

УДК 621.385

## ПЕЧЬ ДЛЯ ГРУППОВОЙ ПАЙКИ ПОВЕРХНОСТНО МОНТИРУЕМЫХ КОМПОНЕНТОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Олег Дмитриевич Якушев, Павел Александрович Долинин

*Магистры 1 года*

*кафедра «Электронные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научные руководители:*

*А.М. Базиненков,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

*С.П. Бычков,*

*ассистент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

### ВВЕДЕНИЕ

В наш бурный век технологий главным преимуществом электронного изделия является минимальность размера, надежность, легкость монтажа/демонтажа и удобство использования. Все это сложно представить без SMT технологии (Surface Mount Technology) – технологии поверхностного монтажа, и, соответственно без SMD (Surface Mounted Device) компонентов.

### ПАЙКА SMD КОМПОНЕНТОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Самым важным преимуществом SMD компонентов является их малые габариты.



Рис. 1 – SMD резисторы [1]



Рис. 2 – Обычные резисторы [2]

Благодаря этому, можно размещать больше SMD компонентов на единицу площади, чем обычных, штырьковых, компонентов. В следствии этого повышается плотность монтажа компонентов, что в свою очередь ведет к уменьшению габаритов электронного устройства.

Также, в отличии от обычных компонентов, у SMD компонентов минимизированы паразитные параметры. Вследствие этого улучшается качество передачи слабых сигналов, происходит уменьшение помех в высококачественных системах.

Непосредственно процессу пайки SMD компонентов на поверхность платы предшествует ряд вспомогательных операций, каждая из которых важна для получения конечного результата.

Первой из таких операций является нанесение паяльной пасты на поверхность печатной платы. В настоящее время в массовом производстве печатных плат основным

является метод трафаретного нанесения пасты, в котором паста продавливается через трафарет (окна) на контактные площадки печатной платы. Припойная паста уже содержит в себе и припой, и флюс, а их пропорция одна из важных характеристик пасты. Отверстия в трафарете обычно прорезаются лазером или протравливаются.

В массовом производстве этот метод эффективен, но относительно не гибок, так как свой собственный трафарет (причем несколько) требуется для каждой платы. Гибкость достигается только за счет быстрой смены трафарета и автоматического распределения пасты. Схема нанесения пасты трафаретным методом показана на рисунке 3.



Рис 3 – Схема нанесения пасты трафаретным методом показана [3]

Таблица 1 – Преимущества и недостатки трафаретного нанесения

Преимущества	Недостатки
Высокая производительность	Высокие требования к чистоте трафарета
Высокая повторяемость процесса	Необходимость контроля технологии нанесения

Далее следует операция монтажа SMD компонентов на поверхность печатной платы.

На сегодняшний день SMD компоненты на поверхность платы можно устанавливать тремя методами:

- Метод поочередной установки. Один компонент устанавливается одной установочной головкой.
- Метод поочередно-одновременной установки. Несколько компонентов может быть установлено одновременно.
- Метод одновременной установки. Все или большинство компонентов устанавливаются за один раз.

Схемы этих методов приведены на рисунках 4, 5 и 6.

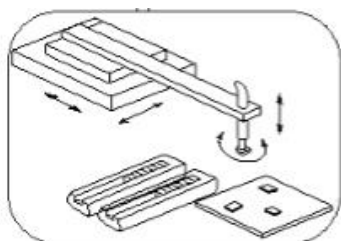


Рис. 4 – Метод поочередной установки [3]

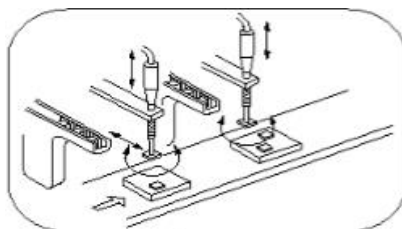


Рис. 5 - Метод поочередно-одновременной установки [3]

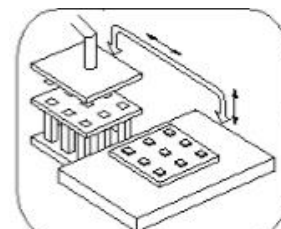


Рис. 6 - Метод одновременной установки [3]

Машины одновременной установки компонентов значительно производительней. Скорость установки компонентов может достигать 300000 компонентов в час, однако эти машины не так просты и гибки в настройке. Если для изменения места установки компонента в машинах поочередного и поочередно-

одновременного типа достаточно изменить программы, то для машины одновременной установки требуются значительные ложные механические изменения. Поэтому, эти машины используются, в основном, для особо больших партий изделий [3].

После того как паста нанесена на поверхность платы и компоненты установлены следует пайка оплавлением.

Пайкой оплавлением называется метод пайки, при котором плата с компонентами, установленными на точках припоя, проходит через печь, в которой происходит расплавление припоя и формирование паяных соединений. Оператор вводит температурный профиль данной партии плат в контроллер печи, который изменяет температуру нагревателей в зависимости от времени. Атмосфера печи также хорошо контролируется, в том числе возможно использование вакуума. Печатные платы с не припаянными компонентами непрерывно подаются в печь оплавления припоя с одного конца и выходят с другого конца с уже припаянными компонентами. Таким образом, встроенные печи могут быть частью общего конвейера. Они получают платы по конвейеру от установочного автомата без вмешательства оператора. Температура различных зон по длине печи и скорость конвейера определяют температурный профиль пайки оплавлением. [4]

### ПЕЧЬ ДЛЯ ГРУППОВОЙ ПАЙКИ ПОВЕРХНОСТНО МОНТИРУЕМЫХ КОМПОНЕНТОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Для осуществления пайки оплавлением в массовом производстве печатных плат используют печь конвейерного типа с конвективным нагревом. В данных печах печатная плата движется по конвейеру внутри печи, проходя через несколько температурных зон: зону предварительного нагрева, зону стабилизации, зону оплавления, зону охлаждения. В каждой температурной зоне устанавливается соответствующая температура воздушного потока, позволяющая сформировать требуемый температурный поток.

Основной технологической характеристикой пайки является температурный профиль пайки. Типовой температурный профиль пайки показан на рисунке 7.

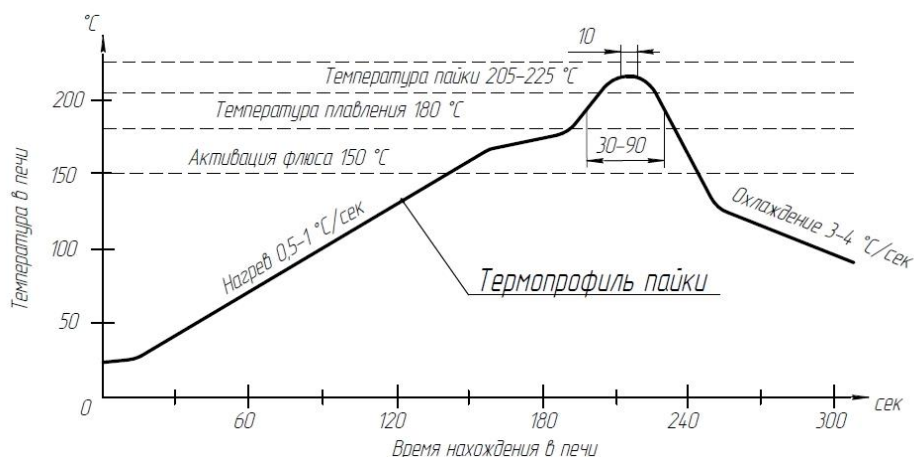


Рис 7 – Температурный профиль пайки

В некоторых случаях используется конвекционная пайка в инертной среде, при которой в рабочую область печи подается инертный газ (азот) для уменьшения процесса окисления расплавленного припоя. Использование инертного газа способствует улучшению качества паяльного соединения.

В рамках выполнения курсового проекта «Расчет и конструирование технологического оборудования» была спроектирована конвейерная печь с конвекционным нагревом. Ее комплексная принципиальная схема представлена на рисунке 8.

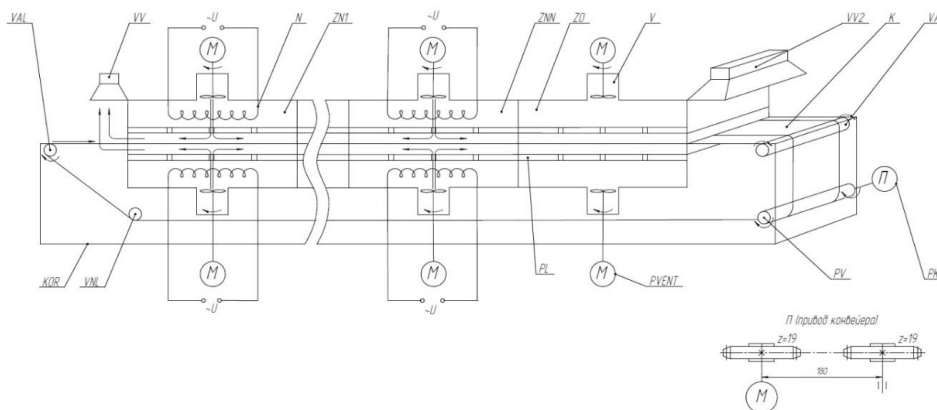


Рис. 8 – Комплексная принципиальная схема конвейерной печи  
Информация о составляющих частях установки представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Информация о составляющих частях установки

Наименование	Обозначение на схеме	Количество	Основные характеристики
Нагревательный элемент	NE	6	P=1 кВт t=350 °С
Рабочая зона	ZN1	1	Габариты 330x400x150 мм
Конвейер	K	1	V=200...1000 мм/мин Ширина конвейера 300 мм
Привод конвейера	PK	1	Мощность двигателя P=1 Вт

Плата, с нанесенной на нее паяльной пастой и установленными компонентами, попадает на ленточный конвейер, вращение которого обеспечивает цепной привод, и начинает движение вдоль четырех рабочих зон печи.

Первая зона – зона предварительного нагрева. Позволяет снизить тепловой удар на электронные компоненты и печатные платы. В процессе предварительного нагрева происходит испарение растворителя из паяльной пасты. Происходит конвективный платы нагрев до 100 °С.

Вторая зона – зона стабилизации. Происходит активация флюса и удаление избытка влаги из паяльной пасты. Повышение температуры на этой стадии происходит очень медленно. Стадию также называют «стадией температурного выравнивания», т.к. она должна обеспечивать нагрев всех компонентов на плате до одинаковой температуры. Максимальная активация флюса происходит при температуре около 150°С.

Третья зона – зона оплавления. В этой зоне температура повышается до расплавления паяльной пасты и происходит формирование паяного соединения. Для его надежного образования максимальная температура пайки должна на 30-40 °С превышать точку плавления пасты и составлять 205-225 °С (на плате). Время, в течение которого палата находится выше точки плавления, должно быть в пределах 30-90 сек. Скорость повышения температуры в зоне оплавления должна составлять 2-4 °С/сек.

Четвертая зона – зона охлаждения важна наравне с другими стадиями. Для обеспечения максимальной прочности паяных соединений скорость охлаждения должна быть максимальной. В то же время высокая скорость охлаждения может вызвать термоудар по электронным компонентам. Рекомендуемая скорость охлаждения 3-4 °С/сек до температуры ниже 130 °С.

Нагрев платы таким образом позволяет улучшить качество соединения, а также практически исключает возможность термического удара.

3D модель спроектированной печи представлена на рисунке 9, ее основные характеристики в таблице 3.

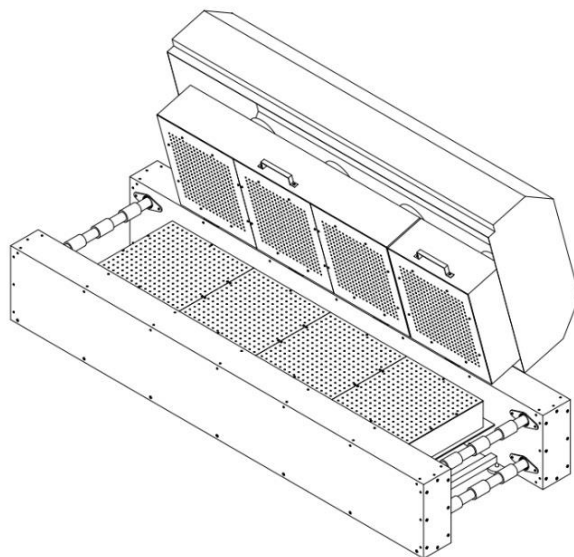


Рис. 9 – 3D модель спроектированной печи

Таблица 3 – Основные характеристики печи

Характеристика	Значение
Габариты	1800x740x600 мм
Масса	150 кг
Мощность	10 кВт
Электропитание	3 фазы, 380В
Ширина конвейера	300 мм
Максимальная высота компонента	55 мм
Максимальная скорость конвейера	1000 мм/мин
Время выхода в режим	15 мин
Зон нагрева	6
Зон охлаждения	2
Стабильность температуры	2°C
Максимальная температура	350 °C

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пайка SMD компонентов является важнейшей операцией в производстве платы как конечного продукта, поскольку именно они обеспечивают требуемые характеристики электронного устройства. Используя спроектированную печь, можно получать паяльные соединения повышенного качества. Благодаря тому, что данная печь конвейерного типа ее легко можно интегрировать в производственную линию по производству печатных плат.

## Литература

1. SMD резистор [Электронный ресурс] URL: <http://profi-radio.ru/online-raschyot-soprotivleniya-smd-rezistora-po-tsifrovoy-markirovke.html> (Дата обращения 01. 03. 2017 г.);
  2. Резистор [Электронный ресурс] URL: [http://radio-uchebnik.ru/el\\_baza\\_rez.html](http://radio-uchebnik.ru/el_baza_rez.html) (Дата обращения 01. 03. 2017 г.);
  3. Технология поверхностного монтажа [Электронный ресурс] URL: [http://kkbweb.narod.ru/teoriya/smt\\_tehnology.htm](http://kkbweb.narod.ru/teoriya/smt_tehnology.htm) (Дата обращения 03. 03. 2017 г.);
- Пайка оплавлением припоя в технологии поверхностного монтажа [Электронный ресурс] URL: <http://pcbdesigner.ru/pcb/montazh-pechatnykh-plat/pajka-oplavleniem-privoya-v-texnologii-poverxnostnogo-montazha.html> (Дата обращения 05. 03. 2017 г.);