

はんだ接合部の熱疲労き裂進展評価における

CAE技術の確立に関する研究

機械システム課 佐山利彦 コーセル(株) 岡本佳之、島野和良

1. はじめに

発熱量が多い電源機器においては、はんだ接合部の信頼性を確保する上で、熱疲労損傷が最も重要な問題の一つである。はんだ接合部の信頼性を評価する手法として、CAE技術の基板設計段階への導入が試みられている。例えば、はんだ接合部の非弾性ひずみの変化を解析することにより、その疲労き裂発生寿命を評価するCAE技術が広く用いられるようになってきた。しかし、はんだ接合部の破断寿命には、き裂進展寿命の占める割合が大きく、現状のき裂発生寿命の評価だけでは、安全率が大きすぎる評価となっている。そこで、本研究では、従来のき裂発生寿命の計算に加え、き裂進展寿命についても計算できるようCAE技術を確立することを目的とした。

2. はんだ接合部における疲労き裂の観察

はんだ接合部における熱疲労損傷の事例が最も多いチップ抵抗を表面実装した基板を対象とした。まず、き裂進展解析のための適切な有限要素モデルを作り上げるために、疲労き裂の進展過程を直接観察し、そのデータを進展解析にフィードバックすることとした。そこで、放射光X線マイクロCTによって、はんだ接合部の疲労き裂の進展状況を非破壊で観察することを試みた。その結果、次のことが明らかとなった。

- (1) 疲労き裂は、一方のチップ側面のはんだ表面から発生し、もう一方へと進展していく。したがって、形状対称面を利用した対称モデルは通常成り立たない。
- (2) 複数のき裂の発生点があり、またき裂が進展途中で分岐する。したがって、複数経路によるき裂進展を解析しなければならない。

(3) リフロー時、あるいは変形中に発生したボイドとの相互作用を考慮しなければならない。

第一段階として、(1)および(2)の問題についてき裂進展解析の有限要素モデルで考慮した。

3. はんだ接合部のき裂進展解析

はんだ接合部における疲労損傷度を、Coffin-Manson 則および線形累積損傷則を用いて評価し、破壊寿命に至った要素を解析モデルから削除していくという手法によってき裂を逐次進展させていく解析を行った。アルゴリズムの概要は次のとおりである。

- (1) 熱疲労負荷1サイクルについて、非弾性ひずみの変化 $\Delta \varepsilon_{in}$ を計算する。
- (2) $\Delta \varepsilon_{in}$ に対応する疲労損傷量 Δf をCoffin-Manson 則に基づいて計算する。
- (3) 累積疲労損傷量 f が規定値を超えた要素をモデルから削除する。(1)から繰り返す。

この方法は、き裂を導入し破壊力学解析を行う従来の方法に比べて遥かに簡便で、かつ高速である。しかし、破断寿命が、有限要素モデルの要素寸法の影響を大きく受けるという問題が現れた。今後、解決しなければならない。

4. まとめ

はんだ接合部における熱疲労損傷の事例が最も多いチップ抵抗を表面実装した基板を対象とし、CAEによる構造解析技術を適用して、疲労き裂の発生から破断に至るまでの全過程を解析によって評価し、疲労寿命を推定することが可能となった。破壊しなければ観察が不可能である部分の寿命評価を、基板設計時に行うことが可能となった意義は大きい。