

Теплопоглощение при пайке приборов автоматики

Опыт применения групповых методов пайки показывает, что они не всегда могут заменить ручную пайку с помощью паяльных станций.

Василий Штенников

Shtennikov@mail.ru

Основным условием, предъявляемым к паяльной станции, является обеспечение требуемого температурного режима пайки. Поэтому при разработке или выборе паяльного инструмента необходимо знать мощность, отводимую на разогрев паяных соединений при пайке, чтобы компенсировать ее терморегулятором. В литературе говорится о необходимости выбора паяльного инструмента в зависимости от тепловой нагрузки, но не приводится способ ее определения [1–6]. Кроме этого, практически все зарубежные фирмы считают престижным иметь паяльные станции с большой избыточной мощностью.

В связи с этим встал вопрос об оценке необходимого запаса мощности в зависимости от вида монтажа и, следовательно, величины теплопоглощения при пайке.

В литературе [7] приводится расчет теплопоглощения P_1 при пайке, основанный на измерении снижения температуры рабочего конца стержня паяльной станции:

$$P_1 \approx \frac{\sqrt{\pi}}{2} \sqrt{(\lambda \rho c)_c} \times \Delta t_1 \times d_c^2 \times \frac{\sqrt{\tau_n}}{\tau_1} \quad (1)$$

где $\sqrt{(\lambda \rho c)_c}$ — коэффициент теплоусвоения материала стержня [$\text{Дж} \times \text{с}^{-1/2} \times \text{см}^{-2} \times \text{°C}^{-1}$]; Δt_1 — снижение температуры рабочего конца паяльной станции при контакте с паяным соединением [°C]; τ_1 — период «пайка — пауза» [с]; τ_n — время пайки [с]; d_c — диаметр паяльного стержня [см].

Подставляя значение π и

$$\sqrt{(\lambda \rho c)_c} \approx 3,67 \text{ дж} \times \text{с}^{-1/2} \times \text{см}^{-2} \times \text{°C}^{-1}$$

для меди, окончательно получим:

$$P_1 \approx 3,25 \times \Delta t_1 \times d_c^2 \times \frac{\sqrt{\tau_n}}{\tau_1} \quad (2)$$

Приведенный метод универсален, так как подходит для любого типа паяных соединений, но требует проведения измерений Δt_1 и диаметра стержня.

Ниже приводится способ оценки теплопоглощения при пайке проводов известного диаметра или

сечения. Преимуществом способа является отсутствие лабораторных исследований.

Зависимость снижения температуры рабочего конца стержня при одиночной пайке Δt_1 от его диаметра, материала и избыточной (превышения над температурой окружающего воздуха) температуры пайки t_n можно определить по формуле [8]:

$$\frac{\Delta t_1}{t_n} = \frac{d_{np}^2 \sqrt{(\lambda \rho c)_{np}}}{d_c^2 \sqrt{(\lambda \rho c)_c}} \quad (3)$$

где d_{np} — диаметр провода [см]; $\sqrt{(\lambda \rho c)_{np}}$ — коэффициент теплоусвоения материала провода.

Используя выражения (2) и (3) и полагая $\sqrt{(\lambda \rho c)_c} = \sqrt{(\lambda \rho c)_{np}}$, можно получить следующее соотношение:

$$P_1 \approx 3,25 \times t_{np} \times d_{np}^2 \times \frac{\sqrt{\tau_n}}{\tau_1} \quad (4)$$

Таким образом, для оценки теплопоглощения достаточно знать диаметр паяемого провода, так как остальные параметры известны, включая избыточную температуру пайки припоем ПОС61 (не менее 210 °C) и время пайки (обычно 3 с). Подставляя перечисленные значения в формулу (4), для самого интенсивного вида монтажа (без пауз) получим следующее выражение для теплопоглощения при многократной пайке:

$$P_1 \approx 400 \times d_{np}^2 \quad (5)$$

В таблице приведены ориентировочные значения величины теплопоглощения при лужении проводов различного диаметра без пауз.

Таблица

Диаметр провода, мм	0,2	0,5	1	1,5	2	3
Сечение провода, мм ²	0,03	0,2	0,8	1,8	3	7
Теплопоглощение, Вт	0,16	1	4	9	16	36

При пайке выполняется соединение, как правило, двух проводов (деталей), поэтому указанное в таблице теплопоглощение необходимо удвоить.

Пайка электрорадиоизделий на поверхность печатной платы обычно выполняется стержнем диаметром 0,2 см при времени пайки до 2 с, $\Delta t_1 = 30 \text{ °C}$.

Таким образом, теплопоглощение для поверхностного монтажа, определенное по формуле (2), составит около 1 Вт с паузой между пайками 3 с (цикл «пайка — пауза» — 5 с) и 2,7 Вт при пайке без пауз.

Оценка теплопоглощения при пайке печатных плат по формуле (2) для диаметра стержня 0,3 мм, времени пайки 3 с и $t = 30^\circ\text{C}$ дает значение теплопоглощения около 2,5 Вт, если монтаж ведется с паузами 3 с (время цикла «пайка — пауза» — 3 с). При пайке без пауз величина теплопоглощения удвоится и составит около 5 Вт.

При монтаже блоков автоматики редко применяются провода диаметром более 1 мм. При этом пайка осуществляется на лепестки или контакты сопоставимого диаметра. Таким образом, согласно таблице для сборки упомянутых приборов достаточно использовать паяльные станции с избыточной мощностью до 8–10 Вт.

При монтаже электротехнических изделий, содержащих медные провода диаметром 1–2 мм, а также сопоставимые лепестки и контакты, максимальная величина теплопоглощения может составить 10–30 Вт.

Следовательно, для оценки теплопоглощения при пайке необходимо руководствоваться следующими правилами:

- при выполнении поверхностного монтажа теплопоглощение составляет $(10^0 - 10^{0,5}) \text{ Вт}$;
- для традиционного монтажа печатных плат или объемного монтажа проводов диаметром 0,5–1 мм теплопоглощение ориентировочно составляет $(10^{0,5} - 10^1) \text{ Вт}$;
- объемный монтаж проводов диаметром 1–2 мм связан с теплопоглощением $(10^1 - 10^{1,5}) \text{ Вт}$.

В отличие от общих рекомендаций ряда авторов о необходимости «...выбирать инструмент для пайки в зависимости от величины тепловой нагрузки», [1–6] предложен метод расчета теплопоглощения при пайке, позволяющий объективно оценивать его величину, а также выбирать паяльные станции.

Учитывая полученные данные, необходимо отметить, что для поверхностного и традиционного монтажа электрорадиоизделий достаточно иметь паяльные станции с избыточной мощностью до 10 Вт.

1. С. В. Лашко, Н. Ф. Лашко. Пайка металлов. 4-е изд. М.: Машиностроение, 1988.
2. Справочник по пайке: под ред. И. Е. Петрунина — 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. 2003.
3. В. Н. Григорьев и др. Монтаж на поверхность. Технология. Контроль качества. М.: Изд-во стандартов. 1991.
4. И. А. Малышева. Технология производства микроэлектронных устройств. М.: Энергия. 1980.
5. В. Н. Мовчин, Г. М. Михайлов. Технология производства измерительного инструмента и приборов: изд-ние 3-е. М.: Машиностроение. 1992.
6. Манко Г. Пайка и припой. М.: Машиностроение. 1968.
7. В. Н. Штенников. Определение теплопоглощения при пайке паяльником // Организация производства, прогрессивная технология. 1984. № 5.
8. В. Н. Штенников. Расчет температуры стержня паяльника при пайке // Сб. ВИМИ. 1986. Сер. МШ. Вып. 10.

Повышение надежности приборов и производительности оборудования для КОНТАКТНОЙ ПАЙКИ

Василий Штенников

Shtennikov@mail.ru

**Владимир Байдаков,
д. ф.-м. н**

В предыдущей статье авторов [1] проанализирован ряд факторов, определяющих качество паяных соединений и, следовательно, электронных приборов в целом. В публикации были рассмотрены следующие вопросы:

- перепад температуры по длине паяльного стержня в установившемся тепловом режиме (режиме холостого хода);
- связь конструктивных и теплофизических параметров паяльного инструмента;
- форсированный разогрев паяльного инструмента;
- КПД паяльной станции и паяльника;
- зависимость снижения температуры рабочего конца стержня во время пайки от его теплофизических и конструктивных параметров.

Освещение проблемы было бы не полным без рассмотрения вопросов, влияющих на производительность оборудования для контактной пайки. Кроме того, большое практическое значение как для увеличения надежности приборов автоматики, так и для повышения быстродействия автоматов контактной пайки имеет решение задач, связанных с влиянием защитного покрытия паяльного стержня на динамику его температуры, освещение вопросов теплопоглощения при контактной пайке.

Разогрев стержня паяльного инструмента после пайки

В результате решения задачи нестационарного теплообмена неограниченной пластины с заданным

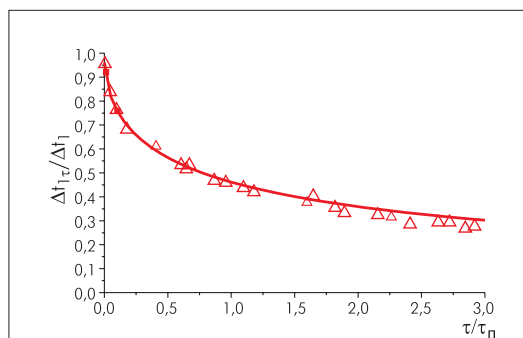


Рис. 1. Зависимость $\Delta t_{1\tau}/\Delta t_1$ от величины τ/τ_p .

$\Delta t_{1\tau}$ — снижение температуры паяющего конца стержня после пайки во время τ .

Δt_1 — то же во время $\tau=0$.

Сплошная линия — теоретическая кривая, треугольники — экспериментальные данные

тепловым потоком на поверхности установлено, что для достаточно длинных стержней $L \leq 1,6$ ат время восстановления исходной температуры его паяющего конца τ не зависит от материала и длины стержня, а определяется только отношением τ/τ_p (см. рис. 1), где τ_p — время пайки; α — коэффициент теплопроводности материала стержня [2].

Разогрев паяльного стержня полуавтомата после пайки

При решении задачи нестационарного теплообмена ограниченной пластины с заданным тепловым потоком на поверхности [3] определена постоянная времени разогрева короткого стержня $L \leq 1,6$ ат с изотермичным (поддерживаемым при постоянной температуре) нерабочим (не паяющим) концом:

$$\tau_{oc} = \frac{4L^2}{\pi^2 a} \quad (1)$$

Расчетные данные хорошо совпадают с экспериментальными для стержня длиной 0,5 см (рис. 2, 1; постоянная разогрева 0,1 с) и 0,3 см (рис. 2, 2; постоянная разогрева 0,036 с) полуавтомата пайки микросхем на поверхность печатных плат.

Установленная зависимость (1) использована при отработке оптимальной конструкции стержня полуавтомата, что позволило внедрить в производство скоростной режим монтажа микросхем на печатные платы со временем пайки 0,5 с.

Соотношение (1) позволило сократить цикл «пайка — пауза» примерно на порядок по сравнению с ручной сборкой и обеспечить высокое качество монтажа, что подтверждено визуальным контролем более 27000 паяных соединений, испытаниями их механической прочности (несколько сотен) и исследованиями металлографических шлифов типовых представителей.

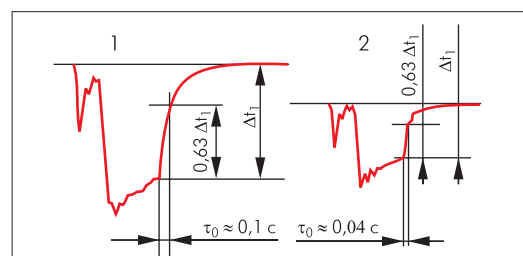


Рис. 2. Изменение во времени температуры стержня полуавтомата длиной 0,5 и 0,3 см