

〈技術論文〉

(受理：平成3年1月30日)

新しい構造用ウレタン系接着剤の開発と そのエレベーター意匠パネルへの適用

原賀 康介*, 西川 哲也*, 服部 勝利**,
山本 和美**, 勢力 峰生**

要 旨

典型的な多種少量生産品であるエレベーターの意匠パネルを効率的に生産するために、種々のパネル材質に対して優れた接着特性が得られる構造用ウレタン系接着剤およびプライマーを新たに開発した。また、表面材の種類にかかわらず基本構造を標準化し、製造方法を統一した。さらに、軽量で剛性の高い補強材の採用や表面材の薄肉化を行ない、軽量化を実現した。新しい意匠パネルは従来のパネルと同等以上の性能を有することが確認された。

1. 諸 言

エレベーターの主要パーツであるかご室の壁、扉、乗場の扉などの意匠パネルは、近年の高級化指向の高まりにつれて意匠・寸法仕様の多様化が著しく、典型的な多種少量生産品となっている。そこで、多種少量生産を効率よく行ない、顧客ニーズに柔軟に対応することが必要となってきた。また、省エネルギー化やエレベーターシステムの小型軽量化も要求されており、これらの要求に応えるためにかご室の重量を軽減することは従来から大きな課題であった。

そこで、従来は表面材の材料特性に応じて種々の構造がとられていた意匠パネルの構造を簡素化して標準化し、製造方法を統一することにより、多種少量生産の効率化を図り、また、軽量高剛性補強材の採用や表面材の薄肉化により軽量化を図ることとした。

これらを実現するためには、薄板でも歪みの出ない低硬化収縮性、焼き付け塗装にも耐える耐熱性、塩ビ鋼板のような熱に弱い意匠材料にも影響のない低温硬化性、各種材料に対する優れた接着強度と耐久性、さらに、優れた作業性を有する構造用接着剤が不可欠である。そこで、接着剤の開発に取り組み、新しい構造用ウレタン系

接着剤を完成させた。

以下に、構造用ウレタン系接着剤の開発のポイントおよび開発した接着剤の諸特性、新しいエレベーター意匠パネルの構造、性能、製造工程について述べる。

2. 構造用ウレタン系接着剤の開発

2.1 開発目標

エレベーターの意匠パネルの製造においては、変性アクリル系の構造用接着剤が既に10年以上にわたって使用されており、これまで不良の発生が全くないという実績が得られている¹⁻³⁾。そこで、新しい構造用接着剤の開発に当たっては、この構造用変性アクリル系接着剤の特性を基準とし、今回必要となる新たな特性を追加して、開発目標を次のように定めた。

- (1) 鋼板、ステンレス鋼板、塩ビ鋼板、亜鉛めっき鋼板に共通して適用できること。
- (2) はく離接着強度は15kgf/25mm以上であること。
- (3) 衝撃接着強度は20kgf・cm/cm²以上であること。
- (4) せん断接着強度は150kgf/cm²以上であること。
- (5) 破壊状態は接着剤の凝集破壊であること。
- (6) 耐湿性は、60℃90%RH 雰囲気60日間暴露後の強度保持率が70%以上を有していること。
- (7) 耐クリープ性、耐疲労性は構造用変性アクリル系接着剤以上の特性を有すること。
- (8) 薄板においても接着剤の硬化収縮による歪みが発生しないこと。

* 三菱電機機材材料研究所
尼崎市塚口本町8-1-1 〒661

** 同 稲沢製作所
稲沢市菱町1 〒492

- (9) 焼き付け塗装温度（最高175℃）に耐える耐熱性を有すること。
- (10) 硬化時間は20分以内であること。
- (11) 塩ビ鋼板は熱に弱いので、硬化温度は80℃以下であること。

2.2 開発のポイント

開発目標をクリアできる樹脂としてウレタン樹脂に着目して開発を進めた。なお、ウレタン系接着剤で金属を接着する場合はプライマーが必要であり、一般に加熱硬化タイプのプライマーが使用されるが作業性に難点があるため、今回の開発ではスプレーで塗布するだけですぐに使用できるプライマーの開発にも注力した。

その結果、プライマーとしては、リン酸エステル系の金属密着性改良剤を主成分とし、耐湿性向上のために微量の塩ビ系ポリマーを添加した1液溶剤タイプを開発した。このプライマーは粘度が非常に低く、溶剤は室温ですぐに乾燥するので、スプレーで薄く塗布するだけですぐに接着が可能である。

一方、ウレタン樹脂はポリエーテル型のポリオールとMDI（ジフェニルメタンジイソシアネート）系のイソシアネートプレポリマーからなる2液型とした。イソシアネート基は空気中に含まれる水分と非常に反応しやすく、水分と反応すると二酸化炭素を発生して接着剤が発泡するという問題を有している。図1に、発泡の程度と

せん断接着強度の関係を示したが、発泡の増加に伴って接着強度が低下することがわかる。湿度が高い場合や接着剤を塗布してから貼り合わせまでの時間（オープンタイム）が長い場合に発泡が起こりやすい。そこで、ウレタン系接着剤では、通常、空気中の水分がイソシアネートと反応する前に水分を吸着させてしまう吸湿剤が添加されているが、今回開発した接着剤では、発泡防止と接着特性を両立させるために、吸湿剤の種類および配合量を検討し最適化した。

また、耐熱性と接着特性を両立させるために、架橋剤の配合について検討し最適化を図った。

2.3 開発接着剤の諸特性

2.3.1 接着強度

表1に、開発した構造用ウレタン系接着剤の各種の材料におけるせん断接着強度、はく離接着強度、破壊状態を示した。鋼板、ステンレス鋼板については実際にはプライマーを塗布して使用するが、比較のためにプライ

Table 1 Bond strength and fracture mode of new structural urethane adhesives in various adherends.

Adherend	Primer	Peel Strength (kgf/25mm)	Shear Strength (kgf/cm ²)	Fracture Mode
Steel	Applied	20~26	241~306	Cohesive
	None	0	110	Interface
Stainless Steel	Applied	15~19	260~315	Cohesive
	None	0	153	Interface
PVC Steel	None	20~26	210~259	Cohesive
Galvanized Steel	None	15~21	198~257	Cohesive

Open time : 5 min. Without painting and baking.

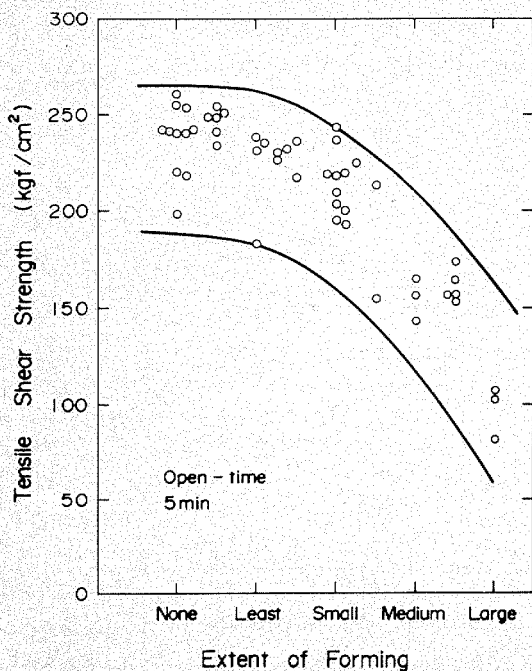


Fig. 1 Relation between tensile shear strength and extent of forming in adhesives.

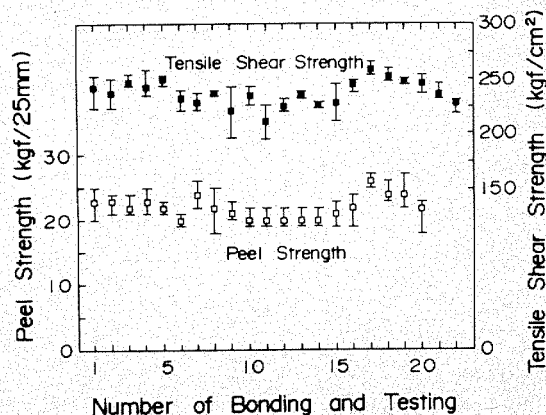


Fig. 2 Reproducibility of bond strength of new structural urethane adhesives. (Adherend : PVC steel)

Table 2 Bond strength of new structural urethane adhesives in various temperature.

	Temperature		
	-20℃	+25℃	+60℃
Peel Strength (kgf/25mm)	19	22	20
Shear Strength (kgf/cm ²)	260	236	167

Adherend : PVC Steel,

マーを塗布しない場合の結果も示した。この結果より、鋼板、ステンレス鋼板におけるプライマーの塗布効果は非常に大きく、いずれの材料においても優れた接着強度と破壊状態が得られていることがわかる。

図2には、開発接着剤の塩ビ鋼板におけるはく離接着強度、せん断接着強度の再現性試験の結果を示した。試験片の作製日は全て異なりオープンタイムはいずれも5分である。各回のサンプル数は5ケで、図中に示した範囲は5ケ中の最大値と最小値である。この結果より、接着強度の再現性は非常に高いことがわかる。

表2には、開発接着剤の塩ビ鋼板におけるはく離接着強度、せん断接着強度の温度依存性を示したが、-20℃から60℃の範囲で十分な接着強度を示すことがわかる。

衝撃接着強度は鋼で21kgf・cm/cm²、ステンレス鋼で27kgf・cm/cm²が得られている。

2.3.2 焼き付け塗装耐熱性

鋼板は接着後焼き付け塗装がなされるため、接着部も

高温にさらされる。塗料焼き付け条件は、下塗り塗料が最高175℃の炉中25分、上塗り塗料が最高160℃の炉中30分である。表3に、接着剤硬化後の鋼板試験片を、高温暴露および実際の塗装ラインに流した場合の接着強度を示した。いずれの条件においても接着強度の低下はほとんど見られず、また、破壊は凝集破壊であり、接着剤の熱による変色もなく塗装耐熱性は十分であるといえる。

なお、高温状態においては接着剤が柔らかくなり接着強度が低下しているため、高温状態において接着部に補強材の自重やそりによるスプリングバック力などが作用すると剥がれを起こすことが懸念される。しかし今回開発した接着剤では、80℃で8分間あるいは70℃で10分以上硬化すれば、高温状態においてこれらの力が作用しても問題のない十分な接着強度が発現していることが確認されている。

2.3.3 耐久性

図3に、開発接着剤の各種の材料における耐湿性を、はく離接着強度の保持率の経時変化で示した。暴露環境は60℃90%RH 雰囲気である。鋼板および亜鉛めっき鋼板で強度低下が見られるが要求条件をクリアしており、耐湿性も十分であることがわかる。

図4には、構造用ウレタン系接着剤の25℃および40℃におけるクリープ破断試験の結果を、構造用変性アクリル系接着剤の25℃の場合と比較して示した。25℃における構造用ウレタン系接着剤の耐クリープ性は構造用変性アクリル系接着剤よりも非常に優れており、40℃においても構造用変性アクリル系接着剤の25℃の場合より優れていることがわかる。

図5には、構造用ウレタン系接着剤の0℃、25℃、30℃、

Table 3 Effect of heat treatment on bond strength of new structural urethane adhesives.

Heat Treatment		Peel Strength (kgf/25mm)	Shear Strength (kgf/cm ²)
Temperature	Time		
Non treated		21	269
170℃	20 min	23	268
	30 min	23	280
	50 min	23	280
185℃	20 min	23	286
	30 min	22	267
	50 min	22	264
	80 min	21	264
	120 min	20	252
200℃	50 min	20	183
Treated by baking finish line		23	281

Adherend : Steel, Open time : 5 min.

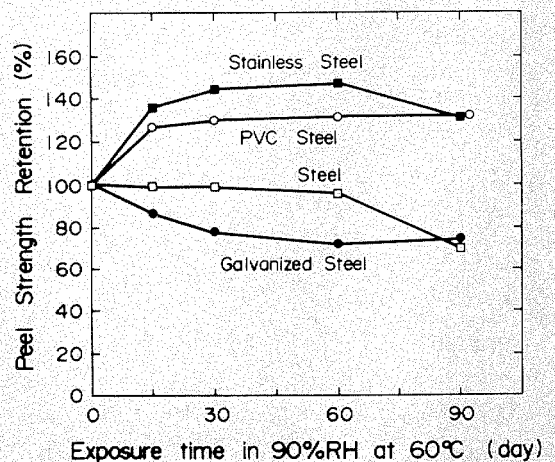


Fig. 3 Relation between peel strength retention and exposure time in 90% relative humidity at 60°C.

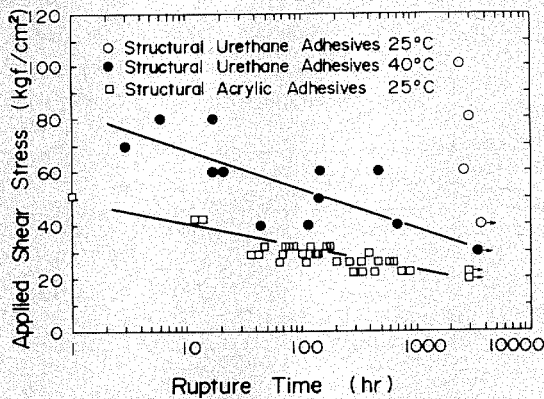


Fig. 4 Relation between applied shear stress and rupture time in creep tests.

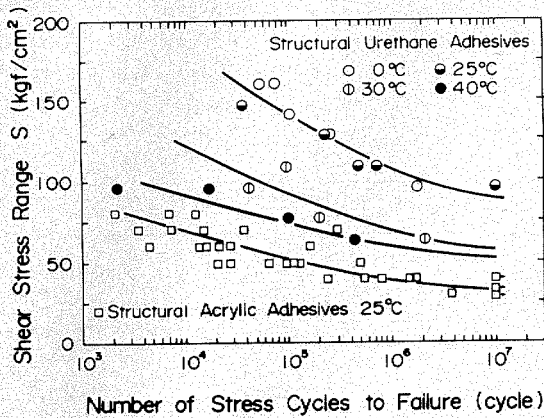


Fig. 5 Relation between shear stress range and the number of stress cycles to failure in fatigue tests.

40℃における繰り返し疲労試験の結果を、構造用変性アクリル系接着剤の25℃の場合と比較して示した。試験は、1000サイクル/分で0 kgf/cm² ↔ 5kgf/cm²の繰り返し引張りせん断応力を負荷して行なった。クリープ試験と同様に、25℃における構造用ウレタン系接着剤の疲労特性は構造用変性アクリル系接着剤よりも非常に優れており、40℃においても構造用変性アクリル系接着剤の25℃の場合より優れていることがわかる。

3. エレベーター意匠パネルへの適用

3.1 新意匠パネルの構造・材料設計

今回開発した構造用ウレタン系接着剤を適用した意匠パネルは、図6に示すかご室の壁、扉パネルおよび乗場の扉パネルである。

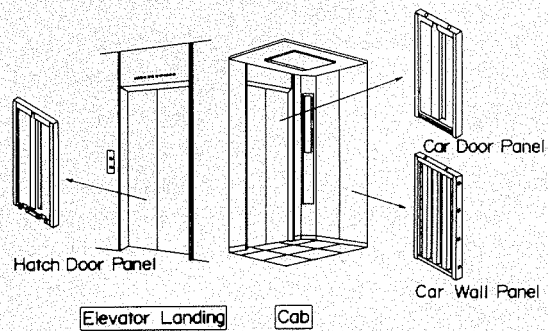


Fig. 6 Decorative panels for elevators introduced new structural urethane adhesives.

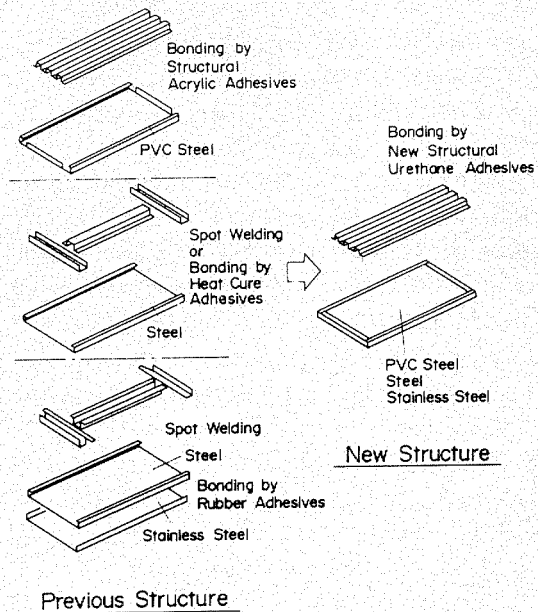


Fig. 7 Structures of decorative panels for elevator.

従来の意匠パネルはかご室の壁を例にとると図7に示すように、表面材の材料特性に応じて種々の構造がとられていた。塩ビ鋼板パネルでは高温加熱ができないため、室温硬化型の構造用変性アクリル系接着剤によりコルゲート状補強材が接合され、鋼板塗装パネルではスポット溶接や熱硬化型接着剤によりハット形などの補強材が接合され、ステンレスパネルでは意匠面の歪みの点から、スポット溶接により組み立てられた鋼板パネル上にゴム系接着剤でさらにステンレス意匠板が接着される構造が採られていた。新しい意匠パネルでは新しく開発した構造用ウレタン系接着剤を用いることにより、表面材の種類にかかわらず、コルゲート状補強材を表面材に直接接

着する構造に統一することができた。

パネルの軽量化を図るためには、薄板で軽量のコルゲート状補強材を採用するとともに、表面材の薄肉化を行った。新しいパネルの板厚は、塩ビ鋼板パネルでは従来の1.2mmから0.8mmとなり、ステンレスパネル、鋼板塗装パネルでも従来に比べて2~3割低減された。なお、表面材や補強材を薄肉化すると、パネルの剛性や強度の低下や振動騒音の増加などの問題が生じる。これらの問題に対しては、高張力鋼板の採用や、パネルの厚さをレイアウト上差し支えない範囲で厚くするとともに、コルゲート状補強材をパネルのほぼ全面に接着して複合構造化してダンピング特性を改善することで解決した。

接着剤の持つ性能を最大に発揮させ信頼性の高い接着製品を得るためには、接着される材料の表面状態が使用する接着剤に適していることが非常に重要である。鋼板、ステンレス鋼板ではプライマーの塗布により接着表面の最適化を図ったが、塩ビ鋼板および補強材(亜鉛めっき鋼板)については、材料表面の最適化を検討することによりプライマーなしでの信頼性の高い接着を実現した。塩ビ鋼板では、塩ビ鋼板の製造段階でコーティングする有機コーティング材料について検討した。表4に、2種類のコーティング材料について、接着強度と破壊状態の温度特性を比較したが、低温における特性に大きな差があることがわかる。亜鉛めっき鋼板では、表5に示すように、各種の亜鉛めっき鋼板を比較検討して最適品を選定した。

接着部の寸法は、耐久性とくに耐湿性に対して大きく影響する。そこで、接着部の寸法と耐湿劣化の関係について検討し、長期間にわたり高い接着信頼性を確保できる寸法として、最低接着寸法を25mmとした。

3.2 新意匠パネルの特性

エレベーターのパネルは、荷物の運搬時における台車の衝突やいたずらによる打撃などにより、パネルの表面が大きく変形しない強度(局部強度)が必要である。表6に、従来のパネルと新しいパネルの局部強度の比較を示した。先端に直径10mmの鋼球が取り付けられた0.5kgの重りを0.5m上から落下させた時のパネル表面のへこみ量を測定したものである。この結果より、新しいパネルでは表面材を薄肉化したにもかかわらず従来パネルより優れた局部強度を有していることがわかる。

振動騒音については、図8に示すようなかご加振試験装置により、かごをロープで吊り下げてかご枠の上梁中央に電磁加振器をセットしてランダム波加振を行い、周波数と騒音レベルの関係を求めた。図9に、従来のパネルを用いたかごと新しいパネルを用いたかごの周波数と騒音レベルの関係を示した。この結果より、新しいパネ

Table 4 Effect of materials coated on PVC steel on bond strength and fracture mode of new structural urethane adhesives.

Materials Coated	Temperature	Peel Strength (kgf/25mm)	Fracture Mode
A	-20℃	4	Interface, Cracked
	-10℃	7	Interface, Cracked
	0℃	12	Cohesive and Interface, Cracked
	+25℃	17	Cohesive
B	-20℃	18	Cohesive
	-10℃	16	Cohesive
	0℃	19	Cohesive
	+25℃	23	Cohesive

Table 5 Effect of the kinds of galvanized steel on bond strength and fracture mode of new structural rethane adhesives. (Without primer)

Plating	Finishing	Manufacturer	Peel Strength (kgf/25mm) and Fracture Mode	
			+25℃	-20℃
G I	Conventional Chromate	A	20 I	8 I
		B	17 I	0 I
		F	11 I	0 I+P
	Special Chromate	F	20 I+C	6 I+P
E G	None	F	0 I	0 I
		D	0 I	0 I
	Conventional Chromate	D	5 I	0 I
		F	11 I+C	12 C+I
	Phosphate	F	20 C	21 C
	Resin Coat	F	16 C+I	15 I+C
Multi Coat	D	0 I	0 I	
G A	None	E	22 I+C	0 P
		F	0 P	0 P
A P	Special	E	30 C	28 C

G I : Hot Dip Galvanized, E G : Electro Galvanized, G A : Hot Dip Galvannealed, A P : Alloy Plate, C : Cohesive Failure, I : Interface Failure, P : Failure between Plating and Base Metal.

Table 6 Dent value on panel surface by impact tests.

	Sheet Metal	Dent Value by Impact
New Panels	High Strength Steel 0.8mm	1.02 mm
Previous Panels	Steel 1.2mm	1.21 mm

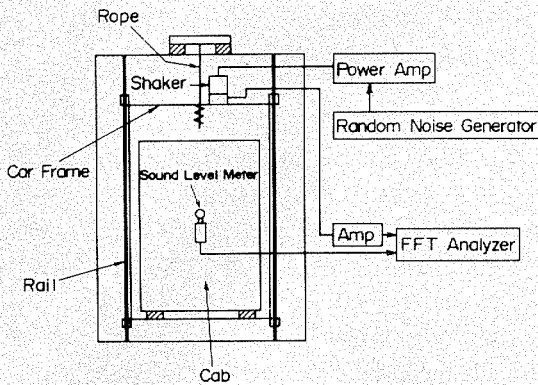


Fig. 8 Vibration test method.

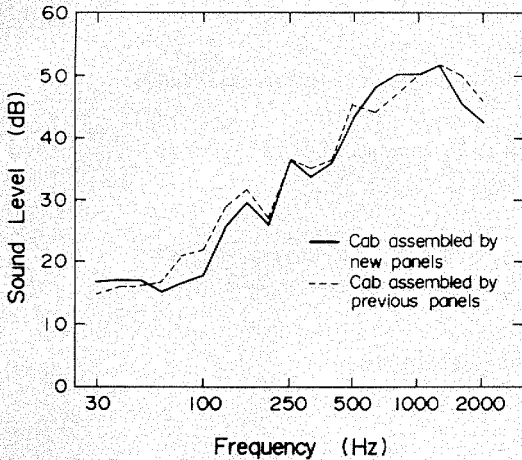


Fig. 9 Relation between sound level and frequency.

ルを用いたかごでは薄肉化、軽量化したにもかかわらず従来品と有意差のない性能を有していることがわかる。

パネルの剛性については、パネルの厚さを従来のものより約10%厚くすることにより、従来と同等以上の性能が得られている。

また、いずれの表面材においてもパネル表面の歪みは全く問題のないレベルが得られている。これは、今回適用した接着剤は比較的硬い硬化物を形成するが硬化収縮率が少ないために、硬化収縮応力が小さいためである。

3.3 新意匠パネルの製造工程

図10に、新しい意匠パネルの製造工程を示した。各種の材質、形状・寸法のパネルが同一工程で製造される。プライマーは鋼板、ステンレス鋼板のみにスプレー塗布され、塩ビ鋼板、亜鉛めっき鋼板には塗布されない。接

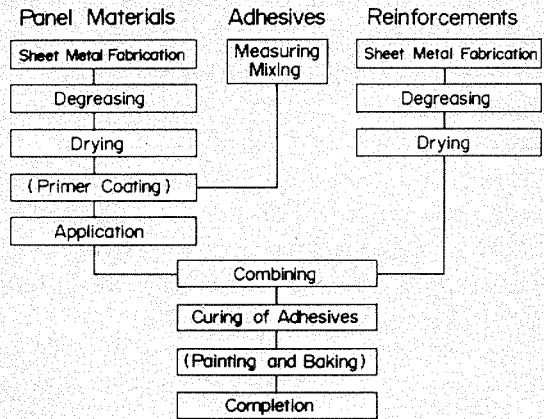


Fig. 10 Manufacturing process of new decorative panels for elevator.

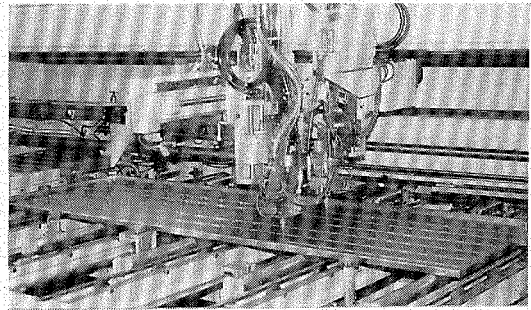


Fig. 11 The application process of new structural urethane adhesives.

着剤は、図11に示すように、専用の塗布ロボットにより、接着部の形状・寸法に応じて塗布パターン、吐出量を自動的にコントロールして塗布される。補強材を貼り合わせた後、加圧状態で80℃10分間の加熱硬化がなされる。補強材の形状・寸法にかかわらず接着部に均一な加圧が自動的に行われる。

接着の品質確保のために、接着剤の塗布から補強材貼り合わせまでの工程は、温度・湿度が管理された接着室内で行われる。塗布装置は、主剤と硬化剤が常に適正な配合比になるようにそれぞれ流量の計測・管理がなされ、また、ミキサー内でのゲル化を防止するために、塗布終了時点からの時間計測により自動洗浄がなされている。

4. 結 言

典型的な多種少量生産品であるエレベーターの意匠パネルを効率的に生産するために、種々のパネル材質に対

して優れた接着特性が得られる構造用ウレタン系接着剤およびプライマーを新たに開発した。また、表面材の種類にかかわらず基本構造を標準化して製造方法を統一した。さらに、軽量化を図るために、軽量高剛性補強材の採用や表面材の薄肉化を行った。

新しいパネルの開発により、部品点数や図面枚数が半減し、工期も短縮され、多種少量生産品の効率的な生産が実現し、今後の意匠の多様化にも柔軟に対応できる体制が確立された。また、従来品と同等以上の性能を確保しながら約25%の重量低減も達成された。

終わりに、接着剤およびプライマーの開発に当り、多大なご協力をいただいた電気化学工業株式会社の関係各位に、深く感謝の意を表する次第である。

なお、本論文は、三菱電機技報 (1990年3月号) および第28回日本接着学会年次大会 (平成2年6月21日) において発表した内容に加筆したものである。

文 献

- 1) 原賀康介, 山田 祥, 榊原邦夫, 服部勝利, 小林 功, 三菱電機技報, 55(3), 58 (1981).
- 2) 原賀康介, 服部勝利, 山田 祥, 伊藤憲治, 高木正巳, 第27回接着研究発表会講演要旨集 (日本接着協会), p.21 (1989).
- 3) 原賀康介, 服部勝利, 山田 祥, 伊藤憲治, 高木正巳, 日本接着協会誌, 25(11), 23 (1989).

The Development of New Structural Urethane Adhesives for Use in Elevator Panels.

Kosuke HARAGA*, Tetsuya NISHIKAWA*, Katsutoshi HATTORI**,
Kazumi YAMAMOTO** and Mineo SEIRIKI**

* Materials and Electronic Devices Laboratory, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
(1-1, Tsukaguchi-honmachi 8-chome, Amagasaki, Hyogo, 661 JAPAN)

** INAZAWA Works, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
(1, Hishi-cho, Inazawa, Aichi, 492 JAPAN)

Abstract

New urethane-based structural adhesives and primer with enhanced adhesive properties has been developed. The products simplify the production of decorative panels for elevators, which are produced in a large variety of small lots. The new urethane adhesives make it possible to use identical assembly procedures for assembling all panel types regardless of the finishing material.

Decorative panels made using the new urethane adhesives were tested and found to match the performance of previous panels. Thanks to the use of lightweight, rigid reinforcing materials and thin, high strength finishing materials, substantial weight savings are achieved.

(Received : January 30, 1991)