

One Stop News

内藤電誠工業株式会社
評価解析事業部 評価解析部



2019年5月
Vol. 4

<メニュー>

1. はじめに
2. はんだ接合部の寿命予測について
3. 加速係数(AF)を有効活用するには？
4. はんだ接合部信頼性試験 設備紹介

1. はじめに

いつもご愛読頂きありがとうございます。

本号では表面実装型デバイスなどに広く使われているはんだ接合についての寿命予測手法及び活用方法について紹介させていただきます。

※実装時で発生する故障モード例については「One Stop News_Vol. 2, 3」をご参照下さい。

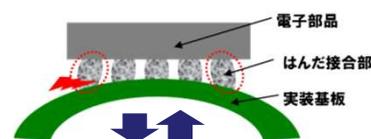
2. はんだ接合部の寿命予測について

産業・車載・航空宇宙などに搭載される電子部品は10年以上の耐用年数を保証する必要があるため、長期の信頼性試験が必要になります。さらに短期間で製品開発を余儀なくされている昨今、製品の信頼性においても開発段階で短期間に特性を把握する必要があります。特にはんだ接合部の寿命予測は多部品に対して検証をする必要があり評価の効率化が求められています。

はんだ接合部に印加されるストレスには、プリント配線実装基板と電子部品との膨張係数差による塑性歪みやクリープ歪があります。実際にはこれらが複合した形で印加され、はんだクラックや破断のプロセスに至る事が一般的に知られています。

また、このストレスの評価方法としては温度サイクル試験(TC)が実施されることが多く、その寿命は低サイクル歪応力による疲労寿命として修正Coffin-Manson則(1)によって予測する事が知られています。

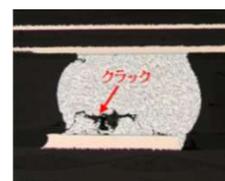
$$N = C \cdot f^m \cdot \left\{ \frac{(\alpha_1 - \alpha_2) \cdot L \cdot \Delta T}{2} \right\}^{-n} \cdot \exp\left(\frac{Ea}{kT_{max}}\right) \dots(1)$$



TC試験中のサンプル挙動イメージ

ここで、 α_1 , α_2 (1/°C) はプリント配線実装基板および実装部品の膨張係数、 L (m) は実装部品のリードピッチ、 T_{max} (k) は最大温度、 ΔT (k) は使用温度範囲差、 Ea (eV) は活性化エネルギー、 k はボルツマン定数 ($8.6159 \times 10^{-5} \text{eV/k}$)、 C , λ , n は定数、 f (Hz) は繰り返し周波数を示しています。したがって、ある特定の試料における温度サイクル試験の加速係数AFを導くと式(2)で表すことができます。

$$AF = \left[\frac{f_f}{f_t} \right]^m \times \left[\frac{\Delta T_f}{\Delta T_t} \right]^{-n} \times \exp\left[\frac{H}{K} \times \left(\frac{1}{T_{max-f}} - \frac{1}{T_{max-t}} \right) \right] \dots(2)$$



BGA接合部のクラックイメージ

この式から温度サイクル試験の実使用環境に対する加速係数を求めるために、 f_f , f_t はそれぞれフィールドとテスト条件でのOn/Offサイクル数、 ΔT_f , ΔT_t はそれぞれフィールドとテスト条件での温度幅、 T_{max-f} , T_{max-t} はそれぞれフィールドとテスト条件での最高温度、 H ははんだの活性化エネルギーで0.123 eV、 K はボルツマン定数、 m は1/3となります。

3. 加速係数(AF)を有効活用するには？

温度サイクル試験 (TC) 結果から耐用年数 (はんだ接続寿命) を導く手順を紹介します。

STEP①

～市場想定と試験環境 (TC) から加速係数を導く～

市場想定環境 (例) : 25℃～70℃ (ΔT : 45℃)

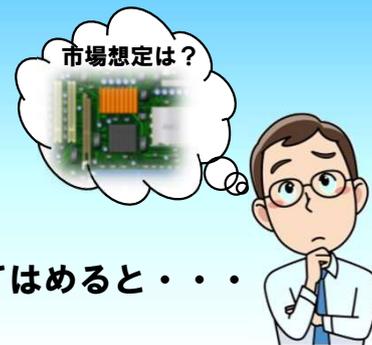
ON/OFF時間 (例) : 24h (加速係数: 1.0/基準)

試験環境 (TC) : -40℃～125℃ (ΔT : 165℃)

サイクル時間: 60min

⇒上記条件を修正Coffin-Manson則 (前ページ(2)式参照) に当てはめると・・・

AF: 8.5 (Sn-Ag系鉛フリーを想定) を導く事が出来ます。



STEP②

～試験結果: MTTF (平均故障時間) から耐用年数を算出する～

不良発生時間 (サイクル) データが揃った段階で、統計的手法 (ワイブルプロットなど)

を用いてMTTFを算出します。また、どこで壊れたかもの把握も重要です

→はんだ以外で故障している場合は下記計算は適用出来ません。

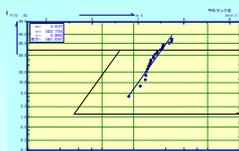
(計算例) 試験結果_MTTFからBGA接続寿命 (耐用年数) を推定する。

試験環境: STEP①参照 (加速係数AF: 8.5)

試験結果 (MTTF): 360cyc 不良箇所: BGAはんだ中破壊

耐用年数計算式: $MTTF (360cyc) \times 加速係数 (8.5) / 日数 (365日)$

耐用年数: 8.4年相当



TC試験結果の
ワイブルプロットイメージ

不明点やご要望がありましたらお気軽にお問合せ下さい。

4. はんだ接合部信頼性試験 設備紹介



冷熱衝撃試験機 + 導体抵抗評価システム (AMR)



抵抗モニターTC
試験実施イメージ



抵抗モニターTC
AMR監視画面

～導体抵抗評価システム～

(ESPEC社製 AMR-120-UD)

[特徴]

☆独自のマルチスキャン方式と国際標準対応の計測器を搭載

Ch数: Max 120ch

測定方式: 4端子測定法

不良判定: 絶対値判定・変化率判定の2種が可能

☆冷熱衝撃装置との連動が可能

⇒故障判定を正確かつ効率的に行うシステムです。

[主な仕様]

抵抗測定範囲: $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^6 \Omega$

最小分解能: 100 $\mu\Omega$

測定精度: 10m Ω (構成ケーブル先端での精度)

内藤電誠工業(株) 評価解析事業部 評価解析部

213-0011 川崎市高津区久本3-9-25

TEL: 044-811-5496

FAX: 044-850-5851

<https://www.lab.ndk-grp.co.jp>