

# Сравнительные испытания устройств для нанесения паяльной пасты (принтеров)

Во время SMT-шоу в Нюрнберге журналы "EPP" и "EPP Europe" (Konradin Mediagroup) при поддержке Mesago Messe Frankfurt организовали оценочные испытания четырех устройств для нанесения паяльной пасты. Это было действительно интересное зрелище. У посетителей была возможность на практике в реальном времени в течение пяти дней сравнить устройства различных поставщиков. Оценивались технические возможности оборудования среднего класса. Официальные результаты этой аттестации приведены в данной статье.

Торстен Ниермайер  
(Thorsten Niermeyer)

Перевод: Никита Сухов

Nik87S@yandex.ru

Были испытаны устройства четырех компаний: DEK (Horizon 01), EKRA (X6 HIS), Essemtec (SP900 USC-V) и Speedprint (SP2 10 avi), представленная в Германии фирмой ANS electronic. Они оценивались трехмерной системой проверки нанесения паяльной пасты фирмы Koh Young, эту систему предоставила немецкая компания PB Iec. Все устройства-конкурсанты были оборудованы трафаретами от Christian Koenen, пастой F 640 от Heraeus и валиками для очистки трафарета Sontara от Vlesstoff Kasper. Для испытаний были взяты печатные платы компании Heraeus. В перерывах между соревнованиями их чистили моющими средствами Zestron в очищающей машине Systronic CL500. Все транспортировочные устройства (погрузо-разгрузочные станции и угловой модуль) были от компании Asys.

## Что печаталось?

В каждом испытании все четыре устройства наносили пасту на 10 печатных плат. Ежедневно проводилось по 5 испытаний, а заинтересованная аудитория получала необходимый комментарий. Все 40 печатных плат оценивались по скорости нанесения трехмерной системой проверки нанесения пасты; результаты были представлены публике вместе с пакетом программ SPC Koh Young. У трафарета был большой диапазон апертур: у наименьшего номинального размера апертур составил 175 мкм в диаметре, а самый большой по площади — 2×1,5 мм. Толщина трафарета составляла 100 мкм, но было зафиксировано и снижение ее до 70 мкм для наименьшего нанесения паяльной пасты. Модели разных компаний были оборудованы как рамочными, так и безрамочными системами фиксации трафаретов.

## Что измеряли?

Поставщики устройств для нанесения паяльной пасты заранее решили, что оцениваться будут только реальные конечные результаты. Это составляло в общей сложности 2150 отпечатков пасты на печатную плату. Структура пасты и испытательный образец печатной платы, при помощи которых определяли па-

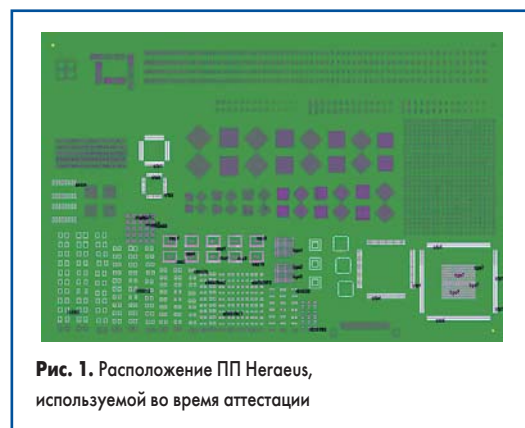


Рис. 1. Расположение ПП Heraeus, используемой во время аттестации

раметры устройств, не оценивались. На рис. 1 представлены размеченные контактные площадки белого цвета, а области серого цвета были проигнорированы. Это нижний ряд контактных площадок, близких к краю печатной платы, поскольку устройства использовали различные методы зажима, и не все могли достать край ПП. Модель компании DEK имеет вакуумный инструмент для удержания, EKRA — более аккуратные края, Essemtec и Speedprint — зажим вершины. Все десять планшетов по каждому испытанию использовались для измерения и оценки, хотя на производстве первые 3–4 планшета не пропускают, пока паста не будет перемешана несколько раз и не будет иметь нужную вязкость.

Номинальное значение толщины слоя пасты было равно толщине трафарета, для каждой области запасом являлось соответствующее отверстие апертуры и для номинального объема пасты — произведение площади и высоты. Область и толщина слоя пасты выражены в процентах для каждого соответствующего отпечатка, в то время как толщина слоя была измерена с точностью 1 мкм.

## Как проводилось измерение?

Трехмерная система проверки нанесения паяльной пасты была установлена в конце технологической линии и в режиме реального времени измеряла

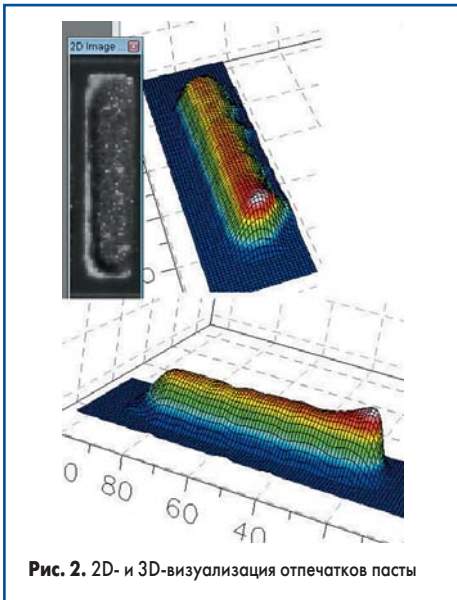


Рис. 2. 2D- и 3D-визуализация отпечатков пасты

все печатные платы, на которые была нанесена паста. *Aspire* от *Koh Young* — очень точная система измерения толщины слоя с разрешением 0,37 мкм. Она измеряет объем, толщину, площадь, координатное смещение каждого отпечатка пасты, а также выполняет проверку соединения вокруг депозитов. *Koh Young* претендует на лидерство на рынке в области трехмерной проверки нанесения паяльной пасты. Эта компания использует ахроматический световой фазовый сдвиг муарового принципа. Все результаты измерения были сохранены и использовались для данной оценки. Визуализация измерения может быть представлена для каждого депозита, как на примере, приведенном на рис. 2.

**Насколько хорошей была печать?**

Результаты испытания можно оценить по различным параметрам. В целом были рассмотрены средние значения (*x*) толщины слоя, площади, объема и смещения пасты. Разброс результатов *s* или  $\delta$  (стандартное отклонение) среди десяти печатных плат, на которые в течение одного испытания наносилась паста, является показателем стабильности устройства. Но среднее значение само по себе недостаточ-

Таблица 1. Средние значения *x* и *s* при испытании десяти ПП

	Объем, %		Толщина, мкм		Площадь, %		Смещение X, мкм		Смещение Y, мкм	
	<i>x</i>	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>s</i>
DEK	111	13,8	82	16,5	136	13,8	22	14,3	7	10,9
EKRA	89	12,9	72	12,8	121	11,9	11	15,1	5	13,6
Essectec	95	14,9	76	15,0	125	11,5	-14	14,5	0	12,1
Speedprint	108	19,1	84	16,9	128	14,8	-7	15,7	-17	13,9

Таблица 2. Результаты второго испытания третьего дня

	Объем, %		Толщина, мкм		Площадь, %		Смещение X, мкм		Смещение Y, мкм	
	<i>x</i>	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>s</i>
DEK	113	12,9	84	15,7	134	13,6	16	14,4	13	12,7
EKRA	88	15,1	73	14,1	119	11,6	-4	14,7	10	14,8
Essectec	97	13,7	75	14,0	128	11,3	-21	14,7	-17	17,3
Speedprint	107	18,1	83	16,9	128	14,0	-21	17,8	-5	10,2

но для того, чтобы можно было судить о результатах. Необходимо рассмотреть стандартное отклонение по каждой из вышеупомянутых категорий. Возможно, оно будет небольшим, но даст понимание того, насколько результаты всех планшетов отклоняются от номинального или среднего значения. Отклонение толщины слоя пасты, объема и площади оказались больше, чем ожидалось в производственной обстановке, поскольку рассматривались все результаты.

Полученные в течение других дней результаты можно увидеть на следующих иллюстрациях и таблицах. На рис. 3 в верхней графе показан средний объем на одну ПП во втором испытании первого дня, а нижняя графа показывает стандартное отклонение на одну ПП. Результаты выявили колебание для *Speedprint* между 90 и 115% номинального объема, в зависимости от направления валика. Давление валика не могло быть установлено независимо для двух различных (противоположных) направлений. Показатели каждого направления валика стабильны и не превышают показатели других устройств.

Результаты *Essectec* сильно колебались. Был замечен дефект в камере, и она была повторно перекомпонована. Это видно по результатам следующего дня, при сравнении рис. 3 и 4. На рис. 4 показан график среднего объема и средней толщины слоя для каждой ПП, на которую наносилась паяльная паста во время четвертого испытания на второй день.

В таблице 1 показаны соответствующие средние значения (*x* или *Avg* = среднее число) десяти ПП. Значительный показатель принтера — это стандартное отклонение *s* (сигма), или смещение относительно технологических отверстий.

Несмотря на то, что все устройства для нанесения пасты были оборудованы трафаретами от *Christian Koenen*, необходимо учитывать, что они не идентичны, поскольку у каждого устройства было что-то «свое». У трафаретов есть производственный допуск  $\pm 3$  мкм. Следовательно, между ними возможны некоторые небольшие отклонения. В таблице 2 приведены данные по второму испытанию третьего дня. Можно заметить, что результаты устройств стабильны, и если отклонения по сравнению с предыдущим днем и есть, то очень небольшие. На рис. 4а показан объем отпечатков пасты согласно таблице 2. Каждое устройство на свои изделия расходовало все 21 500 отпечатков пасты за одну пробную серию (по 2150 отпечатков пасты на одну ПП). Это распределение является наглядным представлением небольших различий между устройствами и соответствующими значениями сигмы.

**Дефекты печати**

Каждый день было измерено и оценено более 430 000 отпечатков паяльной пасты. Дефектов было очень мало (<30 на миллион).

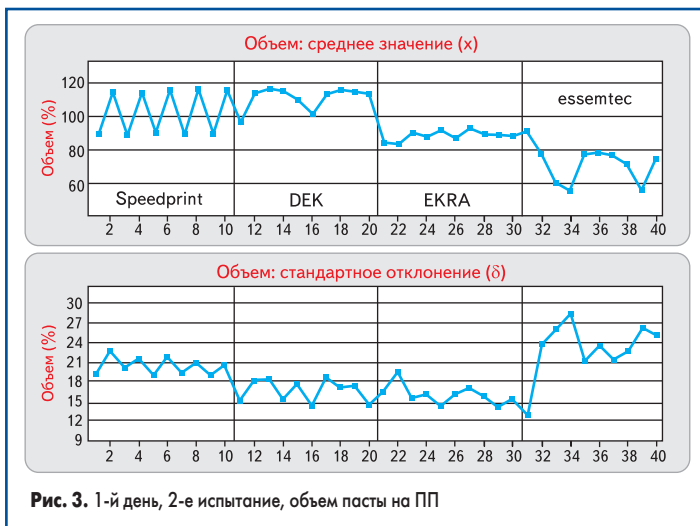


Рис. 3. 1-й день, 2-е испытание, объем пасты на ПП



Рис. 4. 2-й день, 4-е испытание, объем и толщина пасты на ПП



Рис. 5. Дефект — отсутствие пасты

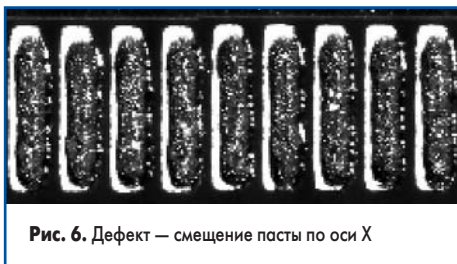


Рис. 6. Дефект — смещение пасты по оси X

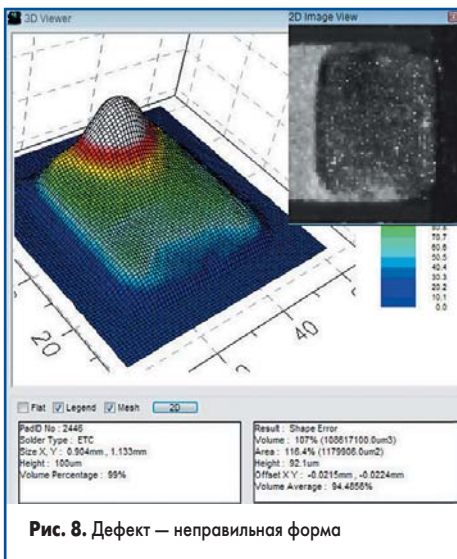


Рис. 8. Дефект — неправильная форма

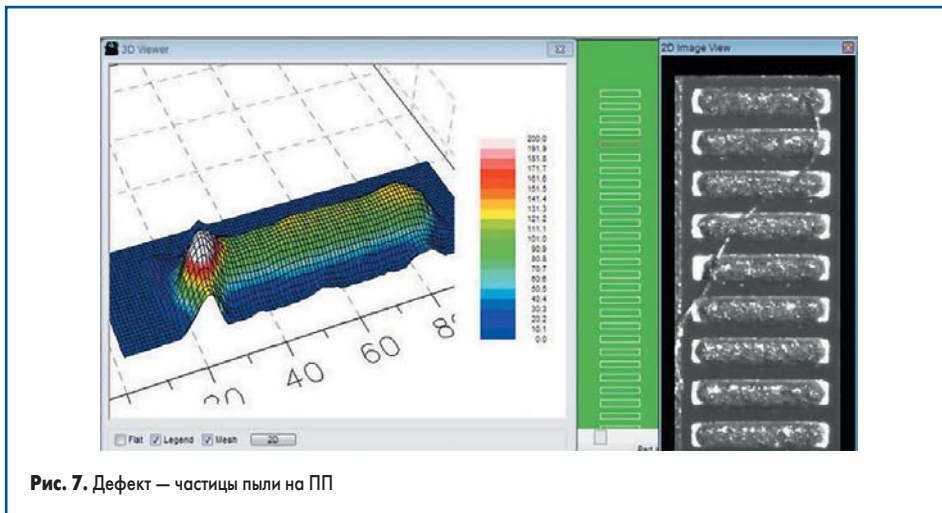


Рис. 7. Дефект — частицы пыли на ПП

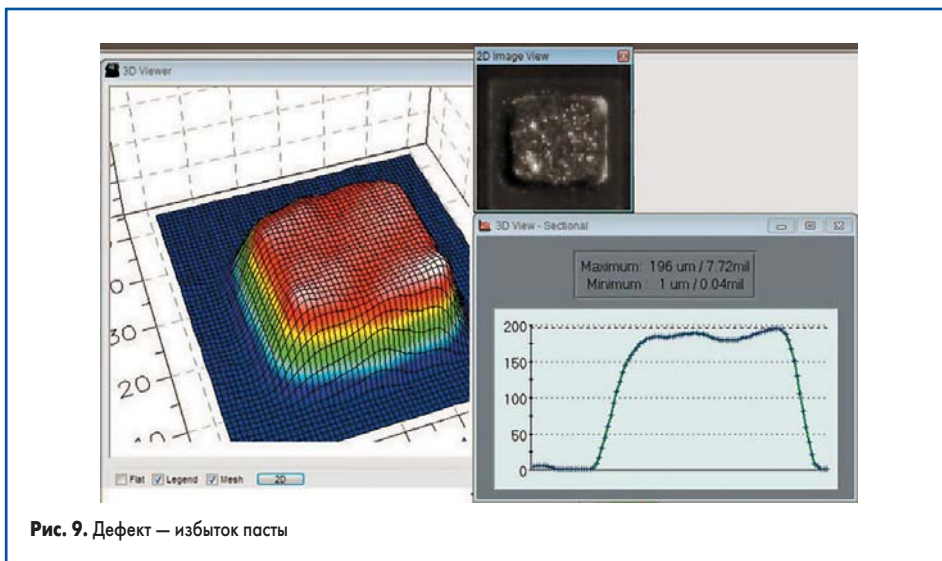


Рис. 9. Дефект — избыток пасты

### Анализ процесса и его совершенствование

Найденные дефекты были обусловлены заблокированными (закупоренными) апертурами, которые привели к отсутствию пасты на ПП (рис. 5) или смещению печати (рис. 6). Мусор или частицы грязи, обнаруженные на печатных платах (рис. 7), были скорее не от обтирочных материалов, а от внешних условий (состояния зала, в котором проводились испытания). В зависимости от материала валика и давления проявлялись различные дефекты печати. Пример слишком высокого давления валика показан на рис. 8. Поскольку был установлен достаточно большой допуск, а именно  $\pm 50\%$ , только несколько отпечатков пасты вышли за эти границы.

Принтеры с зажимом вершины (Speedprint и Essentec) в нескольких случаях нанесли слишком много пасты близко к краю ПП. На рис. 9 показан отпечаток с 180% пасты от номинального объема и толщиной пасты до 196 мкм. Это можно исправить, выбрав другой метод зажима, например, такой как вакуумный.

В течение трех дней печатались платы и измерялся расход пасты. Результаты были не только представлены публике, но и использовались для оптимизации принтеров. На рис. 10 приведен пример замены подтрафаретного цикла очистки в принтере DEK. Если в первый день трафарет чистили после каждой четвертой ПП (синяя кривая), то на третий очистка была отключена в течение нанесения пасты на 10 ПП (зеленая кривая). Результаты нанесения пасты были более однообразными (постоянными) в течение десяти нанесений, тогда как средняя высота была все еще ниже на первой ПП после очистки трафарета. Это из-

мерение может помочь определить частоту очистки, которая, в свою очередь, даст возможность оптимизировать расход обтирочного материала и улучшить (уменьшить) время цикла. Изготовители устройств непрерывно использовали датчик координатного смещения, предоставленный Koh Young, чтобы изменить параметры (настройки) и улучшить результаты.

Дополнительный анализ показывает различия в толщине слоя и объеме между DEK и другими тремя устройствами (рис. 4). На рис. 11 представлен график средней высоты на одну ПП с различными трафаретами в двух устройствах (станках). Очевидно, что трафарет А толще, поскольку средняя толщина выше и на DEK, и на EKRA при использовании этого трафарета. Также отмечена однородность десяти



Рис. 10. Сравнение DEK, с очисткой трафарета и без нее

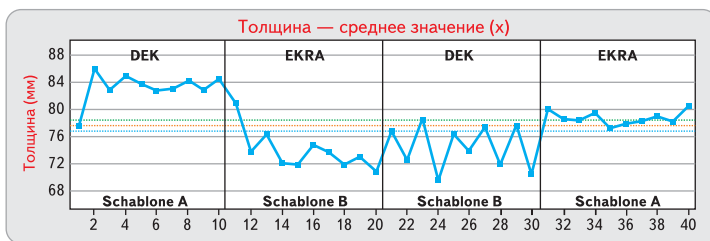


Рис. 11. Обмен трафаретами между DEK и EKRA

напечатанных ПП. Очевидно, что трафарет А показывает меньшие колебания (наименьший разброс). Это означает, что не только устройства способствовали изменению результатов, но и материалы, трафареты и их системы зажима.

### Заключение

Оценивая полученные результаты, трудно определить, какие из этих 4 устройств относятся к первому, а какие — ко второму классу. Все модели показали сопоставимые результаты (табл. 1, 2). Определение победителя или просто лучшего устройства было бы возможным только при установленных разрядах и нагрузках. Но это не было предусмотрено. По отдельным испытаниям можно сказать, что на второй день установка EKRA показала наименьшее отклонение по толщине слоя и объему (табл. 1), а DEK, несмотря на более высокое отклонение (x), — наименьшее смещение (s) в координатной плоскости. В последний день испытаний станок Speedprint показал наимень-

шее отклонение на изгибе (стыке) (рис. 12). Было очевидно, что результаты устройств очень близки. На третий день (табл. 2) Essemtec

показал меньшее стандартное отклонение по высоте и объему, чем EKRA, но у DEK снова было наименьшее смещение в координатной плоскости. Поскольку это сравнение не включало время рабочего цикла или очистительные циклы, нельзя сделать общее заключение, которое и выявило бы победителя. Но стало ясно, что помимо самих устройств, трафареты и другие материалы, такие как паста, резиновый валик и обтирочные материалы, способствуют образованию дефектов во время нанесения пасты. Было также доказано, что для обнаружения отклонений от процесса и их исправления необходимо постоянное управление производственным процессом с помощью трехмерного контроля.

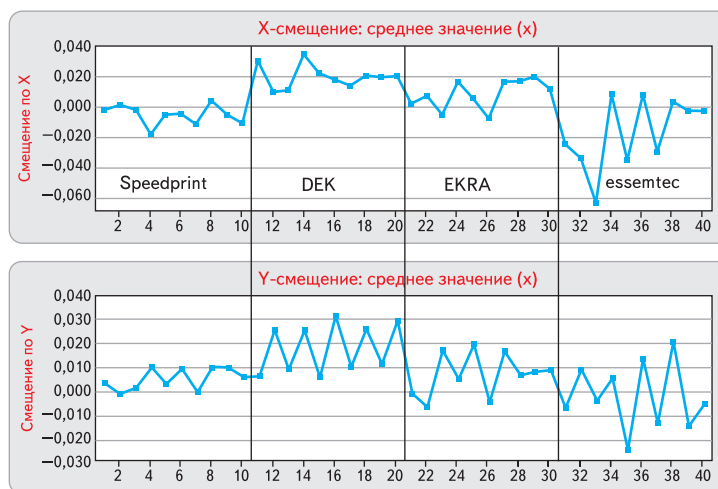


Рис. 12. 2-й день, 5-е испытание, смещение по осям X/Y на ПП