

鉛フリー溶剤ペーストのぬれ性評価装置の研究開発 (第2報)

宮本 博永・平川 寛之・清水 章良・宮川 和幸・勝又 信行
平本 清*¹・荘司 郁夫*²・小山 真司*²

Development of Evaluation Methods for Solder Wettability (2nd Report)

Hironaga MIYAMOTO, Hiroyuki HIRAKAWA, Akio SHIMIZU, Wako MIYAGAWA,
Nobuyuki KATSUMATA, Kiyoshi HIRAMOTO*¹, Ikuo SYOUJI*² and Shinji KOYAMA*²

要 約

本研究で開発に取り組んでいるぬれ性の評価方法は、実際のリフロー実装環境下において、チップ部品の鉛直方向の変位を連続計測し、時間に対するそのプロファイル形状からぬれ性の評価を行うものである。先の報告では、変位プロファイルからぬれに要する時間を読み取り、それをぬれ性評価の指標として用いることが適切であるかどうか検証を行った。しかし、チップ部品のローリングや設置高さ等の影響¹⁾により、得られる変位プロファイルにばらつきが大きかった。そこで、変位プロファイルのばらつき抑制、及び再現性のあるぬれ性評価指標の確立を主な目的として、ぬれ評価に用いるチップ部品の試作開発（以後、標準試験片と呼ぶ）に取り組むとともに、得られる変位データの新たな解析手法について検証を試みた。その結果、ぬれを評価する手法として有効であることを確認した。

1. 緒 言

はんだぬれの良否は実装不良の大きな要因の一つであり、電子製品の安全性及び品質に大きく影響している。最近では、チップ部品の小型化や扱いの難しい鉛フリーはんだへの移行に伴い、その傾向が一層顕著となっている。この問題を解決していくためには、はんだのぬれ性を定量的に評価していくことが必要であるが、残念ながら適切な評価方法は今のところまだ確立されていない。

本研究では、ぬれ性を評価するための新しい手法を開発することで、実装技術の向上を図り、製品の安全性及び品質の向上に繋げていくことを目的とした。

2. 実験方法

2-1 ぬれ性の評価方法

本研究で開発に取り組んでいるぬれ性評価方法の概要を図1に示した。本法は実際のリフロー実装環境下において、チップ部品の鉛直方向の変位を非接触センサーにより連続計測し、時間と変位の関係からぬれ性の評価を行うものである。

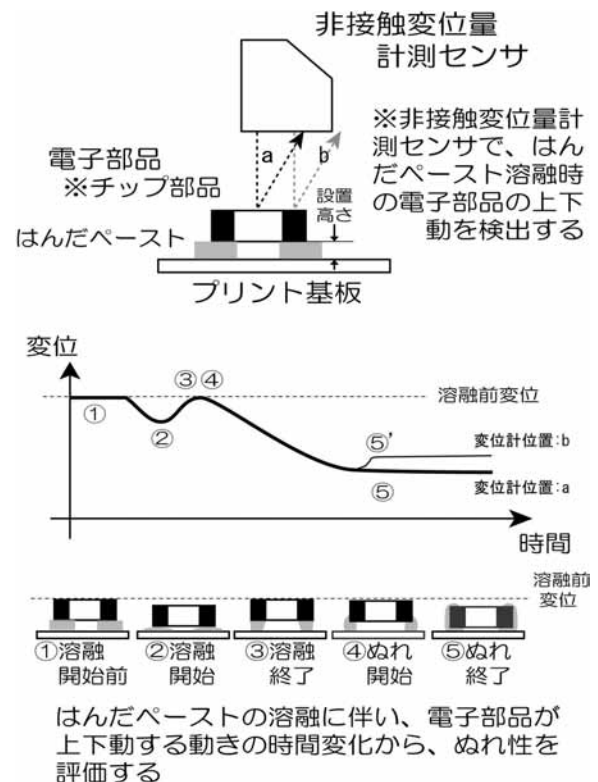


図1 ぬれ性評価方法の概要

*1 山陽精工株式会社

*2 国立大学法人群馬大学

本年度は、再現性のある安定したぬれを得るための、チップ部品（及びランド形状とその基板）の試作開発を

検討するとともに、プロファイルの乱れ（ぬれ進行以外の要因による）に強いぬれ評価方法への改善を試みた。

2-2 はんだ、チップ部品、加熱等の実験条件

本実験では表1に示す3種類のはんだを使用した（以後、それぞれはんだ1～はんだ3と呼ぶ）。

表1 実験に使用したはんだ一覧

	化学成分	粒径 [μm]	フラックス 含有量 [%]	粘度 [Pa·S]
はんだ1	Sn-3Ag-0.5Cu	20-38	12.22	199
はんだ2	Sn-0.3Ag-0.7Cu	20-38	12.23	226
はんだ3	Sn-3Ag-0.5Cu	不明	不明	不明

本実験では、正方形に切断した銅板をチップ部品として利用している（図2）。はんだ設置部は、銅板の四端を支持するように配置した（以後、四端支持型のランドと呼ぶ）。これは、1608チップコンデンサの試験にみられたローリングの影響を回避し、銅板が上下運動だけをするように配慮したものである。また、銅板の側面を濡らさないケースのデータ取得を考え、銅板サイズははんだ設置部よりも大きめに設計している。さらに、ランドの銅ハクをはんだ設置面よりも比較的小さめに設計した。これは、基板よりもチップ部品を広く濡らすことを目的としているためである。

これら実験の諸条件を表2にまとめた。また、加熱温度はリフロー実装時によく利用されている図3の加熱プロファイルを使用した。

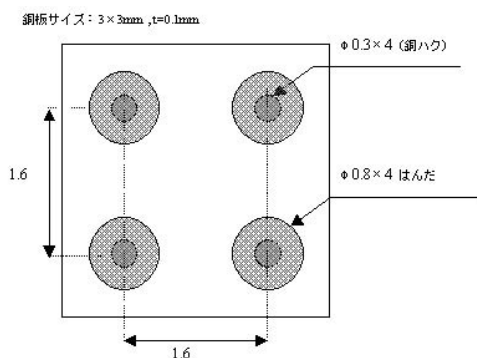


図2 ランド形状

表2 実験に使用した諸条件

チップ部品	銅板及び銅板めっき処理 材質：JIS C1020-R-H (JIS Z 3284付属書4の4.(2)による処理後のもの.) サイズ：3×3mm, t=0.1mm めっき詳細：Ni:1.5 μm の上にSn:4 μm を形成させたもの。
基板	FR4 表面プリフラックス処理 t=0.8mm
はんだ量	0.241mm ³ (0.5mm ² ×120 μm ×4ヶ所)
加熱方式	輻射式加熱

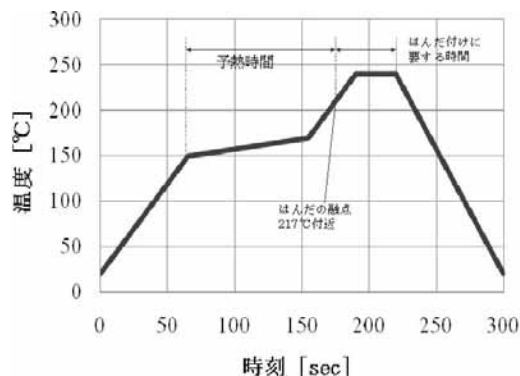


図3 加熱温度プロファイル

3. 結果及び考察

3-1 実験で得られた変位プロファイル

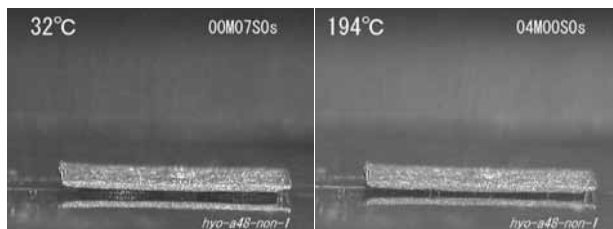
前述の条件のもと、はんだ1～はんだ3及び銅板、銅板（めっき処理）についての6通りの組み合わせにおいて、それぞれ10サンプルずつ実験を行った。なお、銅板の設置高さは70～80 μm に設定した。（はんだの初期高さが120 μm であることから、はんだ量は同じで、銅板を40～50 μm 上から押し込んだ状態といえる）

図4は、はんだ1における実験時の画像である。溶融開始からぬれが完了に至るまで、銅板が傾くことなく、基板に対して平行を保ったまま降下する様子が観察された。

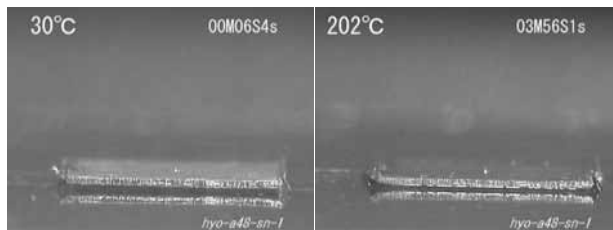
1608チップ型コンデンサー使用時の実験と銅板を用いた本実験でのローリング発生の確率を比較した（表3）ところ、大幅な改善がみられることがわかる。

得られた変位プロファイルのうち、はんだ1によるものを図5に示した。（a）銅板に対して、（b）銅板（めっき処理）のほうは、変位プロファイルが細かく乱れている。はんだ2、はんだ3についても同様に、銅板（めっき処理）における変位プロファイルは乱れていた。

銅板（めっき処理）の場合においては、はんだのぬれ



(a) 銅板（左：溶融前、右：溶融後）

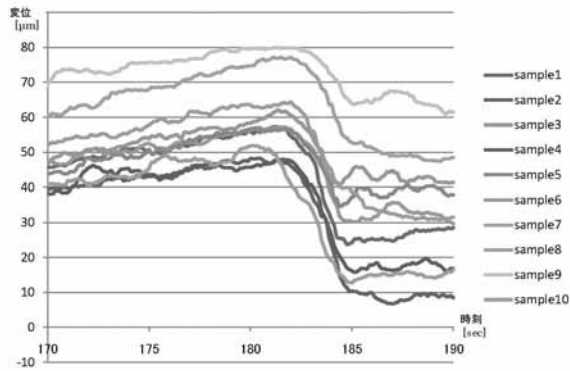


(b) 銅板（めっき処理）（左：溶融前、右：溶融後）

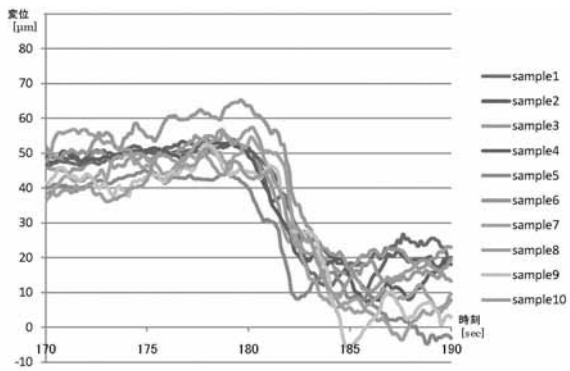
図4 はんだ1－銅板及び銅板（めっき処理）の様子

表3 ローリング発生の確率 (単位: %)

	はんだ1	はんだ2	はんだ3
銅板-四端支持型	0	0	0
銅板 (Snめっき) -四端支持型	0	0	0
1608チップ型コンデンサー	10	30	-



(a) 銅板



(b) 銅板 (めっき処理)

図5 はんだ1における変位プロファイル

が速いため、銅板下に存在するフラックスが外部へ排出されにくい状況が考えられる。これが変位プロファイルの乱れの原因となっている可能性がある。しかし、一方で、はんだ溶融前 (170秒付近) の変位が既に乱れていることから、レーザー変位計と本めっきの相性がよくないことも原因の一つではないかと考えられる。

いずれにしても、前報と同じ手法¹⁾ (変位プロファイルを各区間に分けて評価する) によりぬれ性を評価することは難しい。そこで、次によるぬれ評価方法を提案するとともに、本実験により得られた変位データへの適用を試みた。

3-2 ぬれ性の評価方法

ここで提案するぬれ評価方法は、前報と同様に、ぬれ性をぬれに要する時間で評価するものであるが、大きく異なる点としては、チップ部品降下後に見られるプロファイルの乱れの影響を軽減しようとしているところに特徴がある。

図6の変位プロファイルは、はんだ1-銅板の実験のうちでサンプル7を抽出したものである。本法では、 $T1 = \text{準備時間} + \text{降下時間}$ で求められる時間をぬれ性の指標として用いることとしている。

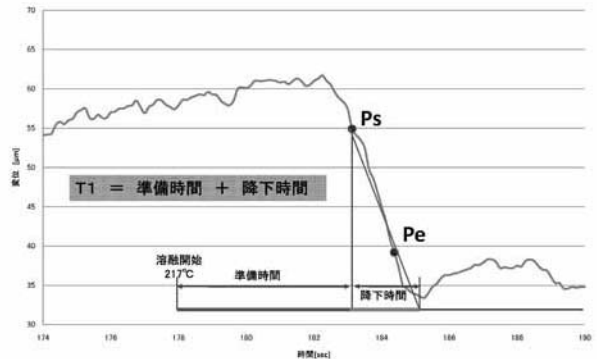


図6 T1の定義

特に変位の乱れる降下後のデータを避けるため、降下時のデータからPs, Peを算出し (求め方は図7, 8による)、この間のデータによる近似直線を延長することにより、降下時間を求めている。

これは、ウェットングバランス法 (プロファイル昇温法, 急加熱昇温法)²⁾ において、起点となる時刻の算出に、最大作用力の2/3 (プロファイルにノイズが生じる最大荷重点付近のデータをカットしている) となる点を使用していることに関連している。

また、準備時間は溶融開始時刻 (217°C) からPsまでの時間としている。

T1の具体的な算出方法を示す。まず、降下速度が最大となる時刻を求め、その時刻より前の変位データから、速度の多項式近似曲線を求める (図7)。その後、降下速度が最大となる時刻から起算して、最初に速度=0となる時刻を求めPsを定める。

これにより、チップ部品が降下時に形成する変位ピーク値の影響¹⁾ を避けることができ、Psを降下開始時刻とみなすことができる。

次に、変位の最小値Pminを抽出し、図8に示すと

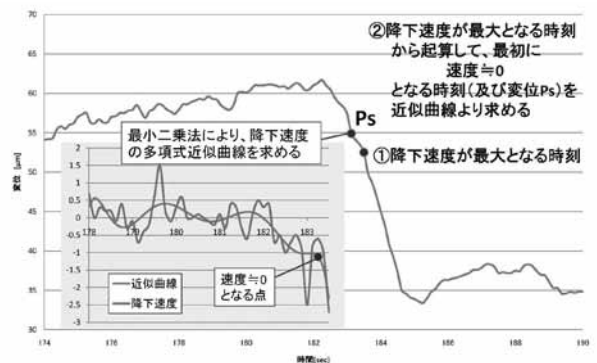


図7 T1の算出手順①

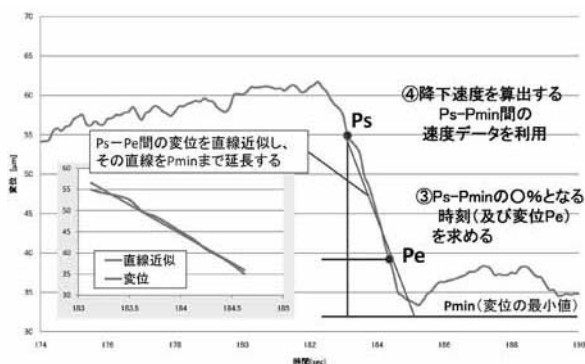


図8 T1の算出手順②

り、 $P_s - P_{min}$ にあるカットオフ比率 a をかけることにより、 P_e を定めている。

最後に、 $P_s - P_e$ 間のデータから近似直線を求め、その延長が P_{min} と交わる点を降下時間の終点としている。

3-3 めれ性の評価方法の適用

T1の具体的な算出の前に、カットオフ比率 a を適切な値に設定する必要がある。そこで、 a を、5/10, 6/10, 7/10, 8/10, 9/10と変化させて近似直線の傾きを算出し、それぞれの実験条件(はんだ1~はんだ3及び銅板、銅板(めっき処理)についての6通りの組み合わせ全て)における10サンプルについての標準偏差を求めた。図9のグラフにその結果の一覧をまとめている。(ただし、図中の値は、それぞれの実験条件における標準偏差の平均値で除し、正規化したものとなっている)

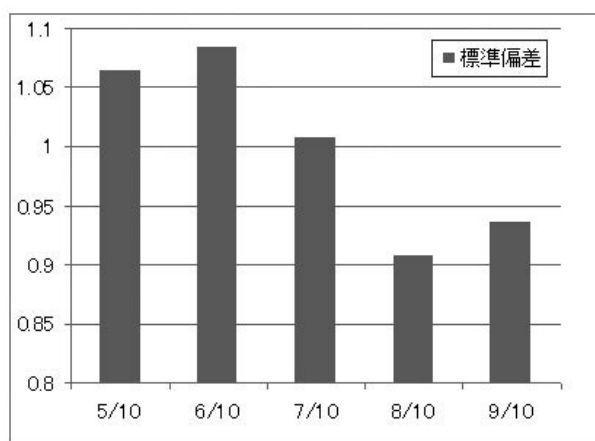
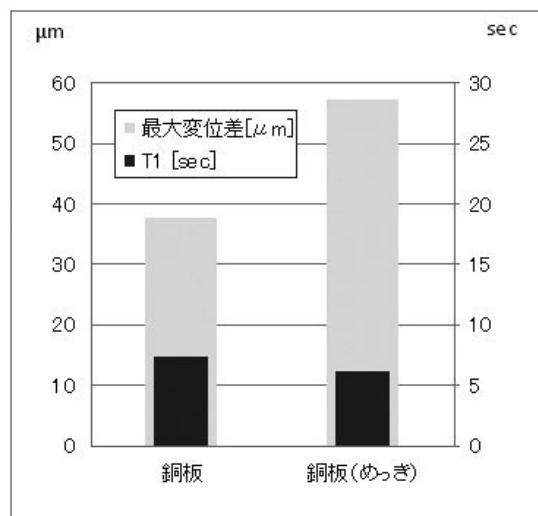


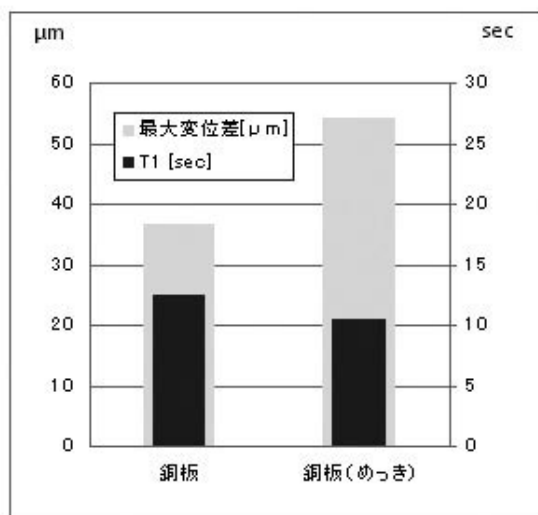
図9 カットオフ比率 a と傾きの標準偏差との関係

これらによると、カットオフ比率8/10付近で最も標準偏差の値が小さく、計算される傾きが、ばらつきの少ない結果となることを示している。また、9/10では、チップ部品降下後のプロファイルの乱れの影響を受けて、値が大きくなっているのがわかる。これらの結果を踏まえて、以後の計算では、 a に8/10を用いることとする。

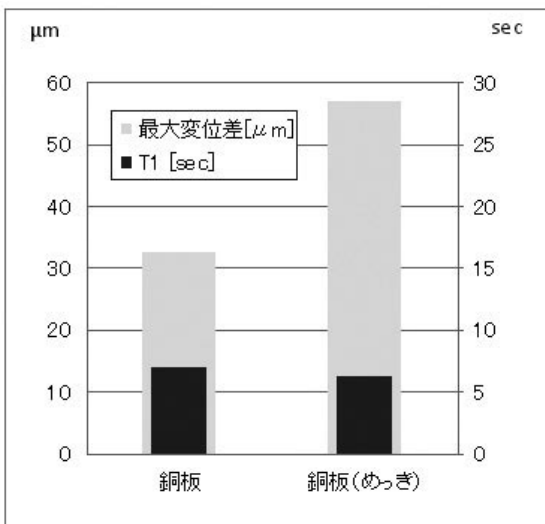
次に、T1の算出結果(10サンプルの平均値)を図10に示す。また、同図中には最大変位差も併せてグラフ化してある。なお、最大変位差とは変位プロファイル上の



(a) はんだ1におけるT1及び最大変位差



(b) はんだ2におけるT1及び最大変位差



(c) はんだ3におけるT1及び最大変位差

図10 T1の算出結果

最大変位値と最小変位値 (Pmin) との差のことで、こちらでもサンプル平均を算出している。

どのはんだにおいても、ぬれ時間は、銅>銅(めっき処理)となっている。これは銅(めっき処理)のほうが素早くぬれが完了していることを表している。ただ、それほど顕著な差があるわけではないので、サンプル数によっては逆の傾向が得られる場合もあり得る。

一方で、最大変位差は明確な違いを示している。こちらはどのはんだにおいても、銅(めっき処理)>銅となっている。めっき処理をした銅板のほうが、降下した幅が大きいことを表しており、同時にはんだが銅板下面をよく濡らしていると推測することができる。

次の図11, 図12は、マイクロフォーカスX線透視装置を用いて実験後の銅板を観察した画像である。

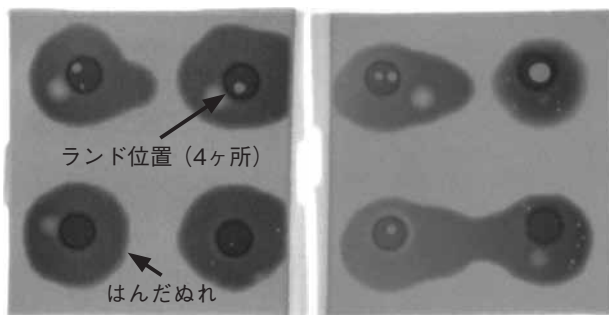


図11 はんだ3 -銅板のX線画像

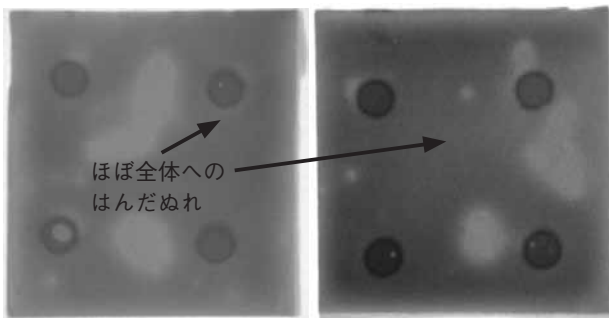
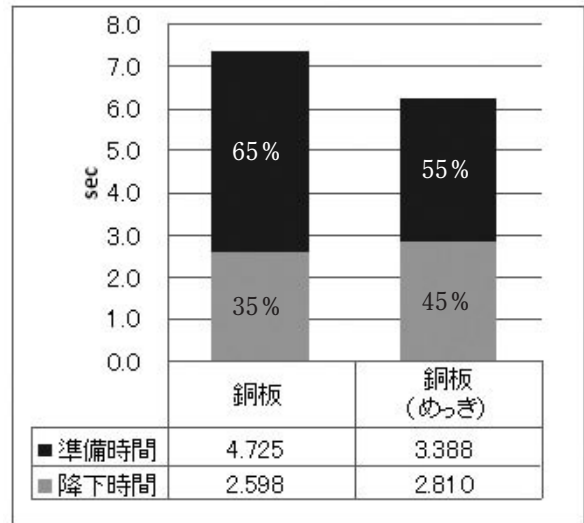


図12 はんだ3 -銅板(めっき処理)のX線画像

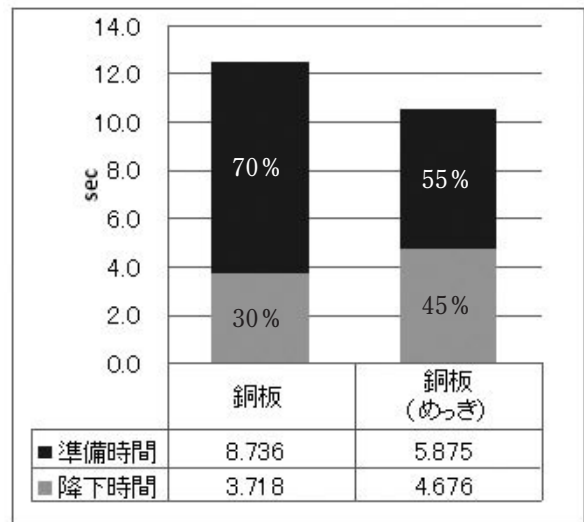
図11の銅板では、ランドまわりの部分にはんだぬれを確認することができる。それ以外の部分にはんだのぬれ広がりは見られない。一方、図12の銅板(めっき処理)を見ると、銅板の全面にわたってはんだがぬれ広がっている様子を確認できる。前述した最大変位差によるぬれの違いを裏付けるものである。

銅(めっき処理)の最大変位差は、どのはんだの場合も、ほぼ55 μ mを示している。おそらく、はんだ1及びはんだ2においても、銅板の全面にわたってぬれが広がっているものと考えられる。この場合、T1はぬれを評価する指標として有用である。しかし、銅板のほうをみると、はんだ1のT1=7.3、はんだ2のT1=6.9で、

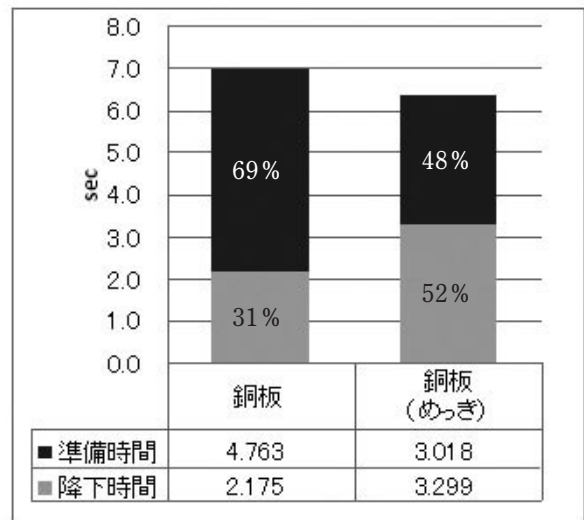
はんだ2のほうが、ぬれがよいという結果が得られているが、最大変位差は、はんだ2のほうが平均で5 μ mほど小さい値を示しており、ぬれがよくないという逆の傾



(a) はんだ1における準備時間と降下時間



(b) はんだ2における準備時間と降下時間



(c) はんだ3における準備時間と降下時間
図13 T1に占める準備時間と降下時間の割合

向が出てしまっている。銅板を標準試験片として検討していく場合は、この点に注意が必要である。

最後に、ぬれ時間 (T1) に占める準備時間と降下時間の割合について調べてみた (図13)。

T1に占める準備時間と降下時間の割合は、はんだ別に比較してもそれほど大きな違いはなさそうである。しかし、同じはんだ間でも銅板と銅板 (めっき処理) の間には、明確な差がみられる。ぬれの悪い銅板のほうは、準備時間の占める割合が大きく、降下時間の占める割合が小さいという結果が得られた。

4. 結 言

(1) 標準試験片について

- ・ 正方形の銅板と、四端支持型のはんだ配置により、ローリングの発生を抑制することができた。
- ・ 銅板と銅板 (めっき処理) の間では、T1の傾向に大きな差異はみられなかった。
- ・ 前項においては、銅板では全面にわたってぬれが広がらなかった。

(2) 算出方法について

- ・ T1の算出過程において、Psを明確にすることで、チップ部品が降下時に形成する変位ピーク値の影響を避けることができる。
- ・ チップ部品降下後にみられるプロファイルの乱れの大きいデータ部分を、所定のカットオフ比率により除外することで、ばらつきの少ないT1を得ることができる。

本法により、はんだのぬれ性の評価が可能であるが、信頼性の高いT1値を得るためには、複数サンプルを試験したうえでその平均を求めることが望ましい。今後は、少ないサンプル数でも適切な評価が行えるよう、標準試験片の改良に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 宮本 博永, 平川 寛之, 清水 章良, 他: 山梨県工業技術センター研究報告, No.23, p.45-50 (2009)
- 2) JIS C 0099 (2005)