

## 40kHz の超音波縦振動を用いた被覆銅線と銅板の接合

## Welding of Coated Copper Wire and Copper Plate using 40kHz Ultrasonic Longitudinal Vibration.

○大石慎也<sup>1</sup>, 三枝直樹<sup>2</sup>, 浅見拓哉<sup>3</sup>, 三浦 光<sup>3</sup>\*Shinya Oishi<sup>1</sup>, Naoki saegusa<sup>2</sup>, Takuya Asami<sup>3</sup>, Hikaru miura<sup>3</sup>

Abstract: In recent years, a welding technique of the coated copper wire and the solder electrode parts is required in various electronic. At present, the heat is used for the welding. However, there are problems that the withstand pressure of the covered wire decreases at the time of heating, and it takes the time to remove the coating of coated copper wire before welding and overheat and cool at the time of welding. In this research, as a new welding technology using ultrasonic vibration, we devised a 40 kHz vibrator for ultrasonic welding, and the peeling situation of the welding by longitudinal vibration and the coated copper wire was investigated.

## 1. はじめに

近年、自動車の機能追加に伴い、搭載される電子機器の数は増加しており、これらの電子機器をつなぐワイヤーハーネスの電線と端子の効率的な接合が求められている。現在、その接合には熱を利用しているが、加熱の際に被覆銅線の被覆耐圧が低下することや、接合前に被覆銅線の被覆を除去する工程、接合時の加熱及び冷却に時間を要することが問題になっている。これらの問題を解決するために、熱を使用せず、異種金属同士の接合が可能な超音波接合に注目した<sup>[1]</sup>。

筆者らは、縦-ねじり複合振動<sup>[2]</sup>を使ってこれらの問題を解決し、被覆銅線の被覆の除去及び接合を同時に短時間で行うことを考えている。本稿では、その手始めとして周波数 40 kHz の音源を用いた超音波接合のための縦振動体を新たに考案し、静圧力を変化させた場合の接合、及び被覆銅線の被覆の剥離状況について検討した。

## 2. 使用した超音波振動体

Figure 1 は考案した 40 kHz 用振動体の概略である。振動体は、直径 30 mm、長さ 60 mm の 40 kHz 用ボルト締めランジュバン型縦振動子(本多電子, HEC-3039P4B)に、太端面の直径 25 mm、細端面の直径 12 mm、長さ 62 mm のフランジが一体化されている振幅拡大比約 4 のステップホーン(A2017)、その先に直径 12 mm、長さ 61 mm の一様棒(SUS303)をネジで結合し、一様棒の先端に接合試料に振動を与えるための接合チップを取り付けたものである。接合チップは先端部が長方形(1 mm×6 mm)で一様棒を貫通する形状で、一様棒の先端側から 2 個の止めネジで固定している。超音波振動体に正弦波信号を印加することで振動体の長さ方向に縦振動する。

## 3. アドミタンスループの検討

振動体の共振特性を検討するため、電気端子側から見たアドミタンス特性を測定した。測定は超音波振動体の駆動電圧を 1.0 V<sub>rms</sub> 一定として行った。測定はインピーダンスアナライザ (NF, ZGA5920) により測定した。Figure 2 は振動体のアドミタンスループの結果である。図は横軸にコンダクタンスを、縦軸にサセプタンスを取っている。図より、周波数  $f=40.217$  kHz に縦振動の共振があることがわかった。また、共振時のコンダクタンス  $G$  は 20.7 mS、尖鋭度  $Q$  は 1218 である。

## 4. 静圧力と接合強度の関係

被覆銅線と銅板の接合における、静圧力及び振動振幅が接合強度に及ぼす影響について検討を行った。接合試料は銅板 (C1100、長さ 40 mm、幅 20 mm、厚さ

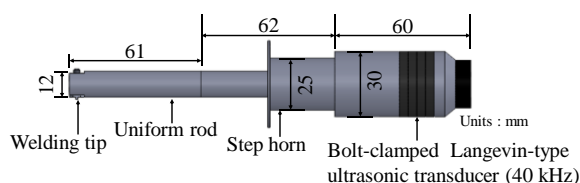


Figure 1. Ultrasonic vibration source.

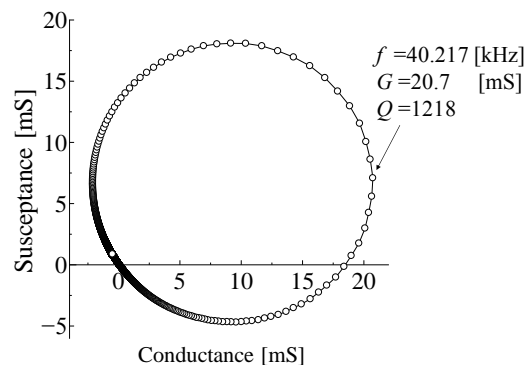


Figure 2. Admittance loop.

2.0 mm) と、被覆銅線 (UL1007, 長さ 50 mm, 銅線 7 本, 外径 0.127 mm/1 本, 被覆厚 0.41 mm, 仕上外径 1.20 mm) である。接合方法は次のとおりである。精密バイスに銅板を固定し, その上に被覆銅線に乗せて精密バイスを上昇させ, 被覆銅線上の接合チップ先端を加圧する。次に, 超音波振動体に電気信号を加え, 接合チップを介して被覆銅線に超音波振動を与える。

実験は接合時間を 5s 一定, 振動振幅を 13 $\mu\text{m}_{\text{p-p}}$  一定, 静圧力を 60, 70, 80, 100, 120, 150, 200 N と変化させて行った。測定回数は各静圧力で 10 回ずつである。接合後に引張試験を行い, 接合強度を測定した。

Figure 3 はその結果である。図は横軸に静圧力, 縦軸に接合強度を取り, 黒丸は各静圧力の接合強度, 白丸は各静圧力の平均接合強度である。図より, 静圧力 150 N において平均接合強度が, 最も高い値になることがわかった。静圧力 200 N は静圧力 150 N に比べ接合時に, 被覆銅線へのダメージが大きいため平均接合強度が低下したと考えられる。

### 5. 被覆銅線の被覆の剥離状況についての検討

被覆銅線接合の基礎検討として, 接合後に被覆銅線の被覆の剥離状況を観察した。剥離状況の観察は, マイクロスコップ (KEYENCE, VW-5000) を用いて, 接合した状態の被覆銅線の接合チップ側と, 引張試験後の被覆銅線の銅板側を観察した。Figure 4 は接合前の被覆銅線の被覆を除去した写真である。各銅線にはスズメッキが施されている。Figure 5 は, 剥離状況の結果である。図は上から静圧力 60, 150 N, 図の左側が接合実験後の被覆銅線の接合チップ側の写真で, 右側が接合実験後の銅板側の写真である。いずれの写真も中央にある帯状のものが被覆銅線である。

図より, 接合チップ側では銅線の本数を各静圧力で比較すると, 静圧力 150 N は銅線が 7 本, 静圧力 60 N は 3 本確認される。これより, 静圧力 150 N の方が静圧力 60 N に比べ, より多くの被覆が剥離されていることが分かる。一方, 銅板側でも静圧力 150 N の方が静圧力 60 N に比べ, より多くの被覆が剥離されていることが分かる。また, 接合チップ側と銅板側を比較すると, 接合チップ側では接合時に銅線に施されているスズメッキが被覆と共に剥離されていることがわかった。

### 6. おわりに

周波数 40 kHz の超音波振動体の縦振動を用いて, 被覆銅線と銅板の接合, 被覆の剥離状況の検討を行った。その結果, 平均接合強度は静圧力 150 N において最も

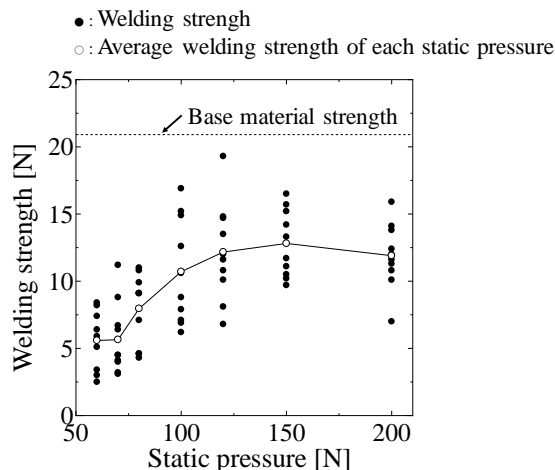


Figure 3. Relationship between welding strength and static pressure.

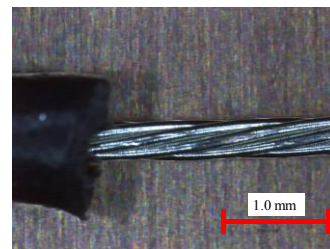


Figure 4. Photographs of the coated copper wire.

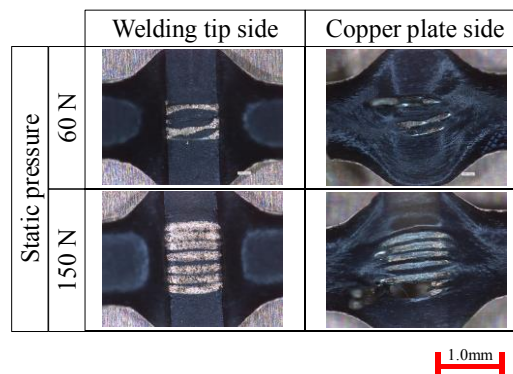


Figure 5. Photographs of the coated copper wire at the after welding.

高く, 被覆の剥離状況では, 静圧力 150 N において接合試料の接合チップ側, 銅板側共に銅線が 7 本確認することができ, より多くの被覆剥離が確認できた。

なお, 本研究の一部は JSPS 科研費 15K21409 の助成を受けたものである。

### 7. 参考文献

[1] M.P. Matheny, K.F. Graff: "Ultrasonic welding of metals" Power Ultrasonics. pp. 287~293, 2015  
 [2] 杉山慶ほか: 「縦-ねじり複合振動を用いた面状の振動軌跡による超音波接合の検討-接合時間による強度の比較-」, 音講論集, pp. 1139-1140, 2015.