HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	微小材料のクリープ特性評価のためのマイクロインデンテーション法に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	瀧田, 敦子
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11883号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58597
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Atsuko_Takita_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　瀧田 敦子

審査担当者　主　査　教　授　佐々木 克彦
副　査　教　授　大橋 俊朗
副　査　教　授　成田 吉弘
副　査　教　授　佐々木 一彰

学位論文題名

微小材料のクリープ特性評価のためのマイクロインデンテーション法に関する研究
(Study on a Micro Indentation Method to Evaluate Creep Deformation of Small Materials)

電子実装基板上のはんだ接続部は線膨張係数の異なる材料から構成されており, このため作動に伴う発熱により熱応力が生じる. これが原因となるはんだ接続部の低サイクル疲労による接続不良は, 重大事故を招く恐れがある. このことから, 電子実装基板上のはんだ接続部の強度信頼性を精度よく, なおかつ, 比較的容易に評価可能な手法が望まれている. 本研究では, 微小はんだ接続部のクリープ変形特性を直接取得可能なマイクロインデンテーション法, 特に, その精度に大きく関わる基準面積に着目し, マイクロインデンテーションによる高精度のクリープ特性評価法の構築を目指している.

このためにまず,Sn-3.0Ag-0.5Cu を試料として, マイクロインデンテーション試験装置を用いたクリープ実験と, バルク材を用いた引張クリープ実験を実施している. 双方の結果を比較し, マイクロインデンテーション実験結果と引張クリープ実験結果が一致しない原因について考察し, 実際の実験による原因究明には, バルク材と微小材料の微視的構造などのサイズ効果を考慮する必要がること, サイズ効果を考慮する必要のない構造解析による計算機実験での検討が妥当であることを示している.

この検証結果に基づき, 材料の微視的構造の影響のない有限要素解析 (FEM 解析) によるマイクロインデンテーション計算機実験を実施している. これにより, 一般に使用されているマイクロインデンテーション試験における基準面積の導出方法が, バルク材のクリープデータと一致しない原因であることを明らかにしている. そして, 圧子押込み深さ保持試験なる新しいマイクロインデンテーション試験を提案し, 応力の算出に適した新たな基準面積の導出を計算機実験で試みている. その結果, 応力緩和による定常クリープ特性評価法と定常クリープ構成則である Norton 則から, 新たな基準面積を決定できることを示し, さらに, 新たな基準面積を用いて評価したマイクロインデンテーション試験の結果が, バルク材の引張クリープ試験の結果と一致することを示している.

ここで提案した手法では, バルク材の引張クリープデータが必要であるため, 例えば, バルク材の引張クリープデータが不明な新たに開発されたはんだ材のクリープ特性を, 微小試験片を用いたマイクロインデンテーション試験のみで得ることはできない. そこで, 主応力方向に着目し, 新しい基準面積の物理的意味合いについて検討すると同時に, マイクロインデンテーション試験のみでクリープ特性を評価する手法を構築している. すなわち, マイクロインデンテーション中の最大主応力面が, 圧子先端を中心とする半球となり, その面積が先に提示した新たな基準面積とほぼ等しいこ

と, さらに, 半球の半径が, 塑性深さと圧子の幾何学形状から決定可能であることを示し, マイクロインデンテーション試験のみから, 基準面積の導出が可能であることを明らかにしている.

次いで,Sn-3.5Ag,Sn-37Pb,Sn-58Bi の 3 種類のはんだ材に対するマイクロインデンテーション計算機実験を行い, 提案した基準面積を用いたマイクロインデンテーション法が, 組成の異なるはんだ材に対して適用可能であることを示している. さらにまた, 四角錘である圧子の先端角度を 60°,74°,80° に変えたマイクロインデンテーション試験を行い, 圧子形状が異なる場合についても, 提案した手法により基準面積の算出が可能であることを明らかにしている.

最後に, 実際の試験装置による Sn-3.0Ag-0.5Cu はんだ材を用いたマイクロインデンテーション実験を行い, マイクロインデンテーション実験のみから, はんだ材のクリープ特性を得ることが可能であることを示している. また, マイクロインデンテーション実験と引張クリープ実験の結果が一致し,Sn-3.0Ag-0.5Cu はんだ材の場合には, 微小材料とバルク材との微視的組織の違いなどによるサイズ効果が見られないことを示している.

これを要するに, 本研究は, 電子実装基板はんだ接続部の強度信頼性評価のために, マイクロインデンテーション法における基準面積を新たに提案するとともに, 提案した基準面積の妥当性の検証を最大主応力の観点から行い, さらには, 提案した基準面積によるクリープ評価が実際の実験に対しても適用可能であることを示しており, ますます高出力化, 高密度化し厳しい熱負荷を受ける電子デバイスの開発に貢献するところ大なるものがある. よって著者は, 北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める.