SMTにおける無洗浄はんだペーストとリフローシステム

Solder Paste and Reflow Equipment toward No-Clean System in SMT

高浦 邦仁*

1. フロン規制の概要

1987年9月に採択、1989年1月に発行された「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」に基づいて、1989年7月よりフロン規制が行なわれている。

また、1990年6月に開かれたモントリオール議定書第2回締約国会議において、1・1・1-トリクロロエタンを2005年1月までに全廃することが採択された (Fig. 1 参照)。

このことから、従来電子工業界において、はんだ付け後のプリント基板の洗浄用に使用されているフロン113および1・1・1-トリクロロエタンの使用が、禁止されることとなった。

Fig. 1 Summary of CFC's or halons regulations.

現在、このフロン規制のため電子工業界では以下の対応が考えられている。

- ①代替フロンへの切り換え
- ②水洗浄
- ③無洗浄

代替フロンとしては、大別すると次のようになる。

- ・ HCFC系
- ・ アルコール系
- ・ アルカリケン化系
- ・ 石油系、炭化水素系

HCFC系は基本的にはフロン系溶剤であり、オゾン破壊係数が非常に小さい洗浄液である。HCFC系の洗浄液は洗浄性については、従来のフロン113と同等以上と報告されている。また洗浄方法の変更は必要ないと考えられる。しかし、工業ベースのものがほとんどなく現在、新規物質として毒性試験中であり、商品化には3年程度かかる様子である。さらにHCFC系は先程述べたようにフロン系の溶剤であるため、近い将来、規制の対象となる恐れがある。

アルコール系は低級アルコールと高級アルコールに分けられるが、低級アルコールでは現行のフラックス残渣を充分洗浄することができない。高級アルコール系洗浄液は洗浄能力は充分ある。洗浄方法はフロン113とは異なり、洗浄→水洗→乾燥というプロセスになる。他にアルコール系として5フッ化プロパノールがあるが、この溶剤は単体ではフラックス残渣の溶解性は乏しい。このため、1・1・1-トリクロロエタンと混合して通常使用するが、この1・1・1-トリクロロエタンが規制となったため、今後の対応が問題となる。

アルカリケン化系の洗浄は、従来からの技術であるが、洗浄液の改良で、フラックス残渣の洗浄性は良好である。

*Kunihito Takaura

千住金属工業/Senju Metal Industry Co., Ltd.

洗浄方法は、洗浄→水洗→乾燥となる。

石油系、炭化水素系の代替フロンはフラックス残渣の洗浄性は良好であり、これも洗浄方法は、洗浄→水洗→乾燥となる。

次に水洗浄であるが、これは材料面で水溶性のものを使用しなければならない。このため、洗浄機と材料面で見直しが必要となるが、洗浄液が水だけで済むためコストの面でメリットがある。

HCFC系以外の代替フロンおよび水洗浄は、基本的に水洗浄を行なうため、この廃液の処理が必要となる。一番の問題点はこの廃液の処理システムをどうするかということであり、設備費、処理費がどの程度かかるのかが今後の課題である。

このような状況下で、フラックス残渣の無洗浄化がクローズアップされてきた。理由として以下の項目があげられる。

- ・洗浄工程が省ける。
- ・洗浄液が必要ない。
- ・フロン代替の洗浄工程の検討をする必要がない。

現在は洗浄しているため一抹の不安があり、第一段階は水洗浄を先駆けて行ない、その間に無洗浄化を目指している所もあるが、はじめから無洗浄で検討している所もある。以下に無洗浄システムについて述べる。

見た目の印象というものは非常に重要視されている。これはフラックス残渣の残り方にも問題があると思われるが、あること事体外観が悪いと判断されている。

上記のものが、今までの洗浄理由であるが、逆にいえばこれらの問題点を材料面、装置面で解決されれば洗浄は必要ないということになる。

3. はんだペーストの無洗浄化への取り組み

はんだペーストの無洗浄化を検討するプロセスを下図に示す。従来のはんだペーストは主にRAタイプ、つまり活性成分（たとえばハロゲン、有機酸）が多く、はんだ付性が良いタイプであった。しかし、無洗浄化にあたって、腐食性等の信頼性に欠くためRMAタイプ(活性成分が非常に少ないもの)が目玉されるようになった。RMAタイプはハロゲン量を減少させ、ハロゲンの代わりに水に溶解しづらい有機酸等を使用している。他にフラックスの構成上大きな差はなく、フラックス残渣量についても変わらない。このため、はんだボールの発生・はんだぬれ性・検査性という点で、無洗浄化には対応できない部分がある。

さらにこれらの問題点を解決すべく、RMAタイプで低残渣ペーストとN₂リフロー炉のシステムによって本

2. なぜフラックス残渣の洗浄が必要だったのか

まずはじめに、無洗浄化に取り組む前に、今の洗浄理由を下記に記す。

(1) フラックス残渣の腐食性

フラックス残渣は若干の水溶性成分を含むため、雰囲気的水分を吸湿（特に高温多湿状態時）する。このため、金属イオンが溶出し、腐食、マイグレーションの原因になる。

(2) はんだボールの除去

はんだ付時に、はんだ付周辺または周辺以外にはんだボールが発生する。このはんだボールが移動した場合、ショートの原因になる。特に高密度実装になってきた現在、大きな問題となる。

(3) ハイブリッドIC等のモールド性

フラックス残渣がある場合、樹脂封止用の樹脂と相性が悪く、硬化しない。

(4) 検査性

はんだ付後のフラックス残渣は、はんだ表面に残りやすいため検査機の誤動作をまねく。

(5) 外観

格的な無洗浄化の検討がなされている。

4. RMA低残渣はんだペーストの性能について (Tab. 1参照)

4.1 フラックスの信頼性

フラックスはRMAに該当し銅鏡試験に合格し腐食し

ずらい。これは、Cl&Br試験もほとんど変色させず、水溶液抵抗も100,000Ωcm以上となり、ハロゲンを含む水溶性成分が非常に少ないことによる。水溶性成分が多い場合、フラックス残渣上に水分が存在すると、水溶性成分が水分に溶け込みマイグレーション、腐食の原因になる。

Fig. 2にははんだ付後のイオン性残渣量を示す。これは試験基板にはんだペーストを印刷し、リフローした後にイオングラフで測定したものである。結果は、一般のRMAと比べて約1/2のイオン残渣になる。今まで以上に信頼性があることがわかる。

次にFig. 3に湿中での絶縁抵抗値を示す。85℃/85%

Fig. 2 Results of cleanliness test. (Method: MIL-P-28809)

Fig. 3 Result of moisture and surface insulation resistance.

Tab. 1 No-Clean Solder Paste
SPARKLE PASTE OZ 63-703C-50-9
SPARKLE PASTE OZ 63-705C-50-8.5

Item	63-703C-50-9	63-705C-50-8.5
Alloy composition	Sn:63%, Pb:37% JIS Z 3282 A Class	
Melting point	183℃	
Powder size	Spherical	
Flux content	9wt%	8.5wt%
Rosin content in paste	3.0wt%	1.9wt%
Flux type	RMA	
Copper mirror test	PASS	
Silver cromate test	PASS	
Resistivity of water extract	1500Ωm	1200Ωm
Tack test	40g	43g
Moisture and surface insulation resistance		
Normal condition	1.0×10 ¹³ Ω over	1.0×10 ¹³ Ω over
After 168 hours 85℃/85%RH		
in the room	1.0×10 ¹² Ω over	1.0×10 ¹² Ω over
in the humidity	1.0×10 ⁹ Ω over	1.0×10 ⁹ Ω over

Fig. 4 Results of thermogravimetical analyses.

RHの環境化でも $10^9\Omega$ 以上の絶縁抵抗値があり、1,000時間後でもパターンの腐食は全くなく、信頼性が高いことがわかる。

4.2 フラックス残渣の外観

低残渣はんだペースト中のロジン分は、従来の5.5～6.5wt%に対して、1.9～3.0wt%と非常に少ない。Fig. 4に各種フラックスの熱重量分析を示す。フラックス残渣量が $\frac{1}{2}$ から $\frac{1}{3}$ になることがわかる。

残渣量が減ることにより、外観が良く、チェッカーピンの検査性、モールド樹脂の密着性が改善される。

RMA低残渣はんだペーストによる効果について上述したが、RMAでさらに固形分が少ないために、端子、パッドのぬれ性・はんだボールの発生という問題点が残る。この問題を解決するために、 N_2 リフロー炉の存在が欠かせない。

5. N_2 ガスのはんだ付けに及ぼす効果について

N_2 ガスは不活性ガスであるため、何らはんだ付性を良くする効果はない。重要なのは酸素の存在しない雰囲気であり、従来の大気中でははんだ付けをさらに良い状態に仕上げる。 N_2 ガスが目されるのは、不活性でしかも安価であるためである。

実際に酸素濃度がどのようにはんだ付けに影響を与えるか以下に述べる。項目として、はんだボール、ぬれ性、はんだ付強度、次工程でのフローアップである。

5.1 はんだボールについて

はんだボールの確認実験は、セラミック基板にはんだペーストを印刷し、各酸素濃度でリフローし、測定箇所にはんだボール全てをカウントする。Fig. 5にはんだボール発生数を示す。酸素濃度が低い場合、はんだボールを減少させることがわかる。この理由について、

Fig. 5 Result of solder ball test.

通常の大気中では、はんだ粉が溶解するまでにはんだ粉が酸化し、はんだボールとして残りやすくなると思われる (Fig. 6参照)。

低残渣ペーストについては、大気中でのリフローでは非常にはんだボールが発生するが、酸素濃度によってははんだボールが皆無になる。Fig. 7のメカニズムにより、はんだ粉の酸化を固形分が少ないために大気中では全く防止できなかったが、酸素濃度を低くすることによって酸化を防止できることがわかる。

Fig. 6 Difference of solderability (especially the condition of solder ball).

Fig. 7 The mechanism of solder balls.

5.2 めれ性について

めれ性の評価は、ICの端子のパッドに一文字で印刷し、各酸素濃度でリフローし、パッド長さに対する広がった長さをパーセントで評価した。

Fig. 8に酸素濃度に対するめれ広がり率を示す。酸素濃度が低いと広がり率が良くなることがわかる。理由としては、パッド、はんだ粉の酸化が防止され、はんだ表面張力が低下し、パッドによく広がると考えられる。

低残渣ペーストは、大気中では通常のペーストのめれ広がり率の50%程度と悪いが、酸素濃度を低くすることにより、現在のはんだ付け以上のめれ性が得られる。

5.3 はんだ付強度について

はんだ付強度は1608のチップコンデンサを各酸素濃度別ではんだ付けを行ない、プッシュプルゲージで引き剥

Fig. 8 Spread factor compared to oxygen level.

Fig. 9 Soldering strength of chip capacitor at various Nitrogen levels.

Reflow in air

Fig. 10 Difference of solderability. Reflow in nitrogen atmosphere

Fig. 11 Flow up rate of through hole with wave soldering machine compared to oxygen level.

がしその強度で評価を行なった。Fig. 9にその結果を示す。酸素濃度が低下した場合、強度が上昇することがわかる。Fig. 10にQFPのリードの断面を示す。明らかに酸素濃度が低い場合、はんだ付けフィレットがきれいに形成されることがわかる。

低残渣ペーストは、大気中では部品に対するぬれ性が悪いが、酸素濃度を低くすることにより、現在のはんだぬれ性より向上することがわかる。

5.4 次工程のディップはんだ付時のフローアップ率

両面基板が主流となっており、片面リフロー後、他面をディップはんだ付けという工程が多い。このため、リフロー時に基板パッド、スルーホール部が酸化し、ディップはんだ付時にぬれ不良等のはんだ付不良が発生する。

Fig. 11に酸素濃度別に基板をリフローし、その後、ディップはんだ付けを行ないスルーホールの上がりを確認した結果を示す。酸素濃度1%以下で充分、パッド、ス

ルーホール部の酸化を防止していることがわかる。

N_2 ガスによる効果をまとめると、次のようになる

- ・はんだボールの減少
- ・ぬれ広がり向上
- ・高密度実装基板における2度、3度のリフローでも初期のぬれ性を損なわない。
- ・混載基板におけるスルーホールのはんだ上がり向上
- ・はんだ付強度の向上
- ・低残渣はんだペーストが使用できる→無洗浄化

6. N_2 リフロー炉について

無洗浄化に向けて低残渣ペーストを使用するにあたり、 N_2 ガスが必要となる。しかし、 N_2 雰囲気を作る炉は今までもあるが、そのまま高密度の両面実装基板をリフロー、生産性、 N_2 を含めたランニングコスト、温度プロファイル等を考慮した場合、使用できるものではない。このため、最近各社とも新しい N_2 リフロー炉を開発している。

当社のSX-3010 N_2 は、シャッターのないインライン型で、 N_2 消費量の非常に少ない新しい炉である(Fig. 12参照)。

リフロー炉の特性として第1に温度プロファイルがあげられるが、遠赤パネルとファンによる熱で高密度の基板でも均一に加熱できる。次に、 N_2 の消費量が酸化濃度100ppmで、 $10m^3/h$ と非常に少ない。また、シャッターのないインラインであるため、従来のリフロー炉と同様に生産性は得られる。

7. 今後の対応

低残渣はんだペーストと N_2 リフロー炉が開発されたことにより、無洗浄化に対応できるシステムの完成に至った。まだ新しい技術のため、今後の検討が必要である。また、はんだペーストではさらに残渣のないもの、 N_2 リフロー炉では N_2 の消費量が少ないタイプのものを開発しなければならない。

参考文献

- 1) 谷口芳邦：サーフェイスマウントテクノロジー、90年夏号、p.158～163(1990)

Fig. 12 Horizontal section of Nitrogen atmosphere reflow furnace.