

L-4

40kHz 超音波縦振動を用いた被覆銅線とアルミニウム板の接合

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

○鈴木久登¹, 大石慎也², 浅見拓哉³, 三浦 光³*Hisato Suzuki¹, Shinya Oishi², Takuya Asami³, Hikaru miura³

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 utilized 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 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、携帯電話や移動用通信機器などの小型化、多機能化に伴い、これらに用いる電子部品の微小電極と被覆銅線との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、加熱時に被覆線の耐圧が低下することや、接合時の過熱及び冷却に時間を要することなどが問題になっている。これらの問題を解決するために超音波振動を利用して被覆の除去及び接合を行うことが検討されていたが、被覆の除去が完全ではなく、被覆がはんだ内に残ってしまう問題があったり。

筆者らは、縦-ねじり複合振動²⁾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、縦振動での接合、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 62mm 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 SR 形状、直径 3mm で、一様棒を貫通する形状で、その反対側をナット、及び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。

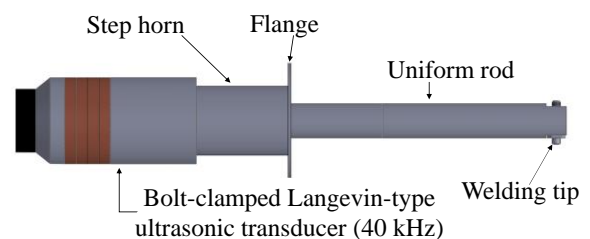


Figure 1. Ultrasonic vibration source.

3. 加圧と接合成否の関係

被覆銅線とアルミニウム板の接合について、加圧及び振動振幅が接合の成否に及ぼす影響について実験的検討を行った。接合試料はアルミニウム板(A1050, 長さ 40 mm, 幅 20 mm, 厚さ 0.5 mm)と平角の被覆銅線(長さ 50 mm, 幅 0.28 mm, 厚さ 0.090 mm)である。接合方法は次のとおりである。精密バイスにアルミニウム板を固定し、その上に被覆銅線を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、加圧を 30~70 N で変化させて行った、測定回数は各加圧で 10 回ずつである。接合後に引張試験を行い、接合強度が測定できたものを成功、測定できなかったものを失敗とした。

Figure 2 は接合成功率と加圧の関係の結果である。図は横軸に加圧、縦軸に接合成功率を取り、パラメータは振動振幅である。図より、加圧を大きくすることで接合成功率は高い値になることがわかった。

4. 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検討した。剥離状況は、マイクロ

1 : 日大理工・院(前)・電気 2 : 日大理工・学部・電気 3 : 日大理工・教員・電気

スコープ(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、剥離した後の被覆銅線のアルミニウム板側を観察した。

Figure 3 はその結果である。図は左側が加圧 20N で接合ができなかった試料を、右側が加圧 60N で接合ができた試料である。上側が接合実験後の被覆銅線の接合チップ側の写真で、下側が接合実験後のアルミニウム板側の写真である。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、接合チップ側の被覆銅線の被覆は加圧 60N の方が加圧 20N と比べて、より多く剥けていることがわかる。また、アルミニウム板側の被覆銅線の被覆は加圧 20N の方が加圧 60N と比べて剥けているようにみえる。接合チップ側の写真とアルミニウム板側の写真を比較すると、アルミニウム板側の写真のほうが剥けていないことがわかる。被覆銅線の被覆は、接合チップと被覆銅線、または被覆銅線とアルミニウム板の相対運動により削られ、剥離すると考えている。しかし、被覆銅線は加圧によりアルミニウム板に埋め込まれてしまったため、被覆銅線とアルミニウム板との間の相対運動が少なく、完全に剥離しないまま接合されてしまったのではないかと考えている。

5. 接合試料の電気抵抗

被覆銅線接合の導通の検討として、接合試料の電気抵抗の測定を行った。接合された試料の電気抵抗は mΩ 計(RM3345)を用いて測定を行った。接合試料は被覆銅線を長さ 50 mm とし、アルミニウム板の中心に接合を行った。また、比較のために長さ 50 mm の被覆銅線の両端の被覆を剥いた場合についても検討を行った。

Table 1 は接合試料の電気抵抗の測定結果である。接合が成功した場合の接合試料は電気抵抗値を測定することができ、25~30 mΩ の値となった。また、被覆銅線の被覆を剥いた場合の電気抵抗値は 27 mΩ であり、接合試料の電気抵抗値では大きな変化がないことがわかった。

6. おわりに

周波数 40kHz の超音波振動体の縦振動を用いて、被覆銅線とアルミニウム板の接合、被覆の剥離状況の検討、電気抵抗値の測定を行った。その結果、接合成功率は加圧を大きくすることで高くなること、被覆銅線の被覆の剥離状況は、接合試料の接合チップ側の方がアルミニウム板側に比べて多く剥けていることがわか

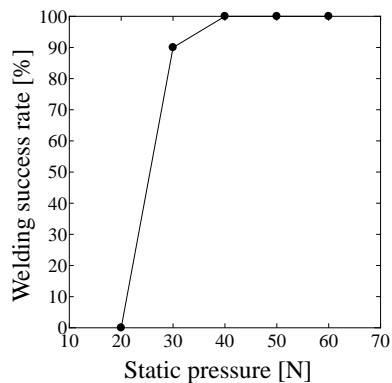


Figure 2. Relationship between welding success rate and static pressure.

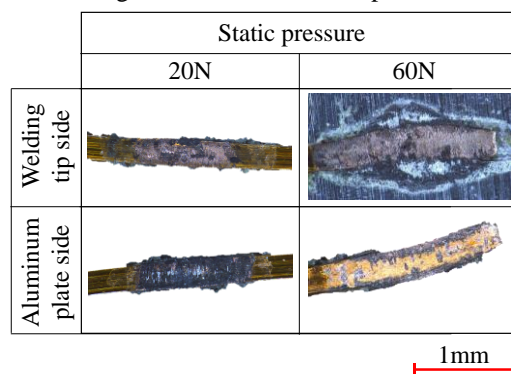


Figure 3. Photographs of the coated copper wire at the after welding.

Table 1. Electric resistance value.

Static pressure[N]	Electric resistance[mΩ]
20	-
30	25.6
40	29.5
50	27.3
60	26.7

った。また、接合試料の電気抵抗値は被覆を剥いた被覆銅線の場合とほぼ同じ値であることがわかった。

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] 荘司郁夫ほか:「高周波チップコイル用の被覆銅線の超音波接合」, エレクトロニクス実装学会誌, Vol.7, No.7, pp.622, 2004.
- [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.