

中間材を使用したアルミニウムと鉄鋼の超音波接合に関する研究

増井孝実* 伊藤雅章*

The Research on the Ultrasonic Joining of Aluminum and Steel using Intermediate Material.

by Takami MASUI and Masaki ITO

The melting junction of aluminum and steel is impossible, because the fragile chemical compound is formed. Then, the junction was tried using ultrasonic joining method, which was one of the solid phase bonding. The direct junction was impossible for the difference between the hardness. However, it was possible to get the good joint by beforehand inserting silver solder, etc. on the steel.

Key words : the dissimilar metal junction, the ultrasonic joining, aluminum, steel

1. 緒言

近年、自動車の軽量化は、環境対策と安全対策を両立させるため大きな問題となっており、アルミニウム部材は耐食性と比強度の高さから、使用範囲は拡大の一途である。外装パネル、サスペンション、フレーム等すべてアルミニウム合金製の市販車も、欧州高級車、スポーツカー等で年々、増加傾向である。しかしながら一般大衆車においては、コストの問題からエンジン以外での大型部品へのアルミニウムの利用は少ない。

現状は、重量の大きな比重を占めるボディ関係は、高張力鋼板を用い、板厚を薄くすることで軽量化に対応している。しかし高張力鋼板は強度のグレードを上げるほど、プレス加工性、溶接性等がデリケートになり、この軽量化は限界に近づいている。

次の段階としていきなり全部をアルミニウムで構成することは、コスト面から一般大衆車への採用には時期尚早である。そこで外装部品を想定すると、強度の要する骨格部分には安価な鉄鋼材を用い、面積の広い外板部をアルミニウム合金で構成し、複合

構造にすることにより、軽量化とコストの両立が図れるものとする。

従来、アルミニウム材は鉄鋼材等の異種材と結合するときは、溶融接合法によると脆い化合物層が界面に生成されてしまうため、ボルト止め、リベット止め、接着などの機械的接合方法が取られている¹⁾²⁾。

本研究では、スポット溶接に替わる方法として、入熱の少ない超音波接合法を用い、接合可能なアルミニウム合金と鉄鋼の重ね合わせ接合を試みた³⁾。

鉄鋼板の上に中間材料をあらかじめ肉盛りし、その上にアルミニウム合金材を重ね、超音波接合することで、良好な接合継手が得られたので報告する。

2 実験方法

試験材には自動車プレス部品に用いられる頻度の高い、アルミニウム合金 A6061(T6)、A5052(H34)、自動車加工用高張力鋼板 SPFC590 を選択し、それぞれ 1mm の板厚のものを、25 × 100mm の短冊状に切断して用いた。超音波接合装置は周波数 15kHz、定格 3000W、接合部のホーン接触部は 8mm の円形状、反射局側の接触部は 10mm 角の矩形型である。試料は接

* 機械情報グループ

触端部の摩耗を少なくするため、可動するホーン側に柔らかいアルミニウム合金材を、反射局側に鉄鋼材を配置して、上下を挿みこみ加圧し加振を行った。しかし本研究で用いた材料の組み合わせには、硬さに大きな開きがあったため、直接の接合は困難であった。そこで鋼板側接合面にあらかじめ、純銅、純銀、銀ロウ 3 種類 (Bag4, 7, 8) の中間材を真空炉加熱、ガス燃焼炎加熱等により、平面が約φ12mm程の円形で厚さが 0.2~0.4mm になるように肉盛り加工を行い、その上にアルミニウム合金板を重ね接合を行った。接合条件は、加振時間 0.5sec、加圧加重を 1kN とし一定で行った。装置概略図を図 1 に示す。

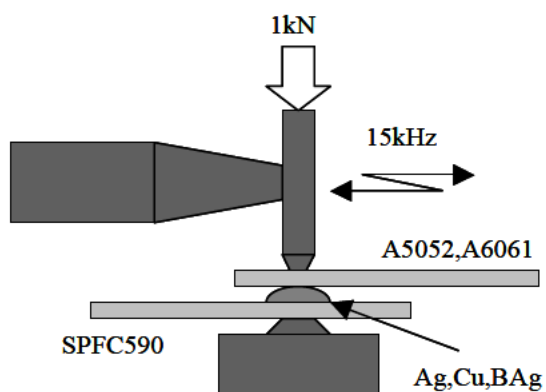


図 1 超音波接合装置概略図

3 結果と考察

最初にアルミニウム合金と鉄鋼をそのまま直接重ね、超音波接合を試みたが不可能であった。このことは鉄鋼材がアルミニウム合金に比べ、ビッカース硬度で 2 倍ほど硬いことから、ホーンからの超音波振動と接合面での摩擦とによる熱で、融点の低いアルミニウム合金ばかりが変形してしまい、鉄鋼側へのエネルギー伝達が充分に行われず、接合行為が終わってしまうためである。そこで鉄鋼側に硬さがアルミニウム合金材に近い、純銀、銀ロウ、純銅などの中間材を肉盛りし、その上にアルミニウム合金板を重ね、接合を行うこととした。各材料のビッカース硬さを表 1 に示す。

表 1 母材および中間材のビッカース硬さ

母材	A5052	A6061	SPFC590
HV	81	112	189

中間材	純銀	銀ロウ Bag8	銀ロウ Bag7	銀ロウ Bag4	純銅
HV	30	75	87	149	103

銀ロウ (Bag8) を肉盛りした上にアルミニウム合金 A5052 材を超音波接合した接合断面のマクロ写真を図 2 に示す。

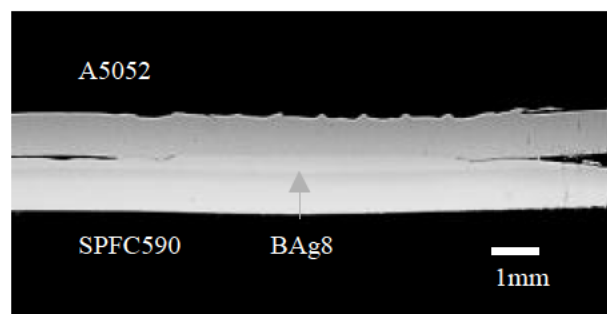


図 2 断面マクロ写真

図 2 に示されるように、肉盛りされたままで、重ね合わせ接合を行ったため、アルミニウム合金材がロウ材に沿って変形しており、接合範囲はφ8mm程である。また接合界面をミクロ的に観察すると、部分的に爆発圧接に見られるような塑性流動の跡が多く存在した。その代表的な断面の SEM 写真を図 3 に示す。ロウ材の表層の 5μm 程が塑性変形を受けて波形をしており、アルミニウム合金材とかみ合っている。

また EDX 分析によると、Al に 5at% Ag, 2at% Cu 程を含む相 (図中、2 の箇所) も数 μm の厚さで振幅方向に圧延されたように存在していた。各箇所の EDX 分析結果を表 2 に示す。

このことは超音波振動による摩擦による加熱でアルミニウム合金が先に熔融し、次に 100℃ほど融点の高いロウ材がとけ込んだ相が生成され、それらが 10μm ほどの幅の間で攪拌され層状をなしたものと考えられる。

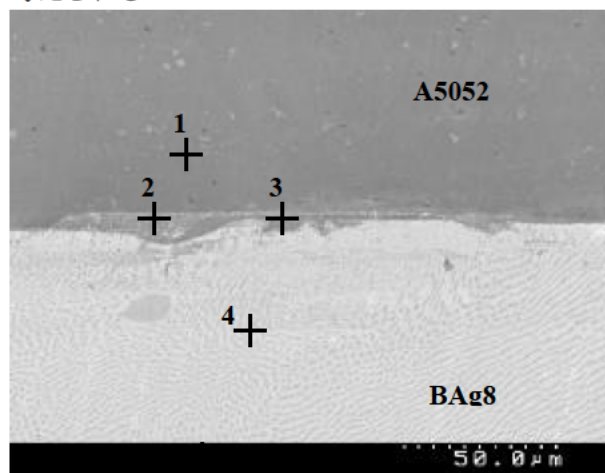


図 3 接合部断面 SEM 写真

表2 図3各箇所のEDX分析結果 (wt%)

測定箇所	Al	Mg	Ag	Cu
1	96.8	3.2	-	-
2	93.3	-	4.8	1.9
3	96.9	3.1	-	-
4	-	-	61.1	38.9

このようなアルミニウムに銀ロウ成分が入った層は広い範囲で存在していたおり、15~2μm程の厚さを持っていた。このことは中間材の形状が平坦でないため、超音波振動初期の接触範囲が狭く、エネルギーが部分的に集中し溶融に至ったものと判断される。

次にアルミニウム合金材とロウ材の種類を各種組み合わせ超音波接合した試験片について、せん断引張り試験を行った。結果を表3に示す。

アルミニウム合金 A5052 は銀、銀ロウ、銅のすべての中間材に対し、130Mpa程のせん断強度を示した。A5052(H34)材の標準的せん断強さは 150MPa 程であるため、母材強度までは至らないものの、A5052(0)材(同 120MPa)程の強度は確保されているため、実用に耐えうると判断した。

表3 せん断引張り試験結 (MPa)

アルミ合金	中間材料				
	純銀	銀ロウ Bag8	銀ロウ Bag7	銀ロウ Bag4	純銅
A5052	143	130	138	126	133
A6061	86	117	110	129	120

アルミニウム合金 A6061 は A5052 に比べると接合性は劣りせん断強度は 110Mpa 程で、純銀に対しては更に低く 86MPa であった。

A6061(T6)材は標準的せん断強さが 205MPa 程と高いが、溶接等の入熱により A6061(0)材(83MPa)の強度に返ることが知られている。ロウ材の強度の限界もあるが、A5052 材より劣る理由は、硬さが若干硬いこと、入熱の影響による軟化、珪素による化合物の影響等が要因と考えられる。

4 結言

アルミニウム合金と鉄鋼材の重ね合わせ接合を超音波接合法にて行った。両材料間に硬度に大きな差があるため、鉄鋼材の上に銀、銀ロウ、銅などを肉盛りし中間材として用いることにより接合が可能であることがわかった。特にアルミニウム合金 A5052 は接合性がよく、どの中間材料とも良好な継手強度が得られた。

参考文献

- 1) 自動車技術会 構造コンカレント技術専門委員会：“自動車における環境負荷と低減と材料ハイブリッド車体()”。軽合金溶接，41(8)，p1-11(2003)
- 2) 佐藤章仁ほか：“自動車車体の軽量化とその課題”。塑性と加工，44(506)，p8-12(2003)
- 3) 名久井慎：“超音波接合の適用”。溶接技術(7)，p70-73(2002)