

電機機器における接着接合技術

●三菱電機材料研究所高分子材料技術部●

原賀 康介

1. まえがき

接着剤による接合は、異種材料の接合ができる、接合歪みが小さい、薄板を高強度に接合できる、応力集中が少ない、接合とシールが同時にできる、外観・意匠性に優れるなど、従来からの接合方法にはない数々の特徴を有しており、電機機器の組立てにおいてもこれらの特徴を生かした適用がなされている。

電機機器の接着組立てにおいては、接合特性のみならず作業性も非常に重要であり、作業性、強度、耐久性ともに優れた変性アクリル系接着剤などの新しい接着剤の適用や、接着とスポット溶接やリベットなどを併用するウェルドボンディング法やリベットボンディング法なども適用されている。また、最近では製造工程の合理化を目的としてプレコート鋼板の採用が増加しているが、溶接が容易にできないため接着剤による接合が検討され実用化が始まっている。

以下に、エレベータや筐体類の接着組立て、ウェルドボンディング法、リベットボンディング法、照明器具反射板組立てにおけるプレコート鋼板の接着接合について述べる。

2. エレベータにおける接着組立て

■ 2.1 ■ エレベータのカゴ室パネルの補強材接着

エレベータの人が乗る部分をカゴ室と呼ぶ。このカゴ室は壁面および扉パネルで構成されており、構造体として十分な強度と剛性、耐振性、防音性、軽量性ととともに、歪みやスポット溶接痕などが無い高度な平坦度が必要である。このため、パネルの裏面に補強材が接着により接合される構造となっている。

従来、これらのパネル類は、鋼板に補強材を熱硬化型接着剤とスタッドネジにより接合し、表面の歪みを除去した後、塗装やメラミン化粧板貼りを行ない仕上げられていた¹⁾。ところが、最近では意匠性の点から塩ビ化粧鋼板を用いたものが主流となっており、熱を加えたり歪み修正作業などを行なう従来の接合方法では製造できなくなっている。

そこで、常温で施工でき、しかも表面にまったく歪みを生じさせない接合方法として、二液形の変性アクリル系接着剤による接着接合が用いられるようになった。変性アクリル系接着剤により組立てられるエレベータパネルの構造と製造工程を図1¹⁾に示した。補強材は、軽量で剛性が高く、しかも接着特性をもっとも有効に発揮できるように、金属薄板をコルゲート状に折り曲げたものが使用されている。材質は耐食性の点から亜鉛めっき鋼板が用いられている。

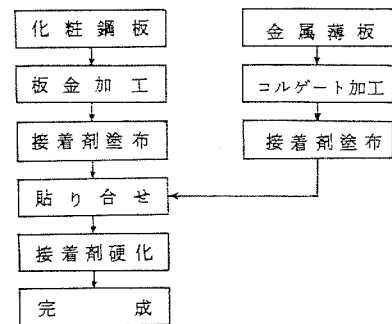
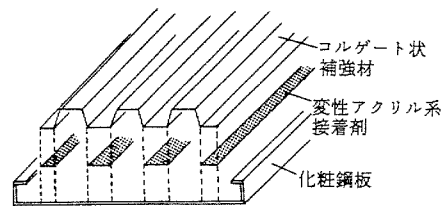


図1 エレベータパネルの構造と製造工程

表1 変性アクリル系接着剤とエポキシ系接着剤の作業性の比較

	変性アクリル系接着剤	エポキシ系接着剤	
		二液型	一液型
油面接着	可	不可	可~不可
二液の計量	目分量で良い	厳密計量必要	不要
二液の混合	不要	必要	不要
ポットライフの制限	なし	あり	なし
加熱の必要性	なし	なし~必要	必要
硬化時間(室温)	5~15分	一般に6時間以上	-

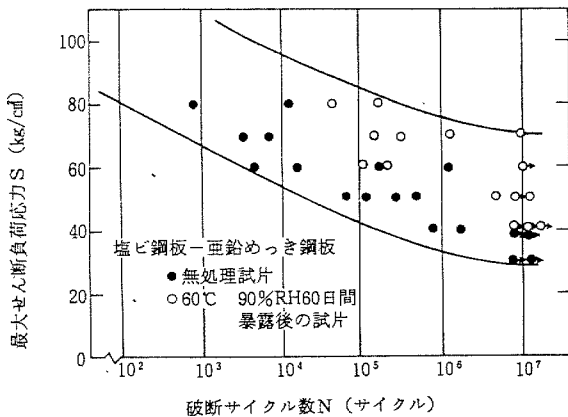


図2 変性アクリル系接着剤の疲労特性

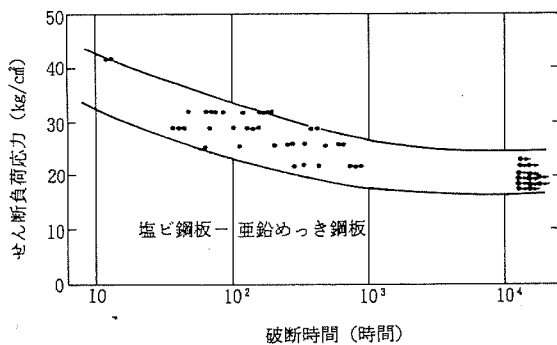


図3 変性アクリル系接着剤のクリープ特性

変性アクリル系接着剤には次のような特徴がある。

- ① 接着強度（特に剝離接着強度，衝撃接着強度）に優れている。
- ② 振動，疲労に強い。
- ③ 耐環境性に優れている。
- ④ 油面接着性に優れており，脱脂が不要である。
- ⑤ 二液の混合を必要とせず，二液を別々に塗布して貼り合わせるだけで接着できる。
- ⑥ 配合比の許容範囲が広い。
- ⑦ 室温で短時間に硬化する。
- ⑧ 0℃程度の低温でも硬化する。

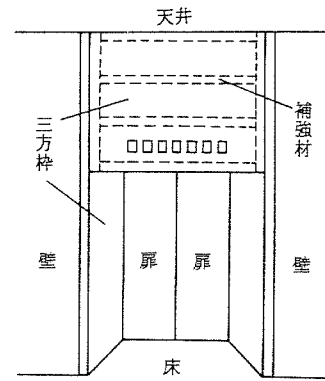


図4 エレベータの乗り場

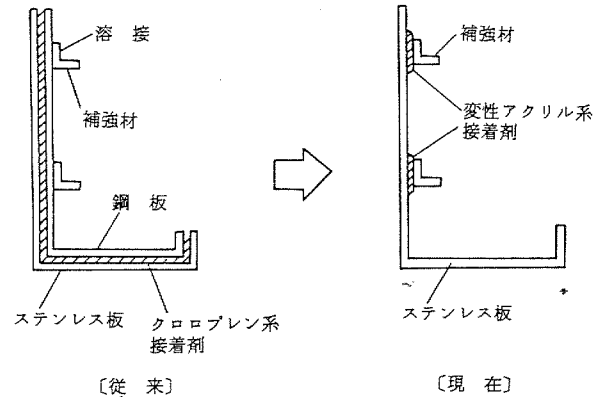


図5 ステンレス製三方枠の接着構造

⑨ 自動化に適している。

表1²⁾に，変性アクリル系接着剤とエポキシ系接着剤の作業性の比較を，図2²⁾，図3²⁾には，カゴ室パネルに使用されている変性アクリル系接着剤の疲労特性および室温におけるクリープ特性を示した。

■ 2.2 ■ エレベータの三方枠の補強材接着

図4²⁾に示すように，エレベータの乗り場には三方枠と呼ばれるものがある。三方枠にはカゴ室のパネル以上の厳しい平面度が要求される。このため，三方枠の裏面には多くの補強材が接合してある。

意匠面にステンレスを用いたものでは，接合過程で歪みが生じた場合，意匠面を傷付けることなく歪みを除去することは困難なため，ステンレス板に補強材を直接溶接することはできず，従来は図5²⁾に示すように，鋼板に補強材を溶接し，溶接歪みを除去した後，鋼板上にさらにステンレス板をクロロプレン系接着剤により全面接着する構造がとられていた。最近では，変性アクリル系接着剤を用いることにより補強材をステンレス板に直接接着する構造がとられている。

接着剤による接合歪みは非常に少なく，通常問題とは

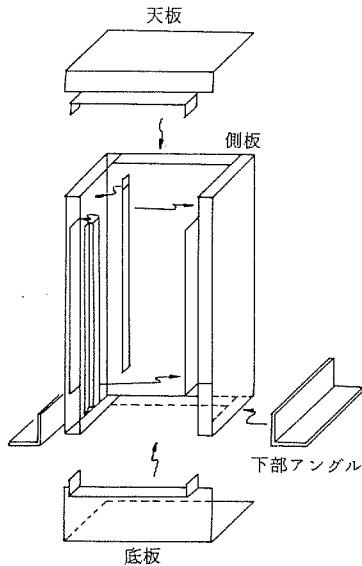


図6 接着防水筐体の組立て図

ならないが、ステンレス板が薄い場合や鏡面のような高度な仕上げがなされている場合には、接着剤の硬化収縮により発生する内部応力により意匠面にわずかな歪みが生じることがある。このため、三方枠に使用される接着剤には接着強度、耐久性、作業性のほかに、硬化時の内部応力が小さいことが要求され、硬化時の体積収縮が小さく、硬化後も適度な柔軟性を有しているものが使用されている。

3. 筐体類の接着組立て

筐体類は、電機・電子部品を収納し、外部環境から機器を保護するなどの役割を持つものであり、スポット溶接、熔融溶接、ボルトなどにより組立てられるのが一般的である。防水性や気密性が必要な場合は、組立て後に熔融溶接やシーリング剤によりシーリングされている。

ところが、溶接により組立てやシーリングを行なうと、溶接歪みが生じるため歪み修正作業が必要であり、また、ボルトやスポット溶接で薄板の接合を行なうと、激しい振動下で使用される場合は接合部に応力集中を生じ疲労破壊を起こすことがあり、薄板化に限界がある。

そこで、筐体類の組立てにも変性アクリル系接着剤が使用されるようになり、次のような効果が得られている。

- ① 接合時に歪みが生じないため、歪み修正作業が不要になる。また、寸法精度も向上する。
- ② 接合とシーリングが同時にできシーリング作業が不要になる。
- ③ 接合部の応力集中が少なく、薄板化、軽量化できる。
- ④ スポット溶接やボルトにくらべ剛性が増加する。

表2 塗装ライン通過前後の接着強度の比較

	はく離接着強度 (kg/25mm)	せん断接着強度 (kg/cm ²)
塗装ライン通過前	22.5	141
塗装ライン通過後	25.5	148

被着材：鋼-鋼

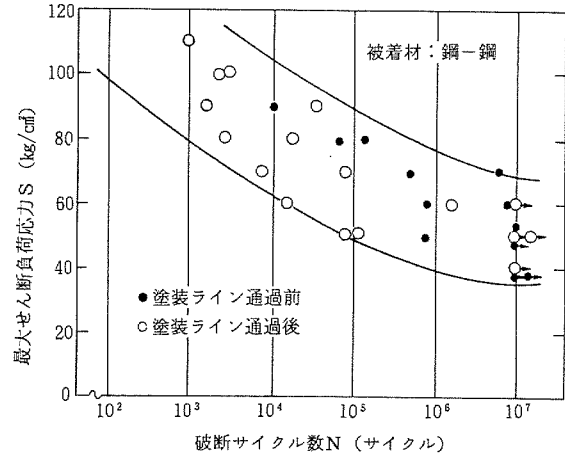


図7 塗装ライン通過前後の疲労特性の比較

- ⑤ 振動に強くなる。
- ⑥ 接合部が平滑なため外観が優れる。

図6¹⁾は、変性アクリル系接着剤により組立てられた接着防水筐体の組立て図の一例である。図中、黒く示した部分が接着部である。この筐体の機器装着状態での振動試験、共震試験、防水試験、各種強度試験、屋外暴露試験などによる機能評価の結果は、溶接により組立てられた筐体と同等の性能であった。

筐体類のほとんどは、組立て後に塗装される。この際、接着部は塗装工程における各種の薬品や塗料の焼付け温度に耐えなければならない。表2²⁾、図7²⁾に焼付け塗装ライン通過前後の接着強度と疲労特性を示した。塗装の前処理はアルカリ脱脂、リン酸塩処理を行ない、塗料の焼付けは最高温度185℃15分である。これらの結果より、塗装による接着特性の低下はまったくないことがわかる。

4. ウェルドボンディング法、リベットボンディング法

ウェルドボンディング法は、図8に示すように接着とスポット溶接やプロジェクション溶接などの抵抗点溶接を併用した接合方法であり、リベットボンディング法は、抵抗点溶接のかわりにリベットを併用した接合方法

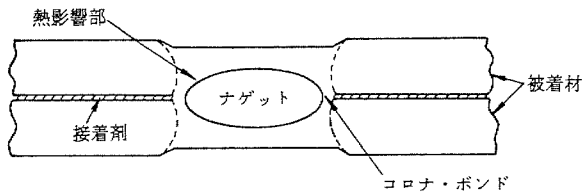


図8 ウェルドボンディング接合部の断面

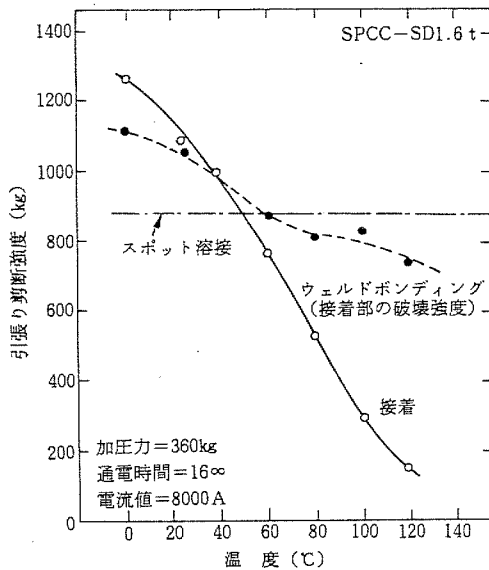


図9 ウェルドボンディングによる高温接着強度の改善効果

である。これらの接合法は、接着、抵抗点溶接、リベットのそれぞれの利点を生かし欠点を互いに補うものである。

電機機器においては、モータのヨークと補助極の接合や車輛用空調機の板金組立てなどに適用されており、今後の展開が期待されている接合法である

■ 4.1 ■ ウェルドボンディング法、リベットボンディング法の目的

ウェルドボンディング法、リベットボンディング法には次に示すような目的がある。

(1) 接着工程の合理化

接着接合のみで組立てを行なう場合は、一般に、

接着材の前処理→接着剤塗布→貼り合わせ→治工具による位置決めと固定→接着剤硬化→治工具の取り外し→次工程

という工程がとられるが、このような工程では治工具の取り付けや取り外しに手間がかかり、また、接着剤の硬化が完了するまで次工程に移せない場合が多い。

一方、点溶接やリベットを固定治工具の代用として用いると、工程は、

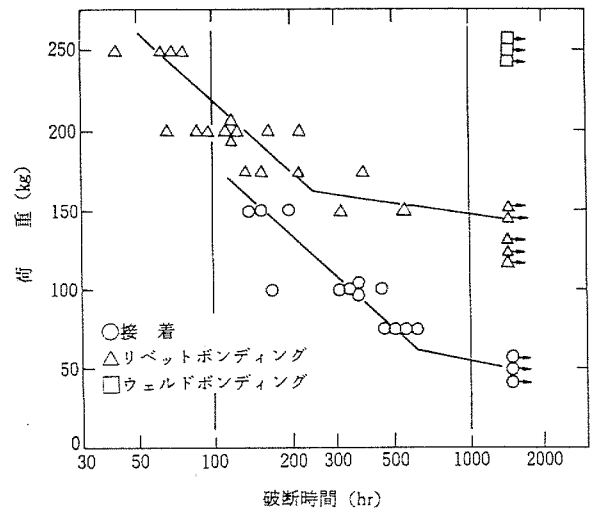


図10 ウェルドボンディング、リベットボンディングによるクリープ破断時間の改善効果 (60℃90%RH雰囲気)

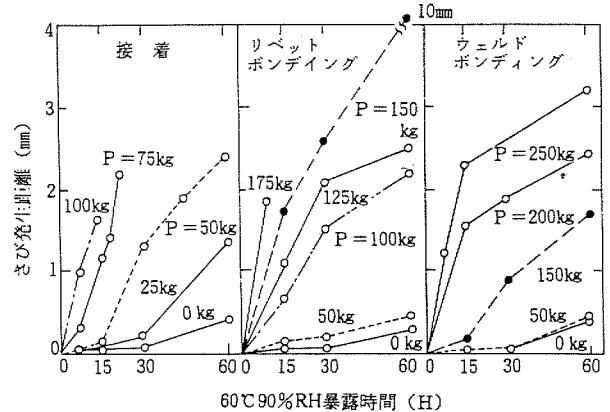


図11 荷重が加わった状態での接着部の耐環境性の改善効果

被着材の前処理→接着剤塗布→貼り合わせ→点溶接→次工程→接着剤硬化

となり、接着工程の合理化が図られる。接着剤の硬化は、室温硬化型の場合は、次工程以後の工程を流れている間に徐々に硬化が進行していくし、加熱硬化型の場合は、最後の塗装工程において塗料の焼付けと同時に接着剤を硬化させるという方法がとられている。

(2) 接着特性の改善

接着接合の欠点である剥離強度、衝撃強度、高温における接着強度、耐クリープ性、荷重が加わった状態での耐環境性などを、点溶接やリベットの併用により改善することができる。

図9には、高温における接着強度の改善効果を、図10³⁾には、60℃90%RH雰囲気におけるクリープ破断時間の改善効果を、図11³⁾には、荷重が加わった状態での耐環境性の改善効果を示した。図11は接着、ウェルドボンディング、リベットボンディングの各継手に剪断荷重Pを負荷した状態で60℃90%RH雰囲気に暴露した時の、

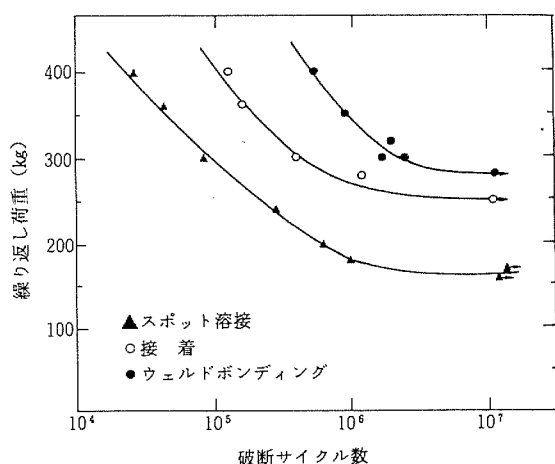


図12 ウェルドボンディングによるスポット溶接の疲労特性の改善効果

ラップ端から接着部の中心に向かって発生した錆の発生距離の経時変化である。図9～11の被着材はいずれも軟鋼板(1.6t)で、接着剤はいずれも変性アクリル系接着剤である。

その他、接着される二つの金属部品間に、アースや電着塗装などのための電気的導通が必要な場合には、絶縁性の接着剤を用いても点溶接やリベットを併用することにより導通可能となる。また、接着接合部が火災や予期せぬ異常な力や環境により破壊した場合にも、構造物としての最低限の形を維持し、大事に至らないためのバックアップとして点溶接やリベットが併用されることもある。

・(3) 点溶接やリベット締結の特性改善

アルミ合金や、板厚の薄い鋼板、ステンレス板などでは点溶接やリベットでは十分な強度が得られないが、ウェルドボンディングやリベットボンディングにより接着を併用すると接合強度を向上することができる。

また、点溶接やリベットは応力集中が大きく疲労特性があまり良くないが、接着接合を併用すると面接合となり応力集中が小さくなり疲労特性が向上する。図12^{a)}に疲労特性の改善効果を示す。

その他、点溶接やリベットは、接合部に寸れ性が無い、接合後に塗装しても接合部の内部まで塗装が十分に回らず腐食しやすい、などの欠点があるが、接着接合を併用することにより寸れ性の確保、接合部の耐腐食性の向上などが図られる。

■4.2 ■ウェルドボンディングの接合過程

ウェルドボンディング法は、①接合面の前処理、②接着剤の塗布、③貼り合わせ、④電極による加圧、⑤電極直下の接着剤の流動排除によるメタルタッチ、⑥通電に

よる溶接、⑦接着剤の硬化、の過程により行なわれる。

接合面の前処理は接着および抵抗点溶接のいずれにも適したものでなければならず、アルミ合金では低電位リン酸・重クロム酸ナトリウム・アノダイズ処理(PSD処理)⁹⁾などが適用されている。鋼板は通常油が付着したまま溶接されるが、ウェルドボンディングにおいても油面接着性を有する接着剤を用いて脱脂を行わずに接着される場合が多い。

ウェルドボンディング法では接着剤を塗布した部分に溶接がなされるため、電極での加圧により溶接部から接着剤が排除されメタルタッチすることが必要である。液状やペースト状の接着剤は通常の電極加圧力で十分に排除される。しかし、室温で流動性がないフィルム状接着剤やホットメルト接着剤などは電極での加圧のみでは排除できないため、分流板を用いて通電し金属板を加熱して接着剤に流動性を与えたり、接着剤中に導電性フィラーを混入しておき通電初期の発熱により接着剤に流動性を与えたりしてメタルタッチさせる方法がある。

接着剤の硬化は溶接による発熱のみでは不可能であり、接着剤のみでの接合の場合と同様の硬化条件で行なわれる。

■4.3 ■ウェルドボンディング用接着剤

ウェルドボンディングに使用される接着剤は次のような特性を有することが必要である。

- ①油面接着性を有すること(特に鋼板の場合に必要)。
- ②室温硬化型接着では溶接作業に支障のない十分な可使時間を有すること。
- ③電極による加圧で容易に流動排除できること。非流動性の接着剤では導電性フィラーによる通電加熱溶融が可能であること。
- ④溶接条件のバラツキに対応できること。
- ⑤チリにより引火しないこと。
- ⑥はみ出した接着剤が溶接の熱により粘度低下し、垂れ落ちたり電極を汚したりしないこと。
- ⑦溶接の熱により、有毒ガスや悪臭を発生しない。また腐食性ガスを発生しないこと。

上記の特性を有する接着剤として、アルミ粉やカーボンなどが添加された一液加熱硬化型のペースト状エポキシ系接着剤が多用されている。

■4.4 ■ウェルドボンディングの溶接条件

(1) 溶接電流

図13^{a)}は、ステンレス鋼板の変性アクリル系接着剤によるウェルドボンディングとスポット溶接とにおける溶

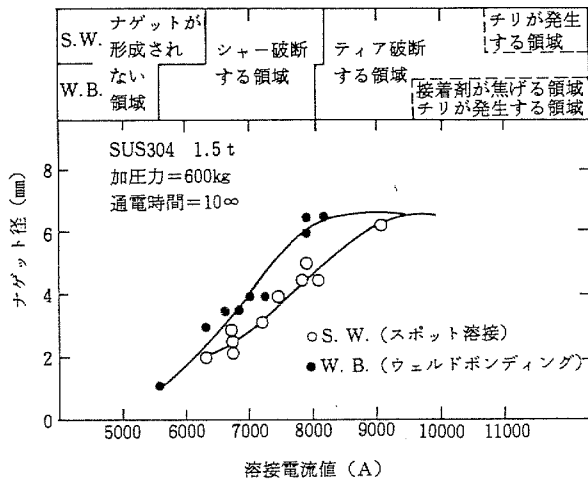


図13 ウェルドボンディングとスポット溶接における溶接電流と生成ナゲット径および接合状態の関係

表3 各種接着剤のウェルドボンディングにおける溶接強度の比較

接 着 剤	溶 接 強 度	充 填 材
変性アクリル系	637±25	none
2液エポキシ	609±15	none
2液エポキシ	240±20	Fe
1液エポキシ	282±25	AL
1液エポキシ	463±20	AL
スポット溶接のみ	543±20	-

(電極径5mm, 加圧力=360kg, 通電時間=16サイクル, 電流値=6,000A)

接電流と生成ナゲット径および接合状態の関係を示したものである。ウェルドボンディングにおいては、中チリが発生すると接着剤に焦げが発生している。また、中チリが発生すると接着剤の飛散もおこり、接着部に欠陥が生じる。この点から、ウェルドボンディングにおいては中チリが発生しない電流値が適正電流範囲といえる。図13においては、ウェルドボンディングの場合はスポット溶接の場合と同じ径のナゲットが得られる電流値は全体に低くなっており、チリが発生する電流値も低下している。

表3⁴⁾は、各種の接着剤を用いて軟鋼板(1.6t)を一定の溶接条件によりウェルドボンディングを行ない、接着剤を硬化させずに溶接強度を測定した結果である。金属充填材を含む接着剤ではスポット溶接のみの場合より溶接強度は低下しており、充填材を含まない接着剤では溶接強度が向上している。図14⁴⁾は、エポキシ樹脂に金属アルミニウム粉末を添加量を変化させて添加した接着剤を用いて、軟鋼板(1.6t)を一定の溶接条件でウェルドボンディングを行ない、接着剤を硬化させずに溶接部の強度およびナゲット径を測定した結果である。アルミニウム粉末の増加に伴い生成ナゲット径は小さくなり、

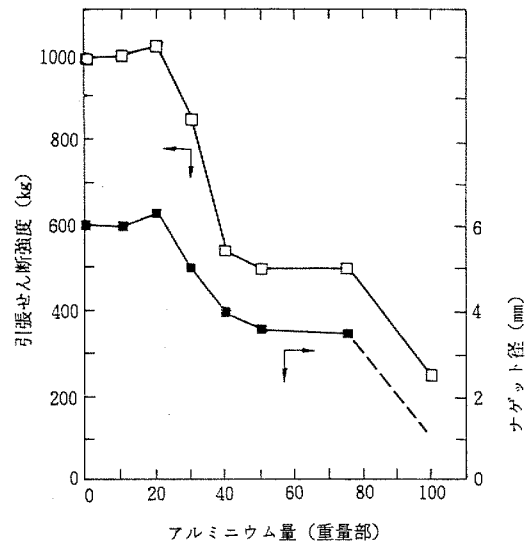


図14 アルミニウム粉末含有量と溶接強度およびナゲット径の関係

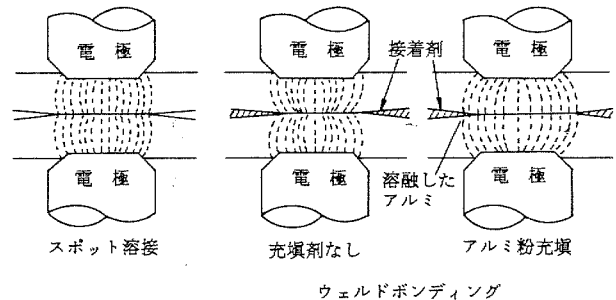


図15 スポット溶接とウェルドボンディングの通電路の比較

溶接強度が低下している。

このように、充填材の有無や量により溶接特性は変化するが、これは通電面積が変化することにより電流密度が変化し、発熱量が変化するためと考えられる。ウェルドボンディングの場合は、電極直下の加圧力の高い部分では接着剤が押し出されメタルタッチするが、電極周囲の加圧力の低い部分では接着剤が完全に押し出されず薄い層として残り、メタルタッチ面積はスポット溶接単独の場合にくらべ狭くなると考えられる。このため、接着剤が充填材を含まない場合には、一定の電流を流した場合の電流密度は、図15⁴⁾のように、スポット溶接単独より高くなるものと思われる。一方、接着剤が金属粉末を含む場合には、電極周囲の薄い接着剤層の部分では金属粉末がはさまれて金属板同士が導通した状態になっており、金属粉末含有量が多いほどこの状態は密で面積も広くなると考えられる。また、金属粉末は電極直下でも完全に押し出されず、わずかに残っており、アルミニウム粉末の場合には、通電初期の発熱により融点の低いアルミが溶融し、加圧力により周囲に押し出され⁴⁾図15のよ

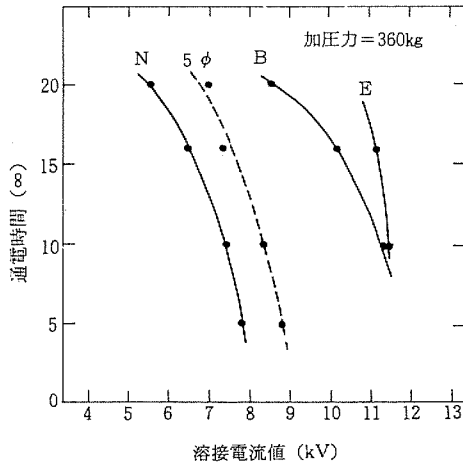


図16 ウェルドボンディングにおける通电時間、電流と接合状態の関係

うに通電面積が増加し、電流密度が低くなると考えられる。

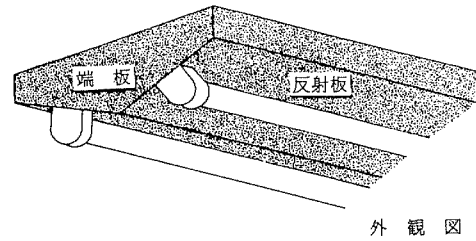
ウェルドボンディング法の適用に際しては、実際に使用する接着剤について最適溶接電流値を求めておくことが必要である。点溶接を接着作業の仮固定として用いる場合には、接着剤が硬化するまで剥がれない程度の溶接強度があれば十分であるので、溶接電流をできるだけ低くするか金属フィラーを含む接着剤を用いて通電による発熱量を減少させ、チリ発生による接着剤の飛散や、表面のへこみや焼けによる意匠性の低下を防ぐのが好ましい。

(2) 通电時間

図16⁴⁾は、軟鋼板(1.6t)を変性アクリル系接着剤によりウェルドボンディングを行なった場合の通电時間、電流値と接合状態の関係である。通电時間が長くなると、ナゲットが生成し始める電流値(N)、中チリが発生し始める電流値(E)、5φのナゲットが生成する電流値(5φ)は、全体に低電流値側にシフトしている。これは、スポット溶接単独の場合と同じ傾向であるが、接着剤が変色し始める電流値(B)は、通电時間が長くなると、中チリが発生し始める電流値(E)よりかなり低くなっている。これは、通电時間が長くなると金属板を伝わって逃げる熱量が増加するため、接着剤の温度上昇が大きくなり劣化したためである。ウェルドボンディングにおいては通电時間はできるだけ短いほうが良いといえる。

(3) 加圧力の影響

一般のスポット溶接では加圧力が高くなると同じ大きさのナゲットを生成するに要する電流は高くなるが、ウェルドボンディングにおいても同様である。電極下の接着剤の排除やチリ発生の減少のためには加圧力は高め



外観図

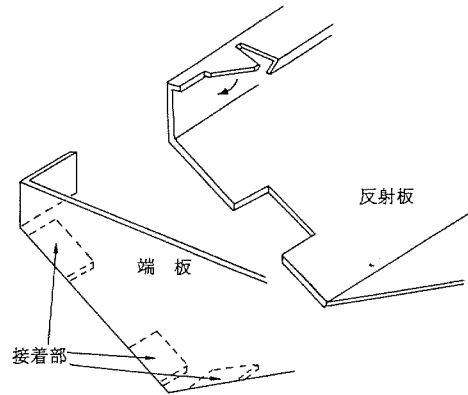
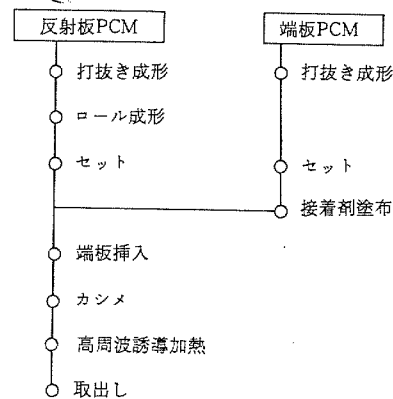


図17 照明器具反射板におけるプレコート鋼板の接着組み立て構造



PCM: プレコート鋼板

図18 照明器具反射板におけるプレコート鋼板の接着組み立て工程

の方が適当と考えられる。

5. プレコート鋼板の接着接合

最近、製造工程の合理化やコストダウンを目的として平板段階で鋼板に塗装されたプレコート鋼板の採用が増加している。従来は、鋼板を加工後スポット溶接により接合し、その後塗装がなされていた。プレコート鋼板を使用する場合には、鋼板の表面には塗膜があるため溶接は簡単にはできない。そこで、ネジやカシメなどの機械的接合法がとられる場合が多いが、生産性や外観品質の面で問題も多い。そこで、最近では接着剤による接合が検討され実用化が始まっている。

プレコート鋼板の接着のポイントは、①接着剤と塗膜の接着適合性、②素材のメッキ鋼板と塗膜の密着性、③意匠面への接着剤のはみ出し防止、④短時間硬化方法などである。

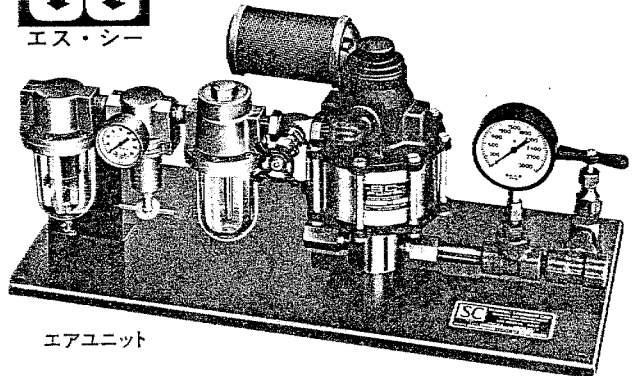
図17、図18⁷⁾に、照明器具反射板におけるプレコート鋼板の接着組立ての構造と製造工程を示した。接着剤は塗膜との接着性に優れた二液形のウレタン系接着剤が用いられており、高周波誘導加熱により6秒間で硬化している。高周波誘導加熱は塗膜の劣化を防止するため2段階で行われている。接着面積は25×10mmと12×10mmをそれぞれ2ヶ所ずつ設け、従来8ヶ所でスポット溶接していたものと同程度の強度を確保している⁸⁾。

6. むすび

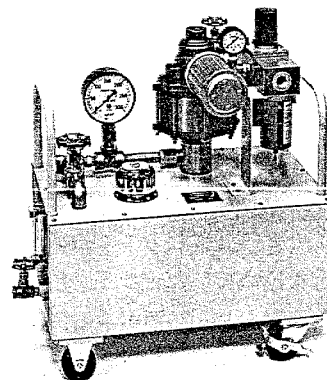
接着剤による接合は、接着やろう付け、ボルト、ネジ、リベットなどにくらべて歴史が浅く、また、接合特性に影響する因子は非常に多く、接着接合を製品に適用するまでには時間と労力が必要である。しかし、接着接合は他の接合方法にはない多くの特徴を有しており、電機機器においては新素材の採用、デザインや意匠の多様化、生産方式の変革、軽量化、小型化、高機能化、高精度化などに柔軟に対応できる接合方法として今後ますます適用が拡大されていくものと考えられる。

参考文献

- 1) 原賀, 山田, 榊原, 服部, 小林; 三菱電機技報, 55 (3), 58 (1981)
- 2) 原賀, 山田; 日本接着協会誌, 17 (12), 16 (1981)
- 3) 原賀, 児玉; 日本接着協会誌, 21 (1), 4 (1985)
- 4) 原賀, 児玉; 溶接学会誌, 56 (3), 148 (1987)
- 5) 原賀; 日本接着協会誌, 22 (3), 26 (1986)
- 6) 森, 安斎; タウラ技報, 16 (1), 9
- 7) 山田, 原賀, 白井; 第25回接着研究発表会要旨集P. 31 (1987)
- 8) 日経メカニカル, 1987年12月28日号, P. 44



エアユニット



タンクユニット

エア駆動式耐圧ポンプ (水圧・油圧)

【特長】

- 広範囲な吐出圧
1機種のパンプで空気圧の変により、広範囲な吐出圧が得られます。
- 空気の消費量が少ない
設定圧に到達する時間が短く、到達と同時にポンプの作動が停止します。
- 防爆型ポンプ
- 小型、軽量
取扱いが容易

【仕様】

吐出圧	3.5~1,050kg/cm ²
ポンプ駆動圧	0.7~7kg/cm ²

【用途】

- 配管接合部、小型タンク、ボイラー、バルブ等の耐圧試験装置。
- シリンダーの漏洩試験装置。

米国エス・シー・ポンプ社 日本総代理店



ジャパンマシナリー株式会社

JAPAN MACHINERY CO., LTD.

本社 〒104 東京都中央区銀座8-5-6 ☎(03)573-5261(代表)

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| ●日立営業所 ☎(0294)24-2281(代表) | ●豊田営業所 ☎(0565)27-1411(代表) |
| ●北関東営業所 ☎(0276)48-1791(代表) | ●京都営業所 ☎(075)811-9221(代表) |
| ●京浜営業所 ☎(03)733-2951(代表) | ●大阪支社 ☎(06)362-5741(代表) |
| ●神奈川営業所 ☎(0466)27-9131(代表) | ●神戸営業所 ☎(078)332-6391(代表) |
| ●静岡営業所 ☎(0543)63-0731(代表) | ●広島営業所 ☎(082)221-8871(代表) |
| ●名古屋支店 ☎(052)201-6971(代表) | ●北九州営業所 ☎(093)522-6458(代表) |

NEW WELTEC

ISSN 0910-9161

1988

VOL.4No.9

〔特集〕電機産業の現状と技術開発動向とその応用

■日本電機産業の現状と展望

■最新溶接機器の開発動向とその応用

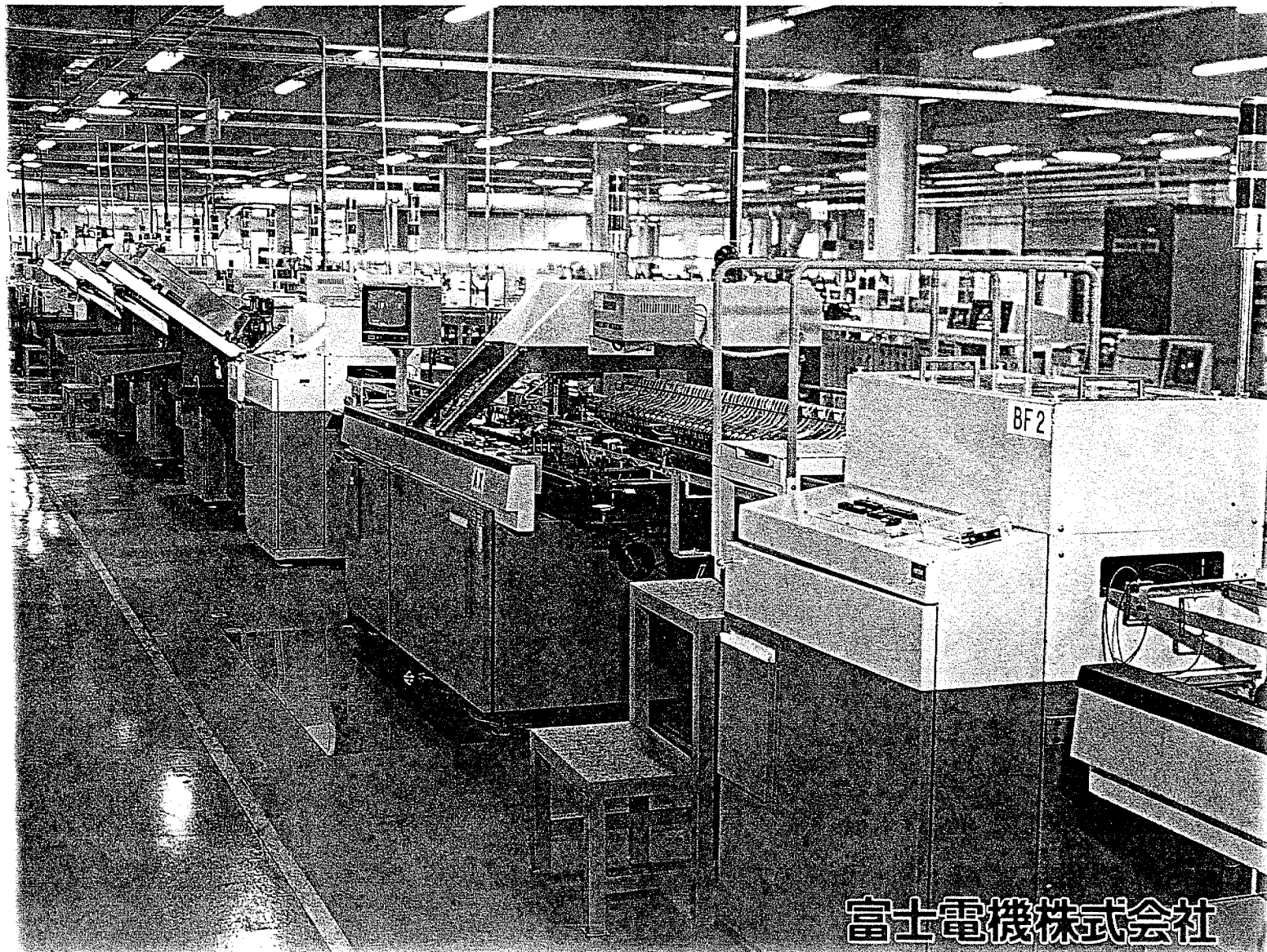
■配電用自動開閉器ケースの溶接技術について

■電機機器における接着・技合技術

■家電産業の現状と技術開発動向

●レーザを利用した構造材料の表面改質
生産管理 生産ラインの設計法 (1)

●ファインセラミックスのレーザ切断
経営 設備投資の本音と評価



富士電機株式会社