



はんだリフロー実装、ペースト焼結の課題解決 今こそ知るべき、 高信頼性部品実装への最新アプローチ



高信頼性部品実装の実現を目指す上で、避けては通れない問題。—— はんだリフロー実装分野や銀ナノ、銅ナノペーストの焼結分野においては、解決しなければならない問題が残されています。それは「ボイド残留」と「フラックス残渣」です。今、高信頼性実装が要求される市場の増加を受け、これまで以上にその重要性が高まっています。

嘉登 浩一

ユニテンプジャパン株式会社
代表取締役

高信頼性実装が要求される 市場の増加

こ のままの状況が続くと、2050年には二酸化炭素（CO₂）や窒化酸物（NO_x）などの、気候変動に大きな影響を与えると考えられている温暖化効果ガスの排出量が、大幅に増加してしまう

可能性が高いことから、鉄道各社、自動車メーカーが、ハイブリッド方式や電気自動車などを市場に投入していることはご存知だと思いますが、このことが、1台あたりの電子部品数の増加につながるだけでなく、電子部品実装の高信頼性を要求する一端になっています。

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の取り組み

宇宙航空研究開発機構(JAXA)でも、温暖化効果ガスの削減を目指したプロジェクトが行われています。現在の主流であるジェットエンジンに代わる『ピュアエレクトリック方式』による中～大型飛行機を飛ばすための取り組みです。

従来のジェットエンジンがジェット燃料を燃焼することで推進力を得るのに対し、ピュアエレクトリック方式では、電動モーターと推進ファンを組み合わせることで推進力を得ます。

ピュアエレクトリック方式による航空機の実現には、まだまだ乗り越えなければならない技術的課題があるようですが、いずれは小型機～リージョナル機へ。そして、最終的には貨物や人を運ぶことが

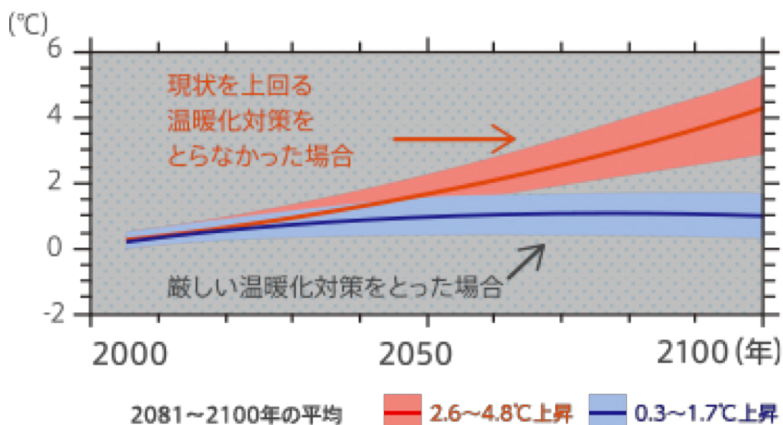
できる中～大型機まで。電気エネルギーだけで飛行することができるようになるという壮大なプロジェクトです。

また、JAXAでは、2014～2015年にかけて、多重化モーター等の独自技術の世界で初めて有人機（航空機用電動推進システム飛行実証『FEATHER』）で成功させており、ドイツ航空宇宙センター(DLR)とともに、電動推進技術に関する共同研究を行っています。

これは、国際民間航空機関(ICAO)、国際航空運送協会(IATA)で推進している、2050年に2005年度比でCO2排出量の半減を目指す目標に呼応したもので、日本のみならず、米ボーイング社（12人乗りのハイブリッド機『ZA10』を製造中）、欧エアバス社（ハイブリッド方式の実証機『E-Fan』の試験飛行を2020年に予定）など、世界的な規模での動きとなっています。

また、米NASAでも、パラレルハイブリッド方式のSUGAR Volt、シリーズハイブリッド式のSTRAC-ABL、及び全翼機コンセプトのN3-Xの各プロジェクトを推進するなど、温暖化効果ガス削減の動きはもはや既定路線と言っても過言ではないでしょう。

1986年～2005年平均気温からの気温上昇
(産業革命前と比較する際は0.61℃を加える)



出典：環境省「COOL CHOICE 地球温暖化の現状」
<https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/ondanka/>



人工衛星による宇宙利用

私たちが普段の生活を豊かにするために、様々な分野で活躍してくれているのが人工衛星です。例えば、初めて訪れる場所であっても、カーナビシステムやスマートフォンなどに搭載されている地図アプリケーションとGPSシステムを利用すれば、日本国内だけでなく、世界中の行きたい場所に迷わず到着することができます。

日本が打ち上げた准天頂GPS衛星『みちびき』もそのひとつです。従来のGPSシステムとは比べものにならないぐらい高精度な位置情報を得ることができます。こうしたシステムを利用することで、完

全な“自動運転車”の実現も視野に入ってきています。

もっと身近なもので言えば、気象庁の『ひまわり』もあります。明日の天気や気になったり、台風がどのあたりにいるのかを簡単に確認することができるのも、こうした観測衛星からの情報によるものだということは言うまでもありません。

今、日本のみならず、世界各国で人工衛星の打ち上げが盛んです。近年では国単位ではなく、民間企業の人工衛星打ち上げや活用も盛んになっています。超小型の人工衛星を利用することで、もっとピンポイントでの詳細情報を取得したり、大型衛星と比較して機能がシンプルで小型ロケットで



も打ち上げ可能な小型衛星を複数個、必要ときに必要なだけ組み合わせて、大型の災害が発生したときなど、機動力を活かした人工衛星の活用も現実的な選択肢になってきていると言えるでしょう。

高信頼性部品実装の必要性

今までのお話のとおり、鉄道から始まり、自動車、飛行機、人工衛星と、高信頼性部品実装が必要とされる分野の急拡大は言うまでもありません。どの分野でも、電子部品実装の不良が起こり事故につながったり、必要な情報が得られなくなってしまったりすることは、最優先で回避しなければならないことです。

電子部品の小型化、基板やはんだなどの接合材料開発、及び接合プロセスの最適化などを始め、各企業が得意とする分野において日々研究開発の努力を続けており、日進月歩で従来の問題点や課題解決が実現しています。しかしながら、はんだリフロー実装分野や銀ナノ、銅ナノペーストの焼結分野においては、まだ解決をしなければならない問題が残されています。



ボイド残留問題

上の写真は、はんだ実装終了後のはんだ内の様子をX線撮影したものです。白っぽく見える部分が、フラックスの昇華残渣や、材料からの出ガス成分、また取り残された大気などにより生じた『ボイド』です。

冷え固まったはんだの中に取り残されたボイドは、外観からは確認することが難しく、外観検査だけでは発見することができません。そのため、そのまま良品として市場に出てしまうことも多いと言わざるを得ません。

そこで弊社の卓上型真空はんだリフロー装置では、バッチ式リフロー装置の特性を活かし、はんだ融点温度以上の温度領域でチャンバー内の真空引き(減圧)を行い、溶融中(液相)のはんだ内からボイドが外部に逃げやすくする方法をご提案しています。

ボイドが引き起こす様々な問題

- | | | |
|--------------|---|----------|
| 1. 接合強度の劣化 | → | 部品外れ |
| 2. 熱伝導の劣化 | → | デバイスの熱破壊 |
| 3. 接続電気抵抗の増加 | → | 性能不良 |

ボイドが残ったままになってしまうと、数々の問題を引き起こす可能性が高くなる



フラックス残渣問題

フラックス入りのはんだを利用した一般的なのはんだリフローでは、フラックスが昇華する時に基板上のパターンや電子部品の端子などに形成されている可能性がある酸化膜を取り除く効果や溶融中（液相）のはんだ表面張力低減効果などが期待されます。そのため、はんだリフロープロセスの各温度設定を正しく設定することができれば、比較的簡単にはんだ実装を行うことができます。

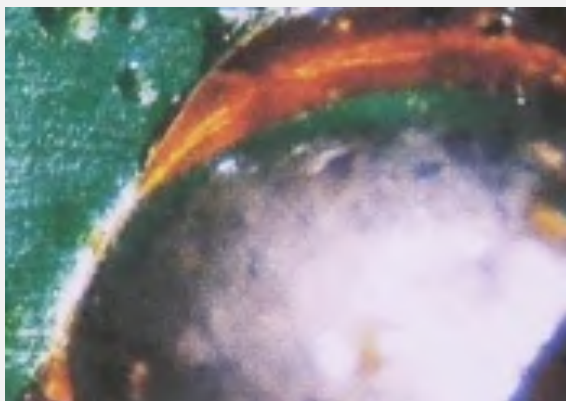
しかしながらフラックスを使用すると、フラックスがはんだ面、基板表面、部品表面などに付着したまま、リフロープロセスが終了してしまう場合があります。これをそのまま放置してしまうとフラックスの腐食効果により、部品の脱落やはんだ部の接続不良など、様々な問題の原因となる可能性があります。そのため、フラックス入りのはんだを用いたのはんだリフロー後には、フラックス残渣を除去するための洗浄を行うことが一般的です。

下の図は、フラックス入りのはんだでリフローを行った後のフラックス残渣を洗浄により除去したものです。このように、フラックス残渣が完全になくなるまで洗浄を行うことができればほとんど問題になることはないものと思いますが、フレキシブル基板のように基板材質が変化したり、モジュール構造化などが進むことによって構造が複雑になってくると洗浄液が隅々にまで行き渡らない可能性が増加し、フラックス残渣の心配を抱えることにつながりかねません。

水素還元によるフラックス残渣問題の解決

水素還元方式は、比較的古くから行われている還元方式の一つです。

水素還元方式では、リフロープロセス実行時、まずチャンバー内の空気を真空引きなどにて空の状態にします。チャンバー内に酸素が残った状態のまま高濃度の水素ガスを流入すると水素と酸素が反



左：フラックス残渣例
下：フラックス残渣の洗浄前後



水素還元方式による酸化膜除去反応例



ギ酸還元方式による酸化膜除去反応例



応し、爆発事故を起こす可能性があるためです。

水素還元方式では、水素の還元効果を早めるためにチャンバー内の温度環境を約 $300^{\circ}C$ 程度まで昇温する必要があることに加え、爆発の危険性があるため、比較的大掛かりな装置構成が必要になります。しかしながら、フラックスがないはんだ材料を使用しても、きれいなはんだ濡れ性を確保することができるため、フラックス残渣に悩まされることから解放されます。

ギ酸還元によるフラックス残渣問題の解決

ギ酸還元方式の場合、基板のパターン上に形成されている「酸化膜 (CuO)」に「ギ酸ガス ($HCOOH$)」が触れることで、酸化膜から酸素を奪い取る「還元」反応が起こります。この結果、酸化膜はきれいに除去された銅面となり、また一方で酸素を奪い取ったギ酸は、 H_2O と CO_2 に変化することになります。

この時に発生する H_2O は、大気に含まれている水成分よりも少ないため、チャンバー内部がウェット状態になることはありません。 H_2O も CO_2 も元々大気中に大量に含まれている成分ですので、環境を破壊することなく、クリーンなはんだリフローを行っていただくことができます。



フラックスを使用しないリフローの可能性

ギ酸による還元はとても効果的です。銅パターン上にある酸化膜から、効果的に酸素を奪い取ることにより、酸化膜を完全に除去することができますので、フラックスレスはんだが容易に濡れ性を確保できるようになります。酸素を奪い取ったギ酸（HCOOH）は、H₂OとCO₂に変化して排気されます。H₂OもCO₂も大気中に存在している成分ですので、環境を破壊することなく、「ギ酸還元リフロー」を行うことができます。

フラックス成分は、はんだリフローにとってとても便利な材料です。銅パターン上に酸化膜が存在していても、フラックスがその酸化膜を破ってくれるので、温度プロファイル管理のみを行えば、比較的簡単にどなたでもはんだリフローを行っていただくことができます。



しかしフラックス残渣が発生してしまうと、状況は一変します。時間の経過とともにフラックス残渣が、腐食や劣化を引き起こす可能性があるため、フラックス残渣除去のための洗浄工程が欠かせません。また、洗浄廃液の適切な処理などが必要になることを考慮すると、フラックスを使用しないリフロー方式が、いかに環境を考慮したプロセスであるのか、容易にご理解いただけるのではないのでしょうか。

ギ酸還元方式が万能であるわけではありません。しかしながら、フラックスを使用したはんだリフロープロセスに問題を抱えているのであれば、十分に検討に値する技術であると言えます。

ギ酸還元と水素還元の比較

比較項目	ギ酸ガス還元	水素ガス還元	参考
還元効果	◎ 強い	○ ある程度	
酸化還元温度	○ 約150℃～	△ 約270℃～	ギ酸は低い温度で還元可能
ランニングコスト	◎ 安い	△ 高い	ギ酸は水素と比較して約1/4のコスト
危険度	○ 比較的安全	× 危険	
対応はんだ	◎ 幅広く対応	△ 狭い	還元効果温度の関係で、利用可能なはんだが異なる
信頼性	◎ 高い	○ 比較的安い	ギ酸は低温で利用できるため、熱ストレスを低減可能
総合判断	◎ 利用しやすい	△ 利用しにくい	



お問い合わせ先



ユニテンプジャパン株式会社

<https://www.unitemp.jp/>

〒194-0013 東京都町田市原町田2-6-13
ベルストーク1 - 2階

TEL : 042-860-7890 / FAX : 050-3730-8404
E-mail : sales@unitemp.jp