

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО ПОТОКА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЭНЕРГИИ НА РАСПЛАВЫ ПРИПОЕВ

М.П. Батура, В.М. Бондарик (БГУИР)

Современные тенденции развития технологии создания монтажных соединений предполагают эффективное создание надежных соединений с минимальными энергозатратами и максимальной экологической безопасностью. Пайка изделий электронной техники (ИЭТ) составляет на данный период около 50 % от общей трудоемкости изготовления изделий, и, по статистическим данным, до 80 % всех отказов в электронной аппаратуре происходит вследствие дефектов электрических соединений. Появление новой элементной базы, усложнение и удорожание ИЭТ предъявляют дополнительные требования к качеству паяных соединений [1].

Активация энергией ультразвуковых (УЗ) колебаний - один из перспективных процессов пайки, поскольку позволяет резко интенсифицировать большинство физико-химических процессов: смачивание, капиллярное течение, диффузию материалов, химическую активность элементов, материалов и т.д. Применение УЗ активации при создании монтажных соединений позволяет также избежать применения флюсов, устранить операцию отмычки его остатков [2].

Основные усилия при разработке процесса УЗ пайки направлены на снижение себестоимости продукции, повышение ее надежности, экономии энергетических ресурсов и обеспечение экологической чистоты технологических процессов. Оптимальное решение этих задач возможно лишь при автоматизированном управлении технологическим процессом, основанным на знании физических моделей воздействия концентрированных потоков УЗ энергии на расплавы припоев [3].

Высоту микроволны (рис. 1) при стимуляции концентрированными потоками УЗ энергии можно определить из условия равенства энергий: колебаний E_k потенциальной E_n микроволны, поверхностного натяжения припоя E_n на поверхности раздела.

$$E_k = E_n + E_m \quad (1)$$

Потенциальная энергия E_n складывается из энергии массы припоя в ванночке и микроволны.

$$E_n = \pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot g \cdot h_1 / 4 + \pi \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot h / 6 = \pi \cdot \rho \cdot g \left(\frac{D^2 h_1}{4} + \frac{h^2}{6} \right) \quad (2)$$

где m - масса, h - высота микроволны припоя, h_1 - уровень припоя, D - диаметр столба припоя в ванночке.

Поверхностное натяжение действует по границе поверхности ванны диаметром D .

$$E_n = \sigma \cdot S = \sigma \cdot \pi \cdot D^2 / 4 \quad (3)$$

где σ - поверхностное натяжение припоя.

Подставляя (2) и (3) в уравнение (1) и преобразуя его, получаем

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2} D \cdot \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot f^2 \cdot A^2}{g} - \frac{\sigma}{g \cdot \rho}} - h_1 \quad (4)$$

где σ и ρ - поверхностное натяжение и плотность припоя, f и A - частота и амплитуда УЗ колебаний.

Для припоя ПОС 61 с учетом известных его физических параметров выражение (4) примет вид.

$$h = 10^{-2} \sqrt{6 \cdot f^2 A^2 - 7.8 \cdot 10^{-2}} \quad (5)$$

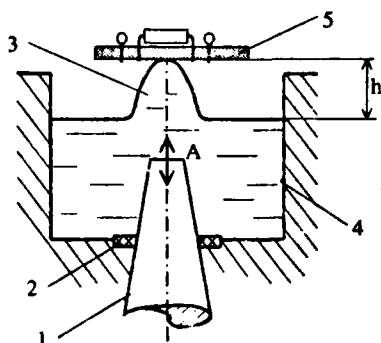


Рис. 1 Образование микроволны припоя в УЗ ванне:

1 - концентратор, 2 - акустическая развязка,
3 - микроволна, 4 - ванна,
5 - электронное устройство

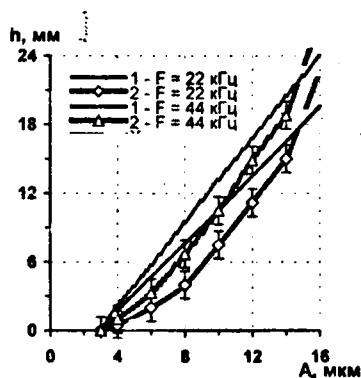


Рис. 2 Зависимости высоты подъема припоя от амплитуды УЗ колебаний:

1 - теоретические,
2 - экспериментальные

Для проверки разработанной физической модели была создана установка УЗ пайки, которая обеспечивала автоматическое поддержание температуры с точностью 5 градусов, непрерывный контроль амплитуды с точностью ± 1 мкм, контроль частоты колебаний с точностью 0.1 кГц при рабочем диапазоне частот 20-27 кГц [4].

Исследование зависимости высоты подъема припоя от частоты и амплитуды колебаний (рис. 2) показало, что теоретически рассчитанная высота подъема припоя несколько больше экспериментально определенной. Это можно объяснить тем, что в разработанной физической модели учитывается лишь поверхностное натяжение припоя, а не окисной пленки на его поверхности. Окисная пленка практически всегда присутствует на границе раздела припой-воздух и ее поверхностное натяжение значительно отличается от поверхностного натяжения зеркала припоя. Кроме того, не учитываются кавитационные явления, которые искажают картину поля колебаний [5].

Использование микроволн припоя создает предпосылки разработки автоматического оборудования монтажа ИЭТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ланин В.Л. Пайка электронных сборок. - Мн.: НИЭИ Мин. Эконом., 1999. - 116с.
2. Клубович В.В., Тявловский М.Д., Ланин В.Л. Ультразвуковая пайка в радио- и приборостроении. - Мн.: Наука и техника, 1985.-263с.
3. Ланин В.Л., Бондарик В.М., Чернышев И.Н. Управление процессом ультразвукового лужения деталей // Научно-техническая конференция "Пайка в создании изделий современной техники": Тез. докл. конф. - Тольяти, 1997. - с.201-204.
4. Ланин В.Л., Бондарик В.М., Говалешко Р.В. Лужение выводов ИМС на медном ленточном носителе // Известия Белорусской инженерной академии. - 1997. - N1(3)/3. - с. 181-185.
5. Chivate M.M. Quantification of cavitation intensity in fluid bulk// Ultrasonic Sonochemistry. - 1995, vol. 2. - N 1. - p. 19-25.