

大型高多層基板の鉛フリーはんだ付け技術

町田 政広

小板橋 雄也

当社は、2002年より多岐にわたる分野のお客様に対し、お客様機器・装置の基板組立、装置組立、検査を一貫して行う生産サービス（EMS：Electronics Manufacturing Service）を提供してきた。

近年、特に基板組立生産サービスにおいては、お客様機器・装置の高性能化・高速化に伴い、取り扱う基板の大型高多層化傾向がある。

さらに、2006年7月のRoHS（the Restriction of the use of certain Hazardous Substances）指令発令を前に規制物質の1つである鉛の使用を制限した鉛フリー実装の要求も加速している。従来、鉛フリーはんだ付けでは、共晶はんだ付けに対して、熔融温度の違いからはんだ付けが可能となる温度領域が狭い。一方で大型高多層基板のはんだ付けについては、実装部品間・基板間の温度ばらつきが大きくなるため、さらに繊細な温度制御が求められている。

今回、古河電気工業株式会社殿とはんだ付けのキープロセスである、リフローはんだ付け工法について、共同で開発を行った。本書では大型高多層基板の鉛フリーはんだ付けを実現する新リフロー加熱方式を紹介する。

鉛フリー化の概要

近年、基板組立においては、電子部品のSMT（Surface Mount Technology）化に伴い、リフローはんだ付け工法が主流となっている。このリフローはんだ付けは、プリント配線板にペーストはんだを印刷供給、さらに電子部品を搭載後、一括でこれらをリフロー加熱することにより、はんだを熔融させてプリント配線板と電子部品を接合する工法である。

これまでのリフローはんだ付けにおいては、熔融温度が183℃の共晶はんだ（Sn-37Pb）が使用されてきた。これに対し、鉛フリーはんだ（Sn-3Ag-0.5Cu）は、その組成により、熔融温度が217～220℃と高温である。

一方、電子部品の保証耐熱温度は230℃程度で、はんだ付け加熱時に大きな熱ストレスが加わると、破損の恐れがある。つまり、共晶はんだ付けでは、約50℃のはんだ付

け温度マージンであったものが、鉛フリーはんだ付けでは、約10℃とはんだ付け温度マージンが極端に狭くなる。鉛フリーはんだ付けでは、リフロー加熱時の高精度な温度制御が必要である（図1）。

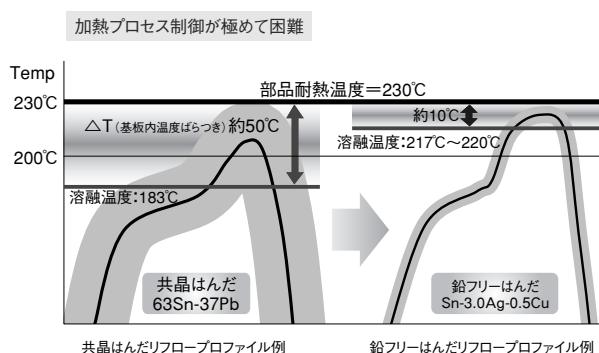


図1 はんだ付け温度

当社の鉛フリー化の取り組み状況

2006年7月のRoHS指令の発令を前にEMSにおいて取り扱う基板の鉛フリー化は加速している。既に50%以上の製品で鉛フリー化を達成しているが、RoHS指令が発令される2006年上期には90%になると予想される（図2）。

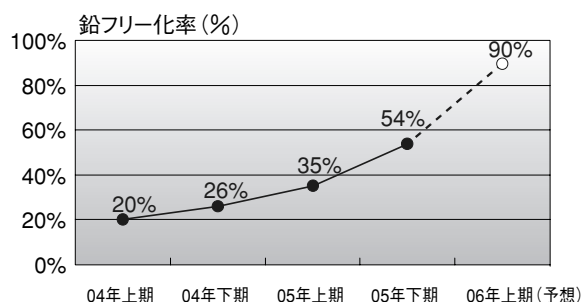


図2 EMSにおいて取り扱う基板の鉛フリー化率

当社は、早期より鉛フリーはんだ付けの技術確立に取り組み、現在では2003年に古河電気工業株式会社殿と共同で開発した「部品昇温抑制リフロー方式」を採用し

た装置で製品実現をしている。

「部品昇温抑制リフロー方式」とは、はんだ付け加熱時、部品ボディ温度を保証耐熱温度以下に抑制するとともに、部品はんだ付け部（端子部）温度をはんだ熔融温度以上にするため、意図的に実装基板表裏の温度差をつけたリフロー方式である。つまり、「部品ボディ温度＜部品はんだ付け部温度」を可能とした方式である。

この方式を採用した装置の側面と断面を図3に示す¹⁾。

本装置では、上面を熱風ヒータ、下面を遠赤外線ヒータとし、加熱特性の異なるヒータを併用した。更に、上面熱風ヒータより発する温風を吸収・冷却する循環構造を採用した。これらにより、上・下面ヒータを独立で温度制御するとともに上・下面での対面温度干渉を最小限に抑制し、上・下面ヒータ間の温度差をつけることを可能とした。

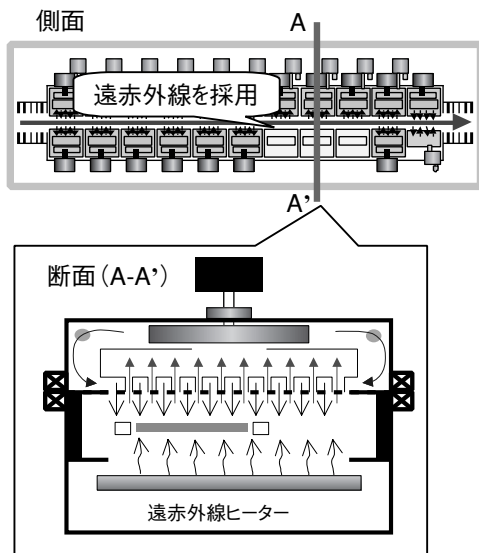


図3 リフロー炉の構造

以上の取り組みにより、一般的なリフロー炉では実現できなかったはんだ付け温度範囲 $\Delta 10^{\circ}\text{C}$ を確保（図4）し、多くのお客様に提案してきた²⁾。

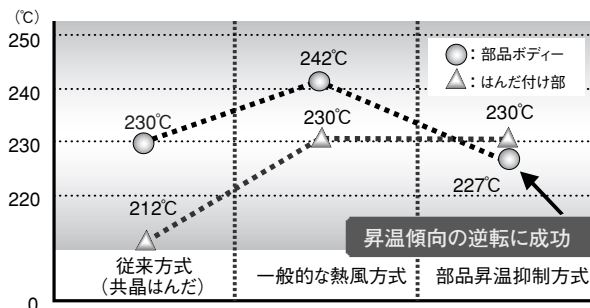


図4 部品昇温抑制方式の効果

大型高多層基板の増加

鉛フリー実装の要求が高まる一方、近年、データ通信速度や処理速度の増加に伴い、EMSにおいて取り扱う基板が大型高多層化している（図5）。特に基板の厚みに関しては、2mm厚以上の基板が確実に増加している。現在は、3.1mm厚の鉛フリー基板もあり、今後も厚みの増加傾向は続くと言われる。

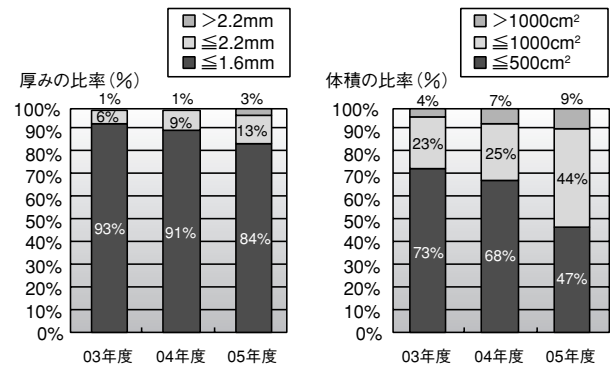


図5 基板サイズの変化

「部品昇温抑制リフロー方式」の能力として、3mm程度までの鉛フリーはんだ付けは可能である。今後基板の大型高多層化が予想されるが、図6に示すように、基板の厚みの増加により熱伝導が阻害されるため、最大の特徴である下面からの遠赤外線加熱では十分に加熱できない。一方で、一般的な熱風加熱方式の装置では、3mm厚の基板を製造するのも困難であり、 $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$ が限界である。

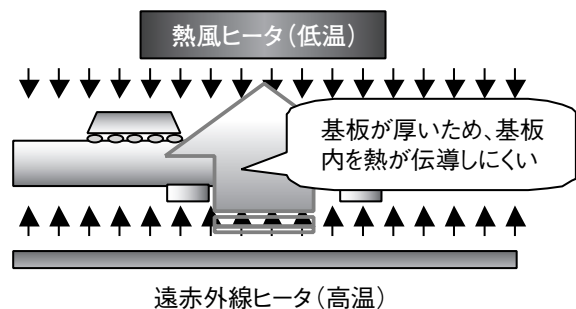


図6 大型高多層基板の加熱

開発目標

今後、4～5mm厚みの基板の登場も予想される中で、十分な能力を確保する必要があると判断し、評価対象の基板（3.1mm厚み）に対して、 ΔT （基板内温度ばらつき）を 5°C 以下に抑えること目標として新加熱方式の開発を行った。

新加熱方式の開発

(1) 装置の特長

開発した加熱方式は、古河電気工業株式会社殿のリフロー炉（XNK-1245）をベースに改良を加えたものである。本装置は以下に示す特長がある。

① 多ゾーン（12ゾーン）

ゾーン数が多いため、炉内の温度を細かく設定することが可能である。すなわち、基板の昇温を精度良く行えるため、 ΔT を低減できる（図7）。

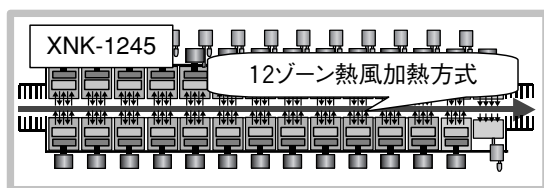


図7 XNK-1245の構造（側面図）

② 熱風加熱方式

加熱方式として、熱風加熱方式を採用している。さらに、加熱能力が従来の機種よりも向上している。また、熱風加熱方式の採用により、次に述べる温度シミュレーションの適用が可能となった。

③ 基板温度シミュレーション

リフロー炉で基板を加熱する際、基板ごとに温度設定を行う必要がある。今回の装置では、基板上の部品の温度を予測することが可能であり、製品立ち上げ時間の短縮に期待が持てる。

(2) 新加熱方式

新たに開発した加熱方式について述べる。本方式は、 ΔT の低減を目的として、各ゾーンに加熱時間制御機能を追加したものであり、ゾーンごとの加熱時間を調整することが可能である。本方式を用いることで、ゾーン数を大幅に増加させることなく、同様の効果が期待できる。すなわち、先にも述べたが、基板の昇温制御が非常に高精度で行えるようになる。

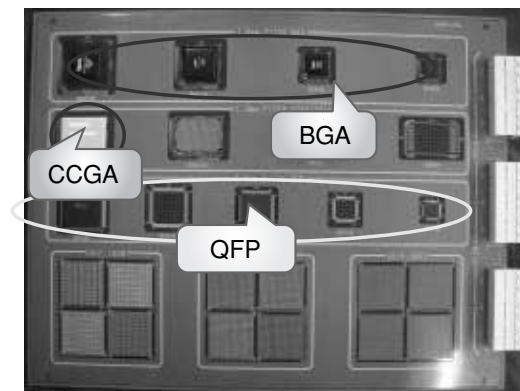
新加熱方式の検討

(1) 評価基板

今回、新加熱方式の評価に用いた基板に関して述べる。本基板は板厚が厚く、CCGA（Ceramic Column Grid Array）（写真1）やBGA（Ball Grid Array）を搭載して



写真1 CCGAの外観



基板厚み：3.1mm 22層
基板サイズ：320×400mm
測定ポイント：11ポイント
測定部位：BGA,CCGA,QFP,基板表面

図8 温度測定対象基板

いるため、はんだ付けが困難である。特にCCGAは熱容量が大きく、十分に加熱するためには多くの熱量が必要になる（図8）。

(2) 検証結果

温度測定結果を図9に示す。図中の数値は、基板をリフロー炉で加熱した時の、搭載されている部品温度の最大値と最小値を示している。この最小値と最大値の差＝ ΔT の値が小さければ小さいほど、リフロー炉としての性能が高いことになる。

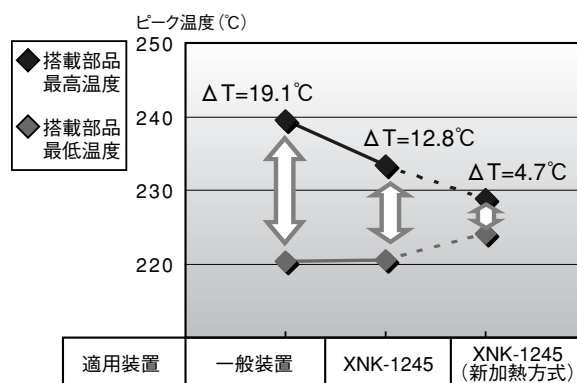


図9 温度測定結果

一般装置とXNK-1245に関して比較を行う。XNK-1245で得られた ΔT の値は、一般的な装置で得られた数値より大幅に低減されており、装置そのものの性能が非常に優れていると言える。

次に新加熱方式を適用した際の結果について述べる。新加熱方式により、基板面内の温度を4.7℃まで低減することが可能となり、今回開発を行う上で目標とした値を上回る結果が得られた。

(3) 温度シミュレーションの実施

新方式の評価と共に、リフロー炉の条件設定の効率化を目的として、基板温度シミュレーションに関しても検討を実施した。

従来のリフロー炉の場合、加熱方式として熱風と遠赤外線を併用しているため、シミュレーションによる温度プロファイルの取得は困難であった。今回の装置は熱風加熱方式に統一しているため、温度プロファイルを作成する際にシミュレーションを用いることが可能である。

XNK-1245に関して、温度条件設定をシミュレーションにより実施したが、条件設定時間が大幅に短縮される結果となり、製品立ち上げ時間の短縮に期待が持てる(図10)。今後、さらなるシミュレーション精度の向上を目指してデータの収集を行い、早期の導入を目指す。

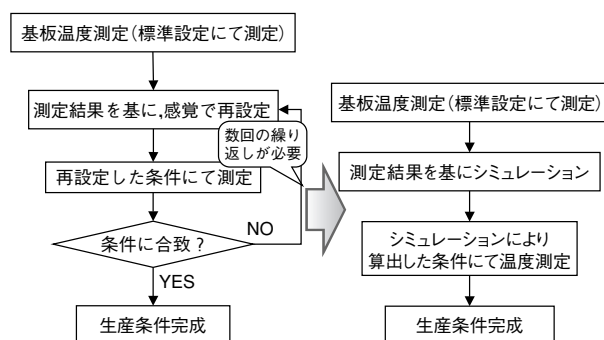


図10 温度シミュレーションの概要

ま と め

今後予測される基板の大型高多層化に十分に対応可能な加熱方式を開発した。新加熱方式を搭載したリフロー炉は、他社にない新技術であり、当社のEMSのコアとなり得る装置である。

また、環境への対応が企業としての価値を問われる中で、大型高多層基板の鉛フリー化を目指す企業に対して、新加熱方式リフロー炉を用いて受託生産を行い、自然環境保護と顧客満足に貢献したい。◆◆

参考文献

- 1) 第36回マイクロ接合研究委員会：溶ダリング分科会「鉛フリーはんだ対応溶ダリング機器」
- 2) 小日向隆，野末正仁：弱耐熱性部品対応無鉛はんだリフローはんだ付け技術の確立，沖テクニカルレビュー199号，Vol.71 No.3，pp.32-35，2004年7月

筆者紹介

町田政広：Masahiro Machida. 生産サービスカンパニー EMSビジネス本部 品質保証部 生産技術開発チーム チームマネージャ
 小坂橋雄也：Yuya Koitabashi. 生産サービスカンパニー EMSビジネス本部 品質保証部 生産技術開発チーム