

長期高精度塗布SMD接着剤の開発

Development of SMD Adhesive with Stable Dispensing during Longtime

桑 原 涼
Ryou Kuwabara

岸 新
Arata Kishi

山 口 敦 史
Atsushi Yamaguchi

宮 川 秀 規
Hidenori Miyakawa

要 旨

PDP, DVD, BDなどのAV機器から白物家電, 産業用機器に至る広範囲のエレクトロニクス商品に搭載されている電源基板などの表面実装には, フローハンダ付けが用いられている。その前工程として, SMD (Surface Mount Device: 表面実装部品) 接着剤を塗布してチップ部品の仮止めを行う。

今回, 筆者らは, SMD接着剤に含まれるマイクロカプセル状硬化促進剤の被膜の厚膜化により, 低温硬化性と長期高精度塗布性の両立を試み, 適正化を行った。その結果, 100℃以下の低温硬化型では従来の2倍以上となる, 10日間以上の長期高精度塗布可能なSMD接着剤を開発した。

Abstract

Flow-soldering is used for surface mounting of power boards within electronic products such as PDP, DVD, BD, consumer products, and industrial apparatus. Before flow-soldering, Surface Mount Device (SMD) adhesives are used for fixing the chip devices in place.

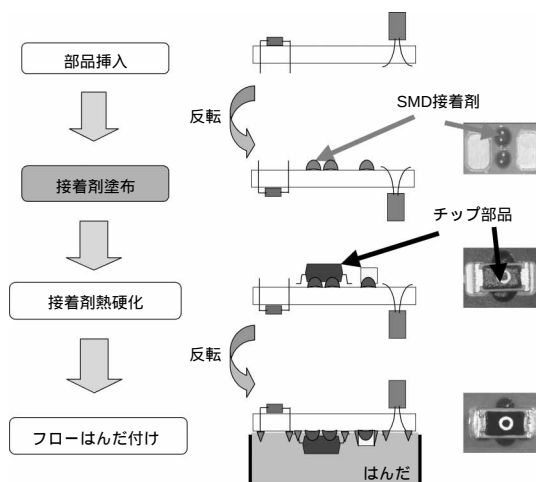
In this report, we have tried to make a low-temperature-hardening SMD adhesive that can be dispensed stably for a long time by controlling the thickness of the film containing micro-capsules of hardening accelerator. As a result, we developed a new SMD adhesive that can be dispensed stably for more than 10 days and can be hardened at temperatures lower than 100℃.

1. はじめに

今日, PDP, DVD, BDなどのAV機器から白物家電, 産業用機器に至る広範囲のエレクトロニクス商品に搭載されている電源基板などの表面実装には, 一般にフローハンダ付けが用いられている^{1), 2), 3)}。フローハンダ付けは, はんだ槽に基板を浸漬して接合するので, チップ部品やCSP (Chip Size Package) パッケージICなどの電子部品の落下やずれを防止するため, その前工程として部品の仮止め接着が必要である(第1図)。この仮止めに用いられるのが, SMD接着剤である。

このSMD接着剤を塗布する塗布機に関しては, 従来, 空気圧によりシリンジからノズルへと直接材料を供給するエア式ディスペンサーが使用されてきた。しかしながら, エア式ディスペンサーでは, 空気圧の変動がそのまま塗布状態に反映するため, 塗布量が不安定になるという問題があった。

そこで, 塗布量の安定性を考慮して開発されたのがネジ式ディスペンサーである。ネジ式ディスペンサーでは, 空気圧によってシリンジから押し出された材料がチューブを通してノズルユニットに供給される。ユニット内にはネジが通されており, 材料はそのネジを通過し, ネジの回転速度によって塗布量を制御するため, 安定した塗布量が得られるようになった(第2図)。これまでSMD接着剤は, 弱耐熱部品の搭載例の増加という観点から, 低温硬化の製品が各社で開発されるようになってきた^{4), 5), 6)}。

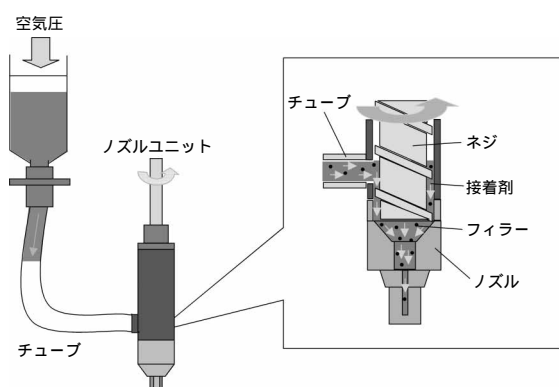


第1図 フロー実装ラインの模式図

Fig. 1 Structure of flow-soldering line.

しかしながら, 従来の100℃以下低温硬化接着剤をネジ式ディスペンサーで連続使用するには, 接着剤の粘度変化が起り, 塗布が不安定になりやすい。そこで, 連続使用時の塗布性の向上が課題となっている。

本稿では, 100℃以下低温硬化性を維持しながら, 長期にわたり高速タクト(0.07 s/shot)に対応可能な高精度塗布性能を向上させることを目的とした, 新たな接着剤の設計開発について報告する⁶⁾。本技術は, 当社のモノづくり基盤となる表面実装の効率を向上し, 従来に勝る生産性を実現するために有効な技術である。



第2図 ネジ式ディスペンサーのノズルユニット模式図

Fig. 2 Structure of nozzle unit of screw type dispenser.

2. SMD接着剤の課題

当社のSMD接着剤開発は、1992年の150℃硬化から始まった。その後、LED (Light Emitting Diode) などの弱耐熱部品の増加や、省エネルギーといった観点から低温硬化型の開発を進め、1999年に世界初の85℃硬化の接着剤の開発に成功した。現在では、各社で100℃以下低温硬化の接着剤が開発されている。

そこで、今回、現状の100℃以下低温硬化接着剤の課題を抽出するため、実装現場での使用状況について調査を実施した。その結果、1週間以上ノズルユニットを連続使用する際には、接着剤の粘度変化に伴い塗布不良（糸ひき・飛びなど）が頻発するという声が非常に多いことがわかった。ほかにも、ノズルユニット内で接着剤が硬化するといった現象も見られた。これらの塗布不良や硬化の発生予防策として、1週間以内でのノズルユニット洗浄または交換を余儀なくされるため、生産コストは増大し、生産効率は著しく低下する。

そこで、このような現場の声を反映し、低温硬化性を維持しつつ、保存性と長期高精度塗布性を両立させるための材料設計に取り組んだ。

3. 材料設計コンセプトと特性評価法

3.1 材料設計コンセプト

SMD接着剤の成分は、主剤に硬化剤、硬化促進剤を加えたベース樹脂に、フィラーや着色剤を混合することによって精製される。

主剤は、SMD接着剤の最大配合成分で、エポキシ、アクリル、シリコンなどがあり、粘度調整などの目的で複数種類を混ぜ合わせることもある⁷⁾。硬化剤、硬化促進剤は、チオール系、アミン系、イミダゾール系などがあ

り、主剤を架橋する役割を担う。形状は粉体状や液体状などさまざまである。フィラーはタルク、シリカなどがあり、粘着性、接着強度、塗布性などを向上させるが、添加量の多少により逆効果を生む恐れがあるので、調整が必要である。

今回の開発目標は、100℃以下低温硬化性を維持しつつ、保存性、長期高精度塗布性を向上させることである。これらの特性は、接着剤の粘性・硬化性に関連していると考えられるため、それらの性質を決める要因について改善する必要がある。この要因には、主剤中に含まれるモノマーの構造（主鎖・側鎖の長さなど）、硬化剤・硬化促進剤の種類や反応性、フィラーの成分・量・形状（球体、粉碎など）・粒径などさまざまなものが考えられる。

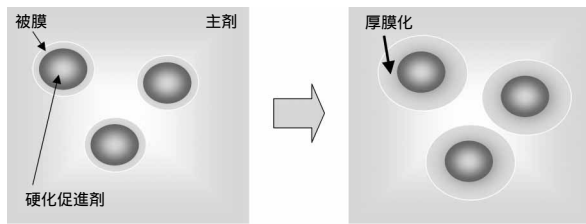
中でも、硬化剤・硬化促進剤の反応性制御は、材料の粘性や硬化性を決定づける上で重要な課題であるといえる。なぜなら、硬化剤・硬化促進剤がどういった条件下で反応を起こすかにより、材料が増粘するタイミングや硬化温度が決まるからである。低温硬化性を維持するには、硬化する際の反応活性化エネルギーをできるだけ低くする必要がある。一方、保存性や長期高精度塗布性を向上させるには、反応活性化エネルギーを高くし硬化性を抑制する必要がある。この反応活性化エネルギーは、主剤と硬化剤・硬化促進剤との相溶性によって決定される。したがって、硬化剤・硬化促進剤の反応性制御をねらいとした材料設計を行った。

ベース樹脂であるエポキシ樹脂中に含まれているイミダゾール系硬化促進剤はマイクロカプセル形状であり、それをジェル状の被膜で覆うことで、硬化反応の進行を制御している。保存性および長期高精度塗布性を向上させるには、主剤との相溶性を抑制する必要がある。そこで、第3図に示すように硬化促進剤の被膜膜厚を、リファレンススペース樹脂1の膜厚を1.0として、膜厚を変化させた。その結果、膜厚比が2.0を超えると硬化温度が100℃以上となったため、膜厚比として1.2、1.4、2.0を選択した。

また、保存性評価にてベース樹脂を選択後、被膜の厚膜化に伴う塗布性への影響を考慮し、フィラー含有量を変更することで、ベース樹脂、フィラー量変更前後での長期高精度塗布性能を比較した。目標スペックは、40安定保存日数を5日以上、高精度塗布可能日数を10日以上とした。

3.2 試料作製

硬化促進剤被膜の膜厚比が異なるベース樹脂、着色剤、およびフィラーを秤量（ひょうりょう）し、ロール混練機を用いて25分混合した。その後、真空状態にて攪拌（かくはん）し、25 g用シリンジに詰め替えてから遠心脱泡



サンプルNo.	樹脂No.	被膜膜厚比	フィラー含有量(wt%)
	1	1.0	25
	2	1.2	25
	3	1.4	25
	4	2.0	25
-2	4	2.0	25+5(=30)
-3	4	2.0	25-5(=20)

第3図 被膜の厚膜化とサンプル組成

Fig. 3 Film of hardening accelerator and composition of samples.

を行い、評価サンプルとした。

3.3 評価方法

〔1〕保存性評価法（40 加速）

得られたサンプルの保存性測定において、効率性向上のため40 硬化炉内に放置する加速試験を試みた。なお、評価はE型粘度計を用いて粘度測定を行った。その他、測定温度、回転速度、時間ともに一定とした。

なお、評価は接着材料が初期粘度の20%以上に増粘するまでの日数を測定した。

〔2〕長期高精度塗布性評価法

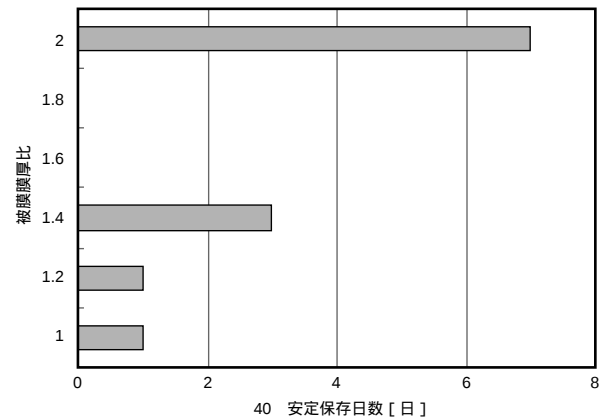
長期的な塗布性能を検証するため、新たに評価実験を試みた。はじめに、それぞれのサンプルに応じて、ネジ式ディスペンサーを用いて、教示値をクリアできる適正な塗布条件（塗布温度、塗布圧、塗布量）を決定する。この塗布条件を変更せずに、1日当り一定枚数の基板に接着剤の塗布をし、それを毎日繰り返すことにより、高精度塗布可能日数を測定した。

なお、塗布後のサンプルおよびノズルは室温にて放置し、基板一枚当たり1%以上の塗布不良（糸ひき、飛び散りなど）が発生した時点、またはノズル内での接着剤硬化により塗布不能になった時点で測定終了とした。

4. 結果

4.1 被膜膜厚の効果

硬化促進剤被膜の膜厚が異なるベース樹脂1～4を使用し、同一のフィラー含有量で作製したサンプル～について、40 加速の保存性試験を行った。その結果、第4図に示すように、安定保存日数がほぼ膜厚増加率に比例



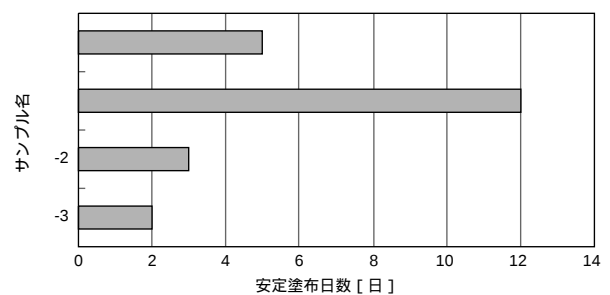
第4図 硬化促進剤被膜膜厚比と保存性の関係

Fig. 4 Relationship between thickness ratio of film of hardening accelerator and preservation days.

し、サンプルについては7日間安定保存可能であり、目標スペックをクリアした。このことから、被膜の厚膜化により、硬化促進剤の反応を遅らせ、保存性の向上に寄与しているといえる。

この結果より、ベース樹脂を4に絞り込んで長期高精度塗布性評価を行った。

膜厚差による違いを見るため、フィラー含有量が同一であるサンプルおよびを比較すると、第5図に示すように、がの2倍以上である12日間の長期高精度塗布性を示し、目標スペックをクリアした。また、塗布形状を比較すると、5日目には塗布高さに0.2 mm以上の大きな差が現れ、がに比べ形状も安定であることがわかつ



	1日目	3日目	5日目	10日目	12日目
				安定塗布不能	
					
-2			安定塗布不能		
-3		安定塗布不能			

第5図 安定塗布日数と塗布形状

Fig. 5 Number of days dispensed stably and shape of adhesives.

た。さらに、粘性については、粘度は が の1.1倍、一方チキソ比は0.9倍であった。これらは、被膜成分の増加に伴う粘性変化と考えられる。

4.2 フィラー含有量が長期高精度塗布性に与える影響

次に、被膜を厚膜化した際にさらに安定した塗布形状が得られるフィラー含有量を調べるため、フィラー含有量を5 wt%増量した -2, 5 wt%減量した -3を作製し、長期高精度塗布性試験を行った。その結果、 -2では糸ひきの発生、 -3では飛び散りの発生により測定終了となり、目標スペックを大幅に下回った。また、塗布形状に関しても、第5図に示すように、粘性の差に伴い1点当りの塗布量にバラツキが生じ、塗布高さの変動が大きくなることがわかった。さらに、粘性については、 -2では粘度が の1.2倍、チキソ比が1.4倍、 -3では粘度が の0.75倍、チキソ比が0.8倍であった。これらは、フィラー含有量の増減に伴う粘性変化であると考えられる。次章にて、長期高精度塗布性に対する被膜厚膜化の効果とフィラー含有量の影響について考察する。

5. 考 察

長期高精度塗布性に対する被膜厚膜化の効果とフィラーの影響を検証するためには、実際に塗布される状況での接着剤の硬化性および粘度の変化を比較する必要がある。そこで、サンプル , , -2について、以下の2種類の検証実験を行った。

まず、硬化性に関しては、塗布された接着剤の硬化反応開始温度測定を行った。接着剤がユニット内を通過する際、ネジの回転によるせん断、フィラーとの衝突、および温度の影響により、硬化促進剤被膜が剥離（はくり）される。そのため、塗布される接着剤の硬化反応開始温度は次第に低下すると考えられる。

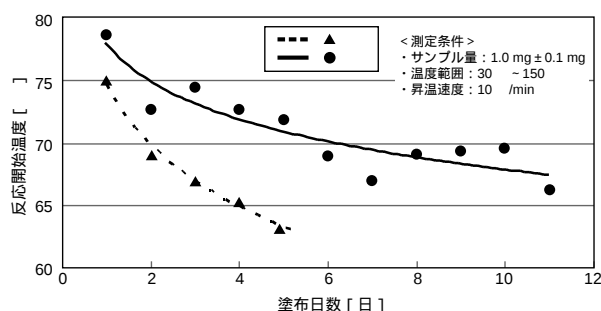
次に、粘度に関しては、ネジの回転と同程度の回転速度における、粘度の経時変化測定を行った。その際、接着剤に断続的にせん断をかけることによる粘度低下と同時に、硬化促進剤被膜の剥離が進行し、硬化促進剤の一部がむき出しになった時点で硬化反応が始まり、増粘して硬化に至ると考えられる。

これらの検証実験から、被膜厚膜化の効果およびフィラー含有量の影響について考察する。

5.1 硬化反応開始温度測定

長期高精度塗布性試験で基板に塗布された接着剤の一部を採取して、DSC (Differential Scanning Calorimetry : 示差走査熱量計) 測定を行い、硬化反応開始温度を比較

した。その結果、第6図に示すように、厚膜化したベース樹脂4を用いて作製した , -2では、 に比べ反応開始温度の低下が緩やかであることがわかった。また、いずれのサンプルについても、硬化開始温度が100 以下を維持していることが確認された。

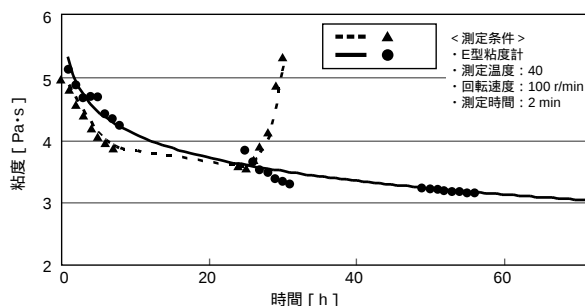


第6図 硬化反応開始温度の経時変化

Fig. 6 Alteration of hardening temperature.

5.2 粘度測定

次に、ネジ内部での接着剤粘度変化の様子を検証するため、E型粘度計を用いて、1時間置きにせん断をかけたときの粘度変化を測定した。なお、測定期間は3日間とし、被膜の剥離を加速させるため、測定温度は40 とした。ただし、測定時間以外および夜間は室温に放置した。その結果、第7図より、 では約30時間後に硬化促進剤被膜の一部がむき出しになり、増粘を開始しているのに対して、 -2では、3日経過した時点では被膜剥離が進行し切らず増粘が起こらないことがわかった。

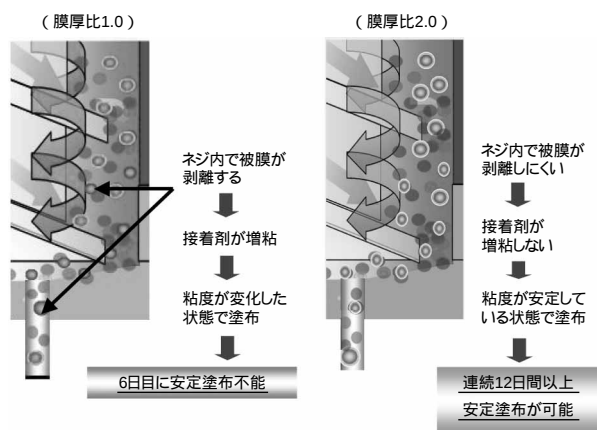


第7図 接着剤粘度の経時変化

Fig. 7 Alteration of viscosity of adhesive.

以上の結果から、被膜厚膜化の効果として、 ではネジ内での被膜剥離の進行が早いため、増粘に至るまでの時間が短く、反応開始温度の低下も早くなり、短期間で高精度塗布不能となる。一方、 では被膜の厚膜化により、ネジ内で被膜が剥離しにくいいため、増粘を遅らせる

ことができ、反応開始温度の低下が緩やかとなる。その結果、に比べて2倍以上長期高精度塗布が可能になると考えられる（第8図）。



第8図 ユニット内部の接着剤の流れ

Fig. 8 Flow of adhesives in nozzle unit.

また、フィラー含有量の影響として、含有量を5 wt% 変更した -2) に関してみると、被膜厚膜化により硬化性、粘度の変化は に近い値を示している。したがって、フィラーの衝突については、5 wt%の含有量増加は、被膜の剥離に大きな影響を及ぼさないといえる。しかしながら、初期段階での粘性の違いにより塗布性が悪化したと考えられる。したがって、ネジ式ディスペンサーにおいてさらに長期高精度塗布性を向上するには、最適な初期粘性をもたせるためのフィラー含有量の適正化が、今後の課題の1つであるといえる。

6. 実用化

100 以下低温硬化を維持しつつ、長期高精度塗布性、保存性などについて従来特性を上回ることが可能であるこの接着剤は、現在PFSC（パナソニックファクトリーソリューションズ（株））にて商品化され、実装現場に導入している。

7. まとめ

今回、筆者らは、100 以下の低温硬化特性を維持しながら、保存性と長期高精度塗布性に優れた新しいフローはんだ付け用SMD接着剤を開発した。主剤と硬化促進剤の相溶性に着目し、硬化促進剤の被膜を厚膜化することにより、ネジによるせん断に強く粘性の安定した接着剤が得られた。硬化温度は100 以下でありながら、40 保

存可能日数は7日、高精度塗布可能日数は12日となり、長期高精度塗布性は飛躍的に向上した。これに伴い、ノズルユニット交換などのメンテナンス面での負担が軽減され、生産性はさらに向上している。

今後も、実装現場の動向を的確にとらえ、現場の課題を解決できる接着材料を設計開発することにより、モノづくりへの貢献範囲を広げていく。

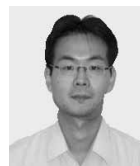
参考文献

- 1) 仲田周次 他：標準マイクロソルダリング技術（日刊工業新聞社）p.153,p185 (1992).
- 2) ハワード H. メンコ（川口寅之輔 訳）：ソルダリング実践技術（工業調査会）p.143 (1989).
- 3) 古澤彰男 他：鉛フリーはんだ技術と実用化推進 Matsushita Tech. Journal 49, No.1, pp.85-90 (2003).
- 4) 宮川秀規：ファインSMT対応低温硬化型導電接着剤の開発 7th Symposium on "Mate" pp.195-200 (2001).
- 5) アサヒ化学HP：http://www.asahi-kagaku.co.jp (参照2008.3.5).
- 6) 桑原涼：マイクロエレクトロニクスシンポジウム2007論文集（マイクロエレクトロニクス実装学会）p.295-298 (2007).
- 7) 垣内弘：エポキシ樹脂（昭晃社）(1990).

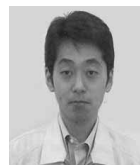
著者紹介



桑原 涼 Ryou Kuwabara
生産革新本部 実装技術研究所
Jisso Engineering Lab., Corporate Manufacturing Innovation Div.



岸 新 Arata Kishi
生産革新本部 実装技術研究所
Jisso Engineering Lab., Corporate Manufacturing Innovation Div.



山口敦史 Atsushi Yamaguchi
生産革新本部 実装技術研究所
Jisso Engineering Lab., Corporate Manufacturing Innovation Div.
工学博士



宮川秀規 Hidenori Miyakawa
生産革新本部 実装技術研究所
Jisso Engineering Lab., Corporate Manufacturing Innovation Div.