

# ホットメルト接着剤の適用評価 (1)

原賀 康介\* 桧垣 孝志\*\*  
宮尾 国彦\*\* 島本 幸三\*\*



## 1. まえがき

電機産業において、接着剤は多くの機種に使用されており、接着剤を使用していない製品をさがすのに苦労するほどである。そのため接着剤の種類も膨大なものとなっているが、その使用量は他の一般工業に比べるとかなり少ない<sup>1)</sup>。しかし、接着剤に要求される性能は非常にきびしく、ゆえに、その使用法いかんによっては機器の生命を左右する重要な役割をはたすことが多い。また、家電製品においては、量産性を重視することから、設計の簡略化・製造プロセスの省力化・自動化などが重要な課題となってくる。一方、最近では安全・衛生面への配慮も重要となってきた。

そこで、ホットメルト接着剤がこのような条件を満足するものとして注目されてきた。電機産業におけるホットメルト接着剤の利用例としては、スピーカーの3点接着、ワイヤー類の結束、コンセント・サーキットブレーカーの絶縁およびネジ止め、コイル類の絶縁および固着、シーリング、冷蔵庫冷却器<sup>2)</sup>、テレビ偏

向ヨークの接合、小型電動機の巻線固定<sup>3)</sup>などがあげられるが<sup>1)</sup>、包装・製本・木工・繊維などの業界のような幅広いホットメルトシステムの採用がなされていないのが現状である<sup>1)</sup>。また、その耐熱性、耐環境性などに不十分な点も多く、今後のホットメルト接着剤の改良発展に期待するところが大きい。以上のような背景の中で筆者らは、ホットメルト接着剤をテレビやスピーカーの木製キャビネットの自動組立てへ適用すべく、キャビネットに要求される耐熱接着性、生産プロセスにおける作業性、使用環境における耐久性などについて検討したのでその結果を報告する。

## 2. 供試接着剤

熔融粘度の低い汎用性のEVA系ホットメルト接着剤4種類、高粘度で木工用に適したEVA系ホットメルト接着剤2種類、ポリアミド系ホットメルト接着剤1種類、反応型ホットメルト接着剤2種類について以下の試験を行った。この実験に用いた高粘度タイプEVA系ホットメルトは、熔融粘度がせいぜい5,000~8,000cpsのものしか吐出できない従来のノズルタイプアプリケーションでは適用不可能であるが、最近、

三菱電機(株)\* 生産技術研究所 \*\* 商品研究所

表-1 供試接着剤の種類と性状

接着剤の種類	グレード	軟化点(環球法)	熔融粘度
EVA系ホットメルト 低粘度タイプ	A 1	90~96℃	3,300 cps (180℃)
	A 2	89℃	3,600 cps (180℃)
	A 3	87~92℃	4,000 cps (160℃)
	A 4	86℃	1,200 cps (230℃)
EVA系ホットメルト 高粘度タイプ	B 1	100~106℃	45,000 cps (200℃)
	B 2	95~105℃	56,000 cps (200℃)
ポリアミド系ホットメルト	C	165~175℃	3,000 cps (200℃)
反応型ホットメルト	D 1	反応前 67℃ 反応後 160℃	3,200 cps (120℃)
	D 2	反応前 55℃ 反応後 159℃	4,500 cps (120℃)
クロロプレナム溶剤系	E		
酢ビエマルジョン系	F		

吐出能力が数十万 cps まで可能というノードソン11型, 12型 などが開発されたことから実用化が可能となった。しかも, これらの高粘度タイプEVA系ホットメルト接着剤は粘度の点でこれまで制約を受けてきたホットメルト系接着剤の諸物性を改良したものであり, 低粘度タイプのEVA系に比べると, オープンタイムが長い, 低温接着性が優れている, クリープが少ない, 耐熱性が良い, 冷熱サイクルに強いなどの特徴を持っている。ポリアミド系ホットメルトは低分子量のものを使用した。また, 反応型ホットメルトは, 時間の経過とともに空気中や木材中の水分と反応し高分子量化するタイプである<sup>4)</sup>。これらのホットメルト接着剤の性状を表-1に, B型粘度計により測定した熔融温度と粘度の関係を図-1に示した。なお, これらのホットメルト接着剤の特性を評価するために, 従来から木材接着に多用されているクロロプレナム溶剤系接着剤や, 酢ビエマルジョン系接着剤についても実験し, ホットメルト接着剤と比較検討した。

### 3. ホットメルト接着剤の接着性能

#### 3.1. 初期接着性能

引張りせん断強さ, 曲げ強さ, L型圧縮強さ, 衝撃強さを図-2に示したような試験片を用いて測定した。被着材はL型圧縮片, 衝撃試験片がパーティクルボードであり, その他の試片は塩ビ貼り3プライ合板

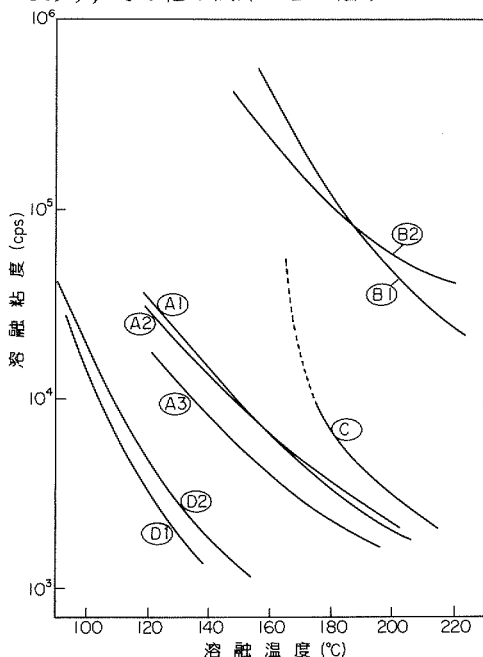


図-1 熔融温度と粘度の関係

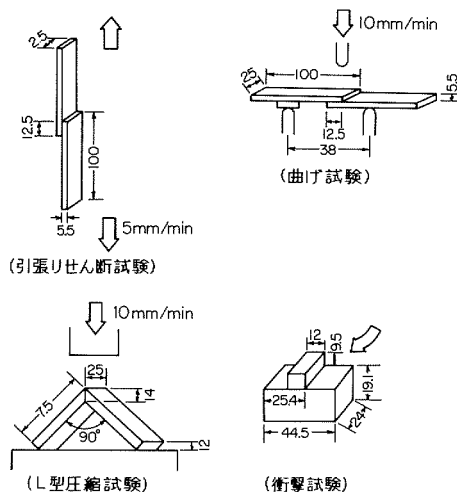


図-2 試験片形状と測定方法

(5.5t) を用いた。測定は室温で行い, 反応型ホットメルト, クロロプレナム系, 酢ビエマルジョン系接着剤は接着後8日以上室温に放置した後測定した。試験片の作製は, ノードソン12型アプリケータを使用して行い, 接着剤塗布後2~3秒で貼り合わせ, 圧縮は指圧で行った。ノードソン12型アプリケータは高粘度型ホットメルト接着剤用として開発されたものであり, グリッドヒーターを用いた first in first out 方式で, ギアポンプ圧送により数十万 cps 程度の高粘度ホットメルト接着剤も吐出できる万能型である<sup>5)</sup>。

測定の結果を表-2に示した。この結果より, 引張りせん断強さではいずれのホットメルト接着剤もゴム系接着剤(E)よりかなり強く, 酢ビエマルジョン系接着剤(F)とはほぼ同等かそれ以上の強度を示しており, 特に反応型ホットメルト(D1, D2)は高い強度を示している。曲げ試験ではすべて被着材破壊を示した。

表-2 初期接着強さ

接着剤	引張りせん断強さ		曲げ強さ		L型圧縮強さ		衝撃強さ	
	kg/cm <sup>2</sup>	破壊状態	kg/cm <sup>2</sup>	破壊状態	kg	破壊状態	kg·cm/cm <sup>2</sup>	破壊状態
A 1	46.0	B+A	9.6	B	27.4	B	3.9	C+B
B 1	58.5	B+A	9.4	B	28.4	B	7.6	C+B
B 2	44.0	B+A	9.5	B	23.3	B	19.2	B
C	52.5	C	10.6	B	24.5	C	0.9	C
D 1	62.7	B+C	8.8	B	13.1	C	1.9	A+C
D 2	70.7	B			30.0	B	6.9	C
E	20.3	C	7.3	B	13.9	C	6.1	C
F	54.8	B	9.3	B	16.7	B+C	2.9	B

破壊状態: A. 界面破壊 B. 被着材破壊 C. 凝集破壊

L型圧縮試験はキャビネットの構造、外力のかかり方などから比較的用条件に近いと考えられる。この強度において反応型ホットメルト(D1)はゴム系並みであり、その他は酢ビエマルジョン系よりかなり高い強度を示している。衝撃強さでは、ポリアミド系ホットメルト(C)と反応型ホットメルト(D1)が酢ビエマルジョン系より劣っている。このように室温におけるホットメルト接着剤の接着強さは、衝撃強さがゴム系、酢ビ系と比較して若干劣るものもあるかほぼ満足できる。

### 3.2 接着強度の温度依存性

テレビやステレオなどのキャビネットの接着においては組み込まれる部品からの発熱や、倉庫での保管、輸送時、夏期の直射日光などにも耐えなければならないことから、高温においても良好な接着性が要求される。そこで、各種接着剤について引張りせん断強さと曲げ強さの温度依存性を測定した。

その結果を図-3、図-4に示した。

引張りせん断強さの場合、ホットメルトに限らずすべての供試接着剤は温度の上昇とともに急激に強度が低下する。とくにEVA系のもは60℃で5kg/cm<sup>2</sup>以下に低下した。ポリアミド系、反応型ホットメルトは60℃で15~20kg/cm<sup>2</sup>の強度を保っており、酢ビ系やゴム系と同程度の耐熱性を有している。曲げ強さの場合は、いずれのホットメルト接着剤も0~45℃の範囲に強度の極大点をもち、60℃では強度は低下する。とくにEVA系のもは強度低下が激しい。ポリアミド系は60℃でゴム系や酢ビ系と同程度の強度を示し、

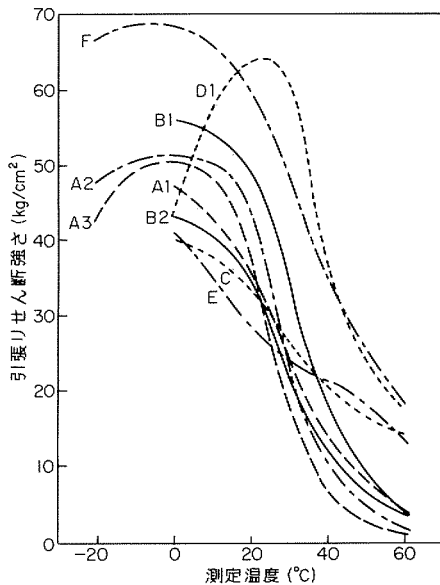


図-3 引張りせん断強さの温度依存性

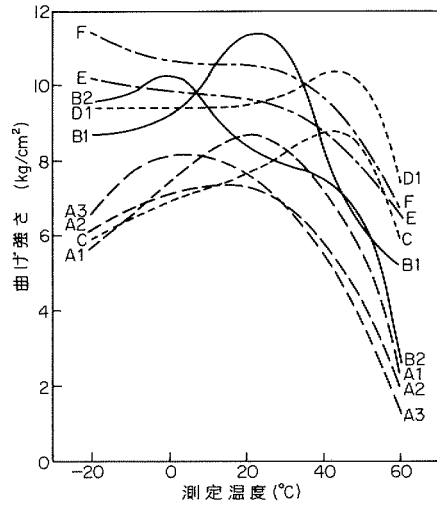


図-4 曲げ強さの温度依存性

反応型はそれを上まわっている。これはEVA系ホットメルトに比べポリアミド系や反応型ホットメルトは軟化点が高いためである。またポリアミド系ホットメルトはその温度-粘度曲線からもわかるように、軟化点の範囲が著しく狭く、分子鎖間に強い水素結合があるために融点に極く近い温度までほとんど温度に影響されず、EVA系などにみられる逐次軟化をおこさない<sup>6)</sup>ためである。

### 4. ホットメルト接着剤の作業性

ホットメルト接着剤は加熱熔融して被着材に塗布し、素早く貼り合わせて冷却するという接着方法であるため、その作業条件、環境条件を含めた最適接着条件を把握しなければ所期の接着強度は得られない。また、これらの条件は接着剤層の厚さにも関連しており、製品の寸法精度にも影響してくる。

ホットメルト接着剤の接着強度、接着剤層厚さに影響する要因には、接着剤の熔融塗布温度、オープンタイム、圧縮圧力、被着材温度、雰囲気温度、塗布量などがあり、これらが相互に関連しあって複雑に影響する。そこでこれらの要因が接着強度や接着剤層厚さに与える影響について以下に検討した。

#### 4.1 オープンタイムと熔融塗布温度の影響

ホットメルト接着剤は接着が完了するまでの時間が秒単位で、従来の接着剤に比べ著しく短いことを特徴としているが、あまり速すぎると接着作業が不可能となる。そこで適度なオープンタイムを有するものが要求される。キャビネットの接着においてはオープンタイムは短かすぎではならず、10~30秒程度が必要であ

る。オープンタイムはラインの接着スピード、塗布から圧着工程までの距離を決定するもので、ホットメルト接着剤を使用するラインではもっとも重要な因子である。また、対象被着材の種類により、それぞれ適正な粘度範囲のホットメルト接着剤を選ぶ必要があり、その粘度は接着剤の配合組成により決まり、温度-粘度曲線に直接関係する。溶融温度が低すぎると粘度が高すぎたり接着剤の冷却速度が早くなり被着材への「ぬれ」が悪くなる。

図-5にポリアミド系ホットメルト(C)の溶融温度とオープンタイムを変化させた場合の引張りせん断強さと接着剤層厚さの変化を示した。図にみられるように、オープンタイムが長くなるにつれて接着強度は低下し、接着剤層は厚くなる。これはオープンタイムが長くなるほど接着剤の温度が低下し、圧縮した際に被着材表面への「ぬれ」が悪くなるためである。またせん断強さは接着剤層が厚いほど弱くなるという一般の接着剤にみられる現象も強度低下の原因の1つと考えられる。なお、試験片はオープンタイムが長くなっても接着部全面に接着剤が広がるのに十分な量を塗布した。溶融温度を変化させた場合、せん断強さには影響は少ないが、接着剤層厚さには大きく影響することがわかる。

つぎに反応型ホットメルト(D2)を用いて、Vカットしたパーティクルボードを接着した時のオープンタイムの影響を表-3に示した。オープンタイムが長くなるにつれて折り曲げ角度は大きくなっている。しかし、L型圧縮強さについてはオープンタイム20秒までほとんど強度の低下はなかった。なお接着剤を塗布しないで折り曲げた時の角度は89.0°であった。

#### 4.2 圧縮圧力の影響

ホットメルト接着剤は貼り合わせて圧着されると接着剤が被着材に押しつけられたり、被着材表面に沿っ

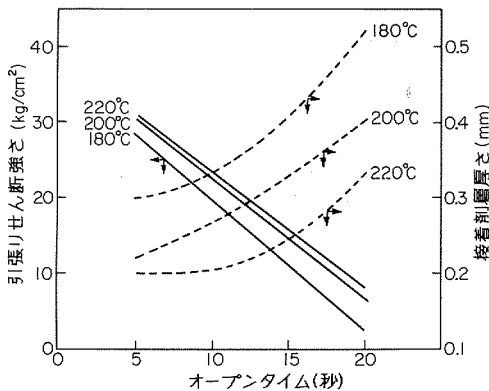


図-5 オープンタイムと溶融塗布温度の影響  
〔ポリアミド系ホットメルト(C)〕

表-3 Vカットの接着におけるオープンタイムの影響

オープンタイム	0秒	5秒	10秒	15秒	20秒	30秒
折り曲げ角度	89.5°	89.8°	90.2°	90.5°	90.7°	91.2°
L型圧縮強さ(kg)	31.6°	30.0°	30.3°	31.5°	31.2°	27.9°

て広がるが、いずれも接着剤の表面積が急激に増加して著しい温度の低下がおこる。そのためホットメルト接着剤の接合は暖間的に強く圧着する必要があるが、適正圧着力と圧着時間は種々の要因により一律に規定することはできない。そこで、それらの条件をいろいろ変えて検討することにより、最適の圧着条件を決める必要がある<sup>7)</sup>。ポリアミド系ホットメルト(C)について、せん断強さと接着剤層厚さに及ぼす圧縮圧力の影響をみたのが図-6である。この図より圧縮圧力が高いほどせん断強さは大きく、接着剤層厚さは小さくなるが、オープンタイムが短い間は低い圧力でも十分な強度を保っている。ところが、オープンタイム20秒では圧力が低いと所期の強度は得られず、接着剤層厚さもかなり大きくなる。そこで圧縮圧力を高くしていくと強度はかなり上昇していくが、ある圧力以上に圧力を高くしても強度の上昇は期待できないことがわかる。

#### 4.3 被着材温度の影響

被着材の温度が低い場合は、溶融塗布したホットメルト接着剤の冷却速度が速くなり、貼り合わせ時に被着材への接着剤の「ぬれ」が悪くなる。またオープン

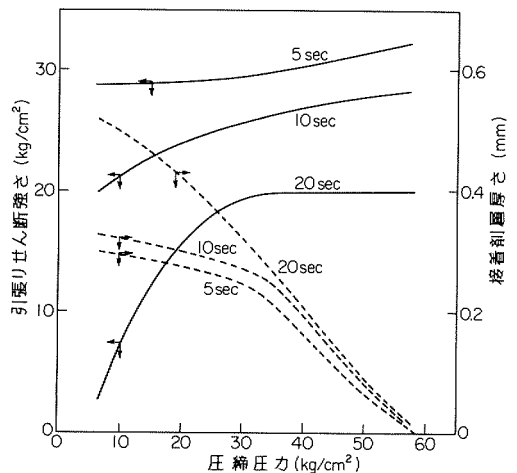


図-6 圧縮圧力とオープンタイムの影響  
〔ポリアミド系ホットメルト(C)〕

タイムが長い時は接着できない場合もある。そこで被着材温度とオープンタイムを変化させた時のせん断強さと接着剤層厚さを測定した。低粘度タイプEVA系ホットメルト(A4)について測定した結果を図-7に示した。図よりオープンタイムが短い時は被着材温度にあまり影響されず高い強度を示しているが、オープンタイムが長くなるにつれて被着材温度の影響が大きくなっている。また接着剤層厚さは温度によりかなり影響されることがわかる。

#### 4.4 接着剤塗布量の影響

この要因はホットメルト接着剤の塗布量と塗布形状の2つの要素からなり、塗布量が多いほど、表面積が小さいほど放熱は少なくなる<sup>7)</sup>。すなわち、塗布量が

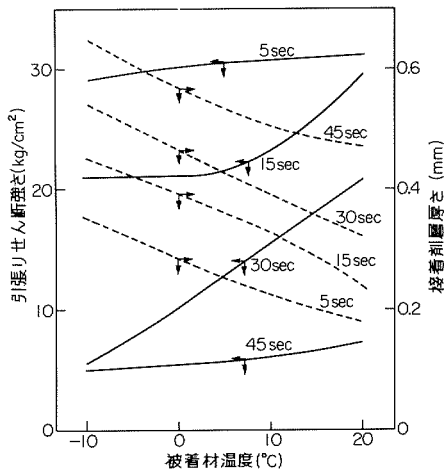


図-7 被着材温度とオープンタイムの影響  
〔低粘度タイプEVA系ホットメルト(A4)〕

多い場合は少ない場合に比べて、熔融塗布したホットメルト接着剤の冷却速度がゆるやかなためオープンタイムが長くなっても十分ぬれ広がることができる。また適切な塗布量を把握することは経済性の面からも重要である。

図-8は低粘度タイプEVA系ホットメルト(A3)について、塗布量とオープンタイムを変化させた時のせん断強さと接着剤層厚さの変化を測定したものである。

一定圧力で圧縮した場合、塗布量が多いと接着剤層厚さはうすくなり強度は高くなるがよくわかる。この例からも塗布量が多いほど「ぬれ」が良くなっていることが確認される。

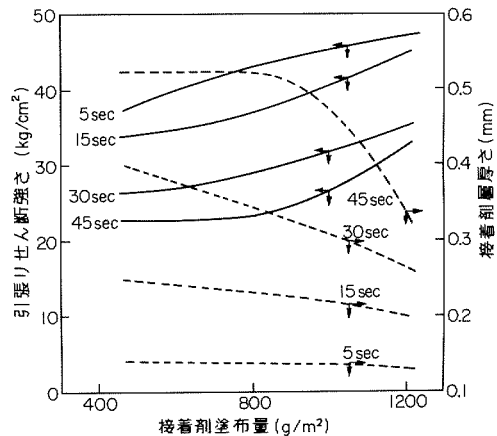


図-8 接着剤塗布量とオープンタイムの影響  
〔低粘度タイプEVA系ホットメルト(A3)〕

エストニアで生まれた新しいレゾルシノール系樹脂  
ターリン工業大学、ソ連石油化学工業省技術提携

# DFK 樹脂

●テスト用サンプル入手ご希望の方は当社DFK係へご連絡下さい

★ **名古屋油化学工業株式会社**

〒476 愛知県東海市南柴田町ホの割213-5 TEL. (0560)63-2611(代)