

ряд интегральных воздействий был согласован с центральным бюро применения. При этом должны соблюдаться требования техники безопасности.

УДК 621.396

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ПРИПОВ И ПЯЯЛЬНЫХ ПАСТ

Б.А. Тресков

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Проведен анализ научных наработок в области усталостного поведения бессвинцовых припоев. Разработан ряд моделей для свинцовых и бессвинцовых припоев.

Все эти модели основаны на усталостной модели Энгельмайера-Уайльда для эвтектических и почти эвтектических оловянносвинцовых припоев. В общем виде модель выглядит так:

$$N_f(50\%) = \frac{1}{2} \left[\frac{2\varepsilon'_f}{\Delta D} \right]^m, \quad (1)$$

где усталостный показатель текучести m рассчитывается из выражения:

$$\frac{1}{m} = c_0 + c_1 \bar{T}_{SJ} + c_2 \ln \left(1 + \frac{t_0}{t_D} \right), \quad (2)$$

где ε'_f - коэффициент пластического усталостного разрушения;

\bar{T}_{SJ} - средний температурный размах термоциклов;

t_D - время полуцикла в минутах;

ΔD - размах циклической нагрузки.

$$\bar{T}_{SJ} = \frac{1}{4} (T_c + T_{c,0} + T_s + T_{s,0}), \quad (3)$$

где T_c , T_s – максимальные за цикл температуры компонента и подложки соответственно,

T_{c0} , T_{s0} – минимальные за цикл температуры компонента и подложки соответственно.

Нами проведен расчёт параметров этой модели. Расчётные параметры усталостной модели представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры усталостной модели для различных припоев

Припой	ε'_f	c_0	c_1	c_2	t_0
Для оловянно-свинцовых припоев					
SnPb	0,325	0,442	6,00e-04	-1,74e-02	360
Для бессвинцовых припоев					
SAC405/305	0,425	0,480	9,30e-04	-1,92e-02	500
SAC205	0,250	0,480	9,30e-04	-1,92e-02	500
SAC105	0,225	0,480	9,30e-04	-1,92e-02	500
SnAg	0,275	0,430	6,30e-04	-1,82e-02	400

Представленные параметры определяют следующие физические характеристики и процессы:

- ε'_f – коэффициент – пластического усталостного разрушения, зависит от текучести припоя;
- c_0 – характеризует связь между усталостным процессом и количеством циклов работы до отказа;
- c_1 – поправочный коэффициент, отражающий зависимость текучести от температуры;
- c_2 – поправочный коэффициент, отражающий зависимость процесса растекания припоя от времени;
- t_0 – время завершения процесса растекания при температуре около 50°C; чем короче время t_D , тем более незавершенным считается процесс растекания.

Полученные параметры позволяют определить ресурс паяного соединения при циклических нагрузках.

УДК 621.396+621.38

УСТРОЙСТВО ИНДИКАЦИИ НАЛИЧИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

П.П. Бем, Д.В. Столбинский, В.А. Андреев
«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Датчик наличия высокого напряжения выполнен в виде электрода на многослойной печатной плате. Датчик имеет форму диска, диаметр которого совпадает с диаметром опорного изолятора.

В высоковольтной энергоустановке устанавливают датчик следующим образом: на поверхность шасси энергоустановки укладывают датчик, затем закрепляют опорный изолятор так, чтобы датчик оказался