SMTにおける印刷技術

Screen Printing Technology of SMT

菅原 隆史*

1. はじめに

電子機器の軽薄短小化、高機能化が進むと共に、各種実装部品（パッケージ）のリード数も、Fig. 1に示されるように年々増加の傾向にあり、産業用基板はもとより、民生用基板にも搭載数は少ないが多ピン化パッケージが搭載されてきており、SMT分野でのスクリーン印刷機にも高精度化が要求されてきている。SMT分野では、上流の回路形成工程（プリント基板、ハイブリッドIC等）とは違い組立工程であるため、ともすれば、クリームはんだの塗布にかかわるスクリーン印刷技術には深くこだわらず、もっぱら、装置の自動化や高機能化の追求が先行していたように思われる。そのことは、一面ではスクリー

ン印刷機の急激な進歩を促したともいえる。しかし、リードピッチが0.65mmから0.5mm, 0.4mm, 0.3mmピッチとファイン化するに従い、その印刷技術の重要性は日増しに高まってきている。

古くて新しいスクリーン印刷の基本的な技術を踏まえ、クリームはんだ、製版、印刷機を総合した印刷技術がなければ対応が困難になってきている。そこで、この稿では、リードピッチの微細化に対するスクリーン印刷の条件を中心に述べる。

2. スクリーン印刷の基本メカニズム

スクリーン印刷のポイントは、スキージの①印圧、②角度、③押し込み量、④硬度、⑤スピードをクリームはんだの粘度や被印刷物の凹凸、塗布厚やクリアランスの度合いに応じて調整し、クリームはんだに適度のローリングを与えて、クリームはんだを押し込む内圧（滲出圧）を生じさせ、版上面のクリームはんだを切り取って転移

Fig. 1 Trend of lead Pitch.

Fig. 2 A general idea of screen printing.

*Takashi Sugawara
ニューロン精密工業/New Long Seimitsu Kogyo Co., Ltd.

Fig. 3 A picture of solder cream's rolling.

性を良くすることである。ここで重要なのは、クリームはんだが版上でローリングをしなければ、スリットに入らないということである。もう少し詳しく説明するために、Fig. 2 にメタルマスクとクリームはんだとスキージの位置関係を示す。

クリームはんだは、スキージの摺動に伴いFig. 2 のようにローリングしながら移動している。すなわち、作動上のスキージ先端の任意の位置を P とし、 P 点近傍にあるクリームはんだの任意の点を A とし、 A 点の流動方向を考えると、 A 点はスキージの摺動により、スキージ壁面からの圧力が AB の方向に加わる。この時の AB の反作用 AB' がクリームはんだを押し出す内圧（滲出圧）である。 AB と AC の合力 AA' が点 A の動く方向となり、 A 点の右側にあるクリームはんだの塊 I の作用を受けて $A'A''$ の方向に流動し、Fig. 3 のようにローリングをはじめる。

次に、このローリングにより、クリームはんだは攪拌されて軟化しはじめる。ちなみに、多くの分散粒子を含んだ流体においては、攪拌（剪断）を続けると軟化し、静置すると一定時間後に粘性が回復する特性（チクソ

ロピー性）がある。このチクソ性による軟化の程度はチクソ指数 TI として表わされ、クリームはんだの印刷性の評価に使用される。すなわち、流動性の良し悪しが、にじみ、かすれとなって出てくるのである。

ローリングしたクリームはんだがスリットに押し込まれる滲出圧 AB' は、スキージ角度を α とし、進行方向の力を F とすると、 $AB' = F \tan \alpha$ と表わされる。したがって、 α が小さいほど、 AB' が大きくなることがわかる。一般に、粘度の固いクリームはんだの場合ほどスキージを傾けて使用するのはこのことによる。クリームはんだの場合、その粘度とチクソ性から、バランスの取れたローリングと流動性が得られるのは、スキージ先端角度が 45° 近辺であるので、角スキージが最も良く使われてきたのである。以上に述べた基本メカニズムを元に、リードピッチの微細化に対応したスクリーン印刷機の構造を考えてみたい。

3. リードピッチの微細化に対応する条件

3.1 クリームはんだ

(1) ローリング性、チクソ性が良いこと。

参考に(株)マルコム・原田氏の「粘度 (η) - チクソ指数 (TI) 図」によりクリームはんだの印刷性概念図を示す (Fig. 4 参照)。

(2) 粒子が微細であること。

(3) 粒子が均一な形状（球形）であること。

(4) 粉末はんだとフラックスが分離しないこと。

(5) フラックス残渣の除去が容易であること。

3.2 メタルマスク

リードピッチの微細化が進むほど、版の伸びや歪みに

Fig. 4 A general idea of solder cream printing (10rpm, 6sec⁻¹, 25°C).

Fig. 5 Stencil.

Fig. 6 An ideal stencil's etching form.

よる転移誤差が問題になってくるので、原則としてコンタクト印刷となる。その際、版と基板の離着方法に一工夫必要であり、後述することとする。ここでは、メタルマスクの開孔形状も重要な要因となつてこよう。すなわち、現状のメタルマスクは、単板にしるサンドイッチ構造にしる、Fig. 5 のように途中に凹凸が出た状態になっている。これがスリット幅が0.2mm以下になった場合のクリームはんだの欠け等の要因としてクローズアップされてくるであろう。

コンタクト印刷に対し、版離れを良くし微細パターンを精度良く転移させるためには、Fig. 6 のような直線形状で、しかも、滑らかな面が得られるような加工方法が必要になってくる。このような理想的形状が得られれば、目ずまりや裏回りも激減する。

3.3 スキージ

前項で、スキージ先端の角度 α が、クリームはんだのローリング性と滲出圧を促進する要因であることを示したが、現在行なわれている一般的なスキージ形状 (Fig. 7 参照) では、どのタイプもさらにローリング性を良くする改良が必要である。たとえば、平スキージでは、スキージの角度を45°近辺まで倒した場合、ゴムの腰折れや、必要以上のスキージストロークになり、版や機械が大き

Fig. 8 R-squeegee.

Fig. 9 No-coat printing.

くになってしまうので、角度60~80°でもより良いローリング性が得られるように、Fig. 8 のような特殊形状のゴムを使用しなければならない。角スキージのほうは角度としては良いのだが、クリームはんだのローリング半径が小さい。剣スキージについても同じことがいえる。

もっと重要なことは、Wスキージ印刷の方向性の違いが、微細リードピッチでは、線幅そのものが小さいために品質管理上無視できなくなるであろう。したがって、ノーコート印刷による一方向からの印刷が必要である (Fig. 9 参照)。

3.4 位置決め精度

0.5mmピッチのランド幅が0.3mm、スリット幅を0.2mmとすると、Fig. 10のようにクリームはんだがランド内に入るには、位置ずれは、 $\Delta X \Delta Y$ のみで考えれば $\pm 0.05\text{mm}$ で

Fig. 7 Type of squeegee.

Fig. 10 Case of 0.5mm pitch.

あるが、 $\Delta\theta$ を考慮し、 $\pm 0.03\text{mm}$ 以下の精度が必要である。このような高精度の位置決めが必要な場合には、ピン挿入による位置決め方法では精度向上には限界があるし、版と基板のマニュアルでの整合に時間がかかる。そこで、CCDカメラによる高精度な画像処理方式位置合せ装置が必要になってくる。

当社の場合、現状でもアライメント精度 $\pm 10\mu$ 、機械繰り返し精度 $\pm 10\mu$ 以下を維持できているので問題はない。この画像処理方式には、分野別に色々な種類の組み合わせがあり、Tab. 1 のようになる。コンタクト印刷の場合、版のパターン精度が印刷で転写したクリームはんだの位置精度がそのまま出るので、段取替えの容易さから、版がスライドしてアライメント位置で版のマークを基準に取り、テーブル上の基板マークを合せる無試刷2点認識方式が機能的である (Fig. 11参照)。

3.5 印刷の連続性

これまで示してきた印刷性に対する版やクリームはんだや印刷機の条件が全て満たされれば、微細ピッチであっても、相当に印刷の連続性が維持できるであろうが、版の抜け形状の均質化の困難さや、クリームはんだが時々刻々変化して行く実態を考えると、版の目ずまりや

Fig. 11 Vision System 2-b* Type (Tab. 1)
(Stencil frame slide type without test printing)

裏回りに対して、裏拭き装置が必要になってくる。しかも、最近はフロンが使用できないのでドライが望ましい。当社では、ロール巻き取り方式で、しかも吸引装置もついていた方式を実用化している。

3.6 版離れ

3.2項で触れたように、微細リードピッチ印刷の場合コンタクト印刷であり、クリアランスによる版の自然な版離れがなく、テーブルの下降動作のみであり、従来のようなハイスピードで、しかもわずかであっても衝撃が版に伝わるような動作では、クリームはんだを崩しかねない。したがって、下降動作はスローにダウンし、ある一定位置下がった位置から通常動作の取れるテーブル構造が必要である。

3.7 基板

Tab. 1 Vision system

	Type	Test print With/without	Number of camera	Stencil frame slide With/without	Process
1	1 Mark cognition	with	1	without	PCB, HIC
2	2 Mark cognition	a with	2	without	PCB, SMT, HIC
		b* without	2	with	SMT
3	4 Mark cognition	a with	4	without	G S
		b without	4	with	G S
4	2 Mark 2 position	without	4	without	SMT

* See Fig. 11

微細リードピッチの基板は、反りの少ないもので、チャッキングを確実にこなわなければならない。場合によっては、搬送治具が必要になってくるだろう。

3.8 恒温恒湿装置

クリームはんだの温湿度による粘度変化を、一定に保つ目的で用いられる。

3.9 印刷条件のデジタル設定,またはフロッピー入力

微妙な条件の変化で印刷性が損なわれることを防ぎ、常に物理的に同じ条件を保つために、印刷条件（スキージスピード、印圧、押し込み量、スキージストローク等）を数値管理する必要がある。

以上が微細リードピッチに対応するクリームはんだ用スクリーン印刷機の条件と考えられる。

機械、装置としては、すでに大型産業用基板のSMT用画像処理付スクリーン印刷機であるLZ-8645VやLZ-8918 (Fig.12参照)、ハイブリットIC用画像処理付印刷機LZ-15TVFB (Fig.13参照)、SMT用画像処理付スク

リーン印刷機LZ-34TVFA (Fig.14, Tab.2参照)に取り入れられているものもある。

4. おわりに

基板全体に占める微細リード実装部品の割合や配列によっても印刷条件が変化するので、スキージ回りや版、

Fig.12 LZ-8918

Fig.13 LZ-15TVFB

Fig.14 LZ-34TVFA

Tab. 2 Specification of LZ-34TVFA

Printing size	300×400mm (max.)
Screen frame size	550×650mm 650×750mm
Printing mode	Standard printing Double squeegee Jumping squeegee
Squeegee printing	Angular (60°-90°) floating or fixed
Table adjustment	X, Y ± 5 mm θ ± 1.5°
Table clearance	Z 20mm
Squeegee stroke	0-490mm
Monitor	9"TV×2
Camera	CCD camera×2
Magnification	40×
Optical field range	3×4mm (40×
Alignment accuracy	±0.01mm (40×
Alignment time	Within 2 sec.
X, Y, θ movement	Stepping motor
Flow direction	Left→right
Cycle time	20 sec./pc. (depends on user spec.)
Power source	A C 200 V, 50/60Hz 3 phase
Pneumatic pressure	More than 5 kg/cm ² G
Control system	Programmable controller
Machine dimensions	(W) 3690×(D) 1055× (H) 1645mm
Weight	1000kg

およびクリームはんだの設計はその都度変更していかなければならないかも知れない。また、どのリードピッチまでがスクリーン印刷法で可能なのかは、クリームはんだの改良による要因がウェイトを占めることになるのではないだろうか。ともあれ、当社としては、顧客との情報交換を密にしてニーズに合った機械を作りこんでゆこうと考えている。

参 考 文 献

- 1) 菅原：電子材料，1989年5月号
- 2) 菅原：サーフェイスマウントテクノロジー，'89，p.159
- 3) 大塚：サーフェイスマウントテクノロジー，'91冬号，p.22～23
- 4) 三階：特殊印刷通信，1990.9，No.40，p.19
- 5) 石黒：電子技術，1988年3月号，p.33
- 6) 原田：Electronic Packaging Technology，1991.4，p.32
- 7) 山田：新スクリーン印刷技術全集，第1巻，p.95
- 8) 原田：マイクロ接合研究委員会資料，MJ-S-89，p.19
- 9) 綱島：電子材料，1991年4月号，p.56