

# ウェルドボンディング

原 賀 康 介

三菱電機材料研究所  
材料分析・評価センター/主幹

## II. 各論

### 1. まえがき

ウェルドボンディングは、接着材とスポット溶接を併用する接合法であり、それぞれの利点を維持しながら欠点を互いに補いあうものである。さらに、併用により新たなメリットを生み出す可能性を有しており、自動車や電気機器において実用化のための研究開発が盛んに行われている。特に、自動車の車体組み立てにウェルドボンディングを適用することを目的として、(株)自動車技術会では1988年に薄板接合強度信頼性専門委員会、1989年に自動車構造接着技術特設委員会が設置されている。自動車メーカー、鉄鋼メーカー、接着材メーカー、中立機関の参加のもとに、①強度特性、強度評価法、②メリット追求、③実用化のための課題、④接着剤の経年信頼性評

価技術などに取り組み、1991年3月にはシンポジウムが開催され、ウェルドボンディングは新たな展開の時期にいたっている<sup>1)2)</sup>。以下に、このシンポジウムでのデータも含めて、ウェルドボンディングの効果、接合条件、適用例などについて述べる。

### 2. ウェルドボンディングの効果

ウェルドボンディングの特徴と効果を次に示す。

#### 2-1 接着工程の合理化

接着剤のみで組み立てを行う場合は、一般に、「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。一方、スポット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→貼り合わせ→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

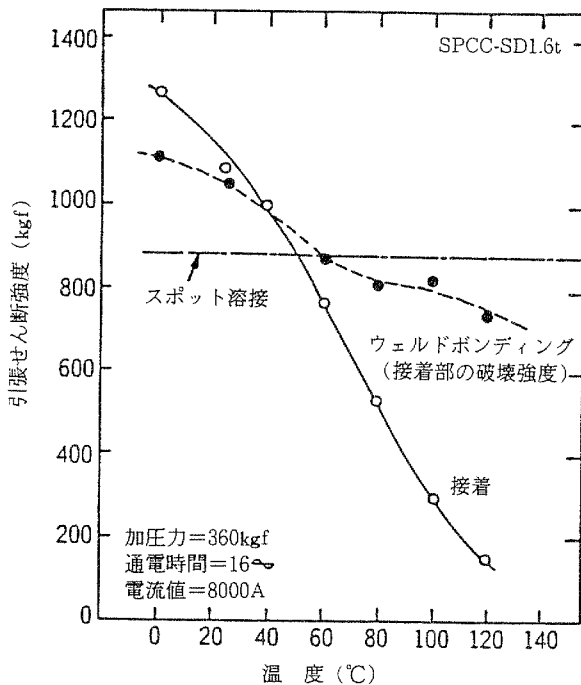


図1 ウェルドボンディングによる高温接着強度

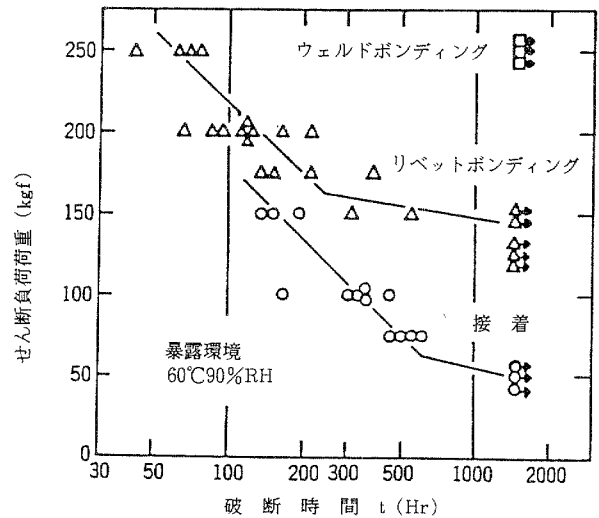
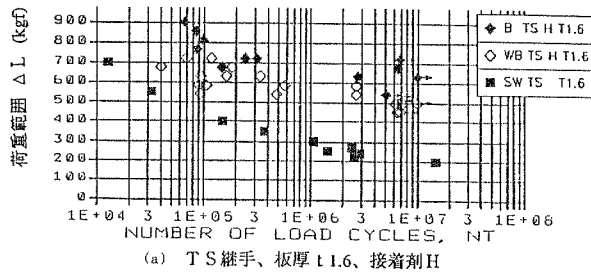


図2 ウェルドボンディングによる接着剤の耐クリープ性

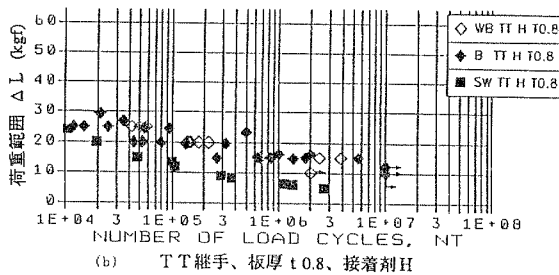
が進行していく。加熱硬化型接着剤の場合は、次工程以後の工程で、炉中硬化や高周波硬化、あるいは焼き付け塗装がなされる場合には塗装工程の熱による硬化などがなされる。

2-2 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、スポット溶接の併用により改善することができる。図1に高温における接着強度の改善効果<sup>3),4)</sup>を、図2に耐クリープ性の改善効果<sup>3),5)</sup>を示す。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、スポット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。



(a) TS継手、板厚 t1.6、接着剤 H



(b) TT継手、板厚 t0.8、接着剤 H

図3 ウェルドボンディングによる引張りせん断継手 (TS継手)、T字形引張り継手 (TT継手) の疲労特性

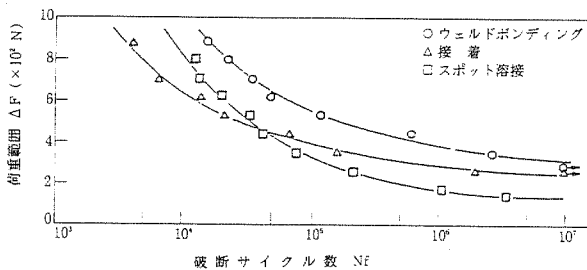


図4 ウェルドボンディングによる十字形引張り疲れ試験片の疲労特性

2-3 スポット溶接特性の改善

スポット溶接は、板厚が薄い場合には接合強度が低く、溶接部の応力集中により耐疲労性に劣る。また、接合部にシール性がない、重ね合わせ部の塗装が十分にできず腐蝕しやすいなどの欠点がある。ウェルドボンディング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。

疲労特性の改善効果を次に示す。図3(a)は引張りせん断継手 (TS継手)、(b)はT字形引張り継手 (TT継手) における疲労試験の結果であり、被着材料は軟鋼板 (SPC E) である<sup>6)</sup>。いずれの結果においてもウェルドボンディング継手 (WB) の疲労強度はスポット溶接継手 (SW) に比べて向上しており、接着継手 (B) とほぼ同等になっている。また、図4は、十字形引張り疲れ試験片における疲労試験の結果であり、被着材料は板厚0.8mmと3.2mmの高張力鋼板である<sup>7)</sup>。この結果ではウェルドボンディング継手の疲労強度はもっとも優れ、スポット溶接継手、接着継手の双方を上回る特性を示している。

2-4 構造体の性能向上

(1) 剛性

表1は、図5に示すスポット溶接部材とウェルドボンディング部材の剛性試験の結果である<sup>8)</sup>。ウェルドボンディングによって剛性が向上するため、板厚を1ランク下げてもスポット溶接と同じ剛性値を確保でき、ウェルドボンディングは軽量化のための有力な手段になりうる<sup>8)</sup>。また、ウェルドボンディングではスポットピッチの影響も小さいため、スポット点数の削減も期待できる<sup>8)</sup>。

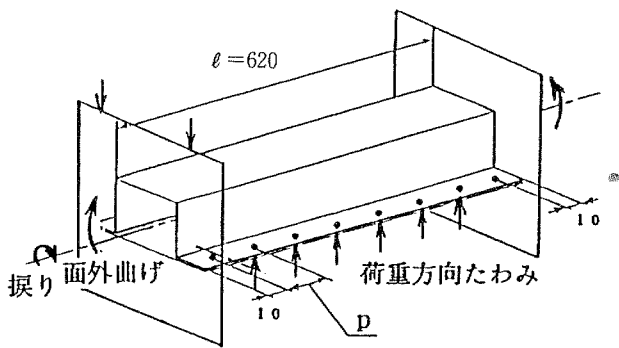
(2) 振動特性

図6は、ウェルドボンディング、接着、スポット、溶接の片ハット材の振動特性測定結果である<sup>9)</sup>。ウェルドボンディングや接着は、スポット溶接構造体にくらべて共振周波数の高位化が認められ、また、ウェルドボンディングではスポットピッチの影響も小さいため、スポット点数の削減も期待できる<sup>9)</sup>。また、スポット溶接と同じ

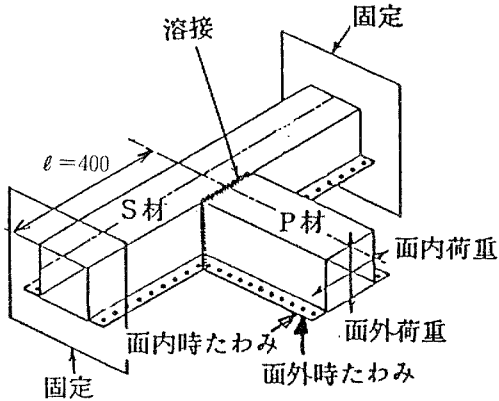
表1 部材剛性、結合剛性試験結果 (板厚0.8mm、スポットピッチ50mm)

	荷重方向	スポット溶接	ウェルドボンド	WB/SP
単一部材	面外曲げ	$1.74 \times 10^7$	$1.78 \times 10^7$	1.02
	振り	$6.29 \times 10^8$	$7.74 \times 10^8$	1.23
L型部材	面内曲げ	$1.25 \times 10^7$	$1.66 \times 10^7$	1.33
	面外曲げ	$5.10 \times 10^5$	$6.37 \times 10^5$	1.25
T型部材	面内曲げ	$1.12 \times 10^7$	$1.20 \times 10^7$	1.07
	面外曲げ	$0.53 \times 10^6$	$0.61 \times 10^6$	1.15

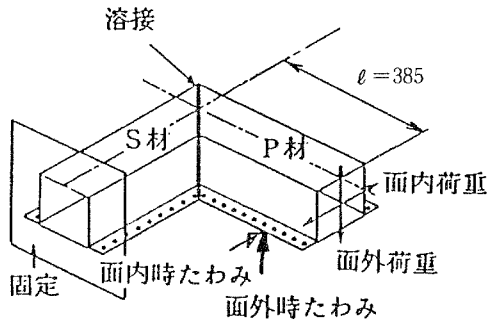
単位：単一部材；kgf/cm<sup>2</sup>  
結合部材；kgf・mm/rad



(a) 片ハット箱型断面単一部材



(b) 片ハット箱型断面T型部材



(c) 片ハット箱型断面L型部材

図5 剛性試験用部材の形状・寸法

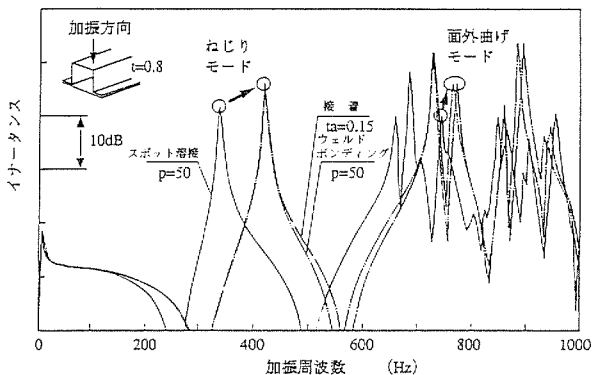


図6 片ハット材の振動特性測定結果

共振周波数であれば約10~20%の軽量化が可能である<sup>3)</sup>。しかし、振動減衰の点ではウェルドボンディングの効果はほとんどみられていない<sup>3)</sup>。

(3) 衝撃特性

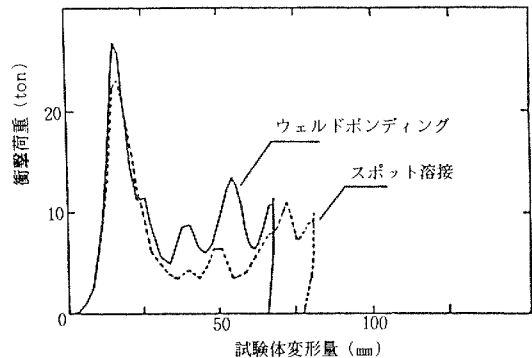
図7は、図8に示すように、片ハット材に軸方向衝撃を与えた時の衝撃荷重と変形量の関係である<sup>10)</sup>。ウェルドボンディングの場合はスポット溶接に比べて最初の衝突時に発生する荷重が若干高くなっているものの、変形量の低減効果が大きく、安全性の向上や軽量化の可能性が期待できる<sup>10)</sup>。

3. 接合条件とその選択

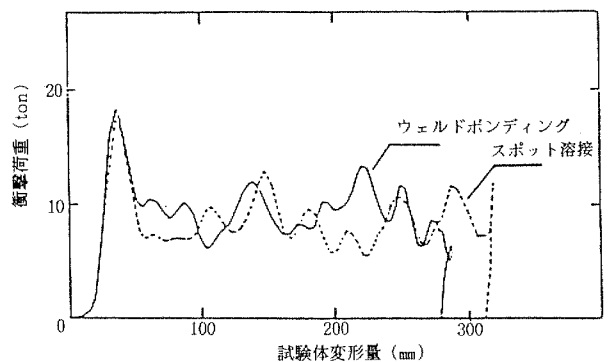
通常のスポット溶接と同じ溶接条件でウェルドボンディングがなされる場合をよく見受けるが、最適な接合特性を得るためには使用する接着剤、被着材料に合った溶接条件を選定することが重要である。次に、溶接条件と接着剤の影響について示す。

3-1 溶接電流

図9は、ステンレス鋼板のスポット溶接と、変性アクリル系接着剤によるウェルドボンディング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<sup>3),4)</sup>。



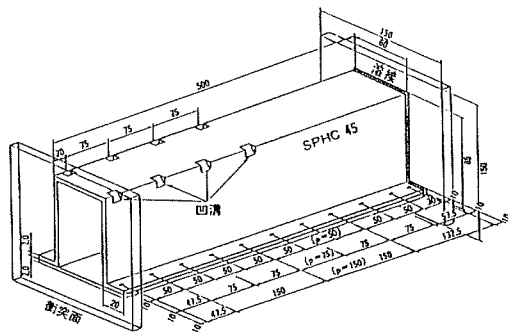
(a) V=25km/h, P=75mm



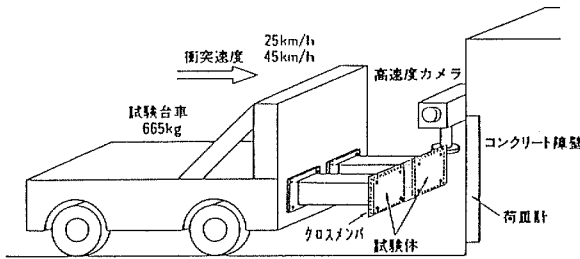
(b) V=45km/h, P=50mm

図7 衝突試験における衝撃荷重と変形量の測定結果

ウェルドボンディングにおいては、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、ナゲット径およびナゲット厚さが小さくなり<sup>11)</sup>、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9において、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。このように、ウェルドボンディングにおける適正溶接電流



試験体形状および寸法明細



試験状況を示す模式図

図8 衝突試験の試験体の形状・寸法と試験状況の模式図

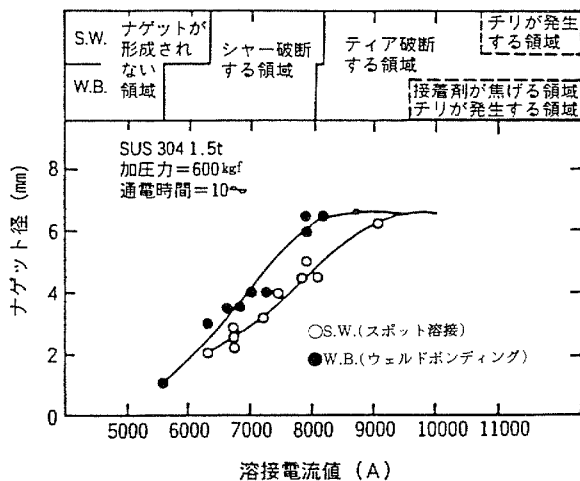


図9 ウェルドボンドとスポット溶接における溶接電流と生成ナゲット径および接合状態の関係

範囲は、スポット溶接の場合と異なり、接着剤の種類によっても変化するので事前のチェックが必要である。

### 3-2 接着剤

表2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<sup>3),12)</sup>。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生成ナゲット径が小さく、溶接強度は低下している。一方、充填材を含まない接着剤では生成ナゲット系が大きく、溶接強度が向上している。この様に、充填剤の有無や種類・量により溶接特性は変化する。ウェルドボンディングの適用に際しては、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

表2 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	溶接温度 (kgf)	充填材
変性アクリル系	637±25	なし
2液エポキシ	609±15	なし
2液エポキシ	240±20	Fe粉
1液エポキシ	282±25	Al粉
1液エポキシ	463±20	Al粉
スポット溶接のみ	543±20	—

(電極径5mm、加圧力=360kgf、  
通電時間=16サイクル、電流値=6000A)

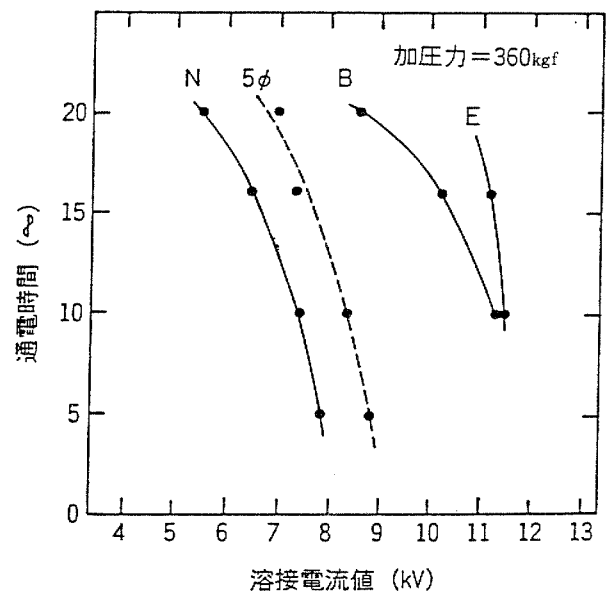


図10 ウェルドボンドにおける通電時間、電流と接合状態の関係

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。

### 3-3 通電時間

図10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った場合の通電時間、電流値と接合状態の関係である<sup>3),4)</sup>。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。ウェルドボンディングにおいては通電時間はできるだけ短い方が良いといえる。

### 3-4 電極加圧力

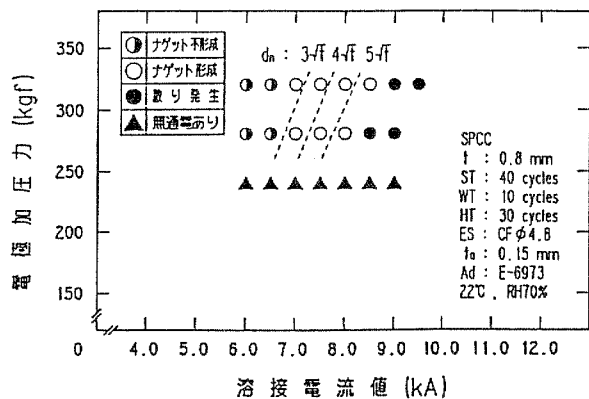
一般のスポット溶接では加圧力が高くなると同じ大き

さのナゲットを生成するに要する電流は高くなるが、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の方が適当と考えられる。

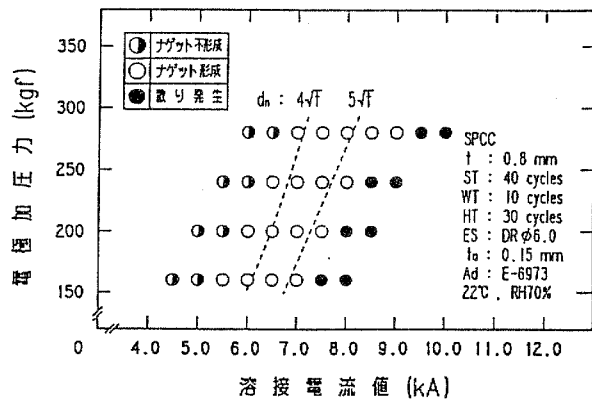
### 3-5 電極先端形状

図11は、板厚0.8mmの軟鋼板を鉄粉入り1液加熱硬化型エポキシ系接着剤 (サンスター技研製E-6973) によりウェルドボンディングを行った場合の電極先端形状の影響を示したものである<sup>11)</sup>。電極先端形状は図12<sup>11)</sup>に示すCF形電極とドーム形電極が使用されている。この結果より、ドーム形電極はCF形電極に比べてより低い電極加圧力でもウェルドボンディングが可能であり、かつ溶接可能範囲が広いことがわかり、ウェルドボンディングにはドーム形電極が適当といえる。

以上の内容から、ウェルドボンディングにおいては溶接条件の選定が重要であることがわかる。最適溶接条件は、接着剤の種類・成分だけでなく、被着材の材質・板厚、板間のクリアランス<sup>10)</sup>、溶接機の種類などによっても変化するので、適用に際しては事前のチェックが重要である。表3には、自動車構造接着技術特設委員会の共同実験により求められた、軟鋼板の鉄粉入り1液エポキシ系接着剤 (E-6973) による、ウェルドボンディングにおける標準スポット溶接条件の例<sup>11)</sup>を示した。

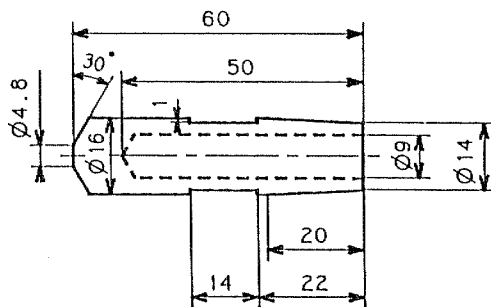


(a) CF形電極

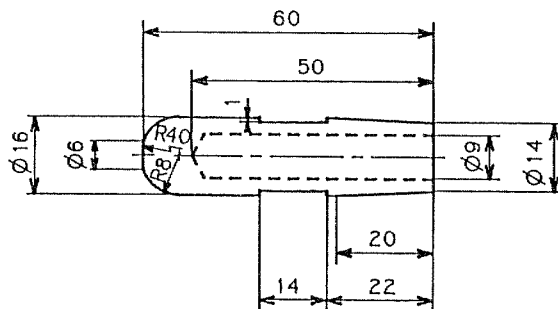


(b) ドーム形電極

図11 CF形電極とドーム形電極によるウェルドボンディングのスポット溶接条件範囲の比較



(a) CF形電極



(b) ドーム形電極

図12 スポット溶接用電極の形状・寸法

表3 ウェルドボンディングの標準スポット溶接条件

被溶接材	板厚 t (mm)	電極先端形状 ES	電極加圧力 EF (kgf)	スライズ時間 ST (cycles)	通電時間 WT <sup>1)</sup> (cycles)	ホールド時間 HT (cycles)	溶接電流値 I (KA)	平均ナゲット歪 d <sub>n</sub> <sup>2)</sup> (mm)	目標ナゲット歪 5√t (mm)	散り限界電流値 I <sub>0</sub> (KA)
SPCC	0.8	DRφ6.0	280	40	8	30	9.0	4.6	4.5	10.0
	1.0		300		16		8.0	5.1	5.0	8.9
	1.6		300		16		8.9	6.4	6.3	9.9

注：接着剤はE-6973、初期接着剤厚さは0.15mm、1) 通電時間は60Hz電源のものに対応、2) 3点のナゲット径の平均値

### 4. 適用例

#### 4-1 送風機の羽根組み立て<sup>14~16)</sup>

送風機の羽根には、図13に示すように、鋼製のスパイダーに鋼製のブレードが接合される構造のものがある。従来は、一般にリベットで組み立てられており、接合部の応力集中が大きく薄板では接合強度が低下するため、ある程度の板厚が必要で薄肉化、軽量化に限界があった。また、リベット締結後に塗装を行っても塗料が接合部の内部まで十分に入らず、使用中に錆が発生するという問題もあった。

これに対して、ウェルドボンディングで接合された羽根では、部品の重なり部分の全面が接着剤により面接合されるので、接合部での応力分散が図れ薄板でも高い接合強度と、優れた耐疲労特性が得られる。ウェルドボンディングと高張力鋼板を採用することにより30~40%の薄板化、軽量化が実現した。さらに、スポット溶接が併用されていることにより接合信頼性が非常に高く、また、重なり部分での錆の発生もなく、リベットの突起もない

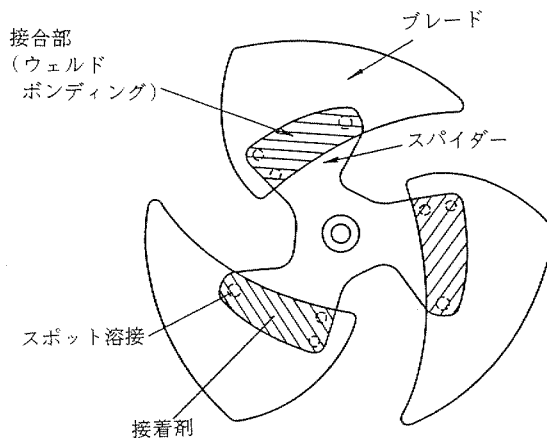
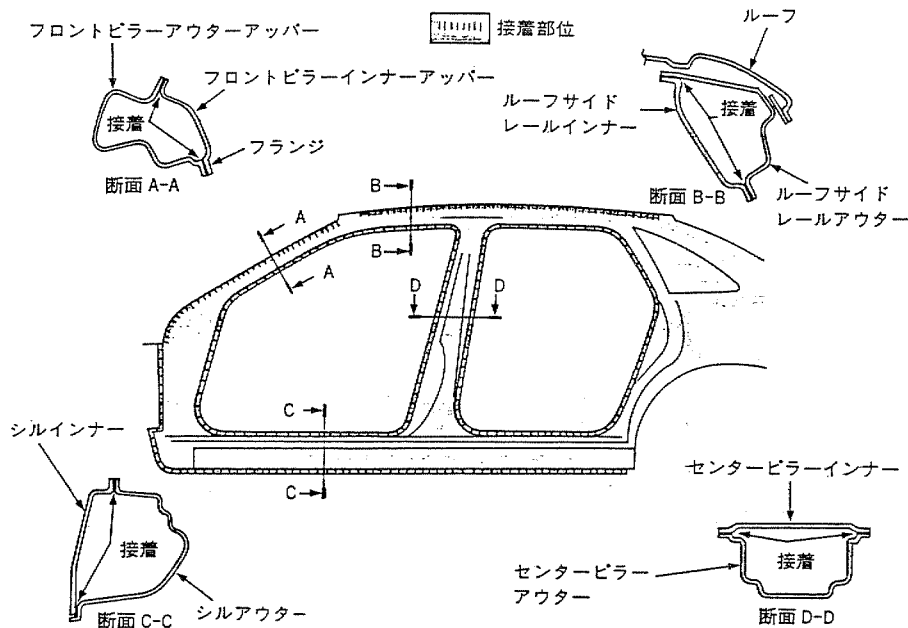


図13 送風機の羽根組み立てにおけるウェルドボンディングの適用例

ので外観意匠性にも優れるなどの効果も得られている。接着剤はペースト状の一液加熱硬化型の構造用エポキシが使用され、油面に塗布して貼り合わせ、スポットの溶

図14 インフィニティーにおけるウェルドボンディングの適用部の構造



接の後塗装し、焼き付け塗装ラインで160~180℃で塗料と接着剤が同時に硬化される。スポット溶接は硬化までの仮固定と、スパイダーの曲面にブレードの曲面を沿わせるためにも重要な役割を果たしている。

ウェルドボンディングにより組み立てられた送風機の羽根は、1989年から三菱電機の産業用換気扇に使用されている。

#### 4-2 自動車の車体組み立て<sup>17,18)</sup>

車体の重量を増加させることなく、車体全体の剛性を向上させることを目的として、ウェルドボンディングが採用された例に、1989年に発売された「インフィニティー」(日産自動車)がある。インフィニティーにおけるウェルドボンディングの適用部の構造を図14に示す。ボディー側面のインナーとアウターの合わせ部に使用されている。接着剤の使用量は400g/台である。ウェルドボンディングの採用により、曲げ剛性は30%向上し、加速度振幅レベルも大きく減少している。接着剤は、引張りせん断強さ200kgf/mm<sup>2</sup>、はく離強さ15~20kgf/25mmのペースト状の一液加熱硬化型の構造用エポキシが使用され、スポット溶接の後電着塗装の焼き付け工程で180~220℃で硬化されている。なお、スポット溶接時の加熱による接着剤の燃焼を防止するために、接着剤に難燃剤が添加されている。

### 5. おわりに

以上、ウェルドボンディングの効果、接合条件、適用例などについて述べたが、ウェルドボンディングの特徴を最大限に活用し、新たな構造や組み立て方法による軽量、高剛性で、生産性にも優れた製品が開発されることを期待したい。なお、ウェルドボンディングのスポット溶接のかわりにリベットやかかしめを用いる方法もある。これらの方法はウェルドボンディングにない利点も有しており、これらの使う分けや組み合わせにより接着組み立て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) 結白良治;自動車技術会シンポジウム要旨集, 90 (12) (1991) 9.
- 2) 佐藤次彦;自動車技術会シンポジウム要旨集, 90 (12) (1991) 80.
- 3) 原賀康介, 児玉峯一;溶接学会誌, 56 (3) (1987) 26.
- 4) 山田 祥, 原賀康介, 齊藤 貴;日本接着協会誌, 19 (11) (1983) 491.
- 5) 原賀康介, 児玉峯一;日本接着協会誌, 21 (1) (1985) 4.
- 6) 岡部友三郎, 赤崎智康;自動車技術会シンポジウム要旨集, 90 (12) (1991) 38.
- 7) 林 幸男, 宇都宮敬一郎;日本機械学会第68回通常総会講演会要旨集, (1991)
- 8) 吉田夕貴夫, 金川浩之, 藤本正治, 志村邦久, 浜野信之;自動車技術会シンポジウム要旨集, 90 (12) (1991) 151.
- 9) 浜谷浩臣, 高 隆夫, 長井弘行, 大栗靖弘;自動車技術会シンポジウム要旨集, 90 (12) (1991) 158.
- 10) 岸本泰秀, 村田 淳, 西野 誠, 米野 実;自動車技術会シンポジウム要旨集, 90 (12) (1991) 165.
- 11) 佐藤次彦, 阿部博司;自動車技術会シンポジウム要旨集, 90 (12) (1991) 104.
- 12) 山田 祥, 原賀康介;第23回接着研究発表会要旨集, (1985) 27.
- 13) 榊原利盛, 大栗靖弘, 阿部博司;自動車技術会シンポジウム要旨集, 90 (12) (1991) 111.
- 14) 原賀康介;接着シンポジウム要旨集 (溶接学会), (1989) p.75
- 15) 原賀康介;溶接技術, 38 (3) (1990) 64.
- 16) 藤堂安人;日経ニューマテリアル, No.87 (1990) p.10.
- 17) 後藤典雅, 末松孝規;接着シンポジウム要旨集 (溶接学会), (1989) p.86.

## 美しい光沢と表面ツヤ MC樹脂 ミラクル カラーレジン

MC樹脂は、ミラクルカラーレジンと名付けた新しい熱可塑性樹脂であります。樹脂自体から発する真珠光沢と表面ツヤであり従来の添加型のパール剤では発色できない鮮明な色相を保持しています。

#### 〔主な用途〕

- 高級家庭雑貨
- 化粧品容器
- 装飾用器材
- 高級文具等

——— 化学工業薬品・グリセリン・染顔料・合成樹脂 ———



### 阪本薬品工業株式会社 合成樹脂課

本社 大阪市中央区淡路町1丁目2番6号 TEL(06)231-1851(代) 〒541  
東京営業所 東京都千代田区丸の内1-8-2(鉄鋼ビル519号) TEL(03)3211-3613(代) 〒100

特集 I 接着剤の高機能化と接着技術の進歩

〈総論〉	68	高機能化する接着剤	大阪府立産業技術総合研究所	三刀基郷
	72	接着剤及び接着業界の動向	日本接着剤工業会	岡崎久
	76	ワールドボンディング	三菱電機㈱	原賀康介
〈各論〉	84	エポキシ樹脂系接着剤	油化シェルエポキシ㈱	小池常夫
	92	エポキシ樹脂系構造用接着剤	日本チバガイギー㈱	澤井郁夫、山口晴治 相澤宏修
	96	エポキシ変性系弾力性接着剤	コニシ㈱	小杉誠一
	102	ゴム変性エポキシ系接着剤	日本合成ゴム㈱	大久保幸浩
	107	シリコーン接着剤	東レ・ダウコウニング・シリコーン㈱	巖幸二郎
	110	シアノ系瞬間接着剤		資料提供：日本ロックタイト㈱
	114	S G A - 第2世代のアクリル系接着剤	ノガワケミカル㈱	若林一民
	118	二液アクリル系構造用接着剤	大倉工業㈱	土肥秀美、今岡史利
	121	高分子ポリエステル樹脂の接着特性と開発動向	東洋紡績㈱	水村裕
	124	反応性ホットメルト接着剤	日立化成ポリマー㈱	藺田裕介、渡辺美穂
	128	フィルム状ホットメルト型接着剤	倉敷紡績㈱	深田寛
	132	金属用ホットメルト接着剤	三井東圧化学㈱	北村正
	134	反応性ホットメルト接着剤、半導体用液状封止材		資料提供：サンスター技研㈱
	136	エマルジョン系接着剤	中央理化工業㈱	平尾洋二
	139	嫌気性封着剤	㈱スリーボンド	千種敏之
	142	P P 専用接着剤	東洋化成工業㈱	万木重雄
	145	接着性樹脂	三菱油化㈱	岡田紀幸、大西俊一
	150	水性ビニルウレタン系接着剤	アイカ工業㈱	浅井大二郎
	154	耐熱性接着剤	カネボウ・エヌエスシー㈱	藤本政男
	160	瞬間接着剤	東亜合成化学工業㈱	田島誠太郎
	164	弾性接着剤	セメダイン㈱	松本秀俊
	168	高粘度用スクリー式アプリケーションとその応用	㈱笠松化工研究所	笠松正
	170	接着剤精密自動比率混合定量塗布装置	トミタエンジニアリング㈱	冨田善平衛
	177	UV硬化装置	東芝ライテック㈱	井上純太郎

91-10

交通至便の常設機械展示場

射出成形機  
中空成形機  
押出機  
粉砕機

テスト機器  
真空成形機  
プラント  
金型等



株式会社 ビジネス・インタナショナル

〒533 大阪市東淀川区西淡路1-1-35

☎06-323-5202 Fax 06-323-1222



# 合成樹脂工業

# 10/91

VOL.38 No.10

〈特集Ⅰ〉 接着剤の高機能化と接着技術の進歩

〈特集Ⅱ〉 プラスチック二次材料(一次製品)高機能化の動向

〈特別連載〉 デザインを保護する意匠の実務(第1回) —— (株)発明学会 中本繁実

ウルトラ“電気接点障害対策品”  
SE918Xシリーズ