

鉛フリーはんだ接合部における 熱疲労き裂進展寿命の予測技術確立に関する研究

機械システム課 佐山利彦 コーセル (株) 岡本佳之 高柳 毅

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。本研究では、CAEによる構造解析技術を適用して、疲労き裂の発生から、き裂の進展、さらには破断に至るまでの寿命推定技術を開発中である。本年度は、外観検査がまったく不可能である樹脂モールドされた電子基板に実装されたデバイスのはんだ接合部を対象とした。さらに、解析精度向上のために、X線マイクロCTによる疲労損傷の観察技術等の開発も併せて行った。

2. はんだ接合部の疲労損傷解析

樹脂モールドされた電子基板に実装されたデバイスのはんだ接合部における疲労損傷を対象とし、疲労き裂の発生から破断に至るまでの全過程の解析を試みた。疲労損傷解析は、疲労き裂発生解析および疲労き裂進展解析により構成される。

前者は、はんだ接合部における熱サイクル負荷による非弾性ひずみの変動状況を解析し、き裂発生位置および寿命を推定するものである。図1は、3216型のチップ抵抗のはんだ接合部における相当クリープひずみの分布例を示す。最もひずみが集中する箇所において、熱サイクルによる非弾性ひずみの振幅量から、Coffin-Manson則より疲労き裂発生寿命を推定することが可能である。また、疲労損傷の蓄積に対する各種因子の影響度を評価し、疲労損傷度を低減するだけであれば、この疲労き裂発生解析のみで十分である。実際、モールド用樹脂の縦弾性係数、線膨張係数、およびガラス転移温度などの材料物性に関する影響因子を仮想的に変化させて、最適な樹脂材料の選択も行った。

後者の疲労き裂進展解析においては、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行った。また、き裂進展経路は、前者の疲労き裂発生解析の結果から概略を予測できるので、進展解析にあわせた有限要素モデルを再度作成した。

3. はんだ接合部における疲労き裂の観察による解析の検証

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、疲労き裂の進展過程を直接観察し、解析結果を検証して、進展解析にフィードバックすることとした。そこで、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、例えば、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状況等が明らかとなった。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。今後は、検証結果に基づいて、解析モデルを再構築する。

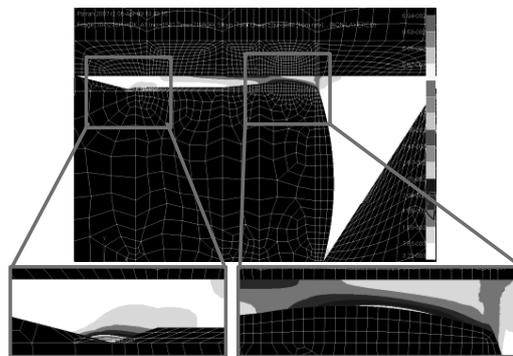


図1 はんだ接合部の相当クリープひずみの分布例