

〈 綜 説 〉

(受理：昭和60年11月28日)

ウェルドボンディングの接合特性

Properties of Weldbonded Joints

原 賀 康 介*
Kousuke HARAGA

1. 緒 言

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。

ウェルドボンディングは、1960年代初期に、ソ連で航空・宇宙関係の構造体組み立て用に開発され、その後、ヨーロッパや米国でも航空、宇宙関係を中心に研究がなされるようになり、実用化もなされている¹⁾。わが国では最近、自動車の車体組み立てを中心にウェルドボンディングが適用されている²⁾が、ウェルドボンディングに関する研究はあまりなされておらず^{3)~9)}、本格的な研究開発及び応用はこれからであると思われる。

ウェルドボンディングには、金属板に接着剤を塗布して貼り合わせた後抵抗点溶接を行なうウェルドスルー方式と、あらかじめ抵抗点溶接された接合部にあとから接着剤を圧入するか毛細管作用で吸入させるキャピラリーウェルド方式とがあるが、キャピラリーウェルド方式はあまり行なわれていないので、ここではウェルドスルー方式のウェルドボンディングについて各種の接合特性について述べる。

2. ウェルドボンディングの目的

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

接着接合のみで組み立てを行なう場合には、一般に、被着材の前処理→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

* 三菱電機(株)材料研究所

尼崎市塚口本町 8-1-1 〒661

Mitsubishi Electric Corp.

8-1-1 Tsukaguchi-honmachi, Amagasaki, Hyogo 661
Japan

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れず、接着の自動化、高速化、システム化を図る場合の障害となっている。そこで、ウェルドボンディングにより、点溶接を固定治工具の代用として用いると、工程は、被着材の前処理→接着剤塗布→貼り合わせ→点溶接→次工程となり、自動化、高速化、システム化が容易にでき、コスト低減も図られる。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。

この様に、点溶接を仮固定として用いる場合は、接着剤の硬化が完了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、接合部の表面に意匠性が要求される場合は、溶接条件をできるだけ低くして、点溶接による被着材のへこみや焼けを少なくするのが好ましい。

なお、片面が塗装されている場合には、図1のように、相手側被着材にプロジェクション(突起)を立てて、図2に示すように、インダイレクト・シリーズ・プロジェクション溶接を行なうことにより、ウェルドボンディングが可能となる¹⁰⁾。

(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

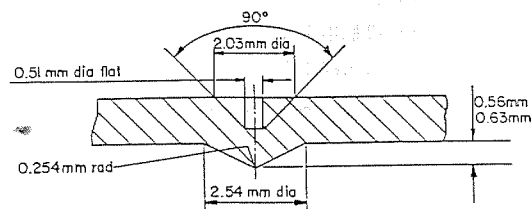


図1 被着材に加工されたプロジェクションの一例

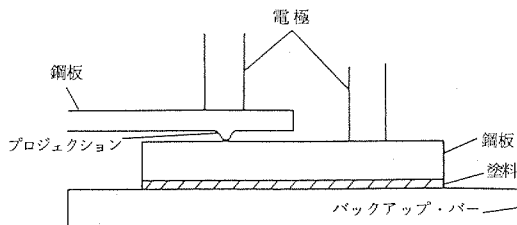


図2 塗装鋼板のインダイレクト・シリーズ・プロジェクション溶接

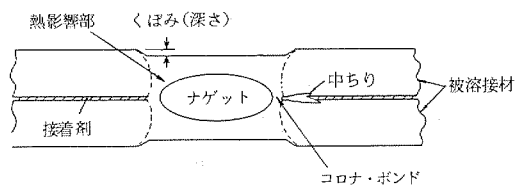


図3 ウェルドボンディング接合部の断面図

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

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強度が低いため、接合強度の向上の目的でウェルドボンディングが用いられる。また、点溶接は応力集中が大きく疲労特性があまり良くないが、ウェルドボンディングにより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。

その他、点溶接は、接合部にシール性がない、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欠点があるが、ウェルドボンディングにより接着接合を併用するとシール性の確保、接合部の耐腐食性の向上などが図られる。

(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. ウェルドボンディングの接合過程

図3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熔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。中ちりとは熔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。

以下に、ウェルドボンディングの接合過程を順に説明する。

(1) 被着材の前処理

ウェルドボンディングが行なわれる金属板は抵抗点溶接のできるものであれば何でもよいが、被着材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ぬ。

鋼板は油面接着が行なわれることが多いが、さびやゴミが付いていなければ、防錆油などの油分は除去しなくても溶接性にあまり影響はない。しかし、アルミ合金では表面に電気抵抗が非常に高い酸化皮膜が生じており溶接性を損うため、酸化皮膜の除去が必要である。一般に、無処理のアルミ合金では4000~5000 $\mu\Omega$ の接触抵抗があるが、表面処理を行なうと10~50 $\mu\Omega$ に低下する¹¹⁾。

表1 アドバンスト・ウェルドボンディングにおける前処理工程

工 程	溶 液	作 業 条 件
蒸 気 洗 浄	1.1.1. トリクロロエタン	蒸気 60秒間 凝集液 60秒間 繰り返し
アルカリ洗浄	TURCO 4215-S 6~8oz/gal (45~60 g/l)	12~15分間 125~165°F (51.7~73.9°C)
スプレー水洗	イオン交換水・水道水	5~7分間
酸化膜除去	硝酸/AMCHEM-7 ○硝酸 11.14 vol% BE°42 (70% HNO ₃) ○AMCHEM-7 2.9~3.3oz/gal (22~24 g/l) ○ALODINE-45 11.2~11.5 ml/gal (2.96~3.03 ml/l) ○ALODINE-1200 E 13.2~13.4 ml/gal (3.49~3.54 ml/l) ○イオン交換水	攪拌槽中で 6~8分間、室温
スプレー水洗	イオン交換水・水道水	5~7分間
アノダイズ処理	PSD溶液 ○リン酸 1.2~1.5 oz/gal (9.0~11.2 g/l) 85% H ₃ PO ₄ 溶液 ○重クロム酸ナトリウム 1.3~1.5oz/gal (9.7~11.2 g/l)	20~25分間・室温 電圧 bare 1.4~1.6 V alclad 0.9~1.1 V
スプレー水洗	イオン交換水・水道水	5~7分間
乾 燥		温風 30~40分間 150±10°F (65.6±5.6°C)

1976年にNorthrop社が航空機の一次構造部材にも適用できるウェルドボンディング法として、アドバンスト・ウェルドボンディングを開発したが、これにはアルミ合金の前処理法として、従来のFPL(硫酸・重クロム酸ナトリウム)エッチングに代り、表1に示す低電位リン酸・重クロム酸ナトリウム・アノダイズ処理(PSD処理)が採用されており、厚さ400~800Åのペーサイト(α - $Al_2O_3 \cdot H_2O$)皮膜が生成されている^{13,18)}。

(2) 接着剤の塗布と貼り合わせ

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志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。ただし、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不相当である。

(3) 電極による加圧

貼り合わされた金属板を抵抗溶接機にセットし、電極により加圧する。電極の形状、寸法、加圧力は金属板の種類や厚さ、溶接の方法などにより異なる。この加圧により電極直下の接着剤を押し出し金属同志をメタルタッチさせなければならない。

接着剤が液状またはペースト状のものであれば問題ないが、フィルム状やホットメルト接着剤のように室温で流動性がない場合には、図4のように、二枚の金属板を分流板で短絡しておき、電極に通電して金属板を加熱し接着剤に流動性を与えるという方法¹⁴⁾や、片方の金属板にプロジェクション(突起)を立てて接着剤皮膜を押し破ることも可能であろう。最近では、接着剤中に導電性フィラーを混入しておき通電初期の抵抗発熱により接着剤に流動性を与えるものもある。

なお、室温硬化型接着剤を用いる場合は、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可能性がある。

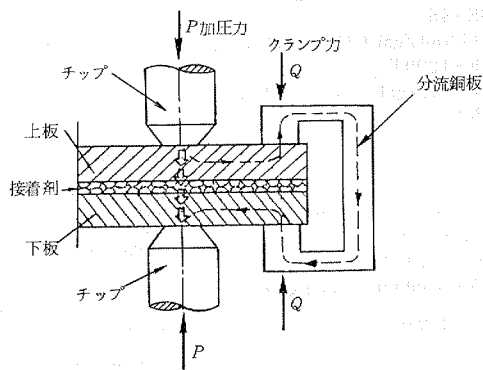


図4 フィルム状接着剤を使用した場合の通電方法

(4) 溶接

金属同志がメタルタッチした後、電極間に電流を流し、メタルタッチ部のジュール発熱により金属が溶融し溶接がなされる。

ジュール発熱により発生した熱のうち、金属を溶かすために使用されるのはほんの一部だけで、残りの大部分は金属板や電極へ逃げる。溶接条件が適正であれば、余分な熱量はほとんど電極に吸収されるので、一般に溶接部周辺の接着剤に劣化は見られないが、溶接条件が不相当で、金属板へ伝わる熱量が増加すると接着剤が劣化することがある。

また、中チリが発生すると、ナゲットが不完全になり溶接欠陥が生じるだけでなく、接着剤も飛散し、接着剤層にボイドができたり、接着剤が焦げたり、引火して燃え出したり、熱分解により有毒ガスや腐食性ガスを発生したりする事がある。

なお、適正な溶接条件でも金属板の温度はいくらか上昇するので、温度による粘度低下が大きい接着剤では、接着剤が接合部から流れ出し、被着材を汚したり電極に付着したりすることがある。

(5) 接着剤の硬化

溶接が終了した後、接着剤を硬化させるとウェルドボンディングが完了する。

4. ウェルドボンディングの溶接性

4.1 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。

4.1.1 溶接電流の影響

図5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とにおける溶接電流と生成ナゲット径の関係⁷⁾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破壊(ナゲット自体のせん断破壊)からティア破壊(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

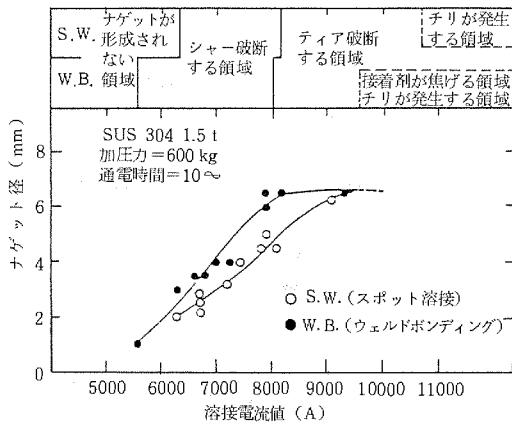


図5 溶接電流と生成ナゲット径および接合状態の関係

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。

4.1.2 通電時間の影響

図6は、軟鋼板(1.6 t)を単相交流式点溶接機によりウェルドボンディングを行なった場合の通電時間と電流値の関係⁷⁾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

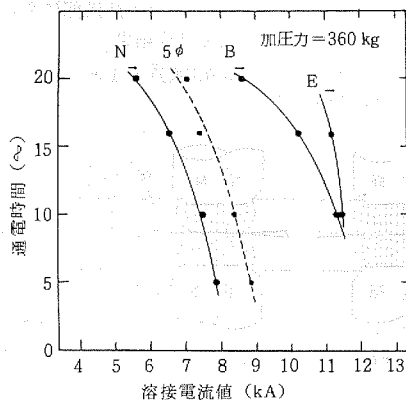


図6 ウェルドボンディングにおける通電時間の影響

ある。

4.1.3 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、熔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事と、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事により、ナゲットが小さくなるためである¹¹⁾。

図7に、ステンレス板(1.5 t)を単相交流式点溶接機によりウェルドボンディングを行なった場合の加圧力の影響を示した⁷⁾。図中のN, B, E, 5φの意味は図6と同様である。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。

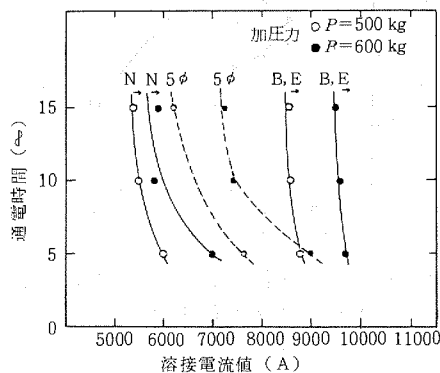


図7 ウェルドボンディングにおける電極加圧力の影響

4.2 接着剤の影響

表2は、5種類の市販接着剤を用いて軟鋼板(1.6 t)を単相交流式点溶接機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部の強度を測定した結果⁹⁾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。

図8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(1.6 t)を単相交流式点溶接機により一定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及びナゲット径を測定した結果⁹⁾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

表2 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=6000 A)

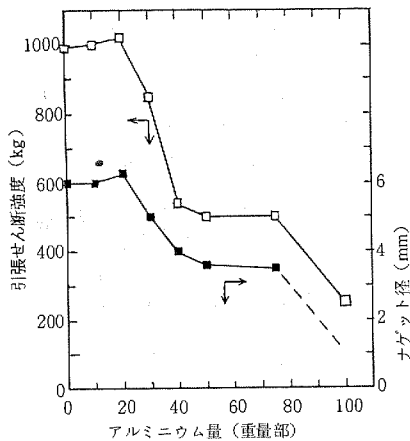


図8 アルミニウム粉末含有量と、溶接部の強度及び生成ナゲット径の関係

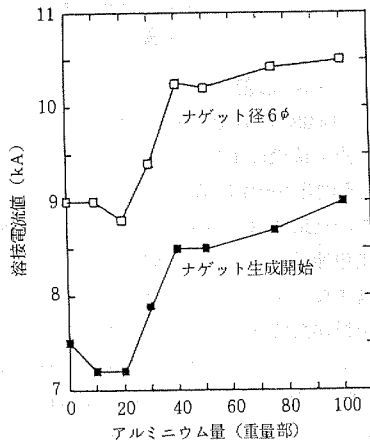


図9 アルミニウム粉末含有量と、ナゲット生成開始電流値及び6φナゲット生成電流値の関係

強度が低下している。図9は、図8と同様の材料を用いて、金属アルミニウム粉末の添加量とナゲット生成開始及び6φのナゲットが生成する溶接電流値の関係を見たもの⁹⁾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大きな電流を必要としている。

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^{6,7)}。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。図10は、スポット溶接単独の場合の、溶接部における(電流密度)²分布の計算結果¹¹⁾であるが、金属板同志のメタルタッチ部分は、電極径より広いことがわかる。ところが、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11のように、スポット溶接単独よ

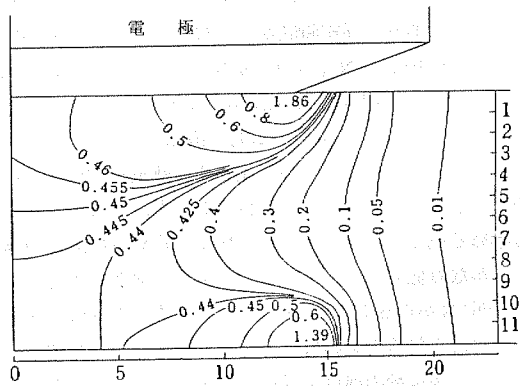


図10 スポット溶接単独の場合の溶接部における(電流密度)²分布の計算結果

図中の数値は(平均電流密度)²を1とした時の相対値を示す。

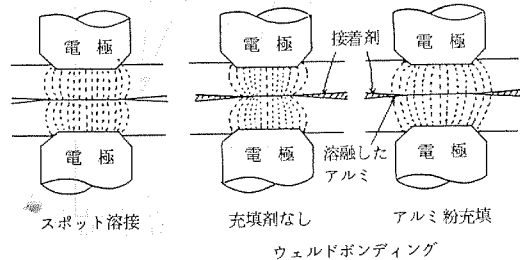


図11 スポット溶接とウェルドボンディングの通電路の比較

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志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11のように、通電面積が増加し、電流密度が低くなると考えられる。

5. ウェルドボンディングの接合特性

5.1 セン断強度

図12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⁸⁾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剤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。

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¹⁵⁾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13は、ウェルドボンディング継手強度の温度依存

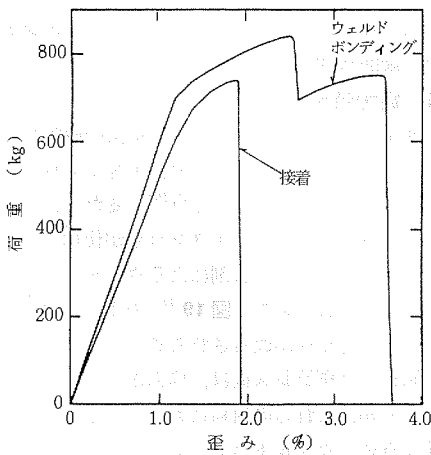


図12 ウェルドボンディング継手の荷重-歪み曲線

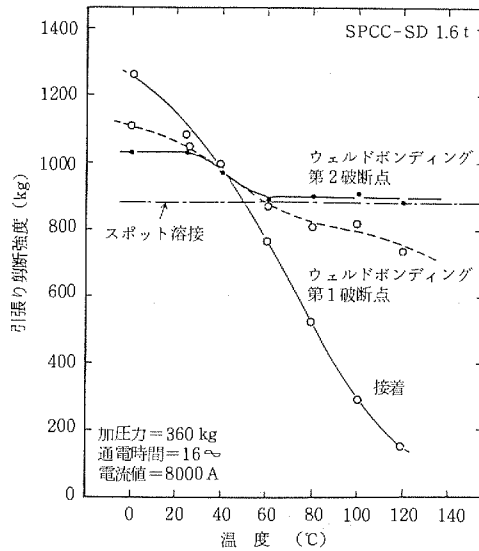


図13 ウェルドボンディングと接着継手のせん断強度の温度依存性の比較

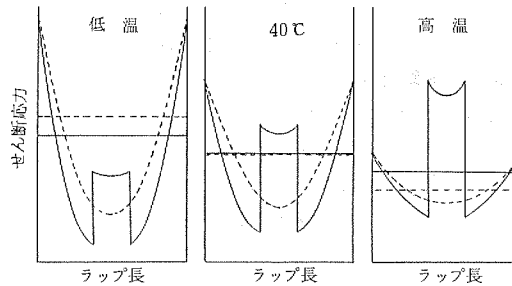


図14 ウェルドボンディングと接着継手の破断時の応力分布の比較

実線はウェルドボンディング、破線は接着の応力分布を示す。

性の結果⁷⁾である。これによると、約40°C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なると低くなっている。これらの第1破断点での応力分布を考えると図14のようになっていると思われる、接着部の応力集中が小さくスポット溶接部の応力レベルが高くなるような場合、即ち、接着剤が柔らかい場合やラップ長が短い場合に、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に比べて向上するものと思われる。

5.2 剥離強度

図15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⁷⁾である。剥離強度の板厚依存性は、スポット溶接が接着より大きく、板

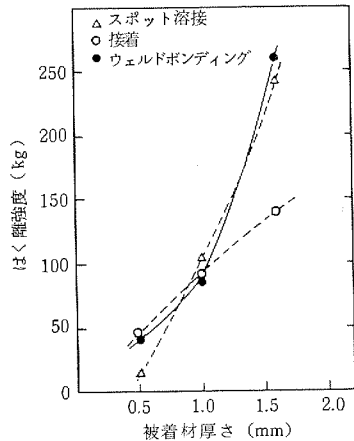


図15 ウェルドボンディング, 接着, スポット溶接のT型剥離強度の被着材厚さ依存性

厚が薄くなると接着が溶接より高い強度を示しているが, 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改善の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。

5.3 衝撃強度

図16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¹⁰⁾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。

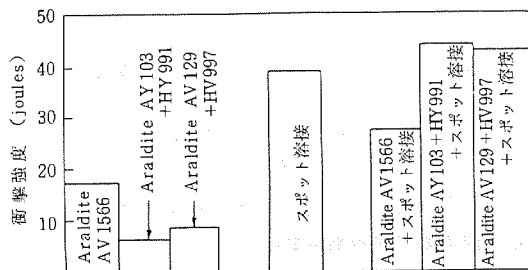


図16 ウェルドボンディング, 接着, スポット溶接の衝撃強度の比較

5.4 クリープ特性

図17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, 60℃雰囲気中で200kgの荷重を負荷した時のクリープ変形率の経時変化⁸⁾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, 初期変形率が小さく, 変形の経時変化も少なくなっている。図18は, 接着, ウェルドボンディング,

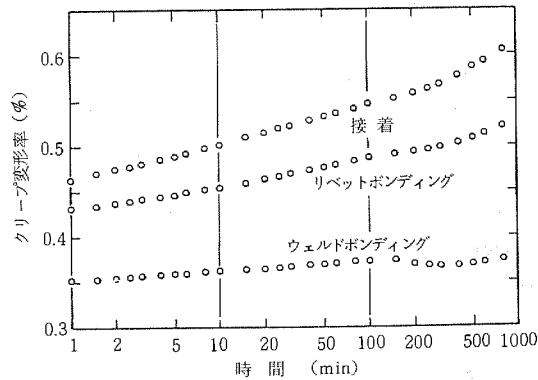


図17 接着, ウェルドボンディング, リベットボンディングのクリープ変形率の経時変化の比較

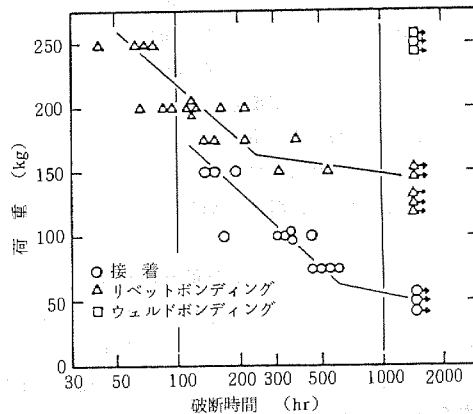


図18 接着, ウェルドボンディング, リベットボンディングのクリープ破断特性の比較

リベットボンディングのクリープ破断特性⁸⁾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。

5.5 疲労特性

ウェルドボンディングはスポット溶接の疲労特性を改善する効果があると言われており, アルミニウムについては多くの報告がなされている^{15,16)}。また, 最近では航空機の耐熱構造材料としてチタン合金が使用されるようになり, ポリイミド系接着剤によるウェルドボンディングの研究がなされており, 図19¹⁷⁾のように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。また, 鋼板やステンレス板は, 構造部材として広く用いられているが, これらの材料においても図20⁷⁾, 図21⁴⁾に示すように, 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が認められている。なお, 表3に示すように, 歪みの測定も行なわれており⁴⁾, ウェル

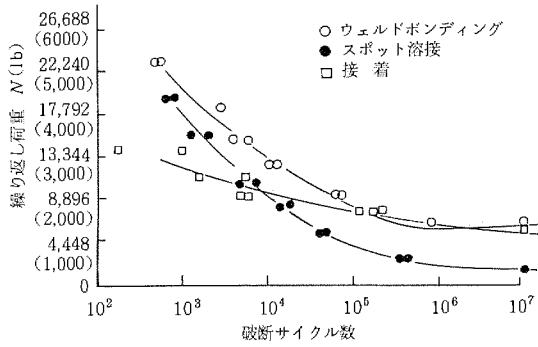


図19 チタン合金・ポリイミド系接着剤によるウェルドボンディング継手の疲労特性

表3 スポット溶接とウェルドボンディングの疲労試験における歪みの比較

荷重振幅 (kg)	スポット溶接単独の歪 (μ)		ウェルドボンディングの歪 (μ)	
	スポット溶接周辺	母材	スポット溶接周辺	母材
80	437	143	133	307
100	500	179	133	370
140	860	250	233	462
180	1050	250	333	730
200	—	—	367	846
250	—	—	533	1385
300	—	—	600	2692

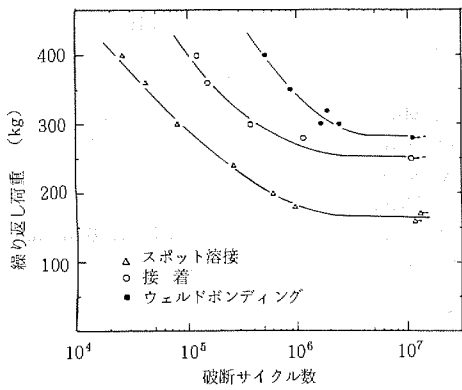


図20 ステンレス・変性アクリル系接着剤によるウェルドボンディング継手の疲労特性

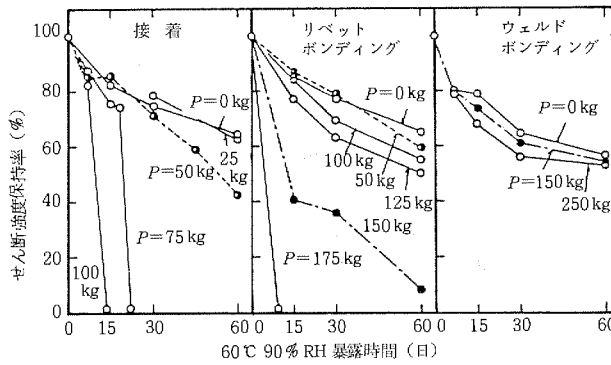


図22 接着, ウェルドボンディング, リベットボンディングの荷重負荷耐湿性試験におけるせん断強度保持率の経時変化

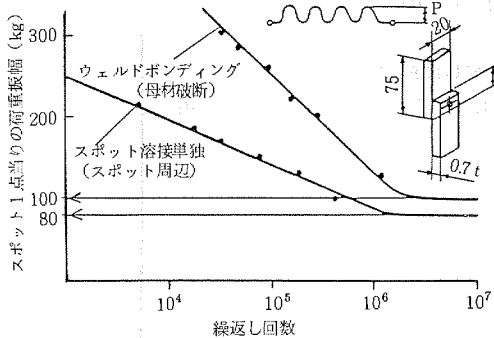


図21 軟鋼板・一液エポキシ系接着剤によるウェルドボンディング継手の疲労特性

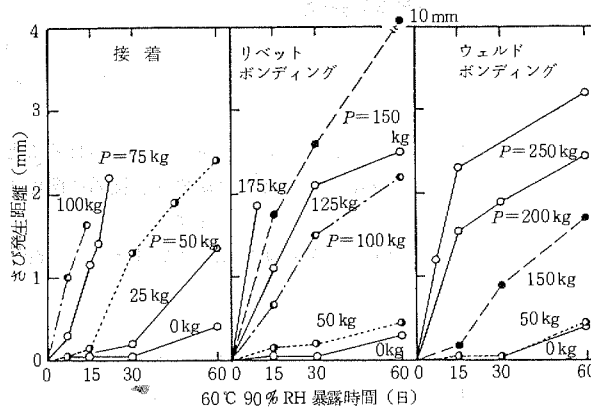


図23 接着, ウェルドボンディング, リベットボンディングの荷重負荷耐湿性試験における錆発生距離の経時変化

ドボンディングにおけるスポット溶接周辺での歪みは、スポット溶接単独の場合に比べてかなり小さいことが示されている。

5.6 荷重が負された状態での耐環境性

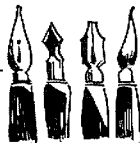
図22, 図23は, 変性アクリル系接着剤を用いて鋼板を接着, ウェルドボンディング, リベットボンディングしたせん断試験片に荷重Pを負荷した状態で60℃90%RH 雰囲気暴露した時の, せん断強度保持率の経時変化およびラップ端から接着部の中心に向かって発生した錯の発生距離の経時変化⁸⁾である。これらの結果より, 接着に比べウェルドボンディングでは負荷荷重の影響がかなり少なくなっており, 耐環境性も改善されることがわかる。

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。ウェルドボンディング工法は今後, 種々の分野での応用が期待される。

参考文献

1) 航空宇宙技術動向, No.40 (1981).
 2) 三浦純一, 小野裕行, 城井幸保, 畑 英幸, 自動車技術, 38 (4), 446 (1984).
 3) 八木 肇, 高橋良典, 高津正治, 森 稠秀, 第13

回接着研究発表会要旨集, P13 (1975).
 4) 森 明彦, 安斎正明, タウラ技報, 16 (1), 9.
 5) 杉田植彦, 梅田典孝, 軽金属溶接, 17 (6), 251 (1979).
 6) 山田 祥, 原賀康介, 西川哲也, 第21回接着研究発表会要旨集, P55 (1983).
 7) 山田 祥, 原賀康介, 齊藤 貴, 日本接着協会誌, 19 (11), 491 (1983).
 8) 原賀康介, 児玉峯一, 日本接着協会誌, 21 (1), 4 (1985).
 9) 山田 祥, 原賀康介, 第23回接着研究発表会要旨集, P27 (1985).
 10) T. B. Jones, Welding and Metal Fabrication, No. 7/8, 416 (1978).
 11) 奥田滝夫, 稲田幹夫, “やさしいスポット溶接”, 産報出版 (1977).
 12) G. Beckwith, T. Croucher, Spec. Clean Finish Coat. Process, P.171 (1981).
 13) R. G. Hocker, AFML, No. AFML-TR-79-4081, (1979).
 14) 浜崎正信, 軽金属溶接, 132 (12), 21 (1973).
 15) J. D. Minford, F. R. Hoch, E. M. Vader, SME Tech. Pap. Ser., No. SAE-750462 (1975).
 16) G. V. Scarich, G. R. Chanani, J. Aircr., 19 (9), 773 (1982).
 17) R. W. Vaughn, C. H. Sheppard, R. Baucom, Adh. Age, 20 (7), 19 (1977).



—— 会員の欄用原稿投稿歓迎 ——

日頃, 当協会誌を御愛読頂き厚くお礼を申し上げます。
 さて, 当協会誌では, 読者の皆様に親しみを持って頂くために「会員の欄」を設けております。
 この欄は, 読者が日常考えておられること或いは経験されたこと, 夢, 展望, 挑戦 etc. ただしPRは御勘弁, 接着に関係するものそうでないものも含め御自由に書いて頂く欄であります。
 是非お気軽に御投稿下さいますようお願い申し上げます。

記

原稿枚数: 400字詰原稿用紙2枚程度
 原稿締切: 毎月10日が協会誌原稿の締切日です。
 送付先: 〒532 大阪市淀川区西中島5-8, 29-908
 日本接着協会誌「会員の欄」係