

低環境負荷型ソルダペースト 「パインソルダー XFP LF138」



研究開発本部 機能性材料事業 MC グループ
坂下 智史 SAKASHITA TOMOFUMI

1 はじめに

金属接合材料として、鉛入りのはんだが古代より扱われてきた。近年においても電化製品のプリント基板実装用途などで多用されてきた。しかし、埋め立て廃棄された電化製品が酸性雨に曝されるとはんだ構成成分である鉛が溶出し、環境汚染ひいては人体への影響が問題視されるようになった。それを受けて、1990年初頭から鉛の使用を規制する動きが見られ始め、鉛を一切含まない鉛フリーはんだの研究が国内外で活発化した。そして、EU（欧州連合）が鉛入りはんだをはじめとする電子・電気機器における特定有害物質の使用制限を設けたRoHS（Restriction of Hazardous Substances）指令を2003年2月に公布したことで2006年7月の施行までに鉛フリー化が急速に進んだ。

一方、電化製品のプリント基板には難燃剤として塩素や臭素の化合物が使用されてきた。これらが廃棄・焼却された際に焼却条件によってはダイオキシンを発生させ、環境を汚染することがわかってきた。このため、RoHS指令ではポリ臭化ビフェニル類とポリ臭化ジフェニルエーテルが特定有害物質に指定された。更にRoHS指令追加候補として塩素や臭素の化合物が挙げられたことから、電気業界ではプリント基板を中心にハロゲンフリーへの置き換えが進んできた。同時に接合材料であるはんだにおいても、ハロゲンフリー化を求められるようになってきた。

このような世の中の流れを受け、当社としても鉛フリー化・ハロゲンフリー化に対応した低環境負荷製品の開発を行ってきた。本稿では、家電表示基板向けに開発した完全ハロゲンフリー※1鉛フリー低融点ソルダペースト「パインソルダー XFP LF138」について紹介する。

※1 完全ハロゲンフリー：意図的にハロゲンを添加していないことを示す。

2 リフロー実装とソルダペーストとは

高密度な実装基板のはんだ付け方法としては、一般的にリフロー実装が用いられる。リフロー実装は①ソルダペーストを基板に印刷する工程、②部品を基板に搭載する工程、③基板をリフロー炉に通すことにより加熱する工程を経てはんだ付けされる（図1）。ここで、ソルダペーストとはフラックスと合金粉末を混練したものであり、リフロー実装において使用される適度な粘度とチクソ性を有するペースト状のはんだ組成物のことである（図2）。フラックスとははんだ付け補助材として機能する液状またはペースト状の樹脂組成物であり、印刷性やはんだ付け性を決定付ける。表1に一般的なフラックスの構成と役割を示す。

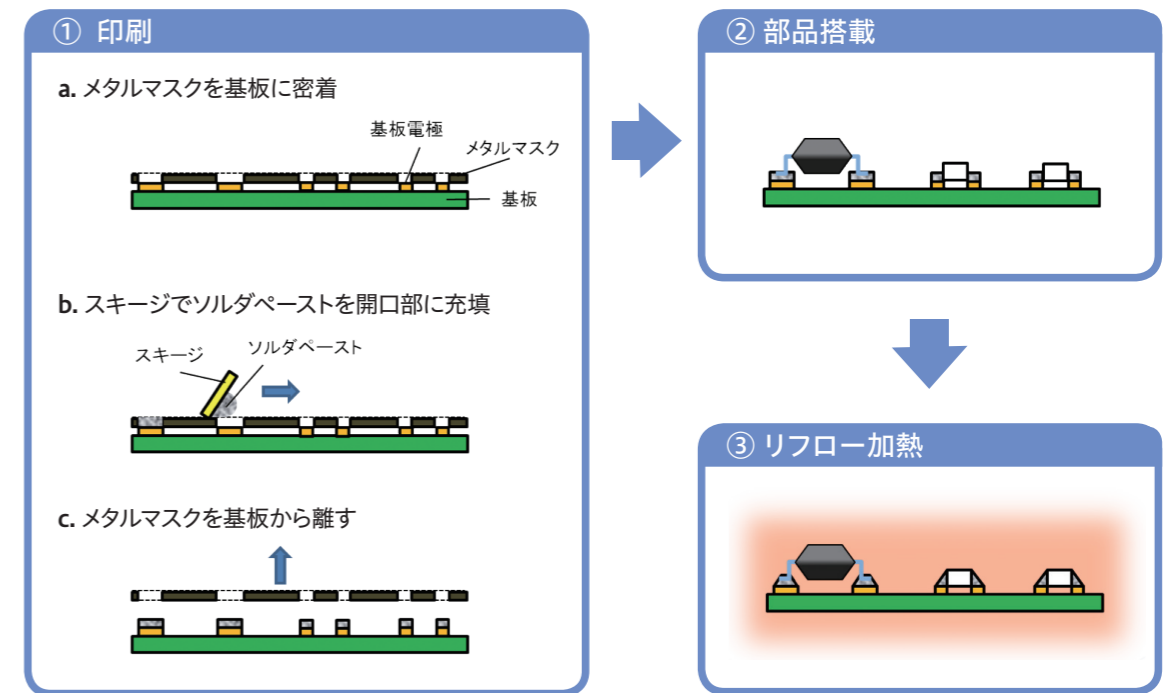


図1 リフロー実装



図2 ソルダペースト構成

| 項目 | 主要組成物 | 主な役割 | 典型的な組成比率 |
|--------|----------------------------------|--------------------------|----------|
| ベース樹脂 | ・ロジン ・ロジン誘導体 | タック性付与 絶縁性確保 酸化膜除去 | 20~50wt% |
| 活性剤 | ・カルボン酸 ・有機ハロゲン化合物 ・アミン系化合物 | 酸化膜除去 | 1~10wt% |
| 溶剤 | ・グリコール系溶剤 | 粘度調整 | 20~40wt% |
| チクソ剤 | ・ワックス ・アミド系化合物 | チクソ性付与 | 3~10wt% |
| その他添加剤 | ・酸化防止剤など | 残渣物性調整 実装性補助 保存性補助 | 適宜 |

表1 一般的なフラックスの構成とその役割

ソルダペーストに必要とされる主な特性としては濡れ性・耐はんだボール性・保存性・残渣の絶縁性・印刷性・連続使用性・耐加熱だれ性が挙げられる。濡れ性・耐はんだボール性と保存性・残渣の絶縁性はトレードオフの関係にあり、いかにそれらを両立させるかがソルダペーストひいてはフラックス開発のポイントとなる。

3 錫ビスマス共晶はんだ合金Sn-58Bi

JEITA（一般社団法人電子情報技術産業協会）は2002年に鉛フリーはんだ合金として錫銀銅系組成のSn96.5Ag3Cu0.5（通称SAC305）を推奨し、現在この合金組成は業界標準となっている。しかしながら、SAC305は鉛入りはんだに比べて融点が35°C程度高いため、①高耐熱部材を使用する必要がある、②リフロー温度を高く設定する必要があり、環境負荷を増大させるなどの問題があった。「パインソルダー XFP LF138」はこのようなSAC305の課題を解消すべく、低融点である錫ビスマス共晶はんだ合金Bi58Sn42（通称Sn-58Bi）を採用している。表2にSn-58BiとSAC305の特徴を示す。SAC305対比Sn-58Biは①原料コストが安く、地金合金価格で53%程度である、②融点が80°C程低いため、耐熱性の低い部材にも適用できる、③低い温度ではんだ付けができるため、環境負荷を低減できる、④共晶組成のため、引け巣^{※2}の発生が抑えられ、外観不良が少ないなどの利点がある。ただし、⑤融点が低いため、融点以上の高温環境ではんだが再溶融する、⑥ビスマス由来の脆弱性から落下・衝撃耐性が弱い、⑦鉛メッキ部材との組み合わせでは耐熱性が悪化するなどの欠点もある。このような欠点から、Sn-Bi58はSAC305よりも古くから見出され、一部では使用されてきたが、広く普及してこなかった。ただし、⑤については高温環境で使用される機器への適用は避ける、⑥については実際の使用環境に合わせて衝撃試験を実施し、問題ないことを確認する、⑦については鉛めっき部

材を使用しない、などの工夫により前述の制約をクリアすることができれば、Sn-58Biはその利点から非常に魅力あるはんだとなり得る。

※2 引け巣：液相線温度と固相線温度に差があるはんだが凝固する際に、はんだ内の凝固温度差により体積収縮が起き、空洞または巣ができること。ここでははんだ金属表面に発生する外引け巣のことを指す。

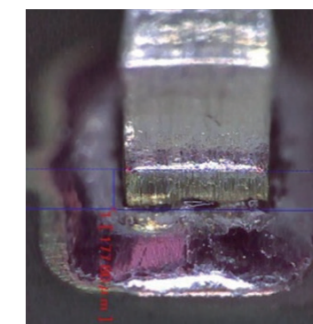
| | Sn-58Bi | SAC305 |
|----|--------------------------------|-----------------------------|
| 融点 | 138°C | 217-219°C |
| 利点 | ・低コスト ・温度サイクル信頼性良好 ・低熱膨張 | ・機械特性良好 ・高耐熱性 ・使用実績豊富 |
| 欠点 | ・落下耐性低い ・衝撃耐性低い ・低耐熱性 | ・高コスト ・引け巣発生 |

表2 Sn-58BiとSAC305の比較

4 「パインソルダー XFP LF138」の特徴

「パインソルダー XFP LF138」の開発にあたっては、実装部品の一つであるスイッチ部品のリード端面における濡れ上がり改善に苦慮した。スイッチ部品リード部は分析の結果、黄銅を母材として銀メッキ処理され、端面は母材が露出していることがわかった。濡れ性の向上には活性力の増強が有効であり、その中でもハロゲン系活性剤添加が効果的であるが、完全ハロゲンフリーをうたっているため使用できない。活性力増強手段として、まず始めにカルボン酸系活性剤の増量を試したが、改善効果を確認できなかった。そこで着目したのがアミン系活性剤である。アミン系活性剤はこれまでも酸化膜除去に寄与する活性剤としてしばしば用いられてきた。スクリーニングとして黄銅板上にソルダペーストを印刷し、その上に各種アミン系活性剤を添加後溶融させ、濡れ広がり性を評価した。その中で不濡れがなく、最も濡れ広がったものを採用した。実際に採用したアミン系活性剤を添加した改良ソルダペーストにてスイッチ部品リード端面の濡れ上がりを評価したところ、改良前よりも格段に良化することが確認された（図3）。アミン系活性剤単体自体では活性力がないものの、カルボン酸と併用することで活性剤単体よりも活性力を強める働きがあると考えられる。さらに被覆性が増すことにより、はんだの再酸化を防止することも濡れ性向上の一因と考えている。

アミン系活性剤添加前



アミン系活性剤添加後

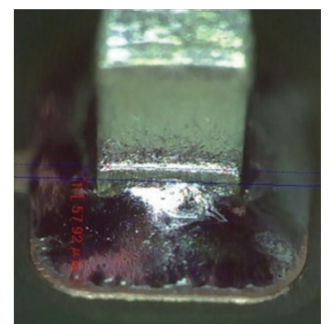


図3 アミン系活性剤添加前後のスイッチ部品リード濡れ上がり評価結果

また、耐はんだボール性と保存性の両立も大きな課題であった。はんだボールはリフロー実装後に20～200 μ m程度のはんだがボール状にはんだ付け部周辺に残ってしまう現象のことである(図4)。はんだボールの発生は加熱中の“だれ”が主要因であり、だれを抑制するためにチクソ剤Aを採用したところ、保存性評価の一つである40 $^{\circ}$ C \times 1日の加速試験において顕著な増粘が認められた。一方で、チクソ剤Bでは加速試験での増粘は認められないものの、耐はんだボール性が顕著に悪化した。そこで、チクソ剤AとBを併用し、最適量を見極めることで、保存性と耐はんだボール性を両立させた(表3、図5)。

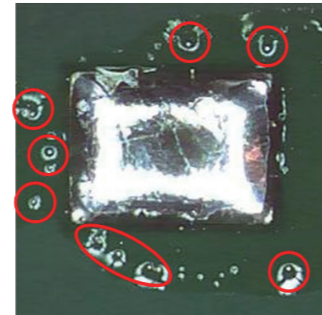


図4 はんだボール

| | 目標 | チクソ剤A | チクソ剤B | チクソ剤A+B |
|------------------------------------|-------|-------|-------|---------|
| はんだボール 個/20チップ | 20以下 | 14 | 121 | 10 |
| 40 $^{\circ}$ C \cdot 1日保存後増粘率 % | +15以下 | +47 | +11 | +13 |

表3 チクソ剤によるはんだボールと保存性評価結果

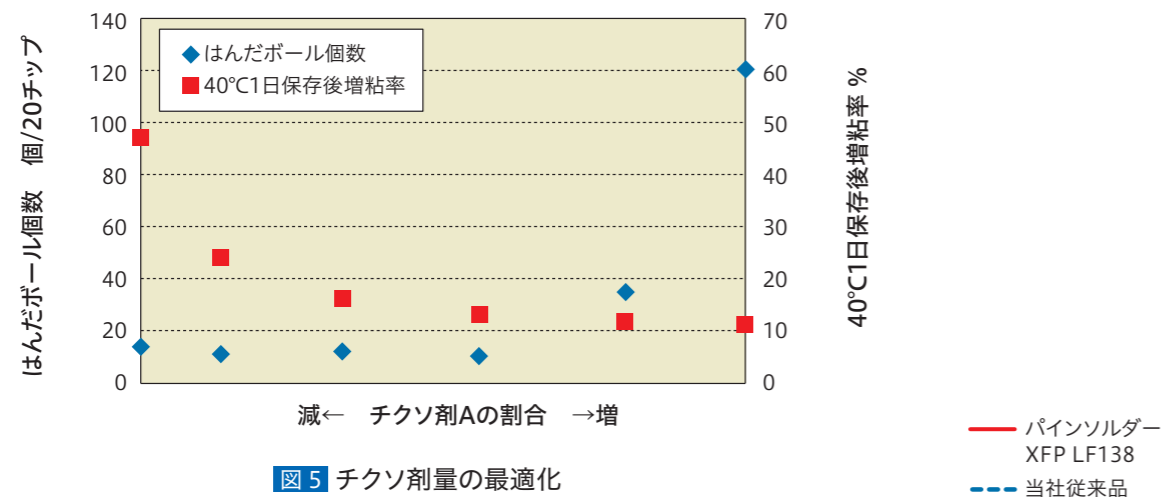


図5 チクソ剤量の最適化

上記検討以外にもフラックス組成の最適化により更なる特性の向上を図り完成に至った。図6に「パインソルダー XFP LF138」と当社従来品の特性評価比較を示す。各特性が大幅に良化したことがわかる。現在、「パインソルダー XFP LF138」は家電表示基板用途向けに実績化されている。

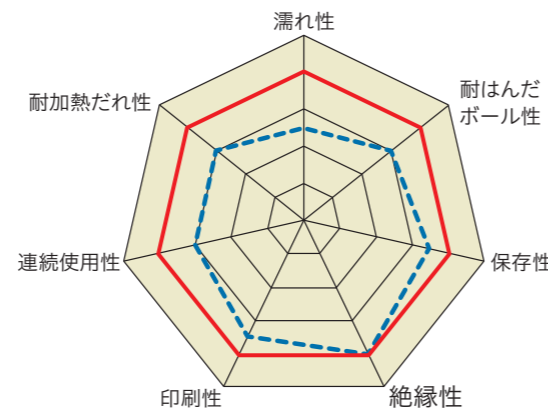


図6 当社従来品との特性評価比較

5 「パインソルダー XFP LF138」の適用事例

「パインソルダー XFP LF138」の特徴を活かした適用事例として、実装工程の合理化を紹介する。従来、低耐熱の挿入部品は熱による変形を避けるために他の表面実装部品をリフロー実装した後で手挿入、反転、手はんだ付けを経て実装されていた。つまりリフロー実装と手はんだの二度はんだ付けを行っていた。手はんだは人件費、タクトタイム、品質ばらつきが増大に繋がる。そこで、「パインソルダー XFP LF138」を用いることにより低耐熱挿入部品も一括してリフロー実装することで、コスト、タクトタイム、品質ばらつきを低減するというものである(図7)。この新工法で問題となるのは①挿入部品を自動挿入する際の正確性と②適切なはんだ付け形状である(図8)。①については公差設計を用い最適な挿入穴位置と穴径を設定することで、実用上問題なく自動挿入可能となった。②についてはメタルマスク開口の設計を最適化することで十分なはんだ量を確保でき、理想的なはんだ付け形状を得た。振動試験・落下衝撃試験においても問題ないことを確認することができた。

従来工法 リフロー+手はんだ



新工法 リフロー一括

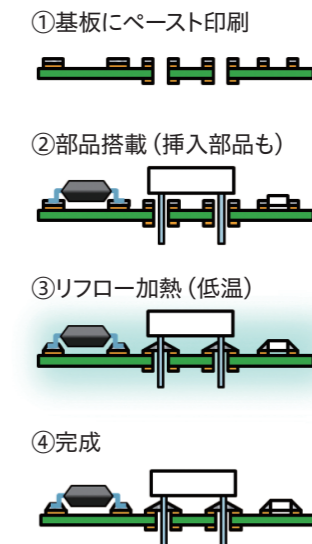


図7 実装工程の合理化

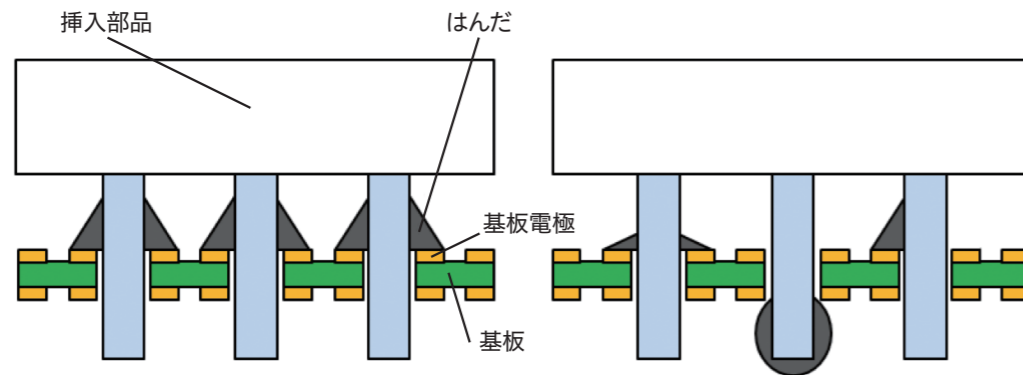


図8 適切なはんだ付け形状(左)と不適切なはんだ形状(右)

6 おわりに

Sn-58Biはんだは使用環境に制約はあるものの、めっきの鉛フリー化に伴い耐熱性に悪影響を及ぼす鉛めっきの部品が使用されなくなってきたこと、あるいは据え置き型家電の衝撃試験において実用上問題ないことが確認されてきたことから、低融点・低環境負荷・低コスト・品質ばらつき低減といったメリットを活かして適用できる用途はさらに広がっていくものと考えられる。特に今後期待されるのはPET(ポリエチレンテレフタレート)などの低耐熱プラスチック基板への適用である。現在はPET基材にAgペーストなどで回路形成し、導電性接着剤をディスペンサーで部分塗布して部品を搭載し、数十分から数時間程度の高温さらしにより硬化させて実装している。Sn-58Biはんだで実装することで、印刷工程により一括して必要箇所にはんだを供給可能であり、数分のリフロー工程を経てはんだ付けできることから、大幅なタクトタイムの改善が見込めると共に、リペアも可能である。

「パインソルダー XFP LF138」のように、製品のみならず実装全体を通じて環境負荷低減を実現しつつ、お客様のニーズに応えられるような製品の開発を行い、社会の発展に貢献していきたい。