

鉛フリーソルダペーストのぬれ性評価方法に関する研究

宮本 博永・平川 寛之・芦澤 里樹・平本 清*¹・西室 将*¹

Complementary Research on the Evaluation Methods for Solder Wettability

Hironaga MIYAMOTO, Hiroyuki HIRAKAWA, Satoki ASHIZAWA, Kiyoshi HIRAMOTO*¹, Masashi NISHIMURO*¹

要 約

本研究は、国の戦略的基盤技術高度化支援事業の採択を受け平成 20～22 年度に産学官で取り組んだ「鉛フリーソルダペーストのぬれ性評価装置の研究開発」の補完的な継続研究にあたる。本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。これまでに、ぬれ性評価装置の試作機を開発するとともに、変位データからぬれ性の指標値を求める手法を確立した。また、評価試験に供するための標準試験片（チップ部品と基板、印刷したはんだの組合せ）の開発に取り組み、試作品を提案するに至った。しかし、一方で、ぬれ性評価方法の確立までに、その妥当性の裏付けとして利用したデータは、Sn-Ag-Cu 系のはんだだけで、しかも特定の配合率に係るものでしか得ておらず、その状態も初期品（製造直後のもの）に限られていた。また、標準試験片の材料である銅についても酸処理したものを利用し、表面が酸化したケースについてのぬれの評価は行わなかった。本研究は、未知となっているエージング後のはんだ及び酸化させた銅に対するぬれを検証するとともに、新たに複数種類のはんだについてぬれの評価を行うものである。本第一報では、その前者について評価試験を実施し、得られる変位プロファイルに明確な差が見られることから、エージング後のはんだ及び酸化させた銅に対するぬれが評価できることを確認した。

1. 緒 言

はんだのぬれ性は実装不良と密接な関係があり、電子製品の安全性及び品質に大きく影響している。特にリフロー実装分野では、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、適切な評価方法は今のところまだ確立されていない。そこで、ぬれ性を評価するための新しい手法を開発することにより、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ている。

現在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。

昨年度までに実施した産学官による共同研究により、ぬれ性評価装置及び標準試験片（ぬれ性の評価試験に供するためのチップ部品と基板、印刷したはんだの組合せ）の試作・開発を完了した¹⁾。一方で、評価に使用してき

たチップ部品（銅板）やはんだの状態については初期品のみで、どちらか一方あるいはそれぞれが劣化した場合

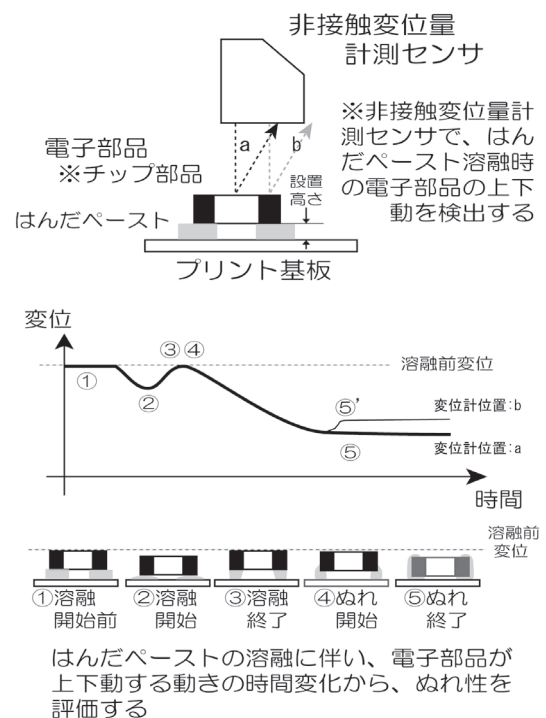


図 1 ぬれ性評価方法の概要

*1 山陽精工株式会社

における評価については実施してこなかった。

本研究は、未知となっている酸化させた銅及びエージング処理後のはんだに対するぬれ性試験を実施し、得られるデータを検証することで、変位量計測を用いた本法の妥当性について評価を行うものである。

2. 実験方法

2-1 ぬれ性評価試験に用いた各種条件等

ぬれ性評価試験に使用するはんだ及び標準試験片、並びに加熱条件等の詳細を表 1 及び図 2、3 のとおりに設定した。はんだは最も広く利用されている組成 Sn-1.0Ag-0.5Cu とし、標準試験片については、鉛フリーソルダペーストのぬれ性評価装置の研究開発（第 3 報）²⁾により提案したものを、本試験においても使用することとした。そして、加熱条件については、リフロー実装時によく利用されている加熱プロファイルを採用している。

表 1 実験に使用した諸条件

チップ部品	銅板 材 質：JIS C1020-R-H サイズ：3×3mm, t = 0.3mm (JIS Z 3284 付属書 4 の 4.(2)による処理後のもの。)
基板	銅板 材 質：JIS C1020-R-H サイズ：5×5mm, t = 1.0mm (JIS Z 3284 付属書 4 の 4.(2)による処理後のもの。)
はんだ	組成：Sn-3Ag-0.5Cu 粒径：25~36 μm フラックス含有量：11.75% 溶融温度：217°C (固相線温度)
はんだ量	0.471 mm ³ 印刷パターンについては、図 2 参照。
加熱方式	輻射式加熱 加熱プロファイルについては、図 3 参照。

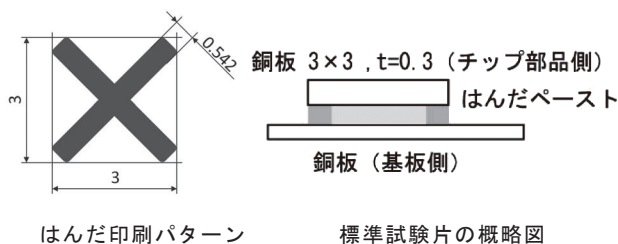


図 2 はんだ印刷パターンと標準試験片の概略図

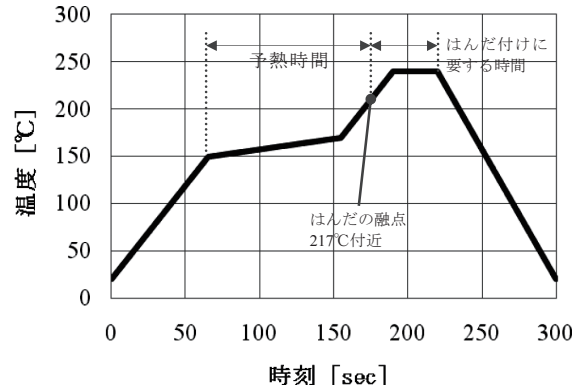


図 3 加熱温度プロファイル

2-2 銅板の酸化処理とはんだのエージング処理

次に、チップ部品に使用する銅板の酸化とペーストのはんだのエージング条件について検討する。前者の銅の酸化については加熱することが有効である。しかし、銅についての加熱温度、加熱時間に対する酸化の進行具合については、公表されているデータ等の資料も少なく、一般的にほとんど調査されていない。後者のはんだのエージングについても同様で、はんだに対するエージングの規格試験等はなく、劣化要因となるストレス条件やその劣化による変化もほとんど明らかにされていない。

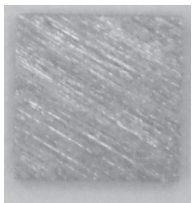
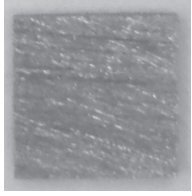
そこで、銅の酸化条件については、フラックスの性能試験においてその酸化還元反応を評価するために利用されることがある表 2 の条件を用いることとした。はんだのエージングについても同じ条件を使用した。

表 2 銅板の酸化及びはんだエージング処理条件

銅板を酸化させる条件	温度 130°C に 20 分間保持 (試験は、エスペック (株) 製 恒温恒湿槽 PL-3F による。)
はんだをエージングさせる条件	同上の条件 ただし、はんだの設置条件は次のとおり ガラス基板に厚さ 3mm で印刷。 印刷エリアは 40mm × 40 mm。

表 2 の処理を施した銅板及びはんだの概要を表 3 に示す。銅板は、処理前と処理後で表面の色が異なっており、表 2 の処理により、表面が酸化しているのがわかる。一方で、わずか 3mm×3mm の大きさにもかかわらず色の濃さにムラがあり (目視)、また、サンプルによってもその個体差が大きい。これは、恒温恒湿槽の中での空気の動きが関係していると思われる。はんだの劣化については、粘度を用いて評価した。エージング処理後の値 760P・s は、印刷がほとんど困難な状態まで劣化したはんだと言える。

表3 銅板酸化及びはんだエージング処理前後の比較

	銅板 (外観写真)	はんだ (粘 度)
処理前		180P・s (at 25℃)
処理後		760P・s (at 25℃)

※) 粘度の測定には、ブルックフィールド社製 HBT 及びはんだ用少量サンプルホルダーを使用

3. 結果及び考察

ぬれ性評価試験は、表4の4つの組み合わせについて実施した。

表4 銅板とはんだの組み合わせ

略 称	組 み 合 わ せ	
	銅 板	は ん だ
Cu-S	銅 板	はんだ
Cu-DS	銅 板	エージング処理後のはんだ
CuO-S	酸化処理後の銅板	はんだ
CuO-DS	酸化処理後の銅板	エージング処理後のはんだ

それぞれの組み合わせの試験において得られた変位プロファイル(各3サンプルずつ)は、図4のとおりである。また、これらについてのぬれ性指標値 T1, T2 等²⁾を表5にまとめた。

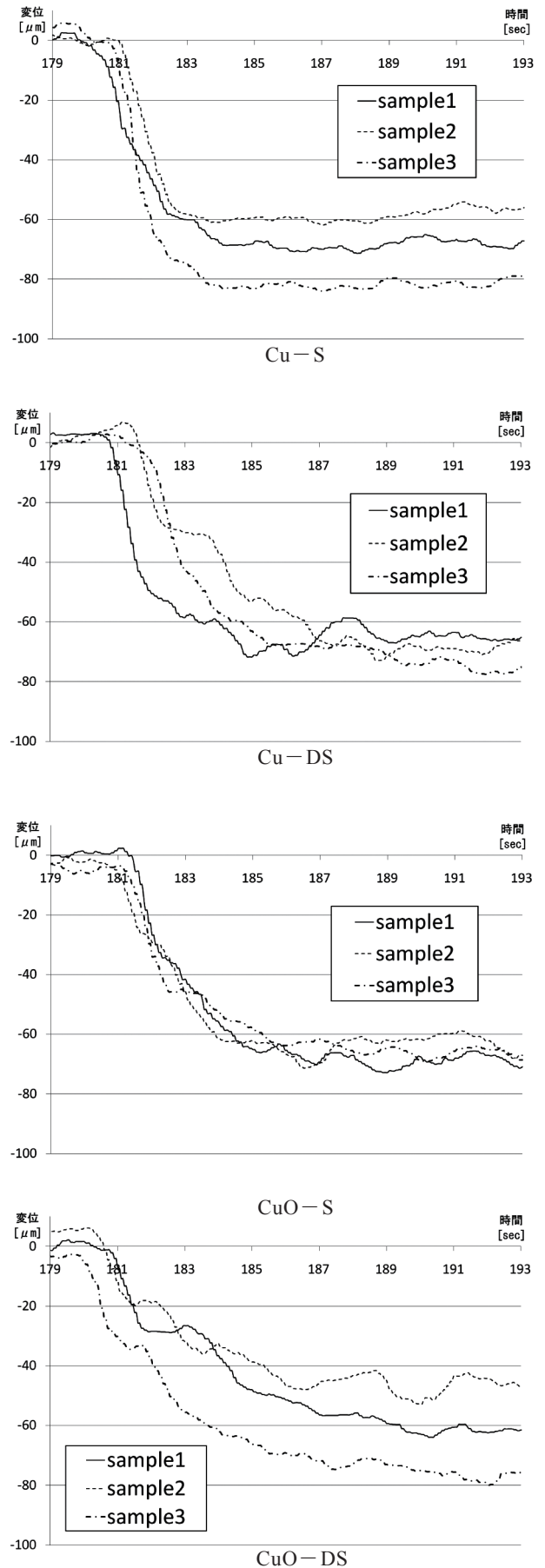


図4 それぞれの組み合わせにおける変位プロファイル

表 5 それぞれの組み合わせにおける T1, T2 値

	Cu-S	Cu-DS	CuO-S	CuO-DS
T1	3.59	5.22	5.22	9.89
	3.39	6.52	9.07	10.10
	3.28	5.91	8.54	10.17
平均値	3.42	5.88	7.61	10.05
T2 ぬれ完了時間	5.15	5.85	7.10	11.30
	4.60	7.30	9.75	10.95
	4.95	6.90	10.20	13.15
平均値	4.90	6.68	9.02	11.80
降下速度 V [μm/s]	29.00	16.59	12.92	5.60
	38.00	11.03	8.36	4.36
	48.76	10.80	7.22	5.20
平均値	38.59	12.81	9.50	5.05

試験により得られた図 4 の変位プロファイルを一見するとばらつきが大きいように見えるが（特に CuO-DS），ぬれ性の指標値となる T1 を算出してみると，ぬれ以外の要因によるプロファイルの乱れをよく回避できており，ばらつきの少ない値となっている．Cu-O-S の sample1 で 5.22 と極端に小さい値を検出してしまっていることを除いては，標準偏差は Cu-DS で 0.65，CuO-DS で 0.15 と，酸化したチップ部品や劣化したはんだが対象の場合においても本評価方法は実用レベルにあると思われる．一方で，前述したとおり，銅板を恒温恒湿槽の槽内に曝しただけでは，酸化の具合にばらつきが生じる．CuO-S における sample1 の値は，その個体差がでてしまっているものと考えられる．それぞれの組み合わせごとの T1 値を比較してみると，最もぬれが悪かった組み合わせが CuO-DS，2 番目が CuO-S で最もぬれ易い組み合わせが Cu-DS となった．

次にプロファイルの形状についてみてみると，Cu-S 以外の組み合わせは，全てのサンプルにおいて 2 段階で降下しているのがわかる（例えば，顕著な Cu-DS の sample2 を例に挙げると，182~184 秒付近がこの部分に該当する）．試験中の記録映像をみると，図 5 の写真に示す様子が全ての組み合わせにおいて確認できる．そして，2 段階に降下するこの部分は図 5 の(b)(c)間に相当していることがわかる．一方で，Cu-S については，同様に図 5 (b)(c)の状態を遷移していくものの，良好にぬれが進むことから，2 段階部分はなく滑らかな降下をみせている．さらに，図 5 (c) は 2 回目の降下開始付近であるとともに，はんだのフラックスが銅板の端まで到達する時刻となっている．フラックスが銅板の端に到達するこの時刻を T_F と呼ぶことにする．この T_F の時点に

おいては，はんだはまだ印刷した位置に留まっている．このことから T_F から変位の最下点を迎える（図 5 (d)）までの降下は，純粋にはんだが銅板をぬらすことにより生じていることがわかる．これに対し溶融開始から T_F までは，ぬれよりも，加熱による印刷形状のくずれやはんだ粒子が溶融することによる一カ所への集合による影響が大きい．したがって，時刻 T_F 以降の時間はぬれを評価する上で大変に重要である．

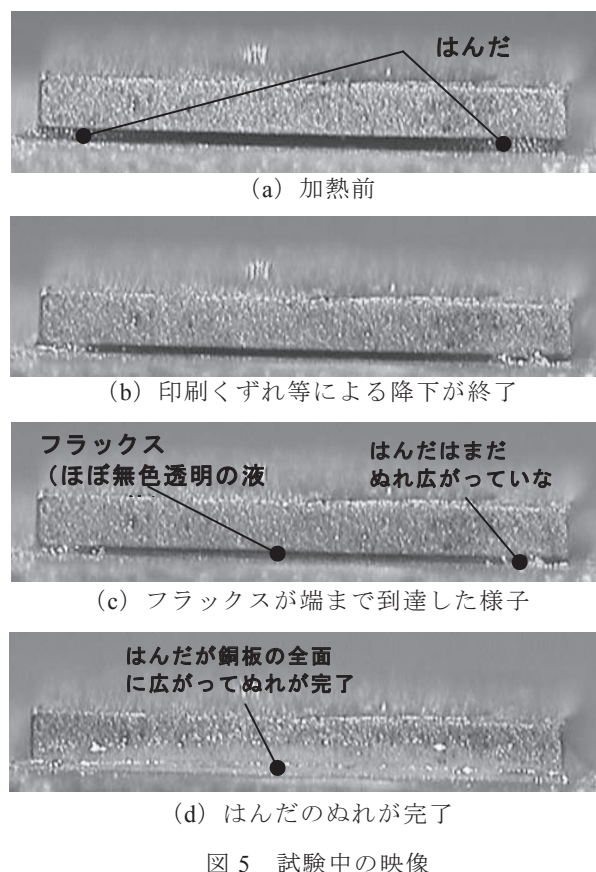


図 5 試験中の映像

この T_F を境に溶融開始（217℃）からぬれ完了までの時間（T2）を次の 2 つの区間に区分してみる．

区間 1 ……溶融開始から T_F までに要する時間

区間 2 …… T_F からぬれ完了までに要する時間

それぞれの組み合わせごとにこれらの平均値を算出し，図 6 を得た．

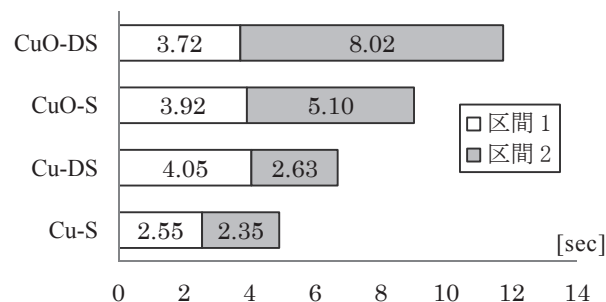


図 6 区間ごとに要する時間 [sec]

最初に Cu-DS をみると、区間 1 で Cu-S よりも時間を要している。この原因は、はんだの劣化にあることが容易に推測され、はんだ粒子自体の酸化、フラックスの性能低下などが関係していると思われるが、その具体的なメカニズムを分析することは難しい。一方で、区間 2 については Cu-S とほぼ同じ時間であった。これについては、 T_F 以降が、純粋に銅をぬらす時間であることが関係している。Cu-DS、Cu-S のどちらも銅板が酸化していないことから、フラックスが劣化していきまいが、その酸化還元作用力を発揮する機会がなかったためだと思われる。いずれにしても、区間 2 は重要であるが、この区間だけでぬれを評価することは避けたいほうがよい。

これに対し CuO-S は、区間 2 の時間が 5.10[sec]であり、Cu-DS の 2.63[sec]と比較して倍の時間を要している。銅板が酸化している影響がよく出ている結果となった。

そして最もぬれが厳しい組み合わせ CuO-DS については、区間 2 にさらに多くの時間を要していることがわかる。銅が酸化していることに加え、その酸化膜を還元させるフラックスの自体の能力もエージングにより低下しているためである。

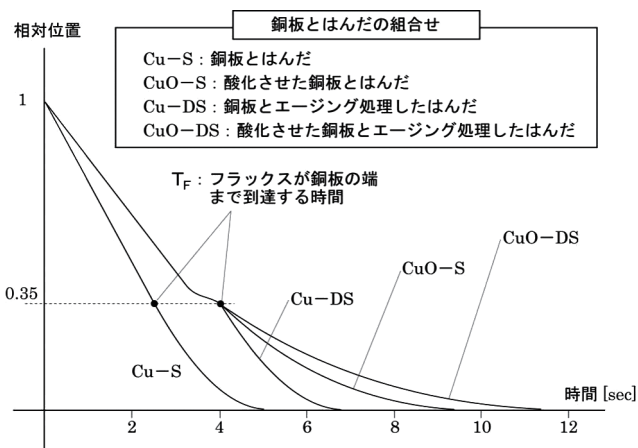


図 7 それぞれの組み合わせによって得られる変位プロファイルの模式図

図 7 は、これらの実験データ（時刻 T_F や変位の平均値等）をもとに、それぞれの組み合わせによって得られる変位プロファイルの形状を模式的に表したものである。横軸は融点 217℃からの時間、縦軸を 217℃からの全降下量を 1 に換算して表示している。参考までに、どの組み合わせにおいても、 T_F は全降下量の 65%降下した位置に現れている（平均値）。

このように、4 つの組み合わせについて、変位プロファイルの明確な違いを見ることができる。これは本研究

により開発している変位量計測によるぬれ性評価方法により、銅（チップ部品）の酸化やはんだの劣化の影響を考慮したぬれの評価が可能であることを表している。

4. 結言

変位量計測によるぬれ性の評価方法を、所定の条件により酸化させたチップ部品（銅板）及びエージング処理したはんだの組み合わせに対して適用し、次の結果を得た。

初期品の組み合わせと酸化させたチップ部品（銅板）及びエージング処理したはんだの組み合わせとを比較したところ、得られる変位プロファイルに明確な差を見ることができ、本ぬれ性評価方法でこれらの評価が可能であることを確認した。ただし、チップ部品（銅板）の酸化ムラがぬれ性指標値に与える影響は少なくないため、このことに十分留意する必要がある。

参考文献

- 1) 平本 清, 荘司 郁夫, 宮本 博永ほか:平成 22 年度戦略的基盤技術高度化支援事業「鉛フリーソルダペーストのぬれ性評価装置の研究開発」研究開発成果報告書, 関東経済産業局
URL:<http://www.chusho.meti.go.jp/keiei/sapoin/portal/seika/2008/20-8-17-3.pdf> (中小企業庁 中小ものづくり高度化法ポータルサイト)
- 2) 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.25, p.1-5 (2011)