

# Решение проблемы качества и производительности процесса отмывки на контрактном производстве электроники

П. Константинов<sup>1</sup>, Ю. Рогозина<sup>2</sup>

УДК 621.3.049.75:621.79.024 | ВАК 05.27.06

В этом материале компания «МикроЭМ Технологии» предлагает читателю ознакомиться со своим опытом в части автоматизации ответственной технологической операции – отмывки печатных узлов. Компания специализируется на контрактном производстве сложной продукции с высокими требованиями к качеству. Одной из мер, способствовавших решению проблемы повышения качества и одновременно увеличения производительности при изготовлении электронных изделий с высокими эксплуатационными свойствами и/или устройств, предназначенных для работы в жестких условиях, стало внедрение автоматической отмывочной машины. Статья может представлять интерес в первую очередь для заказчиков и производителей электронных приборов специального назначения, предполагающих использование в сложных условиях и отличающихся высокой степенью надежности и долговечностью.

**В** чем заключаются сложности и особенности отмывки печатных узлов, в каких случаях эта операция необходима?

После монтажа печатных узлов на их поверхностях можно наблюдать остатки флюса и фрагменты других загрязнений, занесенных во время пайки. Они могут провоцировать короткие замыкания, приводить к ухудшению адгезии и отслоению влагозащитного покрытия, возникновению коррозии, уменьшению сопротивления изоляции.

Необходимость отмывки зависит от классов изготавливаемых изделий и паяльных материалов, используемых при их производстве, а также запросов заказчиков относительно степени влагозащиты, которая напрямую влияет на надежность изделия, и их пожеланий в отношении его внешнего вида. Для продукции, которая будет эксплуатироваться в сложных условиях, например приборов военного или специального назначения, качественная отмывка печатных плат, входящих в ее состав, является обязательным требованием даже в случае применения материалов категории NC (No Clean – не требующие отмывки).

Понятно, что отмывка, являясь отдельным этапом технологического процесса, который требует дополнительных затрат рабочего времени и расходных материалов, увеличивает себестоимость печатных узлов. Тем не менее, ухудшение значимых параметров работы изделия,

вызываемое различными загрязнениями, обуславливает необходимость включения затрат на операцию отмывки в общую стоимость изготовления продукции в случаях, когда ее долговечность и надежность имеют приоритетное значение.

На качество отмывки влияют такие факторы, как способ отмывки, тип оборудования, вид отмывочной жидкости и параметры воды, подаваемой системой водоподготовки. В зависимости от способа отмывки и применяемых материалов температура отмывочной жидкости и длительность процесса могут варьироваться. Безусловно, важен тщательный контроль процесса, осуществляемый на всём его протяжении.

Существуют два основных способа отмывки печатных узлов – ручной и автоматизированный. Ручной способ традиционно подразделяется на два варианта: отмывку с помощью спирто-бензиновых составов и ультразвуковую отмывку в водных растворах с использованием специальной установки. Автоматизированные установки отмывки можно разделить по типу агитации на ультразвуковые и струйные, которые отличаются по способу загрузки на горизонтальные и вертикальные. В свою очередь, вертикальные установки классифицируются по конфигурации на однокамерные и многокамерные, а по количеству одновременно загружаемых рам – на однорамные и двурамные.

Автоматизированные системы более эффективны в сравнении с ручной отмывкой. Оборудование является одним из ключевых элементов в процессе отмывки; от выбора машины для отмывки во многом зависит длительность технологического цикла, качество изделия и его стоимость.

<sup>1</sup> ООО «МикроЭМ Технологии», главный технолог, konstantinov@microem.ru.

<sup>2</sup> ООО «МикроЭМ Технологии», директор по маркетингу, y.rogozina@microem.ru.

Далее рассмотрен процесс выбора и внедрения высокопроизводительной установки конвейерной струйной отмычки замкнутого типа с вертикальной загрузкой на контрактном производстве электроники «МикроЭМ Технологии».

До приобретения отмывочной машины сотрудники компании отмывали печатные узлы различными способами с применением разнообразных систем.

В самом начале деятельности компании печатные узлы отмывались вручную спирто-бензиновыми смесями с использованием пластиковой тары. Такой способ имеет значительные недостатки; одним из основных являются высокие трудозатраты всего процесса в целом и ополаскивания в частности и, как следствие, низкая производительность. Кроме того, процесс осложняли риски, связанные с пожарной опасностью, обусловленные сочетанием человеческого фактора и использования горючих смесей, что сказывалось на качестве изделия. Существенной проблемой при ручной отмычке является дефект «белый налет» – полупрозрачная пленка поверхностных загрязнений, которая может покрывать полностью плату или только окрестности паяного соединения. Ключевым экономическим минусом данного метода можно назвать высокую себестоимость продукции, которая формируется за счет дороговизны материалов и их большого расхода, а также ввиду высокой трудоемкости.

Следующим этапом было использование профессиональной отмывочной машины Miele IR 6001. Машина позволила сократить объем использования труда персонала и улучшить повторяемость результатов. Чистота отмычки для установок такого типа (с горизонтальной загрузкой) на хорошем уровне. Из минусов – долгое время цикла, большой расход деионизованной воды и моющей жидкости, высокая стоимость запчастей и сервиса.

Третьим способом, применявшимся в компании, была ручная отмычка в водных растворах при помощи ультразвуковой установки. Ее наличие не освобождало от использования пластиковой тары и не снижало трудозатраты, необходимые для ополаскивания. Производительность при применении такого метода также была недостаточной. Присутствие в процессе человеческого фактора дополнялось воздействием ультразвука, которое приводило к искусственному старению изделий.

В связи с описанными выше сложностями руководство компании приняло решение передавать операцию отмычки печатных узлов на аутсорсинг. Основой причиной стало начало работы с изделиями ответственного применения и модулями, используемыми в медицинских приборах. Предприятие-партнер предоставляло компании «МикроЭМ Технологии» услугу ультразвуковой отмычки на автоматической установке замкнутого цикла в модифицированных спиртах.

Однако свои недостатки обнаружили и у такого подхода. Так же как и в методах, доступных компании в рамках собственного производства, этот вариант подразумевал негативное воздействие на изделия ультразвука и агрессивных жидкостей. Помимо этого, аутсорсинг не позволял оказывать прямое влияние на технологический процесс.

Тем не менее, высокое качество и скорость процесса не могли остаться незамеченными. Именно эти факторы привели руководство «МикроЭМ Технологии» к решению о приобретении отмывочной машины с высокой производительностью и гарантированным качеством технологического процесса.

Рассматривались следующие модели отмывочных машин:

- PSE LH71, Kolb cleaning;
- PS 300 2HY, Kolb cleaning;
- Optisol KP 30-H / MA, FinnSonic;
- InJet 388 TWIN CRRD, DCT;
- AT 3000, KED;
- CL500, Systronic;
- AQUBE XV7, Kolb cleaning;
- SuperSwash Twingo, PBT.

Для того чтобы сделать наилучший выбор, специалистами компании были сформированы критерии, которым должна была соответствовать отмывочная машина.

Во-первых, как наиболее приемлемый вариант рассматривалась струйная отмычка, которая не подразумевает ограничений по компонентам. Так как ответственные изделия и чувствительные компоненты нежелательно подвергать искусственному старению в ультразвуке, то от рассмотрения ультразвуковых установок в модифицированных спиртах было решено отказаться.

Во-вторых, важным требованием при выборе являлось качество струйной отмычки. Основным классом изделий, которым необходима отмычка, являются изделия специального назначения. Однако многие заказчики продукции промышленного назначения также требуют высокого качества отмычки, при котором визуальная проверка под микроскопом не должна обнаруживать никаких остатков. Прямое воздействие струи на всю площадь изделия обеспечивается вертикальным расположением печатного узла. Это сводит к минимуму эффект «затенения», обычно наблюдаемый в системах отмычки с горизонтальной загрузкой, использующих загрузочные приспособления в виде корзин. В связи с этим машины с горизонтальным типом загрузки также не подходили. Компании была необходима машина вертикального типа.

В-третьих, был рассчитан желаемый показатель производительности за одну смену на одного сотрудника. Необходимо было добиться производительности в объеме 6 тыс. плат размерами ~155×40 мм в месяц, что эквивалентно примерно 3 тыс. европлат. Для однокамерных однорамных машин данный объем является полной загрузкой – это

означает, что рост объема обработанных узлов был бы возможен только за счет увеличения числа смен, которое, в свою очередь, неизбежно привело бы к росту себестоимости на единицу продукции. Для двухрамных машин запас составил  $\times 1,7$ , для двухкамерных –  $\times 2,0$ . Таким образом, наиболее оптимальным вариантом оказались двухкамерные машины – с поправкой на адекватные габариты и стоимость.

В-четвертых, при выборе немаловажным нюансом была конфигурация. Необходимо, чтобы конструкция была оснащена тремя отдельными баками – для рабочей жидкости, черногого и чистового ополаскивания. Требовались замкнутая система фильтрации для контроля чистоты ополаскивающих жидкостей и встроенная сушка воздушным ножом.

По результатам анализа представленных на рынке моделей отмывочных машин, сведенным в табл. 1, наиболее подходящими были признаны InJet 388 TWIN CRRD и SuperSwash Twingo.

Сравнивая две наиболее подходящие модели, компания ориентировалась на критерии длительности технологического цикла, общего качества исполнения и стоимости комплекта оборудования. Немаловажным фактором было также наличие оперативной и компетентной технической поддержки со стороны компании – поставщика оборудования.

В итоге была выбрана InJet 388 TWIN CRRD компании DCT, так как длительность ее технологического цикла ниже, чем у SuperSwash Twingo, за счет отдельных камер процессов отмывки, финишного ополаскивания и проходной камеры предварительного ополаскивания. Общее качество исполнения выигрывало ввиду того, что практически все

ответственные узлы этой установки, от которых зависит качество отмывки и кондиции используемых жидкостей, изготовлены из нержавеющей стали.

Убедиться в качестве сервиса компании-поставщика специалисты «МикроЭМ Технологии» смогли на этапах доставки и подключения установки.

Специалистами компании «МикроЭМ Технологии» поставщику была поставлена задача осуществления работы машины в «замкнутом цикле», при котором не требуется подача воды и слив, что значительно упрощает внедрение машины в производственный процесс.

На этапе настройки компанией-поставщиком был построен процесс отмывки, состоящий из четырех основных этапов:

- отмывка в моющем растворе с фильтрацией;
- предварительное полоскание в деионизованной воде;
- финишное полоскание в деионизованной воде с регенерацией;
- сушка горячим воздухом в автоматическом режиме.

Оборудование обеспечивает:

- контроль качества отмывки;
- контроль состояния деионизованной воды в баке;
- подготовку деионизованной воды во встроенных контурах очистки и регенерации;
- контроль скорости вращения коромысла с моющими форсунками;
- контроль и возможность изменения давления моющей струи;
- среднее время полного цикла отмывки 30 мин;
- сниженный расход жидкости за счет закрытой конструкции резервуаров и проведения операции

Таблица 1. Сравнение характеристик отмывочных машин

Модель отмывочной машины	Критерий отбора	Тип отмывки (струйная или УЗ)	Тип загрузки	Производительность*	Конфигурация		
					Количество отдельных баков	Наличие замкнутой системы фильтрации	Сушка воздушным ножом
PSE LH 711, Kolb cleaning		Струйная	Горизонтальная	Высокая	3	Да	Нет
PS300 2HY, Kolb cleaning		Струйная	Вертикальная	Низкая	3	Да	Нет
Optisol KP 30-H/MA, FinnSonic		УЗ	-	Высокая	-	Да	-
InJet 388 TWIN CRRD, DCT		Струйная	Вертикальная	Высокая	3	Да	Да
AT 3000, KED		Струйная	Вертикальная	Средняя	2	Нет	Да
CL500, Systronic		Струйная	Вертикальная	Высокая	2	Да	Да
AQUBE XV7, Kolb cleaning		Струйная	Горизонтальная	Высокая	3	Да	Нет
SuperSwash Twingo, PBT		Струйная	Вертикальная	Высокая	3	Да	Да

\* По оценкам экспертов компании «МикроЭМ Технологии».



а)

Отмывочная машина InJet 388 TWIN CRRD компании DCT:  
а – общий вид; б – загрузка; в – установка режима;  
г – разгрузка



б)



в)



г)

отмывки в отдельной камере. При такой конфигурации минимизируются потери моющей жидкости, так как процессы полоскания и сушки происходят в отдельных камерах.

В комплект поставки входит документация и программное обеспечение на русском языке.

Во время проведения пусконаладочных работ была выполнена сборка оборудования, подключение к инженерным сетям, проверка контрольных карт в соответствии с требованиями завода-изготовителя. Проведено обучение персонала компании «МикроЭМ Технологии», выполнены приемо-сдаточные испытания. Совместная работа специалистов помогла создать набор рабочих программ, адаптированных для отмывки изделий «МикроЭМ Технологии».

В результате внедрения отмывочной машины InJet 388 TWIN CRRD производительность одного сотрудника возросла с 500 до 6 тыс. плат габаритами ~155×40 мм в месяц и достигла желаемого показателя. Затраты

на расходные материалы сократились более чем на 40%. Количество повторных операций промывки после прохождения этапа межоперационного контроля в результате внедрения установки уменьшилось в 2,5 раза.

Шесть месяцев безупречного функционирования полностью оправдали ожидания специалистов «МикроЭМ Технологии» и способствовали подтверждению компанией своего статуса надежного контрактного производителя сложных изделий. Лучшим свидетельством этого являются клиенты, которые активно размещают повторные заказы на изготовление электронной продукции с повышенными требованиями к качеству и долговечности.

Без сомнения, будущее за технологиями автоматизированной отмывки. Именно автоматизация операции отмывки сможет оказать существенное влияние на повышение качества и производительности изготовления продукции специального назначения, применяющейся в медицинской, военной и космической сферах. ●