

# 01

## はじめての超音波溶着

— 原理・特徴・設計の基本ガイド —



## Ultrasonic Welder

### 【目次】

1. 超音波とは
2. 超音波振動の原理
3. 超音波溶着機とは
4. 超音波溶着機の利用例
5. 超音波溶着の種類
6. ワーク設計
7. 超音波ホーンについて
8. 法的規制
9. 導入に向けた技術相談・テストのご案内

## 1. 超音波とは

### 超音波＝聞くことを目的としない音

超音波は一般的には「振動数が約2万ヘルツ以上で、定常音として耳に聞こえない音波」（広辞苑）と定義されているが、産業界では「聞こえない」ではなく、「聞くことを目的としない」音を超音波と呼ぶ。

#### 1-1. 音の正体

我々が普段聞いている「音」の正体とは何か？話し声はもちろんのこと、スピーカーから出る音やバイオリンの奏でる音は、どのようにして「聞こえる」となるのか。

図1に示すように、バイオリンでは絃が震えることによってその振動が空気を伝わっ

て耳に届く。この振動が耳の鼓膜を揺らし、脳が音として認識する。つまり、音の正体は「振動」である。振動は、気体・液体・固体を「波」のように伝播していく。この音の波のことを「音波」と呼ぶ。

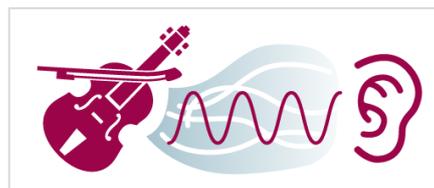


図1. 音の伝わり方

#### 1-2. 音の単位

音の振動数は「周波数」と呼ばれ、Hz（ヘルツ）という単位で表される。1秒間に1回振動する場合には1Hzとなる。振動回数が少ない＝周波数が低いほど低音に聞こえ、振動回数が多い＝周波数が高いほど高音となる。

#### 1-3. 聞こえるのに超音波？

一般的に人の可聴域は20Hz～20kHz（図2）とされているが、超音波機器の中には耳に聞こえる周波数帯を使っているものも存在する。当社製品にも可聴域の周波数である15kHz帯を使用した製品があり、「耳に聞こえる音」ではあるが、聞くことを目的としているわけではない。従って我々の定義上は「超音波」としてこれを扱う。



図2. 可聴域

## 2. 超音波振動の原理

### 振動子により高周波電力を超音波振動に変換

音の正体は「振動（音波）」です。では、この振動を産業に応用するための超音波振動をどのように発生させているのか？  
超音波振動の原理を以下に説明する。

振動は機械的な運動なのでエネルギーと動力部が必要となる。超音波振動におけるエネルギーは「高周波電力」、動力部は「超音波振動子」と呼ばれる。

高周波電力が振動に変わる原理は、火打石をイメージするとわかりやすい(図3)。火打ち石は叩くと火花が出る。この時、叩くことで石は一瞬縮むが、即座に元に戻ろうとする力が働き、これが電気エネルギー＝火花となって外に出る。



図3. 火打石で火花が発生するプロセス

この原理を逆手に取り、発振器内で圧電素子の石に電気エネルギーを供給することで振動を発生させている。

### □□■ 超音波振動子の構造 ■□□

超音波溶着の振動子に使用される素子は、発振器からの電圧を超音波振動に変換するもので、交流電圧を加えると振動するチタン酸ジルコン酸鉛（通称 PZT）が主に使用される。この PZT を図4に示すように電極と金属とで挟みボルト締めしたものが「ボルト締めランジュバン型振動子（通称 BLT）」と呼ばれる。

BLT は金属を介してボルト締めすることにより、超音波溶着で使用する周波数で動作するように調整されている。

PZT は前述の通り交流電圧により、伸び縮みの反復運動を行う。この反復運動の距離（振幅）は数ミクロン～数十ミクロンと極めて小さなものであるが、伝達・共振・増幅により加工に必要な振幅が得られる。

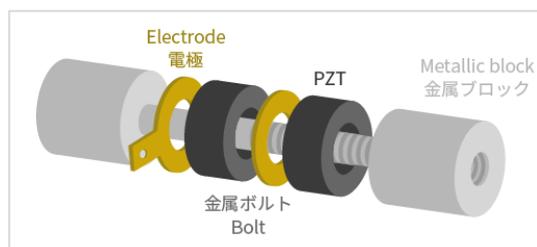


図4. ボルト締めランジュバン型振動子

### 3. 超音波溶着機とは

#### 超音波振動によって熱可塑性樹脂の加工を行う装置

超音波による熱可塑性樹脂（熱で溶けるプラスチック）の溶着機は、「超音波ウェルダ―」または「超音波溶着機」と呼ばれる。

超音波溶着機を使用している業界は幅広く、自動車の部品や各種容器、医療機器、生活用品、玩具、家電の溶着などに用いられている。

#### 3-1. 超音波溶着機的主要な構成

超音波溶着機は主に発振器と振動部、プレス機構と超音波ホーンによって構成される(図5)。

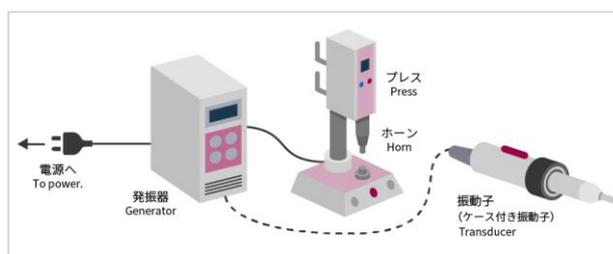


図5. 超音波ウェルダ―の代表的な構成

#### 3-2. 身近な超音波溶着

超音波溶着の使用例では、身近なものとして不織布マスクや使い捨てのガスライターなどがある。不織布マスクの外周についているミシン目や、耳ひもの付け根の跡は超音波溶着によるもの。ガスライターでは「透明の容器」と「着火部の部品」をネジや接着剤などを使わずに、超音波にて1秒以下の短時間で溶着している。自動車の内装部品やランプなどにも超音波溶着は多く利用されている。

#### □□■ 超音波溶着のメリット ■□□

- ・汎用性に優れ、熱可塑性樹脂であれば殆ど全てに適用可能
- ・溶着時間は通常1秒以下と短時間での加工が可能
- ・消耗品が殆ど無く、ランニングコストが少ない
- ・連続溶着や多点同時溶着の構成も可能
- ・電力を要するのは発振時のみであるため省エネ
- ・繰り返し精度に優れ、同等品質の製品を安定して生産できる
- ・目的に応じた自動機への組込みも可能

## 4. 超音波溶着機の利用例

### 汎用性が高く、様々な業界で利用されている

超音波ウェルダーを使用している業界は幅広く、自動車の部品や各種容器、医療機器、生活用品、玩具、家電の溶着などに用いられている。

成形品の伝達溶着、シートや不織布の直接溶着、カシメ、インサート、スポット、ピアス、ゲートカット、トリミングなど幅広い用途に利用が可能。また、直交ロボットや多軸ロボットなど、自動化生産ラインへの組み込みに対しても柔軟に対応できる。



#### ○自動車

内装：ドアトリム・ルーフ・エンブレム・サンバイザー・ルームランプ など

外装・レンズ：リアレンズ・ターンランプ・バンパー・リフレクタ など

その他、機能性部品やフィルター、タイヤの切断 など

#### ○医療

衛生：マスク・ガウン など

機器：ダイアライザー・体温計 など

#### ○電機・電子

冷蔵庫・掃除機・洗濯機・加湿器・メモリーカード・SDカード・バッテリー など

#### ○衛生用品

おむつ・生理用ナプキン・歯ブラシ など

#### ○日用品

クリアファイル・インクカートリッジ・オフィスチェア など

#### ○包装・容器

アルミラミネート・フィルム・スパウト・ブリスターパック・チューブ など

## 5. 超音波溶着の種類

### 周波数の選択も大事な要素

溶着物の形状や材質、溶着範囲などから使用する周波数と工法を選択する。周波数は振動の伝達距離に関わり、溶着可能なサイズや溶着部までの距離が変わる。

超音波溶着では15~40kHzが採用されていることが多く、基本的に15~20kHzの低い周波数は溶着部までの距離がある「伝達溶着」に適しており、28~40kHzの高い周波数は表面上の「直接溶着」に適しているとされている(図6)。

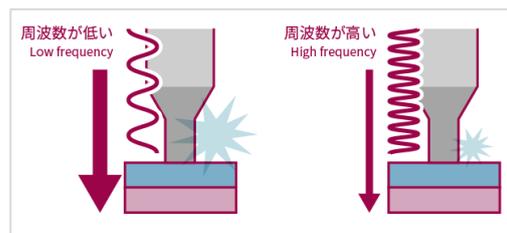


図6. 周波数と伝達エネルギーの関係

### □□■ 超音波溶着の種類 ■□□

#### ○伝達溶着

成形品同士を溶着して組み立てる方法(図7)。プラスチックを重ね、ホーンを押し当てながら超音波振動を与え、接合部分を発熱させて溶着する。

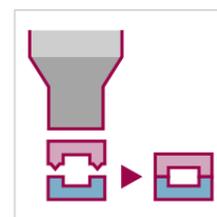


図7. 伝達溶着

#### ○直接溶着

超音波ホーンを押し当てた部分をホーン先端形状のまま溶着する方法(図8)。押し出しチューブ、ボトルなどの成形品やシートのシールなどに使用される。フィルムや不織布の連続溶着・溶断も可能。

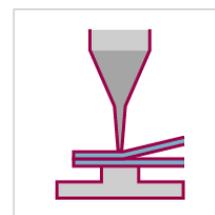


図8. 直接溶着

※その他、溶着の種類やリブ設計の詳細については、ホームページまたは会員ページの技術情報をご確認ください。  
「自社のワークが加工可能か知りたい」「自社の用途に合う製品はどれ?」「今の工程にそのまま導入できる?」  
これらの具体的なご相談は、以下よりお気軽にご連絡ください。

技術相談・お問い合わせ

## 6. ワーク設計

### 伝達溶着を可能としている秘密は溶着界面の形状にある

超音波溶着の特長である伝達溶着を効率よく行うためには、ワーク側にも溶着に適した形状を施す必要がある。

この溶着を効率化するための形状は「エネルギーダイレクター (ED)」や「溶着リブ」と呼ばれる。

#### 6-1. 溶着リブ設計の重要性

溶着リブの必要性は振動エネルギーの集中にある。伝達溶着の場合、溶着界面がフラット面同士であるとエネルギーが分散してしまう。その結果、樹脂の溶けだし位置が不均一となり、下記のような症状に繋がる。

- ・ 温度上昇の鈍化
- ・ 溶着強度不足
- ・ 溶着時間が長くなる
- ・ 樹脂の劣化や破壊
- ・ 意匠面の溶融、キズの発生

このような症状をなくすためにも、溶着リブの設計は非常に重要となる。

#### 6-2. 超音波溶着の基本的な溶着リブ形状

超音波溶着の基本的な溶着リブ形状について説明する。

超音波溶着の溶着リブ形状は大きく分けて2通りの形状があり、「ダイレクトジョイント」と「シェアジョイント」と呼ばれる。

溶着強度は基本的に溶融面積に比例するため、溶着リブの寸法や形状はワークの要件（溶着強度、外観など）に応じて設計する必要がある。溶着リブの溶融体積を大きく設計すれば溶着強度は増す傾向にあるが、必要以上の体積がある場合、バリが発生し外観や機能を損ねる可能性もある。



関連する詳細な技術情報や設計事例は、会員ページで公開しています。

ワークへの適用可否や、最適な設計のアドバイスが欲しい方は、  
専門スタッフが直接お答えします。お気軽にご相談ください。

技術相談・お問い合わせ

## 7. 超音波ホーンについて

### 共振・増幅・伝達

超音波溶着に必要な不可欠なツールが超音波ホーン（工具ホーン）。  
超音波ホーンは振動子で発生した振動に「共振」し、振動を「増幅」させてワークに「伝達」する。

超音波ホーンは共振によって振動し、振幅を増幅してワークへ伝達させている(図9)。共振を利用しているため、設計した周波数と異なる機器では使用できない(15kHzで設計したホーンは19kHzの機器では使えない)。

また、ホーンの形状や寸法を安易に変えてしまうと共振できなくなるおそれがある。

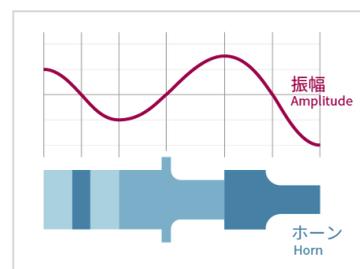


図9. 共振による振幅増幅

超音波ホーンの先端は同一方向に均一に振動するように設計されている。振動（振幅）が不均一な場合、溶着強度や気密性のバラつきが発生しやすくなり、最悪の場合、超音波ホーン自身の破断につながるおそれがある。そのため、当社ではワークの形状・材質に合わせて振動解析を行い、その解析データに基づいて超音波ホーン的设计・製作を行っている。

### 7-1. 超音波ホーンの材質

超音波ホーンの材質は用途に応じて選定する。ここでは使用頻度の高い3種類について特長を説明する。

#### ○ジュラルミン

- ・超音波ホーンに使用される最も一般的な材質
- ・軽量で放熱性に優れ、メッキ加工や超硬溶射などの処理を施すことが可能

#### ○チタン

- ・高振幅を要する際に適した材質
- ・ジュラルミンと比べ硬度は高いが、表面処理は限定される

#### ○鉄（SKD）

- ・摩耗対策として選択される材質
- ・蓄熱性が高く、超音波ホーンの冷却が必須
- ・防錆処理が可能

## 8. 法的規制

### **型式指定を受けた装置は個別の申請は不要**

超音波洗浄機やウェルダ等の強力超音波機器を使用する場合、あらかじめ総務省の総合通信局へ申請し使用許可を得る必要があるが、「型式指定」を受けた強力超音波機器については申請・届出の必要はない。

#### ○申請が必要な機器

無線設備、通信設備以外の設備であって 10kHz 以上の高周波電流を利用して高周波エネルギーを発生させて、50W を超える高周波出力を使用する設備は、原則として総務大臣の設置許可を受ける必要がある。これは「電波法第 100 条」によって定められている。

#### ○申請が不要な機器

シリアル銘板シールに型式指定番号(図 10)が記入された装置は総務大臣による型式指定（技術基準に適合していることの指定）を受けており、個別に設置許可を申請する必要はない。



図 10. 型式指定表示

なお、日本国外で使用する場合は、その国や地域の定める法律に従うこと。

## 9. 導入に向けた技術相談・テストのご案内

本資料でご紹介した超音波応用技術が、貴社の課題解決に最適かどうか、まずはチェックしてみませんか？

- 工程改善： 接着剤やネジ留め工程を廃止し、コストと時間を削減したい
- 品質安定： 溶着強度のバラツキを抑え、気密性や外観品質を向上させたい
- 短納期導入： 既存のラインナップ製品を活用し、短納期・低コストで導入したい
- 技術評価： 自社ワークが超音波溶着に適しているか、まずはテストしてみたい

「この材質は接合できる？」「カタログ製品で対応可能か？」「専用の設計が必要か？」など、技術的な疑問に専門スタッフが回答いたします。

実機でのサンプルテストやWEB相談も承っております。まずはお気軽にご相談ください。

工法や素材の適合性を相談する

### 精電舎電子工業株式会社

精電舎電子工業は、超音波・高周波・レーザといった波動エネルギー技術をコアに、各種溶着・溶断装置および応用加工装置を提供するメーカーです。

複数工法を保有する強みを活かし、製品仕様や生産条件に応じた最適な工法選定、溶着形状の検討、品質向上や自動化を含めた設備提案を行っています。

**SEIDENSHA**

【本社】 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 2-2-17  
TEL 03-3802-5101 FAX 03-3807-6259  
E-mail [tokyo@sedeco.co.jp](mailto:tokyo@sedeco.co.jp)

【柏工場】 〒277-0802 千葉県柏市船戸 1-21-1



詳細な拠点情報、アクセスについては  
こちらをご覧ください

本資料に関連する詳細な技術情報は、  
ホームページの会員向けコンテンツにて公開しています。