

# アルミ材へのリベット形状部品の超音波接合に関する研究

製品・機能評価課 羽柴利直\*1

デジタルものづくり課 石黒智明

## 1. 緒言

既報<sup>1)2)</sup>で平リベットと ADC12、A6063、および丸リベットと ADC12 との超音波接合について得られた結果を示した。そして、加圧力を 100N とした場合、ローレットがリベットに食い込まず、加振材にホーンの振動が伝搬しないために接合強さが上がらないことを示した。

ローレットが食い込み難い理由として、リベットの硬度が高かったことが原因と考えられる。そこで、本研究では、焼鈍軟化した丸リベットを用い、未処理材と比較することにより、ローレットの食い込みやすさと接合強さの改善の可能性を検証した。

## 2. 実験方法および結果

実験には、加振材として A1070 製リベット(シャフト: 太さ  $\phi 5 \times 45\text{mm}$ )を用い、焼鈍材は、これを  $345^\circ\text{C}$  で 1 時間処理して作製した(以下、O 材と示す)。リベットの先端部のビッカース硬さ(HV0.01)を測定したところ、O 材では約 33 であったが、未処理材では約 60 であった。

固定材には、A6063 の押し出し板材(HV5:約 71、 $25 \times 70 \times 2\text{mm}$ )を用いた。接合条件は、加振時間 0.4s、加圧力 100~600N とした。そして、接合時のホーンの変位および超音波出力を測定した。接合材は引張速度 1mm/min で引張試験を行い破断荷重を求め、剥離後の接合面積で除して接合強さを求めた。なお、接合試験に用いた超音波接合機およびホーン形状は既報と同様である。

未処理材を接合した場合は、接合面にバリの生成が認められ、引張試験後の殆どの場合において、バリはリベット側に付着していた。O 材ではバリの生成は認められなかった。図 1 に加圧力 300N で接合試験を行ったリベット頭部の写真を示す。リベットに生成したバリを見やすくするために、頭部を黒色に塗ったリベットを用いて接合試験を行ったものである。図より分かるように、バリはホーンの加振方向に発生している。

図 2 に未処理材のリベットに生成したバリの SEM 写真を示す。バリには縞状の模様が見られ、また、元素分析の結果、Mg がほとんど認められなかったことから、リベットが加振振動により加振方向に周期的に削られて発生したものと考えられる。

図 3 に接合時のホーンの変位を、図 4 に超音波出力の変化をまとめた。なお、図の曲線は、 $n=6$  の平均であり、変位は、プラス側が沈み込む方向に対応している。

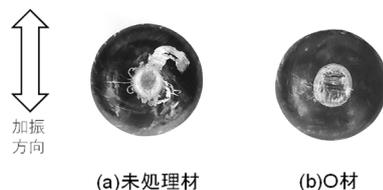


図 1 接合後のリベット

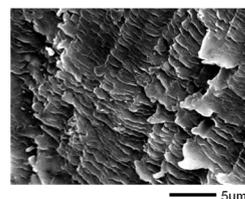


図 2 未処理材のバリの SEM 写真

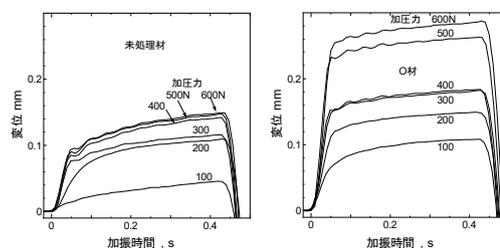


図 3 接合時のホーンの変位

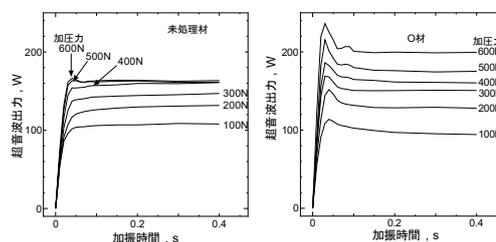


図 4 超音波出力の変化

ホーンの変位は、O 材の方が未処理材より大きく、加圧力大きいほど O 材では変位は大きくなるが、未処理材では飽和する傾向にある。また、O 材の 200N 以上、未処理材の 300N 以上では、加振開始直後は直線的に増加し、その後緩やかに増加する。そして、直線増加以降の変位は、未処理材が O 材より増加量が大きい。これは、リベット材からのバリ発生が原因と予想される。加圧力がこれらより小さい場合には、変位は連続的に増加していく。この原因は、前報でも示したが、ホーンのローレットの加振材への食い込みが小さく、ホーンの振動が加振材に十分伝わっていないために、加振材と固定材の界面で摩擦が生じず、リベット頭部の変形のみにより変位が増加しているためと考えている。

超音波出力は、変位が大きいものほど大きくなってい

\*1 現 機械電子研究所

る。すなわち、変位が飽和する傾向を示した未処理材では、出力も飽和する傾向を示した。また、O材では初期にピークを認めるが、これは、前述の変位量の変化から、ホーンのローレットがリベット頭部に大きく食い込むことにより、接合界面での摩擦抵抗に加えてリベット頭部の変形抵抗が加わり、加振抵抗が急激に増大したためと推測される。

これらの結果から、リベットの焼鈍軟化により、ホーンのローレットのリベットへの食い込みが改善しているものと推測される。

図5に接合エネルギーとA6063板上の剥離痕の面積の関係を示した。接合エネルギーは、接合時に投入した全電気量であり、ホーンのみを加振した場合に要したエネルギーを減じた値で表示してある。また、接合面積は、A6063のダイスマークが残存している部分を除外して求めた。図より、接合面積は接合エネルギーと比例関係があること、O材と未処理材では接合エネルギーが同じ場合の接合面積はほぼ等しいことが分かる。また、この図より、同じ加圧力でも接合エネルギーに大きな幅のあることが分かる。

図6に、引張試験の破断荷重と接合面積の関係をまとめた。接合面積に対する破断荷重のばらつきは大きいですが、面積が大きいほど荷重が大きくなる傾向を示している。

また、おおまかには、加圧力が大きいほど破断荷重、接合面積が大きくなる傾向を示している。このことは、前述のホーンの変位量の変化から、加圧力が大きいほどホーンのローレットのリベットへの食い込み量が増大し、ホーンと加振材の間の滑りが抑制され、加振振動が加振材に効率良く伝搬したことを示していると考えられる。

この図から接合強さを求めると、未処理材は90MPa程度、O材は30MPa程度の値を示した。図中の破線がそれぞれの強さに該当しており、これらの値は未処理材、O材の母材強さに匹敵している。

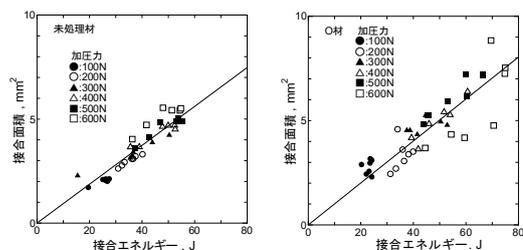


図5 接合エネルギーと接合面積

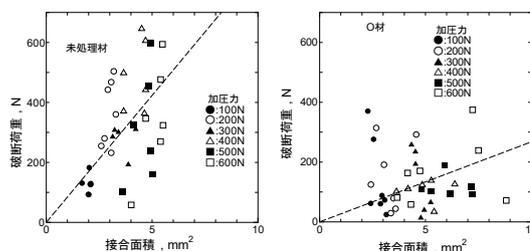


図6 加圧力と接合強さ

### 3. 結言

焼鈍軟化したリベットを用いて超音波接合を試み、未処理材との比較を行った結果、O材化によりホーンの変位が大きくなったことから、ローレットの食い込みやすさが改善したと考えられる。しかし、O材化によりリベットの強さが低下したために、接合強さに向上は見られなかった。一方、未処理材では、変位は小さかったが、接合強さから十分に接合していると考えられる。これらのことから、ホーンのローレットの加振材への食い込み量を大きくして、接合面積、接合力を向上させるためには、加圧力を大きくすることが有効であると考えられる。

また、接合エネルギーと接合面積の間には良好な相関があることが明らかになった。

### 参考文献

- 1) 羽柴ほか, 富山県産業技術研究開発センター研究報告, No.35(2021)pp.13-14
- 2) 羽柴ほか, 富山県産業技術研究開発センター研究報告, No.36(2022)pp.31-32

キーワード：超音波接合、丸リベット、接合強さ、変位、超音波出力

## Study on Ultrasonic Welding of Aluminum Rivets

Product and Function Evaluation Section ; Toshinao HASHIBA\*<sup>1</sup>

Digital Manufacturing Section ; Tomoaki ISHIKURO

The aim of this study is to develop practical techniques of joining rivets to aluminum materials by ultrasonic welding. Annealed rivets were manufactured in order to improve fixation by welding horn, and ultrasonic welding was carried out with using those rivets. As a result of the experiment, the increase of the magnitude in displacement of welding horn while welding considered to be related to biting depth into rivet was confirmed.