

## 2つの周波数で駆動した振動体による超音波接合の基礎検討

### Fundamental Study of Ultrasonic Metal Welding by two Frequencies Driving Vibrator

○杉山 慶<sup>1</sup>, 齋藤大貴<sup>1</sup>, 浅見拓哉<sup>2</sup>, 三浦 光<sup>2</sup>  
 \*Kei Sugiyama<sup>1</sup>, Daiki Saito<sup>1</sup>, Takuya Asami<sup>2</sup>, Hikaru Miura<sup>2</sup>

Abstract: The welding of metals by ultrasonic vibration doesn't have the necessity for preprocessing of metal sample, and this method have a no damage to metal sample because of the method using no heat. But, these methods have problems of directional welding strength, so the vibration trajectory is a straight line because of the difference between longitudinal and torsional vibration amplitude. The purpose of this study is development of vibrator for uniform and high intensity in a welding part. In previous paper, vibrator with diagonal slits obtain plane vibration trajectory. In this paper, characteristics of ultrasonic metal welding by using the plane vibration trajectory varying the static pressure was examined.

#### 1. はじめに

超音波接合とは、重ね合わせた金属薄板の境界面に超音波振動を加えることにより、境界面で金属結合を生じさせ、接合する方法である。超音波接合法は、熱を使用しない接合のため、融点が異なる異種の金属同士でも接合可能である。しかし、超音波接合法には接合強度が弱い、接合対象の設置の仕方により強度が異なるといった問題点がある。

筆者らはこれらの問題点を解決するため、縦振動とねじり振動の2つの振動をする超音波振動体に、2つの周波数を同時に印加した場合に得られる方向性を持たない面状の軌跡の振動を用いた超音波接合法の検討を行っている。本稿では、銅板とアルミニウム板を接合対象とし、接合のための加圧、また入力電力と接合強度（引っ張りせん断力）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装置

図1は、実験に用いた超音波振動体の概略である。図に示すように、超音波振動体は、20kHz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たものである。なお、一様棒の先端には、接合のための先端が曲面となっている接合チップを接続している。また、この振動体は18.1kHzと18.9kHzの2つの共振周波数があることが分かっている<sup>[1]</sup>。

次に、接合実験の方法について記す。図2は接合機の一部の写真である。接合実験の方法は次の通りである。図に示すように、精密バイスで銅板（厚さ3mm、幅20mm、長さ40mm）を固定し、その上に

アルミニウム板（厚さ0.5mm、幅20mm、長さ40mm）を重ねる。次に、精密バイスを上昇させることで、接合チップを用いて接合対象に加圧を加える。そして、超音波振動体を用いて境界面に超音波振動を加える。

#### 3. 接合時の振動軌跡の検討

接合実験を行うにあたり、接合時に接合対象に対して加える接合チップの振動軌跡を測定した。測定は、銅板とアルミニウム板を図2の接合機により、100Nの加圧を加えた時の接合チップの振動軌跡を2台のレーザドップラ振動計を用いて行った。なお、測定は印加

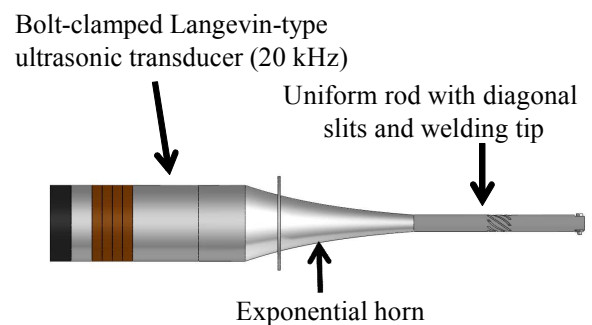


Figure 1. Ultrasonic vibration source.

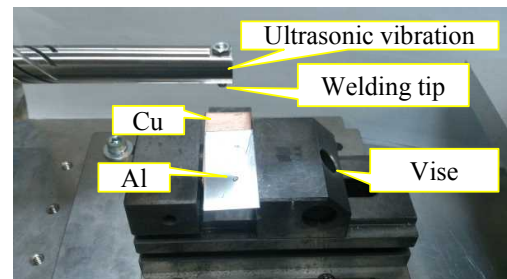


Figure 2. Welding machining.

1 : 日大理工・学部・電気 2 : 日大理工・教員・電気

する周波数が 18.1kHz のみの場合と、18.1kHz と 18.9kHz の 2 つの周波数の場合で行った。図 3 はその測定結果である。図はいずれも横軸に縦振動振幅、縦軸にねじれ振動振幅をとっている。同図 (a) は、18.1kHz で駆動させた場合、同図 (b) は 18.1kHz と 18.9kHz の 2 つの周波数で同時に駆動させた場合の結果である。同図 (a) より、18.1kHz の単一の周波数で駆動させた場合には直線軌跡の振動が得られる。一方、同図 (b) より、18.1kHz と 18.9kHz 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。

接合実験では、同図 (b) に示した面状の振動軌跡による異種金属の接合特性の比較として、同図 (a) に示した線状の振動軌跡による接合も行った。

#### 4. 加圧また入力電力と接合強度の関係の検討

銅板とアルミニウム板の接合実験より、加圧また平均入力電力と接合強度の関係の検討を行った。測定は、接合チップの振動を図 3 に示すような線状軌跡（縦振動振幅:10 $\mu\text{m}_{p-p}$ ）又は面状軌跡（縦振動振幅: 10  $\mu\text{m}_{p-p}$ , ねじり振動振幅:8.5 $\mu\text{m}_{p-p}$ ）とし、加圧を 0~200N まで変化させて行った。なお、接合時間は 20s 一定で行った。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測定した。図 4 は加圧を変化させた場合の接合強度の結果である。図は横軸に加圧の大きさを、縦軸に接合強度をとっている。図より、接合強度は両軌跡とも、加圧を大きくするのにしたがって高くなることが分かった。また、同じ加圧の大きさで比較すると、強度はいずれの加圧の大きさにおいても、接合チップの振動が面状軌跡による接合の方が線状軌跡による接合に対して高くなり、約 1.7 倍の接合強度を得られることが分かった。

次に、図 5 は図 4 の結果より求めた接合中の平均電力に対する接合強度の結果である。図 5 は横軸に平均電力を、縦軸に接合強度をとっている。図より、接合強度は両軌跡とも、平均電力の上昇に伴い、高くなることが分かった。また、平均電力が同じ場合の接合強度は、接合チップの振動が面状の軌跡の方が、線状の軌跡よりも高くなっている。これは、図 3 (b) に示すように、振動が各方向に対して得られているため、効率よくアルミ板と銅板の間に振動を加えることができたためと考えられる。

#### 5. おわりに

今回の実験で、同じ電力を印加したときに 2 つの周波数を印加した時の方が高い強度が得られることが分

かった。今後の課題としては、方向性の検討のため接合するとき、精密バイスを回転させることによる電力との関係、およびその時の強度との関係について検討を行いたいと考えている。

#### 6. 参考文献

- [1]坂井良平, 友田 慧, 好岡隼矢, 浅見拓哉, 三浦 光, 平成 24 年度 日本大学理工学部学術講演会論文集 pp.1055-1056.

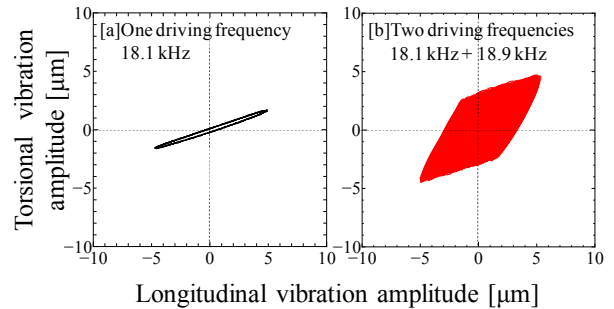


Figure 3. Vibration loci in welding.

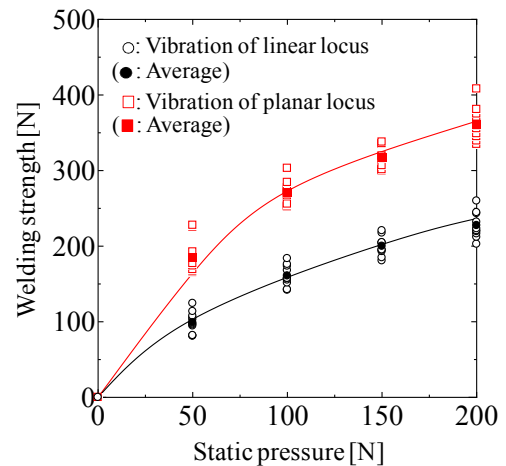


Figure 4. Relationship between welding strength and static pressure.

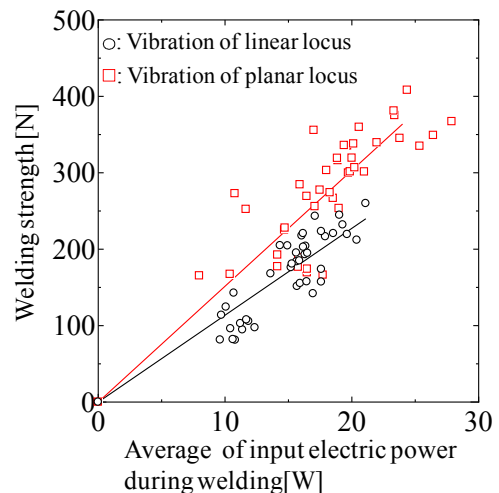


Figure 5. Relationship between welding strength and the average of input electric power during welding.