

アルミニウム合金束線材とアルミニウム合金板材の超音波接合

日大生産工 (院)○石井 翔太, 前田 将克
ユウアイ電子工業(株) 内田 裕之, 塩田 正彦

1. 緒言

自動車等の軽量化を目的に材料置換が検討されている機能部材に電気配線材がある。電気配線材は、銅材料からアルミニウム材料へ、単線材から束線材や撚線材に材料置換することで軽量かつ大電流化が検討されている。銅製電気配線材の接続方法は、かしめやはんだ付けによる接続が一般的である。しかし、アルミニウム線材の各素線表面を覆う酸化膜により従来の接続法では高い接触抵抗が生じてしまう。

超音波接合法は接合過程において酸化膜の破壊・除去ができるため電子デバイスのアルミニウム配線接続に用いられている。そのため、単線材の超音波接合に関する研究報告は多いが、束線材・撚り線材の超音波接合に関する研究報告は少ないのが現状である。そこで著者らは、先に二本束線材を横並びに配置し板材と超音波接合を行い束線材と板材の超音波接合が可能であることを報告した¹⁾。しかし、用いられる束線材・撚り線材については積み重ねた線材の超音波接合に関する検討も必要であると考えた。

本研究では、三本束線材を俵積み配置し板材と超音波接合を行った。線材と板材の接合および線材同士の接合状態、線材の変形挙動に対して接合条件が及ぼす影響を比較した。

2. 供試材および実験方法

線材には素線径 0.32mm のアルミニウム合金線材、板材には厚さ 0.6mm のアルミニウム合金板材を供試材とした。線材は三本を俵積み配置し、接合を行った。

接合は先端に平面形状を有する超硬合金製ウェッジツールを装着した 60kHz 超音波接合装置を用いた。接合は予備実験より選定した Fig. 1 に示す接合シーケンスおよび Table 1 に示す接合条件で行った。接合中はツール上方からレーザー変位計によるツール押込量 ΔZ の計測を行った。得られた継手の外観および接合面に対して垂直な横断面を光学顕微鏡で観察し、接合条件が線材の接合状態および変形挙動に及ぼす影響を比較・検

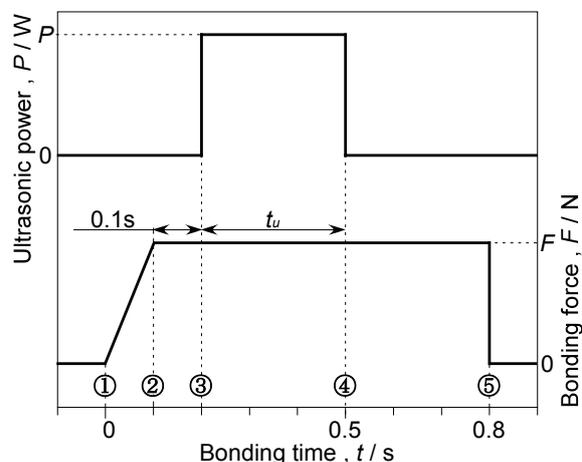


Fig. 1 Ultrasonic bonding sequence. ① The start of the bonding force loading, ② the bonding force reaches the set value, ③ the start of the application of ultrasonic vibration, ④ the end of application of the ultrasonic vibration, and ⑤ unloading of the bonding force.

Table 1 Ultrasonic bonding conditions.

Parameters	Symbol	(unit)	Value / Range
Frequency	f	(kHz)	60
Ultrasonic power	P	(W)	1.0 ~ 5.0
Bonding load	F	(N)	1.0 ~ 5.0
Ultrasonic time	t_u	(s)	0.01 ~ 0.4
Number of wires	N	(-)	3

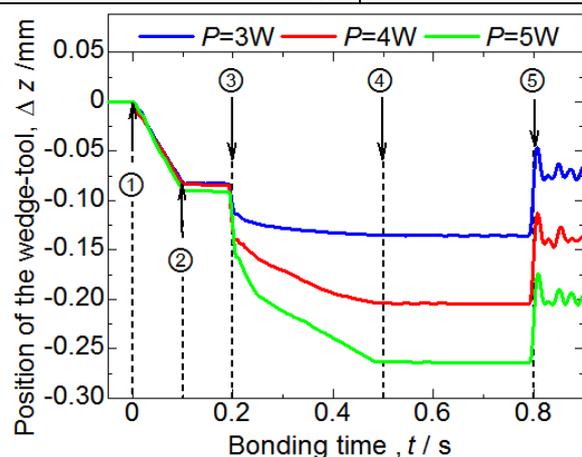


Fig. 2 Z-position change of the wedge-tool during ultrasonic bonding of Al wire to Al plate at various ultrasonic power. ($F=4.0N$)

Ultrasonic Bonding of Aluminum Bundled Wires and Aluminum Plates

Shota ISHII, Masakatsu MAEDA, Hiroyuki UCHIDA and Masahiko SHIODA

討した。

3. 実験結果および考察

Fig. 2に超音波出力を変化させたときのツール押込量の測定結果を示す。ツール押込量の最大値は超音波出力の増加に伴って大きくなる傾向が観察された。超音波振動印加工において ΔZ の推移に複数の変曲点が観察された。これは三本束線材の接合が達成できたすべての条件に観察された。Fig. 3に一例として接合荷重 $F=4.0N$ 、超音波出力 $P=4.0W$ の条件で超音波振動印加工における ΔZ の経時変化を示す。超音波振動印加工開始後から停止までの間において図中に矢印で示した2度のツール押込量の変曲点が観察された。このことは、接合が一度に達成されるのではなく、複数回に分かれ、段階的に接合が進行するためと考える。

Fig. 4に超音波振動印加工時間を変化させたときの接合後のツール外観を示す。超音波振動印加工時間 $t_u=0.01s$ ではツールに上部線材のみが凝着して持ち上がった。超音波振動印加工時間 $t_u=0.02\sim 0.06s$ では三本の線材がツールに凝着して持ち上がった。超音波振動印加工時間 $t_u=0.06s$ 以降では線材と板材と接合された。このことは、超音波振動印加工時間により接合が段階的に進むことを示している。

Fig. 5に超音波振動方向に対して垂直な横断面の観察結果を示す。超音波出力の増加に伴い圧下量が増えている。全ての条件において下部線材の線材間(W/W)接合は確認されなかった。下部線材同士には相対運動が働かなかったためである。一方、上部線材と下部線材のW/W接合と下部線材と板材(W/P)の接合幅を比較するとW/Wの接合幅の方が大きい。これは線材同士が接合された後、線材と板材が接合されたことを示している。また、上部線材と下部線材の形状を比較すると下部線材は円形断面をほとんど維持しているが、上部線材は超音波出力の増加に伴い下部線材に沿って変形している。

Fig. 6に線材の断面積を示す。下部線材は二本あるため測定後の平均値である。超音波出力の増加に伴い断面積は減少する。これは、ばりによるものである。下部線材の断面積はほとんど変化しない。このことから、変形の多くが上部線材の変形によるものであるためと考える。

参考文献

1) 石井翔太ほか：軽金属学会第136回春期大会講演概要，(2019)，pp. 205-206.

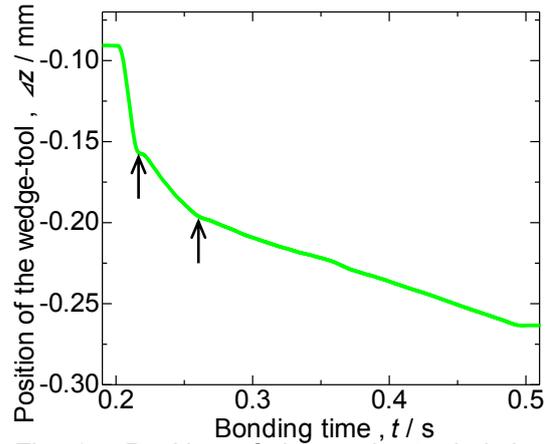


Fig. 3 Position of the wedge-tool during application of ultrasonic vibration. ($F=4.0N$, $P=4.0W$)

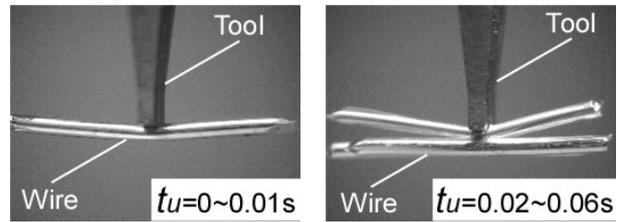


Fig. 4 Appearance of wedge-tool after ultrasonic bonding of Al wire to Al plate at various time. ($F=4.0N$, $P=4.0W$)

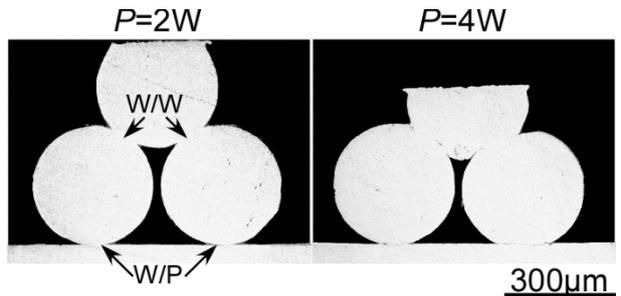


Fig.5 Observation of cross sectional-view of bonding joints of Al wire to Al plate at various ultrasonic power. ($F=4.0N$, $t_u=0.3s$)

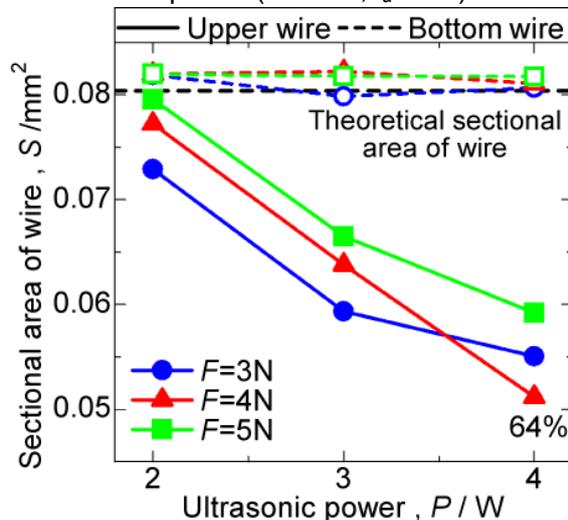


Fig.6 Cross-Sectional area of wire. ($t_u=0.3s$)