

Применение термовоздушных станций при монтаже и демонтаже электронных компонентов

Рассмотрены характеристики термовоздушных паяльных станций, применяемых для поверхностного монтажа и демонтажа электронных компонентов. Моделированием и экспериментальными исследованиями температурных профилей установлены оптимальные технологические параметры конвекционного нагрева.

Владимир Ланин

vlanin@bsuir.by

Евгений Артюхович

Введение

При изготовлении современной электронной аппаратуры с использованием поверхностного монтажа применяют широкую элементную базу известных зарубежных фирм, таких как IBM, Motorola, Analog Devices, Phillips, Murata. Оснащение предприятий современным технологическим оборудованием и материалами для поверхностного монтажа и демонтажа электронных компонентов способствует повышению качества и надежности электронной аппаратуры.

До недавнего времени в качестве припоев при монтаже и ремонте электронных модулей использовались эвтектические припои оловянно-свинцового состава. Поскольку все сплавы с содержанием свинца отличаются токсичностью, их применение становится все менее востребованным. На смену обычному паяльнику приходит современная термовоздушная станция, адаптированная для работы с припоями, не содержащими свинец. В этом случае оплавление припоя происходит под воздействием горячего воздуха, фокусируемого в зоне пайки с помощью термоинструмента. Наличие специальных сменных сопел позволяет осуществить процесс пайки в замкнутом пространстве методом конвекционного нагрева. Применение современных паяльных термовоздушных станций имеет ряд существенных преимуществ перед традиционными методами пайки [1].

Во-первых, после проведения работ происходит автоматическое охлаждение термоинструмента благодаря интеллектуальной системе охлаждения, которая замедляет отключение термического фена при отсоединении от питания и подает холодный воздух к нагревательному элементу.

Во-вторых, термовоздушные станции экономичны по сравнению с монтажными паяльниками. В зависимости от вида термоинструмента диапазон рабочих температур находится в пределах $+100...+500$ °С. Выбор режима нагрева и определенной насадки позволяет использовать температуру, необходимую для применяемого припоя и монтируемого электронного компонента [2].

В-третьих, такие станции незаменимы при демонтаже и монтаже SMD-компонентов на печатных платах, поскольку они малогабаритны и имеют повышенную степень защиты, которую представляют термостойкий шнур и ESD-защита, выполняющая функцию антистатика.

Помимо преимуществ, паяльные станции имеют свои недостатки: возможность повреждения пластмассовых компонентов при высоких температурах нагрева; неравномерность температурного поля в зоне нагрева, увеличение времени передачи тепла для создания более качественной и прочной пайки; вероятность возникновения перемычек; быстрое изнашивание паяльных головок.

При поверхностном монтаже электронных модулей широкое применение нашли корпуса интегральных схем типа SOIC, которые имеют от 8 до 28 выводов с шагом 1,27 мм и выводы типа «крыло чайки» или J-образные (рис. 1а).

Значительным преимуществом этого хорошо освоенного корпуса является улучшение основных массо-габаритных характеристик по сравнению с аналогом DIP: он на 70% меньше по высоте, а его масса составляет лишь 10% от массы его аналога. Кроме того, мини-корпус имеет лучшие электриче-

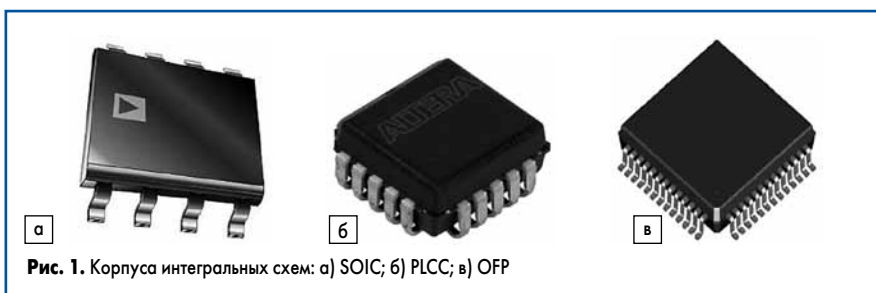


Рис. 1. Корпуса интегральных схем: а) SOIC; б) PLCC; в) QFP

ские характеристики, определяющие скорость прохождения сигнала. Корпус с J-образными выводами находит все более широкое применение ввиду меньшей занимаемой площади и возможности компенсации за счет формы выводов различия в температурных коэффициентах линейного расширения материала корпуса и печатной платы.

Пластмассовый кристаллоноситель (корпус PLCC) имеет выводы, размещенные по всем четырем сторонам корпуса, и обеспечивает высокие функциональные возможности в пересчете на квадратный сантиметр площади коммутационной платы, чем объясняется его возросшая популярность у потребителей. Корпус PLCC — наглядный представитель более высокого уровня конструктивной сложности компонентов по сравнению с корпусом SO. Проекция PLCC представляет собой почти правильный квадрат и имеет обычно от 18 до 84 выводов (рис. 1б).

Корпуса QFP применяются для БИС и СБИС высокой степени интеграции, и по стандарту JEDEC расстояние между центрами выводов равно 0,65 мм (рис. 1в). Все пластмассовые корпуса имеют относительно высокое тепловое сопротивление и неустойчивы к воздействию влаги. Достоинство пластмассовых корпусов — более низкое значение индуктивности и емкости выводов и высокое значение максимальных токов за счет малой величины относительной диэлектрической проницаемости.

Характеристики термовоздушных станций

Для пайки горячим воздухом применяются паяльные станции двух типов: компрессорные и турбинные. Во-первых, воздух нагнетается за счет диафрагменного компрессора, который встроены в станцию. Во-вторых, в рукоятку фена встроены малогабаритный двигатель. На валу двигателя закреплена крыльчатка, которая и осуществляет прокачку воздуха через нагретую спираль. Проходя через разогретую спираль, воздух разогревается до нужной температуры (рис. 2).



Рис. 2. Ручка-фен термовоздушной паяльной станции турбинного типа

Паяльная станция компрессорного типа Quick-858D компактна и не занимает много места. На передней панели расположены кнопки для установки температуры потока воздуха, регулятор скорости потока воздуха и светодиодный дисплей, на котором отображается температура воздушной струи, выходящей из сопла. Внизу на панели установлена кнопка выключения питания [3] (рис. 3).

Кнопками установки температуры можно задать значение в пределах от +100 до +450 °С. Поскольку у станции Quick-858D температура воздушной струи не зависит от скорости воздуха, прокачиваемого через нагревательный



Рис. 3. Станция для пайки горячим воздухом Quick-858D

элемент, это удобно в работе. Можно выставить любую скорость потока, не боясь, что температура струи воздуха понизится. Вместе со станцией поставляют три съемных насадки из титанового сплава с разным диаметром сопла: A2064, A2127, A2084.

При необходимости демонтажа микросхем в корпусах SOIC, QFP, PLCC, BGA можно использовать насадки от фирм PACE, HAKKO и LEISTER. Сменные насадки имеют довольно высокую стоимость, поскольку изготавливаются из титанового сплава, стойкого к обгоранию. В большинстве случаев при работе с Quick-858D дополнительных насадок не требуется, вполне достаточно тех, что поставляются в комплекте со станцией (рис. 4).



Рис. 4. Сменные насадки для термофена

Перед работой нужно выставить скорость потока горячего воздуха. Чем выше скорость потока, тем быстрее прогревается место пайки и, естественно, расплавление припоя происходит быстрее. Однако перед пайкой печатную плату необходимо прогреть, чтобы исключить температурный удар, связанный с резким перепадом температур. Поэтому в особо важных случаях можно прогреть место пайки, а затем, увеличив температуру, быстро выпаять требуемый элемент.

Неподвижный воздух является теплоизолятором, поэтому, повышая скорость потока воздуха, мы увеличиваем теплопередачу нагреваемому элементу и месту пайки. При

конвекционном нагреве нужно учитывать, что на пути к печатной плате поток горячего воздуха частично рассеивается и теряет первоначально заданную температуру. Поэтому при демонтаже микросхем и малогабаритных SMD-компонентов необходимо выставить на приборе температуру на +100...+300 °С выше допустимой для данных элементов.

Термовоздушная паяльная станция Quick-856AD ESD позволяет выполнять пайку и демонтаж согласно установленным параметрам температурного профиля (температура, длительность, объемный расход воздуха), хранимым в памяти (CH1, CH2 и CH3). Настройка параметров каждого из этих профилей осуществляется с помощью рабочего профиля CH0 с последующим сохранением. Предусмотрена функция блокировки, допускающая применение в рабочем состоянии только одного текущего профиля, а также возможность установки пароля для защиты режима вспомогательных настроек. Паяльная станция Quick-856AD ESD (рис. 5а) работает в режиме реального времени, а также имеет возможность выбора одного из двух способов управления: либо с помощью магнитного выключателя, либо как педаль-выключателем, так и магнитным выключателем [4].

Паяльная станция Quick-856AD ESD имеет функцию автоматического перехода в спящий режим, в котором осуществляется настройка параметров. Замкнутая система управления с датчиком температуры осуществляет ее контроль даже при отсутствии напряжения на нагревательном элементе; высокая мощность обеспечивает быстрый нагрев; регулировка температуры может выполняться в любой момент времени; обеспечивается стабильность и точность температуры, отсутствует ее зависимость от изменения воздушного потока. Бесщеточный вихревой компрессор позволяет плавно регулировать воздушный поток в широких пределах. Паяльная станция Quick-856AD ESD является многофункциональной. Система автоматического охлаждения поможет продлить срок службы нагревательного элемента и защитить фен-паяльник.

Термовоздушная паяльная станция Quick997 (рис. 5б) предназначена для пайки горячим воздухом и имеет замкнутый контур контроля датчика температуры. Станцию отличает отсутствие зависимости от величины воздушного потока, большая мощность, быстрый нагрев, цифровая индикация тем-



Рис. 5. Термовоздушные паяльные станции: а) Quick-856AD ESD; б) Quick997

Таблица. Характеристики термовоздушных паяльных станций

Параметры	Quick-858D	Quick997	Quick-856AD ESD
Потребляемая мощность, Вт	700	700	1300
Диапазон рабочих температур, °С	+100...+450	+100... +450	+100...+500
Производительность компрессора, л/мин	120	120	120
Соответствует требованиям	ESD-защиты	ESD-защиты	ESD-защиты
Габариты, мм	150×138×100	210×132×110	250×230×150
Масса, кг	1,55	1,6	3,8

пературы, точность и стабильность температуры [5].

Регулируемый воздушный поток, умеренный обдув, простая и удобная регулировка температуры — все это действительно позволяет производить пайку бессвинцовым припоем. Индукционный датчик в рукоятке включает нагрев сразу после того, как вы возьмете паяльник в руку. После возвращения паяльника на подставку паяльная станция автоматически переходит в ждущий режим, что обеспечивает удобство эксплуатации. Система автоматического охлаждения продлевает срок службы нагревательного элемента и защищает паяльную станцию. Корпус станции изготовлен из металлического сплава, что позволило сделать прибор прочным и компактным, экономия пространство на рабочем месте.

В термовоздушной паяльной станции Quick997 применен регулируемый бесщеточный вентилятор с очень низким уровнем шума. В таблице приведены характеристики термовоздушных паяльных станций.

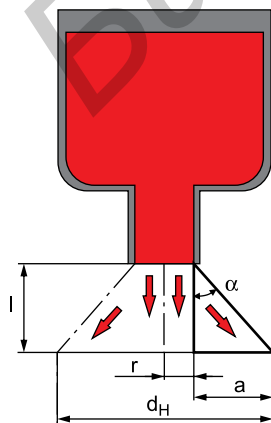
Моделирование тепловых полей конвективного нагрева

Процесс конвективного нагрева описывается выражением:

$$Q = \lambda S t \Delta T / l, \quad (1)$$

где λ — теплопроводность воздуха; S — площадь зоны нагрева; t — время нагрева; ΔT — разность температур между источником тепла и окружающей средой; l — расстояние от источника тепла до поверхности.

При расчете количества тепла, выделяемого в рабочей зоне, необходимо учитывать фактор,


Рис. 6. Распространение воздушного потока из насадки термофена

влияющий на рассеивание воздуха (рис. 6) при выходе из сопла насадки термофена [6]:

$$K_r = (a+r)/r = d_n/d, \quad (2)$$

где r — радиус сопла насадки; a — расстояние, на которое расходится воздух при выходе из сопла; d — диаметр сопла; d_n — диаметр зоны нагрева:

$$a = l \tan(\alpha), \quad (3)$$

где α — угол расхождения теплового потока (обусловлен конструктивными особенностями насадки), l — расстояние от насадки термофена до платы.

Тогда количество выделяемого тепла в рабочей зоне рассчитывается следующим образом (рис. 7):

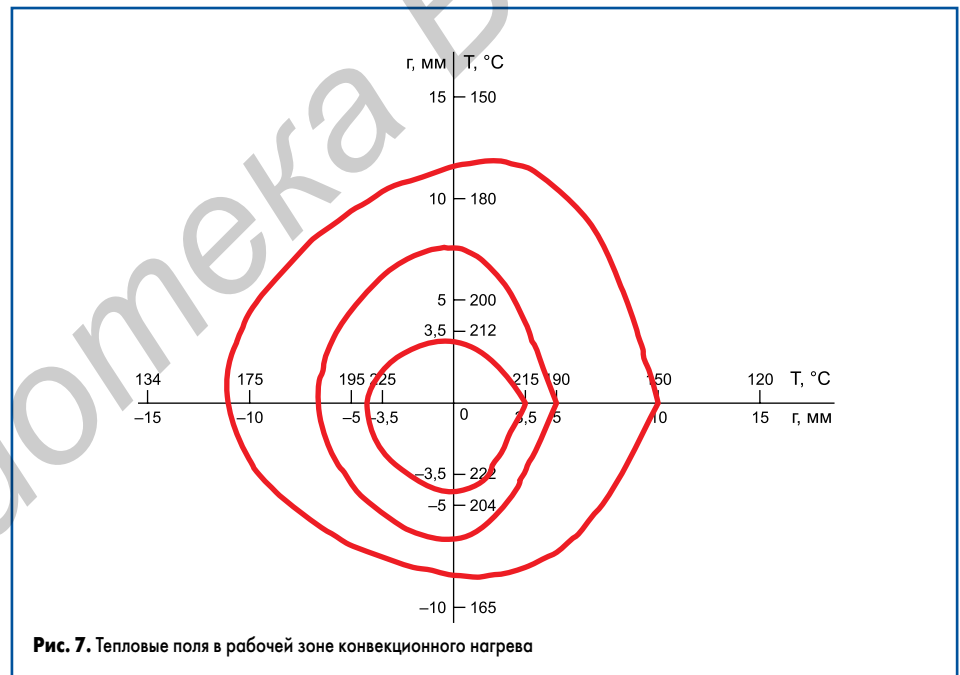
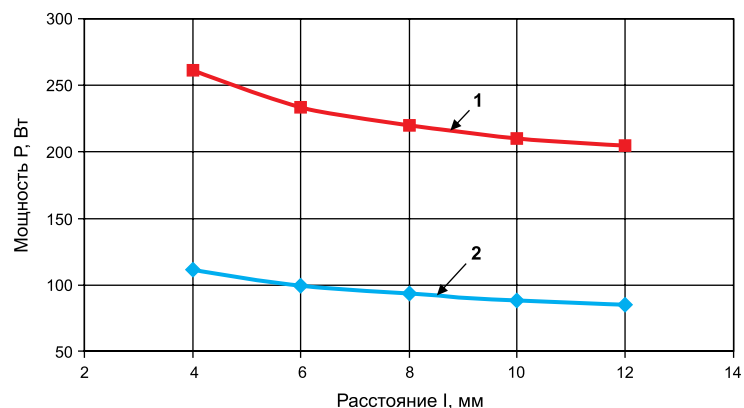
$$Q = K_r(\lambda S t \Delta T / l). \quad (4)$$

Мощность конвективного источника нагрева равна:

$$P = K_r dQ/dt = K_r(\lambda S \Delta T / l). \quad (5)$$

Зависимости мощности конвективного нагрева при радиусе сопла $r = 0,0035$ м, средней теплопроводности воздуха в диапазоне температур $+80...+300$ °С $14,96$ Вт/(м·К), времени нагрева 20 с при различных расстояниях от источника и температуры воздушного потока приведены на рис. 8. С увеличением расстояния от источника мощность конвективного нагрева падает, что снижает термоудар на печатную плату.

При расстоянии от насадки термофена до платы, равном 10 мм, угол расхождения теплового потока составляет $19-20^\circ$, а коэффициент расхождения теплового потока равен 2.


Рис. 7. Тепловые поля в рабочей зоне конвекционного нагрева

Рис. 8. Зависимости мощности, выделяемой в зоне нагрева, от расстояния до поверхности платы и температуры воздушного потока: 1 — 350 °С, 2 — 250 °С

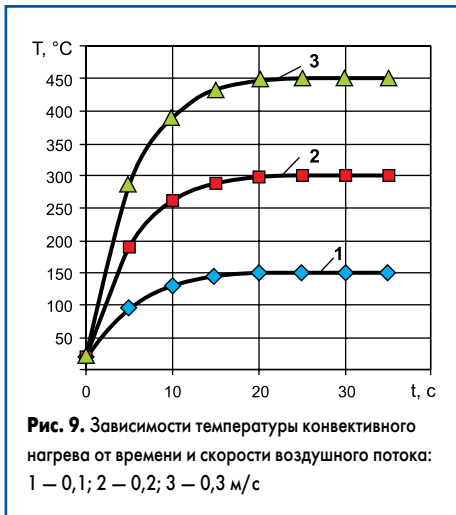


Рис. 9. Зависимости температуры конвективного нагрева от времени и скорости воздушного потока: 1 — 0,1; 2 — 0,2; 3 — 0,3 м/с

Уравнение конвективного нагрева для процесса пайки имеет вид [7]:

$$T_{\text{п}} - T_0 = (T_{\text{и}} - T_0)(1 - \exp(-t/\tau)), \quad (6)$$

где $T_{\text{п}}$ — температура пайки, T_0 — начальная температура, $T_{\text{и}}$ — температура источника нагрева, t — время, τ — время теплоотдачи источника нагрева.

Время теплоотдачи конвективного источника нагрева определяется как:

$$\tau = \rho c V / \alpha S, \quad (7)$$

где ρ — плотность материала, c — удельная теплоемкость, V — объем нагреваемого материала, α — коэффициент теплоотдачи, S — площадь, через которую осуществляется передача тепла.

При конвективном нагреве медных контактных площадок на печатной плате термофеном с производительностью 20 л/мин при диаметре сопла 6 мм и коэффициенте теплоотдачи воздуха 5,6+4*v*, где *v* — скорость воздушного потока, получены зависимости температуры от времени и скорости потока воздуха (рис. 9).

Заключение

По сравнению с монтажными паяльниками термовоздушные паяльные станции отличаются экономичностью и универсальностью применения. Основным преимуществом конвективных источников нагрева является возможность применения различных насадок термофена для распределения воздушного потока, что повышает удобство при ремонте электронных мо-

дулей. Мощность конвективного нагрева в зоне пайки зависит от температуры и скорости воздушного потока, конструкции насадки и расстояния от источника нагрева до платы.

Литература

1. Термовоздушная станция — современная альтернатива паяльнику. www.technologies.info
2. Штенников В. К вопросу формирования температурного профиля конвекционной пайки // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 6.
3. Термовоздушная паяльная станция Quick858: www.atspribor.ru
4. Термовоздушная паяльная станция Quick856AD ESD Lead Free: www.minsk.deal.by
5. Термовоздушная паяльная станция Quick997 ESD Lead Free: www.micromir.ucoz.ru
6. Ланин В. Л., Парковский В. В. Монтаж и демонтаж BGA, CSP, FLIP-CHIP и QFP при помощи инфракрасного и конвекционного нагрева // Технологии в электронной промышленности. 2011. № 1.
7. Wassink K. R. J. Soldering in Electronics. Ayr: Electrochem. Public, 2002.