

## 超音波接合の原理とアルミ合金・異材接合への応用

講師：ソノヤラボ(株)代表、元山梨大学教授 園家 啓嗣 氏

工学博士、技術士(金属部門)

**概要：**超音波は、周波数が 20 kHz 以上の人には聞こえない音波で、各種分野で広く適用されている。例えば、魚群 探知機、治療などの超音波探傷(エコー検査)、超音波洗浄、殺菌などで、工業的には切削・切断、ドリル加工、砥粒加工などに適用されている。接合・溶着でも、IC チップ、ハーネスなどの微小部品で使用されている。最近、超音波接合を用いて、パワーモジュール、フリップチップなどのように微細な金属部材を高精度で接合できるようにもなりつつあり、超音波接合はこれからの接合技術だと考えられる。

本セミナーでは、アルミ合金などの金属や FRP の超音波接合について、更にはこれから必要になる異材接合について、基礎的な知識から、筆者が今まで超音波接合関係で研究してきた内容(厚みのあるアルミ合金、鉄鋼/アルミ合金の異材接合)まで幅広く、現場の技術者も理解できるように分かりやすく説明する。本セミナーはメーカーの現場の技術者や設計技師にとって大いに役立つと考えられる。

### 講演構成：

#### 第 1 章 超音波の基礎

##### 1.1 超音波の概要

##### 1.2 超音波の性質

###### 1.2.1 気体、液体および個体中の超音波の挙動

###### 1.2.2 反射と回折

###### 1.2.3 固有振動数および共振

###### 1.2.4 キャビテーション現象

##### 1.3 超音波の適用例

###### 1.3.1 威嚇、防除

###### 1.3.2 超音波洗浄

###### 1.3.3 超音波溶着

###### 1.3.4 超音波による薬液噴霧

###### 1.3.5 超音波による距離計測

###### 1.3.6 体外衝撃波結石破碎

###### 1.3.7 超音波霧化分離

#### 第 2 章 超音波の発生、測定方法および振動系の設計

##### 2.1 超音波振動を発生させる振動子

- 2.1.1 水晶振動子
- 2.1.2 ランジュバン型水晶振動子
- 2.1.3 誘電体および電歪現象
- 2.1.4 圧電セラミックス製の超音波振動子
- 2.1.5 ボルト締めランジュバン振動子の種類
- 2.1.6 磁性体と磁歪振動子
- 2.2 超音波振動系を駆動させる電気回路
  - 2.2.1 機械振動
  - 2.2.2 電気振動
  - 2.2.3 機械振動と電気振動との対応
  - 2.2.4 超音波振動系の等価電気回路
- 2.3 実際の超音波発振回路
  - 2.3.1 PLL 発振回路
  - 2.3.2 増幅回路
  - 2.3.3 定電流制御回路
  - 2.3.4 整合回路
- 2.4 超音波に関する測定
  - 2.4.1 感度の測定
  - 2.4.2 音場（音波の存在する空間）の測定
  - 2.4.3 超音波出力の測定
  - 2.4.4 固体表面の振動測定
- 2.5 超音波振動の伝搬および振動系の設計
  - 2.5.1 超音波振動の伝搬と振動モード
  - 2.5.2 超音波振動ホーン的设计
  - 2.5.3 縦振動ホーンの特性
  - 2.5.4 曲げ振動ホーンの特性
  - 2.5.5 ねじり振動ホーンの特性
- 第3章 超音波接合技術
  - 3.1 各種接合法
    - 3.1.1 機械的接合法
    - 3.1.2 冶金的接合法
  - 3.2 超音波接合の概要
    - 3.2.1 金属の超音波接合
      - (1)超音波接合装置
      - (2)超音波接合の原理
      - (3)超音波接合の実施例

- (a)超音波ワイヤボンディング
- (b)フリップチップ接合
- (c)ピンポイント接合
- (d)薄板突合せ接合
- (e)薄板 T 形接合

### 3.2.2 プラスチックの超音波接合

- (1)超音波接合装置
- (2)超音波接合の原理
- (3)超音波接合の効果例

### 3.2.3 異種金属の超音波接合実施例

- (1)アルミニウム合金／鉄鋼
- (2)アルミニウム合金／銅
- (3)チタン／銅
- (4)チタン／銀
- (5)チタン／ステンレス鋼
- (6)セラミックス／金属

## 第 4 章 厚肉アルミニウムへの超音波接合の応用

### 4.1 はじめに

### 4.2 ハイブリッド接合装置の開発

- 4.2.1 超音波接合装置の試作
- 4.2.2 超音波ホーンの最適化と試作

### 4.3 超音波接合条件（接合温度、接合時間、加圧力、超音波振動の振幅）

### 4.4 超音波接合条件と接合強度との相関性

- 4.4.1 接合強度に及ぼす接合温度の影響
- 4.4.2 接合強度に及ぼす接合時間の影響
- 4.4.3 接合強度に及ぼす加圧力の影響
- 4.4.4 接合強度に及ぼす超音波振動の振幅の影響

### 4.5 接合部近傍の塑性流動

### 4.6 接合部における酸化挙動

- 4.6.1 接合部の断面マイクロ観察
- 4.6.2 接合部の EDX 分析

### 4.7 ハイブリッド接合のメカニズム

### 4.8 チタン箔のインサートを用いたハイブリッド接合

- 4.8.1 超音波振動が接合強度へ及ぼす影響
- 4.8.2 超音波振動が接合部近傍の組織へ及ぼす影響
- 4.8.3 超音波振動が接合部の原子拡散に及ぼす影響

#### 4.9 銅箔のインサートを用いたハイブリッド接合

##### 4.9.1 超音波振動が接合強度へ及ぼす影響

##### 4.9.2 純アルミとアルミニウム合金の強度比較

##### 4.9.3 共晶反応による接合のメカニズム

#### 4.10 アルミニウム合金パイプ材の接合

#### 4.10 まとめおよび今後の展望

### 第5章 アルミニウム／鉄鋼の厚肉異種金属接合への超音波接合の応用

#### 5.1 はじめに

#### 5.2 ハイブリッド接合装置

#### 5.3 超音波接合条件

##### 5.3.1 接合温度、接合時間、加圧力、超音波振動の振幅

##### 5.3.2 インサート材の利用（銀箔、銅箔、チタン箔）

#### 5.4 インサート材と接合強度との関係

##### 5.4.1 銀箔インサート材が接合強度へ及ぼす影響

###### (1)超音波振動の効果

###### (2)接合温度が接合強度に及ぼす影響

###### (3)アルミニウム側の共晶反応による接合メカニズム

###### (4)鉄鋼側の原子拡散による接合メカニズム

##### 5.4.2 銅箔インサート材が接合強度に及ぼす影響

###### (1)超音波振動の効果

###### (2)接合温度が接合強度に及ぼす影響

###### (3)アルミニウム側の共晶反応による接合メカニズム

###### (4)鉄鋼側の原子拡散による接合メカニズム

##### 5.4.3 チタン箔インサート材が接合強度に及ぼす影響

###### (1)超音波振動の効果

###### (2)接合温度が接合強度に及ぼす影響

###### (3)アルミニウム側の原子拡散による接合メカニズム

###### (4)鉄鋼側の原子拡散による接合メカニズム

#### 5.5 インサート材の種類と接合強度

以上