

Монтажные флюсы. Смывать или не смывать?

В последнее время на отечественном рынке материалов для монтажной пайки широко рекламируются импортные флюсы. Реклама превозносит их достоинства, в том числе возможность не смывать их после монтажа. Как относиться к такой рекламе? Можно ли допустить остатки флюсов для аппаратуры, работающей в экстремальных условиях? Особенно если требования к ее ресурсам исчисляются почти ста тысячами часов, а наработка на отказ — десятками тысяч?

**Аркадий Медведев
д. т. н.**

medvedev@main.elserv.ru

Появились публикации, оценивающие коррозионные процессы на электронных изделиях, источником которых являются остатки флюсов. Авторы этих публикаций [1], к сожалению, не учли, что коррозионным процессам металлических элементов плат предшествуют процессы деградации электрической изоляции, завершающиеся электрохимическим отказом [2]. Цель данной публикации — обозначить свою точку зрения на особенности использования флюсов, чтобы попытаться вывести читателей из заблуждения, навязываемого рекламой и поддерживаемыми ее публикациями.

Материалы, предлагаемые в качестве флюсов для пайки электронных изделий, могут относиться к смолосодержащим и смолонесодержащим. Все смолонесодержащие флюсы имеют ионогенные компоненты, от которых платы нужно очищать. С этим никто не спорит, и о них мы говорить не будем. Споры идут вокруг смолосодержащих (чаще канифольных) флюсов. Нужно ли очищать от них монтажные изделия? Именно это и предстоит обсудить.

Основу смолосодержащих флюсов, как правило, составляет канифоль, представляющая собой смесь органических кислот. Главный компонент этой смеси — абиетиновая кислота. Органические кислоты — такие как салициловая, молочная, стеариновая, лимонная, муравьиная и т. д. — также могут быть использованы для подготовки поверхности к пайке, однако, в силу их большей активности, они требуют более аккуратного обращения и тщательной промывки изделий после пайки. Эти кислоты, как и некоторые их соединения, чаще используются в качестве активаторов и добавок к флюсам на основе канифоли.

Уровень кислотности флюса на основе чистой канифоли очень мал, но в результате ее растворения и в процессе нагрева при пайке происходит ее активация. Процесс активации канифоли начинается при температуре около 170 °С. При сильном нагреве (более 300 °С) происходит интенсивное разложение канифоли и потеря ее флюсообразующих свойств.

Предлагаемые на рынке флюсы классифицируются по степени активности следующим образом (приведенная классификация отличается от отечественного отраслевого стандарта ОСТ4Г0.033.200.).

Тип «R» (от «*rosin*» — канифоль) представляет собой чистую канифоль в твердом виде или растворенную в спирте, этилацетате, метиленэтилкетоне и подобных растворителях. Это наименее активная группа флюсов, поэтому ее используют для пайки по свежим поверхностям или по поверхностям, которые были защищены от окисления в процессе хранения. Судя по рекламе и в соответствии с рекомендациями ОСТ4 Г0.033.200, эта группа флюсов не требует удаления их остатков после пайки.

Тип «RMA» (от «*resin mild activated*» — слегка активированная канифоль) — группа смолосодержащих флюсов с различными комбинациями активаторов: органическими кислотами или их соединениями (диметилалкилбензиламмонийхлорид, трибутилфосфат, салициловая кислота, диэтиламин солянокислый, триэтаноламин и др.). Эти флюсы обладают более высокой активностью по сравнению с типом R. Предполагается, что в процессе пайки активаторы испаряются без остатка. Поэтому они считаются абсолютно безвредными. Судя по рекламе, этот флюс тоже не требует отмывки. Но очевидно, что процесс пайки должен быть гарантированно завершен полным испарением активаторов. Такие гарантии может обеспечить только машинная пайка с автоматизацией температурно-временных процессов (температурного профиля пайки).

Тип «RA» (от «*rosin activated*» — активированная канифоль). Эта группа флюсов рекламируется для промышленного производства электронных изделий массового спроса. Несмотря на тот факт, что данный вид флюса отличается более высокой активностью по сравнению с упомянутыми выше, он также преподносится рекламой как не требующий смывки, поскольку его остатки якобы не проявляют видимой коррозионной активности.

Тип «SRA» (от слов «super activated resin» — сверхактивированная канифоль). Эти флюсы были созданы для нестандартных применений в электронике. Они могут использоваться для пайки никелесодержащих сплавов, нержавеющей стали и материалов типа сплава ковар. Флюсы типа SRA очень агрессивны и требуют тщательной отмывки при любых обстоятельствах, поэтому их использование в электронике строго регламентировано.

Тип «No-Clean» (не требует смывки). Эта группа специально создана для процессов, где нет возможности использовать последующую отмывку плат или она затруднена по каким-то причинам. Основное отличие этой группы состоит в крайне малом количестве остатков флюса на плате по окончании процесса пайки.

Для обеспечения высокой надежности паяных соединений активность флюсов является определяющей. Но при условии, если это не влечет за собой ухудшение электроизоляционных свойств монтажного основания за счет неизбежных ионногенных загрязнений, источником которых являются остатки флюсов. Что касается даже очень незначительных остатков активаторов, то их роль в увеличении поверхностной проводимости в условиях повышенной влажности несомненна. Сомнительна только роль остатков канифоли. При каких условиях они могут создать проводимость? Почему и при каких условиях зарубежные руководства и российские стандарты разрешают их остатки на поверхности монтажных узлов?

Чтобы ответить на эти вопросы, нужно учесть только одно обстоятельство: в качестве флюса используется не сухая канифоль, а ее спиртовые растворы. И в этом состоянии она химически активна. Ее главный компонент — абиетиновая кислота — в спиртовом растворе способен растворять окислы металлов с образованием комплексных соединений. Каждый может легко убедиться в том, что спиртовая композиция канифоли достаточно долго удерживает спирт, за счет этого она долго не твердеет. В этом состоянии в ней активируются реакции растворения металлов, и тем самым создаются ионногенные компоненты проводимости.

В состоянии проводимости спиртовая композиция канифоли выполняет роль гелеподобного электролита, в котором работа микрогальванических пар олово–медь приводит к коррозии меди опять-таки с образованием продуктов проводимости.

За счет содержания спирта композиция канифоли в условиях даже умеренного увлажнения приобретает способность к гидролизу. Продукты гидролиза тоже создают проводимость. Многие видели последствия гидролиза канифоли в виде визуально различного белесого налета на поверхности плохо отмытого монтажного узла.

Если платы покрывают электроизоляционным лаком, остатки канифоли (тем более — активаторов), продуктов ее гидролиза и другие загрязнения в условиях увлажнения приводят к осмотическим явлениям, завершающимся отслоением и пузырением лакового покрытия. Пузыри оказываются наполненными влагой и создают канал проводимости изоляции (рис. 1).

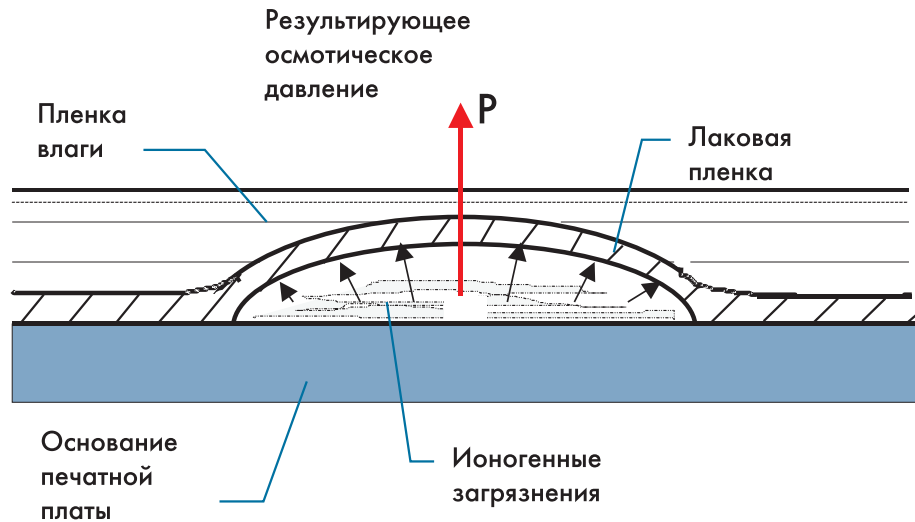


Рис. 1. Осмотические явления приводят к отслоению лаковой пленки

Все эти рассуждения имеют только одну цель — убедить читателя в том, что остатки флюсов в условиях повышенной влажности создают источники поверхностной проводимости.

Что из этого следует? Незначительное снижение сопротивления изоляции для электронного узла не является криминалом. Его величина еще настолько велика, что не оказывает никакого шунтирующего влияния на функционирование схемы. Беда в другом: проводимость изоляции создает стартовые условия для электрохимического отказа [3]. Сущность этого отказа состоит в том, что под действием присутствующего на плате напряжения проводник-анод растворяется, отдавая в канал положительно заряженные ионы металла (рис. 2, а). Ионы направляются по каналу к проводнику-катоде, восстанавливаются на нем до металлического состояния, образуя в изоляционном зазоре проводящие перемычки в виде дендритоподобной рыхлой металлической структуры (рис. 2, б). В результате этих процессов за несколько минут могут образоваться нитевидные кристаллы толщиной 2...20 мкм и

длиной до 12 мм (рис. 2, в). После образования нитевидной перемычки кристаллы постепенно утолщаются до 0,1 мм, приобретая отчетливый металлический блеск. Сопротивление таких кристаллов может доходить до 1 Ома. Если проводящие дендриты «закорачивают» цепи питания, электронный блок сгорает. Последовательность роста дендритов хорошо прослеживается на фотографиях (рис. 3).

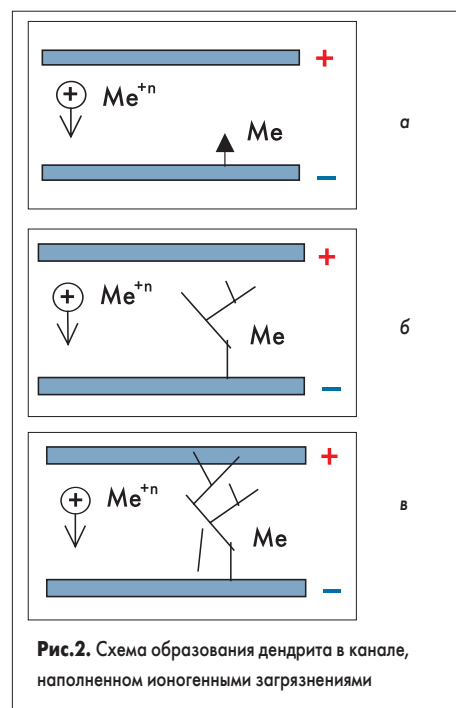


Рис. 2. Схема образования дендрита в канале, наполненном ионногенными загрязнениями

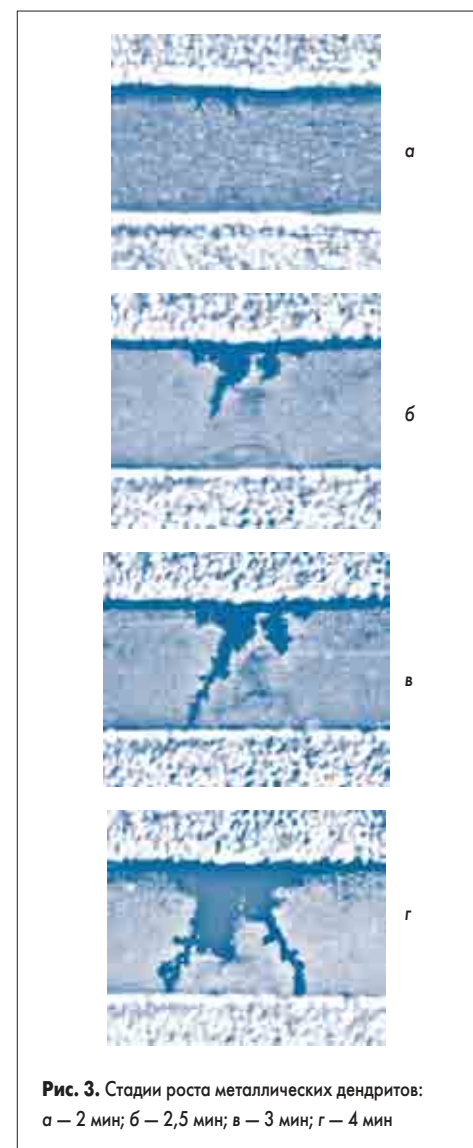


Рис. 3. Стадии роста металлических дендритов: а — 2 мин; б — 2,5 мин; в — 3 мин; г — 4 мин

Теперь автор может заявить, что обеспечение надежности электроизоляционных конструкций электронных узлов немисливо без повышенных требований к чистоте рабочей поверхности изделия. Поэтому на гамлетовский вопрос: «Мыть или не мыть?», ответ может быть только один — МЫТЬ! [4]

Мыть нужно еще и потому, что в процессе производства на поверхности плат неизбежно остаются загрязнения от прикосновений рук. Отпечатки пальцев — это выделяемый сальными железами жировой секрет, содержащий значительные концентрации водорастворимых ингредиентов. Среди них натрий хлористый (3,8 г/л), мочевины (0,55 г/л), калий хлористый (0,3 г/л), натрий сернистый, глюкоза, кислота уксусная и пропионовая, кислота мочевиная, кальций хлористый (0,3 г/л).

Другой вопрос, который напрашивается сам собой, — зачем нужен флюс типа *No Clean*, если все равно нужно мыть? Действительно, флюс *No Clean* разрабатывался именно для случаев, где отмывка невозможна или нежелательна. Основное отличие данного типа флюса от обычных на основе канифоли заключается в отсутствии в нем ионногенных компонентов и низком содержании твердых включений. Композиция *No Clean* подобрана таким образом, что остаток нерастворенных и не улетучившихся при пайке веществ сведен к минимуму (менее 2%). Разве этого мало, чтобы создать проводимость изоляции? К тому же одна из функций флюса — активировать поверхности, то есть растворить окислы и загрязнения. Значит, после пайки его остатки должны содержать ионногенные примеси. Или печатный узел должен быть подготовлен таким образом, чтобы на его поверхности не было окислов и загрязнений. Возможно ли это?

Поэтому удаление технологических загрязнений также актуально и для *No Clean* флюсов и не снимает ответственности за дефекты, возникающие из-за отсутствия операции отмывки. Во всяком случае, нанесению влагозащитных покрытий должна предшествовать тщательная очистка поверхностей, чтобы избежать отслоения лака.

Отмывку плат крайне предпочтительно делать на промышленных установках. В идеале предпочтительно использовать для отмывки ультразвуковую установку. Сейчас производители поставляют на рынок широкий спектр такого оборудования с различными возможностями и по различным, подчас очень доступным ценам. Однако в случае невозможности приобретения такого оборудования можно пойти дедовским методом и мыть вручную.

При выборе среды для смывки руководствуются составами и свойствами загрязнений, подлежащих смывке. Условно их можно разделить на три группы:

- нейтральные компоненты, появившиеся в процессе производства: жиры, масла, пыль, волокна бумаги, тканей, частицы металлов и прочие безвредные в обычных условиях элементы. Они, как правило, легко удаляются бензином;
- ионногенные компоненты: остатки гальванических электролитов, травильных растворов, активаторов флюсов, минеральное содержание отпечатков пальцев и т. д. Мате-

риалы этого типа, как правило, крепко удерживаются на поверхности за счет адгезии и требуют для очистки использования водных растворов;

- полярные органические соединения: органические кислоты (канифоль и активаторы), продукты разложения флюсов и пр. Обладают высокой адгезией к поверхности и требуют соответствующих (тоже полярных) растворов для удаления (спирта).

До сегодняшнего дня наиболее распространенным растворителем в российской электронике является спирто-бензиновая смесь. Спирт смывает остатки канифоли, бензин — жиры и масла, в том числе жировой секрет отпечатков пальцев. Спирт образует с растворенными в нем загрязнениями азеотропную смесь, то есть испаряется вместе с ними. Бензин, испаряясь, оставляет на поверхности растворенные в нем компоненты. Но в сочетании со спиртом его моющие свойства улучшаются. Поэтому данная композиция безусловно лучше, чем ничего. Однако основным ее недостатком является то, что она смывает только первую и третью группы из перечисленных выше. Вторая же, которая является наиболее распространенной и наиболее опасной, большей частью остается. Тем более не смываются минеральные соли из загрязнений, являющихся следами прикосновений рук.

Существуют два решения данной проблемы: либо использовать водные растворы технических моющих средств (поверхностно-активных веществ), либо добавлять диссоциирующие добавки в растворитель (например, использовать водный раствор изопропилового спирта). В идеальном случае после подобной операции желательно использовать окончательную промывку деионизированной водой и сушку, что даст результат, близкий к

наилучшему. Самый хороший результат дают отмывки с наложением ультразвука.

Из всего вышесказанного можно сделать следующий вывод: проектирование технологий электронной аппаратуры требует осознанного подхода к выбору флюсов, основанного на необходимости удаления их остатков, особенно перед нанесением влагозащитных покрытий. ■

Литература

1. Лукин А., Парфенов А. Коррозионные испытания узлов на поверхностном монтаже. «Электронные компоненты», № 5, 1999.
2. Алексеев В. И., Медведев А. М. Конструктивно-технологическое обеспечение надежности БЦВМ. «Проблемы информатизации», № 3–4, 1998.
3. Медведев А. М. Надежность и контроль качества печатного монтажа. М.: Радио и связь, 1986.
4. Пособие по применению и подбору основных паяльных материалов ALPHA METALS®.