

«Струи в вакууме» в водных и полуводных процессах. Прецизионная очистка изделий специального назначения



Установка УСОТП использует сразу две технологии: струи в воздухе и вакуумную отмывку, благодаря чему достоинства обеих технологий комбинируются. В статье подробно рассказано о требованиях к очистке печатных плат перед пайкой и другими операциями и показано, чем может помочь вакуум в каждой из этих операций. УСОТП подходит для применения не только в производстве электроники, но и в любом другом технологическом процессе, где требуется очищать сложнопрофильные детали в водной или полуводной среде.

ООО «Профессиональное оборудование и технологии»,
г. Санкт-Петербург

В статье мы рассмотрим проблематику отмывки изделий ответственного назначения на примере печатных узлов, хотя данную технологию можно с успехом применять в любом процессе, где требуется качественная очистка сложнопрофильных деталей в полуводной или водной среде.

О том, какие преимущества дает применение вакуума при струйной отмывке, мы решили рассказать на примере радиоэлектронной промышленности, как одной из самых проблематичных с точки зрения внедрения процесса очистки. Плотный монтаж, низкопрофильные компоненты с зазором, достигающим 25 мкм, глухие микроскопические отверстия некоторых элементов (например, в датчиках давления отверстия в крышках — 0,5 мм), неприменимость некоторых технологий к отдельным видам ЭБ, жесткие требования к сушке — всё это позволяет максимально полно раскрыть проблематику и указать коллегам из других отраслей на возможный путь решения их задач.

Буквально несколько слов скажем о традиционных, всем хорошо известных способах очистки. По типу используемой технической моечной

среды (ТМС) методы отмывки можно разделить на три группы: водные, полуводные, очистка в растворителях. Классические методы агитации жидкости для данных групп указаны в табл. 1.

С ручной отмывкой все просто: минимальные затраты на входе, максимальные — на выходе. Это связано с низкой повторяемостью процесса, большим влиянием человеческого фактора на результат. Дешевое оборудование — дорогой труд, низкое качество. Также не стоит забывать о влиянии моющих средств на здоровье персонала, особенно если используются растворители на спиртовой основе и легковоспламеняющиеся жидкости.

Струи в объеме и барботаж практически не применяются как отдельное решение для отмывки ввиду своей малой эффективности, однако их

применение оправдано как дополнение к ультразвуку для ополаскивания деталей после очистки в ТМС.

Ультразвуковая очистка эффективна, но имеет ряд ограничений. В частности, отмываемые изделия необходимо располагать правильно, с учетом их геометрии, расположения глухих отверстий и труднодоступных для отмывки частей. Ополаскивание происходит в отдельных ваннах (причем для каждого этапа требуется отдельная емкость), то же самое касается сушки. Хорошо, если система автоматизирована, а если нет, корзины или прочую оснастку придется переставлять вручную, плюс чем больше емкостей используется, тем больше места занимает линия. Еще одно ограничение, касающееся радиоэлектронной промышленности, — не все компоненты можно подвергать воздействию УЗ,

Таблица 1. Методы агитации жидкости при разных способах очистки

Водные, полуводные процессы	Растворители на спиртовой основе
• Ручная очистка • Струйная отмывка (струи в воздухе) • Ультразвук • Струйная отмывка (струи в объеме) • Барботаж	• Ручная очистка • Струйная отмывка (струи в воздухе). - Взрывозащищенное исполнение оборудования • Очистка в вакууме



Рис. 1. Установка вакуумной очистки УСОТП: вид внутри

соответственно технологю следует это учитывать.

Струйная отмывка (струи в воздухе) отличается относительной компактностью, так как все процессы, включая сушку (давайте говорить честно: предварительную, если речь идет о радиоэлектронике), происходят в одной камере. Оператору не нужно постоянно находиться рядом с установкой. Загрузили корзину, запустили процесс, выгрузили корзину. К недостаткам можно отнести сравнительно невысокую эффективность при отмывке сложнофасонных изделий, малых зазоров, низкопрофильных компонентов и глухих отверстий. Добиться результатов, которые отвечали бы требованиям к изделиям ответственного производства, бывает непросто, зато если уж наладили техпроцесс, дальше работать одно удовольствие.

Вакуумная очистка модифицированными спиртами и растворителями (рис. 1) — относительно новое решение, имеющее множество преимуществ: под действием вакуума очиститель проникает в самые мелкие зазоры и растворяет загрязнения. Обезжиривание паром и эффект дистилляции позволяет эффективно очищать отмывочную жидкость, максимально увеличивая время между заменами ТМС. Быстрая сушка.

Предлагаемое нами решение находится на стыке двух технологий — струй в воздухе и вакуумной отмывки в спиртах, позволяя комбинировать достоинства этих двух методов.

Итак, на монтажном участке отмывка чаще всего требуется на трех

этапах, которые будут рассмотрены ниже.

► Отмывка печатных плат (ПП) и компонентов перед монтажом.

С поверхности печатной платы необходимо удалить консервационное покрытие, нанесенное производителем, а также остатки смазки, диэлектриков. Кроме того, требуется обезжиривание контактных площадок для качественного нанесения припоя.

Перед пайкой очень важно качественно просушить плату (равно как и компоненты, особенно массивные элементы после хранения при высокой влажности). Для этого используется специальное оборудование: сушильные шкафы. Процесс занимает 8–12 часов при температуре 115–125 °С. Причем если однослойные платы из текстолита допустимо просушивать только в случае, если они хранились на складе более 6 месяцев, то многослойные платы, гибкие и жестко-гибкие платы не допускают хранения между сушкой и монтажом. То есть просушивать их необходимо непосредственно перед пайкой. В противном случае мы получим расслоение платы. Особенно остро стоит эта проблема при использовании бессвинцовой технологии, так как в этом случае пайка осуществляется при более высоких температурах.

Чем может помочь вакуум?

В установке УСОТП (рис. 2) производства ООО «НПП Протон» реализована возможность сушки при температуре до 120 °С при высокой кратности обмена воздуха, с возможностью циклического создания разре-

жения до 0,2 атм. (202 мбар). Именно чередование режимов высокой конвекции и изменения давления от 1 до 0,2 атм. и обратно позволяют существенно сократить время сушки, а также добиться качества, недостижимого ни в одной установке, работающей по принципу «струи в воздухе».

Кроме того, при необходимости возможно реализовать более щадящие режимы сушки. Так как точка кипения уменьшается за счет вакуумирования, диффузия происходит при более низких температурах, при контролируемом изменении давления, что исключает возможность коробления материалов.

► Очистка трафаретов.

Крайне важный этап. Даже если ваш трафаретный принтер оснащен системой очистки, ни в коем случае нельзя пренебрегать полной качественной отмывкой трафарета в конце смены, а также, по необходимости, в течение рабочего дня. Некачественная очистка апертур приводит к таким дефектам, как недостаточное количество паяльной пасты на площадке, появление бусин припоя. Ворсинки от салфетки, которые могут остаться на трафарете, приводят к образованию дендритоподобных структур, а также способны стать проводниками при повышении влажности.

Качественно удалить неоплавленную пасту из мелких апертур, не повредив при этом трафарет, задача совсем не простая. Большинство установок для отмывки трафаретов оснащены системой подсветки для визуального определения не вымывшихся остатков. Ситуация усугубляется тем, что современные трафареты с нанопокрывтием не допускают отмывку при высоких температурах, то есть желательно, чтобы процесс происходил при температуре 20–30 °С, кроме того, щелочной pH ТМС с ПАВ также критичен для покрытия. Выход — увеличение в установке струйной отмывки давления жидкости на трафарет, что тоже может привести к повреждению трафарета, особенно если ramпы работают асинхронно.

Чем может помочь вакуум?

Поверхностное натяжение жидкости — это явление, которое не позволяет ТМС эффективно проникнуть в малые апертуры, размер которых сейчас может достигать 0,165 мм. Обычно оно уменьшается путем на-

грева жидкости и (или) добавления ПАВ, однако при отмывке трафаретов и то, и другое нежелательно. В установке УСОТП реализована возможность отмывки при одновременном создании в камере остаточного давления до 0,4 атм. Воздух, вытесняемый из апертур, легко замещается отмывочным средством. При этом можно выбрать шадающий режим давления струй на поверхность трафарета, исключающий его повреждение.

► Отмывка смонтированных плат.

Практика многих предприятий показывает, что даже при использовании паяльных материалов класса NC зачастую отмывку исключить из процесса производства электроники невозможно, даже если влагозащита не применяется. Например, при пайке волной флюс может проникать на поверхность платы через переходные отверстия и края платы, а должной его деактивации, возможно, не происходит, так как процессу оплавления подвергается только нижняя часть ПП.

Еще один момент заключается в том, что в случае пенного флюсования на поверхность платы вместе с флюсом попадают дополнительные загрязнения и окислы с предыдущих плат.

Итак, если отмывка ПУ предусмотрена и выбор пал на струйную отмывку, мы сталкиваемся со множеством нюансов. Ниже рассмотрим лишь некоторые из них.

Наши реалии таковы, что конструкторы редко проектируют ПП с учетом того, что они будут подвергаться отмывке. А некачественная отмывка бывает злом еще большим, чем вовсе не отмытая плата. Основные сложности доставляют плотно посаженные компоненты разного размера, когда более крупный компонент затеняет низкопрофильный и препятствует попаданию под него ТМС, равно как удалению ТМС с растворенными загрязнениями из зазора. Бывают и совсем грубые ошибки, когда, например, переходное отверстие расположено под элементом. Оно стано-

вится отличной ловушкой для белого налета, влекущего возникновение токов утечки, коррозию и прочие «прелести».

В общем случае при отработке процесса отмывки на предприятии основное внимание стоит уделить компонентам с зазором между платой 50 мкм, он может существенно уменьшиться за счет, например, маски.

Особенно внимательными нужно быть при внедрении водной отмывки. Вода сама по себе имеет крайне высокое поверхностное натяжение, которое просто не даст ей проникнуть в зазор, например, 25 мкм при нормальных условиях, а паяльные материалы класса WS всегда активны, наличие их остатков недопустимо.

Чем может помочь вакуум?

При разрежении объем пузырька воздуха увеличивается практически кратно. Он как бы выталкивается из самого малого зазора и замещается отмывочной жидкостью. Стоит также учесть, что при вакуумировании стадия кипения достигается при более низких температурах, например, в нашем случае (если остаточное давление 0,4 атм.) уже при 60 °С мы достигаем эффекта начала интенсивного образования пузырьков, что значительно ускоряет процесс отмывки, одновременно делая его более качественным. Мы можем удалить загрязнения даже из самых маленьких глухих отверстий.

Также с помощью вакуумирования мы можем произвести финишную сушку изделия аналогично процессу, описанному в абзаце об отмывке ПП до пайки.

В завершение хотелось бы сказать несколько слов об установке УСОТП, так как ее особенности заключаются не только в технологии «Струи в вакууме».

Процесс отмывки изделий может состоять из семи основных технологических операций в одном цикле:

- 1) возможность замачивания отмываемых изделий парами моющего раствора при его нагреве до 100 °С и относительной влажности до 100 %;
- 2) отмывка моющим раствором (растворение загрязнений моющим раствором) при остаточном давлении в камере до 0,4 атм. и нагреве до 90 °С;
- 3) предварительное ополаскивание отмываемых изделий (удаление растворенной грязи) деионизирован-



Рис. 2. Установка вакуумной очистки УСОТП: общий вид

ной или дистиллированной водой при остаточном давлении в камере до 0,4 атм. и нагреве до 90 °С;

4) режим «Злые струи» — одновременная подача через форсунки ТМС и сжатого воздуха значительно увеличивает давление жидкости, позволяя «отковыривать» сложно удаляемые загрязнения;

5) два метода финишного ополаскивания:

► ополаскивание отмываемых изделий деионизированной водой при остаточном давлении в камере до 0,4 атм. и нагреве до 90 °С и с контролем качества отмытки по датчику электропроводности;

► ополаскивание паром. Это дает нам уникальную возможность отказаться от такой дорогой и агрессивной

деионизированной воды. Производя финишное полоскание парами дистиллированной воды при 100 % влажности, мы добиваемся одновременно двух преимуществ:

- пар легко и быстро проникает в самые мелкие зазоры и труднодоступные места и так же легко извлекается с помощью вакуумирования камеры;
- пар дистиллированной воды практически лишен примесей и не может загрязнить платы солями и иными отложениями;

6) предварительная сушка изделий горячим воздухом, нагреваемым до 120 °С, с контролем качества сушки по датчику влажности;

7) финишная сушка путем вакуумирования при создании остаточного

давления в камере до 0,2 атм. с контролем качества сушки по датчику влажности.

Перечисленные особенности позволяют эффективно использовать установку УСОТП не только в радиоэлектронной промышленности, но и для очистки топливных и масляных фильтров, топливных форсунок, карбюраторов, шестерен подшипников, оптических стекол, кристаллов кремния и германия, печатных картриджей, фотобарабанов, производственного инструмента (сверл, резцов, надфилей, напильников), листовой стали, пресс-форм, деталей 3D-принтеров, хирургического инструмента, ювелирных изделий, антиквариата, в стоматологической ортопедии, для очистки деталей гироскопов и т. д.

Е. И. Набокова, коммерческий директор,
ООО «Профессиональное оборудование
и технологии», г. Санкт-Петербург,
тел.: +7 (812) 643-2355,
e-mail: sale@protehtest.ru,
сайт: www.protehtest.ru

**ИНЖЕНЕРНОЕ СОБРАНИЕ
РОССИИ**

**ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ
ИНДУСТРИИ БУДУЩЕГО**

22 июня 2022

Санкт-Петербург

КРЕОНОМИКА
Кластер предприятий HiTech, наукоемких
технологий и инжиниринга СЗФО РФ

6+