

# Технологические решения по переходу на бессвинцовые технологии

**С введением в действие директивы 2002/96/ЕС Европейского Парламента и Совета от 27 января 2003 года по отходам электрического и электронного оборудования (WEEE) перед современной радиоэлектронной промышленностью встала задача организации сбора и удаления отходов, имеющих в своем составе тяжелые металлы и огнезащитные составы. Для успешного решения этой проблемы одним из необходимых условий является переход на технологии изготовления электронного оборудования с применением материалов, не содержащих свинец.**

**Михаил Грибков  
Надежда Шелепанова  
Сергей Шаров**

market@grpz.ru

Отработанная десятилетиями технология изготовления электронного оборудования с применением припоев (припойных паст) на основе свинца хорошо себя зарекомендовала — как высокой надежностью, так и ремонтпригодностью, что очень важно при длительной эксплуатации изделий. В настоящее время отечественные разработчики и производители электронной аппаратуры испытывают дефицит в нормативной документации, отвечающей современным требованиям. Применение новых материалов и появление дополнительных требований к изделиям новых поколений делает существующие нормативные (государственные, отраслевые и т. д.) документы устаревшими. Производители электронной аппаратуры теперь должны сами проводить работы по выбору материалов, отработке технологий, изучению и поискам дополнительных сведений, в том числе и из рекомендательных международных стандартов, применение которых является необходимым, оправданным и законным. На основании полученных результатов производятся дополнения к существующим документам или разрабатываются новые со статусом нормативного документа предприятия.

Переход на технологии с применением припоев (припойных паст), не содержащих свинец (бессвинцовые технологии), влечет за собой решение ряда вопросов в комплексе, а именно:

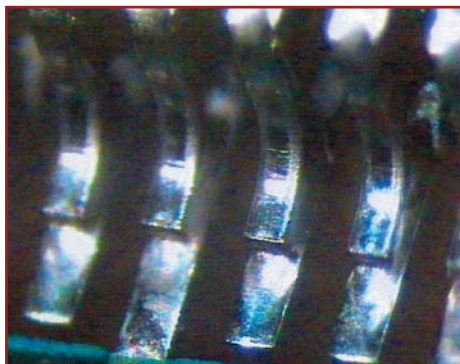
- Освоение технологий изготовления печатных плат с повышенной термостойкостью из-за более высокой температуры плавления припоев. Такие платы должны выдерживать не только пайку ЭРИ, но и их демонтаж, который, как правило, осуществляется в более жестких температурных и временных режимах.
- Изменение и повышение конструкторско-технологических требований при разработке изделий РЭА нового поколения. (Припой, не содержащий свинец, не обладает текучестью, следовательно, невозможно гарантировать качество паяк в отверстиях. Такой недостаток еще усугубляется тем, что припой, находящийся в отверстиях, невозможно удалить полностью, то есть продукция имеет низкую ремонтпригодность.) Для уменьшения трудоем-

кости изготовления продукции и повышения технологичности при конструировании необходимо учитывать современную технологию пайки (замена ручного труда и пайки волной припоя на автоматизированный поверхностный монтаж) и применение соединителей в ПП не паяным методом.

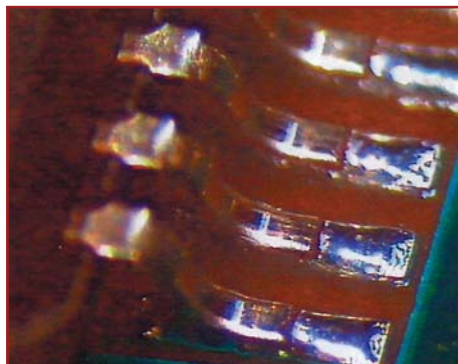
- Переход отечественных производителей компонентов на выпуск продукции для автоматизированного поверхностного монтажа с покрытием выводов по бессвинцовой технологии (а это — повышенная термостойкость самих ЭРИ).
- Переход отечественных производителей на производство бессвинцовых материалов, отвечающих современным требованиям к технологиям электромонтажа на прогрессивном оборудовании.
- Переход на отработанную единую систему маркировки компонентов, изготовленных по бессвинцовым технологиям. В настоящее время производители электронных приборов зачастую не имеют информации о материале, которым покрыты выводы ЭРИ.

Вышеуказанная директива охватывает большинство областей радиоэлектронной промышленности, но при этом части предприятий (около 20%) будет оставлена возможность работать по традиционным технологиям. Именно в этот переходный период, когда на рынке появляются новые бессвинцовые материалы и компоненты, изготовленные по бессвинцовым технологиям (пока еще иностранного производства), возникает вопрос: «Каким образом в условиях информационного вакуума, при наличии отработанной традиционной технологии, которая обеспечивала выполнение обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранению, смешанной комплектации (изготовленной по традиционной и бессвинцовой технологии), сохранить все обязательные требования, предъявляемые к продукции, с наименьшими дополнительными затратами?»

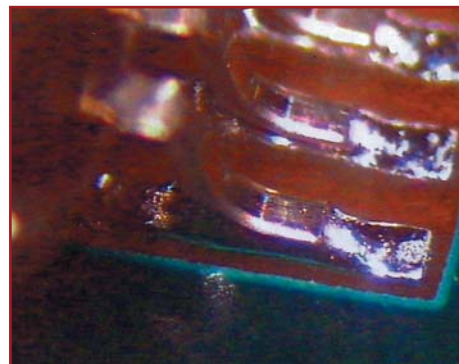
Решение вопроса в создавшейся ситуации мы видим только в проведении практических работ, то есть имея опыт изготовления радиоэлектронной продукции, отработанную нормативную документацию, зная требования, предъявляемые к продукции, самостоятельно,



**Рис. 1.** Пайка электропаяльником  
Плата — покрытие Гор ПОС  
Бессвинцовый припой с флюсом ФКТ  
Увеличение: 40\*



**Рис. 2.** Пайка оплавлением  
Плата — покрытие золото  
Содержащая свинец припойная паста  
Увеличение: 40\*



**Рис. 3.** Пайка оплавлением  
Плата — покрытие золото  
Бессвинцовая припойная паста  
Увеличение: 40\*

методом проб с новыми материалами найти оптимальные варианты применения технологических приемов, обеспечивающих качество. Целью проведения практических работ было получение качественной пайки, применяя различные сочетания припоев, печатных плат, флюсов и компонентов. Независимо от метода монтажа, конструктивно-технологического выполнения монтажных элементов и способа их соединения предъявляются единые технические требования к продукции. Реализация предъявляемых требований в конечном итоге должна гарантировать высокое качество изделия, а также надежность и долговечность его многочисленным электро-монтажным соединениям. Для проведения работ было проделано следующее:

1. Исходя из того, что предприятие специализируется на производстве техники специального назначения, был произведен анализ припойных паст и припоев отечественного и импортного производства, предлагаемых на настоящий момент. В результате были отобраны материалы, в состав которых не входят активные флюсы и которые имеют наименьшее содержание серебра (не более 3,8%) в бессвинцовых припоях. Процентное содержание серебра является очень важным фактором. В существующих технологиях установлен факт, что содержание серебра в припое больше 2% делает паяное соединение более хрупким, а наличие серебра в бессвинцовых припоях делает его более блестящим (гладким). Однако темпера-

тура плавления напрямую зависит от процентного содержания серебра.

2. Использовались 10-слойные печатные платы со сложной топологией 4–5 класса точности, изготовленные по существующим технологиям, с покрытием Гор ПОС 61 и иммерсионным золотом (рассматривалось дополнительно и как аналог бессвинцового покрытия).

3. Использовались компоненты отечественного и иностранного производства, изготовленные по бессвинцовой технологии (в качестве такого ЭРИ отечественного производства была использована интегральная микросхема с покрытием корпуса Зл.3).

4. Электромонтаж ПМИ на ПП производился методом оплавления припойных паст на линии поверхностного монтажа и методом ручного монтажа электропаяльником с применением существующей на настоящий момент технологии. Для бессвинцовых припоев была изменена температура пайки, расчет которой производился по рекомендациям существующей документации.

При проведении указанных работ был определен критерий, по которому производилась оценка качества — за основу были взяты материалы, уже применяемые и зарекомендовавшие себя в изготавливаемой на предприятии продукции. Для чистоты эксперимента работы с такими материалами проводились одновременно в одних и тех же условиях с вновь выбранными материалами.

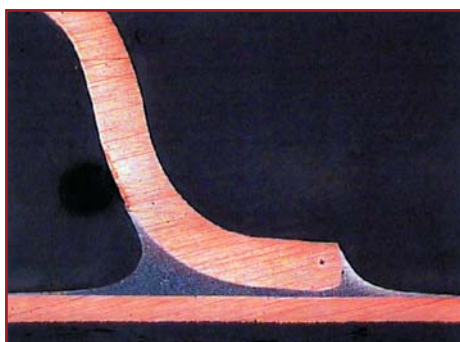
После проведения всех перечисленных работ платы были промыты и визуально осмотрены по существующим на предприятии технологическим процессам с увеличением 40\*, а затем отобраны платы с оплавленными припойными пастами и припоями, наиболее отвечающие необходимым требованиям, и проведены испытания без замера электрических параметров:

- на стойкость к циклическому изменению температуры среды от предельной низкой до предельной высокой;
- на воздействие широкополосной случайной вибрации.

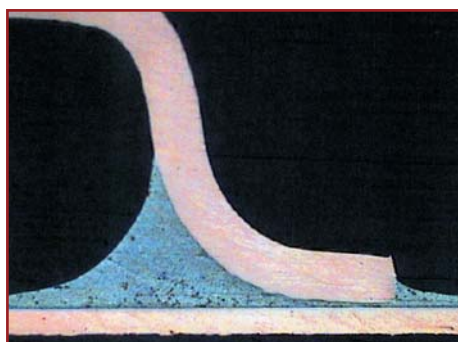
При сравнительном визуальном контроле наблюдалось следующее:

- промывка плат в ультразвуковой установке по одной и той же технологии качественная;
- все паяные соединения имеют гладкую поверхность, скелетную форму с непрерывными галтелями припоя по всему периметру с четким выделением контуров отдельных элементов, цвет однородный для различных припоев (припойных паст) от светлосеребряного до светломатового (рис. 1–3);
- было отмечено, что паяные соединения внешне практически не отличаются друг от друга — не наблюдалось зависимости от покрытия плат и марки припоя (припойной пасты).

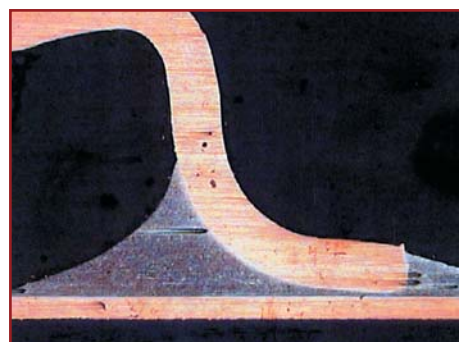
Для проведения проверки качества соединения сделаны шлифы паек на каждой плате (рис. 4–6). Пайка в своем составе является однородной, не содержит трещин и газовых включений.



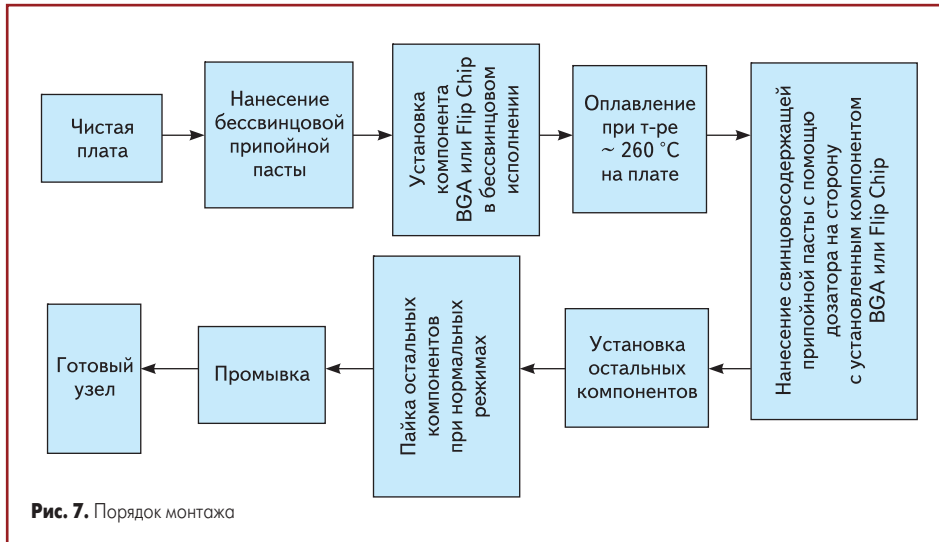
**Рис. 4.** Пайка электропаяльником  
Плата — покрытие Гор ПОС  
Бессвинцовый припой с флюсом ФКТ  
Увеличение: 100\*



**Рис. 5.** Пайка оплавлением  
Плата — покрытие золото  
Содержащая свинец припойная паста  
Увеличение: 100\*



**Рис. 6.** Пайка оплавлением  
Плата — покрытие золото  
Бессвинцовая припойная паста  
Увеличение: 100\*



Проведение экспериментальных работ в условиях производства конкретной электронной радиоаппаратуры позволило:

- выбрать на сегодняшний момент материалы для освоения бессвинцовой технологии на производстве;
- установить, что при закупках смешанной комплектации, изготовленной по различным технологиям и даже в случаях неизвестного покрытия, изготовление продукции можно производить по существующим технологиям;
- установить, что при применении компонентов, пайку которых невозможно визуальнo проконтролировать (корпус типа QFN), то есть если качество паяного соединения можно обеспечить только технологией изготовления, необходимо:

1. У 100% ПП проводить проверку на паяемость;
2. Непосредственно перед пайкой производить облуживание выводов тем же припоем, что применяется при пайке.

Обратной совместимостью обладает большое количество ЭРИ, но, как и в любом правиле, здесь также имеются исключения. Такими исключениями на данный момент являются микросхемы в корпусах типа BGA и Flip Chip. Чем же они отличаются? В чем сложность их применения при смешанном способе монтажа? Все дело в том, что выводы данных микросхем представляют собой шарики припоя, и если микросхема изготовлена под применение бессвинцовой технологии, то температуры, необходимой для плавления содержащей свинец припойной пасты, не хватит для выводов данной микро-

схемы, в результате чего будет получен непропай, который не всегда можно сразу обнаружить даже на специализированном оборудовании.

Для изделий, в которых применяются микросхемы в корпусах типа BGA и Flip Chip, можно дать следующие рекомендации:

- 1) Исключить применение микросхем в корпусах типа BGA и Flip Chip в бессвинцовом исполнении при пайке содержащей свинец припойной пастой и наоборот (то есть придерживаться правила исключения применения «смешанных» материалов).
- 2) При невозможности выполнить п. 1 порядок монтажа должен быть таким, как показано на рис. 7.

Результаты проведенных работ доказали возможность изготовления электронной продукции по разным видам технологий (традиционная и бессвинцовая) в переходный период при наличии смешанного электро монтажа. Мы получили опыт:

- способствующий развитию технического уровня;
- дающий возможность использовать имеющуюся информацию для изготовления электронной техники различной конструкции и применения для конкретного заказчика;
- дающий возможность развивать и совершенствовать существующую технологию монтажа при наличии современной производственной базы (оборудования, оснастки, средств контроля) с минимальными и окупающимися себя затратами.

Решение задач по изготовлению продукции под конкретного заказчика позволит выйти предприятию на уровень мировых стандартов качества.