

Окончание. Начало в №№ 6–7'2004

Отмывка печатных узлов

Часть III. Возможные проблемы и методы их решения

Отмывка печатных узлов от остатков флюса является сложным химическим процессом. Отсутствие анализа результатов отмывки делает непредсказуемым поведение изделий в процессе их эксплуатации и не дает гарантии долговременной надежности устройств. Цель настоящей публикации — произвести анализ проблем, возникающих в результате процессов отмывки, и сделать обзор основных методов контроля качества отмывки.

Алексей Ефремов

info@ostec-smt.ru

В результате процессов отмывки могут возникать различные проблемы. Чаще всего причинами возникновения проблем являются неправильный выбор технологического оборудования, промывочных жидкостей или параметров технологического процесса. Тем не менее негерметичные и чувствительные компоненты, несовместимость отдельных материалов, нарушение технологического процесса изготовления печатных плат и некачественные материалы также являются потенциальными источниками возникновения проблем. Давайте вместе рассмотрим основные проблемы, возникающие в результате отмывки печатных узлов и возможные методы их решения.

Частично удаленные остатки флюса

Неполное удаление остатков флюса может происходить по нескольким причинам. Ниже приведены основные причины и корректирующие действия:

- недостаточное время отмывки — увеличить время отмывки;
- низкая концентрация моющего раствора — проверить концентрацию;
- высокая степень загрязнения промывочной жидкости — проконтролировать чистоту моющего раствора;
- низкая температура отмывки — увеличить температуру;
- высокая температура пайки — проверить и откорректировать профиль пайки;
- длительное время между процессом пайки и отмывки — сократить время между процессами до 2–3 часов;
- слабая растворяющая способность промывочной жидкости — заменить промывочную жидкость.

В некоторых случаях, например, если невозможно обеспечить рекомендуемую кавитацию моющего раствора или при высокой степени полимеризации остатков флюса, улучшение качества отмывки может достигаться одновременным изменением нескольких параметров, как правило, времени и температуры отмывки.

Удаление маркировки с компонентов

Частичное или полное удаление маркировки с компонентов (рис. 1) может быть вызвано неправильным подбором режимов отмывки или низким качеством изготовления компонентов. В первом случае для решения проблемы необходимо снизить время или температуру отмывки, во втором (как правило, наблюдается только на отдельных компонентах) предъявить претензии поставщику.

Удаление маркировки с наклеек

Обратитесь за консультацией к поставщику или производителю промывочной жидкости за рекомендациями по выбору типа наклеек. Многие производители промывочных жидкостей производят собственные испытания на устойчивость различных материалов к воздействию их промывочных жидкостей.

Повреждение электронных компонентов

Все электронные компоненты, устанавливаемые на печатные платы, должны быть герметичными. Особое внимание следует уделить подстроечным компонентам, переключателям и разъемам. В процессе отмывки растворенные в промывочной жидкости остатки флюса могут попадать внутрь корпусов компонентов, увеличивая их сопротивление. Поэтому компоненты, не подлежащие отмывке, должны быть защищены от воздействия влаги. Также следует избегать отмывки печатных узлов, содержащих кварцевые резонаторы и реле, в ультразвуковых системах отмывки.

Избыток влаги на печатных узлах после сушки

Печатные узлы должны быть пригодны к отмывке, то есть обеспечивать достаточные зазоры под корпусами компонентов и не содержать открытых сквозных переходных отверстий. В процессе отмывки открытые сквозные отверстия становятся ловушками для остатков промывочной жидкости и влаги.

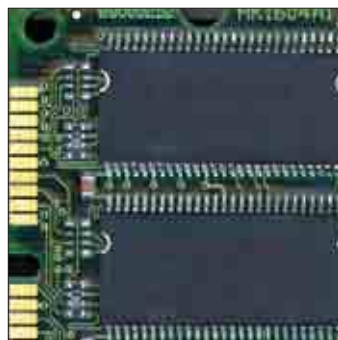


Рис. 1. Пример компонентов в корпусах SO с удаленной в процессе отмывки маркировкой



Рис. 2. Пример удаления маркировки с наклеек

Для повышения качества сушки необходимо увеличить время или температуру сушки, использовать обдув горячим воздухом.

Белый налет

Наверняка, многим приходилось сталкиваться с появлением «белого налета» на поверхности печатных узлов после отмывки. А что мы знаем о причинах этого явления? Почему появляется «белый налет», если его не было раньше? Является ли этот дефект только косметическим или может приводить к серьезным последствиям? Давайте разберемся.

«Белый налет» — это полупрозрачная пленка поверхностных загрязнений, которая может покрывать печатный узел полностью, частично или только окрестности галтели паяного соединения. «Белый налет» появляется на поверхности печатных узлов после отмывки. Данная проблема не ограничивается применением флюсов на канифольной основе и растворителей на спиртовой основе, «белый налет» возникает и после водных процессов отмывки печатных узлов. Налет имеет белый цвет, но иногда может быть светло-желтым, голубым или серым.

Основные причины возникновения «белого налета»

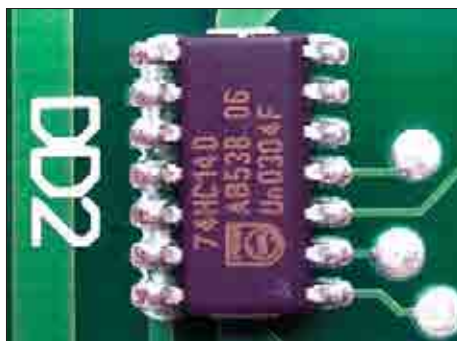
- **Окисление канифоли.** Окисленная в процессе пайки канифоль хуже растворяется в растворителях, чем чистая канифоль. В результате после отмывки печатных узлов на поверхности остается «белый налет» (рис. 3). Таким образом, можно с уверенностью сказать, что длительное время и высокая температура пайки способствуют окислению остатков канифоли и увеличивают вероятность появления «белого налета».

Решение проблемы:

- 1) использовать более эффективные промывочные жидкости;
 - 2) уменьшить температуру и время пайки.
- **Полимеризация канифоли.** Другой причиной возникновения «белого налета» является то, что при использовании канифольных флюсов может происходить полимеризация флюсов в процессе пайки. Полимеризация канифольных флюсов происходит при высоких температурах пайки (выше 250 °C), а также в процессе длительного хранения (несколько суток) между процессами пайки и отмывки. Полимеризованные остатки канифольных флюсов имеют очень длинную молекулярную цепочку. Обычные растворители позволяют растворять только короткие цепочки молекул и не удаляют прочно связанную белую пленку полимеризованной канифоли (рис. 3). Хлорированные и фторированные растворители, спирты и омылители имеют слабую растворяющую способность таких загрязнений.

Решение проблемы:

- 1) использовать более эффективные промывочные жидкости;
- 2) уменьшить температуру пайки или время выдержки печатных узлов между процессами пайки и отмывки;



а) Частично удаленные остатки флюса: «белый налет», после отмывки остатков флюса паяльной пасты



б) «Белый налет» возникающий в результате отмывки остатков флюса после пайки волной припоя

Рис. 3

3) при пайке волной перед процессом отмывки произвести повторное флюсование и предварительный нагрев в установке пайки волной для размягчения остатков флюса.

- **Галогены.** Галогены являются активаторами для флюсов, увеличивающими активность флюса для лучшего удаления оксидных пленок с паяемых поверхностей, кроме того, увеличивают температурную стабильность канифоли. При воздействии на остатки флюса высокой температуры, эти галогены реагируют с металлом, образуя соли (галиды) — обычно хлориды олова, свинца, меди. Остатки канифоли в твердом состоянии обладают высокой степенью изоляции и связывают галиды, но в процессе отмывки происходит их высвобождение. Чаще всего это хлорид свинца, который нерастворим в спиртах и воде (рис. 4).

Решение проблемы:

- 1) использовать менее активные флюсы;
- 2) применять флюсы, не требующие отмывки, или эффективные промывочные жидкости.



Рис. 4. Соли металлов на поверхности паяных соединений

- **Качество воды.** Часто причина появления «белого налета» связана с особенностями водной отмывки и качеством используемой воды. Чем выше чистота воды, тем лучше результат отмывки. Двухвалентные катионы, содержащиеся в водопроводной воде, такие, как ионы кальция и магния, могут реагировать с канифолью, образуя водонерастворимые соединения. Кроме того, обычная водопроводная вода из-под крана содержит целый «букет» растворенных примесей, которые после сушки проявляются на поверхности печатных узлов в виде характерного белого налета, например:

Примесь	Концентрация, мг/л
Соли кальция	до 100
Соли натрия	до 200
Хлориды	до 350
Соли металлов	до 14,2

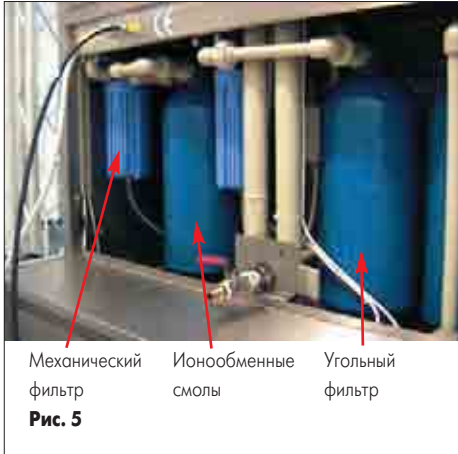
Какова должна быть чистота воды для достижения оптимального результата отмывки?

Качество воды определяется сопротивлением, измеряемым в МОм/см, или обратной величиной — проводимостью, измеряемой в мкСм/см.

Наиболее чистая вода имеет сопротивление 18,2 МОм/см, однако такая вода считается очень дорогой для серийного производства. Вода с сопротивлением 1 МОм/см рекомендуется для отмывки большинства изделий электроники. Сопротивление от 100 кОм/см до 1 МОм/см считается допустимым для многих применений, тем не менее, в случае применения влагозащитных покрытий минимальная чистота воды должна быть обеспечена в пределах 1 МОм/см. Вода с сопротивлением от 10 до 100 кОм/см может привести к появлению проблем, особенно в аппаратуре специального назначения. Водопроводная вода обычно имеет сопротивление в пределах от 1 до 25 кОм/см. Двухвалентные катионы, такие, как кальций и магний, содержащиеся в водопроводной воде, могут вступать в реакцию с остатками канифольных флюсов, образуя нерастворимый белый осадок. Они могут также уменьшать эффективность и срок жизни промывочных жидкостей в ванне. Поэтому для промышленных применений рекомендуется применять воду деионизированную или дистиллированную, а также очищенную методом обратного осмоса.

Как обеспечить качественную очистку воды? Существует множество методов очистки воды от ионных и неионных загрязнений. В промышленности наиболее популярны следующие методы очистки:

- **Механическая фильтрация.** Обеспечивает сопротивление 25–30 кОм/см. Данный метод позволяет произвести очистку воды от механических частиц, крупнее 1 мкм. Фильтры с активированным углем обеспечивают дополнительную очистку от хлора и наиболее эффективны в сочетании с установками обратного осмоса или деионизаторами.
- **Метод обратного осмоса.** Обеспечивает очистку от всех механических и многих ионных загрязнений, позволяя получить сопротивление 25–500 кОм/см.



Механический фильтр Ионообменные смолы Угольный фильтр
Рис. 5

• **Деионизация.** Очистка воды производится на ионообменных смолах (катионах и анионах). Катионные смолы удаляют все положительно заряженные ионы (кальция, натрия и т. д.), замещая их ионами водорода (H⁺). Анионные смолы задерживают отрицательно заряженные ионы, заменяя их гидроксильными ионами (OH⁻). Объединяясь, ионы H⁺ и OH⁻ образуют чистую воду. Применение смешанных катионных и анионных ионообменников позволяет получить воду с сопротивлением до 18 МОм/см. В промышленности используются системы очистки воды, состоящие из нескольких основных узлов (рис. 5), обеспечивающих очистку воды от твердых и ионных загрязнений.

Следует обратить внимание, что в ваннах отмытки и ополаскивания часто применяется вода с температурой до 50 °С и выше, поэтому перед очисткой вода должна быть охлаждена до 30–35 °С.

• **Взаимодействие остатков флюса и диэлектрика.** «Белый налет» может появляться в результате применения диэлектриков ненадлежащего качества. Диэлектрик может быть не полностью «задублен», также могут возникать ошибки в процессе производства и выбора смол.

Решение проблемы:

1) обеспечить подбор качественного стеклотекстолита.

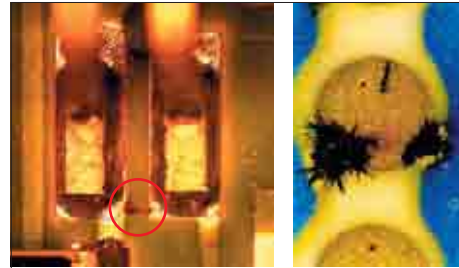
• **Паяльная маска.** Мелкие частицы оксида алюминия добавляются в паяльную маску для обеспечения необходимых реологических свойств. Если паяльная маска не полностью полимеризована, то флюс или моющие средства могут взаимодействовать с оксидом алюминия, образуя видимость «белого налета» (рис. 6), при этом дефект носит косметический характер.



Рис. 6. «Белый налет» на паяльной маске



Рис. 7. Плохая адгезия влагозащитного покрытия



а) Пример электрохимической миграции б) Пример коррозии



в) Область возникновения токов утечки
Рис. 8

Решение проблемы:

- 1) данный косметический дефект может быть устранен путем обработки поверхности печатных узлов струей горячего воздуха (150 °С) с помощью термофена;
- 2) обеспечить полное термодубление паяльной маски в процессе изготовления печатных плат.

Кроме вышеперечисленных, причинами возникновения «белого налета» могут быть смолы диэлектрика печатных плат, эпоксидные клеи, материалы компонентов и другие загрязнения.

Какую опасность представляет «белый налет»?

Не полностью удаленные остатки канифоли, не содержащие активаторов, являются косметическим дефектом и могут оказывать влияние только на последующие операции, например, ухудшать адгезию влагозащитных покрытий (рис. 7).

Остатки активаторов представляют существенно большую опасность. В процессе эксплуатации изделий они могут приводить к возникновению процессов электромиграции, коррозии, искажению уровня сигналов и коротких замыканий (рис. 8).

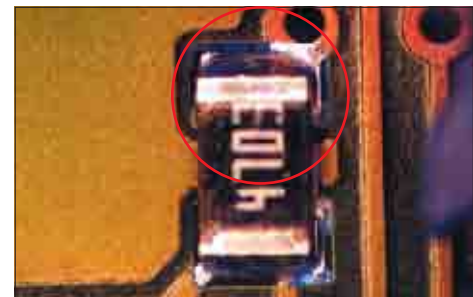
Методы контроля качества отмытки печатных узлов

После отмытки печатные узлы должны быть подвергнуты контролю качества от-

мытки. Обычно это делается для пяти наиболее сложных по конструкции печатных узлов из одной партии. Контроль может осуществляться следующими методами:

1. Визуальный метод контроля позволяет оценить наличие или отсутствие видимых остатков флюса, например, канифоли. Однако данный метод не дает возможности контроля самых опасных загрязнений — ионных.
2. Контроль качества удаления канифольного флюса может быть осуществлен в соответствии с международным стандартом IPC-TM-650 (тестовый метод 2.3.27). Допустимые значения канифольных остатков для электронной аппаратуры:
Класс 1 — не более 200 мкг/см²;
Класс 2 — не более 100 мкг/см²;
Класс 3 — не более 40 мкг/см².
3. ZESTRON Flux Test — самый простой и доступный метод контроля качества отмытки печатных узлов. Это специальный тестовый набор, который позволяет определить наличие остатков активаторов флюса, являющихся источниками ионных загрязнений, на поверхности печатных узлов. Принцип действия данного набора основан на применении специального реактива, изменяющего цвет остатков флюса, содержащих ионные компоненты, на голубой или фиолетовый. По расположению остатков флюса, изменивших цвет, и насыщенности цвета можно судить о степени их опасности (рис. 9).

4. Количественная оценка ионных загрязнений может быть произведена с помощью тестового оборудования серии Ionograph (рис. 10). Испытания производятся согласно IPC-TM-650 (тестовый метод 2.3.25). Допустимый уровень ионных загрязнений должен быть меньше, чем 1,56 мкг/см² в эквиваленте NaCl. Для оценки ионного загрязнения применяется следующая технология: печатный узел помещается в емкость с раствором изопропи-



а)



б)

Рис. 9. Фиолетовый цвет активаторов соответствует их большому количеству в остатках флюса и на поверхности печатных узлов



Рис. 10. Тестер оценки ионного загрязнения IONOGRAPH 500M STD

лового спирта и деионизованной воды (соотношение 75:25%). Рабочая жидкость многократно пропускается через емкость с образцом, вследствие чего происходит растворение ионосодержащих загрязнений и диссоциация их на ионы. В результате этого меняется проводимость рабочей жидкости, которая измеряется и пересчитывается в эквивалентную массу NaCl в мкг на площадь печатного узла. Необходимость пересчета в ионы NaCl обусловлена тем, что проводимость для раствора NaCl линейно зависит от количества ионов, что упрощает калибровку оборудования.

Существует два подхода к оценке ионного загрязнения, однако наиболее перспективным считается динамический метод. При динамическом методе контроля измерительная система состоит из одного контура. Ионизованная рабочая жидкость из испытательной области попадает в блок измерения проводи-

мости, далее деионизируется в блоке очистки и попадает опять в испытательную область. Проводимость измеряется в каждом цикле, затем вычисляется суммарное значение проводимости за все циклы. Измерения прекращаются, когда прекращается изменение проводимости рабочей жидкости.

Преимущества метода

Использование постоянной деионизации рабочей жидкости в процессе тестирования позволяет:

- проводить высокоточные измерения для плохо растворимых и слабо ионизованных загрязнений;
- исключить влияние CO₂, содержащегося в воздухе, на результат измерения;
- проводить новое измерение сразу после извлечения ПУ.

Тестеры ионного загрязнения необходимы на любом производстве, поскольку позволяют выявить дефекты технологического процесса и повысить качество, а главное, надежность производимой электроники. Тестеры должны применяться при отладке параметров технологического процесса, связанных с использованием новых материалов, элементной базы, изменением конструктива печатного узла, оптимизацией процессов пайки и отмывки.

Требования к печатным узлам и компонентам, подвергаемым отмывке

- Печатные узлы должны быть пригодны к отмывке, то есть обеспечивать достаточные зазоры под корпусами компонентов и не содержать открытых сквозных переходных отверстий. В процессе отмывки от-

крытые сквозные отверстия становятся ловушками для остатков промывочной жидкости и влаги.

- Все электронные компоненты, устанавливаемые на печатные платы, должны быть герметичными. Особое внимание следует уделить подстроечным компонентам, переключателям и разъемам. Компоненты, не подлежащие отмывке, должны быть защищены от воздействия влаги.

Заключение

Данная статья является завершающей в серии публикаций, посвященных технологии отмывки печатных узлов от остатков флюса после пайки. Надеемся, что приведенная в публикациях информация будет полезна при принятии решения о необходимости отмывки, подборе технологических режимов, анализе проблем и выборе методов контроля. Хотелось бы еще раз отметить, что отмывка печатных узлов является сложным химическим процессом, оказывающим серьезное влияние на работоспособность и долговременную надежность изделий в процессе их эксплуатации. Поэтому не следует пренебрегать простыми методами контроля качества отмывки, приведенными в настоящей публикации.

В заключение следует отметить, что при внедрении новых технологических процессов отмывки очень важным фактором является возможность поставщиков технологических материалов и оборудования обеспечить квалифицированную технологическую помощь в выборе режимов, анализе и решении проблем.