

# Входной контроль компонентов: контроль паяемости методом оценки баланса смачиваемости

**Павел Масич**, начальник отдела оборудования для испытаний, ЗАО Предприятие ОСТЕК, [info@ostec-smt.ru](mailto:info@ostec-smt.ru)  
**Евгений Кашин**, ведущий менеджер отдела оборудования для испытаний, ЗАО Предприятие ОСТЕК

*Контроль паяемости при подготовке партий электронных компонентов и комплектующих при запуске в производство позволяет предсказать результаты процесса и снизить затраты на ремонт изделий. Тестер контроля паяемости Menisco ST88 является эффективным инструментом определения качества паяемости широкого круга компонентов.*

## УСЛОВИЯ И ЦЕЛИ КОНТРОЛЯ ПЯЕМОСТИ

Дефекты паяных соединений являются одними из наиболее характерных и трудно выявляемых при сборке печатных узлов. Вероятность возникновения дефектов подобного типа резко возрастает при переходе к бессвинцовым технологиям. Для минимизации дефектов паяных соединений в современных условиях необходимы проведение входного контроля компонентов и комплектующих, а также высокая квалификация их поставщиков. При этом оценка качества паяемости выводов компонентов в большинстве случаев является одной из наиболее важных технологических операций.

Целью контроля паяемости является анализ качества компонентов и материалов, используемых в процессе производства. Проверку на паяемость могут проходить электронные компоненты, печатные платы, припои, флюсы, любые другие материалы и объекты, участвующие в процессе пайки. Так как в производственных условиях нет возможности осуществить сплошной входной контроль компонентов и материалов, то для контроля качества паяемости необходимо использовать случайную выборку изделий из партии и статистические зависимости. В результате проводится оценка «среднего уровня» паяемости по всей партии. Размер этой выборки зависит от общего количества изделий в партии и требуемого уровня точности статистического анализа.

Контроль паяемости только вновь поступающих компонентов и материалов недостаточно. Это относится не только к металлическим поверх-

ностям, но и к флюсам и паяльным пастам, которые также имеют ограниченный срок хранения. Паяемость может быстро ухудшиться, поэтому необходимо контролировать время, в течение которого она может сохраниться. Для прогнозирования изменения этой характеристики производят искусственное старение паяемых компонентов и материалов при помощи методик ускоренного старения, регламентируемых различными стандартами. Например, используется выдержка в сухом паре или термоциклирование.

## ОСНОВЫ МЕТОДА КОНТРОЛЯ ПЯЕМОСТИ БАЛАНСОМ СМАЧИВАЕМОСТИ

Когда твердое тело погружают в ванну с расплавленным припоем, на него начинают действовать силы выталкивания и поверхностного натяжения, которые особенно сильны на границе между припоем и флюсом.

Результирующее воздействие этих сил формирует мениск (см. рис. 1), и образуется угол смачивания  $\theta$ , величина которого является показателем качества пайки. Угол определяется на основе измеряемой результирующей силы взаимодействия в момент отрыва образца от припоя. Методика этого расчета будет рассмотрена далее.

В процессе пайки участвуют вещества в трех агрегатных состояниях: твердая фаза (компонент или другой образец), жидкая фаза (расплавленный припой), газообразная фаза (чаще всего обычный воздух).

Молекулярное взаимодействие этих трех фаз формирует следующие пары сил поверхностного натяжения:  $\gamma_{SL}$  — твердая—жидкая фазы,  $\gamma_{SV}$  —

твердая—газообразная фазы,  $\gamma_{LV}$  — жидкая—газообразная фазы. Угол смачивания  $\theta$  — это угол между  $\gamma_{SL}$  и  $\gamma_{LV}$ .

Баланс этих трех сил, когда жидкость смачивает твердое тело и образует стабильный мениск, можно найти из формулы Юнга:

$$\overline{\gamma_{SV}} + \overline{\gamma_{SL}} + \overline{\gamma_{LV}} = 0.$$

Угол смачивания  $\theta$  формируется поверхностями твердой, газообразной и жидкой фаз в момент их максимальной величины.

Проекция этих трех сил на ось Z следующая:

$$\gamma_{SV} - \gamma_{SL} - \gamma_{LV} \cos \theta = 0,$$

следовательно,

$$\cos \theta = \frac{\gamma_{SV} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LV}}.$$

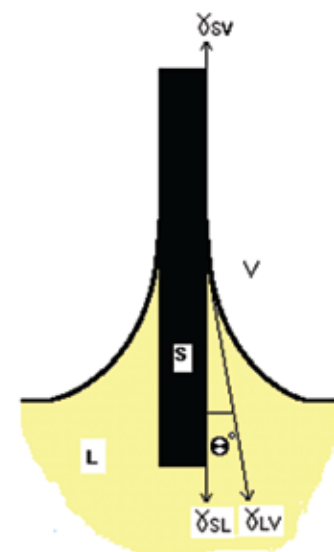


Рис. 1. Мениск



Рис. 2. Тестер контроля паяемости Menisco ST88

Угол  $\Theta$  напрямую связан с силами поверхностного натяжения, поэтому его величина дает возможность точно оценить качество пайки. Улучшение паяемости характеризуется снижением величины угла смачивания  $\Theta$ .

Образец погружается в расплавленный припой, появляется Архимедова сила выталкивания и сила смачивания. В тот момент, когда обе эти силы действуют на образец, измеряют результирующую силу.

Зная результирующую и Архимедову силу, можно вычислить и силу смачивания по следующей формуле:

$$F_r = F_w - F_a,$$

где  $F_r$  — результирующая сила,  $F_w$  — сила смачивания,  $F_a$  — Архимедова сила выталкивания.

$$F_r = \gamma LV \cos\Theta - \rho vg,$$

где  $F_r$  — результирующая сила, мН;  $F_w$  — сила смачивания, мН;  $\Theta$  — угол смачивания,  $\gamma LV$  — сила поверхностного натяжения между жидкой и газовой фазами вещества на границе припой/флюс, мН/мм;  $l$  — периметр образца в области мениска, мм;  $\rho$  — плотность расплавленного припоя, г/мм<sup>3</sup>;  $v$  — объем погруженной части

образца, мм<sup>3</sup>;  $g$  — ускорение свободного падения, 9,81 м/с<sup>2</sup>. Угол смачивания находят из следующего выражения

$$\cos\Theta = \frac{F_r + \rho vg}{\gamma LV}$$

Величина угла смачивания  $\Theta$  дает конкретный и однозначный ответ на вопрос о паяемости образца. Однако, если испытуемый образец имеет сложную форму, то определить угол смачивания довольно трудно. Тем не менее, автоматизированное оборудование и специальное программное обеспечение позволяют точно вычислить угол смачивания при сложных формах поверхности образца. Европейский стандарт NF89400 дает градацию, отраженную в таблице 1.

### ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Оборудование для контроля паяемости, сертифицированное на соответствие основным мировым стандартам, позволяет определить качество паяемости компонентов, как с физических, так с и юридических позиций.

Достойным представителем таких приборов является Menisco ST88 (см. рис. 2). Он поддерживает все известные мировые стандарты, включая NF89400, Mil-Std-883C метод 2022 (военный стандарт США), МЭК 68-2-69, IPC/ANSI/J-STD-002/3. Прибор Menisco ST88 обладает высокой точностью перемещения (отклонение 0,1%), регулируемую скорость 1...50 мм/с, поддерживает температуру припоя до 450°C, обеспечивает погружение образцов в припой на глубину 0,02...25 мм. Этот прибор позволяет оценить паяемость широкого набора корпусов компонентов: от 0402 до самых больших интегральных схем в корпусах QFP и BGA. Полностью автоматизированный и компьютеризованный тестер контроля паяемости Menisco ST88 обеспечивает реализацию различных методов — в ванне или шарике припоя.

Для определения паяемости установленный на держателе образец погружают в ванну с припоем или в шарик припоя. При погружении в ванну результирующая сила измеряется при отрыве образца от припоя. В случае использования шарика после отрыва образца результирующая сила равна весу оставшегося в шарике припоя.

Таким образом, существует прямое соотношение между паяемостью и массой припоя, ушедшего на смачивание.

Процесс определения паяемости компьютеризирован, что позволяет фиксировать, хранить и использовать данные тестов. Методы тестирования широко известны и включены в большинство стандартов, посвященных производству электроники. Метод ванны с припоем предпочтительнее для стандартных компонентов больших размеров, паяемых волной. Метод шарика припоя предназначен для локального теста (на печатной плате или компоненте) части образца или для компонентов небольших размеров, например 0201.

Для сравнения необходимо упомянуть и распространенный метод контроля паяемости ручным погружением в ванну с расплавленным припоем. Этот тест, доступный также и для ST88, позволяет оценить результат только визуально, без фактических измерений. Оценка результата только качественная: годен/не годен. Стабильность результата, повторяемость параметров теста, производительность целиком зависят от оператора, и поэтому являются приблизительными. Этот метод без специальных оптических приборов эффективен только для крупногабаритных образцов.

### ВЫВОДЫ О НЕОБХОДИМОСТИ КОНТРОЛЯ ПАЯЕМОСТИ

Производители электронных изделий постоянно сталкиваются с необходимостью контроля качества компонентов, используемых в процессе изготовления продукции. В этих условиях контроль паяемости необходим как при входном контроле, так и в ходе подготовки партий электронных компонентов и комплектованных при запуске в производство.

Контроль паяемости позволяет предсказать результаты процесса и снизить затраты на ремонт изделий. Проводя количественную оценку паяемости компонентов и материалов, технолог имеет возможность совершенствовать технологический процесс. Эффективным инструментом для решения этих задач является тестер контроля паяемости Menisco ST88.

Таблица 1. Классы паяемости по стандарту NF89400

Класс паяемости	Качество	Величина угла $\Theta$ , град., не более
1	Отлично	30
2	Хорошо	40
3	Средне	55
4	Плохо	>55

НОВОСТИ РЫНКА

**IPC-7711/7721 Rev.B — Новая редакция руководства по ремонту печатных плат и электронных сборок с поддержкой бессвинцовой пайки**

Ассоциация IPC опубликовала новую редакцию (Revision B) ремонтного стандарта IPC-7711/7721 «Rework, Modification and Repair of Electronic Assemblies» («Восстановление, модернизация и ремонт печатных плат и электронных сборок»).

Новое издание Руководства содержит более 300 страниц текста и иллюстраций. В нем учтены все изменения, которые были внесены в предыдущие версии, а также включено несколько новых процедур, касающихся ремонта BGA (удаление шариковых выводов — reballing) и ремонта гибких печатных плат.

Были пересмотрены практически все процедуры ремонта и восстановления печатных плат (всего несколько сотен), как для классического монтажа, так и для бессвинцовой (lead-free) пайки.

Добавлено большое количество цветных иллюстраций, которые упрощают пользователям понимание описываемых в стандарте процессов. Пользователи могут включать в сборник свои специфические процедуры (принятые в компании) или удалять отдельные страницы, оставляя только те, которые необходимы для выполнения конкретной работы.

IPC-7711/7721 — один из самых известных международных стандартов по ремонту и восстановлению печатных плат. Существуют, конечно, и другие ремонтные стандарты, например, нормативные документы Европейского космического агентства (ESA Standards), стандарты NASA и другие, однако область их применения ограничена, в то время как стандарт

IPC-7711/7721 может быть использован любой компанией, занятой производством электронной техники, в любой стране и в любой отрасли промышленности.

Ремонтный стандарт IPC — один из самых ранних документов этой организации. Впервые он был опубликован в 1967 году и тогда назывался IPC-R-700 «Suggested Guidelines for Modification, Rework and Repair of Printed Boards and Assemblies» («Руководящие указания по модификации, восстановлению и ремонту печатных плат и сборок»).

Документ несколько раз пересматривался и в апреле 1998 года был разделен на два самостоятельных стандарта: IPC-7711 «Rework of Electronic Assemblies» («Восстановление электронных сборок»), и IPC-7721 «Repair and Modification of Printed Boards and Electronic Assemblies» («Ремонт и модификация печатных плат и электронных сборок»).

После очередного пересмотра в октябре 2003 года (Rev A 10/03), стандарты были объединены в один документ, который стал называться IPC-7711/7721A и в который IPC-7711 и IPC-7721 вошли как отдельные тома. Очередная ревизия стандарта была проведена в ноябре 2007 года (Rev B 11/07), после чего он получил обозначение IPC-7711/7721B.

Члены IPC могут приобрести твердую копию IPC-7711/7721B за \$75, другие заинтересованные лица — за \$150. Руководство доступно в различных форматах.

[www.russianelectronics.ru](http://www.russianelectronics.ru)

НОВОСТИ РЫНКА

**IPC выступает против ужесточения директивы RoHS**

Ассоциация по развитию сотрудничества в электронной промышленности (IPC) предупреждает Еврокомиссию об отрицательных последствиях ужесточения требований RoHS и введения новой директивы REACH.

Комитет по связям с правительством, экологии, здоровью и безопасности (Government Relations and Environment, Health and Safety Committees) Ассоциации IPC опубликовал свои комментарии, касающиеся требований Еврокомиссии к промышленности по исполнению директивы RoHS (Restriction of Hazardous Substances).

Указывая на опасность введения дополнительных ограничений в рамках RoHS, включая ограничения, устанавливающие запрет на использование существующих технологий и

затрагивающие большинство используемого в современном производстве оборудования, IPC обращается к Еврокомиссии с просьбой отложить введение этих ограничений до того времени, пока не будут проанализированы технические возможности их реализации.

IPC также обратил внимание Еврокомиссии на тот факт, что введение дополнительных ограничений в соответствии с новой директивой REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals substances) может привести к неразберихе, «перекрытию и дублированию химических норм».

[www.russianelectronics.ru](http://www.russianelectronics.ru)

НОВОСТИ РЫНКА

**Nokia открывает в Румынии сборочное производство сотовых телефонов**

11 февраля Nokia открывает в Румынии свою первую линию по сборке сотовых телефонов.

Официальное открытие завода в Джуку, Румыния, состоялось в конце прошлого года. На предприятии будет трудиться 300 специалистов — 200 человек на производстве и 100 — в управлении. Продукция будет поставляться на рынки Европы, Среднего Востока и Африки.

Предприятие будет работать в две смены, хотя действующее законодательство предусматривает трехсменный режим работы. В настоящее время руководство предприятия ведет переговоры с Министерством труда относительно внесения изменений в законодательство.

[www.russianelectronics.ru](http://www.russianelectronics.ru)

**И.М.С. Консалтинг**  
ELECTRONICS MANUFACTURING SERVICES

*Консультации и сопровождение в области контрактного производства электроники. Поиск и выбор зарубежного или отечественного производителя*

- Определение списка ключевых требований к производителю
- Выбор оптимального производителя (Россия, Юго-Восточная Азия, Европа, США)
- Подготовка контракта и документооборота
- Запуск и серийное производство
- Сопровождение и оптимизация процессов производства

Тел: +7 (495) 721-4665; e-mail: vladimir@emscconsult.ru

**НОВОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Essemtec предлагает автомат групповой сборки**

Компания Essemtec предлагает новый сборочный автомат FLX2010-BLV, который может быть использован как для изготовления прототипов, так и в серийном производстве.

Модель FLX2010-BLV входит в состав успешной серии FLX, которая разработана для монтажа узлов с большим разнообразием компонентов. Это автомат пакетного типа для групповой сборки, в котором для установки фидеров свободны три стороны, что более чем на 50% увеличивает его возможности по сравнению с машинами других типов. Все фидеры автомата интеллектуальные и могут быть заменены в процессе функционирования машины. Одновременно может быть подано до 225 компонентов.

Машины серии FLX могут устанавливать компоненты всех типов (чипы, QFP, BGA и пр.), любых размеров (от 01005 до 50 x 50 мм), из всех видов носителей (лента, пенал, поддон, специальные формы). Для выравнивания компонентов используют технологию обработки изображений от мирового лидера, компании Cognex, что позволяет с высокой точностью устанавливать компоненты в корпусах QFP с шагом выводов до 0,3 мм. Производительность машины 5000 spm, максимальные размеры печатных плат 780 x 600 мм (30,7 x 23,6 дюйма).

Серия FLX укомплектована целым рядом модулей расширения. Так, например, в систему встроены диспенсер для нанесения припойной пасты и клея, что позволяет сократить издержки и увеличить гибкость оборудования. Кроме того, программный пакет MIS содержит инструментальные средства для планирования производства, оптимизации фидеров, позволяет планировать процесс монтажа и управлять им.

Приобретая эту машину, пользователь получает доступ к дистанционной эксплуатационной системе Essemtec и порталу MyEssemtec.com в Интернете. Важное значение для клиентов имеет фирменная программа сохранения инвестиций: в случае, когда требуется более производительный автомат, Essemtec гарантирует честную цену за использованную машину, основываясь на ее сроке службы, предлагая взамен более быстрое оборудование, при этом можно использовать существующую программу сборки, поскольку программное обеспечение для всех машин идентично.

[www.russianelectronics.ru](http://www.russianelectronics.ru)

**НОВОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ**

**KIC Vision — автоматизированная система оценки температурного профиля**

Новая система KIC Vision компании KIC Thermal Profiling позволяет полностью автоматизировать процесс измерения температурного профиля печей оплавления.

Система работает без вмешательства оператора, позволяет измерять температурный профиль через заданные промежутки времени, выдавать тревожный сигнал и включать сигнальную лампу при отклонении параметров профиля от заданного и, при необходимости, отключать конвейер.

Новый программный пакет SPC (Statistical Process Control) автоматически регистрирует основные SPC диаграммы, включая  $C_{pk}$  (индекс воспроизводимости процесса), делает это

каждый раз при изменении параметров профиля, позволяет реализовать основные функции SPC на уровне оператора без привлечения специалистов для оценки процесса.

При отклонении  $C_{pk}$  от заданного значения выдается тревожное сообщение. Данные, собираемые KIC Vision, могут быть выведены автоматически во внешний файл для дальнейшего использования. Усовершенствованная система KIC Vision предлагает EMS клиентам более высокий уровень документирования и трассируемости процесса.

[www.russianelectronics.ru](http://www.russianelectronics.ru)

**НОВОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Диспенсер в виде авторучки**



Компания Qtek предлагает диспенсеры в виде авторучки с тонким нейлоновым наконечником для точного дозированного нанесения различных материалов.

«Авторучка» Fluid Dispenser Pen может заправляться различными материалами, вклю-

чая растворители, смазки, химические составы RMA, адгезивы и растворы на водной основе. Ее баллон имеет емкость 3 куб.см, что достаточно для комфортной работы. Тонкий наконечник позволяет наносить материал в труднодоступные области платы, в точно указанные места. Ручку можно хранить в кармане пиджака или халата, она надежно защищена от протечки.

[www.russianelectronics.ru](http://www.russianelectronics.ru)

**НОВОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Brady предлагает «революционный» промышленный термопринтер**



Новая IP серия принтеров предназначена для печати этикеток, тэгов и конвертов.

Это первая система, которая позволяет объединить принтер, материалы, «красящую» ленту и программное обеспечение. Пользователь может легко загрузить материал, вызвать программный интерфейс и распечатать этикетки, тэги и конверты.

Brady IP Series Printer System печатает с разрешением 300 или 600 dpi. В нем сокращено время замены материала с 10—15 минут в принтерах более ранних серий до 5 минут в IP серии. С помощью фирменного ПО Bradysoft или Labelmark принтер автоматически подстраивается под параметры материала, выбирает скорость печати и температуру головки.

[www.russianelectronics.ru](http://www.russianelectronics.ru)