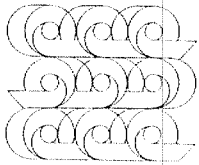


(VII) トピックス

③ ウエルドボンディング



三菱電機㈱ 原 賀 康 介*

ウエルドボンディングは、接着剤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なわれている。特に、自動車の車体組み立てにウエルドボンディングを適用することを目的として、(財)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、89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、接着剤メーカー、中立機関の参加のもとに、①強度特性、強度評価法、②メリット追及、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、91年3月にはシンポジウムが開催されウエルドボンディングは新たな展開の時期にいたっている^{1),2)}。

以下に、このシンポジウムでのデータも含めて、ウエ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。

ウエルドボンディングの効果

1. 接着工程の合理化

接着剤のみで組立てを行なう場合は、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

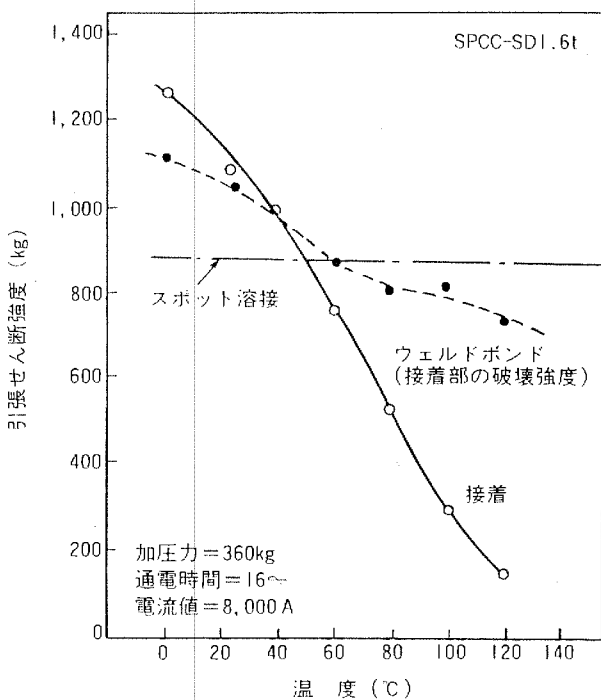


図1 ウエルドボンディングによる高温接着強度^{3),4)}

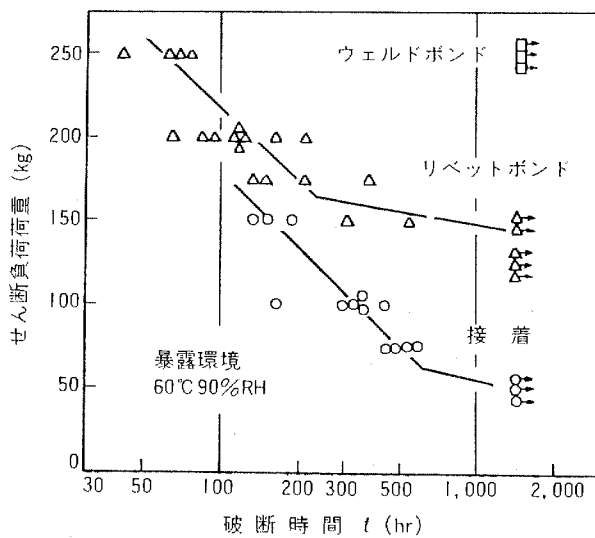


図2 ウエルドボンディングによる接着剤の耐クリープ性^{3),5)}

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. 接着特性の改善

接着接合の欠点である剝離強度、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^{3),4)}に高温における接着強度の改善効果を、図2^{3),5)}に耐クリープ性の改善効果を示す。その他、接着される2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。

3. スポット溶接特性の改善

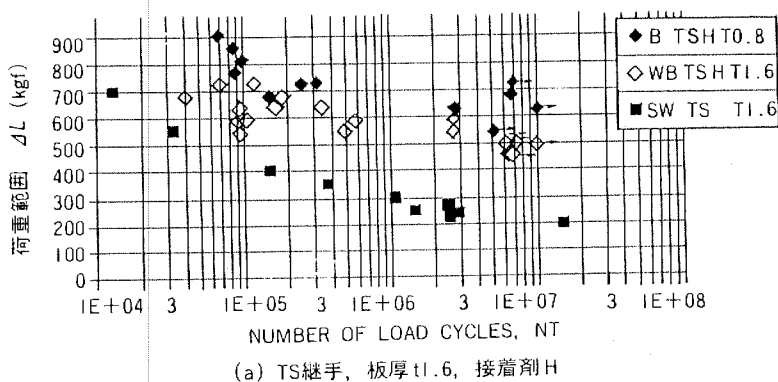
スポット溶接は、板厚が薄い場合には接合強度が低く、溶接部の応力集中により耐疲労性に劣る。また、接合部にシール性がない、重ね合わせ部の塗装が十分にできず腐食しやすいなどの欠点がある。ウエルドボンディングにより接着剤を併用することによりこれらの欠点を改善することができる。

疲労特性の改善効果を次に示す。図3⁶⁾(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(SPCE)である。いずれの結果においてもウエルドボンディング(WB)継手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4⁷⁾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。この結果ではウエルドボンディング(WB)継手の疲労強度はもっとも優れ、スポット溶接継手、接着継手の双方を方回る特性を示している。

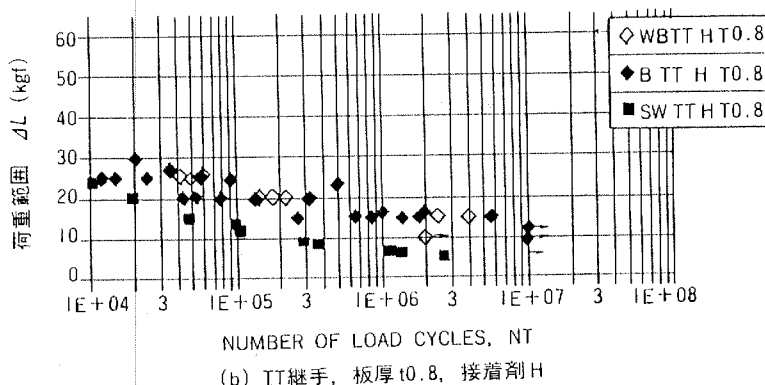
4. 構造体の性能向上

(1) 剛性

表1⁸⁾は、図5⁸⁾に示すスポット溶接部材とウエルドボンディング部材の剛性試験の結果である。ウエルドボンディング



(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 ウエ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⁶⁾

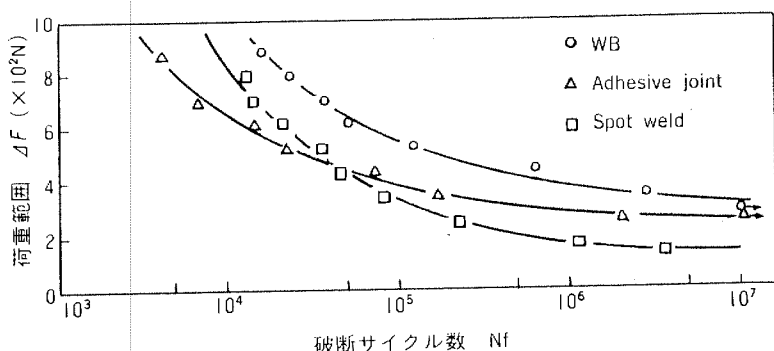
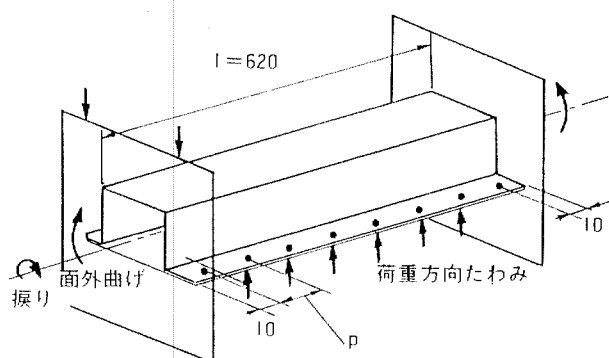


図4 ウエルドボンディングによる十字形引張り疲れ試験片の疲労特性⁷⁾によって剛性が向上するため、板厚を1

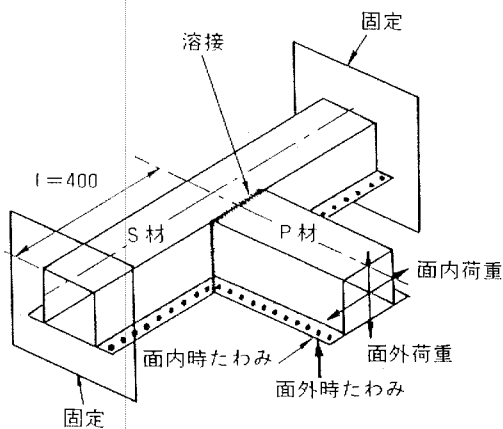
ランク下げてもスポット溶接と同じ剛性値を確保でき、ウエルドボンディングは軽量化のための有力な手段になりうるということがわかる。また、ウエルドボンディングではスポットピッチの影響も小さいため、スポット点数の削減も期待できる⁹⁾。

(2) 振動特性

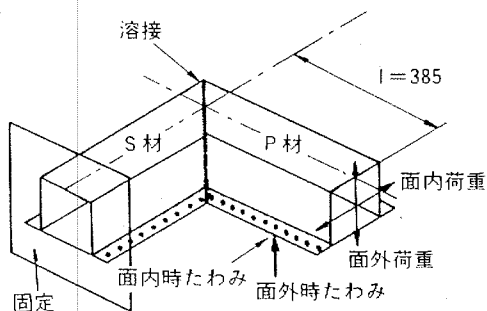
図6はウエルドボンディング(WB)、接着(Bond)、スポット溶接(SW)の片ハット材の振動特性測定結果である⁹⁾。ウエルドボンディングや接着は、スポット溶接構造体にくらべて共振周波数の高位化が認められ、また、ウエルドボンディングではスポットピッチの影響も小さいため、ス



(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⁸⁾

ポット点数の削減も期待できる⁹⁾。また、スポット溶接と同じ共振周波数であれば約10~20%の軽量化が可能である⁹⁾。しかし、振動減衰の点ではウエルドボンディングの効果はほとんどみられていない⁹⁾。

(3) 衝撃特性

図7¹⁰⁾は、図8¹⁰⁾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。ウエルドボンディング(WB)の場合はスポット溶接(SP)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¹⁰⁾。

接合条件とその選択

通常のスポン溶接と同じ溶接条件でウエルドボンディングがなされる場合をよく見受けるが、最適な接合特性をえ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。

1. 溶接電流

ウエ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する^{3),4)}。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¹¹⁾、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、ウエ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。適正溶接電流範囲は、スポット溶接の場合と異なり、接着剤の種類によって変化する。

表1 部材剛性、結合剛性試験結果⁸⁾

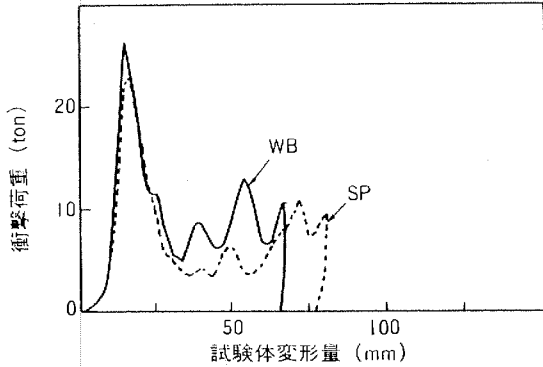
(板厚0.8mm, スポットピッチ50mm)

単位: 単一部材: kgf/mm²
結合部材: kgf・mm/rad

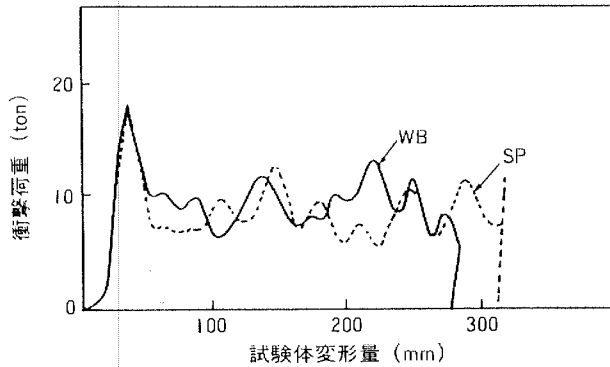
	荷重方向	結合部材: kgf・mm/rad		
		スポット溶接	ウエルドボンド	WB/SP
単一部材	面外曲げ	1.74×10^7	1.78×10^7	1.02
	振り	6.29×10^8	7.74×10^8	1.23
L型部材	面内曲げ	1.25×10^7	1.66×10^7	1.33
	面外曲げ	5.10×10^5	6.37×10^5	1.25
T型部材	面内曲げ	1.12×10^7	1.20×10^7	1.07
	面外曲げ	0.53×10^6	0.61×10^6	1.15

2. 接着剤

金属充填材を含む接着剤ではスポット溶接の場合より生成ナゲット径が小さく、溶接強度は低下する傾向にあり、充填材を含まない接着剤では生成ナゲット系が大きく、溶接強度が向上する傾向にある^{3),12)}。このように、充填材の有無や種類・量により溶接特性は変化するので、ウエ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



(a) $V=25\text{km/h}$, $P=75\text{mm}$



(b) $V=45\text{km/h}$, $P=50\text{mm}$

図7 衝突試験における衝撃荷重と変形量の測定結果¹⁰⁾

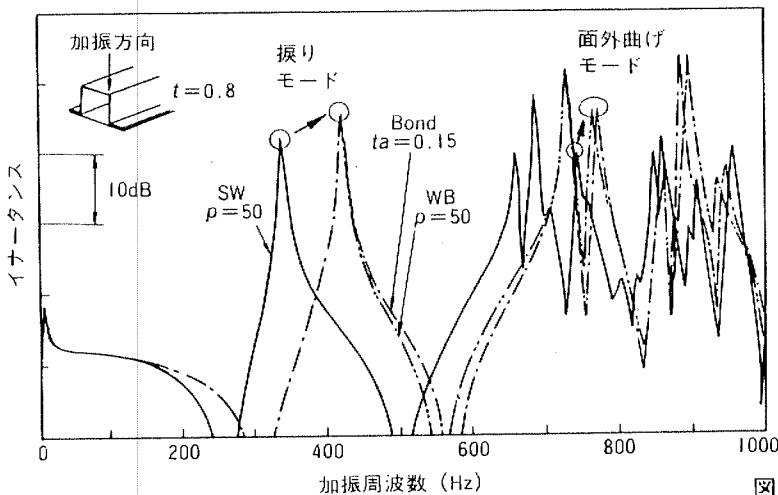
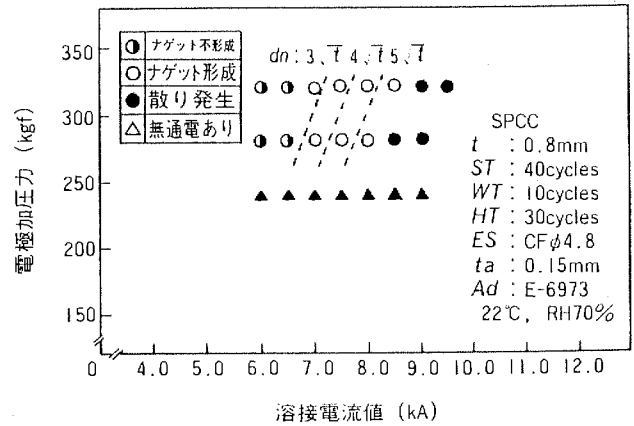


図6 片ハット材の振動特性測定結果⁹⁾

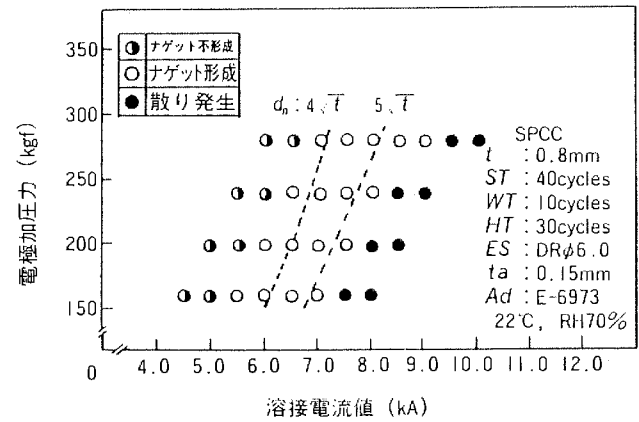
材について最適溶接電流値を求めておくことが必要である。

3. 通電時間

通電時間が長くなると、一定寸法のナゲットが生成する電流値や、中チリが発生し始める電流値



(a) CF形電極



(b) ドーム形電極

図9 CF形電極とドーム形電極によるウエルドボンディングのスポット溶接条件範囲の比較¹¹⁾

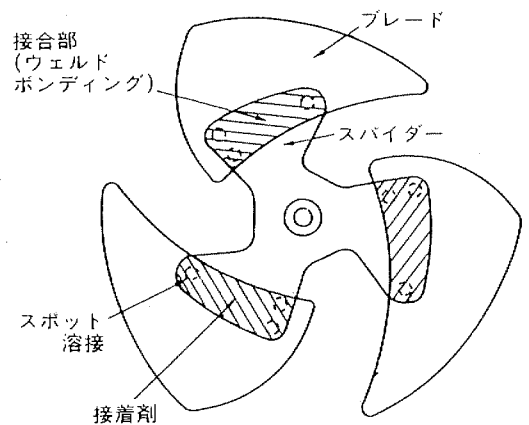


図10 送風機の羽根組み立てにおけるウエルドボンディングの適用例

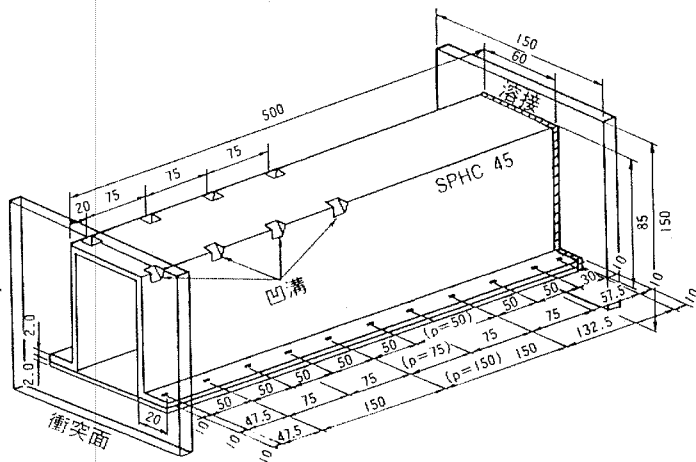
は、全体に低電流値側にシフトする^{3),4)}。これは、スポット溶接単独の場合と同じ傾向であるが、ウェルドボンディングにおいては、通電時間が長くなると接着剤が変色し始める電流値は中チリが発生し始める電流値よりかなり低くなっている^{3),4)}。これは、通電時間が長いと金属板を伝わって逃げる熱量が増加するため、接着剤の温度上昇が大きくなり劣化するためである。ウェルドボンディングにおいては通電時間はできるだけ短い方がよいといえる。

4. 電極加圧力

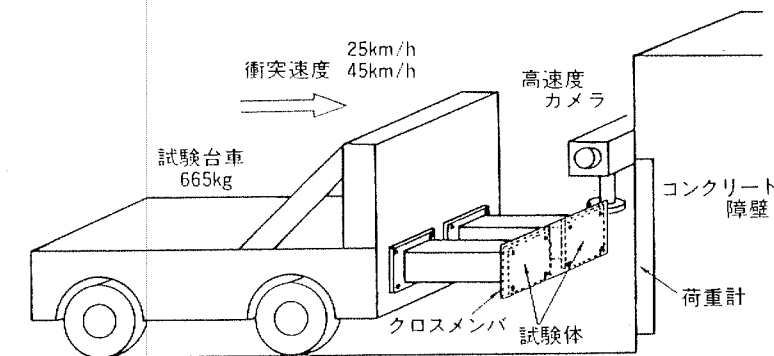
一般のスポット溶接では加圧力が高くなると同じ大きさのナゲットを生成するに要する電流は高くなるが、ウェルドボンディングにおいても同様である。電極下の接着剤の排除やチリ発生を減少のためには加圧力は高めの方が適当と考えられる。

5. 電極先端形状

図9¹¹⁾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(株)製E-6973）によりウェルドボンディングを行なった場合の電極先端形状の影響を示したものである。



(a) 試験体形状および寸法明細



(b) 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¹⁰⁾

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分かり、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分かる。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¹³⁾、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。

適用例

1. 送風機の羽根組み立て^{14)~16)}

送風機の羽根には、図10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えられる。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1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、スポット溶接の後塗装し、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。

ウエ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、89年6月から三菱電機(株)の産業用換気扇に使用されている。

2. 自動車の車体組立て^{17),16)}

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エルドボンディングが採用された例に、89年10月に発売された「インフィニティー」(日産自動車(株))がある。ボディ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。ウエ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/cm²、はく離強さ15~20kgf/25mmのペースト状の1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。

☆

以上、ウエ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、ウエ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、生産性にもすぐれ

た製品が開発されることを期待したい。なお、ウエ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しめを用いる方法もある。これらの方法はウエルドボンディングにない利点も有しており、これらの使い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, シンポジウム・新時代を担う構造接着技術—その基礎と自動車ボデーへの適用—, 90-No. 12, p. 9, 自動車技術会, 講演会要旨集 (1991)
- 2) 佐藤次彦, 同上, p. 80
- 3) 原賀康介, 児玉峯一, 溶接学会誌, Vol. 56, No. 3, p. 26 (1987)
- 4) 山田祥, 原賀康介, 斎藤貴, 日本接着協会誌, Vol. 19, No. 11, p. 491 (1983)
- 5) 原賀康介, 児玉峯一, 日本接着協会誌, Vol. 21, No. 1, p. 4 (1985)
- 6) 岡部友三郎, 赤崎智康, シンポジウム・新時代を担う構造接着技術—その基礎とボデーへの適用—, 90-No. 12, p. 38 (1991)
- 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, シンポジウム・新時代を担う構造接着技術—その基礎とボデーへの適用—, 90-No. 12, p. 151 (1991)
- 9) 浜谷浩臣, 高隆夫, 長井弘行, 大栗靖弘, 同上, p. 158
- 10) 岸本泰秀, 村田淳, 西野誠, 米野実, 同上, p. 165
- 11) 佐藤次彦, 阿部博司, 同上, p. 104
- 12) 山田祥, 原賀康介, 第23回接着研究発表会要旨集, p. 27 (1985)
- 13) 榊原利盛, 大栗靖弘, 阿部博司, シンポジウム・新時代を担う構造接着技術—その基礎と自動車ボデーへの適用—, 90-No. 12, p. 111 (1991)
- 14) 原賀康介, 接着シンポジウム要旨集 (溶接学会), p. 75 (1989)
- 15) 原賀康介, 溶接技術, Vol. 38, No. 3, p. 64 (1990)
- 16) 藤堂安人, 日経ニューマテリアル, No. 87, p. 10 (1990)
- 17) 後藤典雅, 末松孝規, 接着シンポジウム要旨集 (溶接学会), p. 86 (1989)

(219頁より続く)

一方、これまで述べてきた内容は実験室段階を抜け出しておらず、残された問題も多いと思われる。この小論が参考となり、この改質方法が発展していくことを期待したい。

最後に、筆者らの方法と同様に練り込み型の表面改質剤を用いて、ポリオレフィンの表面を改質する方法が報告されている⁴⁾ので紹介しておきたい。ポリメチル水素シロキサンのアルケン(C₁₀~C₅₀)およびプロピレン付加物をポリオレフィンに少量練り込み、はく離性、撥水性や防汚性などの機能を表面に付与するというものである。ポリオレフィンラミネート品のアクリル粘着剤に対するはく離性を図8, 9, 表4⁴⁾に示した。他の用途へも展開が図られている。

参 考 文 献

- 1) D.M. Brewis and D. Briggs, Polymer, 22, 7 (1981)
- 2) 坂本義章, 遠藤仁子, 増井昭彦, 三刀基郷, 第28回日本接着学会年次大会講演要旨集, p.46 (1990)
- 3) 坂本義章, 遠藤仁子, 三刀基郷, 第24回接着研究発表会講演要旨集, p.3 (1986)
- 4) 大原修三, 北村良一, 山崎順伸, 包装技術, 27, 1396 (1989)

