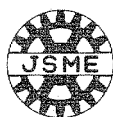


## 第625回講習会

接着構造の高信頼性と機器設計に  
おける有効利用をめざして

教 材

開催日：<sup>1986</sup>昭和61年7月10日，11日  
会 場：ダイヤモンドホール  
〔企画：材料力学委員会〕



社団法人 日本機械学会

(郵便番号151)  
東京都渋谷区代々木二丁目4番9号  
三信北星ビル5階  
電話 東京 (03) 379-6781(代表)  
昭和61年6月30日発行

## 目 次

1. 接着剤の選定 .....	1
(株)富士電機総合研究所 元 起 巖	
2. 接着結合部の力学と強度評価法 .....	11
東京工業大学 池 上 皓 三	
3. 電気・電子機器への応用 .....	19
三菱電機(株) 原 賀 康 介	
4. 精密加工機への応用 .....	29
鳴戸教育大学 坂 田 興 亜	
5. 生体用接着剤は存在しうるか .....	39
東京医科歯科大学 中 林 宣 男	
6. 航空機・宇宙機器への応用 .....	49
川崎重工業(株) 伊 藤 好 二	
7. 接着の力学的耐久性 .....	59
兵庫県立工業試験場 今 中 誠	
8. 接着における非破壊検査 .....	69
群馬大学 五十嵐 高	
9. 強化プラスチックの接着 .....	79
東京医科歯科大学 宮 入 裕 夫	
10. セラミックスの接合技術 .....	91
東京工業大学 井 関 孝 善	
11. 次世代の接着システム .....	101
コニシ(株) 中 島 常 雄	

### 3 電気・電子機器への応用

三菱電機(株) 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ない数々の特徴を有しており、電気機器の組み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。電気機器の接着組み立てにおいては作業性が重要であるが、最近では、作業性、強度、耐久性ともに優れた第2世代アクリル系接着剤(SGA)などが開発されており、接着による組み立てが容易にできるようになってきている。また、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、接着と他の接合法を併用することにより、接着接合の欠点を改善することも行なわれている。また、最近の電気・電子機器の精密化、微小化にとともに、接着接合も高精度化が図られている。

以下に、第2世代アクリル系接着剤(以下SGAと示す)による構造接着、ウェルドボンディングの接合特性および光ピックアップの精密接着について述べる。

#### 2. SGAとその応用

##### 2.1 SGAの特徴と性能

SGAは、アクリルモノマー、エラストマー、レドックス系触媒からなる二液型接着剤であり、二液が接触するとラジカル重合により硬化するものである。形態には、二液とも粘ちょう液である二液主剤型と、一方が粘ちょう液で他方が低粘度のプライマーになっている主剤・プライマー型とがある。

SGAには次のような特徴がある。

- ① 油面接着性に優れている。
- ② 配合比の許容範囲が広い。
- ③ 二液を別々に塗布して貼り合わせるだけで接着できる。
- ④ 室温で短時間に硬化する。
- ⑤ 0℃程度の低温でも硬化する。

性能的には、幅広い用途に適用できる汎用性のものから優れた接着強度、耐久性を有する構造用のものまでである。表1、表2に、SGAとエポキシ系接着剤の作業性、接着強度の比較を示した<sup>1)</sup>。表3には、構造用SGAの耐湿性を示した<sup>1)</sup>。

表1 SGAとエポキシ系接着剤の作業性の比較

	SGA (二液主剤型)	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	—

表2 SGAとエポキシ系接着剤の接着強度の比較

接着剤	はく離接着強度 (ISO DIS 4578) kg/25mm	衝撃接着強度 (JIS K 6855) kg·cm/cm <sup>2</sup>	せん断接着強度 (ASTM D1002) kg/cm <sup>2</sup>
SGA (二液主剤型)	構造用	29	205
	汎用	17	202
	(主剤・プライマー型)	12	203
エポキシ (一液型)	構造用	27	223
	汎用	6	96

被着材: 鋼-鋼

表3 各種金属における構造用SGAの耐湿性

被着材	(せん断接着強度保持率)		
	60℃ 90%RH 暴露日数		
	10日	30日	60日
鋼	84%	78%	75%
アルミ	102%	104%	104%
亜鉛めっき鋼板	104%	100%	110%

日本機械学会第625回講習会教材('86-7, 10, 11, 東京, 接着構造の高信頼性と機器設計における有効利用をめざして)

## 2.2 SGAの適用例

### (1)エレベータのカゴ室パネルの補強材接着<sup>2)</sup>

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、構造体としての十分な剛性と耐振性が必要である。また、非常に高い意匠性が要求されるためパネルの表面に歪みがあってはならない。このため、パネルの裏面に補強材が接合される構造になっている。

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。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、しかも表面に全く歪みを生じさせない接合方法として、構造用SGAによる接着接合が用いられるようになった。SGAにより組み立てられるエレベータパネルの構造と製造工程を図1に示した。補強材は、軽量で剛性が高く、しかも接着特性を最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2、図3に、カゴ室パネルに使用されている構造用SGAの疲労特性および室温におけるクリープ特性を示した。

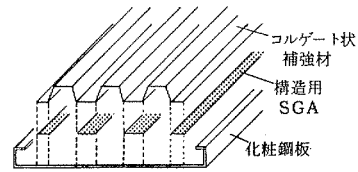


図1 エレベーターパネルの構造と製造工程

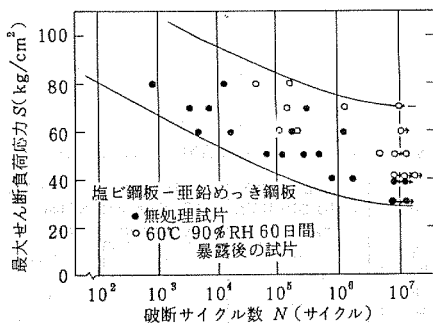


図2 構造用SGAの疲労特性

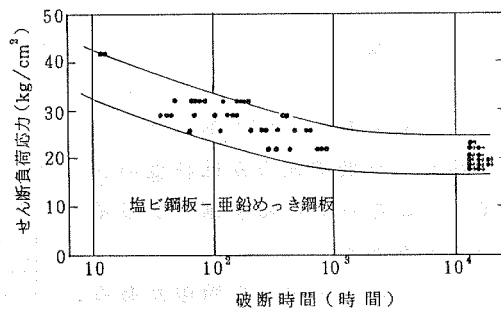


図3 構造用SGAのクリープ特性

### (2)エレベータの三方枠の補強材接着<sup>1)</sup>

図4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5に示す

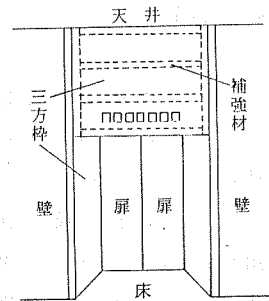


図4 エレベーター乗り場

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、構造用SGA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る。このためには、接着剤は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なければならない。

SGAの適用により、構造の簡素化、軽量化、省資材、製造工程の合理化などに効果が得られている。

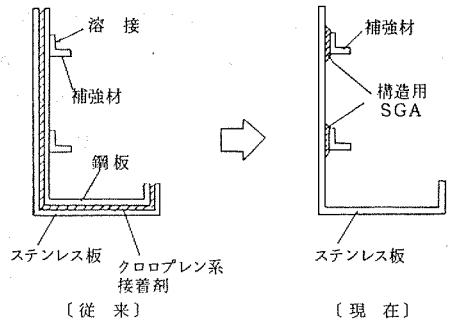


図5 ステンレス製三方枠の構造

### (3) きょう体類の接着組み立て<sup>1)</sup>

きょう体類は、電気・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、溶融溶接、ボルトなどにより組み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、組み立て後に溶融溶接やシーリング剤によりシールされている。ところが、溶接により組み立てやシール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、きょう体類の組み立てに構造用SGA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。
- ② 接合とシールが同時にできシール作業が不要になる。
- ③ 接合部の応力集中が少ないため薄板化でき軽量化できる。
- ④ スポット溶接、ボルト締めなどに比べ剛性が増加する。
- ⑤ 振動に強くなる。
- ⑥ 接合部が平滑なためボルト締めにくらべ意匠的に優れる。
- ⑦ 組み立て時の部材の取り扱いが容易になる。
- ⑧ 接合のための設備がほとんどいらず、多品種<sup>1)</sup>量生産に適する。

図6は、構造用SGAにより組み立てられる接着防水きょう体の組み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。このきょう体の機器装着状態での振動試験、共振試験、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、溶接により組み立てられたきょう体と同等の性能であった。

きょう体類のほとんどは、組み立て後に塗装される。

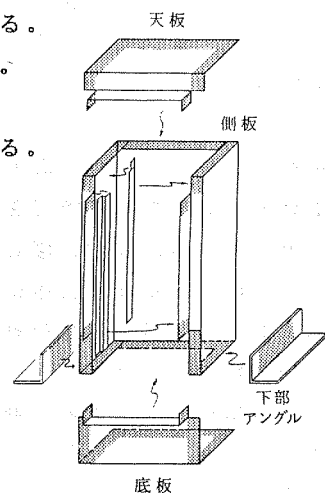


図6 接着防水筐体の組み立て図

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4、図7に焼付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全くないことがわかる。

表4 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 <sup>2</sup> )
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

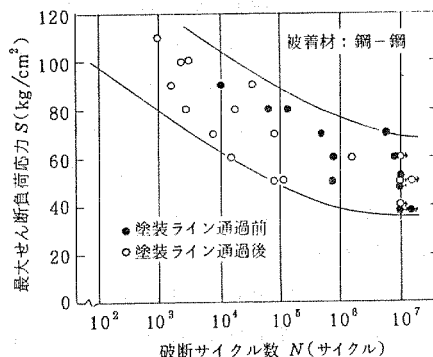


図7 塗装ライン通過前後の疲労特性の比較

### 3. ウェルドボンディングの接合特性

#### 3.1 ウェルドボンディングの目的

ウェルドボンディングは、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、接着接合と抵抗点溶接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。

図8<sup>3)</sup>に、ウェルドボンディング接合部の断面の模式図と各部の名称を示した。ナゲットとは金属同志が溶融凝固した溶接部分のことで、コロナボンドとはナゲット周辺の金属同志が圧接された部分のことである。中チリとは溶融した金属がコロナボンドを破って火花などとなって外に飛び出してくることを言う。

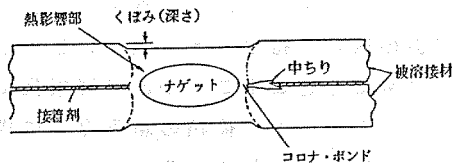


図8 ウェルドボンディング接合部の断面図

ウェルドボンディングには次に示すようないくつかの目的がある。

#### (1) 接着工程の合理化

接着のみで組み立てを行なう場合は、接着剤が硬化するまで治工具による固定が必要であり、その間、次工程に移れず、自動化、高速化、システム化の障害となっている。そこで、点溶接を固定治工具の代用として用いることによりこれらの問題が解決できる。なお、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き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、点溶接の併用により改善することができる。

#### (3) 点溶接特性の改善

点溶接の欠点として、アルミ合金や薄板では強度が低い、応力集中により疲労し

やすい、シール性がない、点溶接後に塗装しても接合部の内部まで塗料が十分に回らず点溶接部が腐食しやすいなどの点があるが、接着接合の併用により改善することができる。

#### (4) その他の目的

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に電気的導通が必要な場合は、点溶接の併用により可能となる。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、事故に至らないためのバックアップとして点溶接が併用されることもある。

### 3.2 ウェルドボンディングの溶接性

#### 3.2.1 溶接条件の影響

溶接電流、通電時間、電極加圧力は抵抗点溶接の3大条件と言われているが、ウェルドボンディングにおいても重要な因子である。以下に、これらの影響について述べる。

##### (1) 溶接電流の影響

図9は、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における溶接電流と生成ナゲット径の関係<sup>4)</sup>である。スポット溶接、ウェルドボンディングのいずれも、溶接電流が低過ぎると発熱量が少ないため金属が溶融せずナゲットができないが、溶接電流を増加させていくと、溶接部で発生する熱量も増加し金属が溶融しナゲットが生成してくる。さらに電流を増加させていくとナゲットも大きくなり溶接強度も増加し、溶接部の破壊はシア一破壊（ナゲット自体のせん断破壊）からティア一破壊（ナゲット周辺での金属板の材料破壊）へと変化してくる。しかし、電流が大きくなりすぎると中チリが発生するようになり、ウェルドボンディングにおいては接着剤の焦げも発生している。ウェルドボンディングにおいては接着剤の焦げまたは中チリが発生する電流値までが適正電流範囲ということになる。なお、図より、ウェルドボンディングではスポット溶接に比べて全体に低電流値側にシフトしており、適正電流値の上限もスポット溶接の場合より低くなっていることがわかる。

##### (2) 通電時間の影響

図10は、軟鋼板(1.6t)のウェルドボンディングにおける通電時間と電流値の関係<sup>4)</sup>である。通電時間が長くなると、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、電流値が一定なら、通電時間が長くなると溶接部で発生する熱量が増加するためである。なお、通電時間が長くなると、接着剤が

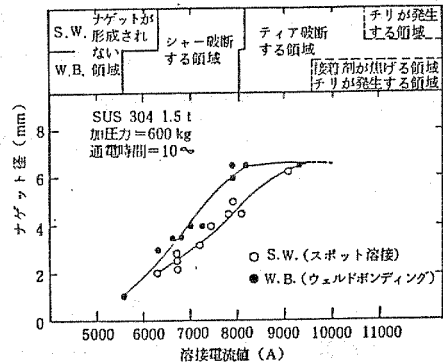


図9 溶接電流と生成ナゲット径および接合状態の関係

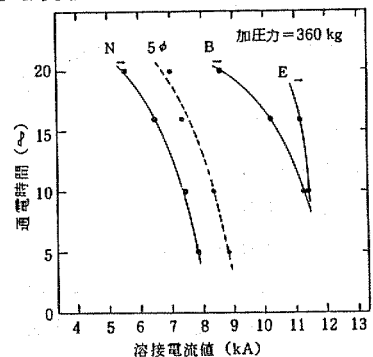


図10 ウェルドボンディングにおける通電時間の影響

変色し始める電流値(B)は中チリが発生し始める電流値(E)よりかなり低くなり、ウェルドボンディングが可能な電流範囲(NからBまで)は狭くなっている。これは、通電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。

### (3) 加圧力の影響

加圧力は中チリを発生させずに電極から板へ電流を供給する役目と、通電後、溶融金属を加圧しながら冷却することによって、溶融部の内部欠陥を減少させる役目がある。スポット溶接では一般に、通電時間、溶接電流が一定の場合は加圧力が高くなるほど溶接強度は低くなる。これは、加圧力が大きいほどメタルタッチする面積が増加するため、一定の溶接電流を流すと電流密度が小さくなり発熱量が少なくなることと、加圧力が高くなると、電極と板との接触状態が良くなり、電極による冷却が良くなることとにより、ナゲットが小さくなるためである。

図11に、ステンレス板(1.5t)のウェルドボンディングにおける加圧力の影響を示した<sup>4)</sup>。図より、加圧力Pが低くなると、ウェルドボンディングにおいても、一般のスポット溶接と同様に全体に低電流値側にシフトすることがわかる。

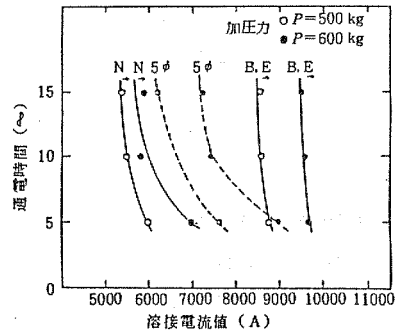


図11 ウェルドボンディングにおける電極加圧力の影響

### 3.2.2 接着剤の影響

ウェルドボンディングには一液ペースト型エポキシ系接着剤がよく用いられているが、電極により加圧した時になんらかの方法で金属板同士がメタルタッチできるものであれば基本的にはどんな接着剤でも用いることができる。室温硬化型接着剤の場合は、ポットライフを過ぎると粘度が上昇し、メタルタッチができなくなることがある。また、溶接により有毒ガスや腐食性ガスを発生するような接着剤はウェルドボンディングには不適當である。

表5は、5種類の市販接着剤を用いて軟鋼板(1.6t)をウェルドボンディングし、接着剤を硬化させずに溶接部の強度を測定した結果<sup>5)</sup>である。この結果では、金属充填材を含む接着剤ではスポット溶接単独の場合より溶接部の強度は低下しており、充填材を含まない接着剤では強度が向上しており、接着剤中の充填材が溶接性に影響を及ぼすものと思われる。

表5 各種接着剤のウェルドボンディングにおける溶接部の強度比較

接着剤	第2破断点強度	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=6000A)

図12は、エピコート828に金属アルミニウム粉末を添加した接着剤を用いて、軟鋼板(1.6t)を一定溶接条件でウェルドボンディングし、接着剤を硬化させずに溶接部の強度及びナゲット径を測定した結果<sup>5)</sup>であるが、金属アルミニウム粉末の添加量が増加するほど生成ナゲット径は小さくなり、溶接強度が低下している。



この様に、充填材の有無や量により溶接特性が変化するのは、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。一定電流を流した場合、通電面積が狭くなると、電流密度は高くなり発熱量が増加し大きなナゲットが得られる。ウェルドボンディングの場合は、図13<sup>3)</sup>に示すように、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比べ狭くなると考えられる。このため、接着剤が充填剤を含まない場合には、電流密度はスポット溶接単独より高くなり、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り、金属粉末は通電により溶融して電極周囲にさらに押し出され通電面積が増加するため電流密度はスポット溶接単独より低くなると思われる。

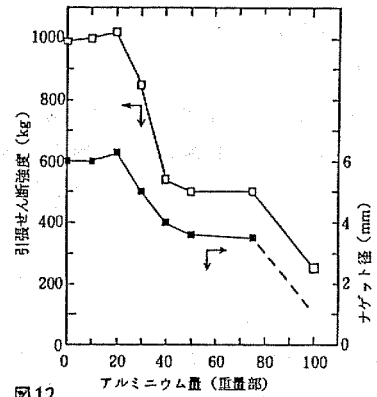


図12 アルミニウム粉末含有量と、溶接部の強度及び生成ナゲット径の関係

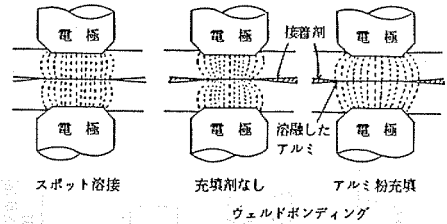


図13 スポット溶接とウェルドボンディングの通電路の比較

### 3.3 ウェルドボンディングの接合特性

#### (1) せん断強度

図14は、ウェルドボンディングと接着の引張りせん断試験における荷重-歪み曲線<sup>6)</sup>であるが、ウェルドボンディング継手では2つのピーク(破断点)が現われている。この最初の破断点は、ラップ端部の接着部の破壊によるものであり、第2の破断点はスポット溶接部とその側面の接着の破壊によるものである。また、図より、ウェルドボンディング継手では接着継手より荷重-歪み曲線の傾きが急であり、継手の剛性が高くなっていることがわかる。

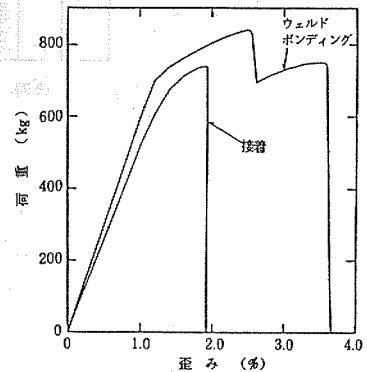


図14 ウェルドボンディング継手の荷重-歪み曲線

ウェルドボンディング継手の静的せん断強度は、接着継手に比べて向上する場合と向上しない場合とがあり、Minfordら<sup>7)</sup>によると、ポリサルファイドエポキシ、ポリアミドエポキシ及びビニルプラスチック系接着剤では向上するが、一液熱硬化型エポキシ系接着剤ではほぼ同等かまたは低く、すなわち接着剤の種類によって異なるとしている。

図15は、ウェルドボンディング継手強度の温度依存性の結果<sup>4)</sup>である。これによると、約40℃を境にして、高温側すなわち接着剤が柔らかくなるとウェルドボンディング継手の第1破断点強度は接着継手より高くなり、低温側すなわち接着剤が硬

くると低くなっている。

## (2) 剥離強度

図16は、ウェルドボンディング，接着，スポット溶接のT型剥離強度の被着材厚さ依存性<sup>4)</sup>である。ウェルドボンディングでは全板厚において接着またはスポット溶接のいずれか高い方の強度を示しており、薄板ではスポット溶接併用による接着特性の改善効果は見られないが、厚板になると大きく改善されることがわかる。

## (3) 衝撃強度

図17に、ウェルドボンディング，接着，スポット溶接の衝撃強度の比較<sup>8)</sup>を示した。ウェルドボンディングの衝撃強度は、接着にくらべ大きく向上しているが、スポット溶接に比べると改善効果は見られない。

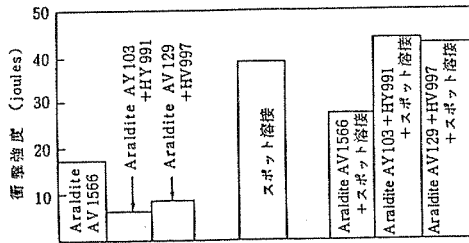


図17 ウェルドボンディング，接着，スポット溶接の衝撃強度の比較

## (4) クリープ特性

図18は、接着，ウェルドボンディング，リベットボンディングのクリープ破断特性<sup>9)</sup>である。ここで、リベットボンディングとはウェルドボンディングのスポット溶接の代わりにリベットを用いたものである。接着にくらべウェルドボンディングやリベットボンディングでは、破断時間が大幅に向上している。

## (5) 疲労特性

図19<sup>4)</sup>は、ステンレス鋼板のウェルドボンディング，接着，スポット溶接の疲労特性の比較である。スポット溶接の疲労特性は接着より劣っており、ウェルドボンディングでは接着より優れた疲労特性を示している。なお、アルミニウム<sup>7) 9)</sup>やチタン合金<sup>10)</sup>、軟鋼板<sup>11)</sup>についてもウェルドボンディングではスポット溶接にくらべ疲労特性が改善されることが示されている。

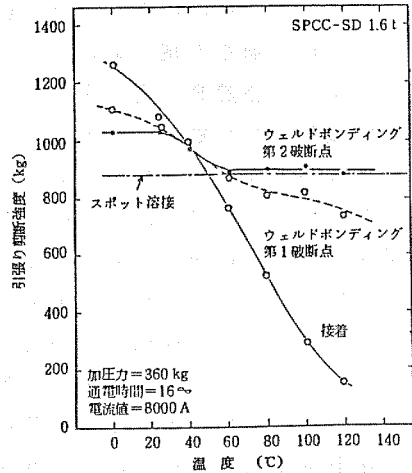


図15 ウェルドボンディングと接着継手のせん断強度の温度依存性の比較

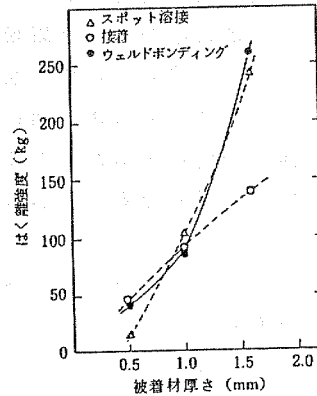


図16

ウェルドボンディング，接着，スポット溶接のT型剥離強度の被着材厚さ依存性

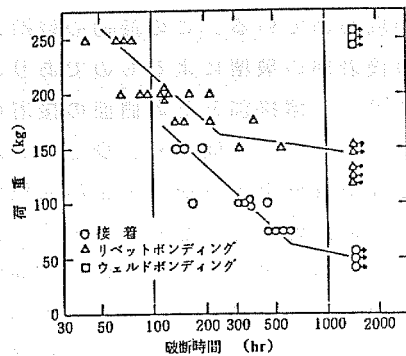


図18 接着，ウェルドボンディング，リベットボンディングのクリープ破断特性の比較

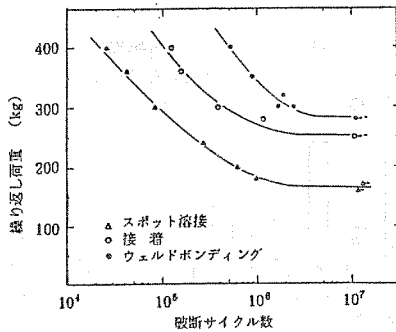


図19 ステンレス・変性アクリル系接着剤によるウェルドボンディング継手の疲労特性

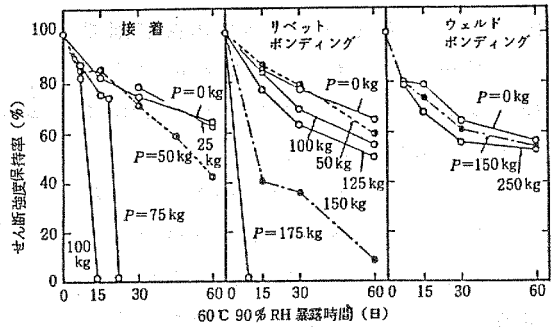


図20 接着、ウェルドボンディング、リベットボンディングの荷重負荷耐湿性試験におけるせん断強度保持率の経時変化

#### (6) 荷重が負荷された状態での耐環境性

図20は、変性アクリル系接着剤を用いて鋼板を接着、ウェルドボンディング、リベットボンディングしたせん断試験片に荷重Pを負荷した状態で60℃90%RH雰囲気暴露した時の、せん断強度保持率の経時変化<sup>6)</sup>である。これらの結果より、接着にくらべウェルドボンディングでは負荷荷重の影響がかなり少なくなっており、耐環境性も改善されることがわかる。

以上、ウェルドボンディングの接合特性について述べてきたが、目的に応じた接着剤、継手構造および適切な溶接方法・条件を採用することにより、ウェルドボンディングの有する種々の優れた特性を発揮させることができる。

#### 4. 光ピックアップにおける精密接着

コンパクトディスク (CD) プレーヤーは昭和57年から本格的な販売が開始され、昭和60年には約300万台が生産されている。このCDプレーヤーのキーパーツである光ピックアップの組み立てには接着が多用されている。図21に、CD用光ピックアップの接着構造の一例を示した。光ピックアップは、トラックピッチ1.6 $\mu$ でディスクに記録された幅0.5 $\mu$ 、長さ0.9~3.3 $\mu$ 、深さ0.12 $\mu$ のピットを正確に読み取るために、きわめて精度の高い接着が必要であり、特に、光学歪みを発生させないための内部応力の低い接着方法、小さな接着面積でも高強度を得るための接着構造設計、接着の自動化・高速化などが重要である。

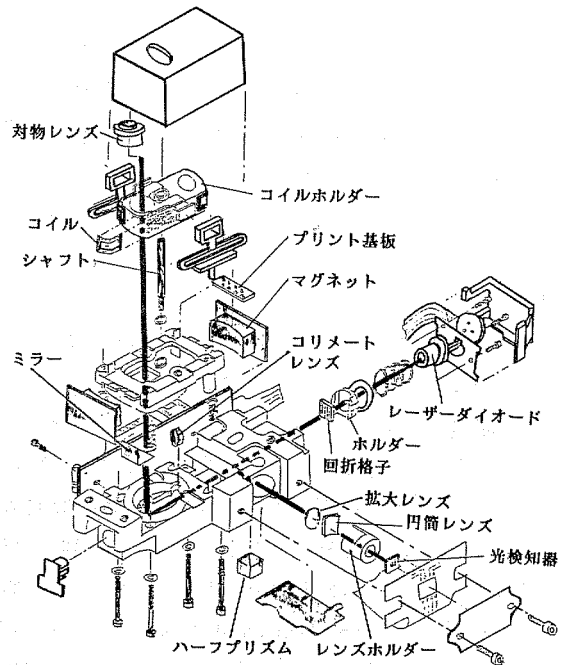


図21 CD用光ピックアップの接着構造

図22は、三角ミラーを各種の接着剤で接着した時の光学歪み（反射波面収差の平均二乗の平方根）である。測定は図23に示す3つの領域で行なっている<sup>11)</sup>。図22の結果より、同系列の接着剤でも種類が異なると光学歪みはかなり異なっていることがわかる。一般に、歪みの大きな接着剤は、硬化物が硬くしかも硬化時の体積収縮率が大きい、即ち接着剤の硬化による内部応力が大きいものである。

また、図22で、測定領域と歪みの関係を見ると、直角部側より鋭角部側の歪みがかなり大きくなっている。これは、鋭角部側は直角部側より接着部から測定面までの厚さが薄いため剛性が低く、接着部の内部応力による反射面の変形を起しやすいためと思われる。

図24は、図22の紫外線(UV)硬化型接着剤Hの紫外線照射強度と光学歪みの関係<sup>11)</sup>であるが、紫外線照射強度が高く急速に硬化した場合、歪みは増大している。

これらの結果より、光学歪みを小さくするためには、硬化時の内部応力が小さな接着剤の選定、最適な硬化条件の検討および光学部品の形状・寸法の検討などが必要であることがわかる。

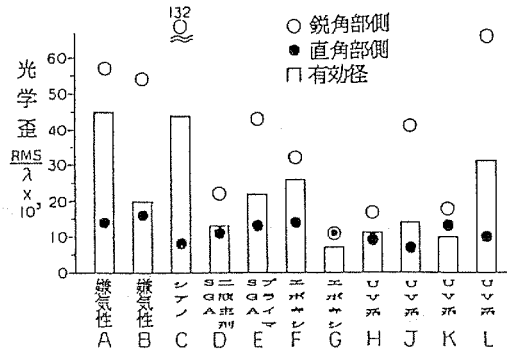


図22 各種接着剤の光学歪み

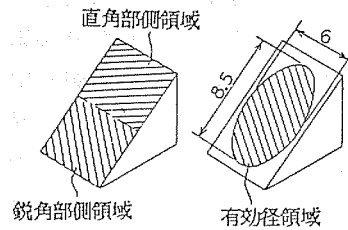


図23 光学歪みの測定領域

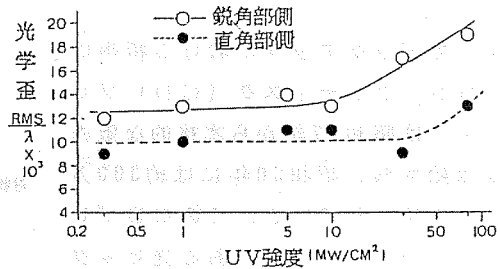


図24 紫外線照射強度と光学歪み

参考文献

- 1) 原賀康介, 山田 祥, 日本接着協会誌, 17(12), 514(1981).
- 2) 原賀康介ほか, 三菱電機技報, 55(3), 232(1981).
- 3) 原賀康介, 日本接着協会誌, 22(3), 164(1986).
- 4) 山田 祥, 原賀康介, 齊藤 貴, 日本接着協会誌, 19(11), 491(1983).
- 5) 山田 祥, 原賀康介, 第23回接着研究発表会要旨集, P27(1985).
- 6) 原賀康介, 児玉峯一, 日本接着協会誌, 21(1), 4(1985).
- 7) J.D.Minford, F.R.Hoch, E.M.Vader, SME Tech.Pap.Ser., No.SAE-750462, (1975).
- 8) T.B.Jones, Welding and Metal Fabrication, No.7/8, 416(1978).
- 9) G.V.Scarich, G.R.Chanani, J.Aircr., 19(9), 773(1982).
- 10) R.W.Vaughn, C.H.Sheppard, R.Baucom, Adh.Age, 20(7), 19(1977).
- 11) 寺本和良, 西川哲也, 原賀康介, 第24回接着研究発表会要旨集, (1986).