



## ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ. ОТМЫВКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ: ЭКОНОМИЧНЫЕ И СОВРЕМЕННЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ ИЗОПРОПАНОЛУ (IPA), ЭТАНОЛУ И СПИРТОБЕНЗИНОВОЙ СМЕСИ

Александр Савельев  
materials@ostec-group.ru

**С**овременный процесс сборки печатных узлов (ПУ) редко обходится без отмывки остатков паяльных материалов. Ведущие предприятия радиоэлектронной промышленности уже давно используют технологии отмывки ПУ, учитывающие самые жёсткие требования, предъявляемые к качеству продукции, а также стоимости и безопасности процесса. Однако, как показывает статистика, многие предприятия до сих пор работают по «традиционной» технологии отмывки, применяя изопропиловый спирт (изопропанол) или этиловый спирт (этанол) или спиртобензиновую смесь. И это несмотря на то, что на рынке доступны более эффективные, экономичные и безопасные материалы. В данной статье пойдёт речь об особенностях применения изопропилового, этилового спирта, спиртобензиновой смеси, их преимуществах и недостатках, а также особенностях их применения в современном оборудовании для отмывки ПУ, трафаретов, инструмента и оснастки. Также будут рассмотрены альтернативные средства, обеспечивающие достижение оптимальных результатов с соблюдением самых последних требований в области эффективности, экономичности, экологичности и безопасности процессов отмывки.

Изопропиловый и этиловый спирты, а также спиртобензиновая смесь на протяжении многих лет являются доступными недорогими средствами отмывки и могут показывать приемлемые результаты отмывки при производстве радиоэлектронной аппаратуры. Эти средства используются в традиционных процессах для отмывки трафаретов, инструмента, оснастки и печатных узлов после сборки. Многие технологи ценят эти материалы за простоту использования и быструю сушку.

В то же самое время сложный состав современных паяльных материалов в большинстве случаев затрудняет удаление остатков простыми растворителями. Для обеспечения стабильного качественного результата всё чаще используются отмывочные жидкости, которые были специально разработаны и протестированы для применения в процессах производства радиоэлектронной техники. Это становится всё более актуальным для производителей военной и специальной техники, продукции медицинского и авиакосмического назначения. Кроме того, условия приобретения, использования и утилизации изопропанола и этанола периодически меняются ввиду изменения акцизов и ужесточающихся экологических требований. Такие тенденции всё чаще заставляют производителей электроники по всему миру внедрять современные жидкости и новые подходы в отмывке.

### НЕДОСТАТКИ ИЗОПРОПИЛОВОГО, ЭТИЛОВОГО СПИРТА И СПИРТОБЕНЗИНОВОЙ СМЕСИ

Несмотря на то, что эти материалы давно используются для отмывки ПУ и трафаретов, они обладают набором недостатков, которые ограничивают их применение: низкая точка вспышки  $<12^{\circ}\text{C}$ , низкая эффективность отмывки современных паяльных материалов, высокий расход, короткий срок жизни и как следствие высокие затраты на утилизацию. Все перечисленные факторы, как правило, ведут к удорожанию процесса очистки, повышенным рискам брака и отказа продукции, повышенной опасности для здоровья персонала. Как большинство быстроиспаряющихся растворителей, изопропиловый и этиловый спирт имеют относительно низкую температуру воспламенения  $<12^{\circ}\text{C}$ . Обычно рабочая температура на производстве составляет более  $20^{\circ}\text{C}$ , а это означает, что достаточно одной единственной искры (электрической, электростатической или от открытого пламени) для возгорания или даже взрыва. Свойства таких жидкостей обязывают даже для самых традиционных задач использовать дорогостоящее взрывозащитное оборудование для отмывки. Дополнительно, в связи с низкой температурой воспламенения, требуются специальные меры предосторожности при хранении и транспортировке IPA и этилового спирта, а это приводит к дополнительным затратам.

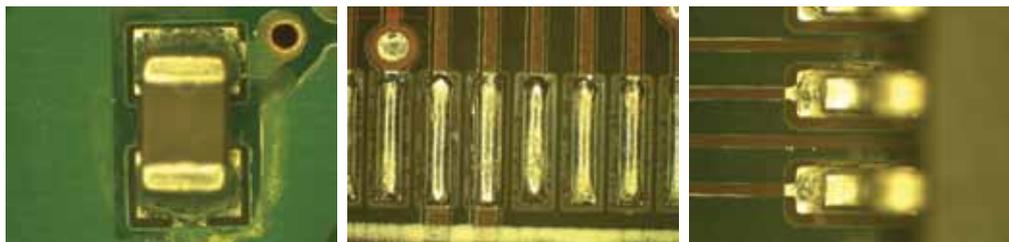


Рис. 1 Не полностью удалённые остатки флюса («белый налёт»)



Рис. 2 «Раковины» в покрытии, вызванные остатками флюса

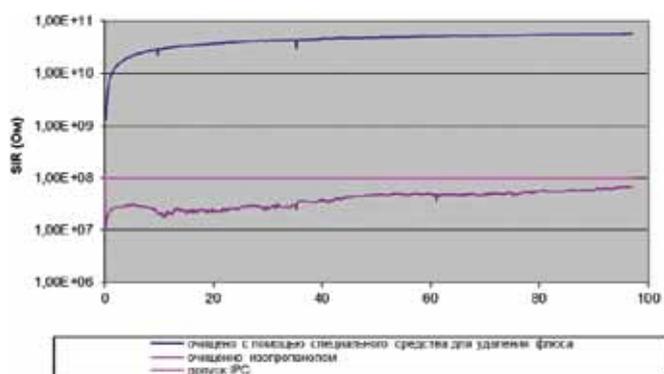


Рис. 3 Поверхностное сопротивление изоляции (SIR) после отмывки IPA и специальным средством для удаления остатков флюса

Использование современных паяльных паст и флюсов, не требующих отмывки, продемонстрировало ограниченные возможности удаления их остатков изопропанолом и этанолом. Остатки флюса не всегда удаляются полностью, что приводит к образованию «белого налета» (рис. 1).

Белый налёт представляет собой остатки флюса, которые только частично были растворены. Остатки флюса состоят из двух основных элементов: канифоли и активаторов. Остатки канифоли оказывают негативное влияние на последующие процессы производства, такие как присоединение (разварка) проволочных выводов или нанесение влагозащитных покрытий (рис. 2). Остающиеся на поверхности активаторы не видимы, но могут привести к выходу ПУ из строя при эксплуатации.

Активаторы флюса созданы на основе гигроскопичных кислот, которые могут снизить поверхностное сопротивление изоляции (SIR - surface insulation resistance) ниже допустимо-рекомендуемого значения  $10^8$  Ом (рис. 3) и стать причиной электрохимической миграции и/или коррозии, что приводит к снижению надёжности. Применение

бессвинцовой пайки снижает вероятность полного удаления остатков, поскольку бессвинцовые паяльные пасты содержат большее количество активаторов и смолы. Данные вопросы были подробно рассмотрены в наших предыдущих статьях («Поверхностный монтаж» №4(96) статья «Современный подход к

поиску новых решений в отмывке печатных узлов высокой плотности монтажа», «Поверхностный монтаж» №6(92) статья «Действительная стоимость процесса отмывки»<sup>1</sup>) и семинарах, поэтому лишь ещё раз подчеркнём, что некачественно отмытые остатки флюса могут привести к серьёзным отказам и сбоям в работе электронной техники. Как гласит известная аксиома, если невозможно организовать качественную отмывку, то лучше не проводить её вообще, особенно с использованием современных паяльных материалов (Статья «Отмывка печатных узлов», Алексей Ефремов, Компоненты и Технологии, №6'2004).

Расход промывочной жидкости прежде всего зависит от интенсивности испарения, времени жизни, производительности процесса и особенности применения в конкретном случае.

В сравнении с современными средствами для отмывки высокая интенсивность испарения изопропилового, этилового спирта и спиртобензиновой смеси является существенной причиной высоких потерь при их использовании. Изопропанол – это очень простой растворитель, изначально не предназначенный для удаления флюса, растворимость флюса в нём крайне ограничена. Из-за слабой производительности для них характерны ограниченное время жизни, что приводит к увеличению общих затрат. Последние испытания показали, что расход может быть снижен при использовании средств на водной основе или современных растворителей на основе модифицированных спиртовых соединений.

Кроме того, в связи с непродолжительным сроком жизни изопропилового и этилового спирта возникает необходимость в частой смене моющего раствора. Помимо затрат на сам материал добавляются затраты на утилизацию большого количества отработанных спиртов. В некоторых случаях, при правильной утилизации изопропилового, этилового спирта или спиртобензиновой смеси, стоимость этих работ может вносить существенный вклад в общую себестоимость процесса («Поверхностный монтаж» №10 (36) статья «Как сэкономить деньги при отмывке изделий электроники»).

В последние годы проводились масштабные исследования мутагенности изопропила. В частности, исследовалось негативное влияние на здоровье эмбрионов при контакте беременной женщины с изопропилом. Кроме того, IPA вызывает сонливость и головокружение при вдыхании его паров. Несмотря на то, что данные факты указаны в паспорте безопасности, т.е. отражены в HMIS (Системе идентификации опасных материалов) с классами 2 – 3 – 1 (Здоровье – Воспламеняемость – Химическая активность), они часто игнорируются. Согласно системе HMIS каждый материал проходит оценку его вредности и опасности по шкале от 0 до 4. Вещество с оценкой 0 – 0 – 0 является наиболее безопасным, а наихудший вариант 4 – 4 – 4. Помимо прямого воздействия опасные вещества могут оказывать косвенное влияние на здоровье сотрудников, работающих на предприятии, поскольку многие крупные производственные помещения напрямую соединены с офисными площадями. Установлено, что в связи с высокой испаряемостью изопропилового и этилового спирта потенциально влияют на экологическую обстановку. Это влечёт за собой ограничение в использовании таких веществ, поэтому производители пытаются найти альтернативные средства, имеющие

<sup>1</sup> Ознакомьтесь с данными статьями можно на сайте [www.ostec-press.ru](http://www.ostec-press.ru)



преимущества в области влияния на здоровье, с лучшей эффективностью и более низкой стоимостью процесса.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что изопропиловый, этиловый спирт и спиртобензиновая смесь скорее имеют больше недостатков, чем преимуществ. Низкая точка вспышки не позволяет использовать эти материалы в большинстве современного оборудования для отмывки. Слабая эффективность и высокий расход ставят под сомнение рациональность использования этих материалов для отмывки ПУ и трафаретов.

## СОВРЕМЕННЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ IPA, ЭТИЛОВОМУ СПИРТУ И СПИРТОБЕНЗИНОВОЙ СМЕСИ

Сегодня на рынке представлено большое количество различных типов средств для удаления остатков паяльных материалов, наиболее популярными для традиционных процессов отмывки являются:

- современные растворители на основе модифицированных спиртов (Zestron FA+, Zestron VD);
- отмывочные жидкости на водной основе (Vigon A250, Vigon A201).

В зависимости от технических требований и производительности, такие средства могут использоваться в различных типах оборудования, как, например, ультразвуковое оборудование, оборудование для отмывки струями в жидкости или струями в воздухе.

Большинство этих средств предназначены только для применения в автоматизированных процессах, однако доступны альтернативные варианты для ручной отмывки. Данные продукты специально разработаны для удаления остатков флюса и других паяльных материалов, и потому они существенно отличаются от изопропилового и этилового спирта, демонстрируя высокие способности удаления загрязнений, продолжительный срок жизни и высокую совместимость с современными типами оборудования. Поскольку современные растворители и средства на водной основе разработаны специально для отмывки электроники, они отвечают требованиям как для ручной, так и для автоматической отмывки.

Современные растворители, которые обычно используются в безводных и эмульсионных процессах, имеют более высокую точку вспышки и являются более безопасными в применении по сравнению с IPA, этиловым спиртом и спиртобензиновой смесью. Кроме того, они обеспечивают лучшие результаты отмывки, особенно при удалении флюса с печатных плат и при очистке трафаретов, так как специально разработаны для эффективного решения этих задач.

В отличие от растворителей, MPC® (Micro Phase Cleaning – технология микро фаз) жидкости на водной основе не имеют точки вспышки в принципе. Данные средства были специально разработаны для высококачественной отмывки ПУ, трафаретов и печей для пайки.

Такие жидкости обеспечивают наивысшую безопасность персонала



Рис. 5 Растворённые загрязняющие вещества в средстве на основе растворителя (слева) и осажённые загрязняющие вещества в MPC жидкости (справа)

и устраняют необходимость обеспечивать затратные меры предосторожности в условиях транспортировки, хранения и при обращении с ними. Кроме того, такие очистители имеют низкое содержание летучих органических соединений (VOC), что существенно уменьшает влияние на окружающую среду.

Благодаря своей специальной формуле, жидкости на основе технологии MPC® обладают следующими преимуществами относительно срока службы и стоимости процесса очистки по сравнению с изопропиловым и этиловым спиртами, спиртобензиновой смесью, или средствами на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ):

- Активные компоненты практически не истощаются во время процесса очистки.
- Остатки флюса и паяльной пасты легко сепарируются от жидкости и удаляются при помощи процесса фильтрации (рис. 5).
- Более долгий срок службы по сравнению с изопропиловым и этиловым спиртами или средствами на основе ПАВ, равно как и меньшая стоимость процесса очистки.

В таблице 1 приведены результаты сравнения изопропанола и этанола с современными средствами для отмывки ПУ и трафаретов. Благодаря более низкой стоимости хранения, транспортировки и стоимости оборудования, меньшим объёмам при потреблении и более высокому сроку службы, современные отмывочные жидкости на основе модифицированных спиртовых соединений или на водной основе позволяют повысить качество отмывки и снизить затраты по сравнению с изопропиловым и этиловым спиртом. Даже при условии, что цена за 1 литр альтернативных средств зачастую выше, чем у изопропилового, этилового спирта или спиртобензиновой смеси.

## МОЖНО ЛИ ОТКАЗАТЬСЯ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОПРОПАНОЛА, ЭТАНОЛА И СПИРТОБЕНЗИНОВОЙ СМЕСИ?

Несмотря на тот факт, что современные средства демонстрируют целый ряд преимуществ, многие производители продолжают работать с изопропанолом, этиловым спиртом или спиртобензиновой смесью. Причина этого скорее техническая или психологическая, нежели экономическая.

Представленные альтернативные варианты в большинстве случаев требуют нескольких этапов ополаскивания водой для обеспечения высокой чистоты поверхности. Производители, традиционно использующие изопропиловый спирт, опасаются, что устройства не успеют полностью высохнуть, и оставшаяся вода может повлечь за собой серьёзные проблемы для продукции. Однако это далеко не так! Проверки на практике показали, что в большинстве случаев современные водные процессы отмывки не наносят вред собранному печатному узлу и его компонентам. Это объясняет тот факт, что отмывочные жидкости на водной основе являются наиболее широко используемыми на американском и европейском рынке в процессах по удалению остатков флюса. Кроме того, современные технологические процессы и жидкости для отмывки позволяют применять современные растворители на всех этапах отмывки, включая и ополаскивание. Другими словами, если стоит задача обязательно исключить воду из процесса, то и эта задача может быть решена при помощи современных растворителей на основе модифицированных спиртов. Каждый год миллионы печатных узлов для высокотехнологичных устройств, например, для военной или космической отрасли, отмываются с помощью средств на водной основе или растворителями на основе модифицированных спиртов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изопропиловый и этиловый спирты были открыты задолго до появления первых паяльных материалов. Начало их использования для отмывки было заложено, когда состав паяльных материалов был очень простым, а требования к качеству отмывки – невысокими. Очевидно, что слабая эффективность, большой расход, высокая

Таблица 1 Сравнительные характеристики изопропанола и этанола с альтернативными очистными средствами

	Современный растворитель (Zestron FA+)	Отмывочная жидкость MPC на водной основе (Vigon A201)	Изопропанол/этанол	Влияние
Эффективность	++	++	0	на качество отмывки
Точка вспышки	+75°C	Нет	+12°C	на безопасность/ требования взрыво-безопасности
Содержание VOC	100%	Прибл. 20%	100%	экологичность
Токсичность	Раздражающее вещество	Раздражающее вещество	Раздражающее вещество / мутагенность	на безопасность персонала!
HMIS (Здоровье – Воспламеняемость – Хим. активность)	1 – 2 – 0	0 – 0 – 0	2 – 3 – 1	
Запах	Слабый растворитель	Легкий	Сильный растворитель	
Транспортировка и хранение	НЕ опасное вещество	НЕ опасное вещество	Опасное вещество	на стоимость хранения, транспортировки и утилизации

пожароопасность, токсичность и прочие недостатки оставляют этим средствам мало шансов для использования в современных процессах, поскольку сегодня на рынке доступны более эффективные и экономичные альтернативные средства для удаления загрязнений с поверхности ПУ. Современные отмывочные жидкости (Zestron FA+, Vigon A201, Vigon A250) специально разработаны с учётом всех требований к процессу отмывки, что позволяет использовать все заложенные свойства на 100%. Такие жидкости либо не имеют точку вспышки, либо она находится выше температуры рабочих режимов. Эффективность и безопасность их использования подтверждена

на практике, а производители гарантируют совместимость этих решений с большинством материалов и компонентов, применяемых в печатных узлах.

Для правильного подбора подходящего процесса необходим надёжный партнер, обладающий знаниями требований к участкам по производству электроники. Обратившись к специалистам Направления технологических материалов Группы компаний Остек, вы получите подробные консультации по выбору оптимального технологического процесса, современного оборудования и высококачественных материалов для отмывки ПУ, трафаретов и оснастки. ■■