РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ЗАЗОРОВ МЕЖДУ ПЕЧАТНОЙ ПЛОЩАДКОЙ И ЭКРАНОМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

А.Е. Зинкевич, А.П. Эрман

*Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. академика Е.И. Забабахина,
Снежинск, Российская Федерация*

Проведен анализ мест соединения экранов питания к монтажному отверстию элемента. Промоделированы различные случаи подсоединения экрана к площадке отверстия – с одной и с двух сторон. Учтены следующие параметры обеспечения режимов пайки: время пайки не более 3 секунд, температура выбрана 265 °С, подходящая для припоя ПОС61 ГОСТ 21930-76 или ПОС61 ГОСТ 21931-76. В результате получены зависимости ширины подходящих проводников к тепловому зазору, обеспечивающие режимы пайки.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, холодная пайка, тепловой зазор.

CALCULATION OF EXPANSION CLEARANCE BETWEEN A PRINTING PLATFORM AND THE SCREEN AT DESIGNING OF PRINTED-CIRCUIT BOARDS

A.E. Zinkevich, A.P. Erman

*Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin All-Russia Research Institute of Technical Physics,
Snezhinsk, Russian Federation*

The analysis of junctions of power screens to an assembly aperture of an element is carried out. Various cases of connecting the screen to an hole platform are simulated - on one or both sides. The following parameters for providing soldering modes were taken into account: soldering time no more than 3 seconds, temperature selected 265 °C, suitable for solder POS61 GOST 21930-76 or POS61 GOST 21931-76. As a result, the dependences of the widths of suitable conductors on the thermal gap are obtained, which ensure soldering conditions.

Keywords: CAD, cold soldering, expansion clearance.

В условиях современных средств разработки РЭА разработчики все чаще прибегают к применению экранов как для защиты от высокочастотных помех, так и для оптимизации цепей питания. Однако применение экранов усложняет пайку элементов, подсоединённых к нему напрямую, и повышает шанс появления холодной пайки или невозможности пайки. Для предотвращения этого между экраном и печатными площадками вводятся тепловые зазоры.

Однако в существующей технической литературе, описывающей процессы и алгоритмы разработки РЭА, отсутствуют требования и рекомендации для задания ширины зазора между печатной площадкой и экраном, и ширины печатных проводников между площадкой и экраном (как, пример, из множества [1–4]).

Новизна данного метода решения проблемы в моделировании посредством применения программного обеспечения, обеспечивающего расчеты методом конечных элементов.

Задача № 1 – экраны с двух сторон

Постановка условий

Для расчетов была построена модель – с подсоединенным экраном с двух сторон и установленным выводом элемента диаметром 0,8 мм. Отверстие взято диаметром 1 мм с площадкой 1,5 мм, толщина фольги 0,035 мм, толщина осажденной меди 0,025 мм. Полученная модель показана на рис. 1.1.

Рис. 1.1

На построенной 3D модели были наложены следующие ограничения:

- температура окружающей среды 20 °С, мощность паяльника 25 Вт (для приближения к реальным условиям изменение мощности паяльника задано функцией $P=\text{TANH}(\text{TIME})$), время пайки 3 с;
- зона приложения паяльника ограничена зоной (1,5 мм) x (0,3 мм), прикладываемой со стороны экрана;
- коэффициент конвекции 0,01 мВт/(мм² · °С).

Анализ результатов

На построенной модели были промоделированы температурные поля при различных условиях задания размеров тепловой отсечки – решались задачи с конечными параметрами.

В процессе проработки различных вариантов тепловых зазоров и ширины печатного проводника (ширина единичного проводника, идущего от экрана к монтажной площадке) был определено оптимальное отношение величины зазора (h) к ширине проводника (t):

$$k = \frac{h}{t} = 3,5 \text{ (см. рис. 1.2–1.5).}$$

Рис. 1.2. зазор 1,05 мм,
ширина проводника 0,3 мм

Рис. 1.3. Зазор 1,4 мм,
ширина проводника 0,4 мм

Рис. 1.4. Зазор 1,75 мм,
ширина проводника 0,5 мм

Рис. 1.5. Зазор 2,1 мм,
ширина проводника 0,6 мм

Как видно из рисунков 1.2–1.5, при таких параметрах мощности паяльника в 25 Вт хватает для прогрева монтажного отверстия с выводом.

Выполняя проверку модели по температуре ограничения пайки в 265 °С, получим следующий результат (см. рис. 1.6–1.9).

Рис. 1.6. Зазор 1,05 мм,
ширина проводника 0,3 мм

Рис. 1.7. Зазор 1,4 мм,
ширина проводника 0,4 мм

Рис. 1.8. Зазор 1,75 мм,
ширина проводника 0,5 мм

Рис. 1.9. Зазор 2,1 мм,
ширина проводника 0,6 мм

Из рисунков видно, что при ограничении температуры пайки 265 °С прогрев мест соединения вывода элемента с монтажным отверстием происходит до температуры более 223 °С. Данная температура соответствует рекомендациям нормативных документов для припоя ПОС61: «...пайку необходимо производить при температуре на (60 ± 20) °С выше температуры начала кристаллизации припоя...» – $183\text{ °С} + (60 \pm 20)\text{ °С} = 223 \div 263\text{ °С}$.

Вывод

Найденное значение отношения величины зазора к ширине проводника позволяет ускоренно определять необходимый зазор при различной ширине проводника между экраном и площадкой. При изменении этого отношения в меньшую сторону температуры пайки в 265 °С будет не хватать для выполнения качественного соединения. Увеличение температуры пайки выше 265 °С может вызвать перегрев паяемого электрорадиоизделия и выход его из строя.

В данной задаче произведено моделирование максимально возможного неблагоприятного условия пайки вывода элемента при соединении монтажного отверстия к двум экранам с максимальным количеством перемычек.

Задача № 2 – экран с одной стороны

Постановка условий

Для расчетов была построена модель – с подсоединенным экраном со стороны пайки и установленным выводом элемента диаметром 0,8 мм. Отверстие взято диаметром 1 мм с площадкой 1,5 мм, толщина фольги 0,035 мм, толщина осажденной меди 0,025 мм. Полученная модель показана на рис. 2.1.

Рис. 2.1

На построенной 3D модели были наложены такие же ограничения, как и в задаче № 1, а именно:

- температурные ограничения: температура окружающей среды 20 °С, мощность паяльника 25 Вт (для приближения к реальным условиям изменение мощности паяльника задано функцией $P = \tanh(\text{TIME})$), время пайки 3 с;
- зона приложения паяльника ограничена зоной $1,5 \times 0,3\text{ мм}^2$, прикладываемой со стороны экрана;
- коэффициент конвекции $0,01\text{ мВт}/(\text{мм}^2 \cdot \text{°С})$.

Анализ результатов

На построенной модели были промоделированы температурные поля при различных условиях задания размеров тепловой отсечки – решались задачи с конечными параметрами.

В процессе проработки различных вариантов тепловых зазоров и ширины печатного проводника (ширина единичного проводника, идущего от экрана к монтажной площадке)

был определено оптимальное отношение величины зазора к ширине проводника $k = \frac{h}{t}$:

- при $t = 0,3 \div 0,7\text{ мм}$ $k = 1$ (см. рис. 2.2–2.6);
- при $t = 0,8 \div 1\text{ мм}$ $k = 1,25$ (см. рис. 2.7–2.9).

Как видно из рис. 2.2–2.9 при таких параметрах температура пайки на монтажных площадках около вывода, внутри металлизированного отверстия и на выводе элемента достигает 223 °С и выше.

Данная температура соответствует рекомендациям нормативных документов для припоя ПОС61: «...пайку необходимо производить при температуре на (60 ± 20) °С выше температуры начала кристаллизации припоя...» – $183\text{ °С} + (60 \pm 20)\text{ °С} = 223 \div 263\text{ °С}$.

Рис. 2.2. Зазор и ширина проводника 0,3 мм

Рис. 2.3. Зазор и ширина проводника 0,4 мм

Рис. 2.4. Зазор и ширина проводника 0,5 мм

Рис. 2.5. Зазор и ширина проводника 0,6 мм

Рис. 2.6. Зазор и ширина проводника 0,7 мм

Рис. 2.7. Зазор 1 мм, ширина проводника 0,8 мм

Рис. 2.8. Зазор 1,125 мм,
ширина проводника 0,9 мм

Рис. 2.9. Зазор 1,25 мм,
ширина проводника 1 мм

Выполняя проверку модели по температуре ограничения пайки в 265 °С получим следующий результат (см. рис. 2.10–2.17).

Из рис. 2.10–2.17 видно, что при ограничении температуры пайки 265 °С прогрев мест соединения вывода элемента с монтажным отверстием происходит до температуры более 223 °С. Данная температура обеспечивает пайку с учетом допустимых отклонений пайки.

Рис. 2.10. Зазор и ширина
проводника 0,3 мм

Рис. 2.11. Зазор и ширина
проводника 0,4 мм

Рис. 2.12. Зазор и ширина
проводника 0,5 мм

Рис. 2.13. Зазор и ширина
проводника 0,6 мм

Рис. 2.14. Зазор и ширина проводника 0,7 мм

Рис. 2.15. Зазор 1 мм, ширина проводника 0,8 мм

Рис. 2.16. Зазор 1,125 мм, ширина проводника 0,9 мм

Рис. 2.17. Зазор 1,25 мм, ширина проводника 1 мм

Вывод

Найденное значение коэффициента отношения ширины зазора к ширине проводника равное 1 для проводников от 0,3 до 0,7 мм и равное 1,25 для проводников от 0,8 до 1 мм является оптимальным для применения при разводке печатных плат. При уменьшении зазора или увеличении ширины проводника температуры пайки в 265 °С будет не хватать для выполнения качественного соединения. Увеличение температуры пайки выше 265 °С может вызвать перегрев паяемого электрорадиоизделия и выхода его из строя.

В данной задаче произведено моделирование неблагоприятного условия пайки вывода элемента при соединении монтажного отверстия со стороны пайки к экрану с максимальным количеством перемычек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы конструирования и технологии производства РЭС: учебное пособие / Е.И. Кротова; Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. Ярославль: ЯрГУ, 2013. 192 с.
2. Проектирование и технология печатных плат: учебник. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. 560 с. (Высшее образование).
3. Печатные платы и узлы гигабитной электроники / Л.Н. Кечиев. М.: Грифон, 2017. 424 с. (Библиотека ЭМС).
4. Мылов Г.В. Печатные платы: выбор базовых материалов. М.: Горячая линия – Телеком, 2016. 172 с.: ил.