

デジタルツインによるボトムターミネーション部品の 高信頼性実装プロセスの確立

機械情報システム課 釣谷浩之、吉江真太郎、能登有里彩^{*1}、鍋澤浩文

コーセル株式会社 白石信行、岡本佳之、中沢圭裕

公立大学法人富山県立大学 木下貴博

1. 緒言

電子基板の実装は、年々高密度化が進んでおり、さらなる高密度化のために、ボトムターミネーション(以下BT)と呼ばれる、接合時にフィレットが形成されない形式のパッケージ実装部品の普及が進んでいる。通常のはんだ接合部については、広く解析が行われているものの、BT部品の接合部については、その熱疲労破壊の過程を解析した例は、ほとんど見当たらない。BT部品では、熱疲労損傷の過程は、通常の接合部とは異なっており、従来の部品と比較してその接合部の破断寿命は短くなることが予想される。このため、BT部品を実装した製品の開発にあたっては、その信頼性を担保することが急務となっている。本研究では、BT部品について、デジタルツインによりはんだ接合部の熱疲労損傷過程を再現し、これを用いて接合部の信頼性に寄与する接合条件を明らかにすることで、BT部品を実装した製品の信頼性を大きく向上させようとするものである。本年度は、少ないサイクル数で確実に破断するセラミックコンデンサ接合部を用いて実際の熱サイクル試験の結果とよく一致する解析モデルの構築を目指した。

2. 実際の接合部の疲労寿命評価

実験に用いた試験体は、幅約5mm×長さ約5.7mmのセラミックコンデンサが、Sn-3.0wt%Ag-0.5wt%Cu鉛フリーはんだによって、FR-4基板に複数個接合されたものである。この試験体に、高温保持温度125°C、低温保持温度-40°C、保持時間30minの温度プロファイルによって熱サイクル試験を実施した。任意のサイクル数で、接合部の断面観察を行い、コンデンサの端から約1/4(1.25mm)の箇所まで50μm以上のき裂の有無の確認、及びき裂長さの計測を行った。

3. 解析モデルの構築

FEM解析用のモデルは、メッシュを4面体2次要素とし、要素数80,434、自由度378,297とした。物性値としては、各部品メーカーより提供を受けたヤング率、ポアソン比、線膨張係数を用いた。はんだについては、移動硬化則を用い、あわせてクリープの物性値が必要なこと

からノルトン則の物性値を-40°C~130°Cの間で与えた。熱サイクルの温度プロファイルとして、実測したデータを用いた。FEM解析に用いるソフトは、共同研究を行う3者で異なっているため、協調して解析を行うため各ソフト間での精度を確認した。ハイエンドソフトのMarcをベンチマークとして、他に、ADVENTURECluster、及びFemtetを用いて比較を行った。

4. 結果

解析結果と実際のはんだ接合部の断面観察との比較を行った。3種類の解析ソフトによるひずみ集中部やひずみの値は、概ね一致しており、実際の基板の断面観察でもひずみ集中部付近からき裂が発生していることが確認できた。温度変化の実測値については、場所によりばらつきがあり、ひずみの値にも違いがみられた。得られたひずみからCoffin-Manson則によってき裂発生寿命を求めたところ断面観察との差は30%~35%であった。

5. 結言

セラミックコンデンサ接合部を対象としてFEMモデルを構築・検証した。検証では3種類のFEMソフト間で比較を行い、いずれのソフトでも大きな差は無く、どのソフトでの検証も有効であることを確認した。並行して現物による実験基板を製作し、熱サイクル試験を実施して断面観察によりはんだのサイクル破壊挙動を観察した。その結果、実際の冷熱温度プロファイルの負荷を与えたFEMでのひずみ集中個所と、現物でのき裂発生個所はほぼ一致し、き裂発生寿命の差も許容範囲であった。加えて、ADVENTUREClusterを用いて、はんだのき裂進展挙動のFEM技術を検証した。その結果、き裂進展挙動を概ね再現することが可能となった。今後は、解析モデルをBT部品接合部に適用した上で最適化設計を試みる予定である。

謝辞

本研究は、(公財)富山県新世紀産業機構の令和4年度産学官オープンイノベーション推進事業【新ものづくり戦略枠】の採択を受け実施した。

*1 現 生活工学研究所