

Решение главной проблемы технологии поверхностного монтажа: повышение качества нанесения паяльной пасты

Успевает ли технология трафаретной печати за ужесточающимися требованиями к качеству изделий и сложности печатных плат? И готова ли новая технология каплеструйной печати обеспечить необходимый уровень качества и гибкости нанесения паяльной пасты? Сравнительное исследование этих двух технологий нанесения паяльной пасты продемонстрировало интересные результаты. Трафаретные принтеры дают некоторые возможности оптимизации наносимых слоев паяльной пасты, но каплеструйный принтер позволяет оптимизировать процесс нанесения пасты быстрее и с меньшими усилиями. В то же время возможность нанесения паяльной пасты на отдельные участки каждой отдельной платы может стать решающим аргументом.

Перевод:
Ольга Зотова

olgazotova@dipaul.ru

Не безоблачное будущее

Производители стремятся достичь хорошего качества монтажа радиоэлектронного узла. При этом им нельзя недооценивать роль качества паяного соединения. Обеспечение электрической связи — не единственное требование, которое предъявляется к паяному соединению, такое соединение должно обеспечивать и прочное механическое соединение. Ключевой этап в этом — нанесение паяльной пасты, но на качество результата этого процесса влияет очень большое количество параметров. Сегодня вопрос качества печати паяльной пасты является самым частым при перечислении причин, приводящих к ошибкам в процессе поверхностного монтажа компонентов: это примерно 70% от всего количества факторов, вызвавших появление дефектов, к которым относятся, например, отсутствие галтели, недостаточное количество припоя на контактных площадках, перемычки и т. д.

А развивающиеся в промышленности тенденции еще более усугубляют положение. Плотность монтажа компонентов на платах растет, все чаще используются очень маленькие элементы и компоненты с все более малым шагом выводов, кроме того, большие и маленькие компоненты все чаще располагаются рядом. Сегодня производители сталкиваются с все более сложными условиями производства, более высокими требованиями, предъявляемыми к качеству, и необходимостью максимальной автоматизации производственного процесса для повышения эффективности производства и сохранения конкурентоспособности в области ценообразования.

Автоматическая трафаретная печать

Стандартный способ нанесения паяльной пасты в технологии поверхностного монтажа компонентов — это трафаретный принтер с ракелями и метал-

лическим трафаретом. Несмотря на высокий уровень автоматизации и применение передовых решений, трафаретная печать все еще является узким местом. К причинам можно отнести «тонкость» процесса нанесения пасты и тот факт, что на конечный результат влияет слишком много параметров, контролировать которые бывает порой очень сложно. Например, скорость печати, тип ракелей, угол их наклона и давление, прилегание трафарета к печатной плате, скорость разделения платы и трафарета, протирка трафарета с нижней стороны, поддержка печатных плат (особенно при нанесении пасты на вторую сторону платы), толщина трафарета и дизайн апертур. Чтобы достичь высокого качества печати, необходимо тщательно оптимизировать каждый из этих параметров. Причем для каждой партии плат необходимо настраивать параметры отдельно.

Одно из ограничений трафаретной печати заключается в том, что наносимый объем пасты в большой степени зависит от толщины трафарета. Хотя разнотолщинные трафареты частично и устраняют эту проблему, тем не менее их использование связано с дополнительными сложностями и затратами. Использование разнотолщинных трафаретов накладывает и определенные ограничения на дизайн печатных плат, где необходимо предусматривать «мертвые» зоны для сохранения свободного пространства между апертурами, находящимися в разных плоскостях.

Поэтому в подавляющем большинстве случаев производители электроники в работе используют обычные металлические трафареты одинаковой толщины.

Автоматическая каплеструйная печать

Это относительно новая технология, в которой применяется уникальный принцип нанесения паяльной пасты на печатные платы с большой скоростью. При таком бесконтактном способе печати

к поверхности платы не прикладывается сила, а небольшие дозы паяльной пасты выстреливаются на плату во время печати и могут наноситься одна на другую.

Процесс печати полностью контролируется программным обеспечением, а используемые по умолчанию настройки для каждого компонента рассчитываются на основании САД-данных. Тем не менее у пользователя есть возможность изменять параметры нанесения паяльной пасты: область нанесения, высоту и толщину нанесения для каждой отдельной контактной площадки, элемента или посадочного места.

Бестрафаретная технология печати позволяет гораздо быстрее приступить к сборке изделий по сравнению с трафаретной печатью, так как отсутствуют потери времени, затрачиваемого на заказ, доставку и отмычку трафаретов, программы нанесения пасты разрабатываются удаленно, и время на настройку и переналадку принтера также сведено к минимуму. Кроме того, внесение изменений в рисунок нанесения паяльной пасты и другие настройки осуществляется легко и быстро на любом этапе производства.

Полностью автоматическая технология каплеустройной печати была разработана компанией MYDATA automation AB (Швеция). Первое поколение каплеустройных принтеров (MY500) появилось в 2007 году, а новое поколение было выпущено на рынок в следующем, 2008 году.

Итак, что можно сказать о качестве каплеустройной печати по сравнению с трафаретной, если сравнивать эти две технологии в реальных производственных условиях?

Сравнительное исследование в реальных производственных условиях

Исследование проводилось на базе крупного европейского контрактного производителя электроники. Эта компания — лидер в области производства высокотехнологичной продукции и сертифицирована согласно стандартам ISO 9001-2000 и 14001, AQAP 2120-2003, IEC 61508 и TL 9000. Ее заказчики работают в секторе здравоохранения и телекоммуникаций, авиационной и оборонной областях промышленности.

В ходе исследования, которое проводилось одну неделю, оценивалось качество нанесения паяльной пасты на платы, собираемые

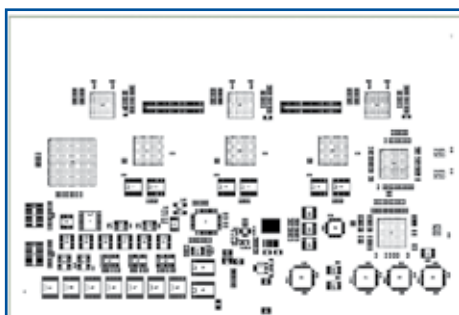


Рис. 1. Одна из плат заказчика, использованная в ходе исследования

Таблица. Раскладка по количеству плат в партиях, собранных в ходе исследования

№ партии плат	Покрытие	Каплеустройная печать		Трафаретная печать			
		Кол-во плат	Паяльная паста	Кол-во плат	Паяльная паста	Толщина трафарета, мкм	Принтер
1	Иммерсионное золото	6	Senju M705-LFAC19	7	Alpha OM-338-T	120	MPM Accuflex
2	Горячее лужение	8	Senju 2062-AC19F13	7	Alpha OM-5100	150	MPM Ultraprint 1500
3	Горячее лужение	3	Senju 2062-AC19F13	0	нет	нет	нет
4	Иммерсионное золото	5	Senju M705-LFAC19	0	нет	нет	нет
5	Горячее лужение	7	Senju 2062-AC19F13	7	Alpha OM-5100	150	MPM Ultraprint 1500
6	Горячее лужение	7	Senju 2062-AC19F13	7	Alpha OM-5100	150	MPM Ultraprint 1500
7	Горячее лужение	7	Senju M705-LFAC19	7	Alpha OM-338-T	125	MPM Ultraprint 1500
8	Горячее лужение	7	Senju 2062-AC19F13	7	Alpha OM-5100	150	MPM Accuflex
9	Горячее лужение	7	Senju 2062-AC19F13	7	Alpha OM-5100	150	MPM Ultraprint 1500
10	Иммерсионное золото	7	Senju 2062-AC19F13	7	Alpha OM-5100	150	MPM Accuflex
11	Горячее лужение	7	Senju 2062-AC19F13	7	Alpha OM-5100	150	MPM Ultraprint 2000
12	Горячее лужение	7	Senju 2062-AC19F13	7	Alpha OM-5100	125	MPM Ultraprint 1500

Примечание. При необходимости результаты исследования можно проиндексировать для компенсации различий в количестве печатных плат в некоторых партиях.

в ходе обычной работы компании по выполнению заказов. Изучалось 12 партий печатных плат (рис. 1), в каждой из которых было по 14 плат. На половину плат партии паяльная паста наносилась на трафаретном принтере, а на другую половину — на каплеустройном. (Примечание. На две партии плат паста наносилась только на каплеустройном принтере.) В исследовании использовались три трафаретных принтера MPM с трафаретами разной толщины (таблица).

После нанесения паяльной пасты платы проверялись с помощью системы трехмерной инспекции объема пасты компании Koh Young Technology (рис. 2). Все измерения проводились на предприятии, после чего платы снова включались в производственную цепочку. Производитель также выполнял обычные процедуры по оценке качества выполнения операций до и после установки компонентов согласно строгим внутренним правилам контроля качества.

В ходе исследования были получены данные об измерениях более чем 100 000 слоев паяльной пасты. Анализ этих данных проводился по следующим пяти ключевым параметрам

качества нанесения паяльной пасты: общее качество нанесения, объем, повторяемость, предсказуемость результатов и точность.

Общее качество нанесения: качество допустимое

Как и следовало ожидать от компетентного и надежного производителя электроники, все платы отличались хорошим качеством. Компания соблюдала строгую процедуру проверки качества собираемых изделий согласно стандартам IPC, а любые незначительные обнаруженные ошибки выявлялись и исправлялись в ходе соблюдения обычного производственного процесса. Таким образом, все платы прошли контроль качества и были отосланы заказчиком.

Итак, если качество всех плат оказалось допустимым, то в чем же заключаются отличия между двумя технологиями, если таковые имеются?

Объем пасты: компромиссный или индивидуальный подход?

Вероятно, основное отличие между этими двумя технологиями заключается в различных возможностях нанесения объемов пасты (рис. 3). При трафаретной печати с использованием обычного трафарета всегда приходится искать компромисс в объеме нанесения паяльной пасты, необходимой для маленьких компонентов (мало пасты) и больших компонентов (много пасты). Существует тенденция подбирать трафарет такой толщины, чтобы она была оптимальна для ключевых компонентов. В то же время важно, чтобы на каждой контактной площадке было достаточно паяльной пасты для образования паяного соединения. Это значит, что наносят больше пасты, чем это необходимо.

При каплеустройной же технологии нанесения паяльной пасты ее объем можно настраивать индивидуально для каждой конкретной площадки. То есть можно нанести оптимальный объем пасты для каждого отдельного компонента, в результате чего не возникает необходимости наносить избыточное количество пасты.

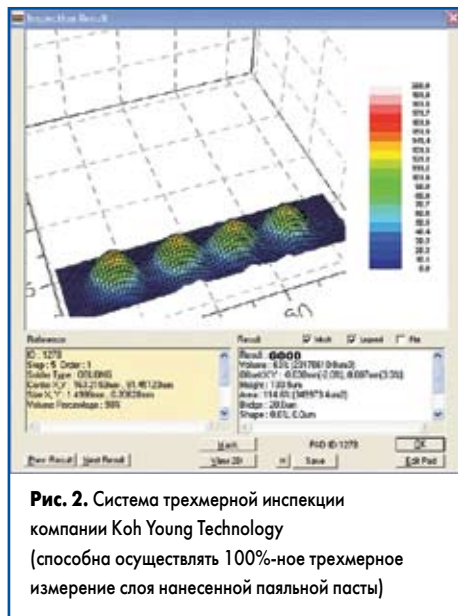
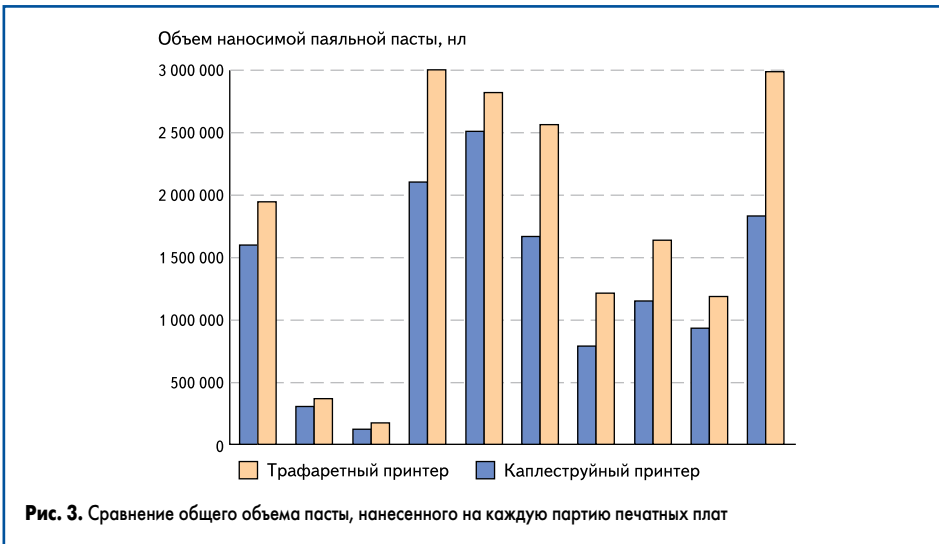


Рис. 2. Система трехмерной инспекции компании Koh Young Technology (способна осуществлять 100%-ное трехмерное измерение слоя нанесенной паяльной пасты)



Это отличие можно увидеть при анализе результатов исследований: во всех партиях собранных плат при каплеустройной технологии нанесения пасты расходовалось меньше. На одну конкретную плату каплеустройный принтер нанес 55% пасты от того количества, которое потребовалось трафаретному принтеру. Если сравнивать средние показатели объема нанесенной паяльной пасты на все десять партий печатных плат, то каплеустройный принтер наносит 65% того объема пасты, который расходуется трафаретным принтером.



Каплеустройная печать не только позволяет индивидуально подобрать количество наносимой пасты (рис. 4), но и нанести индивидуальный рисунок из пасты на контактную площадку. Пользователи могут самостоятельно настроить размер, положение, рисунок и высоту (толщину) слоя наносимой пасты. То есть слой наносимой пасты можно оптимизировать, чтобы избежать образования некачественных паяных соединений или повысить их функциональность. Например, для полной свободы при работе с тепловодами, достижения хорошей смачиваемости и одновременно качественного покрытия контактной площадки, а также для нанесения слоя пасты в форме треугольника, что позволяет избежать образования шариков припоая в результате выдавливания пасты из-под компонента.

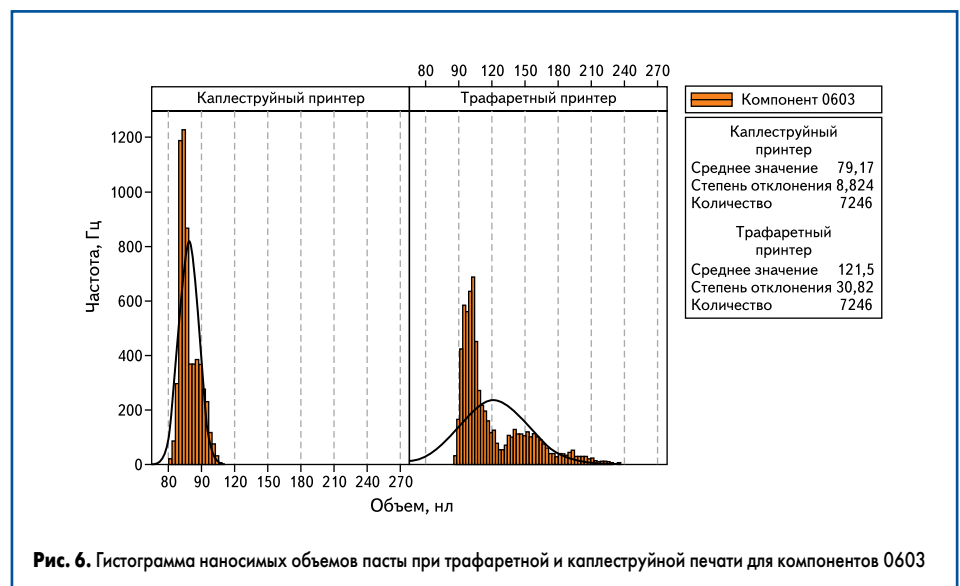
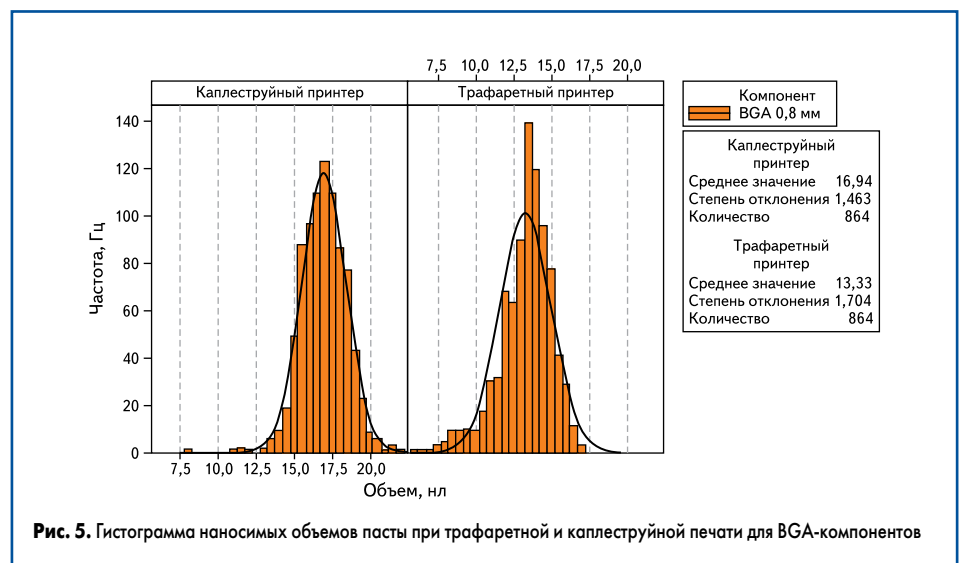
Если говорить о нанесении пасты на 70 плат, то общий объем пасты, нанесенной трафаретным принтером, составил 83 г, а каплеустройным — 54 г. Здесь не учитывается дополнительный расход пасты, связанный с процессом трафаретной печати: разбрызгивание пасты и протирка трафарета и т. д., что отсутствует при каплеустройной печати, где используются кассеты с паяльной пастой, которые просто устанавливаются в печатную голову.

Повторяемость: достижение одного и того же результата с течением времени

При изучении объемов наносимой паяльной пасты для некоторых компонентов во всех партиях печатных плат выявилась интересная разница между двумя технологиями. Для основных компонентов, например,

BGA (рис. 5) и QFP с малым шагом выводов, результаты в обоих случаях были похожи. При трафаретной печати эти сложные компоненты чаще всего и влияют на выбор толщины трафарета, благодаря чему достигается однородность результатов. На самом деле, если рассматривать все компоненты, то обе технологии демонстрируют похожие результаты, хотя стандартное отклонение при каплеустройной технологии и было ниже в 10 из 12 партий.

Тем не менее, когда дело дошло до некоторых более мелких компонентов, трафаретные принтеры показали больший разброс результатов. Например, гистограмма для компонентов 0603 (рис. 6) состоит из трех пиков, а гистограмма для компонента 0805 (рис. 7) — из двух. При трафаретной печати с использованием трех трафаретов различной толщины на гистограмме для компонента 0603 видно три пика, а при каплеустройной печати результаты более однородны. Трафаретные принтеры продемонстрировали неоднородные результаты. Оптимальный объем пасты, наносимой для компонента 0805, был достигнут путем компромисса между двумя трафаретами различной толщины. Объяснить этот факт можно следующим образом: эти компоненты входили в разные партии печатных



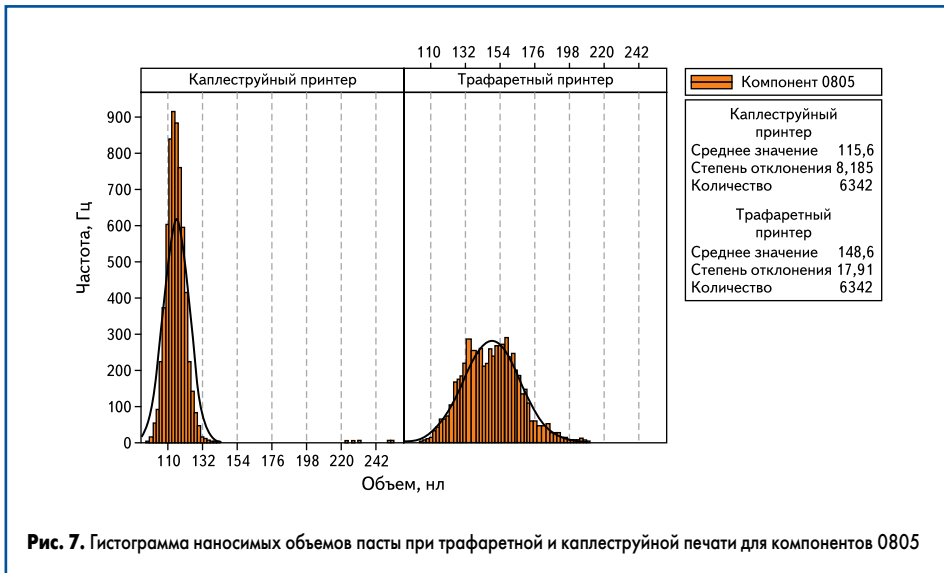


Рис. 7. Гистограмма наносимых объемов пасты при трафаретной и каплетруйной печати для компонентов 0805

плат, для которых использовались трафареты различной толщины, то есть, чтобы нанести оптимальное количество паяльной пасты для этих чипов, приходилось искать компромисс при нанесении оптимального количества пасты для других компонентов, расположенных на этой же плате.

При каплетруйной печати ассортимент компонентов на плате не имеет значения, так как объем наносимой пасты всегда вычисляется оптимальным образом для каждого компонента. Итак, даже при работе с маленькими компонентами каплетруйный принтер продемонстрировал хорошую повторяемость результатов для всех партий печатных плат.

Предсказуемость: соответствует ли теория реальности?

При сравнении фактического объема нанесенной паяльной пасты с ожидаемым результаты трафаретной печати оказались достаточно точными, несмотря на влияние многих параметров. Каплетруйный же принтер продемонстрировал отличные результаты, так как фактический объем пасты оказался практически равным номинальному (рис. 8). Причин тому может быть несколько, вклю-

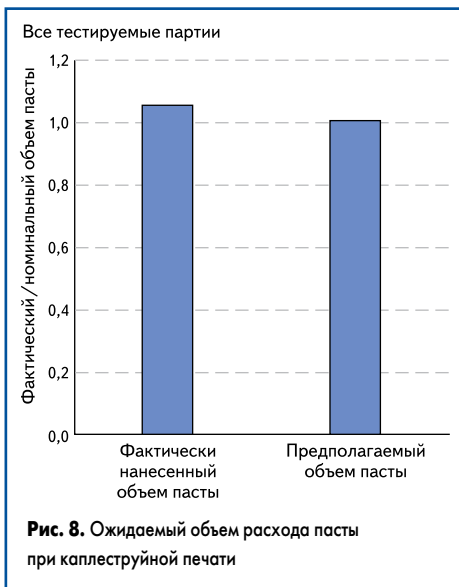


Рис. 8. Ожидаемый объем расхода пасты при каплетруйной печати

чая и тот факт, что оператор меньше влияет на работу каплетруйного принтера, то есть и объем пасты задается программно, и подача пасты полностью контролируется программным обеспечением. Весь процесс замкнут, поэтому вся наносимая паста оказывается на плате. Кроме того, так как каплетруйная печать — это бесконтактный способ нанесения пасты, то результат печати не зависит от коробления платы.

При трафаретной печати на расход пасты влияют различные факторы. Например, качество трафарета, поддержка плат, давление ракелей, паяльная маска. От всего этого может зависеть объем наносимой пасты. Паста часто остается в апертурах, когда трафарет отделяют от платы, особенно если речь идет о компонентах с малым шагом выводов. Может понадобиться более частая протирка трафарета и/или использование вибрации до подъема трафарета, это связано с вовлечением оператора в процесс печати, а значит, повышается риск появления ошибок.

Точность: попадание в цель

Вполне очевидно, что для достижения хорошего качества паяного соединения необ-

ходима высокая точность нанесения пасты. В ходе исследования обеих технологий были продемонстрированы очень похожие результаты (рис. 9).

При бесконтактной печати, благодаря использованию реперных знаков на платах, используемых видеосистемой каплетруйного принтера в качестве опорных точек, на точность принтера не влияет качество печатных плат. Точность печати — результат программно контролируемых перемещений головки по осям X и Y.

Точность же нанесения пасты в трафаретном принтере напрямую зависит от качества платы или панели, включая такие параметры, как обрезка, растяжение, коробление плат, качество паяльной маски и т.д. Кроме того, качество самого трафарета и совмещения трафарета и платы — это еще два важных параметра, которые влияют на точность трафаретной печати.

Заключение

У каждого типа компонентов свои индивидуальные характеристики: геометрия выводов, рисунок контактных площадок для выводов, вес. Все они влияют на нанесение паяльной пасты. Чтобы достичь высокого качества паяных соединений на всей поверхности печатной платы, необходимо нанести правильное количество пасты и закрыть правильную площадь контактной площадки.

Хотя трафаретные принтеры и хорошо послужили электронной промышленности, тем не менее некоторые трудности с их использованием возникают. Судя по результатам исследования, достичь хорошего качества печати с помощью трафарета возможно, хотя необходимо идти на некоторые компромиссы. Кроме того, так как в трафаретной печати задействовано множество характеристик, то оптимизация параметров для конкретной партии печатных плат может занять много времени и требует большого мастерства оператора. Как и в любом процессе: чем больше параметров и звеньев цепочки, тем труднее добиться однородности результатов. В то же

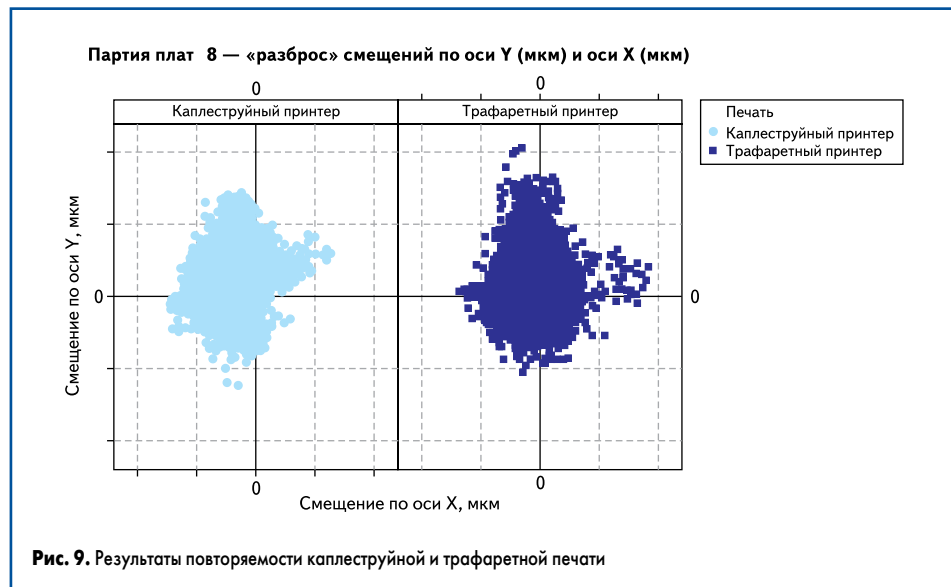


Рис. 9. Результаты повторяемости каплетруйной и трафаретной печати

время, чем больше вовлечен в процесс оператор, тем выше вероятность возникновения ошибок.

В капле струйных же принтерах MY500 компании MYDATA реализован принцип бесконтактной печати, где паяльная паста закрыта от воздействия окружающей среды, а количество параметров, влияющих на конечный результат, существенно меньше. Как показано в примерах, полученных в ходе проведения исследования на действующем производстве, капле струйный принтер превосходит высококачественные трафаретные принтеры по всем параметрам.

Благодаря автоматическому программному управлению капле струйный принтер обладает большими возможностями оптимизации процесса нанесения паяльной пасты. Пользователь может сам изменять объем наносимой паяльной пасты, область нанесения, высоту и количество слоев для каждой отдельной контактной площадки, компонента или корпуса на печатной плате.

Простота доступа к этому уровню управления и гибкость, скорее всего, будут привлекать производителей электроники, так как компоненты и шаг выводов становятся все меньше и меньше, а плотность монтажа и номенклатура компонентов увеличиваются.