



# Как Motorola испытывала и выбирала паяльную пасту

Несколько лет назад компания Motorola провела испытания паяльных паст, чтобы определиться в выборе поставщика паяльных материалов, соответствующего всем требованиям компании. На западном рынке существует огромное количество бессвинцовых паяльных паст с температурой пайки около 240 °С, большинство из них, казалось бы, подходит для производства основного продукта Motorola — мобильных телефонов. Однако требовалось найти паяльную пасту, обеспечивающую наиболее широкое технологическое окно и при этом имеющую минимальную пиковую температуру пайки для производства всего спектра продукции компании — от автоматических телефонных станций, систем автоматики, компьютеров и до, разумеется, мобильных телефонов.

**Антон Большаков**

Materials@ostec-smt.ru

Для тестирования было отобрано 19 различных паяльных паст шести производителей. Их заявленные технические данные соответствовали всем требованиям компании. Оставалось только проверить эти характеристики и сопоставить результаты.

В сотрудничестве с выбранными поставщиками паяльных паст были разработаны стандарты компании Motorola, касающиеся вопросов качества и надежности. Тесты выполнялись в несколько этапов: сначала в зависимости от состава паяльной пасты проверялось ее соответствие заявленным характеристикам, далее каждый образец подвергался глубокому исследованию, чтобы выяснить, насколько удовлетворяют данные изделия следующие требования компании Motorola:

- характеристики трафаретной печати: срок жизни на трафарете, способность заполнять контактные площадки на мелком шаге, сохранение клеящих свойств;
- широкое технологическое окно пайки паяльной пасты: возможность пайки не менее чем девятью различными термопрофилями с минимальной температурой пайки;
- качество паяных соединений на различных печатных платах;
- тест на поверхностное сопротивление остатков флюса после пайки (SIR-тест).

Компания Multicore Solders для испытаний предоставила паяльную пасту LF320 со следующими заявленными свойствами:

- минимальная пиковая температура пайки 229 °С;
- широкое технологическое окно пайки;
- устойчивость к осадке отпечатков пасты;
- широкое технологическое окно трафаретной печати;
- длительный срок жизни на трафарете;
- устойчивость к образованию шариков припоя;
- бесцветные остатки флюса.

В соответствии с требованиями компании Motorola для испытаний были предоставлены паяльные пасты со сплавом 95,5Sn3,8Ag0,7Cu. Тестовые платы изготавливались с медной металлизацией контактных площадок с органическим защитным покрытием. Оплавление паяльных паст происходило в воздушной среде. Результаты сравнивались со стандартной свинцовосодержащей паяльной пастой, использовавшейся на предприятии.

## Анализ характеристик трафаретной печати

### Контролируемая характеристика

Стабильность отпечатков во времени при трафаретной печати и блокирование окон трафарета < 0,3 мм.

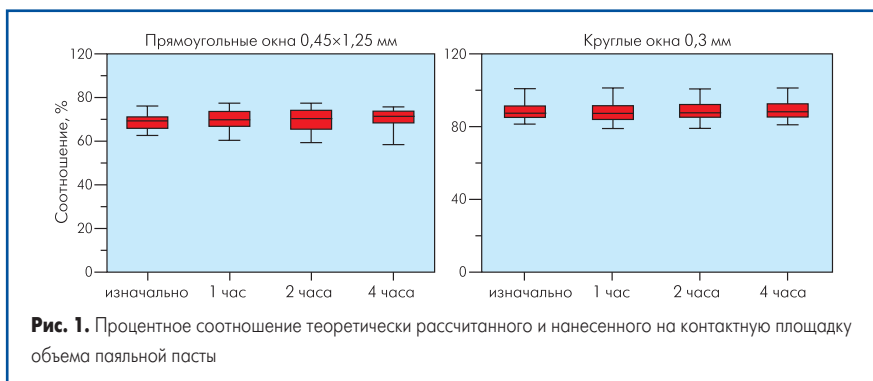
### Процесс испытаний

Паяльная паста находилась на трафарете от 0,1 до 4 часов и наносилась через трафарет с окнами различной формы и размеров:

- круглые окна от 0,25 до 0,45 мм;
- квадратные окна от 0,3 до 0,625 мм;
- прямоугольные окна от 0,22×1,25 до 4,5×1,25 мм.

Скорость печати паяльной пасты, давление и скорость разделения трафарета с печатной платой устанавливались исходя из рекомендаций каждого производителя на свой продукт.

По требованиям стандартов Motorola процентное соотношение теоретически рассчитанного и нанесенного на контактную площадку объема паяльной пасты должно быть постоянным после печати через 1,3 и 4 часа нахождения паяльной пасты на трафарете.



**Оборудование контроля**

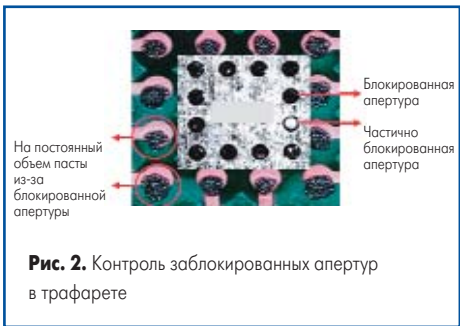
Результаты трафаретной печати контролировались системой автоматической оптической инспекции. Смазанные отпечатки и заблокированные апертуры трафарета исследовались с использованием систем визуального контроля.

Блокирование окон трафарета с апертурами < 0,3 мм контролировалось визуально для каждого отрезка времени нахождения паяльной пасты на трафарете. Для этого трафарет подсвечивался с задней стороны.

**Результат испытания**

Многие паяльные пасты оказались чувствительными к воздействиям окружающей среды (температуры и влажности) из-за нестабильности их флюсующей составляющей. Исследования показали, что характеристики некоторых паст стали ухудшаться сразу же после начала работы. В отличие от них наилучшие показатели характеристик трафаретной печати были достигнуты на паяльной пасте Multicore LF320 (рис. 1).

Пример теста, при котором одна из паяльных паст не прошла испытания при шаге 0,25 мм, приведена на рис. 2. На фотографии видны полностью и частично заблокированные апертуры, в результате чего наблюдалась нестабильность отпечатков паяльной пасты.



**Рис. 2.** Контроль заблокированных апертур в трафарете

**Контролируемая характеристика**

Сохранение клеящих свойств паяльной пасты после трафаретной печати.

**Процесс испытаний**

Для определения способности удерживать компоненты паяльные пасты оценивались на сохранение клеящих свойств. Испытания проводились в соответствии с тестовыми методами стандарта IPC-TM-650 путем измерения усилия на отрыв щупа диаметром 5 мм с поверхности паяльной пасты. Паяльная паста наносилась на керамическую подложку через трафарет толщиной 250 мкм с круглыми окнами диаметром 6,3 мм.

**Результат испытания**

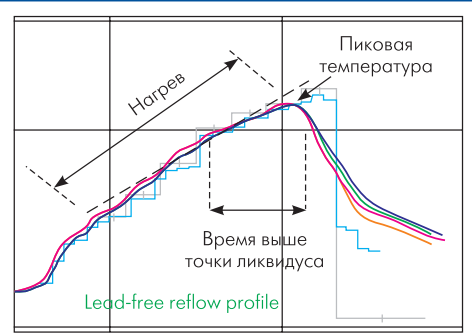
Клеящие свойства флюса Multicore LF320 сохранялись неизменными непосредственно после трафаретной печати, а также через 1, 2, 4 и 8 часов.

**Исследования профилей пайки**

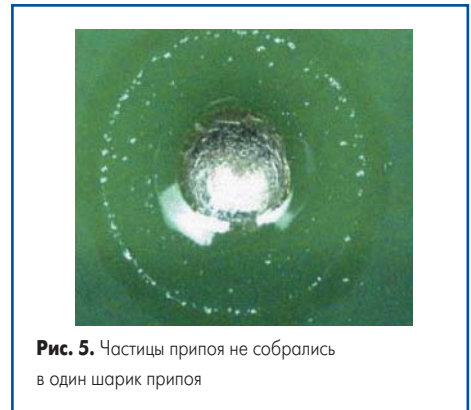
Компания Motorola выпускает широкий спектр продукции, поэтому одно из важнейших направлений исследований заключалось в поиске паяльной пасты с максимально широким технологическим окном пайки. При этом одним из основных требований бы-

Время выше точки ликвидуса	Время нахождения выше точки ликвидуса		
	60 с	70 с	80 с
229 °C	Профиль № 1	Профиль № 4	Профиль № 7
237 °C	Профиль № 2	Профиль № 5	Профиль № 8
245 °C	Профиль № 3	Профиль № 6	Профиль № 9

**Рис. 3.** Температурные профили пайки паяльных паст



**Рис. 4.** Качественно оплавленная паста



**Рис. 5.** Частицы припоя не собрались в один шарик припоя

ла относительно невысокая температура пайки для обеспечения пайки чувствительных компонентов. По требованиям Motorola только материал, обеспечивающий наиболее широкое окно, имел шанс на победу.

**Контролируемая характеристика**

Максимальное число температурных профилей пайки (технологическое окно пайки).

**Процесс испытаний**

Каждая паяльная паста подвергалась пайке с применением девяти различных температурных профилей, отличающихся разницей температуры между точкой ликвидуса припоя и пиковой температурой пайки (рис. 3). Этот тест проводился с целью отсечь пасты, флюс которых не обеспечивает качественное удаление оксида с поверхности частиц припоя в воздушной атмосфере в процессе пайки.

**Результат испытания**

Визуально оценивалось качество оплавления частиц припоя на тестовых площадках диаметром 0,3 мм с медной металлизацией (рис. 4, 5).

**Контролируемая характеристика**

Смачивание припоем контактных площадок.

**Процесс испытаний**

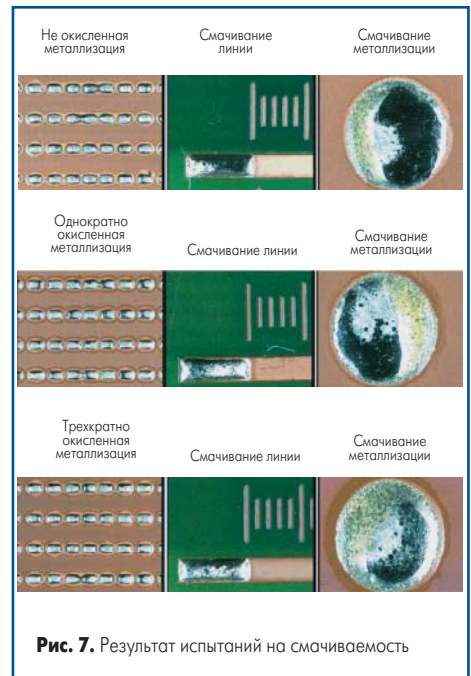
Характеристики смачивания исследовались на трех различных типах печатных плат. Были подготовлены три платы с хорошей паяемостью (рис. 6); три платы предварительно окислены однократным прохождением через печь конвекционного оплавления; три платы окислены трехкратным прохождением через печь конвекционного оплавления. Далее проводились операции трафаретной печати и пайки тестируемых паяльных паст, после чего контролировалась смачиваемость (рис. 7).



**Рис. 6.** Тестовая печатная плата для контроля смачиваемости

**Контролируемая характеристика**

Пайка паст со смещенными относительно контактных площадок отпечатками.



**Рис. 7.** Результат испытаний на смачиваемость



Испытания проводились для исследования качества пайки неправильно нанесенной паяльной пасты.

#### Процесс испытаний

Материал наносился на 12 тестовых печатных плат с заданным смещением отпечатков относительно контактных площадок: шесть плат с хорошей паяемостью и шесть плат, предварительно окисленных разовым прохождением через печь конвекционного оплавления. По две печатные платы паялись непосредственно после трафаретной печати пасты, по две — после выдержки в течение 2 часов после печати паяльной пасты и после выдержки в течение 2 часов после печати паяльной пасты при относительной влажности 90%, при температуре 30 °С. Качество и надежность паяных соединений проверялись ускоренными климатическими испытаниями.

#### Результат испытания

Качество паяных соединений и наличие шариков припоя на паяльной маске контролировались визуально (рис. 8).



Рис. 8. Качество пайки паяльной пасты LF320, умышленно нанесенной со смещением относительно контактной площадки

#### Контролируемая характеристика

Поверхностное сопротивление остатков флюса (SIR тест).

#### Процесс испытаний

Были изготовлены тестовые печатные платы IPC-B-25 в соответствии со стандартом IPC-TM-650. Сопротивление измерялось через равные промежутки времени в интервале от 24 до 168 часов, с требованием по допустимому сопротивлению изоляции не менее 100 МОм.

#### Результат испытания

Измерения показали, что паяльная паста Multicore LF320 соответствует требованиям тестовых методов IPC-TM-650.

Паяльная паста Multicore LF320 прошла все испытания (табл. 1) и рекомендована к применению на всех заводах компании Motorola.

Испытания, проведенные компанией Motorola, показали широкое технологическое окно паяльной пасты Multicore LF320. Как сказал руководитель команды разработчиков Multicore Solders: «Любой производитель может получить прекрасные результаты благодаря большому потенциалу и универсальности паяльной пасты Multicore LF320, заложенной при ее разработке».

#### Литература

1. «Making the 'Centigrade'» Vahid Goudarzi and Grahame Freeman, Circuits Assembly, February 2005.

Таблица 1. Результаты испытания Multicore LF320

Испытание	Результат* Multicore LF320
Стабильность доз во времени при трафаретной печати	Без изменений на различном шаге от 0 до 4 часов
Сохранение клеящих свойств во времени после печати	Без изменений до 8 часов
Возможность устанавливать не менее 9 различных термопрофилей	Достигнуто более 9 профилей
Минимальная пиковая температура пайки	229 °С**
Сохранение флюсоющих свойств пасты при пайке	Без изменений для различных профилей
Смачиваемость контактных площадок	Лучший результат среди испытываемых
Качество паяных соединений	Дефектов не выявлено
Пайка паст со смещенными относительно контактных площадок отпечатками	Отсутствуют шарики припоя на паяльной маске
SIR-тест	Соответствует требованиям теста

\* Требования сформулированы компанией Motorola для собственных условий производства.

\*\*Пиковая температура зависит от печи оплавления, компонентов и плотности монтажа печатной платы.

Таблица 2. Характеристики паяльной пасты Multicore LF320

(все данные приведены для условий испытаний, указанных в стандартах)

Наименование	LF320	Методы испытания	
Сплав	Тип/состав сплава (%)	J-STD-005, J-STD-006	
	96SC (Sn95,5/Ag3,8/Cu0,7) Температура плавления 217 °С	+	
	97SC (Sn96,5/Ag3/Cu0,5) Температура плавления 221 °С	+	
	Размер частиц		
	мкм	J-STD-005	Код Multicore
	38–53		ASS
	20–45	Тип3	AGS
	Тип флюса	ROMO	ANSI/STD-004
	Содержание галогенов, (%)	0	ANSI/STD-004
	Смачиваемость, (%)	Соответ.	QQ-S-571-E
Электромиграция	Соответ.	Bell- GR-78-Core	
Флюс	Сопротивление изоляции остатков (Ω)	Соответ.	Bell- GR-78-Core
	Содержание флюса, (%)	12 J-STD-005	
	Вязкость		
	Метод Малкома (P)	3110	J-STD-005
Метод Брукфильда (cP)	670000	J-STD-005	
Паяльная паста	Тиксотропный индекс <sup>(2)</sup>	0,48	
	Клейкость (г/мм <sup>2</sup> )		
	Осадка (мм) при толщине трафарета 200 мкм/100мкм <sup>(3)</sup>		
	После 8 часов при комнатной температуре	0,2/0,2	J-STD-005
	После 20 минут при температуре 80 °С	0,2/0,2	J-STD-005
	После 20 минут при температуре 150 °С	1,3	J-STD-005
	Коррозия медного зеркала	Соответ.	QQ-S-571E
	Коррозия медной пластины	Соответ.	JIS-Z-3197
	Время жизни после трафаретной печати (часов)	>24	
	Срок хранения при 5–10 °С (месяцев)	6	
	Технологические характеристики:		
	минимальный шаг компонентов (мм)	0,4	
	ручная трафаретная печать	Рекомендуется	
трафаретная печать с применением автоматов	Рекомендуется		
трафаретная печать с использованием системы PROFLOW	Рекомендуется		
скорость трафаретной печати (мм/сек)	20–150		
нанесение методом дозирования	–		
отмывка после пайки оплавлением	не требуется		
Упаковка:	Банка 500 г		
	SEMCO картридж 650 г		
	1,0 кг, 1,2 кг		

1. После отмывки

2. Тиксотропный индекс (ТИ) определяется по формуле:  $ТИ = \log(\text{вязкость при } 1,8с - 1 / \text{вязкость при } 18с - 1)$

3. Осадка определяется как минимальное расстояние между площадками указанного размера, при котором не происходит образование перемычек.