



ТЕХНОЛОГИЯ PIN-IN-PASTE

Александр Завалко
lines@ostec-smt

Текущий экономический кризис стал серьезным испытанием для российской промышленности. Чтобы выжить и остаться конкурентоспособными, отечественным производителям радиоэлектронных изделий необходимо в сжатые сроки снизить себестоимость выпускаемой продукции, удовлетворяя при этом непрерывно растущие требования к качеству и надежности изделий. Решение этих жизненно важных задач требует инвестиций в оборудование, перевооружения производства. Получение средств на развитие сейчас затруднено, а инвестиции выглядят рискованными. Существующая ситуация загоняет российского производителя радиоэлектроники в круг определенных проблем.

Выход из круга кризисных проблем один – максимально эффективное использование имеющихся ресурсов, оборудования, раскрытие потенциала сотрудников, внедрение новых технологий (рис. 1).

Примером технологии, позволяющей снизить себестоимость продукции, повысив при этом ее качество, является технология Pin-in-Paste (PIP) или технология интрузивной пайки. Очень важно, что для своей реализации PIP не требует больших капиталовложений.

Большая часть выпускаемых в России радиоэлектронных изделий содержит наряду с поверхностно-монтажными компонентами (SMD) компоненты, монтируемые в отверстия (THT) (рис. 2). Применение THT компонентов увеличивает число технологических процессов при монтаже печатного узла, усложняет процесс сборки, контроль качества, ухудшает технологичность изделия. Тем не менее, применение ряда компонентов целесообразно в THT исполнении. Это вызвано определенным рядом: требованиями надежности, дороговизной компонентов в SMD исполнении, реализацией высоковольтных схем и силовой электроники, отсутствием некоторых компонентов в SMD исполнении.

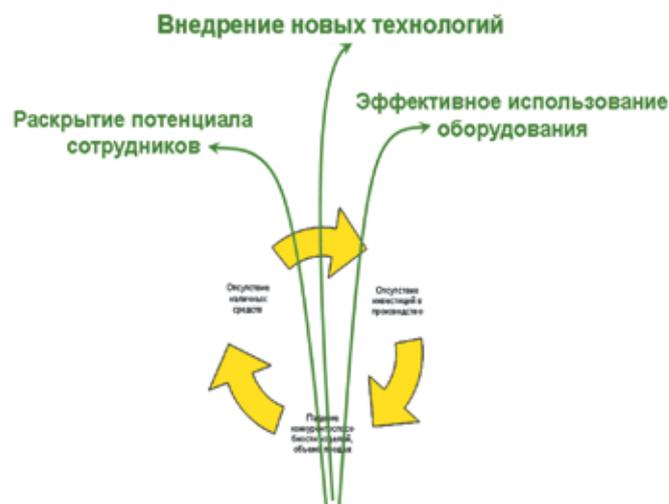


Рис. 1 Круг проблем отечественных производств и пути их решения

Таблица 1 Сравнение различных технологий выводного монтажа

Технология монтажа THT компонентов	Производительность	Качество монтажа	Инвестиции в оборудование	Себестоимость точки пайки
Ручная пайка	0	0 - 2*	2**	0
Пайка волной	2	0 - 1	1	1
Селективная пайка	1	2	1	2
PIP	2	1 - 2***	2	2

Обозначения: 0 – неудовлетворительное значение параметра, 1 – удовлетворительное, 2 – отличное

* – нестабильно, зависит от человеческого фактора;

** – без учета стоимости систем контроля;

*** – зависит от изделия, проработки технологии.

Суть технологии PIP состоит в том, что пайка THT компонентов осуществляется в печи оплавления одновременно с пайкой SMD-компонентов. Для этого сначала в область монтажных отверстий THT компонентов наносится необходимое количество паяльной пасты, далее в отверстия устанавливаются сами компоненты, и затем происходит пайка оплавлением. Такой технологический процесс позволяет уменьшить себестоимость производства радиоэлектронных изделий, повысить качество монтажа и производительность, максимально эффективно использовать плюсы автоматического оборудования для поверхностного монтажа: воспроизводимость результатов технологических операций, минимальный расход материалов, уменьшение требований к квалификации персонала (таблица 1).

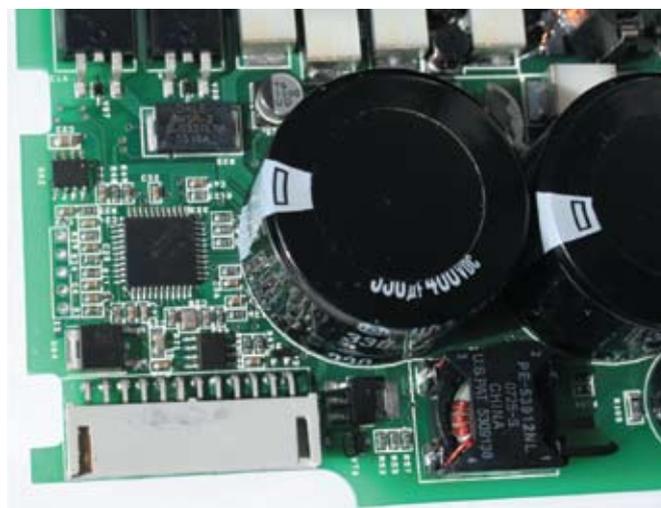


Рис. 2 Плотный смешанный монтаж SMD- и THT-компонентов

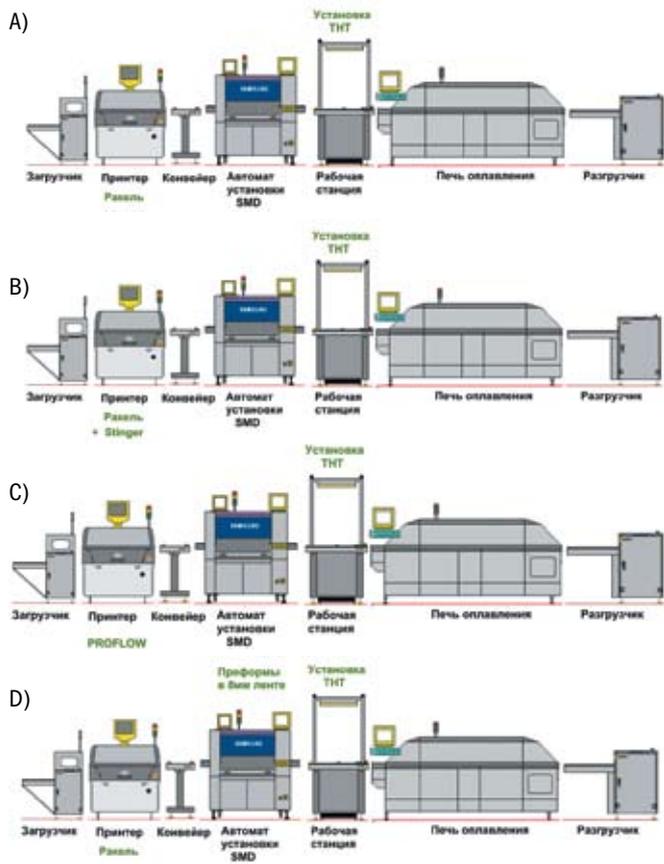


Рис. 3 Варианты реализации PIP технологии: А - ракель, В - дозатор, С - Proflow, D - ракель + преформы

Существуют различные варианты реализации PIP-технологии, различающиеся способами нанесения припоя для THT компонентов (рис. 3).

Идея технологии интрузивной пайки THT компонентов в варианте А была предложена несколько лет назад, но популярности так и не приобрела. Чтобы понять причины этого, а также перспективы новых вариантов технологии В-Д, рассмотрим технологический процесс PIP более детально.

Объем припоя, необходимый для полного заполнения монтажных отверстий THT компонентов многократно превосходит объем припоя, необходимый для пайки SMD-компонентов. Поэтому ключевым процессом PIP-технологии является операция нанесения паяльной пасты.

В первоначальном варианте А технологии PIP при трафаретной

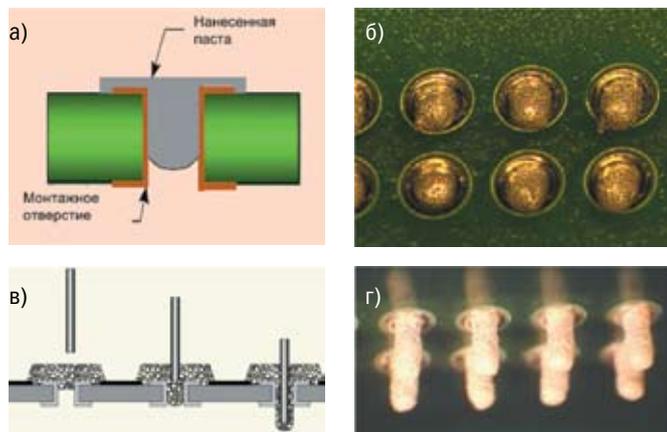


Рис. 4 Нанесение паяльной пасты в PIP технологии. Вариант А: а, б - нанесение пасты ракелем, в - установка THT-компонента, г - выдавливание пасты из отверстия

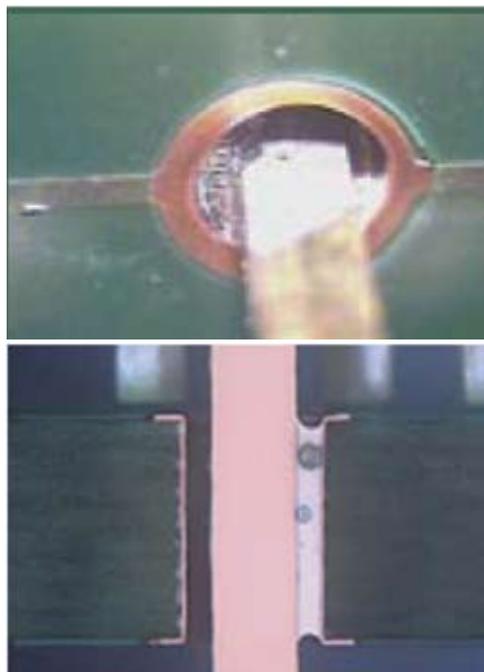


Рис. 5 Типичная проблема PIP-технологии в варианте А - недостаточный объем припоя в штырьковом соединении

печати паста наносилась ракелем и на контактные площадки SMD-компонентов, и через увеличенные апертуры в крепежные отверстия THT компонента (рис. 4 а, б).

При использовании металлического трафарета получался либо избыток пасты на контактных площадках SMD-компонентов, особенно с мелким шагом, либо недостаток пасты в отверстиях для THT компонентов (рис. 5).

Применение ступенчатых трафаретов с участками различной толщины (рис. 6) облегчало реализацию PIP-технологии в варианте А, но увеличивало себестоимость монтажа, ухудшало технологичность процесса.

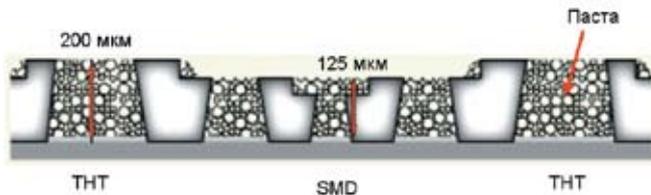


Рис. 6 Нанесение паяльной пасты для PIP-технологии в варианте А через ступенчатый трафарет

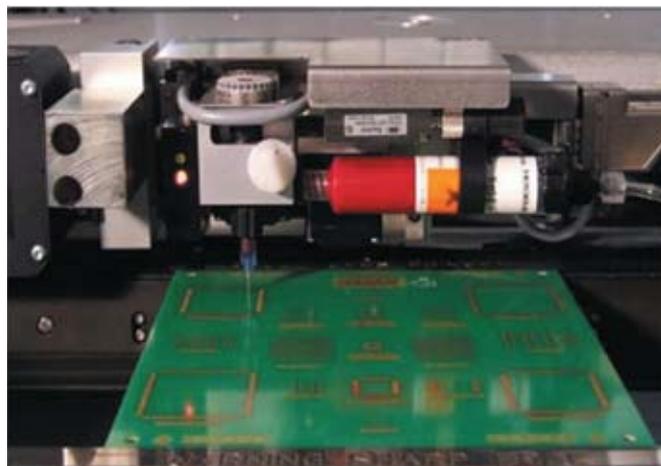


Рис. 7 Дозатор Stinger, встроенный в автомат трафаретной печати, производства DEK

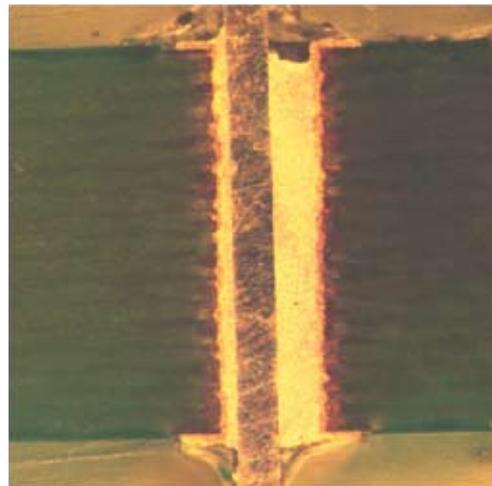
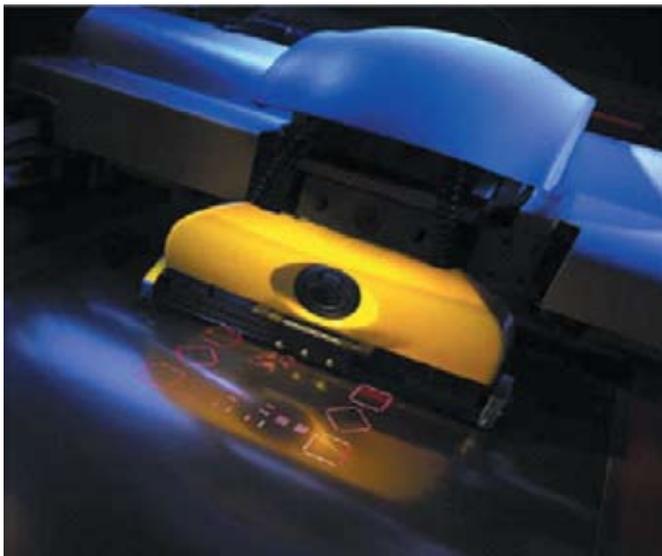


Рис. 10 Выводной монтаж по PIP-технологии с Proflo, диаметр отверстия 0,94 мм, толщина платы 3,18 мм

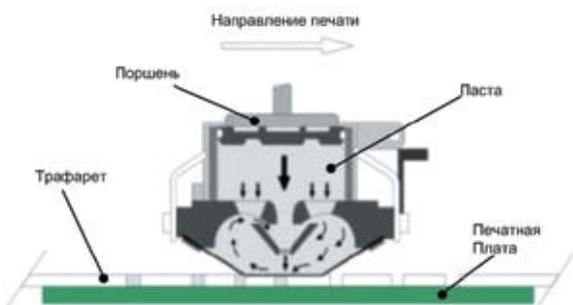


Рис. 8 Система нанесения паяльной пасты Proflo

Кроме того, даже при удачном нанесении необходимого количества пасты в отверстие в варианте А возникали проблемы при установке компонентов (рис. 4 в, г) и последующем оплавлении. Выдавленная из отверстия паста в процессе предварительного нагрева просто стекла по выводу внутри печи оплавления. Чтобы избежать стекания пасты приходилось проводить тщательную отладку температурного профиля печи оплавления, подбор пасты с необходимыми реологическими характеристиками и т. д.

Именно сложность отладки технологического процесса не позволила интрузивной пайке в варианте А найти признание у производителей.

Закономерным следующим шагом по облегчению реализации технологии PIP стало использование систем дозирования паяльной пасты (рис. 3 В). То есть обеспечение необходимого объема припоя для полного заполнения монтажных отверстий

ТНТ компонентов наносимой паяльной пастой происходит за счет дозирования дополнительных точек пасты.

Дозирование пасты должно происходить непосредственно после процесса трафаретной печати. Таким образом, исчезает необходимость использования ступенчатых трафаретов, а если дозатор непосредственно встраивается внутрь автомата трафаретной печати, то исключается влияние человеческого фактора (рис. 7). Появление революционной системы нанесения паяльной пасты Proflo позволило сделать следующий шаг в облегчении реализации технологии PIP и создать вариант С (рис. 3, С). В системе Proflo паяльная паста продавливается поршнем в апертур

трафарета (рис. 8.) Такой метод нанесения пасты позволяет осуществлять независимый контроль скорости трафаретной печати и давления для продавливания пасты через трафарет. При нанесении пасты ракелями скорость печати и давления ракеля оказываются взаимосвязанными величинами, затрудняя отладку процесса печати. Кроме разработки системы Proflo специалисты ДЕК провели технологические исследования и предложили рекомендации по нанесению пасты для технологии PIP (рис. 9).

Как правило, нанесение паяльной пасты при помощи Proflo позволяет повысить степень заполнения монтажных отверстий ТНТ

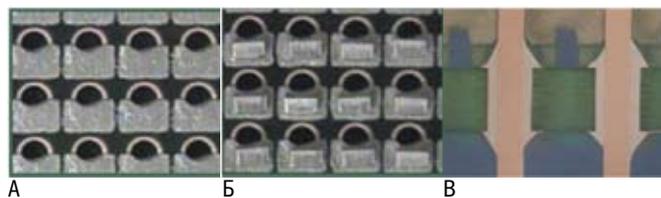


Рис. 11 Выводной монтаж по PIP-технологии с преформами. А - нанесение пасты ракелем через металлический трафарет, Б - установка преформ припоя, В - объема припоя достаточно для 100% заполнения отверстия и формирования галтелей с обеих сторон соединения

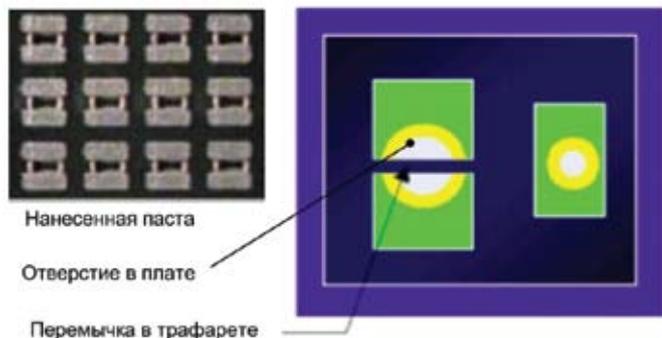


Рис. 9 Рекомендации по нанесению пасты: разделение апертур трафарета перемычкой и вид отпечатка пасты



Рис. 12 Пластиковая черная лента шириной 8 мм с преформами размером 0603 производства Indium. Для сравнения, снизу - бумажная лента 8 мм с чипами 01005



Рис. 13 Примеры выводных компонентов, изготовленных с учетом требований PIP-технологии. Наличие плоских площадок сверху позволяет брать компонент вакуумным захватом. Прокладки, буртики обеспечивают необходимый зазор между корпусом компонента и поверхностью печатной платы

компонентов не менее чем на 30% по сравнению с нанесением пасты ракелем. При соблюдении рекомендаций система Proflow дает возможность получить хорошее заполнение отверстий даже в толстых многослойных платах (рис. 10)

Закономерным шагом в развитии технологии интрузивной пайки стало появление варианта PIP с преформами припоя (рис. 3, D).

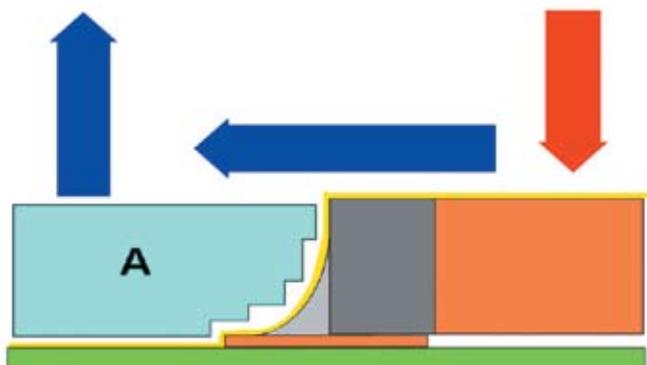


Рис. 14 Нарушения ламинарности конвекционных потоков в печи приводят к возникновению зон А низкого давления и большому разбросу температур компонентов

Таблица 2 Сравнение различных вариантов интрузивной пайки

Варианты PIP технологии	Инвестиции на внедрение	Сложность отладки	Себестоимость точки пайки относительно других вариантов PIP
A, ракель	2	0	0
B, Stinger	1	1	1
C, Proflow	0	2	2
D, преформы	2	2	2

Обозначения: 0 – неудовлетворительное значение параметра, 1 –удовлетворительное, 2 – отличное

Если мы боремся за обеспечение достаточного объема припоя, зачем нам наносить пасту, на 50% объема состоящую из флюса? Если в автоматической линии поверхностного монтажа стоит не только автомат трафаретной печати, но и высокопроизводительный прецизионный автомат установки компонентов, почему не задействовать в PIP-технологии и его? Эти достаточно простые рассуждения развили технологию, когда паяльная паста наносится автоматом трафаретной печати через металлический трафарет обычным ракелем, согласно описанным выше рекомендациям, а затем автомат установки SMD-компонентов устанавливает преформы припоя на пасту (рис. 11).

При таком подходе не предъявляется особых требований к трафарету или процессу трафаретной печати, а необходимый объем припоя обеспечивается выбором преформ соответствующего размера. Для того чтобы установка преформ припоя происходила автоматически, преформы припоя формируются под размеры чипов 0402, 0603, 0805 и упаковываются в стандартную ленту 8 мм (рис. 12).

Реагируя на распространение технологии интрузивной пайки, производители ТНТ компонентов предлагают все больше компонентов, адаптированных для PIP (рис. 13).

Необходимым требованием для успешной реализации любого из вариантов технологии PIP является наличие первоклассной печи оплавления. Как правило, теплоемкость ТНТ компонентов многократно больше, чем теплоемкость SMD-компонентов. Из-за этого требования к реализации температурного профиля печи ужесточаются, а технологическое окно процесса пайки оплавлением сужается. Кроме того, установка высоких выводных компонентов на плату (рис. 2) может приводить к появлению теневых эффектов, препятствующих качественной пайке печатного узла (рис. 14).

Для качественного одновременного оплавления припоя SMD и ТНТ компонентов требуется печь с высокой эффективностью теплопереноса, производительной системой конвекции и конструкцией, минимизирующей появление теневых эффектов.

Каждый вариант технологии интрузивной пайки имеет свои особенности, плюсы и минусы (таблица 2). В зависимости от конкретных особенностей производства, конструкции выпускаемых изделий, имеющегося оборудования тот или иной вариант может оказаться предпочтительнее.

В основу технологии PIP была заложена идея максимально эффективного использования всех преимуществ технологии и оборудования поверхностного монтажа.

Эффективность использования имеющихся ресурсов определяет успешность производителя в текущей кризисной ситуации. И внедрение технологии PIP – один из способов, позволяющих максимально эффективно использовать свои возможности для выхода из круга проблем. ■