

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、鍋澤浩文*1

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、実際のBT部品を想定した解析モデルを構築し、これを元に寿命に影響を与える因子を明らかにすることで長寿命化を実現する。解析モデルと現実の挙動との整合性の確認と製造上の問題点を明らかにするために、解析モデルと同様の試験体を実際に作製し熱サイクル負荷をかけX線CTによりはんだ接合部の状態の確認も行った。

2. 実際の接合部の評価

実験に用いた試験体は、縦横の長さが等しい正方形のICチップの4辺それぞれに5個の電極が設けられたBT部品である。これをSn-3.0wt%Ag-0.5wt%Cu鉛フリーはんだによって、銅箔とガラスエポキシの14層からなる多層基板にBT接合した。本研究は、解析モデルを用いて、はんだ厚みや接合部の面積等、制御可能な要素を最適化して長寿命化できる条件を明らかにしようとするものである。このため、ランド面積を3種類準備した他、レジストやシルク、接着剤などを用いて、はんだ厚みの調整を試みた。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、接合部をX線CTで観察し、き裂の状況を確認した。

*1 現 企画管理部

3. 解析による最適化

まずFemtetを用いた解析とPlackett Burman計画を活用したスクリーニングにより寿命に大きな影響を与える因子を絞り込んだ。次に、はんだ寿命と各因子との関係式を重回帰分析によって求めた。精度を向上させるためにBox-Behnken計画を活用し、解析には、き裂進展まで計算可能なADVENTUREClusterを用いた。最後に、求めた関係式から、製造の際に制御可能な、はんだ厚みとはんだ面積を変化させた際の寿命の変化を確認し、長寿命化が可能な設計値の範囲を求めた。

4. 結果

実際のはんだ接合部の観察から、解析モデルが現実とよく一致していることが確認できた。また、部品の傾きや接合不良がおきる条件など設計時に考慮すべき点が明らかとなった。解析により、はんだ寿命に大きな影響を及ぼす因子が明らかとなり、また各因子とはんだ寿命の関係式を求めることができた。この関係式を用いて、はんだ面積とはんだ厚みの最適な範囲を求めることが可能となった。最適な値では、寿命分布の下限値を現行の640サイクルから1573サイクルへと、大幅に寿命を向上できる見込みである。

5. 結言

実際のBT部品を想定した試験体および解析モデルを用いて、寿命に大きな影響を及ぼす因子を特定することができ、各因子と寿命の関係式を求めることができた。この関係式により、長寿命化に最適な、はんだ面積とはんだ厚みを求めることができた。最適な条件では、寿命の下限値が、市場稼働年数換算で9.9年(1573サイクル)と、目標である10年をほぼ達成することができた。

謝辞

本研究は、(公財)富山県新世紀産業機構の令和5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。