

КАЧЕСТВО

Доверяй, но проверяй:

как правильно контролировать состояние отмывочных жидкостей на водной основе



Текст: Денис Поцелуев



Практика показывает, что процесс отмывки печатного узла является одним из самых сложных технологических процессов с точки зрения организации и контроля. Контроль и регулирование многочисленных критически важных параметров технологического процесса отмывки необходимы, чтобы обеспечить ожидаемые результаты и повторяемость процесса. Состояние отмывочной жидкости наиболее трудно поддается контролю и, следовательно, регулированию. Неправильное измерение концентрации приводит к ее несоответствующей коррекции в системе отмывки. Если результаты измерений завышают концентрацию, то добавление деионизованной воды в раствор увеличит разбавление, что потенциально может привести к неудовлетворительным результатам отмывки и, соответственно, к проблемам с надежностью изделия. При занижении концентрации раствора увеличивается расход отмывочной жидкости, а также могут появиться проблемы совместимости материалов. В связи с этим возникает ряд вопросов: как правильно измерять состояние раствора и его концентрацию; все ли методы измерения дают одинаковые результаты; для каких жидкостей применим тот или иной способ измерения и контроля?

В статье рассмотрены особенности распространенных и новейших методов контроля состояния отмывочных жидкостей на водной основе, а также даны рекомендации по выбору и применению описанных методов на практике.

Зачем необходимо контролировать концентрацию отмывочной жидкости

В российской электронной промышленности в технологическом процессе отмывки электронных узлов все более популярными становятся системы струйной отмывки, в которых используются специально разработанные отмывочные жидкости на водной основе. Характерная концентрация в таких системах поддерживается, как правило, в диапазоне от 15 % до 33 %¹ по объему. В процессе отмывки печатных узлов в отмывочной жидкости происходит накопление загрязнений, которые, в основном, состоят из переведенных в растворимую форму остатков флюса. Кроме того, количество жидкости уменьшается из-за естественного испарения и выноса, что также влияет на концентрацию раствора.

При производстве электроники специального и ответственного назначения качество отмывки печатного узла имеет определяющее значение. В связи с этим и оборудование, и жидкость, и процесс отмывки должны обеспечивать требуемые результат и повторяемость. А для этого необходим четкий и регулярный контроль всех параметров процесса, особенно концентрации и состояния отмывочной жидкости.

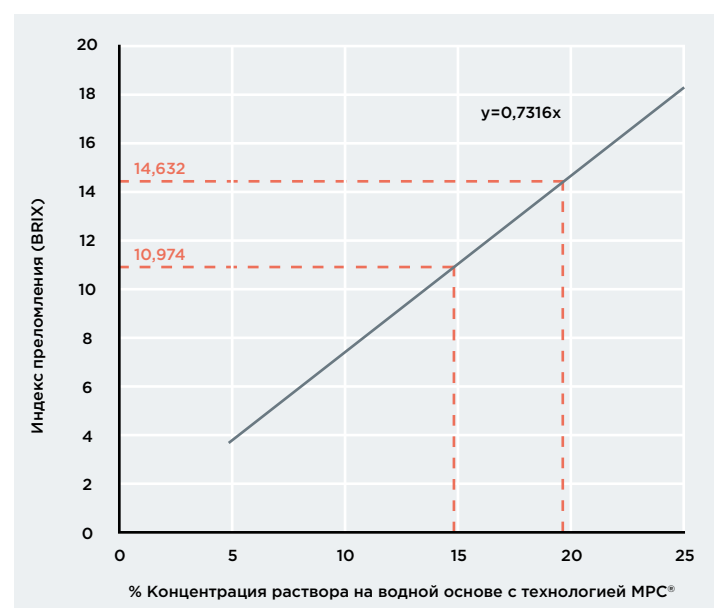
На основании опыта работы с отечественными предприятиями-производителями РЭА можно утверждать, что в ряде случаев контролю и оценке состояния раствора не уделяют должного внимания; не соблюдаются общепринятые рекомендации, такие как ведение журнала, регулярный мониторинг состояния раствора и его концентрации. Или контролируются отдельные параметры: например, оценивается только проводимость или степень насыщения твердыми частицами загрязнений, но при этом упускается такой важный параметр, как уровень щелочности раствора. Отдельные методы зачастую не отражают объективную информацию о состоянии отмывочной жидкости. В результате усиленное внимание к технологическому процессу отмывки и методам его контроля возникает лишь тогда, когда появляются проблемы: некачественно отмытый печатный узел, высокий расход отмывочной жидкости, несовместимость с компонентами и оборудованием. Чтобы избежать проблем с отмывкой электроники в будущем, необходимо правильно организовать этот процесс в настоящем. Помимо внедрения общепринятых рекоменда-

ций следует использовать современные методы, дающие полную и объективную информацию о состоянии раствора. Поэтому определение наилучшего метода для простого и точного измерения состояния раствора критически важно для организации эффективного процесса отмывки жидкостями на водной основе.

Методы контроля состояния отмывочных жидкостей

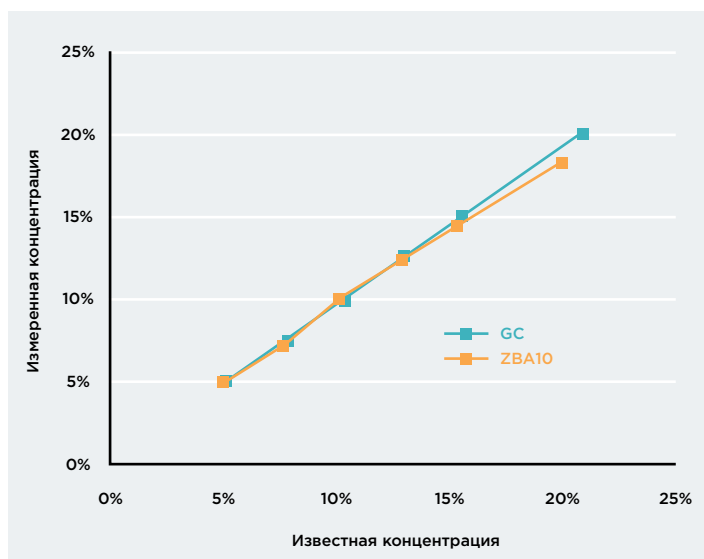
Для контроля состояния растворов отмывочных жидкостей существует ряд методик, позволяющих оценить один или несколько параметров. Более подробно эти методики рассмотрены в статье В. Ковенского «Состояние раствора отмывочной жидкости как фактор, способствующий повышению качества отмывки» (бюллетень «Поверхностный монтаж», декабрь 2009, № 6). В настоящей статье мы рассмотрим и сравним распространенные и новые методы контроля состояния раствора, а также оценим их применимость в технологическом процессе отмывки электроники.

В течение многих лет стандартным методом оценки концентрации раствора для отмывки был показатель преломления. Основным прибор, который используется в этом методе — рефрактометр. Это, безусловно, простой метод измерения концентрации отмывочной жидкости, он наилучшим образом подходит для свежеприготовленного раствора отмывочной жидкости. В этом случае существует линейная зависимость величины показателя преломления от концентрации моющего раствора рис 1.



1 Зависимость показателя преломления от концентрации для свежих растворов

¹ Для жидкостей Vigon®. Для каждого процесса отмывки концентрация подбирается индивидуально



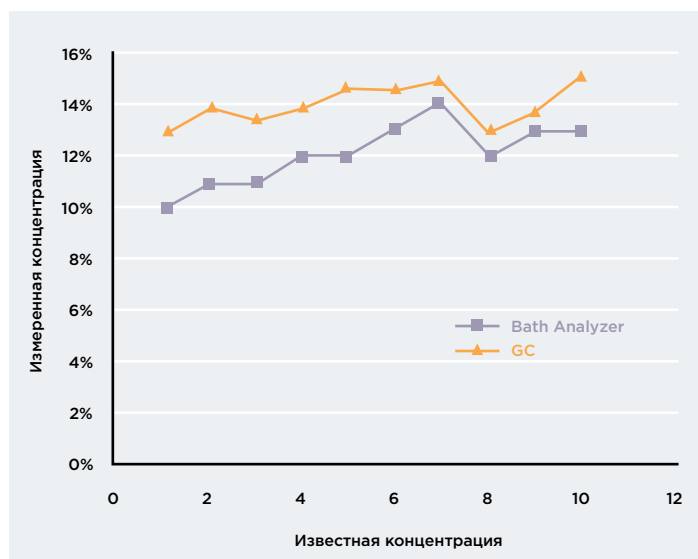
2

Результаты измерения концентрации для свежеприготовленного раствора отмывочной жидкости на водной основе (ZBA 10, газовая хроматография)

В реальных условиях раствор отмывочной жидкости с течением времени загрязняется остатками флюса. Остаточный флюс влияет на скорость и направление распространения света в среде, что вносит непредсказуемую погрешность в измерения. Это значит, что измеренная концентрация отмывочной жидкости может быть существенно завышена или занижена. В результате технологический процесс не отвечает техническим условиям, что приводит к его ухудшению и, следовательно, к бесконтрольному выпуску изделий с отклонением от стандартов качества.

Газовая хроматография (GS) является одним из наиболее точных методов контроля концентрации отмывочной жидкости при условии, что все составляющие раствора могут быть легко идентифицированы. Сложности, возникающие из-за присутствия неизвестных компонентов, являются общими практически для всех методов химического анализа, включая хроматографию. Таким образом, необходимо полагаться на мнение опытных химиков-аналитиков, которые при расчетах проводят корректировку на присутствие неизвестных соединений. Существенным ограничением на использование данного метода в производстве является необходимость использовать дорогостоящее специализированное оборудование. С этими оговорками газовая хроматография остается полезной, хотя и мало применимой на практике методикой анализа состояния отмывочной жидкости.

Невозможность точно измерить и оценить концентрацию и состояние рабочего раствора с помощью рефрактометра, специфичность и ограниченность применения газовой хроматографии послужили движущей силой для разработки альтернативных методов. Одним из таких методов, представленных на российском



3

Результаты измерения концентрации для частично насыщенного загрязненного раствора отмывочной жидкости на водной основе (ZBA, газовая хроматография)

Т 1

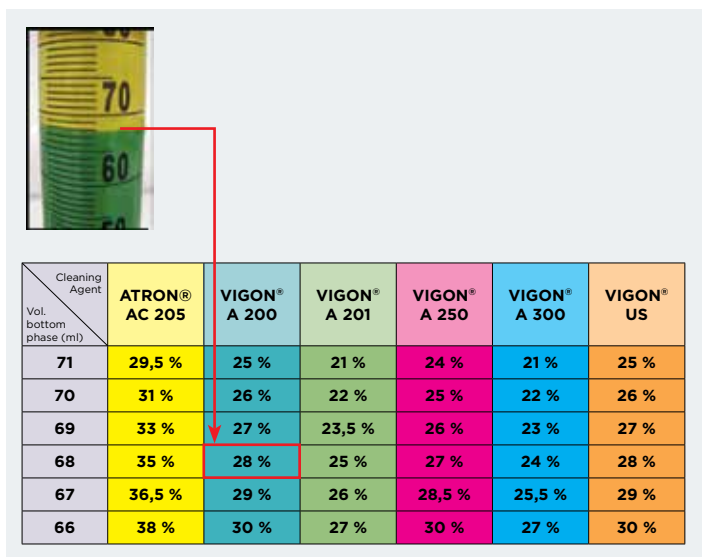
Параметры технологического процесса отмывки для производственных испытаний

Zestron® Bath Analyzer 10	для оценки состояния щелочных отмывочных жидкостей: Vigon® A 200 Vigon® A 201 Vigon® A 250 Vigon® A 300 Vigon® US
Zestron® Bath Analyzer 20	для оценки состояния PH-нейтральных отмывочных жидкостей: Vigon® SC200 Vigon® SC202 Vigon® 1000 CR Atron® AC 205 Zestron® VD 200

рынке, стал тестовый набор Zestron® Bath Analyzer (ZBA). Принцип данного метода основан на химической реакции реактива и раствора отмывочной жидкости.

Во время разработки и тестирования Zestron® Bath Analyzer результаты, полученные с использованием этого метода, непосредственно сравнивались с результатами газовой хроматографии (GC): сравнивались как свежеприготовленный раствор отмывочной жидкости рис 2, так и загрязненный остатками флюса рис 3. Как видно из графиков, концентрация, измеряемая тестовым набором Zestron® Bath Analyzer, почти полностью совпадает с результатами анализа методом газовой хроматографии с максимальной разницей в 3 %.

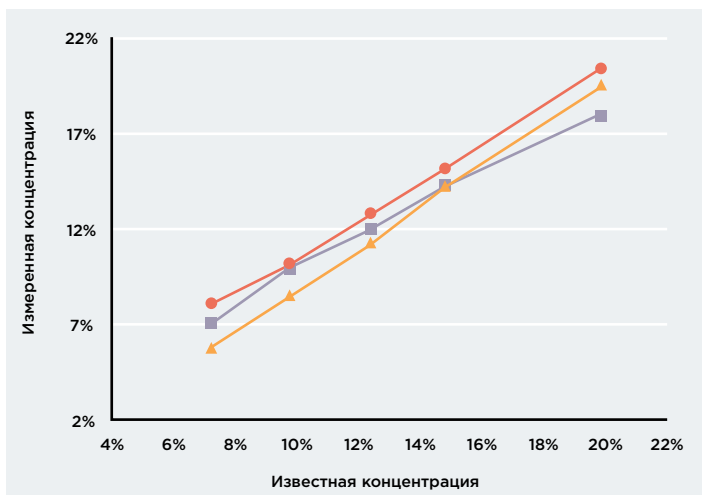
Важно, что Zestron® Bath Analyzer специально разработан и совместим только с отмывочными жидкостями на водной основе производства компании Zestron®. Кроме



4 Пример оценки состояния раствора с помощью тестового набора Zestron® Bath Analyzer 10



5 Цифровая измерительная система ZESTRON® EYE



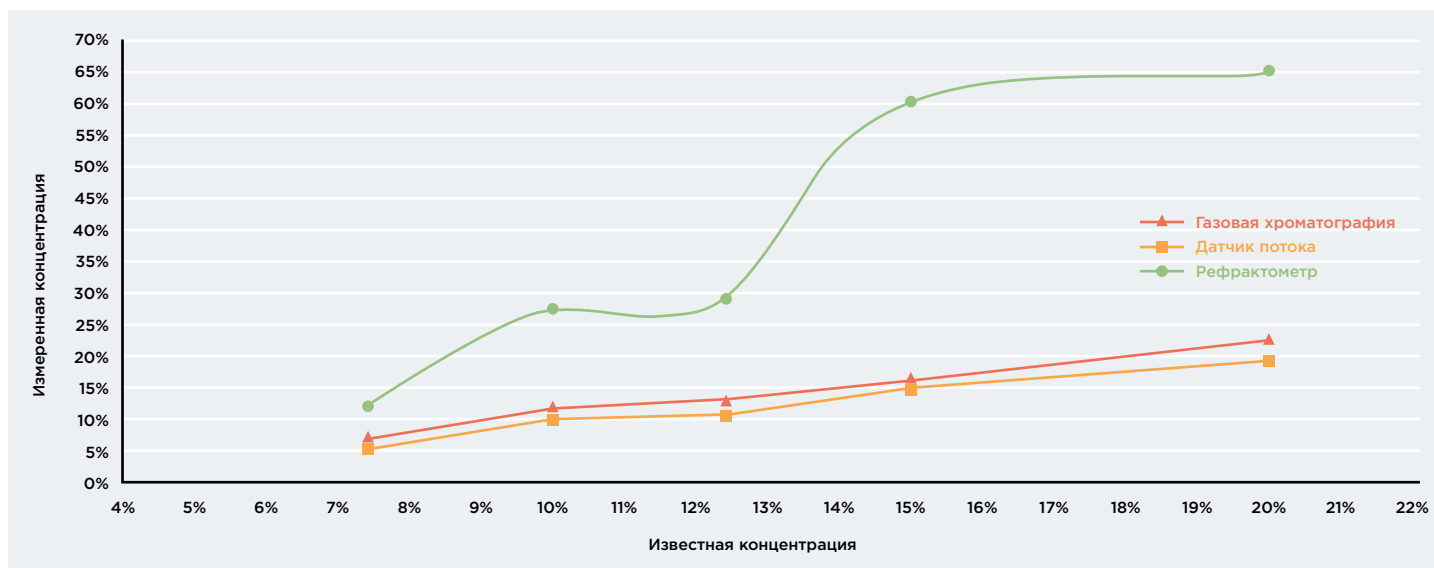
6 Результаты измерения концентрации для свежеприготовленного раствора отмывочной жидкости на водной основе (ZBA, датчик потока, газовая хроматография)

того, при анализе жидкости на щелочной основе цветовая реакция показывает, является ли щелочность отмывочного раствора удовлетворительной, что служит показателем наличия активных компонентов и рабочего состояния раствора (рис 4).

Одно из последних достижений в области исследований контроля концентрации жидкостей для отмывки печатных узлов — метод акустического измерения (Flowsensor). Концентрация и температура моющего раствора оцениваются в режиме реального времени с помощью встраиваемого в оборудование датчика потока. Примером такого датчика является цифровая измерительная система ZESTRON® EYE (рис 5). Система позволяет реализовать автоматизированное управление технологическим процессом отмывки, включая функции хранения и обработки результатов для контроля качества. ZESTRON® EYE используется только с отмывочными жидкостями Zestron®, так как они обладают уникальными акустическими характеристиками, гарантируя высокую точность измерений. Для подтверждения точности измерений датчика потока и тестового набора Zestron® Bath Analyzer 10 был проведен эксперимент, в ходе которого данные сравнивались с результатами измерения концентрации методом газовой хроматографии. На рис 6 представлены данные по измерению тремя разными методами для чистого раствора с известной концентрацией. Погрешность измерения акустическим методом находилась в пределах 1,6 % от известной концентрации при концентрации 10 % и выше.

Следует отметить, что применение метода акустического измерения ввиду высокой стоимости оборудования оправдано на массовых и особо ответственных производствах, где необходимо контролировать параметры технологического процесса отмывки печатных узлов. Если оборудование для отмывки имеет устройство автоматического долива, то при использовании датчика потока участие оператора по обслуживанию и контролю процесса сводится к минимуму.

Невозможность точно измерить и оценить концентрацию и состояние рабочего раствора с помощью рефрактометра, специфичность и ограниченность применения газовой хроматографии послужили движущей силой для разработки альтернативных методов



7

Концентрация насыщенного флюсом раствора, измеренная с использованием показателя преломления, газовой хроматографии и датчика потока. Влияние флюса 3 %

Практическое сравнение методов контроля состояния растворов для отмычки печатных узлов

Для того чтобы сравнить релевантность измерения каждого из рассмотренных методов, а также их практическое применение в производстве, было проведено несколько исследований. В качестве примера приведем два показательных исследования: в лабораторных условиях и на действующем производстве.

ЛАБОРАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Испытания проводились на установке струйной отмычки, моделируя насыщение раствора флюсом. Использовался жидкий флюс RMA с высоким содержанием твердых частиц. Как правило, по мере убывания отмывочного раствора из-за испарения и выноса добавляется концентрат отмывочной жидкости и/или деионизованная вода, тем самым минимизируется верхний предел накопления флюса. В данном исследовании был приготовлен раствор отмывочной жидкости с концентрацией 7,5 %, 10 %, 12,5 %, 15 % и 20 %, и каждая концентрированная проба насыщалась флюсом до 3 % по объему. Концентрация каждого насыщенного флюсом раствора измерялась с использованием рефрактометра, газовой хроматографии и датчика потока Рис. 7.

Анализ результатов лабораторного исследования:

1. Результаты измерения с использованием рефрактометра возрастают экспоненциально по мере увеличения концентрации отмывочной жидкости. При этом погрешность в определении концентрации составляла до 40 % в большую сторону.
2. Метод газовой хроматографии занижал известную концентрацию в среднем на 1 %.
3. Измерения с использованием акустического датчика потока завышали концентрацию в пределах 3 %.

Параметры технологического процесса для этого испытания детализированы в Т 2.

На основании результатов лабораторных исследований можно утверждать, что при измерении концентрации загрязненного раствора отмывочной жидкости с помощью рефрактометра данные могут существенно искажаться.

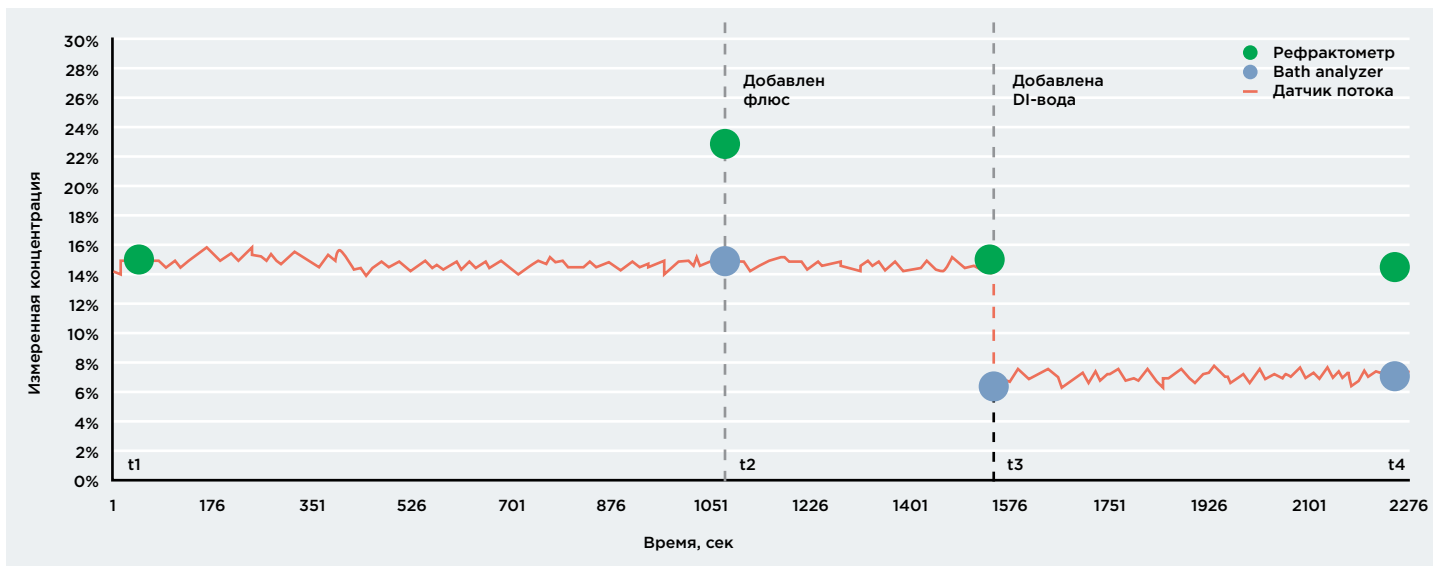
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Этап 1. Бак для отмывочной жидкости был наполнен свежеприготовленным раствором с начальной концентрацией 15 %. Использовался жидкий флюс с содержанием твердых частиц 33 %. Флюс добавлялся до концентрации 1 % по объему раствора отмывочной жидкости. Для оценки концентрации использовались следующие инструменты: рефрактометр, Zestron® Bath Analyzer 10 и акустический датчик потока. Как видно на Рис. 8, в течение всего цикла отмывки показатели датчика потока и ZBA 10 оставались постоянными, в то время как по-

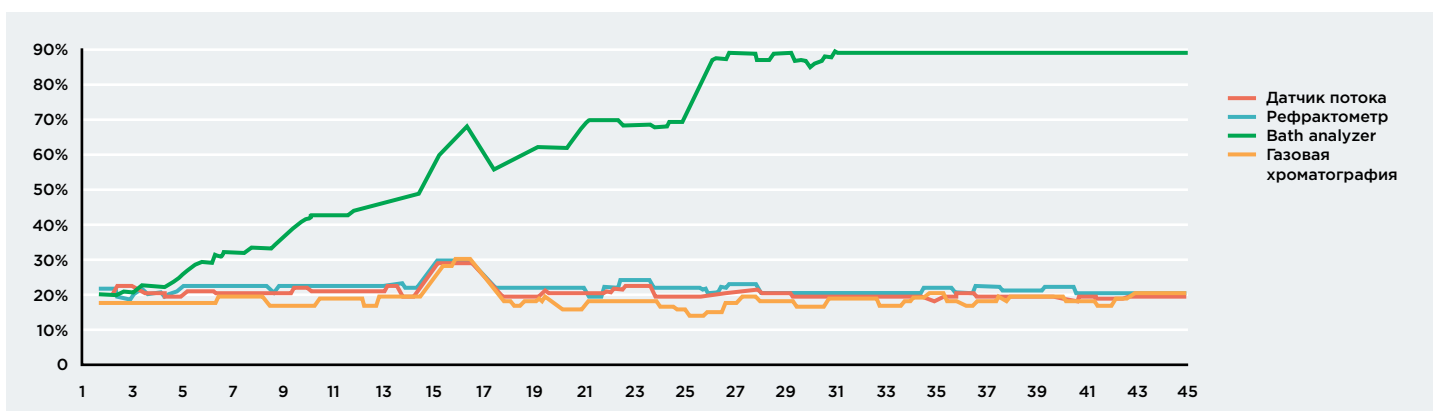
Т 2

Параметры технологического процесса отмычки для лабораторных испытаний

Тип отмывки	Струйная отмывка
Тип моющего реагента	Vigon A 250
Температура отмывочного раствора	70 °C
Начальная концентрация	15 %
Пониженная концентрация	7 %
Тип флюса	Жидкий флюс RMA (концентрированное содержание твердой фазы 33 %)
Насыщение флюсом	1 %



8 Анализ изменения концентрации рефрактометром, тестовым набором Zestron® Bath Analyzer 10 и акустическим датчиком потока



9 Сравнение данных по концентрации с помощью следующих методов: рефрактометр, тестовый набор ZBA 10, датчик потока, газовая хроматография

казатель преломления в разные моменты времени давал разные значения.

Как и ожидалось, в присутствии остатков флюса концентрация, измеренная с помощью показателя преломления, была завышена в обоих случаях. При насыщении флюсом на уровне 1 % акустический датчик потока

ТЗ Параметры технологического процесса отмывки для производственных испытаний

Тип отмывочной жидкости	Vigon A 250
Типы флюса	RMA и не требующий отмывки
Тип флюса для пайки волной	Не требующий отмывки
Тип установки	Струйная отмывка
Температура отмывочного раствора	60 °C
Заданная концентрация	от 10 до 16 %
Добавление деионизованной воды	Вручную
Тип датчика потока	Показания для концентрации

и ZBA 10 очень точно показывали концентрацию отмывочной жидкости даже при ее разбавлении наполовину.

Этап 2. На этом этапе концентрация отмывочной жидкости измерялась в рамках технологического процесса отмывки печатных узлов на одном из производств. Параметры технологического процесса детализированы в **ТЗ**. Эксперимент длился 45 рабочих дней при смене 10 часов без замены содержимого. На протяжении испытаний клиент отбирал пробы из системы ежедневно. Концентрация раствора, которую показывала система акустического измерения, записывалась, а проба анализировалась на рефрактометре (по шкале BRIX), ZBA 10 и методом газовой хроматографии (GC).

На **рис 9** можно наблюдать следующее:

- По мере увеличения загрязнения раствора показатель преломления возрастает, увеличивается погрешность.
- Результаты ZBA 10, газовой хроматографии (GC) и датчика потока повторяют друг друга, указывая на точность измерения и регулирования концентрации.

Т 4

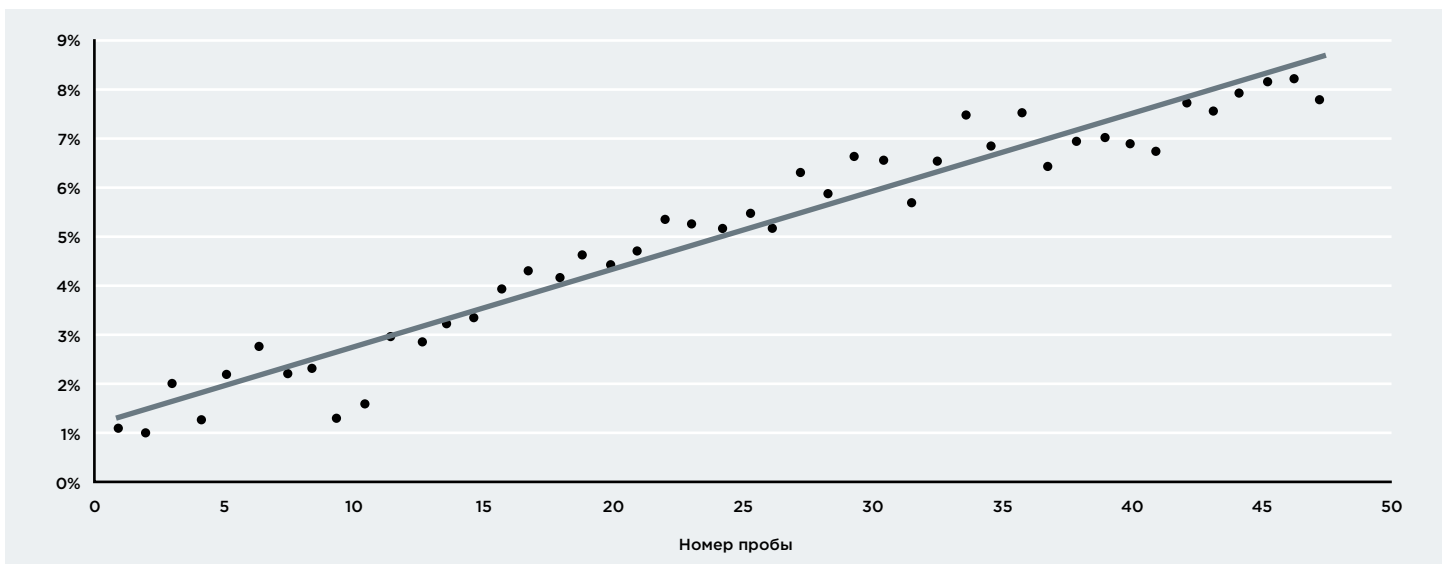
Сравнение методов контроля состояния отмывочных жидкостей на водной основе

Параметр	Zestron® Bath Analyzer	Рефрактометр	Газовая хроматография	Акустический датчик потока
Точность измерений*	++	+*	++	++
Стабильность измерений	++ Высокая стабильность при загрязнении	- Высокая чувствительность к загрязнению	+ Измерение концентрации зависит от типа загрязнений и отмывочной жидкости	++ Высокая стабильность при загрязнении
Временные затраты	++	++	-	++
Простота использования	++	++	-	++
Оценка pH	++	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Стоимость	++	+**	-	-

* для чистых растворов

** при нерелевантных данных может влиять на технологический процесс

++ отлично/ низко + хорошо/средне - плохо/ высоко



10

Анализ сухого остатка

На графике видно, что отклонение показателей рефрактометра от установленной концентрации было намного меньше по сравнению с данными лабораторного исследования рис 7. Это объясняется тем, что в ходе эксперимента контроль концентрации раствора проводился на основании данных, полученных при помощи тестового набора ZBA 10. Чтобы подтвердить предположение об увеличении количества загрязнений в системе отмывки с течением времени, было принято решение проанализировать сухой остаток. Как и ожидалось, количество сухого остатка постепенно увеличивалось. Результаты, приведенные на рис 9, показывают, что количество загрязнений стабильно возрастало приблизительно до 7,5 % в течение 45-дневного эксперимента. Несмотря на более чем семикратное увеличение загрязнений использование ZBA 10 позволяло точно измерять концен-

трацию и поддерживать качество отмывки на требуемом уровне.

Практический эксперимент показывает, что отклонение показателей рефрактометра от установленной концентрации увеличивается с ростом загрязнений в растворе отмывочной жидкости. При насыщении раствора загрязняющими веществами возрастает погрешность показателя преломления. При этом данные о состоянии раствора, полученные при помощи тестового набора Zestron® Bath Analyzer, соответствуют действительным значениям вне зависимости от количества загрязнений в растворе.

Таким образом, основываясь на результатах экспериментов и исследований, можно составить сравнительную таблицу методов контроля состояния отмывочных жидкостей на водной основе Т 4.


Заключение


В статье рассмотрены особенности и приведены сравнительные исследования распространенных методов контроля состояния отмывочных жидкостей на водной основе. Показано, что загрязнения с поверхности печатного узла сильно влияют на точность метода, использующего показатель преломления (рефрактометр), внося значимую погрешность в этот метод измерения. Расхождение в данных о концентрации жидкости может привести к снижению качества отмывки и быстрому истощению раствора. Напротив, влияние загрязняющих веществ на точность показаний других методов (ZBA 10, акустический датчик потока, газовая хроматография) минимально. Дополнительно тестовый набор Zestron® Bath Analyzer 10 позволяет оценить такой важный параметр, как уровень pH жидкости, напрямую влияющий на способность раствора отмывать загрязнения с поверхности печатного узла.

Ввиду сравнительно высокой стоимости и ограниченности применения таких методов как газовая хроматография и акустическое измерение использование тестовых наборов Zestron® Bath Analyzer является простым и релевантным методом, который позволяет с высокой точностью контролировать состояние отмывочной жидкости на водной основе и обеспечивает следующие преимущества для вашего производства:

- повышение качества и стабильности отмывки;
- уменьшение себестоимости процесса отмывки;
- сокращение расхода отмывочной жидкости;
- увеличение срока жизни отмывочной жидкости.

На сегодняшний день тестовые наборы Zestron® Bath Analyzer представляют собой единственную доступную альтернативу дорогостоящим методам измерения концентрации отмывочных жидкостей на водной основе, обеспечивающую достоверные и стабильные результаты измерений независимо от степени загрязнения раствора.

На сайте направления технологических материалов <http://www.ostec-materials.ru/> в разделе «Контроль отмывочной жидкости» можно ознакомиться с технологической информацией о тестовых наборах Zestron® Bath Analyzer. 

На сайте направления технологических материалов <http://www.ostec-materials.ru/> в разделе «Контроль отмывочной жидкости» можно ознакомиться с технологической информацией о тестовых наборах Zestron® Bath Analyzer. 

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Х. Вак (H. Wack), «Limitations of Refractive Index» (Ограничения метода показателя преломления), CIRCUITS ASSEMBLY, апрель 2009 г.
2. Уильям Т. Райт (William T. Wright), «Managing Wash Lines and Controlling White Residue by Statistical Process Control» (Управление отмывочными линиями и контроль белого остатка на основе статистического управления процессом), SMTA International Proceedings, сентябрь 2003 г.
3. Умут Тосун (Umut Tosun), «Concentration Monitoring and Closed Loop Control — A Technological Advancement» (Контроль концентрации и регулирование с обратной связью — технологические достижения), SMTA International Proceedings, октябрь 2013 г.
4. Майкл МакКатчен (Michael McCutchen), «Precision and Accuracy in a Cleaning Process» (Точность и погрешность в процессе отмывки), PCD&F/ CIRCUITS ASSEMBLY, август 2012 г.
5. Вячеслав Ковенский, «Состояние раствора отмывочной жидкости как фактор, способствующий повышению качества отмывки», Информационный бюллетень «Поверхностный монтаж», № 6, декабрь 2009 г.