки в течение длительного времени, что особенно важно при серийной сборке изделий.

На рис. 22 приведен пример неудовлетворительного качества пайки

одного из выводов штырьевого компонента. Причиной плохой пайки стал повышенный износ кончика волнообразователя. Для создания качественного паяного соединения важно, чтобы высота и форма миниволны припоя были стабильны во времени. Плохое смачивание припоем поверхности волнообразователя, его деформация и износ напрямую влияют на стабильность миниволны и, соответственно, на качество паяных соединений. Поэтому рекомендуется постоянно контролировать стабильность миниволны припоя и следить за степенью износа волнообразователей. Для этих целей производители оборудования предлагают специальные камеры визуализации процесса пайки.

Неудовлетворительное заполнение отверстия при пайке (рис. 23) возникает в случаях, когда припой не достигает верха металлизированного монтажного отверстия и не смачивает контактную площадку и вывод компонента на верхней стороне платы. Для улучшения заполнения отверстия припоем можно попробовать повысить температуру припоя или использовать более активный флюс. Немаловажным фактором также служит стабильность формы миниволны припоя и равномерность прогрева ПУ.

Изменение цвета ЖК-дисплея (рис. 24) произошло, когда во время стадии предварительного нагрева ЖК-дисплей подвергался воздействию температуры выше, чем 100 градусов. Такое возможно



Рис. 25 Шарики припоя

при использовании для предварительного нагрева только верхних нагревателей как на установке А. Для предотвращения повреждения компонентов, чувствительных к воздействию высокой температуры (таких как ЖК-дисплеи), рекомендуется использовать нижний преднагрев или изготавливать специальную оснастку для маскирования этих компонентов с верхней стороны.

На рис. 25 можно увидеть большое количество шариков припоя, разбросанных вблизи выводов штырьевых компонентов. Такой эффект наблюдается на некоторых паяльных масках при высокой температуре припоя при пайке бессвинцовыми припоями. Также причиной большого количества шариков между выводами компонентов может являться низкая активность флюса или неполное испарение растворителя в процессе предварительного нагрева. Предотвратить образование шариков припоя возможно путем изменения паяльной маски, корректировки температуры припоя, параметров преднагрева или использования более активного флюса.

НАДЕЖНОСТЬ ЗАПАЯННЫХ ПУ

Испытание на воздействие окружающей среды
Одной из целей данного исследования было сравнить надежность изделий, запаянных на обоих установках. Для этого было проведено термоциклирование собранных ПУ согласно рекомендациям стандарта JESD22-A104-B. Условия термоциклирования, в которых находились тестируемые образцы, представлены в таблице 3. Термопрофиль термоциклирования показан на рис. 26.

Таблица 4 Условия термоциклирования собранных ПУ

Параметры окружающей среды	24°C, влажность 65%
Количество тестируемых образцов	4 платы
Максимальная температура	80 ± 2°C
Минимальная температура	-40 ± 3°C
Скорость изменения температуры	5 ± 1°C/мин
Время выдержки	15 мин
Количество циклов	200 циклов

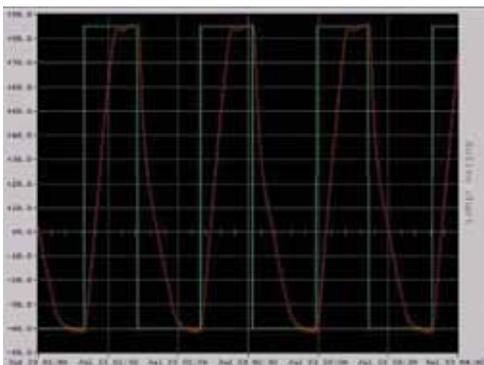


Рис. 26 График изменения температуры во время термоциклирования

По результатам термоциклирования для всех печатных узлов можно отметить следующее:

- не было выявлено никаких заметных изменений во внешнем виде паяных соединений после проведенного термоциклирования;
- несмотря на разную степень заполнения припоем монтажных отверстий на разных ПУ, не было выявлено никаких заметных отклонений в их работоспособности;
- все образцы с установки А и Б успешно прошли испытание на термоциклирование.

ЗАПОЛНЕНИЕ МОНТАЖНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Для оценки качества заполнения монтажных отверстий использовалась установка рентгеновского контроля. При проведении теста измерялась величина заполнения выбранных монтажных отверстий. Выходными данными были 0 и 1. Значение 0 означает, что заполнение припоем монтажного отверстия составляет менее 75%, значение 1 – что заполнение отверстия больше, чем 75%.

На рис. 27 представлены результаты обработки изображений тестируемых печатных узлов, полученных на рентгеновской установке. Из диаграммы распределения видно, что вероятность плохого заполнения отверстия при пайке на установке А выше, чем при селективной

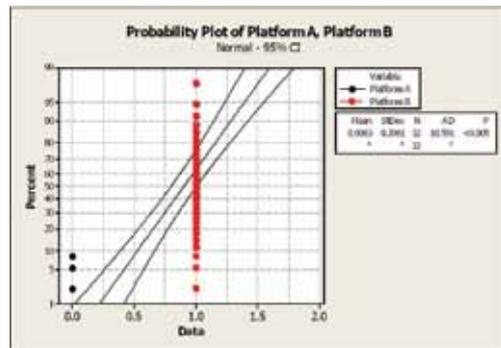


Рис. 27 Результаты анализа снимков с рентгеновской установки

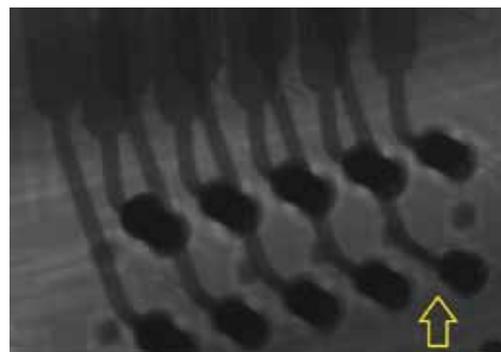


Рис. 28 Рентгеновский снимок запаянного компонента на установке А

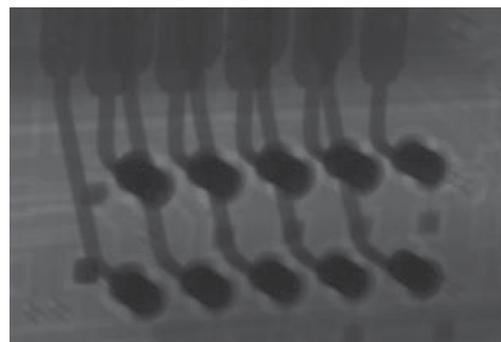


Рис. 29 Рентгеновский снимок запаянного компонента на установке Б

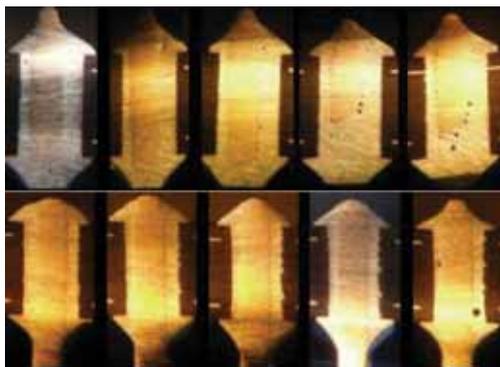


Рис. 30 Поперечное сечение ПУ спаянного на установке А

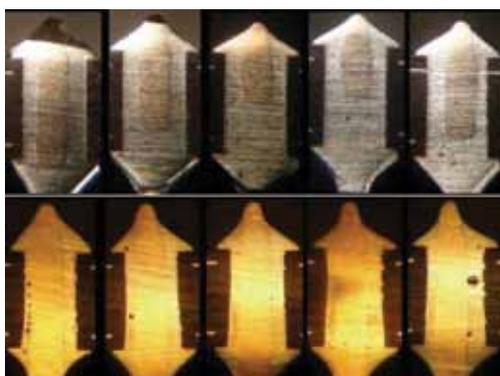


Рис. 31 Поперечное сечение ПУ спаянного на установке Б

пайке выводов на установке Б. Ниже приведены примеры рентгеновских снимков ПУ, запаянных на установках. На рис. 28 показан пример рентгеновского снимка запаянного штырьевых компонентов, где первый вывод имеет заполнение отверстия менее 75%; на рис. 29 можно видеть, что на ПУ, запаянных на установке Б, все выводы имеют заполнение отверстий более 75%.

АНАЛИЗ ШЛИФА ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Шлифы паяных соединений нескольких выборочных ПУ показали хорошее заполнение отверстий и общее качество пайки и смачивания припоем всех выводов штырьевых компонентов. Как видно на рис. 30 и 31 в паяных соединениях содержится небольшое количество пустот, размер которых не превышает 3-4 мкм. Однако ни размер пустот, ни их расположение не влияют на работоспособность и надежность изготавливаемого изделия. Причиной их возникновения может являться дегазация платы в процессе пайки или остаточные загрязнения на поверхности платы и/или компонента. Однако нужно учитывать, что большое количество и размер пустот может повлиять на тепловые и электрические характеристики паяного соединения, что, в свою очередь, может стать причиной плохого теплового, электрического и механического контакта штырьевых компонентов со стенками монтажного отверстия.

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ

Несмотря на сравнительно небольшие по сравнению с установкой Б (в два раза меньше) первоначальные инвестиции в установку А, её всё же не рекомендуется использовать в случаях высоких требований к производительности и повторяемости качества изготавливаемых изделий. Связано это с большими (по сравнению с установкой Б) временными, трудовыми и финансовыми затратами в процессе

Таблица 5 Итоговая сравнительная таблица

Характеристика	Установка А	Установка Б
Средняя производительность по результатам теста	20000 плат/день	120000 плат/день
Простои оборудования, связанные с ремонтом и обслуживанием	Более 70% времени	Минимальные
Себестоимость изготавливаемой одной единицы продукции	Себестоимость изделий с А в 3 раза выше, чем с Б!	
Вероятность повреждения чувствительных к температуре штырьевых компонентов	Высокая	Низкая
Вероятность плохого заполнения монтажных отверстий припоем	Средняя	Низкая
Вероятность неполного испарения растворителя из флюса	Высокая	Низкая
Трудоемкость отладки технологического процесса	Высокая	Средняя
Периодичность замены волнообразователей при серийной сборке изделий	≈3 недели	≈8 недель
Возможность продолжения пайки одним волнообразователем при выходе из строя одного из насосов	Нет	Да
Наличие движущихся частей в конструкции насоса	Нет	да

её эксплуатации, и в конечном счете негативно сказывающимися на итоговой себестоимости изготовления продукции. Учитывая тот факт, что в процессе эксплуатации установка А оказалась в шесть раз менее производительной, чем установка Б, нетрудно подсчитать, что несмотря на в два раза меньшую стоимость оборудования себестоимость изготовления одной единицы продукции на установке А будет в три раза выше!

Поэтому, невзирая на схожие конструктивные и функциональные характеристики оборудования (таблица 1), в связи с высокими затратами на эксплуатационные расходы установки А видна существенная разница в реальной производительности, себестоимости и даже качестве изготавливаемой продукции. Сравнительные характеристики, основанные на результатах исследования двух установок, представлены в таблице 5.

Факторы, которые необходимо учитывать при выборе подходящего оборудования:

1. Сравнить установки нужно не только с точки зрения стоимости, функциональных и технических характеристик, но также и с точки зрения качества изготовления её составных элементов, их продуманности и эргономичности.
2. Конструкция установки оказывает гораздо большее влияние на итоговый результат, нежели её технические параметры и функциональность.
3. Способ реализации процесса селективной пайки также существенным образом влияет на то, насколько сложным и трудоемким будет процесс отладки техпроцесса и последующее его обслуживание.

Исследование, проведенное нашими зарубежными коллегами, показало, что установка Б при работе в условиях массового выпуска изделий (несмотря на довольно большие по сравнению с другой установкой финансовые затраты на начальном этапе) показала лучшую реальную производительность и стабильность качества пайки выпускаемой продукции благодаря минимальным простоям оборудования, связанным с обслуживанием, ремонтом и отладкой техпроцесса. ■■