

# КАК ВЫБОР ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ МОЖЕТ СНИЗИТЬ РАСХОДЫ НА ОТМЫВКУ?

Отмывка — один из ключевых этапов технологического процесса сборки электронной аппаратуры. Много трудностей и непредвиденных расходов можно было бы избежать, если бы отмывка прорабатывалась в комплексе со всеми остальными технологическими процессами. Тогда заранее можно оценить экономические и технологические аспекты внедрения процесса отмывки.

Антон Большаков  
materials@ostec-smt.ru

## КОГДА ОТМЫВКА ДЕШЕВЛЕ, ЧЕМ ЕЕ ОТСУТСТВИЕ?

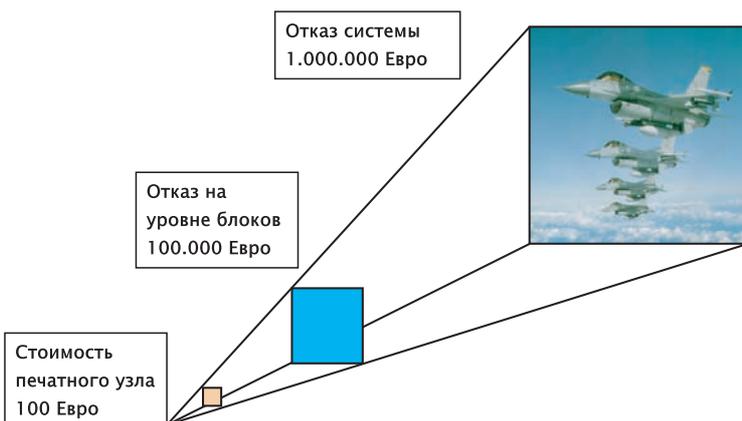
Зачем тратить деньги на отмывку? Потому, что это бывает гораздо дешевле, чем ее отсутствие.

Например, при производстве изделий для ответственных областей применения. Здесь долговременная надежность и качество стоят на первом месте. И от того насколько качественно осуществлена отмывка, будет зависеть работоспособность изделия в течение его жизненного цикла.

Производителю электроники требуется соответствовать всем требованиям заказчика. И одновременно важно обеспечить наименьшую стоимость отмывки в пересчете на печатный узел. При этом параметры, позволяющие оценить стоимость отмывки, зачастую не поддаются непосредственному вычислению или количественному измерению и могут проявляться только после внедрения процесса в эксплуатацию.

Главным критерием здесь может быть только оценка стоимости отмывки и ее влияние на себестоимость изделия, выраженную на единицу площади или на печатный узел. И тут возникает вопрос: «Как реалистично оценить стоимость отмывки?». А затем: «Как снизить издержки?»

Рис. 1 Стоимость отказа в жизненном цикле печатного узла



## ТЕХНОЛОГИЯ ОТМЫВКИ КАК КЛЮЧЕВОЙ ПАРАМЕТР

Процесс отмывки и его стоимость в первую очередь зависит от выбора типа промывочной жидкости. Сравнение одного из классов профессиональных промывочных жидкостей — жидкостей на спиртовой основе и спирто-бензиновой смеси рассматривалось в статье «Как сэкономить деньги при отмывке изделий электроники?».

Другой класс промывочных жидкостей — это жидкости на водной основе. В нем можно выделить две группы:

- Промывочные жидкости на основе технологии поверхностно-активных веществ (ПАВ).
- Промывочные жидкости на основе технологии Micro Phase Cleaning® (MPC®) разработанной и запатентованной компанией Zestron.

Основное и принципиальное различие процесса отмывки с их применением в механизме удаления загрязнений, что в конечном итоге влияет на эффективность, срок жизни промывочной жидкости в системе отмывки и общая стоимость процесса. Исторически ПАВ появились раньше, чем MPC®- технология. Однако новые требования технологий требуют новых подходов к отмывке. Цель последних разработок — избежать недостатков присущих ПАВ и добиться снижения стоимости процесса.

Особенность работы ПАВ заключается в том, что после удаления загрязнений активные компоненты промывочной жидкости остаются связанными с частицами загрязнений.

Жесткая связь активных компонентов ПАВ с удаленными частицами загрязнений приводит к постоянному истощению промывочной жидкости, требуя частой смены моющего раствора. Поэтому результат отмывки нестабилен и постоянно изменяется. Обычно требуется замена раз а то и два-три раза в неделю.

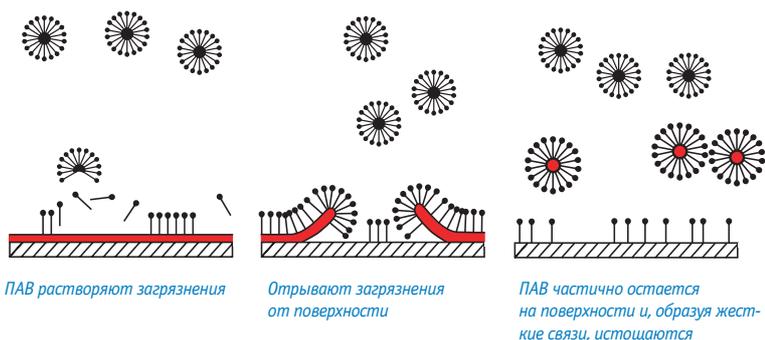


Рис. 2 Принцип работы ПАВ

Следует отметить, что ПАВ обладают существенно меньшей очищающей способностью и неэффективны при удалении сложных загрязнений, например, таких как высокополимеризованные остатки флюса и остатки бессвинцовых флюсов. В подтверждение этого можно процитировать статью, посвященную применению ПАВ: «...Отмывка остатков флюса после пайки с применением бессвинцовых материалов в целом требует большей интенсивности: увеличения концентрации отмывочных средств, времени воздействия, температуры и пр. Повышенная интенсивность отмывки необходима вследствие увеличения количества остатков флюсов после пайки и их устойчивости к воздействию отмывочных средств...»

ПАВ являются гигроскопическими и из-за этого могут оставаться на очищенной поверхности, создавая эффект белого налета, и притягивать воду, что приводит к таким нежелательным последствиям, как электрохимическая коррозия и миграция. Более того, это может снизить адгезию при нанесении влагозащитного покрытия (рис. 2).

МРС®- технологии, в отличие от ПАВ, — это промывочные жидкости на водной основе с уникальными активными компонентами — микрофазами.

Эти активные компоненты работают как средство перемещения загрязнения с поверхности в водную среду (рис. 3), не образуя жестких связей с загрязнениями. Далее загрязнения удаляются из водного раствора обычными механическими фильтрами. Таким образом, промывочная жидкость постоянно регенерируется, а



Рис. 3 А — ПАВ — фильтрация невозможна. Быстрое истощение жидкости. Б — МРС®-Технология. Загрязнения выпадают в осадок. Фильтрация позволяет регенерировать промывочную жидкость

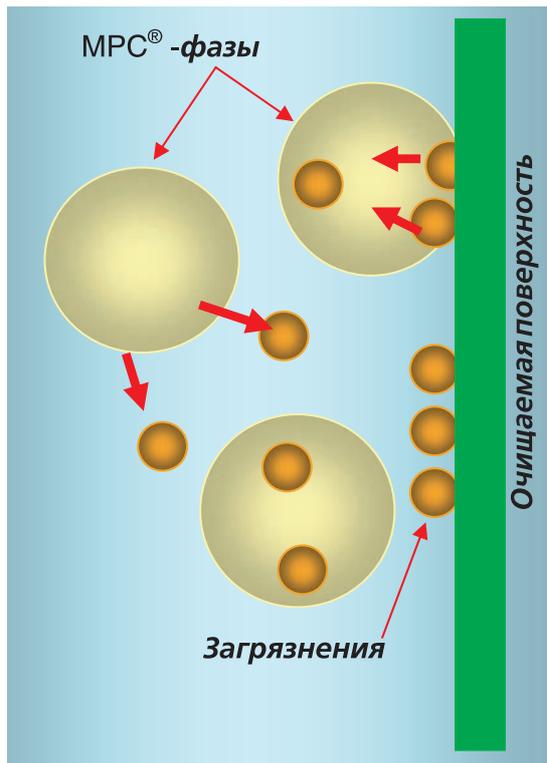
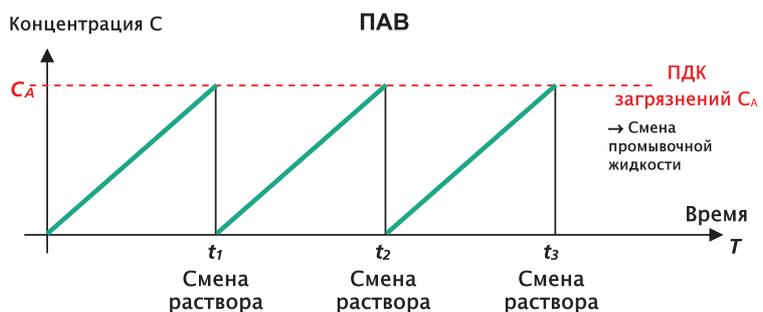


Рис. 4 Принцип работы МРС® фаз

микрофазы снова и снова готовы удалять загрязнения.

Этот механизм похож на впитывание грязи поролоновой губкой. После того как губка выжата, ее можно использовать снова и снова.

Рис. 5 Сравнение срока жизни в ванне ПАВ и МРС®



- нестабильные результаты отмывки
  - дорогая утилизация
  - частая смена моющего раствора
- РАСТВОРИТЕЛИ / ПАВ



- широкое окно процесса
- постоянные результаты отмывки
- не требуется частая смена раствора в ванне

Таблица 1  
Промывочные жидкости с применением MPC®-технологии

КАКИЕ МАТЕРИАЛЫ ОСНОВАНЫ НА MPC®-ТЕХНОЛОГИИ?		
ОЧИСТКА ТРАФАРЕТОВ И ПП	ОТМЫВКА ПУ	ОЧИСТКА ОБОРУДОВАНИЯ
VIGON® SC	VIGON® US	VIGON® RC 101
VIGON® SC	VIGON® A 200	
VIGON® SC 202		
VIGON® A300		

Сравнивая стоимость отмывки ПАВ и MPC®, следует учесть срок жизни промывочной жидкости и стоимость обслуживания ванны во время замены промывочных жидкостей как основных составляющих стоимости.

В случае с ПАВ требуется частая замена ванн, увеличивающая затраты на свежую промывочную жидкость, утилизацию, время обслуживания и заработную плату персоналу. Увеличивается время контакта обслуживающего персонала с веществами влияющими на их здоровье, используемых в ПАВ. Поэтому общая стоимость отмывки увеличивается.

Процесс отмывки и применением MPC®-технологии более экономичен из-за длительного срока жизни в ванне и снижения расходов на свежую промывочную жидкость и утилизацию. Благодаря

регулярной фильтрации, не достигается максимальный уровень загрязнения промывочной жидкости в ванне (рис. 5).

Для наглядности проведем пример расчета на опыте одного из отечественных предприятий. Производственная программа предприятия составляет 160 Европлат в смену, и перед ним стоял выбор среди промывочных жидкостей на водной основе:

- VIGON® US выполненной по MPC®-технологии, производства компании ZESTRON.
- ПАВ, Канадской фирмы, совсем недавно появившейся на отечественном рынке.

При анализе использовалась информация, находящаяся в широком доступе.

Разобьем расчеты на последовательные шаги:

Таблица 2  
Сравнение затрат на отмывку ПАВ и MPC технологии

ПАВ	VIGON® US
Если сравнивать цену промывочных жидкостей в канистрах 25 литров по прайс-листу, то VIGON® US стоит дороже, чем ПАВ.	
11,44 Евро/литр	25,60 Евро/литр
Рекомендуемая рабочая концентрация 5% у ПАВ против 20% у VIGON® US и соответственно стоимость заправки 40 литровой ванны.	
$11,44 * 5\% * 40 = 22,88$ Евро	$25,60 * 20\% * 40 = 204,8$ Евро
Если выбор основывать только на этих исходных данных, то он кажется очевидным. И если не учесть затраты за весь срок эксплуатации, то можно сделать очень грубую ошибку. Проведем расчеты исходя из описанных выше подходов, учитывая сроки жизни промывочных жидкостей и стоимость утилизации, соотношенные на печатный узел. Если внимательно изучить оригинальное техническое описание на промывочные жидкости, то срок жизни в ванне промывочных жидкостей составит.	
2 смены (по 8 часов)	180 смен (по 8 часов)
Считаем дальше. Для удобства возьмем расчетный период 6 месяцев (срок жизни VIGON® US). И сравним, сколько раз за это период требуется замен ванн, учитывая первую заправку.	
90 раз	1 раз
Соответственно расходы на заправку за рассматриваемый период будут	
$22,88 * 90 = 2059,2$ Евро	$204,8 * 1 = 204,8$ Евро

Расходы на вынос из ванны промывочной жидкости на поверхности печатного узла из расчета 120 мл/м <sup>2</sup> за расчетный период составляет:	
90 смен * 0,073 м <sup>3</sup> * 160 * 0,12 л * 11,44 Евро * 5% = 77,12 Евро	90 смен * 0,073 м <sup>3</sup> * 160 * 0,12 л * 25,60 Евро * 20% = 645,86 Евро
На этом можно было бы остановиться, но стоит учесть вклад в стоимость утилизации. Пункты приема промышленных отходов берут на утилизацию промывочную жидкость по цене около 10 рублей или около 0,3 Евро за литр. Соответственно за указанный период следует не только заправить свежую промывочную жидкость, но и утилизировать 3600 литров ПАВ против 40 литров VIGON® US, заплатив за это:	
3600 * 0,3 = 1080 Евро	40 * 0,3 = 12 Евро
Итак, суммарные расходы на отмывку составят	
2059,2 + 77,12 + 1080 = 3216,32 Евро	204,8 + 645,86 + 12 = 862,66 Евро
Если учесть, что, например, в смену отмывается порядка 160 Европлат, то за расчетный период стоимость отмывки одного печатного узла будет:	
3216,32 / (160 * 90) = 0,22 Евро	862,66 / (160 * 90) = 0,06 Евро

Таким образом, очевидный на первый взгляд выбор приводит к потерям около 5,5 рублей на каждом печатном узле.

Если разлить требуемое для такой программы выпуска количество ПАВ в канистры по 25 литров и поставить друг на друга, то получится колонна высотой более 60 метров! Если такую же процедуру проделать с VIGON® US, то получится колонна высотой всего около 3-х метров.

Стоимость простоя и обслуживания ванны (90 раз), и контроль концентрации каждый раз при замене жидкости в ванне только увеличит разницу в стоимости отмывки.

Еще один немаловажный фактор — это безопасность промывочной жидкости для здоровья персонала и окружающей среды, и он имеет большое значение при выборе.

Международная классификация по безопасности проводится в соответствии с классификатором HIMS (Влияние на здоровье — Огнеопасность — Химактивность). По этой классификации значение «0» присваивается при наименьшей угрозе, а «3» при наибольшей.

Рассматриваемый ПАВ имеет классификацию 2-0-0. То есть это ПАВ классифицируется как раздражающий компонент с достаточно высокой степенью опасности из-за содержания Глицоль-эфира (15-40%) и 2-Амино-этанола порядка (15-40%). В случае длительного контакта с кожей или при попадании в глаза есть опасность получения химических ожогов и хронических заболеваний. Для сравнения VIGON® US имеет классификацию 0-0-0.

Из-за такой классификации и коррозионной активности ПАВ требует специальных условий транспортировки и маркировки, что увеличивает его стои-

Таблица 3 Сравнение промывочных жидкостей

	Желаемая	ПАВ	МРС — Технология
<b>Моющая способность</b>	Высокая	Средняя	Высокая
<b>Влияние на здоровье</b>	Низкая	Среднее	Низкая
<b>Надежность процесса</b>	Высокая	Низкая	Высокая
<b>Стоимость процесса</b>	Низкая	Высокая	Низкая

мость и стоимость утилизации. Из-за таких свойств важно предупредить попадание ПАВ в канализацию.

Основные различия в промывочных жидкостях проиллюстрированы в таблице 3.

### ПЯТЬ ПРИЧИН В ПОЛЬЗУ МРС® –ТЕХНОЛОГИИ

- Минимальные расходы на отмывку за счет длительного срока жизни в ванне, низкая стоимость технического обслуживания.
- Исключительно высокая очищающая эффективность и поглощающая способность. Удаляет остатки большинства типов флюсов, в том числе и бессвинцовых.
- Отработанные режимы отмывки на оборудовании большинства производителей.
- Безопасны для здоровья персонала и экологичны.
- На основе МРС® –технологии разработаны промывочные жидкости для всех основных способов отмывки с применением ультразвука, барботажа, и струйной отмывки.