

量産における鉛フリーはんだ

工法の見直しによるコスト改善

コロナの影響で製造現場での材料や部品供給の混乱は、市場に大きな影響をあたえている。特に、製造コストは人手不足による人件費や、原材料のコスト及びエネルギー価格の高騰で対応に苦慮しているが、同時に政治的要因による製造拠点の変更も見直しの要求が出ている。

大量生産をする半導体やスマートホンのような製品等でのコスト削減方法は日本では望めなく、海外の量産メーカーと同じ土俵に上がってのコスト競争では経営が難しくなっている。

現状のコスト競争では、人件費や部材経費の削減が求められるが、それは品質上の問題を含む可能性があり、特に製造現場でもISOによる規格が厳格に要求される状態では品質にしわよせされる。厳密な規格のもとでは規格以上の物作りは難しいいうえ、進化する設計にも対応出来難くなっている。

現状の人件費・部材コストを直接見直しするのみでは、経営にも影響を与えることになる。技術の進歩に対して技能は停滞気味で、特に年配の熟練管理者やパートがコロナの影響もあり現場から離れて行っている。人材の不足のみならず作業員自体不足している現状に、経営上のリスク管理から一部海外から国内に製造ラインが移転され、ますます人手不足となる。人件費は人手不足で上昇しコスト増加要因になる為、生産性をより改善させる必要がある。同様に部材コストの増加も問題になる。生産ラインにおける見直しはコストと品質の改善が可能になる。

実装ラインでは両面リフローの後フローはんだとロボットはんだ又は手作業が続く、特に手作業は熟練の作業者が減り多くが海外に移転した状態ですが、この作業品質に問題が多く、国内に持ち込まれる製品のリコール（発火・発煙等）が毎週のように数十件発生している。

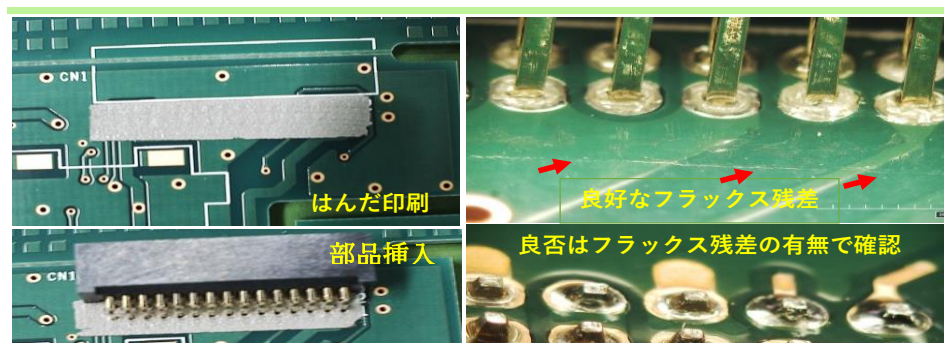
両面リフロー → フローはんだ付け → 後付け → 検査修正 → 出荷
国内生産で最も人手がかかるのがフローはんだの部品挿入である。この部分の自動化が重要になるが、見本市でも海外メーカーの出展が見られる。

1, 挿入部品のリフロー化

- ① 挿入部品の手作業やロボットによる作業
- ② 多ピンのコネクタ等の作業

単品リード部品の挿入はさほど問題ではない。はんだ印刷の反対側からの部品挿入は、ホール内のはんだがリード先端に付着するが、温度プロファイルが適切であれば濡れ性等に問題はなく、必要であれば少しホールにはんだの印刷位置をずらして部品挿入時のリード

が判り易くすると良い。基板上面にはんだを印刷供給し、その上から部品を挿入する場合ははんだ付け後の検査が楽であるが、多ピンリード部品でははんだ形状が大きく崩れ、はんだボール等の原因になり易く、慣れが必要となりそうである。特に基板に密着挿入される部品の下や、ホール内のはんだ状態の確認が必要である。部品下に印刷されたはんだは完全に溶融し、ヒール内に濡れ落ちるが部員裏にはフラックス残渣が付着するので耐熱性の高いフラックス（流動性の鈍いフラックス）は見直した方が良い。



多ピンコネクタの実装事例

はんだの供給

• はんだの供給方法は

• ①ディスペンサー

- *ディスペンサーでの供給は量は確保出来るがはんだ溶融時のホール内での暴発、はんだボールの発生の恐れがある。
- *はんだ供給タクトが遅い。
- *設備投資が必要。

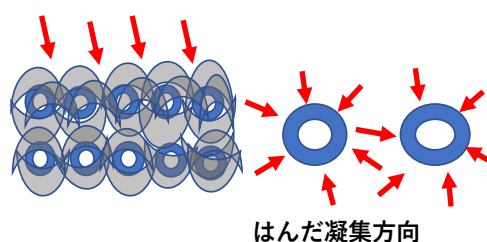
溶融はんだは中心部に凝集する為ベタ印刷でもブリッジは発生し難い

• ②印刷

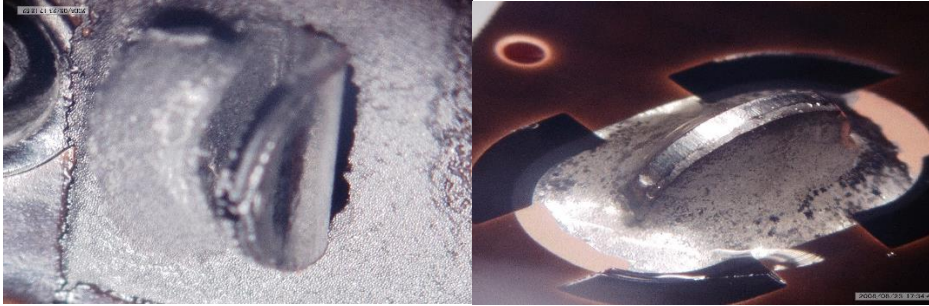
• 印刷の形状

• ③一文字印刷

• ④異形印刷（印刷形状が重要！）



はんだの印刷形状は自由で、はんだボールが発生しない程度でホール内に充填出来る程度広く印刷供給する。薄く広く印刷する方が熱反応が速く濡れ性が良い。



リード面の濡れ性は良好だが部品面側のホール状態は確認出来ない。

印刷の厚みは他の部品に合わせるので、ランドをはみ出し広く印刷しはんだの必要量を確保する。クリアランスが広い場合もはんだの印刷量多くする。

挿入部品のはんだ付け状態（ポイド、ブローホール、濡れ不良等）の確認は、X線や断面観察が必要になるが、密着挿入された部品の良否確認は特に量産現場での外観は確認出来ない。部品側からはんだを供給することで良否の判定はリード側に広がるフラックス残差の形状で出来る。

はんだ量が多い場合はリフロー炉のヒーターの操作で調整する、多くの場合高温長時間の操作になりがちだが品質劣化の原因になるので過剰な加熱を抑え基板を通してホール内の温度がはんだの溶融温度+10度程度で良く溶融時間の方が重要である、又プリヒートではんだの流動性は多少変化すが炉の性能特性で対応は異なるので出来映えで判定する。

2、耐熱性の低い部品のはんだ付け

③皮膜燃り線

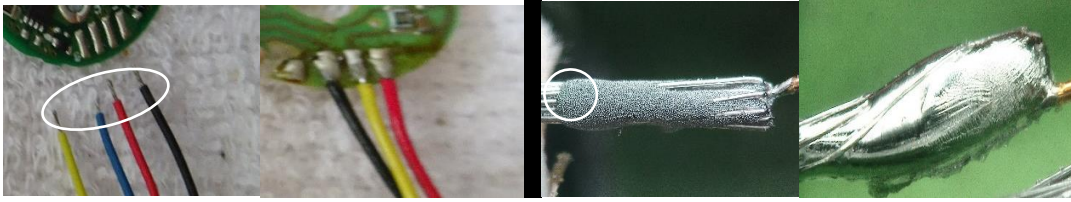
③樹脂部品

④その他の部品等

フローはんだは棒はんだを1ton~1.5ton/月程はんだ槽で溶融するが大半はドロスとして廃棄される、一部は回収し再処理して使用するが一日中大量のはんだを溶かすので材料費と炉の電気代はかなりのコストになる、N2リフローの電気代は200万円/年と言われているのと比較してもかなりのコストになる。

又、はんだ槽の取り扱いも大半の現場は雑で且つ熱く清掃も危険性が伴う。特に部品の耐熱性の問題は治具を必要とする場合と必要としない場合があるが共に炉の下部ヒーターを活用するのが重要である。比較的高い温度の部品は下部ヒーターを高く設定し、リード面のはんだが十分溶ける温度まで上げる。下部の基板面の温度は245度前後となる、上部ヒーターの一部をはんだの融点以上(240度前後)にすることで加熱時間を短くすることが出来るが更に短くする場合は上部ヒーター全てを使い調整するが基板上面の部品への熱影を与えない範囲とする。

燃り線の皮膜は100度以下になるので断熱が必要であるが先端のはんだ付け部は短時間高温での処理が必要、高温であれば皮膜が溶ける前にはんだ付けは可能である。



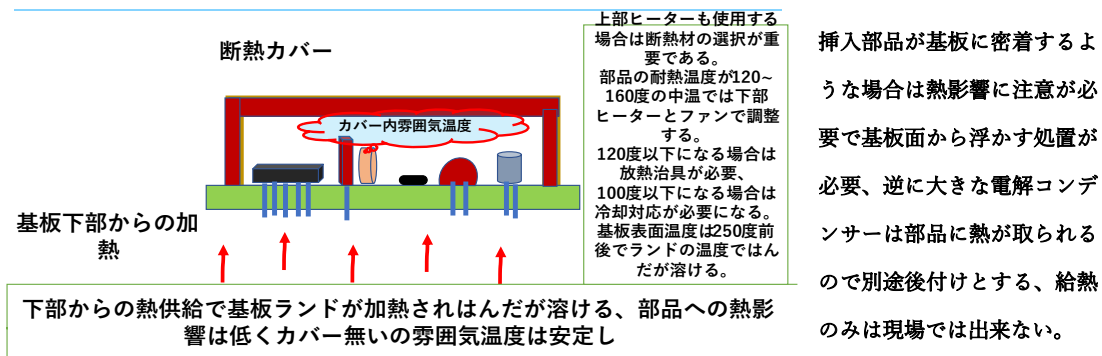
基板に印刷した後リード線を固定し他の部品と同時に
括実装する。

撚り線同士にはんだを乗せリフローするが熱が逃げな
いように風止めをし熱をはんだ面に

細い撚り線は先端部分から熱が逃げはんだが溶ける温度まで上がらないので、熱風が逃げ
ないよう風を受け止める工夫が必要。

特に最近、部品の微細化でリード線も細く且つ皮膜線の先端のはんだ付け部も短く、
ロボットではんだ付けも難しいため、品質にバラツキが出る。はんだ付け作業はコスト
面で検討を見直す余地があるが、少量の多品種では治具のコストが高くつく。逆に部品は
品種が少なく大量生産されるので、治具の設計がポイントとなり海外との競争に耐えうる
可能性がある。

フロー部品のリフロー化



問題は現在実験で使用しているリフロー炉が遠赤+エアの小型炉の為、かなり複雑な
温度設定でも可能となっているが、大型のエアリフロー炉では機種により自由なヒータ
ー設定が難しい。これは一度実験での確認が必要である。又、はんだ材料（フラックスの熱
反応速度）でも熔融のタイミングが異なり、加熱の影響を抑える為に基板を流す速度が重
要になり品質上扱いが難しくなる。



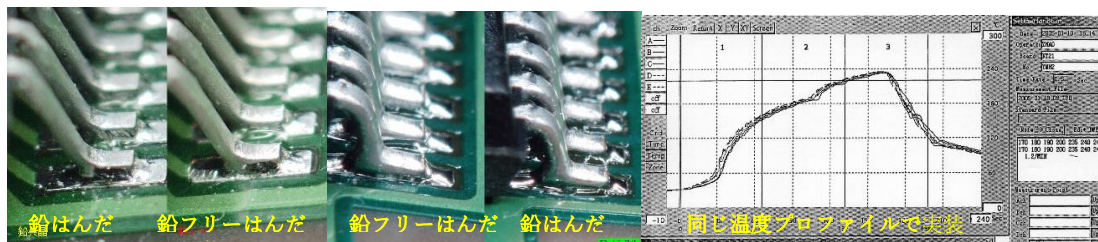
A社のはんだ 同じ基板のポイントでも未熔融

B社のはんだ 条件は同じでも熔融している。

耐熱性の特に低い部品・皮膜等ではフラックスの熱反応の速いものが重要で、良否判定の

検査にも影響がある。

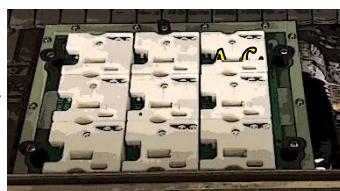
本来鉛フリーはんだは鉛はんだと融点が異なる程度で部品・基板に対してプリヒートは同じである（部品・基板は同じ材質）。であれば鉛フリーはんだの温度プロファイルは鉛はんだと同じになり、既存規格よりコンパクトな温度プロファイルとなる。



この基板は 2005 年には実装し製品と市場に流れていたものである。フローはんだでも同じで、220 度の溶融はんだも 250 度の溶融はんだでもプリヒートも浸漬時間もさほど変わらず実装している。金属組成以外フラックスも含め、実装条件は鉛はんだと同じである。同様に、糸はんだにおいても鋸先温度が 330 度での作業では、はんだ同じタイミングで溶ける。加熱条件が同じであれば、各社のはんだはフラックスのみの差になるが、鉛フリーはんだも鉛はんだも同じ取り扱いが可能である。

フローはんだの問題も、基板の搬送角度が適切でないのに全てのメーカーはんだ槽が 5 度に固定されているが、鉛はんだでは 3 度前後で基板を流していた。より改善したそうで、他の国内メーカーも検討するようだ。但し、搬送角度が低いと基板とはんだの接触面積が大きくなり基板への熱量が大きくなるので、フラックスへの熱影響でブリッジが発生する可能性があり、条件だしに微調整が注意。はんだ槽の基板搬送角度を 2 度に変更した工場があるがスルーホール上がりは従来より良い結果が出ている。又、現状各メーカーは耐熱性の高いパレットを使用している為、はんだの熱が治具に取られ肝心の基板に伝わり難く、ホール上がり不足が多く見られる。治具の材質や厚み等を見直すべきで出来れば基板と同じ熱伝導率の材質が良い。

不良削減には熱伝導率が良く薄いパレットがよいが、耐久性に難点があるので、パレットの数を多めにし熱による反りを抑えることが必要となる。不良率削減との兼ね合いである。



大幅な不良率の削減とコスト
ダウンが可能になった事例

資料提供 = 京石産業提供

フローはんだは難しいはんだ付けで、不良率もパーセンテージで発生している。単にパレットの図面を引いた加工では不良率は削減出来ず、現場での立ち会い指導・提案を含めて始めて不良率の改善が出来る。特に、このメーカーは難しい案件の依頼が多いので現場での確認を重視しているが、この分野は日本でも遅れている技能だ。

リフロー温度プロファイルについては、一部 20 数年前から鉛はんだと同様の形状を用いている大手企業もあるが、未だ既存の温度プロファイルを用いて品質改善出来ていない協力会社が多く見られる。せっかく温度プロファイルを変え改善出来たのにもかかわらず、後からの担当者に元に戻されている現場も多く、現場を理解していない発注元の指示である。筆者は海外（ヨーロッパ、メキシコ、中国、東南アジア、台湾、韓国）で数千のラインに立ち会い改善活動をしてきているが、大半が 2～3 日でその場の問題と指導も含め改善してきている。これらのことから、日本においてははんだ付けに関しては工法の変更は特に問題ではなく、コストの改善は出来る。既に一部の海外工場では実施成功している。

技術系のセミナーは多くあるが実際の流れに沿っての現場に関するセミナーは少なく高度な設計にたいしては現場の経験不足で対応出来ていない。

先日京都で【実装組み立てプロセス技術展】<https://musubi-japan.org>があり中小企業 20 社前後の各種の検査機器等及び 5 社の EMS の企業も展示していたが、来年も 4 回（静岡、九州、岡山、東北）開催される予定のようだ。より身近な地区での開催は経費や時間の節約であり、展示会は機会の少ない中小企業にとって情報収集に大変重要である。

セミナーも参加者が多く即締め切りになった。コロナで情報活動に支障を来した期間が長く、ウェブのみでは得られ無い情報が多くなっている。動画説明をメインに来年 2 月と 3 月にはコスト改善の工法変更について日刊工業新聞で開催する予定である。

大手企業が設計から現場まで全てを自社で行っていた時には様々な事例やトラブルが協力会社にも指導伝えられていたが、現在は他社の情報は入ってこないのも自社のみで対処しなければならない状況である。他社（特に海外）へ製造を委託している形態では問題は他社（他者）のこととし片付けられている。

事故につながる情報に関しては、各社の立場を離れて現場も含めた議論やセミナーの機会を設け、現場力を高める必要がある。特に規格に対しては、基本原理を抑えた上でもっと柔軟に対応する必要がきている。

筆者も含めて年配の現場経験の技能者がそろそろ引退の時期にきているので、今のうちにそのノウハウを伝え残しておく必要があると筆者は考えている。