



LINK-US Co., Ltd.
リンクアス

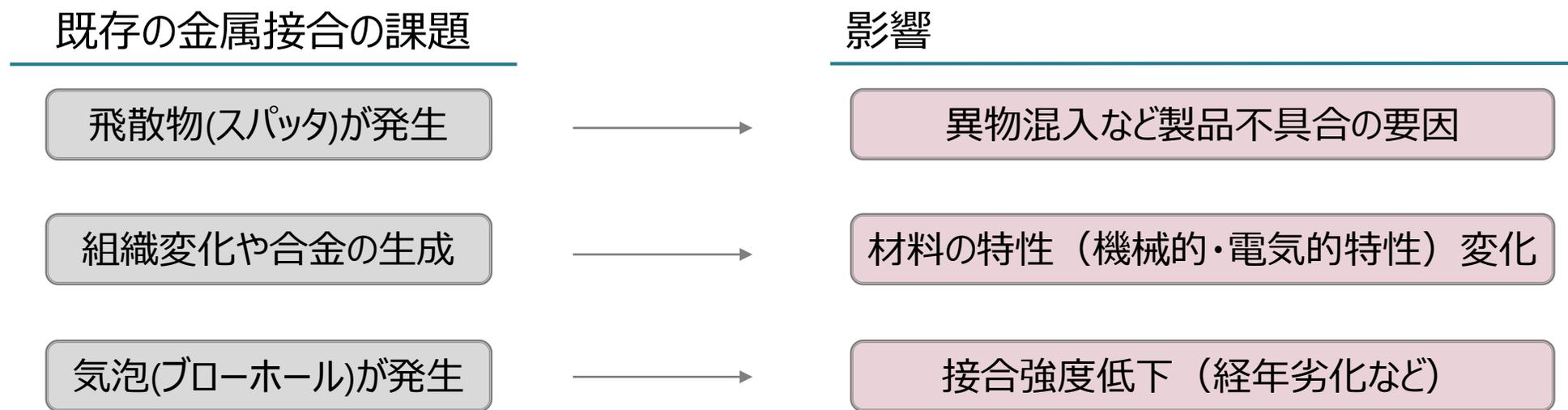
超音波複合振動接合

Ultrasonic Complex Vibration Welding

社名	株式会社LINK-US（リンクアス）
設立	2014年8月18日
資本金	7億7106万5650円
代表取締役	光行 潤
事業内容	超音波複合振動 による各種の同種および異種金属材料の接合装置の設計・製造
所在地	〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜2-3-4クレシエンドビル1F/5F
沿革及び主要な実績	2014年 超音波複合振動接合機の製造、販売を目的に設立 2015年 大手自動車部品メーカーへLINK-US初号機となる試作機を納品 2015年 資本金を2,517万5,000円に増資 2016年 大手バッテリーメーカーへ量産試作モデル実験機を納品 2017年 大手バッテリーメーカーへ量産機を納品 2017年 大手電機機器メーカーへパワーデバイス部品向けテスト機を納品 2018年 産業革新機構、他投資会社からの出資を受け、資本金を3億6,106万に増資 2018年 大手バッテリーメーカー国内工場、海外工場で量産スタート 2019年 車載部品メーカーへ量産機を納品 2019年 大手バッテリーメーカーへ実験機を納品

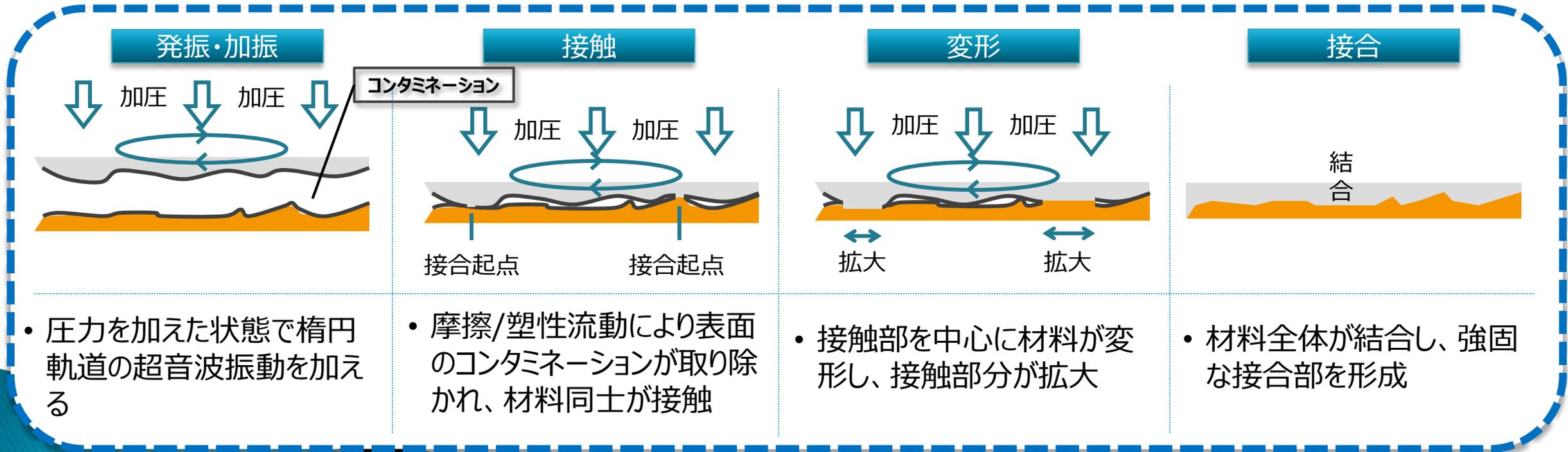
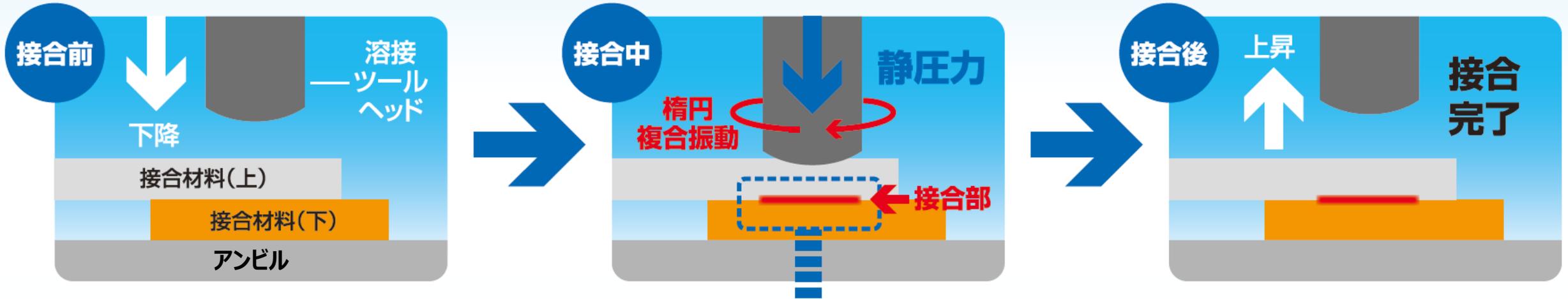
超音波金属接合の特徴

超音波金属接合技術は既存の金属接合における課題の解決に貢献する革新的な技術です。



超音波金属接合技術は
上記の技術課題の解消に貢献する革新的な技術

接合方法



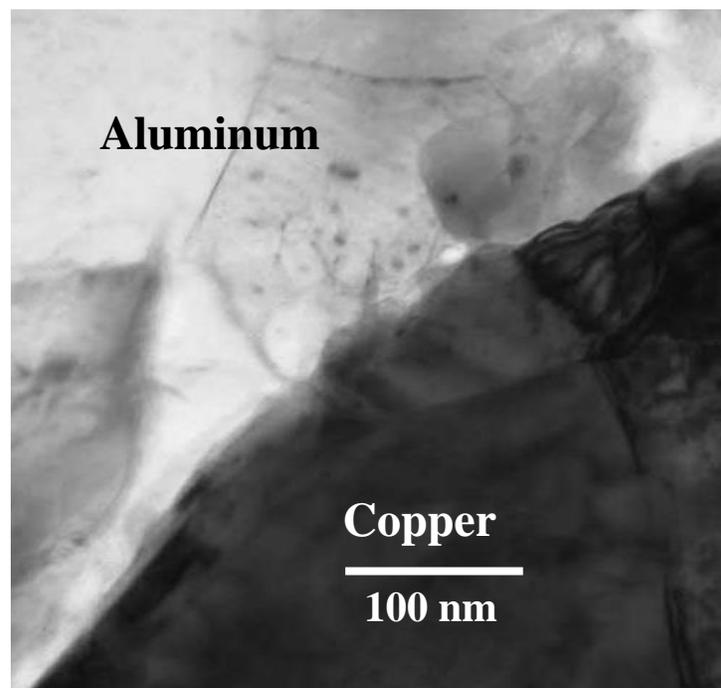
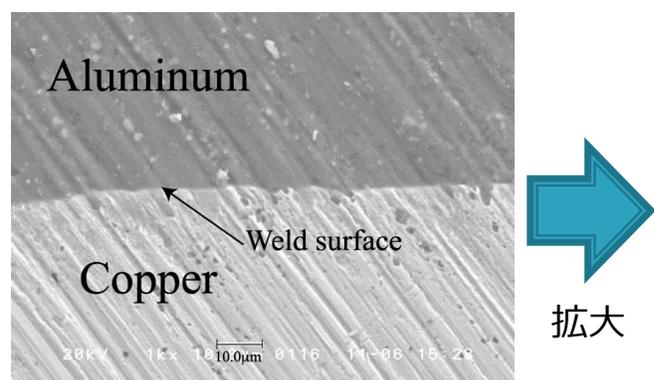
- 金属表層の酸化層（コンタミネーション）を排斥し、新生面を露出させる。
- 接合界面の温度が融点の※ $1/3$ 以上になると原子間結合が活発になる。
- 更に原子レベルまで新生面同士が近づく事により、原子間結合が始まる。

※融点の低い金属の $1/3$ 以上

（例）アルミ（約 660°C ）と銅（約 1080°C ）の接合の場合 必要界面温度は約 220°C

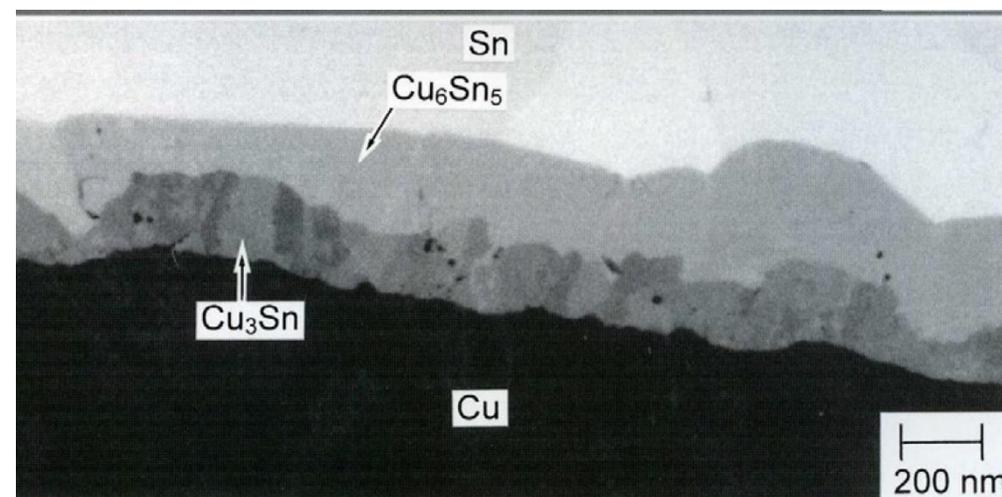
接合結果

超音波複合振動により溶接された試料の断面の観察結果から、溶接界面に溶融部が生成されず、金属間化合物および拡散組織も存在しない。
原子間結合により金属の組織変化も無く、機械的及び電気的特性が変化しない。



超音波溶接部断面 (Al+Cu)

*接合試料断面のTEMによる写真

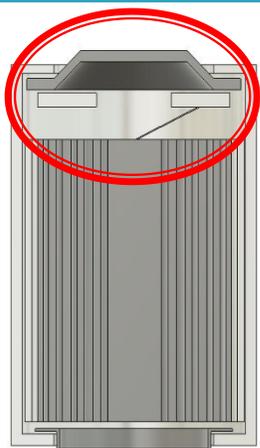


他工法の溶接部断面 (Cu+Sn)

一般的な溶接は上図のように溶接時に合金層が生成される為、機械的・電気特性が変化する

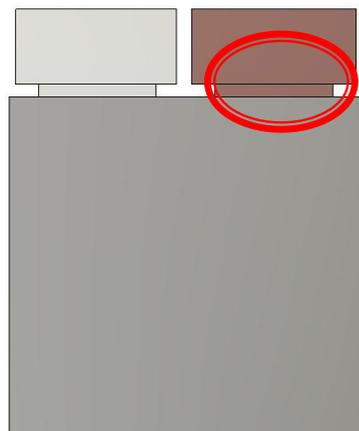
超音波金属接合の用途例

円筒型リチウムイオン電池



集電箔+タブ

ラミネート型リチウムイオン電池



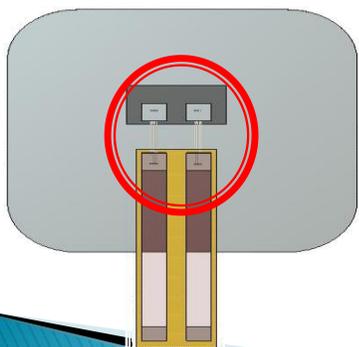
集電箔+タブ

組電池



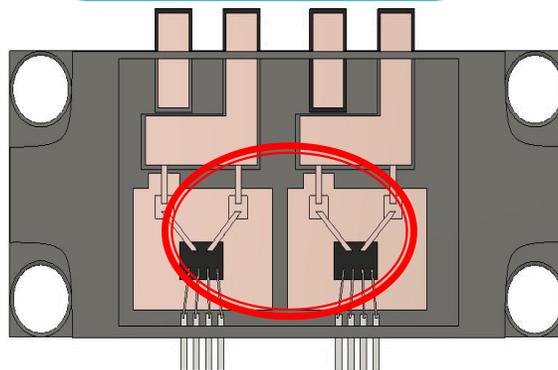
組電池+バスバー

フレキシブルプリント基板



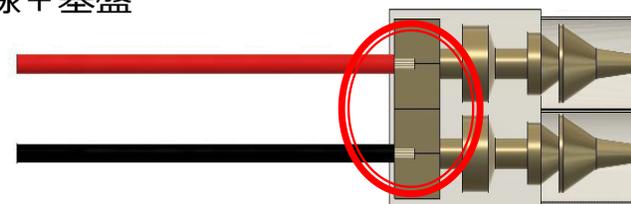
銅線+基盤

パワーデバイス



銅線+基盤

コネクター



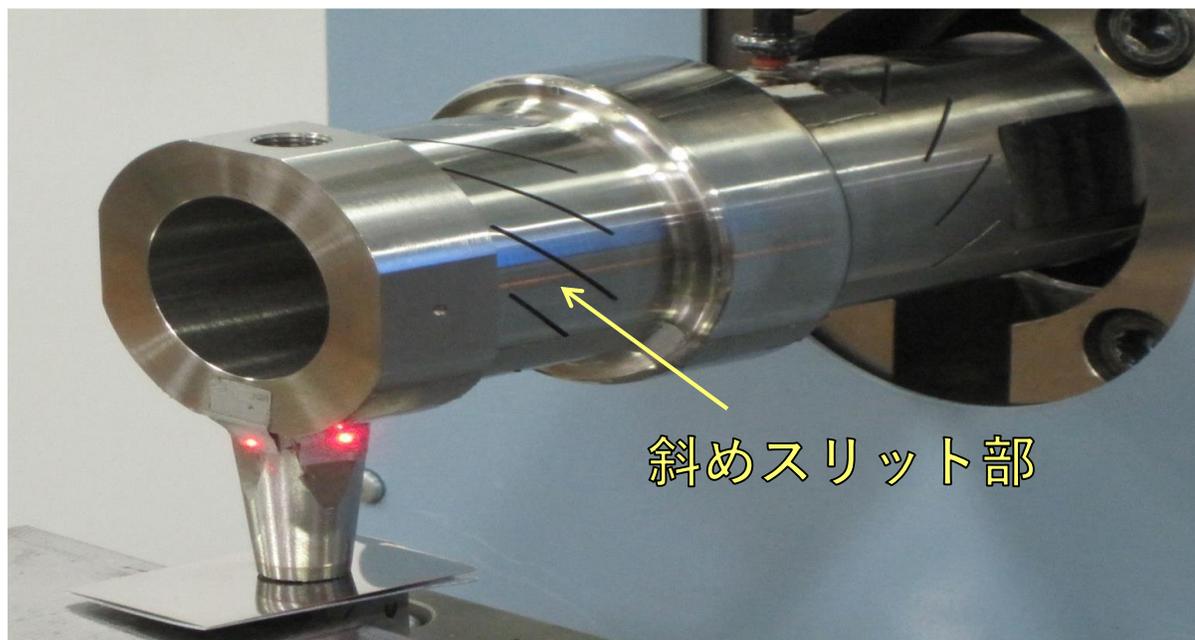
銅線+基盤

Etc.....

超音波複合振動とは？

世界唯一

当社特許技術の複合振動とは直線振動にねじり振動を加え円形または楕円形の振動を発生させる技術。複合振動により、従来の直線振動と比較し、小エネルギーで全方向に強い接合が可能。小エネルギーの為、材料へのダメージも低減できます。

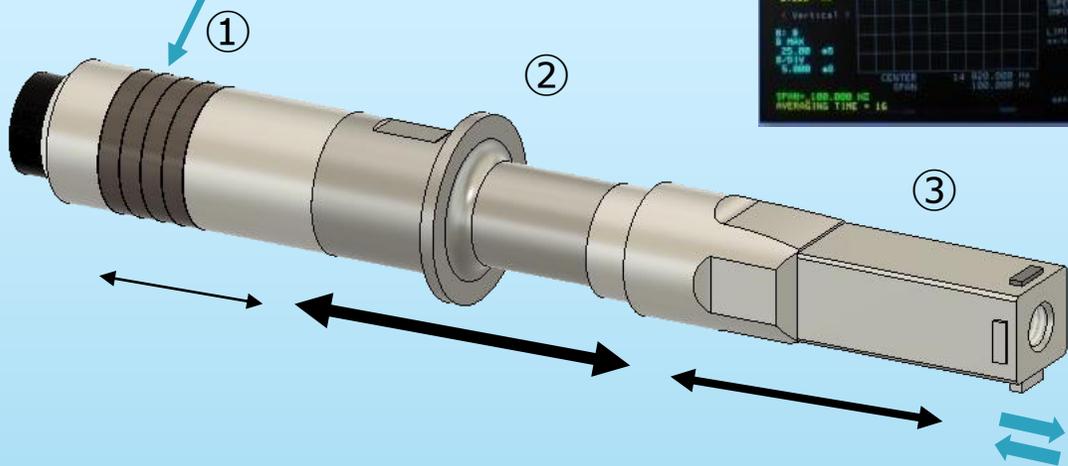


レーザドップラ計2台を使用し測定した振動軌跡

複合振動発生仕組み及び直線振動と複合振動の違い

圧電素子に電圧を加えると機械的歪みが生じる（逆圧電効果）

直線振動系の構成図



①超音波縦振動子

②振動速度変成ホーン

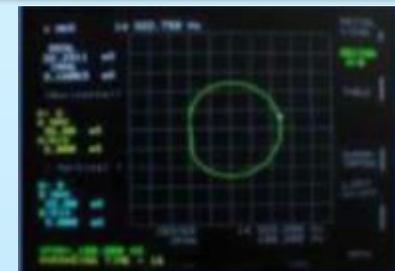
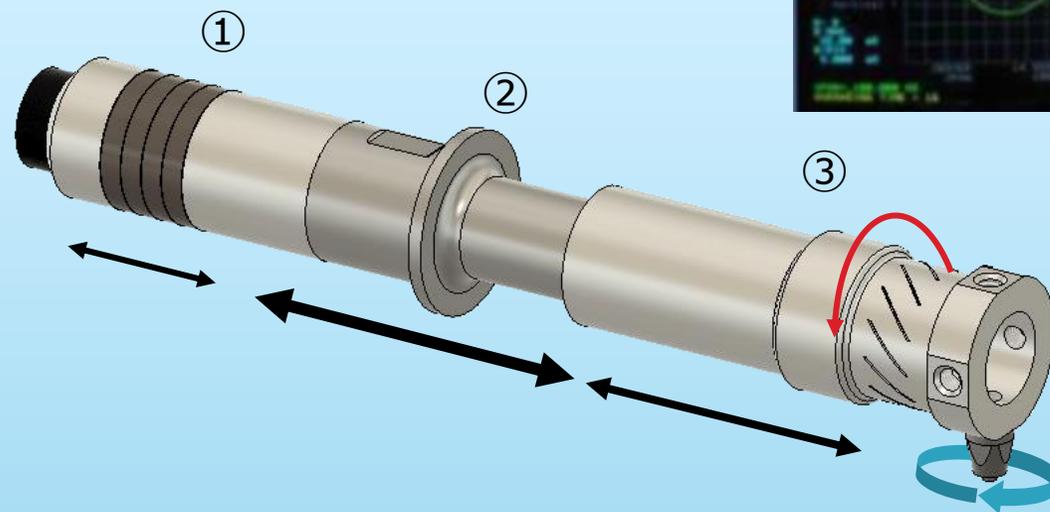
③直線振動溶接チップ

超音波振動 発生部

振動増幅部

溶接部

複合振動系の構成図



①超音波縦振動子

②振動速度変成ホーン

③斜めスリット複合振動変換器

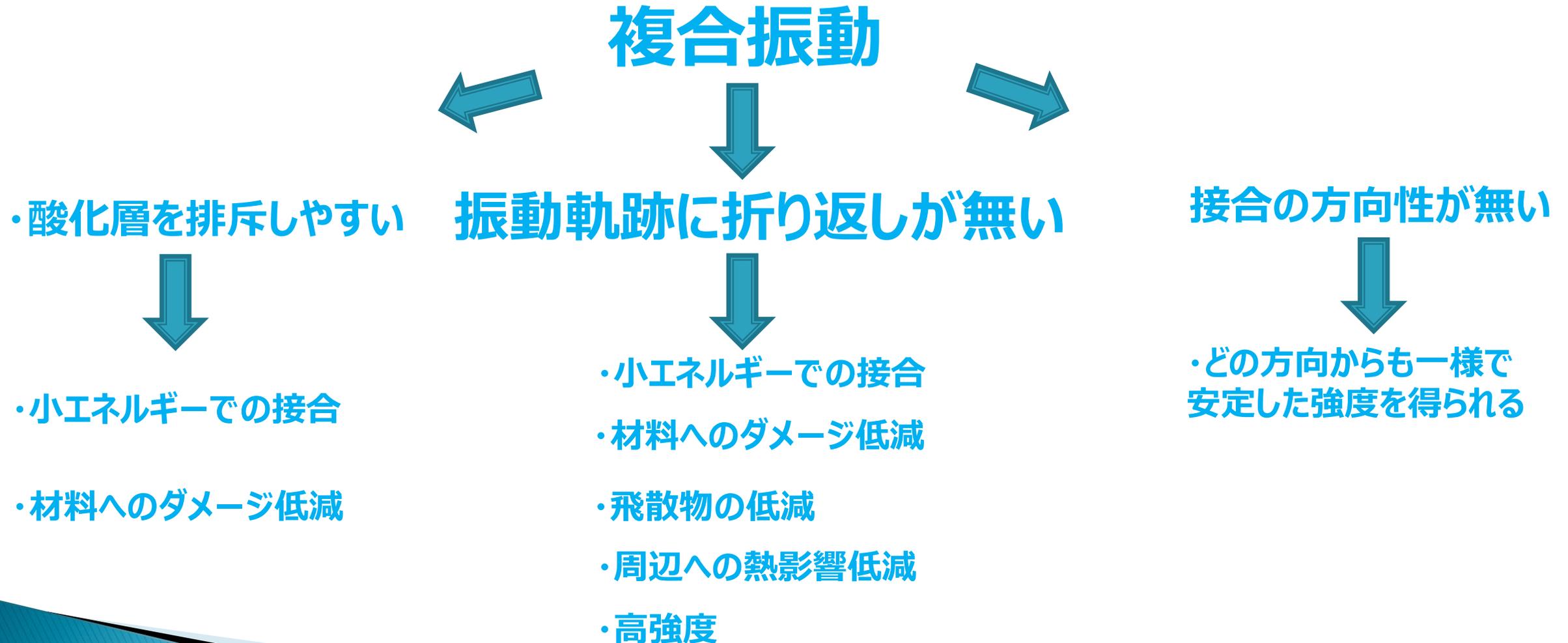
超音波振動 発生部

振動増幅部

複合振動発生部

複合振動のメリット

従来の直線振動と比較し、複合振動では直線振動 + ねじり振動により様々なメリットがあります。



小エネルギーでの接合

接合時に必要なエネルギーの比較を行う為、溶接強度を同程度とした場合のテストを実施。

試験材料：上側材料 アルミ材 (A1050) 100mm×30mm t=1mm
下側材料 アルミ材 (A1050) 100mm×30mm t=1mm

■ 直線振動式超音波溶接機

周波数 : 20 kHz

Amp : 90%

発振時間 : 0.3sec.

溶接強度 : **1740.0N**

必要エネルギー : 712.9J

■ 弊社複合振動式超音波溶接機

周波数 : 20 kHz

Amp : 80%

発振時間 : 0.2sec.

溶接強度 : **1713.4N**

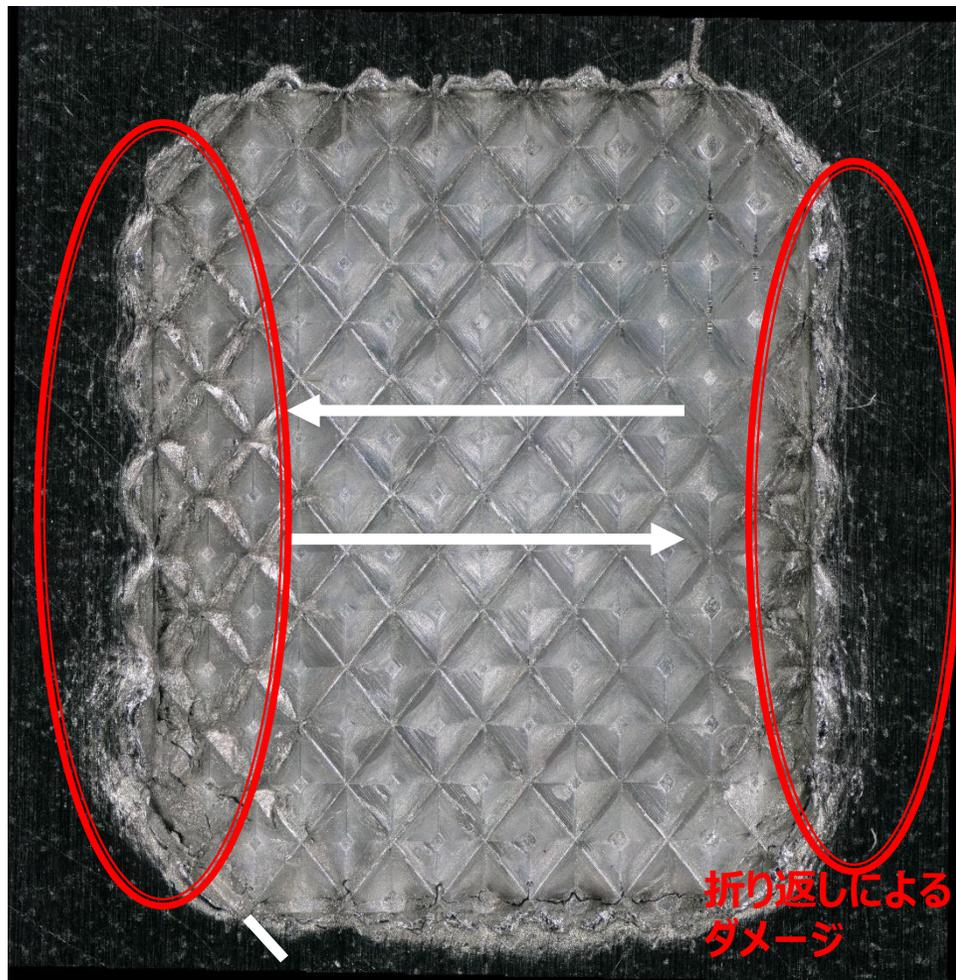
必要エネルギー : 264.2J



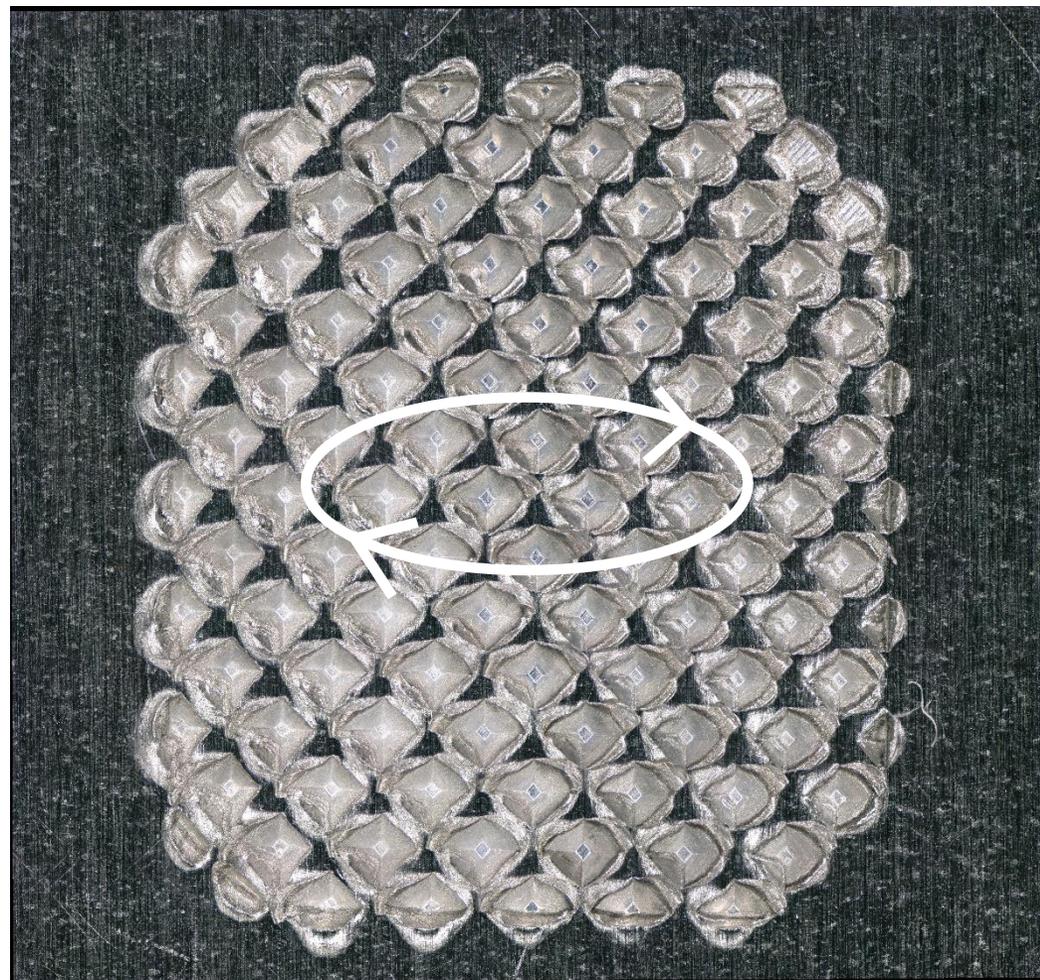
直線振動と比較して、1/2以下の
エネルギーで接合が可能

直線振動と複合振動による接合痕比較

直線振動



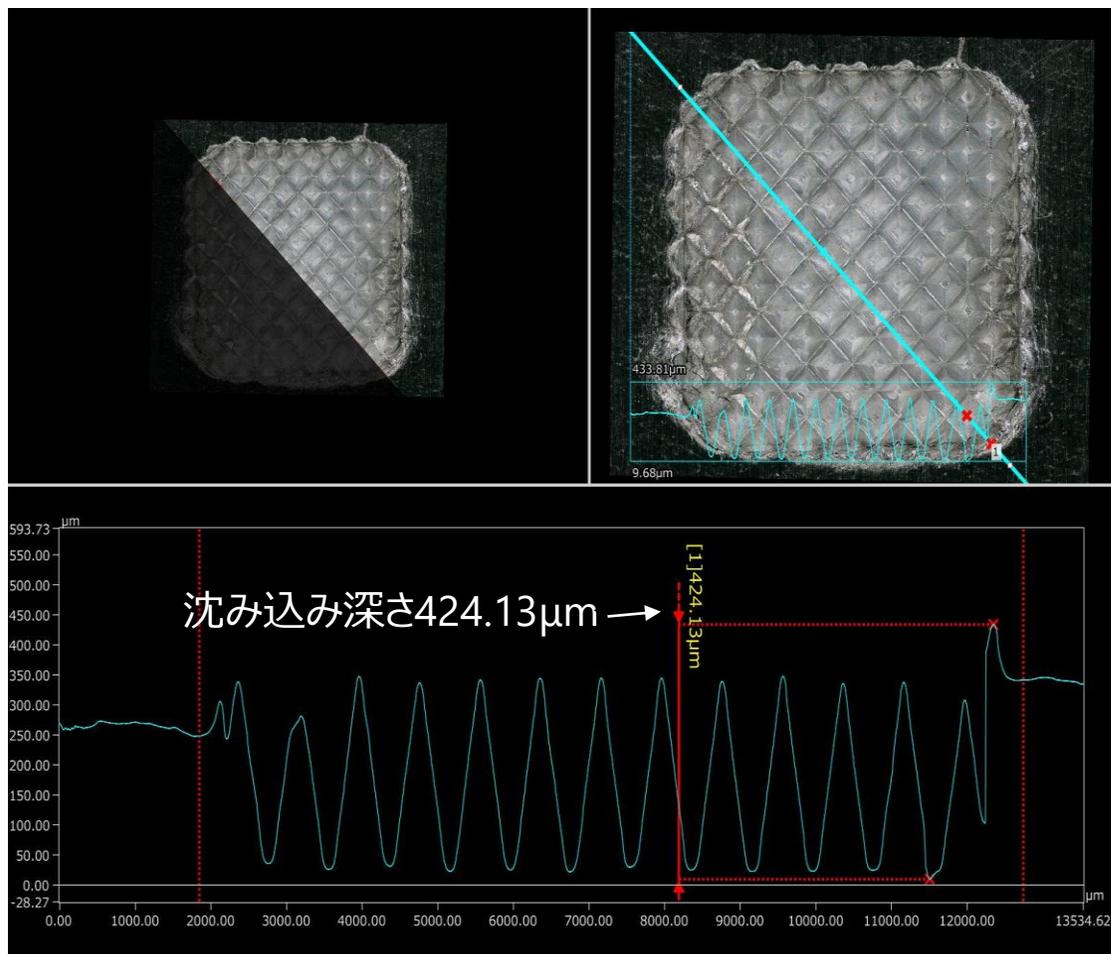
複合振動



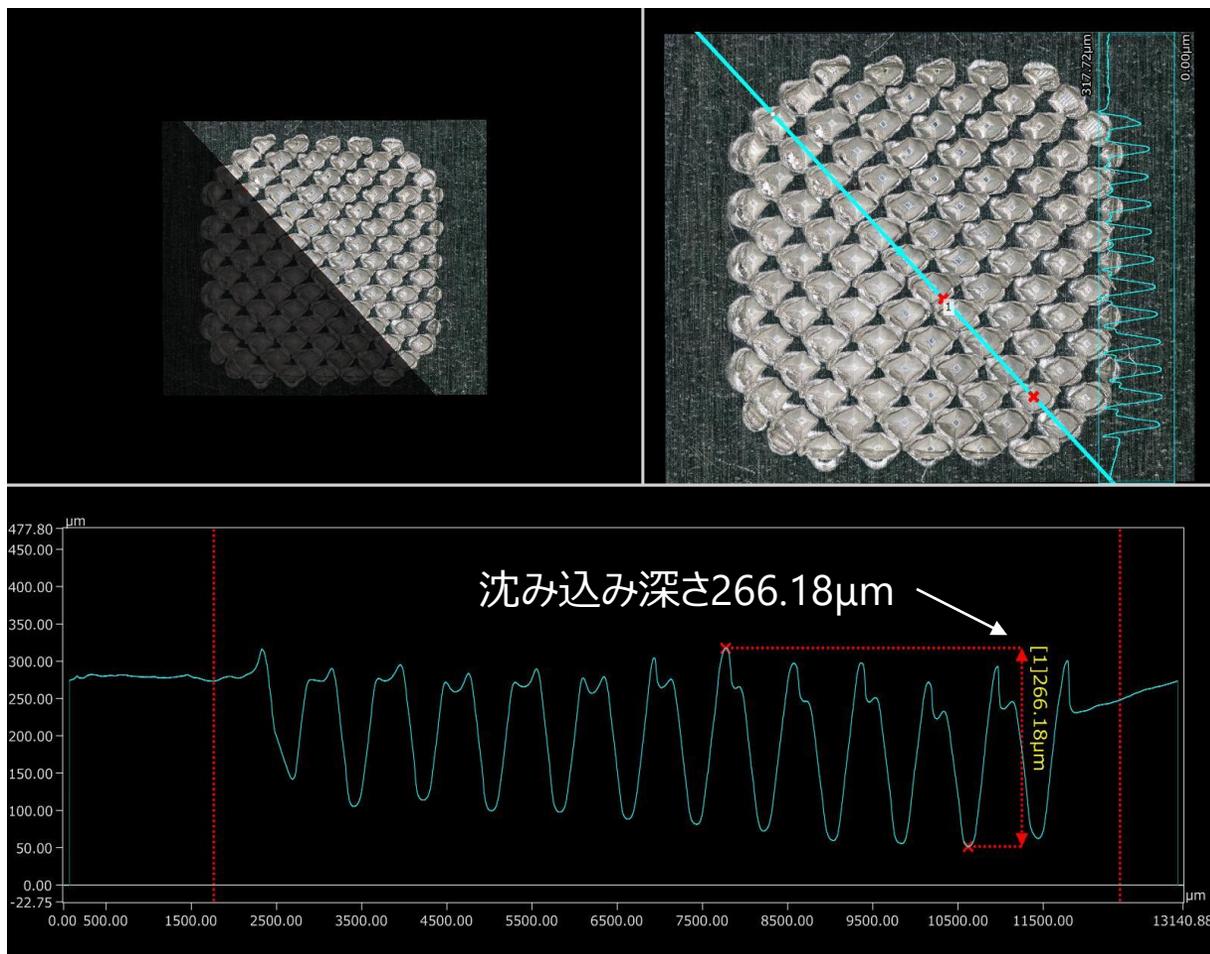
複合振動では折り返しによるダメージが見受けられない。

直線振動と複合振動による接合痕比較

直線振動



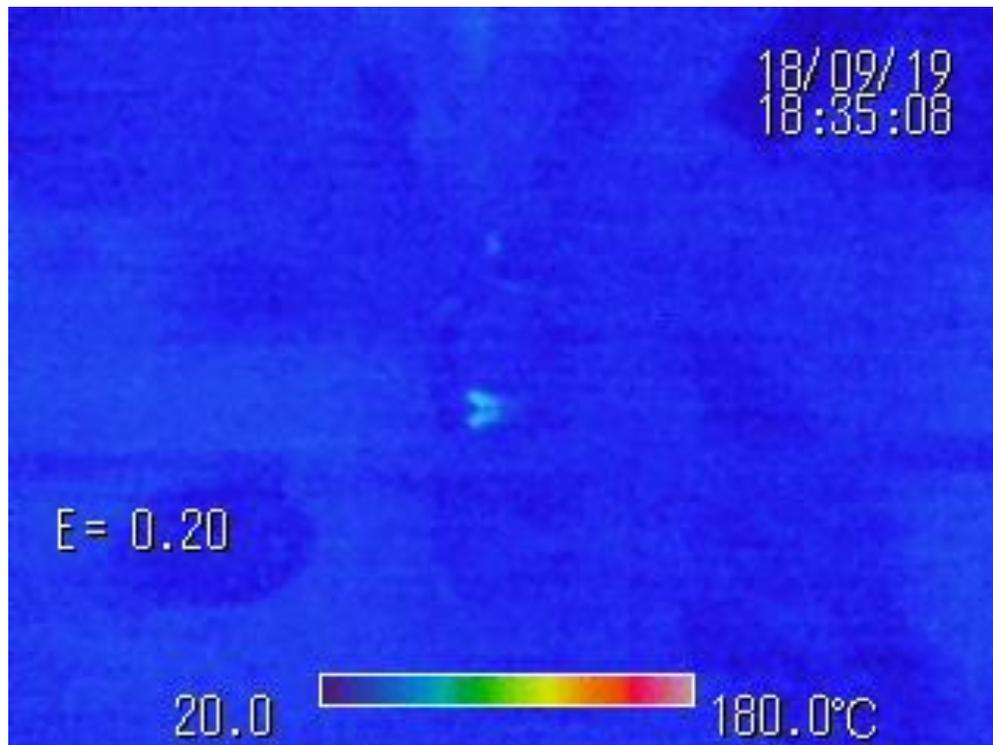
複合振動



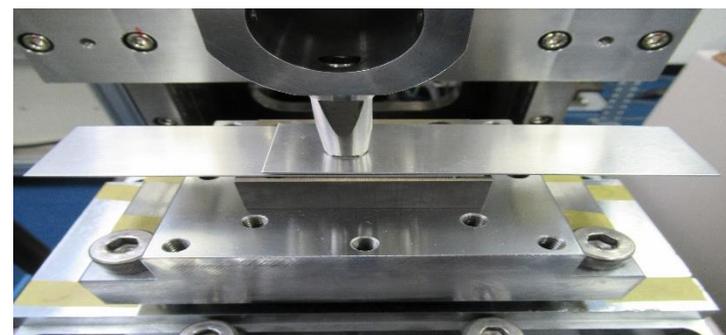
直線振動と比較し、沈み込み深さが
約60%

接合時の周辺温度比較①

直線振動



複合振動



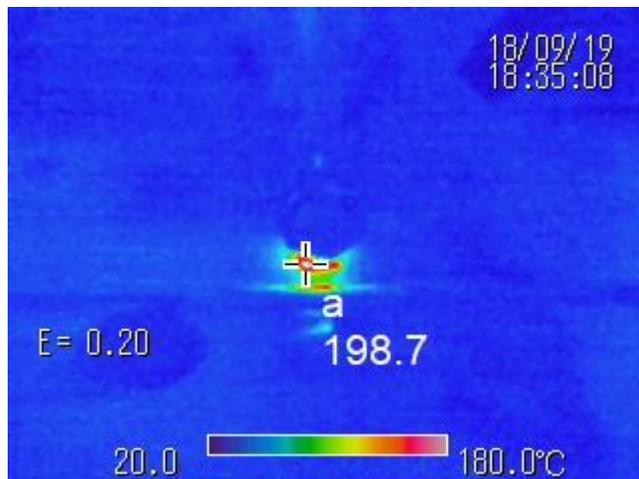
*サーモグラフィにより接合時の周辺温度を撮影。
(設定温度範囲0°C~200°C)

上側材料 アルミ材 (A1050) 100mm×30mm t=1mm

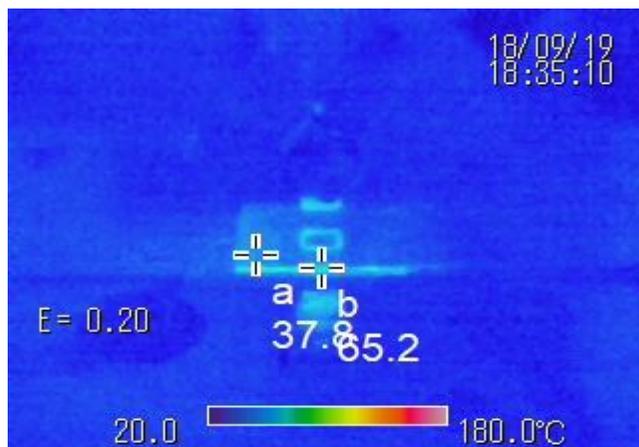
下側材料 アルミ材 (A1050) 100mm×30mm t=1mm

接合時の周辺温度比較②

直線振動

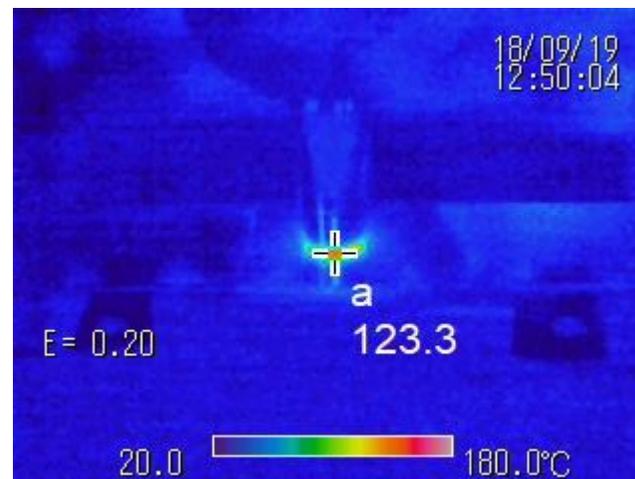


a)最大到達温度：198.7°C
* 発振開始から0.4sec後に到達



a)接合終了後周辺温度：37.8°C
b)接合後ワーク側面温度：65.2°C

複合振動



a)最大到達温度：123.3°C
* 発振開始から0.4sec後に到達



a)接合終了後周辺温度：19.9°C
b)接合後ワーク側面温度：33.7°C



直線振動と比較して、接合時の周辺温度影響が少ない

溶接界面による温度上昇比較

右図は同じ静圧力で、直線振動および複合振動による直径0.1mmアルミニウム細線・銅板試料の溶接面の温度上昇の変化の測定結果。

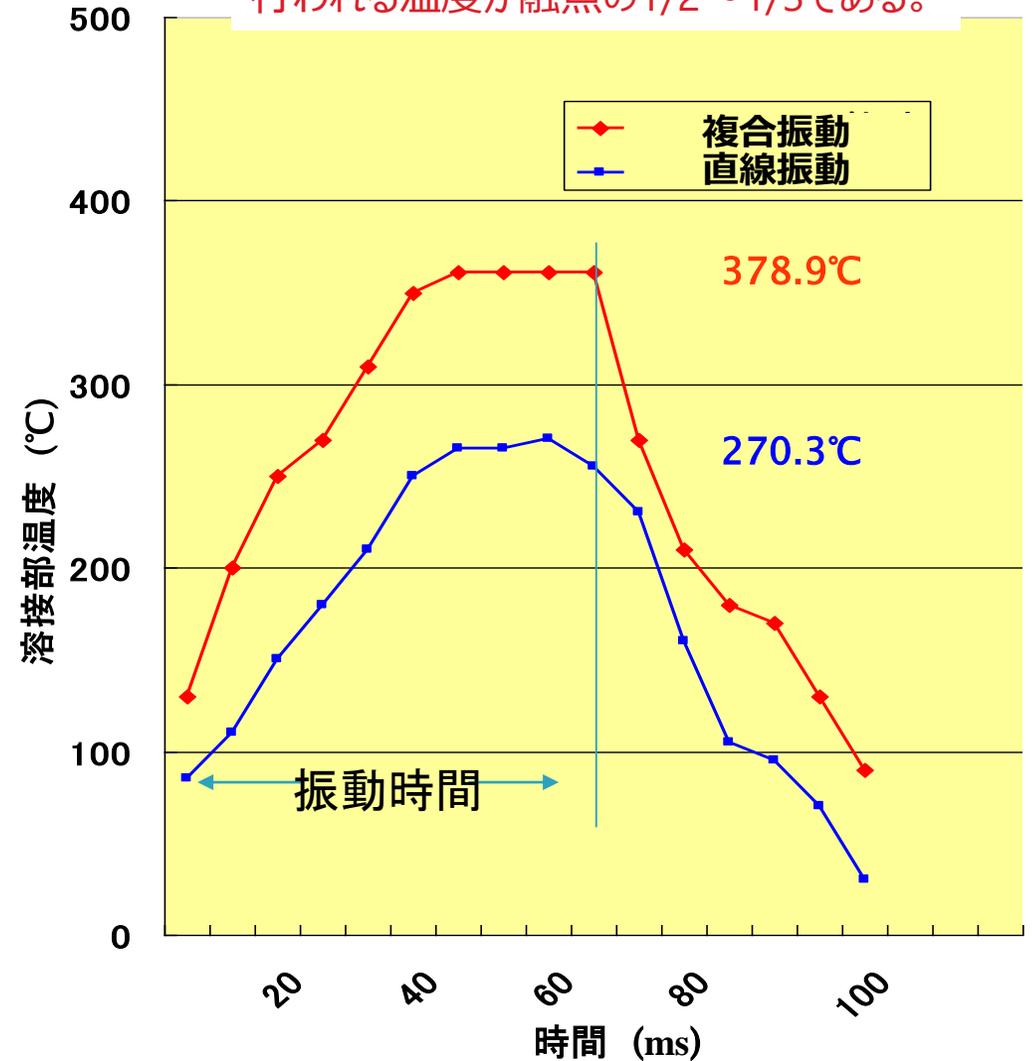
(熱起電力により測定)

複合振動による溶接面での温度上昇に関して、直線振動と比較して溶接面の温度上昇速度が大で短時間で高温になる

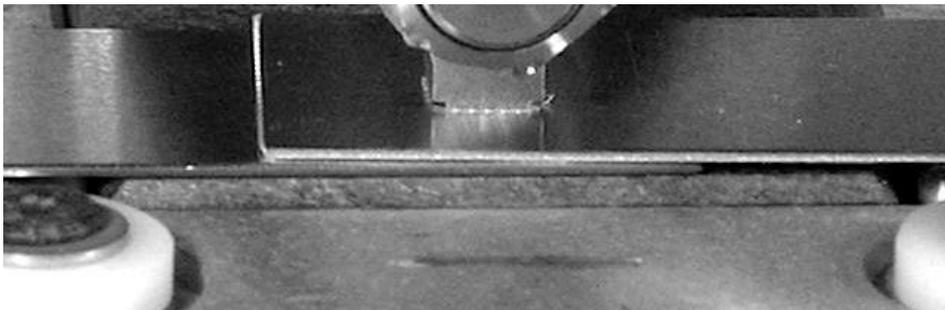
※超音波溶接がより短時間で可能である。

右図では温度上昇速度が約2倍で最大温度が1.4倍である

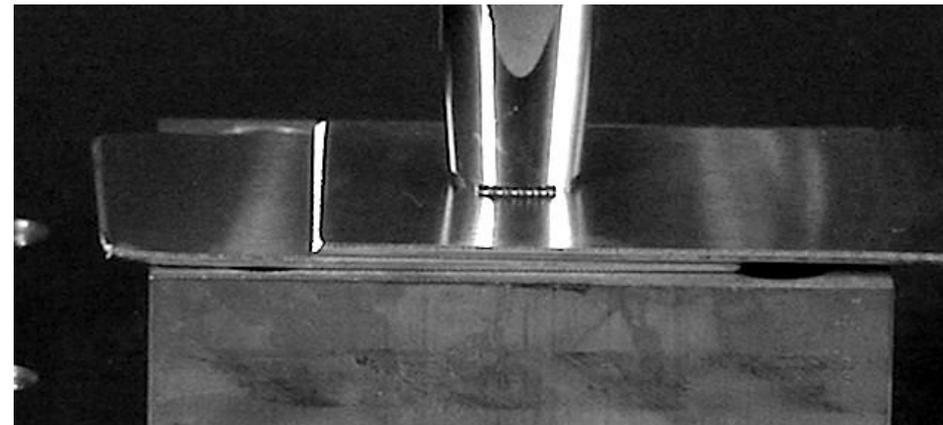
原子の活動が活発になり原子間結合が行われる温度が融点の1/2~1/3である。



直線振動（ローレット）



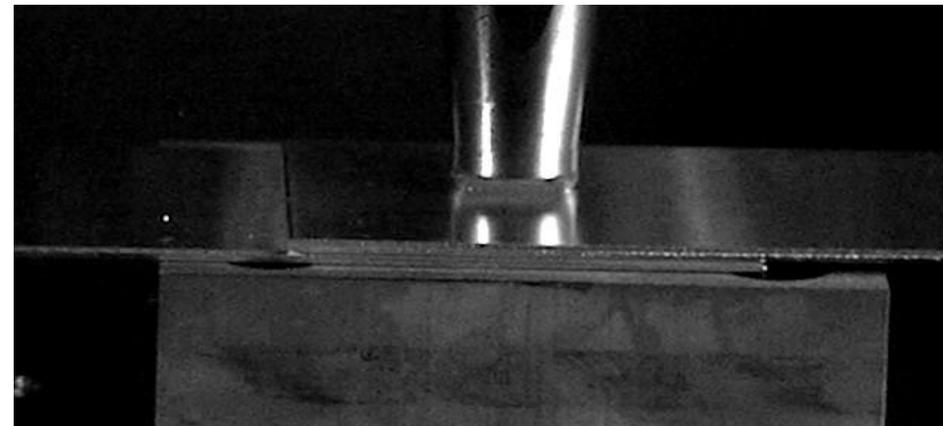
複合振動（ローレット）



直線と複合による比較結果

- 飛散物の量⇒複合振動は飛散物が少ない。
- 接合部バリ⇒複合振動は極端なバリの形成が見られない。

複合振動（ディンプル）

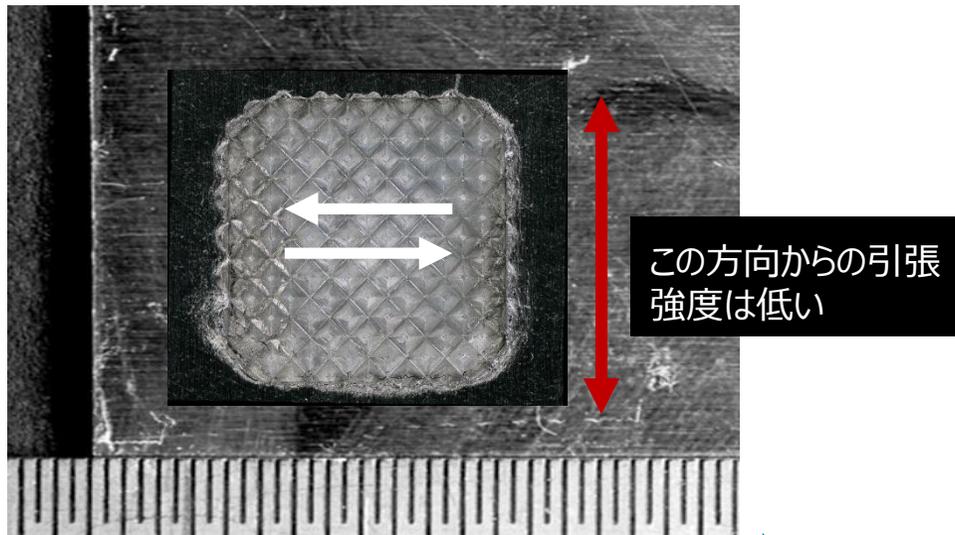


溶接強度の方向性

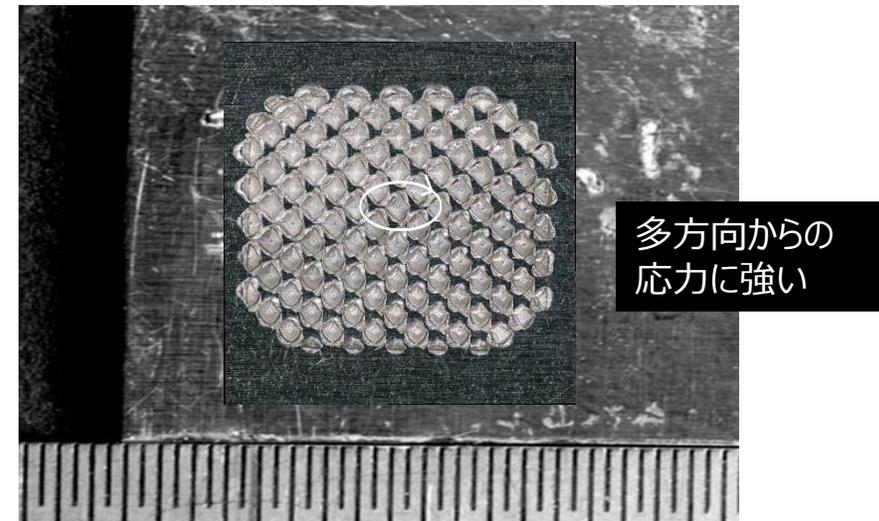
溶接チップの振動軌跡 (複合振動応力の印加)

- ・同一周波数の直線振動 溶接チップの振動軌跡を従来の直線状から円形、楕円状の複合振動とする。
- ・異なる周波数の直交振動を組み合わせることで矩形、正方形の複合振動とする。

直線振動による溶接部



複合振動による溶接部



溶接の方向性が無くなり一様で安定した強度を得られる



20kHz 超音波複合振動溶接機

LT2000-CT1

● 装置寸法・重量(受注生産により要求仕様、オプションにより変動致します。)

駆動部	約W 365 x D 686 x H 1138 mm	約160kg
制御盤	約W 800 x D 400 x H 750 mm	約100kg (アジャスター含まず)
発振器	約W 370 x D 450 x H 205 mm	約20kg

● 電源/電力

発振器電源	単相AC200V50/60Hz	所要電力 2.5kVA以下
駆動電源	三相AC200V50/60Hz	所要電力 14kVA以下

● 設定・記録

溶接時間	溶接時間の設定0.001~9.999(s) ※2 ※4
静加圧力	溶接部に印加する静加圧力の設定・表示・記録1~2000(N) ※2 ※3
溶接時パワー	溶接時パワーの表示・記録とピークパワーの設定1~2000(W) ※2 ※4
エネルギー	溶接時エネルギーの算出・記録・設定0.01~99.99(J) ※2 ※4
沈込量	溶接部試料変形(沈込量)の表示・記録・設定1~5000(μm) ※2 ※3 溶接時試料変形(沈込量)による発振停止0.001~9.999(s) ※2 ※4
プレバースト	下降中発振時の出力電流比・時間の設定 ※2
プレショット	溶接前予備発振時出力電流比・時間・静加圧力の設定 ※2
アフターバースト	溶接後発振時の出力電流比・時間の設定 ※2
可変設定	溶接中出力電流比・静加圧力の可変機能(5段階) ※2 ※3 ※4
プロセス設定	駆動と発振の詳細なプロセス入力機能(10工程)
閾値設定	合否判定の上下限值設定(9項目)
レシピ設定	溶接条件設定等の登録機能(20種類)
グラフ	プロセスチャート 発振グラフ(6種類) 推移グラフ(6種類)
測定データ出力	CSV形式(エクセル互換)でのSDカード出力(15項目) イーサネットorUSB2.0によるデータ転送(要専用ソフト) 三菱電機ロギングデータ表示・分析ツール「GXLogViewer」対応(無償)

● 溶接仕様

周波数	20kHz(19.5kHz±5%)溶接面積 78.5mm ² ※1
制御系	ACサーボモーター(2kW)
加圧制御	ACサーボモーターによるトルク制御 設定範囲1~2000N ※2
運転モード	自動運転、手動運転、寸動運転、試運転(4種類)
対象ワーク	御社ご指定ワーク二次電池部品、精密電子部品等 ※1
ストローク	ホーン待機位置から最大沈込みまでの距離 約80mm(通常運転時) ※1

● オプション

実荷重検知	フォースセンサー追加
搬送装置取り合い	MELSECNET/Hユニット追加
安全機構	エリアセンサー・シグナルタワー・マグネットキャッチ (リミット付)追加
位置フィードバック	リニアエンコーダー追加

- ※1 御社ご指定ワークに特化した構成となります。
- ※2 制御装置で設定可能な数値であり、実際の動作仕様とは異なります。
- ※3 設定した静加圧力に達した時点で発振を開始し(フォーストリガー方式)設定した沈込量までトルク制御により静加圧力を維持します。
- ※4 時間・ピークパワー・エネルギー・沈込量の内、1条件に達した時に発振を停止します。

製品の仕様は予告なく変更される事がございます。予めご了承下さい。

先端チップ形状もオーダーメイド可能です。

40kHz機、20kHzハイパワー機(5000W)もリリース済み。