

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 デジタルものづくり課 石黒智明

1. 緒言

超音波接合は、短時間で接合が可能であることなどの多くの利点がある接合方法であるが、リベット形状の部品を加振材とする場合、一般的なローレット加工面を有するホーンでは、リベットの軸部を伝搬させることによる加振振動の減衰により、接合界面で清浄面を露出させるための摩擦振動を得ることが困難である。このようなリベット形状部品について、リベットの軸部が通る穴を設け、リベット頭部を直接ホーンのローレット加工面で加振できる特殊な形状のホーンを用いるにより、接合が可能となることが明らかになっているが、頭部が平らな形状のリベットでは、接合がその外周部に限定されるとい問題がある。この接合部に関して引張試験を行うと接合界面での剥離となり、接合力がリベット軸の破断荷重に到達していないことから、不十分な接合と言える¹⁾。リベット形状部品の超音波接合の実用化には、接合面積を改善し、接合力を向上させることが必要である。

本研究では、アルミリベットを加振材、アルミ合金平板を固定材として、接合部の断面の観察、分析を行った。これにより、接合界面で生じている現象を明らかにし、接合力を向上するための指針を得ることを目指した。

2. 実験方法

接合試験に用いた加振材、固定材を図 1 に示す。本研究では、部材の位置決めや連結に用いるリベット形状部品の超音波接合技術の建材分野への展開を視野に入れ、建材分野において表面処理アルミニウムとして多用されている Al-Mg-Si 系合金 A6063S-T5 を固定材に選定した。加振材には、同種金属の接合となるよう、市販のアルミ (A1070W) 製の頭部が平面のリベットを選定した。

リベット接合用に試作した特殊な形状のホーン(振幅設計値 30 μ m-p)を図 2 に示す。ホーンの中にはリベットの $\phi 3$ mm の軸部が挿入できるよう $\phi 3.5$ mm の穴があり、リベット頭部を直接加圧して固定し、加振できる構造とした。加振材と接するホーンチップ部にはローレット加工が施されている。

超音波接合機には、超音波工業株式会社製の USW0620G3X(出力 600W、周波数 19kHz)を用いた。接合位置は固定材の端から 10mm の位置として、その反対側の端から 10mm の位置をクランプゴムにて固定して接合を行った(図 1)。

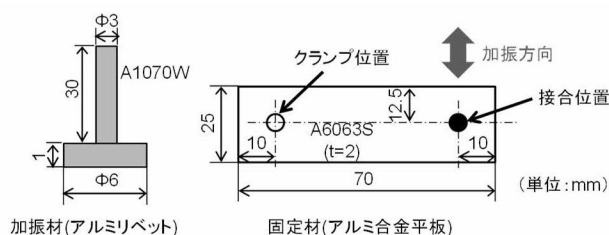


図 1 加振材および固定材

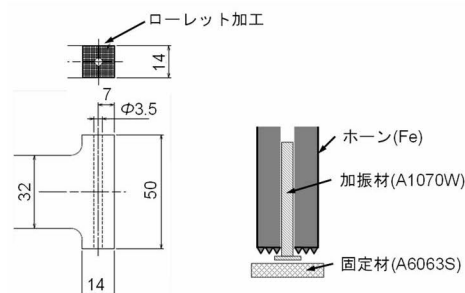


図 2 リベット接合用ホーン

3. 接合強度の評価

加圧力 100~800N、加振時間 0.01~8s にて接合した試料の平面引張最大荷重を測定し、引張試験後の固定材表面の押出し材特有のダイスマークが摩擦によって消失した部分から接合面積を求め、荷重を面積で除して接合強度を求めた。引張速度は 1mm/min とした。

図 3 に、各加圧力における加振時間と接合面積の関係を示す。接合面積は、いずれの加圧力においても約 0.1s までは急激に、それ以降はゆっくりと増加している。また、高い加圧力ほど大きくなる傾向を示した。

図 4 に、各加圧力における加振時間と接合強度の関係を示す。接合強度は、いずれの加圧力においても、大まかには、加振時間が 0.5s までは急激に上昇し、それ以降では大きな増加は見られない。そして、接合強度の最大値は、A1070 引抜線の引張強さの規格値(55MPa 以上 95MPa 以下²⁾)に匹敵する 50MPa~60MPa の値を示した。

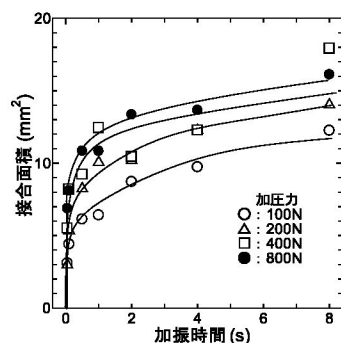


図 3 加振時間と接合面積の関係

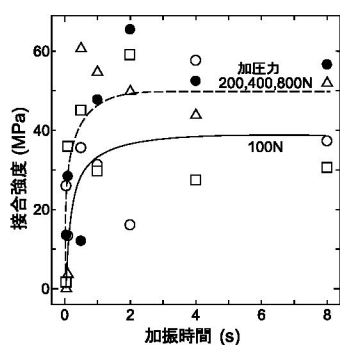


図4 加振時間と接合強度の関係

4. 接合材断面の分析

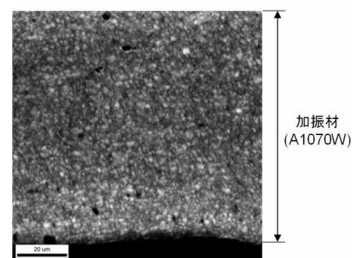
図5に、加振前の加振材と加圧力400N、加振時間2sで加振した後の接合部の断面のEBSD分析結果を示す。

加振材においては、加振前と比較して加振時間2sでは、接合界面から数 μm 程度の領域に金属組織が微細化している部分を確認された。これは、接合を生じた部分が振動の方向に強制的にせん断変形することにより、組織の微細化が進んだものと推測される。

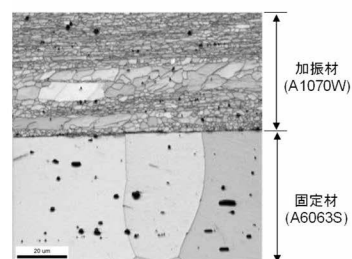
また、加振材の接合界面から数 μm ～30 μm 程度の領域では、結晶粒の粗大化が確認された。これは、加振に伴う摩擦熱により熱影響を受けて、結晶粒が再結晶により粗大化したものと考えられる。

これらのことから、加振初期に接合が生じた部分では、加振時間の経過とともに組織の微細化が進み、脆化すると考えられる。これに加えて、熱影響部では加振時間の経過とともに結晶粒の粗大化が進み、強度が低下するものと考えられる。したがって、接合が新たに生じた部分においては強い接合力が得られる一方で、既に接合が生じた部分は加振時間の経過とともに接合力が低下するものと推測される。引張試験の結果において、加振時間とともに接合面積が増加するにも関わらず、0.5s以降では接合強度がほぼ一定の値となっているのは、このためであると考えられる。

接合強度の向上には、加振時間を十分な接合が生じる範囲で短くするとともに、リベット頭部の形状を工夫するなどの方法により、短時間で大きな接合面積を得られるようにすることが必要であると考えられる。



(a)加振材(加振前)



(b)接合部(加振時間2s)

図5 EBSD分析結果

5. 結言

試作したホーンを用いてアルミリベットの超音波接合を行い、接合材断面の観察、分析を行った結果、接合力の低下につながると推測される金属組織の微細化と結晶粒の粗大化が確認された。リベット形状部品の超音波接合の実用化には接合力の改善が必要となっており、このための知見が得られた。

参考文献

- 1)羽柴ほか、若い研究者を育てる会「研究論文集」,32, 8-14(平成30年度)
- 2)JIS H 4040:2015 アルミニウム及びアルミニウム合金の棒及び線

キーワード：超音波接合、アルミ材、リベット、ホーン、EBSD分析

Study on Ultrasonic Welding of Aluminum Rivets

Product and Function Evaluation Section ; Toshinao HASHIBA

Digital Manufacturing Section ; Tomoaki ISHIKURO

The aim of this study is to develop practical techniques of joining rivets to aluminum materials by ultrasonic welding. Specially shaped welding horn was manufactured in order to join rivets, and ultrasonic welding was carried out with using the horn. As a result of the experiment, miniaturization and growth of metal crystal grains considered to be related to decline of the rivet joining force at the interface of the joint while welding was confirmed.