

はんだ接合試験片の低サイクル疲労試験

Low-cycle fatigue test for solder joint specimens

■ はじめに

Introduction

“はんだ”とは、電子回路を構成する部品や基板を接合する“はんだ付け”に欠かせない合金であり、機械的、生産的な性能が大変優れていたこともあり、これまでは鉛と錫を主成分としたものが多用されてきました。しかし、鉛は人体にとってはもちろん、自然環境に対しても悪影響を及ぼす有害物質であることから、近年はその使用を避ける機運が高まってきており、有鉛はんだの代替品として鉛を含まない“無鉛(鉛フリー)はんだ”の開発、普及が進められています。

ところが、一般に無鉛はんだは有鉛はんだに比べて脆い特性を持つなどの弱点があり、その改善が1つの課題となっています。

このような背景から、より機械的特性の優れた無鉛はんだの開発のために強度評価が必要となってきています。今回は、油圧式疲労強度試験機 EHF-LM020k1-010 形を使用し、有鉛はんだと無鉛はんだの二種類のはんだ接合試験片を対象として行った低サイクル疲労試験例を紹介します。

■ 試験システムの仕様

Specification of the testing system

本実験で使用した試験装置、および試験片取り付け治具、変位計(伸び計)の主な仕様は以下のとおりです。(Fig.1 参照)

- | | |
|--------------|--------------------|
| (1) 最大試験力 | : ± 20kN |
| (2) 最大ピストン変位 | : ± 25mm |
| (3) 治具 | : ヒーター内蔵つかみ具 |
| (4) 標点間変位計 | : 標点間 5mm 定格 10 μm |



Fig.1 試験治具および変位計
Testing jig and extensometer

■ 試料と負荷・測定条件

Test specimen and test conditions

本実験に使用した試料と、試験条件は以下のとおりです。

- (1) 試料: Sn-37Pb (有鉛), Sn-3.5Ag (無鉛)
- (2) 試験片形状: はんだによる接合試験片 (Fig.2)
被接合材は銅, はんだ接合層の厚さ 1mm, サンプル全長 90mm, 平行部の直径 8mm の丸棒平滑試験片
- (3) 試験温度: 40 (ヒータによる温度制御)
- (4) 制御方法: 公称ひずみ速度一定制御 はんだ接合層を含む標点間(GL=5mm)のひずみ制御
- (5) ひずみ波形: 完全両振対称三角波 (ひずみ速度一定) 公称ひずみ範囲は Table.1 の 4 水準, 各 1 試料を試験

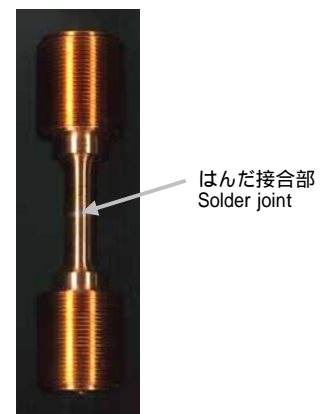


Fig.2 試験片(丸棒状)
Testing specimen (Round shape)

公称ひずみ範囲 $\Delta\epsilon_i$ (%)	標点間(GL=5mm)の変位 Δx_i (mm)	引張りひずみ保持時間 t_H (min)	公称ひずみ速度	
			引張側 $\dot{\epsilon}_{tT}$ (%/s)	圧縮側 $\dot{\epsilon}_{tC}$ (%/s)
0.05	0.0025	0	0.1	0.1
0.1	0.005			
0.2	0.01			
0.5	0.025			

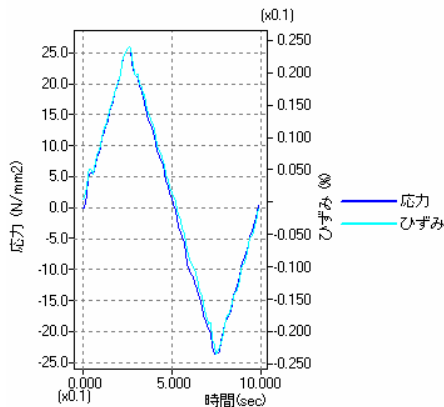
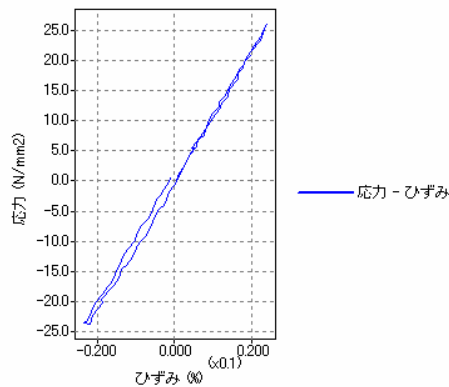
Table.1 負荷条件
Loading conditions

■ 測定結果

Test results

Sn-3.5Ag (無鉛はんだ) 試験片に対する公称ひずみ範囲が 0.05% 時の負荷第 1 サイクル目の応力 (青色) とひずみ (淡青色) の時系列測定値を Fig.3 に、またその応力-ひずみ線図を Fig.4 に示します。公称ひずみ範囲 0.05% とは、GL5mm に対するひずみ振幅が \pm

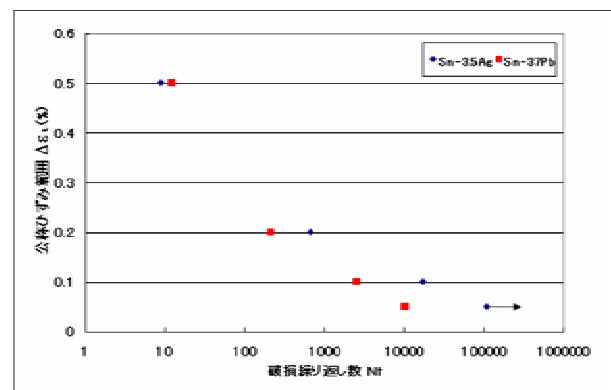
0.025% (+/- は引張/圧縮を表す) に相当し、変位に換算すると 0.0025mm ($\pm 1.25 \mu\text{m}$) となります。これらのグラフから、微小振幅の負荷制御が 0.1%/s (1Hz の三角波) という比較的早い速度で精密に行われていることがわかります。

Fig.3 応力・ひずみ-時間グラフ
Stress, Strain - Time graphFig.4 応力-ひずみグラフ
Stress - Strain graph

また、今回評価した有鉛・無鉛はんだ試験片に対する低サイクル疲労試験結果 (公称ひずみ範囲と疲労破損繰り返し数の関係図。いわゆるひずみ振幅で表した S-N 線図) を Fig.5 に示します。この結果では、ひずみ範囲が概ね 0.5% 以下の場合、無鉛はんだの疲労寿命が相対的に長いことがわかります。

以上の結果からもわかるように、油圧式疲労強度試験機は微小なひずみ制御や応力制御が可能であり、さまざまな精密繰り返し負荷試験に対応することができるシステムです。

今回の実験データは、社団法人日本材料学会 高温強度部門委員会「はんだ強度評価法ワーキンググループ」より提供を受け掲載させていただいたものです。

Fig.5 ひずみ振幅と寿命の関係
Strain range vs. Fatigue strength

初版発行: 2008年1月

島津製作所 分析計測事業部
応用技術部

試験計測グループ

東京 東京都
TEL (075)823-1153

本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。改訂版は右に示す島津WEBで閲覧できます。

会員情報提供サービス「Shim-Solutions Club」にご登録下さい。
<https://solutions.shimadzu.co.jp/>
いろいろな情報提供サービスが受けられます。