

Отмывка печатных узлов ответственной радиоэлектронной аппаратуры

В статье рассматриваются вопросы обеспечения качества ответственной радиоэлектронной аппаратуры за счет применения на этапе отмывки печатных узлов современных высокотехнологичных решений. Рассмотрены особенности современных технологий отмывки печатных узлов на основе водных процессов. Показаны особенности современного оборудования, применяемых материалов, даны рекомендации по организации участка отмывки печатных узлов на предприятиях отечественной радиоэлектронной промышленности.

Александр Шеманов

Александр Смирнов, к. т. н.

При производстве современных радиоэлектронных устройств с высокими требованиями к надежности важнейшая задача — это обеспечение полного удаления загрязнений с поверхности печатных узлов (ПУ) в процессе сборки изделий. Поэтому очистка печатных узлов от остатков флюсов является одним из ключевых этапов производственного процесса.

Известно, что одним из наиболее эффективных видов механической агитации на этапе отмывки считается ультразвуковая агитация промывочной жидкости. Кавитационные явления, возникающие в объеме жидкости под воздействием ультразвука, позволяют эффективно удалять загрязнения не только с поверхности печатных узлов, но и из-под корпусов компонентов, и это сегодня одна из самых сложных и трудно решаемых задач [1]. Однако воздействие ультразвука допустимо далеко не для всех типов электронных компонентов. Для многих электрорадиоэлементов (ЭРЭ) данные о влиянии ультразвука на различные показатели надежности элементов отсутствуют.

Таким образом, в случае, когда необходимо гарантировать полное удаление загрязнений с поверхности печатных узлов при сохранении целостности

элементной базы, реальной альтернативой отмывке в ультразвуковых ваннах является использование струйных систем отмывки, реализующих технологию отмывки «струи в воздухе» на основе водных растворов промывочных жидкостей (рис. 1).

Также немаловажной технологической операцией, которой традиционно незаслуженно уделяется мало внимания, является отмывка трафаретов от остатков паяльных паст. Многие производители забывают, что подавляющее большинство дефектов пайки возникает на этапе трафаретной печати, результат которой во многом зависит от качества очистки трафаретов. Наиболее эффективна очистка трафаретов с помощью автоматизированных систем очистки и специализированных промывочных жидкостей.

Далее в статье будут подробно рассмотрены вопросы отмывки ПУ и трафаретов при различных способах организации процесса на основе современного высокопроизводительного оборудования.

Отмывка печатных узлов в струйных системах с применением водных растворов промывочных жидкостей



Рис. 1. Технология «струи в воздухе»

Принцип работы систем струйной отмывки камерного типа упрощенно можно представить на примере работы посудомоечной машины. Отличие в том, что вместо загрязненной посуды в камере находятся печатные узлы, которые последовательно подвергаются обработке раствором промывочной жидкости, водопроводной и деионизованной воды. Подобные системы реализуют полный цикл очистки и сушки ПУ без вмешательства оператора, обеспечивая высокую производительность процесса и стабильно высокое качество отмывки. Сейчас на российском рынке представлены различные установки струйной отмывки европейских, американских и азиатских компаний. Все они отличаются не только названием и ценой, но и принципом работы и, что, пожалуй, самое главное, — конструктивными особенностями.



Рис. 2. Установки отмывки Riebesam серии 03T



Рис. 3. Промывочная жидкость Aquanox A4241



Рис. 4. Мембранная перекачивающая помпа

Поскольку применение современного оборудования на этапе отмывки изделий является обязательным условием обеспечения высокого качества очистки ПУ от различных загрязнений, рассмотрим детально конструкцию систем отмывки производства компании Riebesam, Германия.

Сегодня установки серии 03Т (рис. 2) — эффективно одни из лучших в своем классе систем отмывки. В зависимости от габаритов и количества печатных узлов, подлежащих отмывке, модельный ряд дает возможность подобрать оптимальную конфигурацию установки, что определяет производительность процесса. Эти машины нашли широчайшее применение в России и используются многими предприятиями, которые выпускают высоконадежную радиоэлектронную аппаратуру.

При производстве установок используются высококачественные материалы и комплектующие. Так, например, наружные детали корпуса и силовая конструкция выполнены из нержавеющей стали, а агрегаты и соединения проходят серию тестов для обеспечения высокой надежности на протяжении всего срока службы установки. Все уплотнения и клапаны протестированы на совместимость со всеми существующими на мировом рынке промышленными жидкостями на водной основе, что не ограничивает заказчика в выборе технологии отмывки. Совместно с компаниями — производителями жидкостей отработаны режимы, наилучшим образом подходящие для того или

иного типа моющего раствора. Как показала практика внедрения и эксплуатации этих установок, наилучшие результаты отмывки достигаются с использованием промывочных жидкостей компании Kuzeu, США. Так, сегодня оптимальным решением является использование промывочной жидкости Aquanox A4241 в струйных системах отмывки серии 03Т [2].

Технические характеристики промывочной жидкости приведены в таблице 1. А в таблице 2 — типовые рекомендуемые параметры процесса отмывки с помощью промывочной жидкости Aquanox A4241 в струйных системах отмывки серии 03Т.

При работе с современными щелочными растворами промывочных жидкостей необходимо обеспечить полную совместимость деталей оборудования с моющей средой [3]. В установках серии 03Т для перекачки моющего раствора из камеры в бак служит специализированная мембранная помпа (рис. 4), которая эффективно удаляет остатки промывочной жидкости из рабочей камеры и трубопроводов, снижая ее потери и уменьшая расходы на цикл отмывки. Реальные данные по расходу следующие: на 60 циклов отмывки установка потребляет три литра промывочной жидкости. Материал, из которого сделана помпа и другие составляющие установок отмывки, является химически стойким, что позволяет избежать протечек системы.

Бак для промывочной жидкости имеет теплоизоляцию, таким образом, при постоянной работе промывочная жидкость не остывает и пода-

ется в рабочую камеру горячей, и, следовательно, не тратится время и электроэнергия для нагрева жидкости до заданной температуры. Кроме того, бак имеет минимальный контакт с окружающим воздухом для минимизации запаха промывочной жидкости и снижения ее потерь на испарение. Это выгодно отличает установки серии 03Т от установок с открытыми резервуарами, к которым, как правило, подведена вытяжная система, что приводит в итоге к высокой потере жидкости на испарение. Бак для промывочной жидкости расположен рядом с установкой отмывки, что удобно при контроле состояния жидкости: при необходимости ее можно долить для достижения рабочей концентрации.

Специальная двухступенчатая система фильтрации позволяет осуществлять тонкую очистку промывочной жидкости в процессе циркуляции в системе, в полном соответствии с требованиями ведущих производителей таких жидкостей (рис. 5).

Таблица 1. Химические и физические свойства Aquanox A4241

Параметр	Значение (100% концентрат)
рН 100%	10,5–11,5
Точка вспышки	Отсутствует
Давление паров летучих органических веществ (VOC)	0,07 мм рт. ст. при +20 °С
Содержание VOC в 100%	609,3 г/л
Температура кипения	99 °С
Растворимость в воде	100%
Относительная плотность	1,033–1,043
Коэффициент преломления, °BRIX	42–52

Таблица 2. Рекомендуемые параметры процесса отмывки

Технология отмывки	Водная
Вид механической агитации	Струи в воздухе
Промывочная жидкость	Aquanox A4241
Концентрация промывочной жидкости, %	25–30
Время отмывки, мин.	5–15
Температура отмывки, °С	46...56
Ополаскивание	Водопроводная вода
Финишное ополаскивание	Деионизованная вода
Сушка	Горячий воздух



Рис. 5. Механические фильтры


Рис. 6. Клапан установок серии 03Т

Еще одним важным моментом при эксплуатации установок отмывки является надежность клапанов во избежание потерь промывочной жидкости, четкое переключение между циклами отмывки и ополаскивания. В установках серии 03Т применяются мощные клапаны с пневматическим управлением, которые обеспечивают надежность и минимальный расход промывочной жидкости (рис. 6).

Система блокировки замка рабочей камеры обеспечивает безопасность от случайного открывания во время работы установки.

С помощью блока управления с сенсорным дисплеем можно задать программы и параметры процесса. Простота и удобство программного обеспечения позволяет без особого труда регулировать режимы работы, время и количество циклов отмывки и ополаскивания, а также температуру жидкости в рабочей камере. Все программирование осуществляется на русском языке.

Все установки серии 03Т имеют возможность подключения к проточной воде для предварительного ополаскивания. По желанию заказчик может производить процесс ополаскивания сначала проточной водой для удаления растворенных загрязнений и остатков промывочной жидкости, а затем перейти к финишному ополаскиванию деионизованной водой. При такой организации процесса расход деионизованной воды значительно снижается.

Для экономии времени при ополаскивании возможно подключение установок к горячему водоснабжению. Также по требованию заказчика установки могут поставляться без модулей сушки.

Для контроля качества отмывки установка оснащена системой контроля проводимости

воды для ополаскивания. При достижении заданной проводимости воды ополаскивание деионизованной водой прекращается, и машина автоматически переходит к стадии сушки, экономя деионизованную воду.

При необходимости установки могут быть оснащены системой замкнутой рециркуляции деионизованной воды. Таким образом, процесс может быть организован следующим образом: после очистки промывочной жидкостью осуществляется ополаскивание проточной водой, которая сбрасывается, а вода после цикла финишного ополаскивания не сливается в канализацию, а возвращается в специальный бак для дальнейшей фильтрации, деионизации и повторного использования.

Также в установках предусмотрена система автоматической подготовки промывочной жидкости в баке путем смешивания концентрата с водой в необходимой пропорции.

Печатные узлы в рабочей камере могут быть расположены как на одном уровне, так и на двух (друг над другом). При двухуровневой отмывке используются две корзины для размещения ПУ и добавляется еще одна (третья) вращающаяся форсунка между двумя корзинами, которая распыляет промывочную жидкость вверх и вниз. Вращающиеся форсунки служат для равномерного распыления промывочной жидкости и воды для ополаскивания. Асимметричное расположение распы-

лителей на форсунках исключает теневые зоны при отмывке.

В конфигурацию установки также может быть включен модуль деионизации для подготовки воды перед ополаскиванием.

Для снижения потерь промывочной жидкости перед процессом сушки форсунки продуваются сжатым воздухом. При сушке воздух забирается из окружающей среды. Проходя через субмикронную систему фильтрации, особый чистый воздух поступает в камеру, что исключает попадание частиц пыли на поверхность ПУ.

Установки могут комплектоваться различными видами корзин для размещения ПУ (рис. 7). Наиболее универсальна многофункциональная корзина, где можно размещать печатные узлы как в специальных секциях, так и между пластиковыми держателями, закрепляемыми на нижней сетчатой поверхности корзины в произвольном порядке [4].

Помимо стандартных комплектаций возможно формирование установки под конкретные требования заказчика.

Многолетний опыт производства установок отмывки и тесный контакт с производителями радиоэлектроники позволяют утверждать, что эти установки — одни из лучших для струйной отмывки печатных узлов после пайки от остатков различных типов флюса, органических и прочих загрязнений. Технические характеристики установок серии 03Т приведены в таблице 3.

Таблица 3. Технические характеристики установок серии 03Т

Характеристики установок	22-03Т	23-03Т	26-03Т	28-03Т
Наружный размер (Ш×Г×В), мм	900×675×1270	657×747×1725	756×804×1775	1160×918×1915
Эффективный размер рабочей камеры (Ш×Г×В), мм	476×476×460	476×476×530	535×535×600	910×628×680
Резервуар для промывочной жидкости, л	30	30	50	100
Вес (без резервуара для промывочной жидкости), кг	130	160	200	250
Вес (с резервуаром для промывочной жидкости), кг	160	160	230	300
Нагрузка на верхнюю выдвижную корзину, кг (макс.)	20	20	20	20
Нагрузка на нижнюю выдвижную корзину, кг (макс.)	10	10	20	25
Максимальная температура режима сушки, °С	+110	+110	+110	+110
Оснащение универсальным модулем сушки	+	+	+	++
Оснащение дополнительным модулем сушки через форсунки		+	+	+
Производительность отмывочного насоса, л/мин.	440	440	950	1800
Максимальная потребляемая мощность, кВт	9,2	10,8	11,0	22,0
Напряжение питания, В	380/3 фазы			
Частота, Гц	50			
Патрубок вытяжной вентиляции, мм	50	50	70	108
Количество уровней отмывочных корзин, макс.	2	2	3	3
Возможность увеличения размера рабочей камеры	Нет	Нет	Да	Да
Требуется подключение сжатого воздуха	Да	Да	Да	Да
Продувка форсунок сжатым воздухом	Да	Да	Да	Да
Защита от случайного открытия крышки	Да	Да	Да	Да
Система фильтрации входящего воздуха	Да	Да	Да	Да
Система автоматической рециркуляции деионизованной воды	Да (опция)	Да (опция)	Да (опция)	Да (опция)
Автоматическая система рециркуляции и перемешивания промывочной жидкости	Да	Да	Да	Да
Дооснащение системой двухступенчатой фильтрации промывочной жидкости	Да (опция)	Да (опция)	Да (опция)	Да (опция)


Рис. 7. Варианты исполнения корзин для отмываемых плат

Очистка трафаретов

Современные производители электроники все чаще сталкиваются с необходимостью производить высококачественную отмывку трафаретов от остатков паяльных паст и других видов загрязнений. Все больше изделий имеют в своем составе ЭРЭ с малым шагом, а также чип-компоненты 0402 или 0201.

Особенность отечественного рынка оборудования для очистки трафаретов в том, что производители электроники часто не имеют возможности обосновать закупку установки специально под трафареты, а в отношении универсальной машины, способной производить как отмывку трафаретов, так и отмывку плат, это сделать проще. При выборе универсального решения на первый план выходит обеспечение производительности системы отмывки. Ведь если трафаретов в день нужно отмыть сравнительно небольшое количество, то плат приходится мыть гораздо больше. Специалистам немецкой компании Systronic удалось решить эту проблему при создании универсальной установки отмывки CL 500 (рис. 8).



Рис. 8. Установка отмывки CL 500

Установка CL 500 предназначена для отмывки печатных узлов после пайки, трафаретов, плат с дефектами нанесения паяльной пасты. Машина представляет собой двухкамерную систему с двумя независимыми контурами отмывки и ополаскивания, что позволяет получить минимальный расход промывочной жидкости.

В левой камере осуществляется отмывка (рис. 9), затем рама с изделием перемещается из камеры отмывки через зону ополаскивания деионизованной водой. Форсунки системы ополаскивания расположены с двух сторон от отмываемого изделия (рис. 10). После перемещения платы через зону ополаскивания рама с изделием проходит воздушный нож



Рис. 9. Вращающиеся форсунки зоны отмывки



Рис. 10. Фиксированные форсунки системы ополаскивания

и попадает в правую камеру, где осуществляется сушка горячим воздухом с заданной температурой. При необходимости может быть добавлено еще несколько циклов ополаскивания для более эффективной отмывки.

Во время сушки первая камера может быть использована для проведения отмывки. Таким образом, производительность установки увеличивается вдвое, позволяя обрабатывать две рамы одновременно. Цикл отмывки составляет всего 6–10 минут на одну раму с отмываемыми изделиями. Для увеличения производительности сушка может быть сокращена.

Важной особенностью является полностью замкнутая система отмывки промывочной жидкостью, что позволяет получить минимальный расход моющего раствора. Потери жидкости происходят только при испарении и на выносе изделия, в отличие от установок, где отмывка и ополаскивание производятся через одни и те же форсунки, которые перемещаются с двух сторон от отмываемых изделий. Контур ополаскивания также полностью замкнут и может быть оснащен системой деионизации. Установка может быть дополнительно оснащена системой фильтрации моющего раствора (рис. 11) и воды для ополаскивания, подогревом промывочной жидкости, различными рамками для фиксации печатных узлов, трафаретов в рамах, а также системой крепления трафаретов без рамы.

Все параметры техпроцесса отмывки отображаются на панели управления. Для контроля качества отмывки предусмотрен датчик проводимости воды для ополаскивания.

Установки отмывки серии CL 500 могут работать с различными промывочными жидкостями разных производителей, в зависимости от предпочтений заказчика. В то же время, следуя принципу универсальности при выборе промывочной жидкости, рекомендуется использовать состав Aquanox A4241. Это универсальное средство, позволяющее эффектив-



Рис. 11. Система фильтрации моющего раствора

но удалять как остатки флюсов паяльных паст с поверхности ПУ, так и остатки неоплавленных паяльных паст, неотвержденных клеев с поверхности трафаретов. При использовании Aquanox A4241 не нужно заменять жидкость при смене типа изделий, подвергающихся отмывке.

Таблица 4. Технические характеристики установки CL 500

Габаритные размеры, мм	2500×900×1465
Максимальный размер отмываемых изделий, мм	750×750
Подключение скатого воздуха	Не требуется
Вытяжная вентиляция	100 мм, 200 куб. м/ч
Объем резервуара с промывочной жидкостью, л	7
Объем бака для ополаскивания, л	60
Объем перекачиваемой жидкости отмывка/ополаскивание, л/мин.	85/66
Вес, кг	450
Параметры напряжения питания	380 В/50 Гц/22 кВт
Отмывочная жидкость	На водной основе
Шум, дБ	Менее 69

На сегодня CL 500 является лучшей универсальной установкой для отмывки печатных плат и трафаретов в одной машине. Технические характеристики модели CL 500 приведены в таблице 4.

Литература

1. Смирнов А. М. Промывочные жидкости на водной основе. Факторы, влияющие на качество отмывки // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. 2010. № 8.
2. Смирнов А. М. Струйная отмывка печатных узлов. Вопросы выбора промывочной жидкости // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. 2011. № 7.
3. Смирнов А. М. Совместимость паяльных материалов и промывочных жидкостей // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. 2011. № 6.
4. Луговцов А. В. Струйная отмывка — гибкость и производительность! // Производство электроники. 2010. № 8.