

超音波複合振動を用いた異種金属の接合

—接合面積と接合強度の関係—

Welding of Different Metals by Ultrasonic Complex Vibration

—Relationship between Weld Area and Weld Strength—

○樋口祐亮¹, 浅見拓哉², 三浦 光²*Yusuke Higuchi¹, Takuya Asami², Hikaru Miura²

Abstract: Ultrasonic welding method, using no heat, has an advantage for welding of different melting point metals. But, the ultrasonic welding method is weak the weld strength. Therefore, the ultrasonic vibrator having two vibration anode is examined for ultrasonic welding using planar trajectory obtained by the respective resonance frequencies at the same time. In this paper, relationship between weld area and weld strength using the plane vibration trajectory was examined.

1. はじめに

超音波接合法は熱を使用しないため、融点が異なる金属同士でも接合が可能な利点がある。しかし、従来の一般的な超音波接合法は振動に方向性があるため、接合対象の設置方向により強度が異なるといった問題がある。

筆者らは、これらの問題を解決するため、縦振動とねじり振動の 2 つの振動を有する超音波振動体に、それぞれの共振周波数を同時に印加し、これによって得られる方向性の少ない面状軌跡の振動を用いた超音波接合の検討を行っている^[1]。本稿では、異種金属として銅板とアルミニウム板を接合対象とし、加圧を変化させた場合の接合面積と接合強度の関係について検討を行った。

2. 超音波振動体及び接合実験方法

図 1 は実験に用いた接合チップ付き超音波振動体の概略である。超音波振動体は、20 kHz 用ボルト締めランジュバン型振動子、エキスポネンシャルホーン、及び斜めスリットを有する一様棒をねじで結合し、一様棒の先端に接合のための接合チップを接続したものである。

図 2(a)は一様棒の先端方向からみた接合チップ部の概略である。接合チップは直径 3 mm である。また、同図(b)に示すように、接合チップは先端が凹凸状になっており、一つの凹凸の間隔が 0.6 mm、高さが 0.2 mm の山形になっており、それが 5 個並んだ形状となっている。

接合実験は次のように行った。ここでの接合対象である銅板（厚さ 2 mm、幅 20 mm、長さ 40 mm）を精密バイスに固定し、その上にアルミニウム板（厚さ 0.5

mm、幅 20 mm、長さ 40 mm）を重ね、接合チップを用いてアルミニウム板に圧力を加える。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境界面に超音波振動を加えた。

3. 接合時の振動軌跡の検討

接合時の接合チップの振動軌跡を検討するため、この時の縦及びねじり振動振幅の測定を行った。測定は接合チップ先端を 100 N で加圧し、直交する 2 台のレーザドップラ振動計で行った。その結果が図 3 であり、縦振動振幅を 10 $\mu\text{m-p}$ 一定にした場合を示している。図はいずれも横軸に縦振動振幅を、縦軸にねじり振動振幅をとっている。同図(a)は電気信号を周波数 18.1

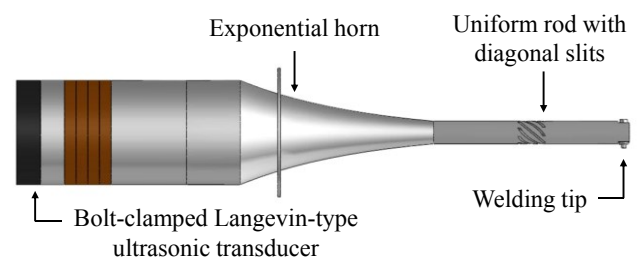
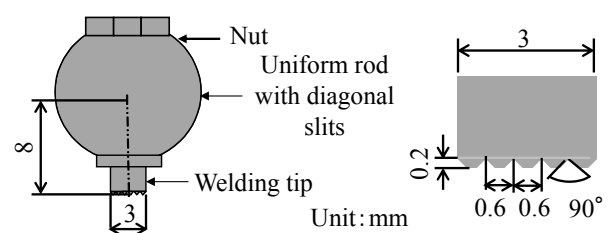


Figure 1. Ultrasonic vibration source.



(a) View from the top direction of uniform rod
(b) Cross section of welding tip part

Figure 2. Shape of welding tip.

kHz の正弦波とした場合、同図(b)は電気信号を周波数 18.1 kHz と 18.9 kHz の加算した信号とした場合の振動軌跡である。図より、接合チップの振動軌跡は、18.1 kHz の 1 つの周波数で駆動させた場合には線状軌跡となり、18.1 kHz と 18.9 kHz の 2 つの周波数で駆動させた場合には面状軌跡の振動が得られることが分かった^[2]。

4. 接合面積と接合強度の関係

銅板とアルミニウム板を用いた場合について、接合面積と接合強度との関係を検討するため、加圧を変化させた場合の接合面積に対する接合強度の測定を行った。測定は加圧を 50~200 N の間で変化させ、接合時間を 20 s 一定とした。実験は面状軌跡と比較するために線状軌跡でも行い、Fig. 3 に示したようにいずれも縦振動振幅を 10 μ m-p 一定とし、それぞれ 20 回ずつ行った。また、接合強度は JIS Z 3136 の方法に準拠した引っ張り試験により求めた。接合面積はアルミニウムが銅板に付着している箇所を接合痕とし、画像データ化の後、二値化ソフト(ImageJ)を用いて求めた。

図 4 は実験結果である。図は横軸に接合面積を、縦軸に接合強度をとっている。図より、接合強度は加圧及び振動軌跡に関わらず、接合面積に比例していることが分かる。また、接合強度は両振動軌跡とも加圧が増加するほど強くなることが分かった。これは、加圧を大きくするほど、アルミニウム板の銅板への食い込みが増加し、一体となって運動することにより、接合面積の増加につながったと考えられる。

次に、図 5 は図 4 の結果を元に入力電力と接合強度の関係を示した結果である。図は横軸に入力電力を、縦軸に接合強度をとっている。図より、両軌跡とも入力電力は加圧が大きくなると大きくなり、また、接合強度は面状軌跡の方が線状軌跡に比べて高いことが分かる。これより、面状軌跡は線状軌跡より効率よく接合できることが分かった。

5. おわりに

今回の実験では、接合強度は加圧及び振動軌跡に関わらず、接合面積に比例していることが分かった。今後は、今回とは違う形状の接合チップを用いて接合面積に対する接合強度の検討を行う予定である。

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。

参考文献

[1]坂井良平, 友田 慧, 好岡隼矢, 浅見拓哉, 三浦 光,

日本大学理工学部学術講演会論文集 pp.1055-1056, 2012.

[2]浅見拓哉, 斎藤大貴, 杉山 慶, 三浦 光, 信学技報, vol. 113, no. 359, US2013-77, pp. 19-24, 2013 年 12 月.

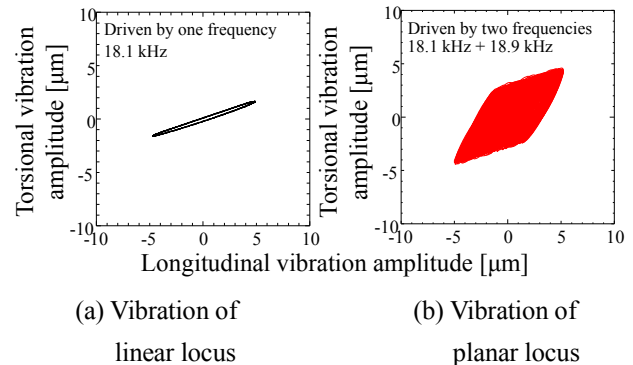


Figure 3. Vibration loci while welding

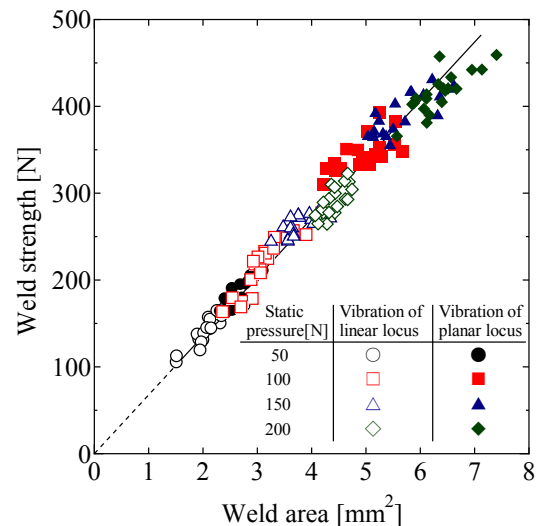


Figure 4. Relationship between weld area and weld strength.

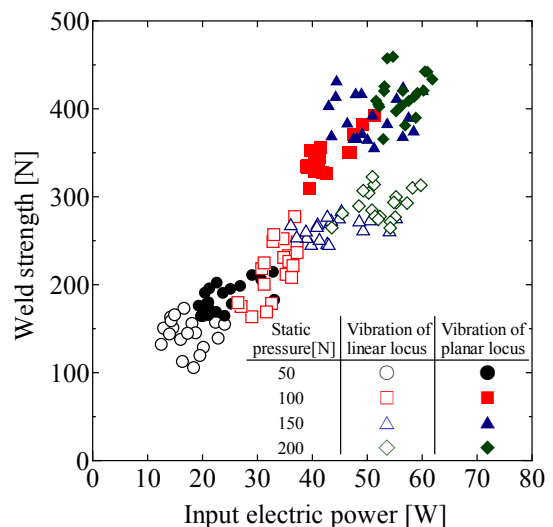


Figure 5. Input electric power and weld strength.