

## ◆接着剤の硬化システム◆

# ウェルドボンド法

三菱電機(株) / 原賀 康介 \*

接着剤と点溶接を併用するウェルドボンド法(以下WB法と示す)は、接着剤の硬化反応を直接促進する方法ではないが、接着剤の硬化までの待ち時間を短縮し、接着作業を合理化するのに非常に有効な方法である。また、接合特性の向上にも効果的である。以下に、WB法の特徴、接合過程、接合条件、適用例などについて述べる。

### 特 徴

WB法は、図1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、次に示すような特徴がある。

#### 1. 接着工程の合理化

接着剤のみで組立を行なう場合は、一般に、「接着剤塗布→貼り合せ→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。

一方、点溶接を固定治工具の代用として用いると、工程は、「接着剤塗布→貼り合せ→点溶接→次工程→接着剤硬化」となり、治工具の取り付けや取り外しがなくなり、接着剤が未硬化でもすぐに次工程に移せ、接着工程の合理化が図れる。

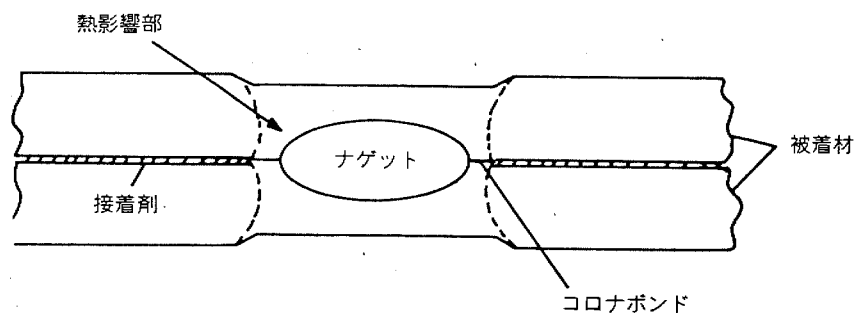
室温硬化型接着剤の場合は、次工程以後の工程を流れている間に徐々に硬化が進行していく。加熱硬化型接着剤の場合は、次工程以後の工程で、炉中硬化や高周波硬化、あるいは焼付け塗装がなされる場合には、塗装工程の熱による硬化などがなされる。硬化過程では固定用治工具がついていないので作業が容易に行なえる。

#### 2. 接着特性の改善

接着接合の欠点であるはく離強度、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。図2<sup>1,2)</sup>に高温における接着強度の改善効果を、図3<sup>1,3)</sup>に耐クリープ性の改善効果を示す。そのほか、接着される2つの金

\*はらが こうすけ：材料研究所高分子材料技術部 主事  
〒661 兵庫県尼崎市塚日本町8-1-1, TEL.06 (491) 8021

図1 ウェルドボンド  
接合部の断面



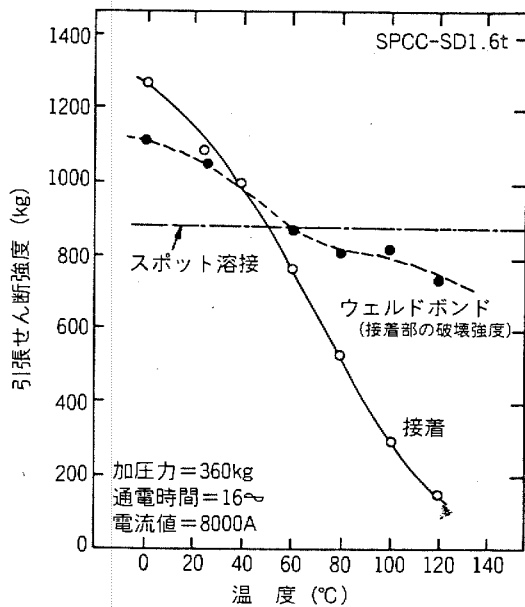


図2 ウェルドボンドによる高温接着強度の改善効果

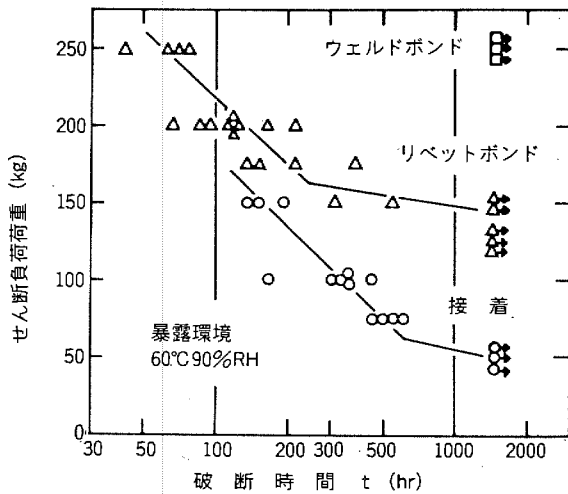


図3 ウェルドボンドによる接着剤の耐クリープ性の効果改善

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、点溶接の併用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も点溶接の併用は有効である。

### 3. 点溶接特性の改善

点溶接は、アルミ合金や板厚が薄い場合には、高い強度が得られない、点溶接部の応力集中により耐疲労性に劣る、接合部にシール性がない、重ね合せ部の塗装が十分にできず腐食しやすい、な

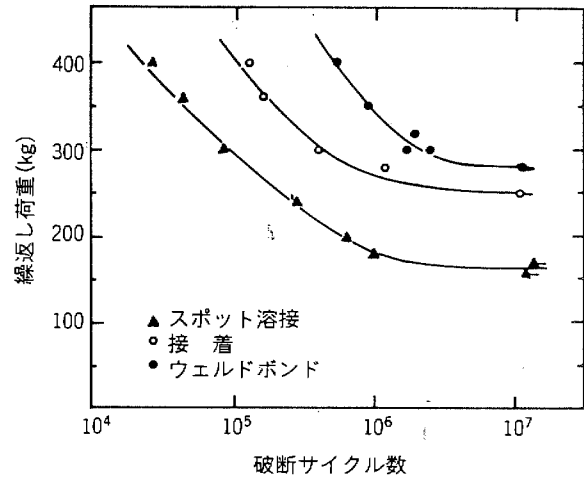


図4 ウェルドボンドによるスポット溶接の疲労特性の改善効果

どの欠点があるが、WB法により接着剤を併用することによりこれらの欠点を改善することができる。図4<sup>1,2)</sup>に疲労特性の改善効果を示す。

### 接合過程

WB法は、図5に示す過程により接合が行なわれる。WB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、図6<sup>4,5)</sup>のように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てメタルタッチさせたりする方法がある。接着剤の硬化は溶接による発熱のみでは不可能であり、「接着工程の合理化」の項で述べたように、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。

### 接着剤の必要条件

WB用接着剤には次のような特性が必要である。

- (1) 油面接着性 (特に鋼板の場合)
- (2) 室温硬化型では溶接作業に支障のない十分な可使用時間
- (3) 電極加圧力で容易に流動排除できる。非流動性接着剤では導電性フィラーによる通電加熱溶

図5 ウェルドボンド法の  
接合過程

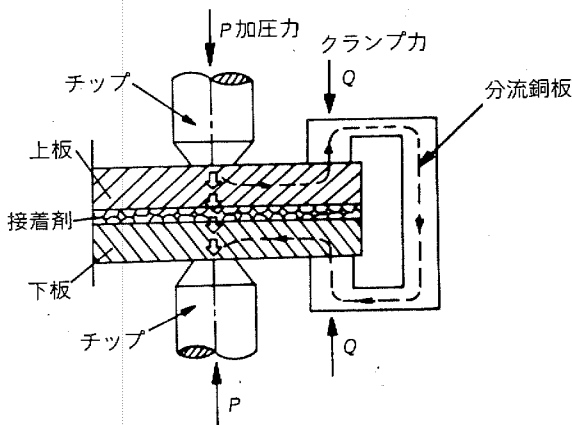
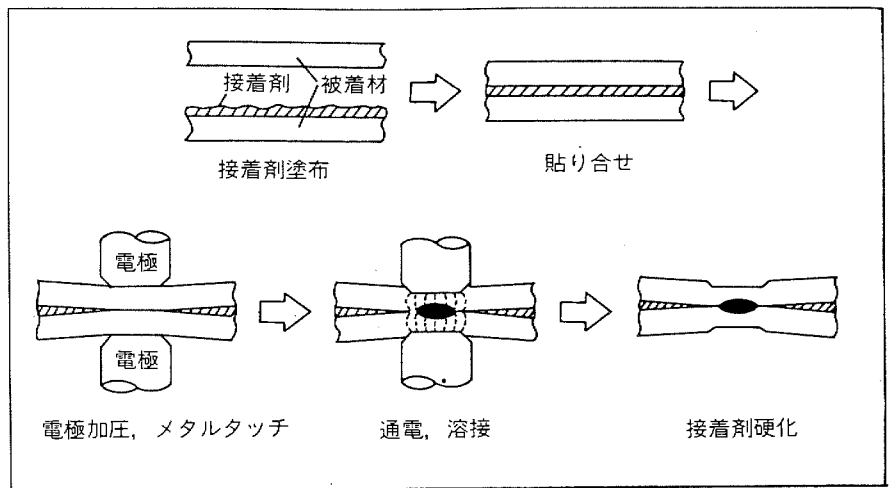


図6 フィルム状接着剤を使用する  
場合の通电方法

融が可能なが望ましい

- (4) 溶接条件のバラツキに対応できる
- (5) チリ (火花) により引火しない
- (6) はみ出した接着剤が熱により粘度低下し、垂れたり電極を汚したりしない
- (7) 溶接の熱により、有毒ガスや腐食性ガス、悪臭を発生しない

上記の特性を有する接着剤として1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が、室温硬化型のエポキシ系、ウレタン系、SGA系、シリコン系などの接着剤も使用できる。

### 接合条件とその選択

通常のスポット溶接と同じ溶接条件でWBがなされる場合をよく見受けるが、最適な接合特性を得るためには、使用する接着剤に合った溶接条件を選定することが重要である。次に、抵抗溶接の3大条件である溶接電流、通电時間、電極加圧力

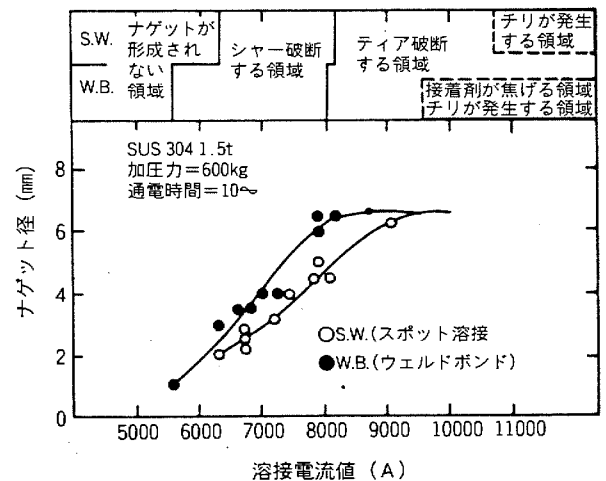


図7 ウェルドボンドとスポット溶接における溶接電流と生成ナゲット径および接合状態の関係

の影響について示す。なお、実際のWBにおいては使用される接着剤の種類・成分だけでなく、溶接機の種類、被着材の材質・板厚、接着剤層の厚さなども影響するので、適用に際しては事前のチェックが必要である。

### 1. 溶接電流

図7<sup>1,2)</sup>は、ステンレス鋼板のスポット溶接とSGA系接着剤によるWBと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である。WBにおいては、中チリ (火花) 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起こり接着部に欠陥が生じる。この点から、WB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7においては、WB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1 各種接着剤のウェルドボンド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=6000A)

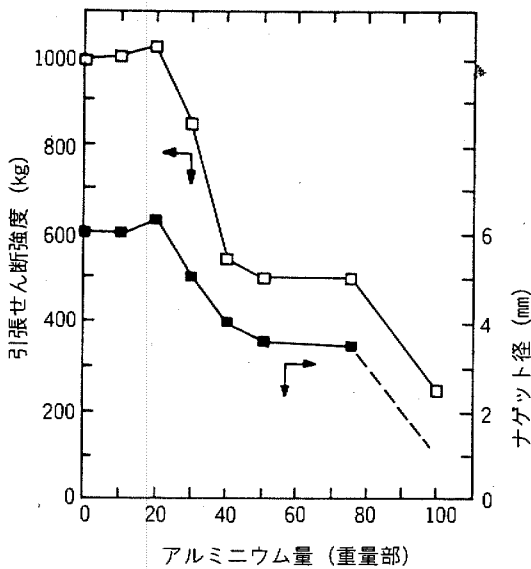


図8 アルミニウム粉末含有量と溶接強度および生成ナゲット径の関係

表1<sup>1,6)</sup>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WB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材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8<sup>1,6)</sup>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WB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、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。WB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

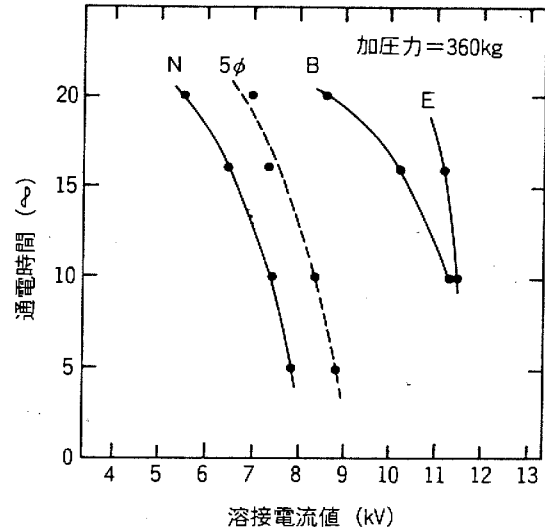


図9 ウェルドボンドにおける通電時間、電流と接合状態の関係

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. 通電時間

図9<sup>1,2)</sup>は、軟鋼板(1.6t)をSGA系接着剤によりWBを行なった場合の通電時間、電流値と接合状態の関係である。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、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)は通電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、通電時間が長い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。WBにおいては通電時間はできるだけ短い方がよいといえる。

## 3. 電極加圧力

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、WB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の方が適当と考えられる。

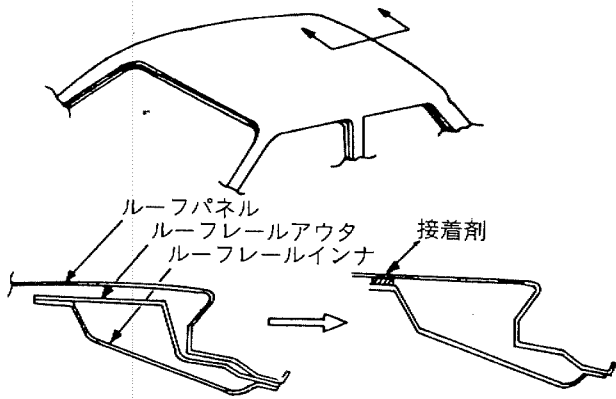


図10 リヤルーフレール部における適用例

適用例

WBは航空・宇宙関係で最初に実用化され、航空機の胴体パネル<sup>7,8)</sup>、ヘリコプタ<sup>9)</sup>、大形推進タンクのドーム<sup>7,10)</sup>などの組立や火星軟着陸船のコルゲートパネルの補強材とスキンの接合<sup>7)</sup>などに適用された。その後1976年に、航空機の1次構造部材にも適用できる信頼性の高いWB法が開発され、A10攻撃機の胴体パネル、エンジンカバー、水平尾翼、フラップなどの組立に適用されている<sup>11)</sup>。航空・宇宙関係でのWBはアルミ合金が主対象である。自動車や電機機器のWBでは鋼板やステンレス板が主対象であり、最近では高張力鋼板が増加している。自動車での適用箇所としては、ドアのヘミングフランジ部、ルーフレール部(図10<sup>12)</sup>参照)、センタピラーの上下結合部(図11<sup>12)</sup>参照)などがある。センタピラーの上下結合部では、従来のスポット溶接のみに比べ、WB法では結合剛性が30%向上し、耐久寿命は10倍以上に延びるという結果が報告されている<sup>12)</sup>。なお、自動車における鋼板のWBでは、主として油面接着性の1液型ペースト状エポキシ系接着剤が使用されており、接着剤の硬化は塗装乾燥炉の熱を利用して行なわれている。電気機器組立においても、空調機器組立やモータ組立などに適用されている。そのほか、最近、制振鋼板が適用され始めたが、制振鋼板は2枚の鋼板が接着剤により接合されているため制振鋼板同志あるいは制振鋼板と鋼板のスポット溶接はWB法と同様の考え方で行なわれている。

☆ ☆

以上、WB法の特徴、接合過程、接合条件、適

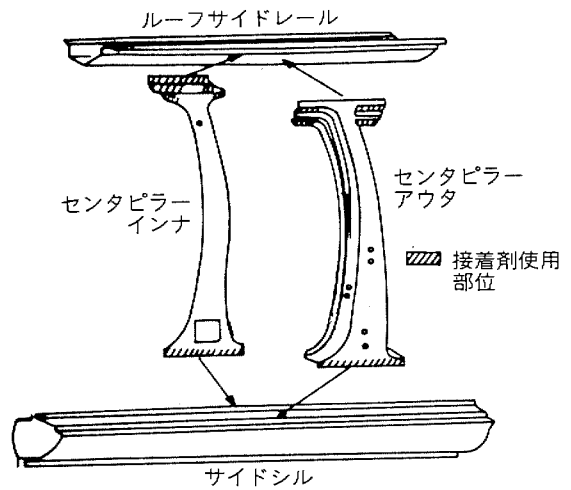


図11 センタピラーの上下結合部への適用例

用例などについて述べたが、WB法は接着作業の合理化や接合特性の向上に非常に有効な方法であり、今後の展開が大いに期待されている。

誌面の都合でここでは述べなかったが、WB法の点溶接のかわりにリベットを用いるリベットボンド法という方法もある。リベットボンド法はWBにない利点も有しており、WB法とリベットボンド法を使い分け、あるいは組合せることにより接着組立の適用範囲はますます拡大できると考えられる。

参考文献

- 1) 原賀康介, 児玉峯一: 溶接学会誌, 56(3) (1987)26.
- 2) 山田 祥, 原賀康介, 齊藤 貴: 日本接着協会誌, 19(11) (1983) 491.
- 3) 原賀康介, 児玉峯一: 日本接着協会誌, 21(1) (1985)4.
- 4) 原賀康介: 日本接着協会誌, 22(3) (1986)26.
- 5) 浜崎正信: 軽金属溶接, 132(12) (1973)12.
- 6) 山田 祥, 原賀康介: 第23回接着研究発表会要旨集, (1985)27.
- 7) K.Forsberg, F.R.Sullivan: SME Teck. Pap., No.AD-72-710, (1972).
- 8) R.Waterbury: Assembly Eng.,(8) (1980)24.
- 9) T.H.Malim: Iron Age, March 4, (1971)60.
- 10) F.R.Sullivan, G.E.Faulkner, F.J.Claus: Mater. Eng., (1) (1971) 14.
- 11) A.Shame, R.Rupp, J.Clarke: Congr. Int. Counc. Aeronaut Sci., 12th (1980)596.
- 12) 三浦純一, 小野裕行, 城井幸保, 畑 英幸: 自動車技術, 38(4) (1984)446.