

Определение наиболее эффективного способа отмывки печатных узлов. Лабораторная работа

Необходимость отмывки печатных узлов после пайки и очистки трафаретов очевидна, а зачастую и жизненно необходима. Об этом уже много говорилось и писалось, поэтому не будем сейчас останавливаться на проблемах, возникающих на неотмытых печатных узлах, и на том, к каким дефектам может привести неочищенный трафарет в процессе нанесения паяльной пасты. Основные вопросы в том, как реализовать этот техпроцесс у себя на предприятии, какую технологию отмывки выбрать для достижения максимального качества выпускаемой продукции, какое оборудование обеспечит максимальную эффективность и экономичность процесса.

Выбирать технологию отмывки можно исходя из различных условий, связанных с технологическим процессом сборки печатных узлов и ситуации на предприятии в целом. Самые существенные ограничения вносят используемые флюсы, конструкция печатных узлов, экологическая составляющая и, конечно, бюджет.

Василий Афанасьев

lines@ostec-group.ru

Ручная отмывка

На первый взгляд, самый простой и экономичный вариант — это отмывка кисточкой с использованием спирто-нефрасовой смеси. Привлекательным является отсутствие инвестиций в оборудование, но существует и обратная сторона медали.

Если говорить непосредственно о процессе, то очевидно, что при помощи кисточки практически невозможно добиться высокой повторяемости результатов, провести очистку пространства под корпусами компонентов, а производительность такого способа отмывки минимальна. Спирто-нефрасовая смесь добавляет свои «пять копеек» в виде белого налета, основные причины которого — не полностью растворенные остатки флюса и солевой осадок, возникающий при испарении смеси. Приплюсуем сюда высокую токсичность и низкую температуру вспышки смеси и в результате получаем совсем не то, что нужно использовать в современном сборочном электронном производстве.

Конечно, при изготовлении опытных образцов печатных узлов отмывка кисточкой имеет право на существование. Но в этом случае есть смысл заменить спирто-нефрасовую смесь современной промывочной жидкостью (например, Vigon EFM), которая обеспечит лучшее качество при большей безопасности процесса. А если подсчитать финансовую составляющую, то в конечном итоге такое решение окажется и более экономичным, чем спирто-нефрас.

Автоматизированные и механизированные методы отмывки

Среди методов автоматизированной, или механизированной, отмывки можно выделить ряд наиболее популярных:

- ультразвуковая;
- струйная (струи в воздухе);

- струйная (струи в объеме);
- барботирование.

У всех этих методов есть свои поклонники, каждый из которых небезосновательно может приводить аргументы в пользу той или иной технологии. Главная проблема — качество отмывки — зачастую чисто субъективный фактор, и трудно найти какие-либо четкие критерии, оценивающие, насколько плата хорошо отмыта. Даже тестер ионных загрязнений не всегда дает объективную картину по наличию загрязнений

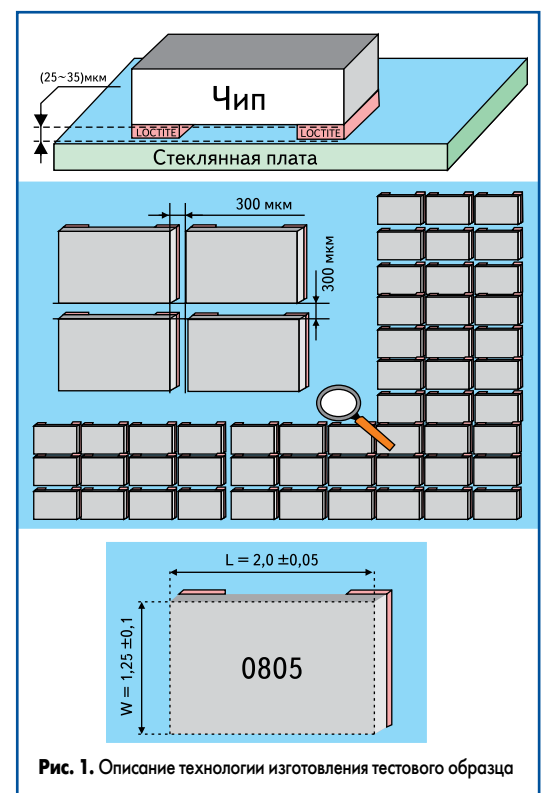


Рис. 1. Описание технологии изготовления тестового образца

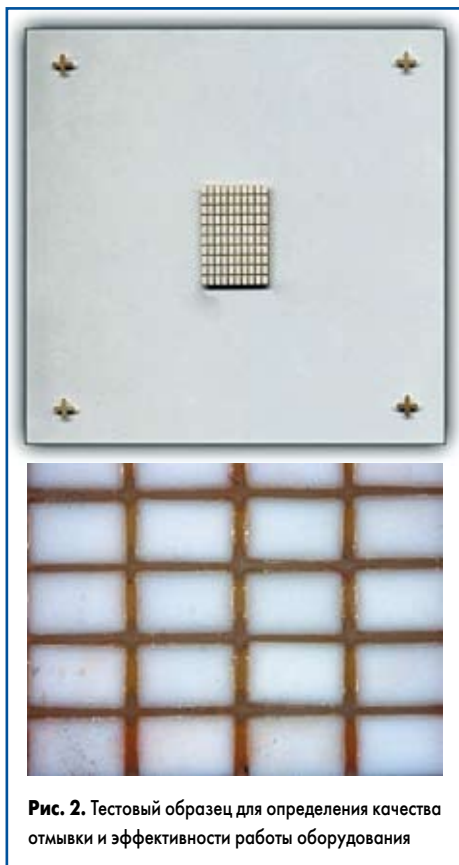


Рис. 2. Тестовый образец для определения качества отмывки и эффективности работы оборудования

на печатном узле, поскольку измеряет «среднюю температуру по больнице», а тестеры не всегда покажут на остатки активаторов, которые находятся под компонентами.

Чтобы провести более или менее адекватный анализ различных методов отмывки, необходим некий эталон, который даст, в первую очередь, наглядность или даже очевидность преимущества одного способа перед другим без длинных математических выкладок и проведения химического анализа.

Наш партнер, чешский производитель оборудования для отмывки PVT Rožnov предлагает для оценки простое и при этом столь же эффективное решение (рис. 1).

В качестве тестового образца предлагается стеклянная плата с установленными на клей керамическими чипами в корпусе 0805, покрытая синтетическим, не требующим отмывки флюс-

гелем для бессвинцовой пайки. Флюс-гель наносится методом трафаретной печати, а затем дозированно — клей. После установки компонентов плата помещается в печь, где флюс запекается при температуре 200 °С. В итоге получается изделие с плотно установленными чип-компонентами, которое будет служить тестовым образцом в наших экспериментах на предмет определения качества отмывки различными способами (рис. 2). Прозрачность стекла позволяет оценить наличие остатка флюса под компонентами. Расстояние между соседними чипами составляет 300 мкм, высота над поверхностью — 25–35 мкм (рис. 1).

При участии компании PVT, используя данную плату, мы провели оценку качества отмывки, благо широкий модельный ряд оборудования и возможности наших партнеров позволяют реализовать практически любую технологию. Назовем это «Лабораторная работа».

Ультразвуковая отмывка

Отмывка в ультразвуке осуществляется за счет эффекта кавитации в промывочной жидкости. «Схлопывание» кавитационных пузырьков образует ударные волны, которые в свою очередь воздействуют на поверхность погруженного в промывочную жидкость предмета. Как правило, процесс осуществляется в ванне из нержавеющей стали, оснащенной генератором ультразвука и ультразвуковыми преобразователями. Важно помнить, что в процессе воздействия ультразвука температура жидкости повышается, следовательно, использование в таких ваннах спирто-нефрасовых смесей обладает повышенным риском.

Особняком стоит проблема устойчивости отдельных радиодеталей к ультразвуку. Наибольшие проблемы вызывают кварцевые резонаторы, которые широко используются в электронных устройствах. Ответ на вопрос «Выдерживают ли мои компоненты ультразвук?» нужно искать только в datasheet (спецификации) на компоненты или проводить опытный эксперимент. О том, как проверить, выдерживает тот или иной элемент отмывку в ультразвуковой ванне, можно узнать с помощью тестового метода IPC-TM-650 номер 2.6.9.2.

Несмотря на ограничения, УЗ-отмывка считается наиболее качественной и при этом экономичной. Проверим, так ли это, при помощи нашего тестового образца.

Эксперимент

Параметры процесса:

- Оборудование: УЗ-ванна, 40 кГц, 20 Вт/л.
- Промывочная жидкость: Vigon US.
- Время цикла отмывки: 10 минут.
- Температура: 50 °С.

Как видно на рис. 3, результат вышел отменный. Ни под компонентами, ни между ними остатки флюса не обнаруживаются. Стеклянная плата позволяет видеть все до мельчайших подробностей. Все хорошо определяется невооруженным глазом, но на всякий случай воспользуемся видеомикроскопом высокого разрешения Hirox KH-7700. Что ж, зрение нас не обмануло: отмывка вышла практически идеальная (рис. 4). Несмотря на это, делать выводы еще рано, посмотрим, какие результаты получатся при использовании других технологий отмывки. А может, тестовый образец не совсем удачный, так как адгезия у стекла все-таки не такая, как у стеклотекстолита? Посмотрим, что же получится при использовании других технологий.

Струйная отмывка

Или, если говорить конкретнее, струйная отмывка в воздухе. Это означает, что печатный узел помещается в пустую камеру, затем на него воздействуют струи моющего раствора, нагнетаемого помпой через форсунки. Преимущество струйной отмывки перед ультразвуковой заключается в том, что она в принципе безопасна для компонентов, чувствительных к ультразвуку. То есть то, что нельзя мыть в ультразвуковой ванне, можно в струйной системе. Ограничение струйных систем — это невозможность использования промывочных жидкостей на основе растворителей (не говоря уже о спирто-бензине). Если все-таки применение таких жидкостей жизненно необходимо, то в этом случае установка должна быть выполнена во взрывозащищенном исполнении, а в камере, где проводится сама отмывка, должен быть вакуум или инертный газ. Тем

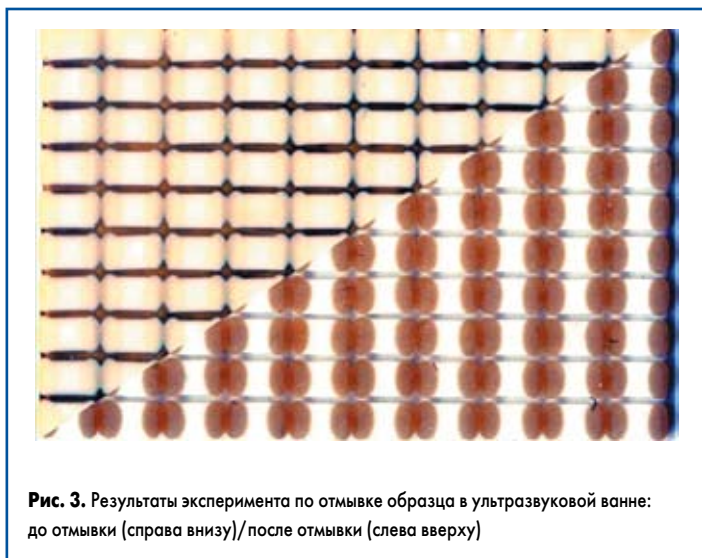


Рис. 3. Результаты эксперимента по отмывке образца в ультразвуковой ванне: до отмывки (справа внизу)/после отмывки (слева сверху)

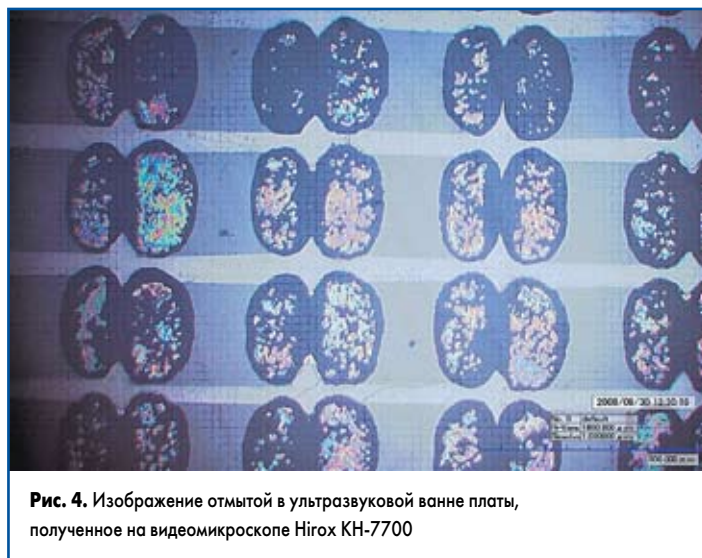


Рис. 4. Изображение отмывки в ультразвуковой ванне платы, полученное на видеомикроскопе Hirox KH-7700

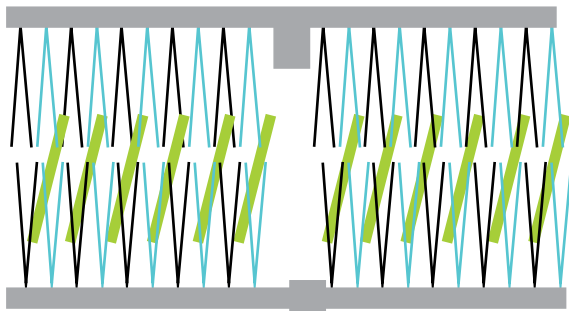


Рис. 5. Схема работы установки струйной отмывки группы I

не менее это ограничение не столь существенно, так как современные промывочные жидкости на водной основе достаточно эффективны при удалении остатков любых флюсов. Более критичным может оказаться наличие теневых эффектов, которые образуются при не слишком удачном расположении печатных узлов друг относительно друга. Другой момент, который может вызывать вопросы, это вымывание пространства под компонентами. Следовательно, современная система струйной отмывки должна иметь конструкцию, предусматривающую

максимальную эффективность работы с минимизацией теневых участков. Немаловажную роль здесь играют такие параметры, как мощность насосов, конструкция форсунок и метод подачи моющего раствора на печатные узлы.

В настоящее время наибольшее распространение получили системы струйной отмывки, которые можно условно разделить на три группы:

- Группа I — отмывка производится через форсунки, подающие моющий раствор под углом к печатному узлу.
- Группа II — отмывка производится через вращающиеся форсунки, подающие моющий раствор перпендикулярно к печатному узлу.
- Группа III — отмывка производится через форсунки,двигающиеся поступательно и параллельно печатному узлу, подающие моющий раствор перпендикулярно к печатному узлу.

Для проведения объективного эксперимента по эффективности отмывки в системах разных групп мы возьмем одинаковые параметры процесса.

Группа I

Как правило, предназначена для отмывки только печатных узлов. Последние помещаются в специальную корзину, которая находится в камере отмывки. Подача моющего раствора осуществляется через вращающиеся или неподвижные форсунки, расположенные сверху и снизу камеры (рис. 5). Для более пол-

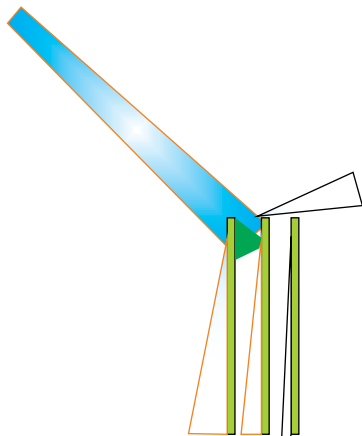


Рис. 6. Образование теневых участков в установках группы I

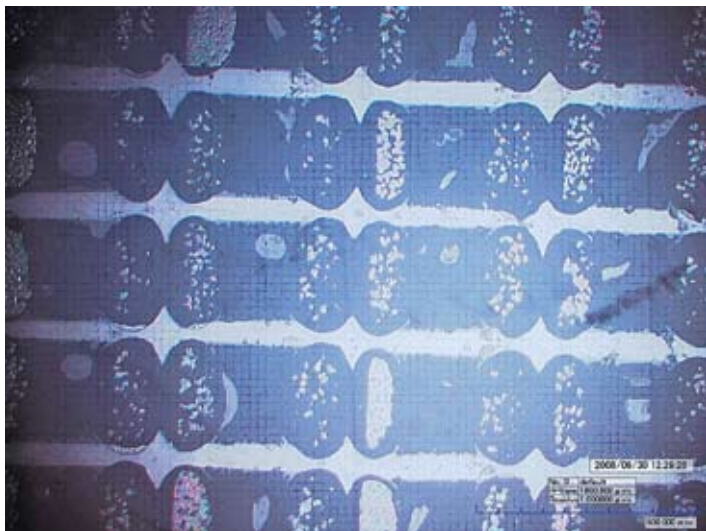


Рис. 7. Результаты эксперимента на установке струйной отмывки с вращающимися форсунками сверху и снизу, с перемещением корзины с платами внутри камеры

ного покрытия моющим раствором печатные узлы должны быть расположены в корзине под наклоном, а для предотвращения попадания струй в одну и ту же точку сама корзина должна совершать возвратно-поступательные движения.

Достоинство метода: производительность. Как правило, в корзину может поместиться большое количество печатных узлов.

Ограничения: велик риск образования теневых зон, особенно если отмываемые печатные узлы большого формата. На большую часть поверхности печатных узлов не происходит прямого попадания моющего раствора (рис. 6). В случае использования вращающихся форсунок снижается воздействие моющего раствора на отмываемую поверхность.

Эксперимент

Параметры процесса:

- Оборудование: установка струйной отмывки с вращающимися форсунками сверху и снизу, с перемещением корзины с платами внутри камеры.
- Промывочная жидкость: Vigon A200.
- Время цикла отмывки: 20 минут.
- Температура: 50 °С.

Результат: остатки флюса между компонентами практически удалены. Под компонентами наблюдается значительное количество флюса. Примерный объем остатка — 85% (рис. 7).

Группа II

Системы, представленные в этой группе, как правило, могут использоваться для печатных узлов и отмывки трафаретов от остатков паяльной пасты.

Отмываемые детали крепятся в специальной раме, которая помещается в камеру. Далее осуществляется отмывка вращающимися форсунками с двух сторон (рис. 8).

Преимущества: перпендикулярное воздействие моющего раствора на поверхность с небольшого расстояния должно повышать качество отмывки по сравнению с предыдущим методом.

Ограничения:

- Большая вероятность образования теневых участков, возникающих за компонентами со стороны, противоположной направлению вращения форсунок.
- Вероятно неполное покрытие раствором углов рамы.
- За счет вращения происходит снижение механического воздействия на поверхность.
- Во время отмывки трафаретов при несинхронном вращении форсунок с лицевой и тыльной стороны велик риск деформации трафарета.
- Невысокая производительность.

Эксперимент

Параметры процесса:

- Оборудование: установка струйной отмывки с форсунками, вращающимися в плоскостях, параллельных отмываемой поверхности.
- Промывочная жидкость: Vigon A200.
- Время цикла отмывки: 20 минут.
- Температура: 50 °С.

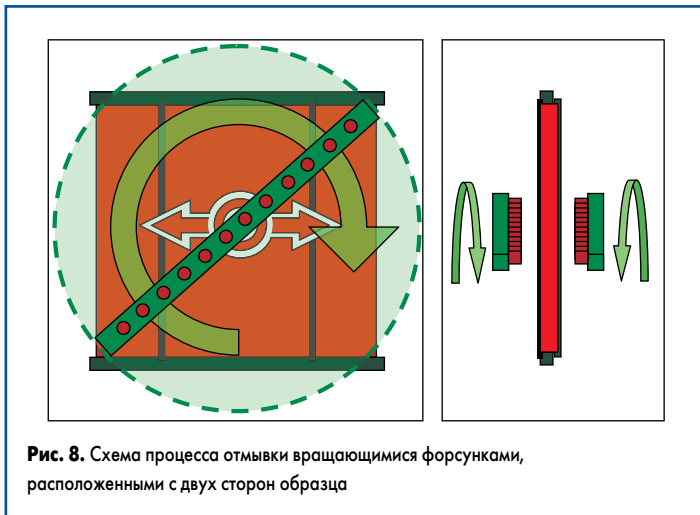


Рис. 8. Схема процесса отмывки вращающимися форсунками, расположенными с двух сторон образца



Рис. 9. Результаты эксперимента на установке струйной отмывки с вращающимися форсунками, расположенными с двух сторон образца

Результат аналогичен предыдущему испытанию. Малое количество остатков флюса между компонентами, но под компонентами его количество по-прежнему велико (порядка 80%). Примечательно, что чуть лучшее вымывание произошло с одной стороны у всех чипов, это хорошо видно на фотографии, то есть именно то, о чем мы говорили, перечисляя ограничения данного способа. Изучив снимок, можно заметить, что форсунки вращались по часовой стрелке, обеспечив удаление некой части флюса сверху, но практически не затронули его с противоположной стороны (рис. 9). Теория подтверждена практикой.

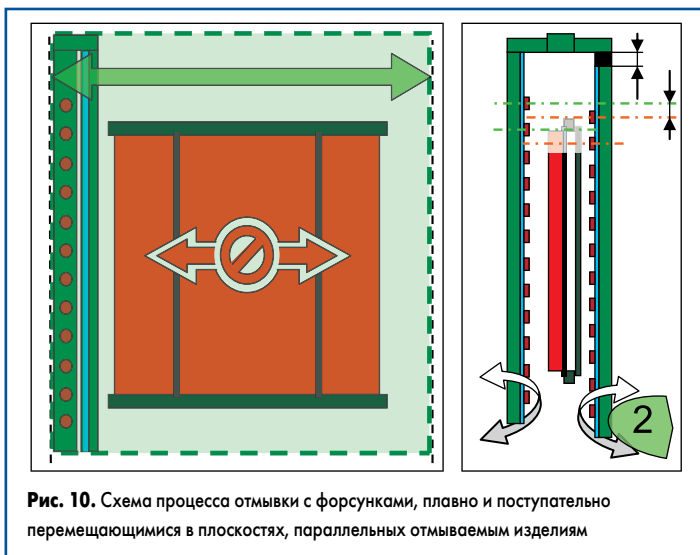


Рис. 10. Схема процесса отмывки с форсунками, плавно и поступательно перемещающимися в плоскостях, параллельных отмываемым изделиям

Группа III

Системы, представленные в этой группе, также могут быть использованы для отмывки печатных узлов и трафаретов. Принцип действия аналогичен установкам группы II: платы крепятся в такой же раме, только форсунки не вращаются, а плавно-поступательно перемещаются в плоскостях, параллельных отмываемым изделиям (рис. 10).

Эти системы лишены недостатков, присущих II группе и связанных с потерей давления, теньевыми зонами и возможным повреждением трафаретов. Единственное ограничение для этого типа — более низкая производительность по сравнению с первой группой. Преимуществом видится намного больше, но посмотрим, как будет обстоять дело с эффективностью.

Эксперимент

Параметры процесса:

- Оборудование: установка струйной отмывки с форсунками, постепенно перемещающимися в плоскостях, параллельных отмываемой поверхности.
- Промывочная жидкость: Vigon A200.
- Время цикла отмывки: 20 минут.
- Температура: 50 °С.

Результат значительно лучше, чем в предыдущих экспериментах. Полностью удален флюс между компонентами. Количество флюса под компонентами — менее 50% (рис. 11)!

При абсолютно равных условиях установка из III группы показала наилучшую эффективность при удалении флюса среди систем струйной отмывки. Отсюда можно сделать вывод и о производительности. Более высокая эффективность отмывки означает более короткое время цикла. При сравнении систем первых двух групп с третьей можно подсчитать, что время цикла у последней будет короче примерно в два раза. Также эффективнее оппонентов будет работать подобная установка при отмывке малого количества печатных узлов. Это связано с тем, что в системах с вращающимися форсунками время цикла не может зависеть от количества отмываемых печатных узлов: вне зависимости от того, сколько ПУ вы установили в корзину или закрепили в рамке, один или двадцать, время цикла будет постоянным. К тому же если камера полупустая, то большая часть раствора будет работать вхолостую, не попадая на ПУ. У систем же с поступательным перемещением существует возможность регулирования длины хода форсунок. То есть если платы закреплены во всей плоскости рамы, форсунки перемещаются вдоль нее по всей длине. Если закреплено малое количество плат на отдельном участке рамы, форсунки могут перемещаться только вдоль этого участка, экономя, таким образом, время и эффективно используя моющий раствор.



Рис. 11. Результаты эксперимента на установке струйной отмывки с форсунками, плавно и поступательно перемещающимися в плоскостях, параллельных отмываемым изделиям



Рис. 12. Результаты эксперимента по технологии «струи в объеме». Очевидны остатки флюса как между чипами, так и под ними

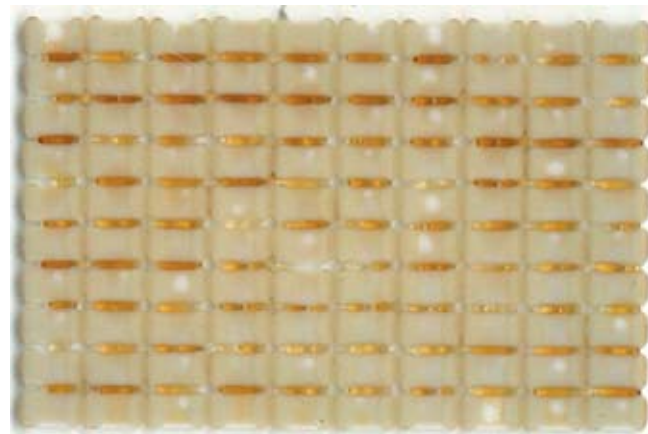


Рис. 13. Результаты эксперимента с применением барботажа. Остатки флюса видны невооруженным глазом

Отмывка по технологии «струи в объеме»

В данном случае производится отмывка печатных узлов, погруженных в ванну с моющим раствором, но не под действием ультразвука, а при помощи потоков того самого раствора, нагнетаемого насосами в объем ванны. Естественно, если есть поступление моющего раствора в ванну, то во избежание переполнения должен быть и его отвод. То есть необходимо, чтобы ванна была оборудована замкнутой системой циркуляции. Причем нагнетающий насос должен быть достаточно мощным, а в этом контуре желательнее отсутствие механических фильтров, дабы исключить понижение давления. Конструкция ванны должна обеспечивать при этом постоянное гидродинамическое сопротивление независимо от количества загруженных в нее печатных узлов.

Одна из основных проблем систем струйной отмывки в воздухе — это попадание моющего раствора под компоненты. Теоретически, так как отмываемые печатные узлы полностью погружаются в моющий раствор, технология «струи в объеме» должна этот недостаток исключать. Но по факту из-за турбулентности воздействие самих струй будет не слишком эффективным, и вымывание загрязнений из-под компонентов, у которых пространство между корпусом и платой закрыто остатками флюса, может не произойти.

Эксперимент

Параметры процесса:

- Оборудование: установка отмывки с ванной, оснащенной системой «струи в объеме».
- Промывочная жидкость: Vigon A200.
- Время цикла отмывки: 20 минут.
- Температура: 50 °С.

В этом случае даже не придется прибегать к видеомикроскопу с высоким разрешением — результат виден невооруженным глазом. Очевидны остатки флюса как между чипами, так и под ними (рис. 12).

В качестве основного данный метод отмывки, безусловно, может работать, но с другими параметрами процесса, в частности, с увеличенным временем. Более эффективным видится его реализация в ультразвуковой ванне — как альтернативный или дополняющий ультразвук способ отмывки.

Барботирование

Барботирование (или барботажа) крайне редко применяется в качестве основной технологии отмывки, а больше как вспомогательный метод. Многие ультразвуковые ванны оснащены устройствами барботажа, которые включаются после ультразвука либо вместо него в тех случаях, когда в УЗ мыть нельзя. Принцип работы барботажа заключается в подаче сжатого воздуха в объем ванны, наполненной промывочной жидкостью, за счет чего производится ее агитация.

Достоинства: недорогая реализация метода; мягкий метод, подходящий для очистки очень хрупких структур; хорошо подходит в качестве дополнения к УЗ или ополаскиванию.

Ограничения: за счет мягкости не слишком эффективен при удалении остатков флюса; не может использоваться с пенящимися промывочными жидкостями.

Может, и эксперимент здесь не нужен, но чтобы честно завершить наши испытания, мы его проведем.

Эксперимент

Параметры процесса:

- Оборудование: установка УЗ-отмывки с ванной, оснащенной системой барботажа.
- Промывочная жидкость: Vigon A200.
- Время цикла отмывки: 20 минут.

- Температура: 50 °С.

Результат оказался вполне предсказуем (рис. 13), что, в общем, и требовалось доказать.

Заключение

Наша «лабораторная работа» хоть и не открыла Америку, но, по крайней мере, расставила все по своим местам. Используемые тестовые образцы оказались надежными индикаторами эффективности той или иной технологии отмывки. Конечно, в реальности печатные узлы не так сильно зафлюсованы, монтаж не такой плотный, да и стеклотекстолит — это не то же самое, что стекло, но, «поставив» оборудование в одинаковые условия, мы с помощью наших образцов сумели провести сравнительный анализ, который оказался не только нагляден, но и полностью подтвердил теоретические предположения и тот опыт, который мы с вами уже имеем. Поэтому с высокой долей уверенности можно резюмировать — наш эксперимент удался и необходимо подвести итоги.

Первое место по качеству отмывки зарабатывает ультразвук. Но! Его воздействие на компоненты может оставаться серьезным ограничением, особенно для производителей спецтехники. Даже если печатный узел после отмывки пройдет функциональный контроль, в будущем последствия воздействия ультразвука на компонент могут сказаться отрицательно.

Второе место занимает система струйной отмывки с поступательным перемещением форсунок вдоль печатного узла.

Третье место — у систем струйной отмывки с вращающимися форсунками.

Четвертое место — струи в объеме.

Пятое место — ни на что не претендовавший изначально барботажа.

Рискнем предположить, что наибольший интерес у читателя вызовет установка, занявшая второе место в общем зачете и безусловное первое среди установок струйной отмывки. С ультразвуком вроде бы все и так ясно. Системы I и II условных групп на рынке представлены уже давно и никого ими не удивить. А вот оборудование группы III не слишком распространено, и мало кто его видел «живьем».