

Исследование температурного профиля пайки изделий модульной авионики для навигационной системы

Ю.С. Тихонов^{1,2}, А.Н. Петушков¹, Е.С. Волкова¹

¹ПАО «Саратовский электроприборостроительный завод» им. Серго Орджоникидзе

²Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина

Аннотация: в работе представлены основные причины возникновения дефектных паяных соединений при оплавлении паяльной пасты. Было проведено исследование параметров, отвечающих за настройку температурного профиля в парофазной печи оплавления. Представлены результаты исследования и настройки температурного профиля печатной платы (ПП) источника питания в парофазной печи оплавления.

Ключевые слова: авионика, температурный профиль, парофазная пайка, навигация

1. Введение

Одной из основных проблем современного производства электронной радиоаппаратуры, является сборка сложных ПП разного назначения для гражданской и военной авиации или радиоаппаратуры применяемой в СВЧ-технике. К данным изделиям предъявляются требования второго или третьего класса приёмки по ИРС стандартам [1].

Из-за сложности топологии печатной платы, высокой плотности монтажа и различных, устанавливаемых электронных компонентов, которые имеют разные типы корпусов, разный шаг выводов, возникает проблема правильной настройки температурных режимов пайки (профиля пайки) для парофазной печи оплавления. Неправильная настройка температурного профиля, как правило, приводит к некачественному монтажу. Из-за некачественного монтажа, имеется риск выхода дорогостоящих электронных компонентов из строя, например, при образовании перемычек между выводами микросхем, что может привести к короткому замыканию или к нежелательному перегреву электронных компонентов.

Целью данной работы, является рассмотреть причины возникновения дефектов пайки и оценить влияние параметров настройки температурного профиля парофазной печи оплавления Asscon Vapour Phase System VP6000 Vacuum при помощи термопрофилирования.

2. Парофазная печь оплавления и принцип её работы

Пайка в парофазной печи в последние годы набирает популярность на предприятиях, которые занимаются выпуском электронных изделий, предназначенных для работы в экстремальных условиях. К основным преимуществам такой технологии можно отнести: фиксированную температуру пайки, равномерное распределение тепла, пайка в инертной среде без доступа кислорода, простая отладка и универсальность термопрофиля [2].

На рисунке 1 показан принцип работы парофазной печи. В полностью герметичной камере находится специальная жидкость Galden LS 230, которая является теплоносителем. При нагреве жидкости до температуры кипения и при подаче энергии создается пар. Образуется паровая зона, которая контролируется датчиком. В этот пар помещается печатная плата с нанесенной паяльной пастой и установленными

компонентами. Пары конденсируются на печатную плату, отдавая скрытую теплоту парообразования и тем самым нагревая ее. Когда температура печатной платы достигает температуры жидкости, процесс конденсации прекращается и нагрев заканчивается. В результате нанесенная паяльная паста оплавляется, формируя галтель припоя. Конвейер с печатной платой перемещается в зону охлаждения, плата охлаждается [3-4].

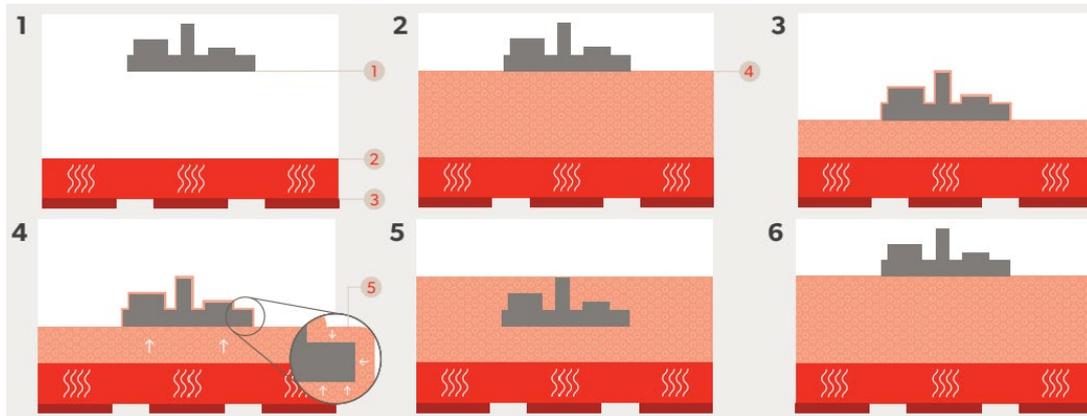


Рисунок 1. Принцип работы парофазной печи: 1 – печатная плата; 2 – специальная жидкость; 3 – нагревательный элемент; 4 – пар; 5 – пленка.

3. Основные дефекты пайки и методы их устранения

Одним из важных и ответственных этапов после сборки печатной платы, является обязательный контроль паяных соединений на плате для выявления дефектов в соответствии со стандартами IPC-A-610. На данном этапе важно выявить и устранить дефекты паяных соединений. Такие дефекты, как «надгробный камень», плохая смачиваемость или её отсутствие, образование перемычек между выводами и пустоты в паяном соединении возникают вследствие нарушения технологического процесса, или неправильной настройки температурного профиля, или из-за некачественных материалов или ошибок при проектировании, как печатной платы, так и трафаретов. Подход к решению проблемы с некачественным монтажом должен быть комплексный как со стороны технологических, так и конструкторских служб.

Поэтому, для устранения дефектов в первую очередь требуется подобрать качественные паяльные материалы и настроить температурный профиль парофазной печи в зоне оплавления паяльной пасты [5]. Для настройки температурного профиля имеются два взаимодополняющих метода – использование термпрофайлера и расчёт коэффициента нагрева [6-8].

4. Настройка и исследования температурного профиля

В рамках исследования была выбрана многослойная ПП источника питания размерами 41×152×2 мм (без установленных электронных компонентов). На ПП были закреплены четыре термопары: I – воздушная; II – на посадочное место BGA; III – на посадочное место конденсатора 0402; IV – на нижнюю сторону платы. Температурный профиль для платы был выбран – ступенчатый. Для исследования был использован термопрофайлер РТР VP-8. В ходе исследования было проведено несколько измерений с разными параметрами настройки парофазной печи (табл. 1).

На рисунках 2-6 представлены температурные профили для ПП с использованием различных настроек печи. Шумы на первой термопаре свидетельствуют о том, что она находилась в «движении» при перемещении печатной платы в печи.

Таблица 1. Геометрические размеры

Параметр	№ программы			
	1	2	3	4
Время преднагрева, с	100	100	80	80
ETR преднагрева	70	90	90	80
Время стабилизации, с	60	60	90	70
ETR пайки	50	50	80	80
Минимальное время пайки, с	30			
Максимальное время пайки, с	350			
Время задержки при $t > 217^\circ\text{C}$, с	30			

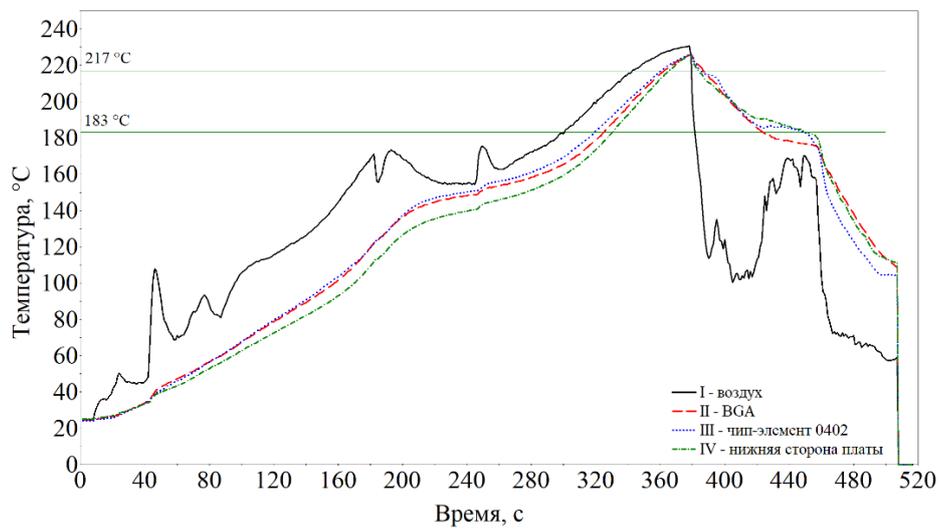


Рисунок 2. Температурный профиль пайки в печи для программы 1.

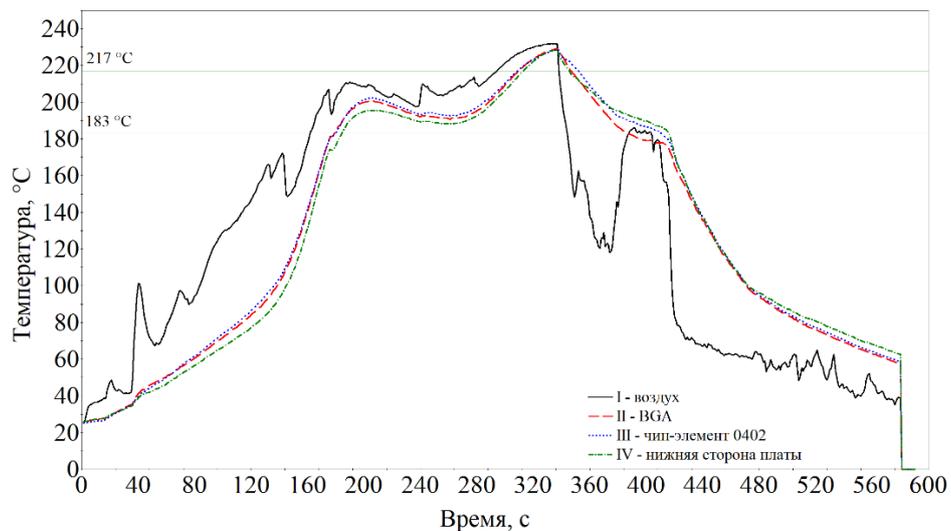


Рисунок 3. Температурный профиль пайки в печи для программы 2.

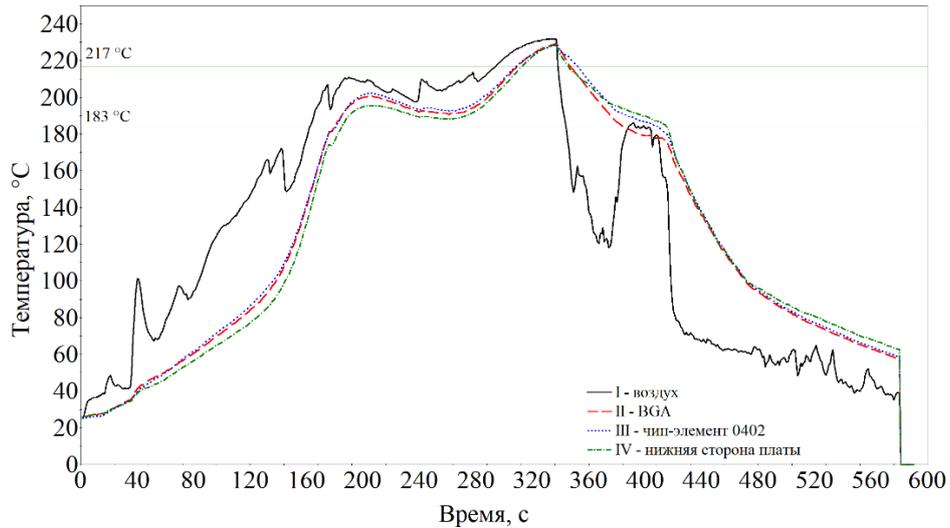


Рисунок 4. Температурный профиль пайки в печи для программы 3.

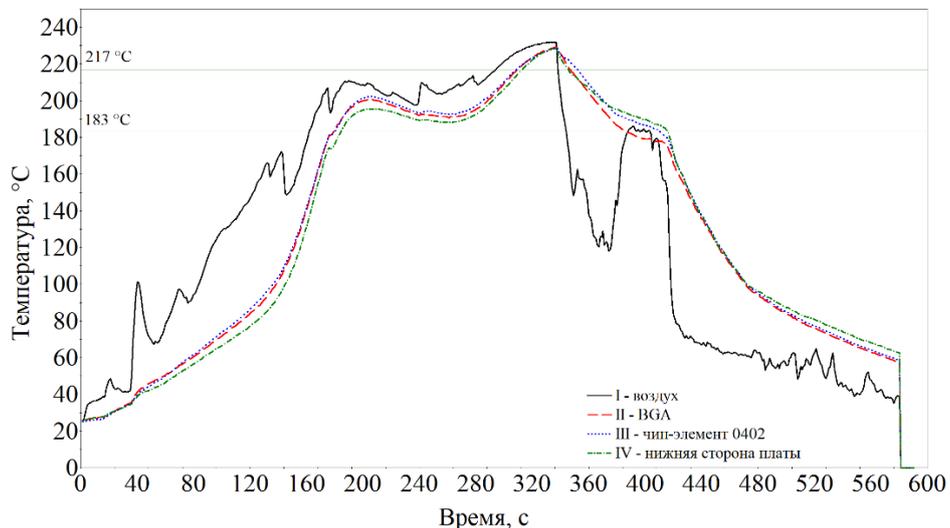


Рисунок 5. Температурный профиль пайки в печи для программы 4.

Настройки первой программы пайки близки к оптимальному профилю, однако из графика видно, что процесс пайки начинается на пятой минуте. Следовательно, это оказывает негативное влияние на электронные компоненты, которые могут перегреваться. В первую очередь для оптимизации температурного профиля необходимо подобрать оптимальные значения коэффициента передачи энергии (ETR), а затем настраивать время преднагрева и стабилизации исходя из рекомендаций производителя паяльной пасты.

На второй и третьей итерации программы видно, что при значительном увеличении ETR до 90, температура в зоне стабилизации возрастает до температуры плавления паяльной пасты 180-190 °C, следовательно, это негативно скажется на пайке и качестве паяных соединений. Как говорилось ранее, активация флюса начинается при 150 °C, соответственно в «зоне стабилизации» при температуре 170-190 °C, флюс испарится.

На четвёртой итерации был получен результат, при котором технологический процесс пайки не будет занимать много времени, и качество паяных соединений будет соответствовать стандартам IPC-A-610.

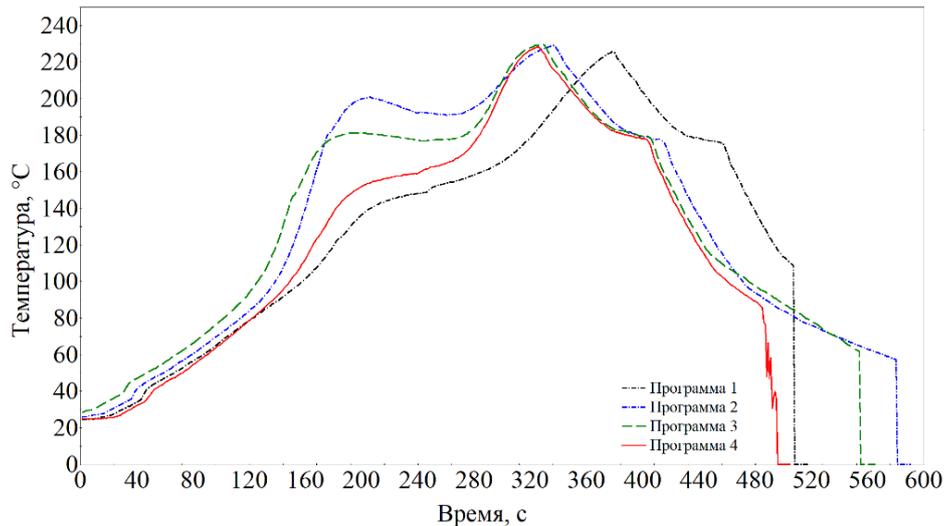


Рисунок 6. Температурный профиль пайки на посадочном месте для BGA микросхемы.

4. Заключение

Рассмотрен принцип работы парофазной печи оплавления. Было проведено экспериментальное исследование температурного профиля в парофазной печи оплавления Asscon Vapour Phase System VP6000, при котором были выявлены зависимости исходя из которых, происходит процесс настройки температурного профиля печи. Одним из ключевых параметров, который требуется особого внимания – ETR. При помощи данного параметра можно сокращать общее время пайки и, например, управлять температурой в зоне стабилизации.

Список литературы

1. “IPC-A-610E-2010. Acceptability of Electronic Assemblies”, Bannockburn, p. 157, April 2010.
2. Е. Голов, “Конвейерные парофазные печи. Решение для пайки ответственной электроники в условиях средней и большой серийности”, Технологии в электронной промышленности, № 5, 2020, с. 33-35.
3. B. Illés, A. Géczy and G. Harsányi, “The Vapour Phase Soldering (VPS) technology: A review”, Soldering and Surface Mount Technology, vol. 31(3), 2018, pp. 1-21.
4. С. Борисенко, К. Дятлов, “Пайка в паровой фазе (конденсационная): настоящее и будущее электронной промышленности”, Технологии в электронной промышленности, № 4, 2010, с. 32-35.
5. М. Шмаков, А. Тиханкин, “Оптимизация температурного профиля пайки оплавлением”, Технологии в электронной промышленности, № 1, 2008, с. 44-46.
6. Z. Péter, A. Géczy, D. Rigler, M. Ruzsinkó and Z. Illyefalvi-Vitéz, “Evaluation of solder joints formed by different Vapour Phase Soldering systems”, Proceedings of the 36th International Spring Seminar on Electronics Technology, 2013, pp. 167-171.
7. M. Amine Alaya and A. Géczy, “Effect of PCB Thickness and Height Position During Heat Level Type Vapour Phase Reflow Soldering”, 2019 42nd International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE), 2019, pp. 1-6.
8. O. Krammer, “Comparing the reliability and intermetallic layer of solder joints prepared with infrared and vapour phase soldering”, Soldering and Surface Mount Technology, vol. 26(4), 2014, pp. 214-222.