

ULTRASONIC WELDING TECHNOLOGY
超音波溶着技術

FUNDAMENTALS OF PLASTICS

プラスチック溶着の基礎

熱可塑性プラスチック材料の 超音波溶着技術

ハーマンは超音波溶着の分野において世界をリードしています。お客様にとってよきパートナーである為には、超音波溶着のアプリケーションにおいて的確なアドバイスをするコンサルタントである必要があります。この冊子には超音波溶着に関する基本情報だけでなく、実用的なアドバイスも掲載しています。

我々は最先端の製品を提供するだけでなく、経済的なメリットをも含めた詳細なアプリケーション・コンサルティングを提供し、プラスチック製品の溶着に関わる諸問題を解決します。この冊子に掲載されていないより具体的な内容については是非我々のアプリケーションエンジニアにご相談下さい。



超音波溶着の特徴はサイクルタイムが短く、かつ溶着の再現性が高いという点にあります。この特徴を活かして、自動車、医療、電子機器、パッケージ製品、衛生製品、フィルター製品などの大量生産の現場で使われています。

破壊強度、気密性、外観などの点において優れた超音波溶着を行う為には、適切な材料の選択と製品設計が不可欠です。

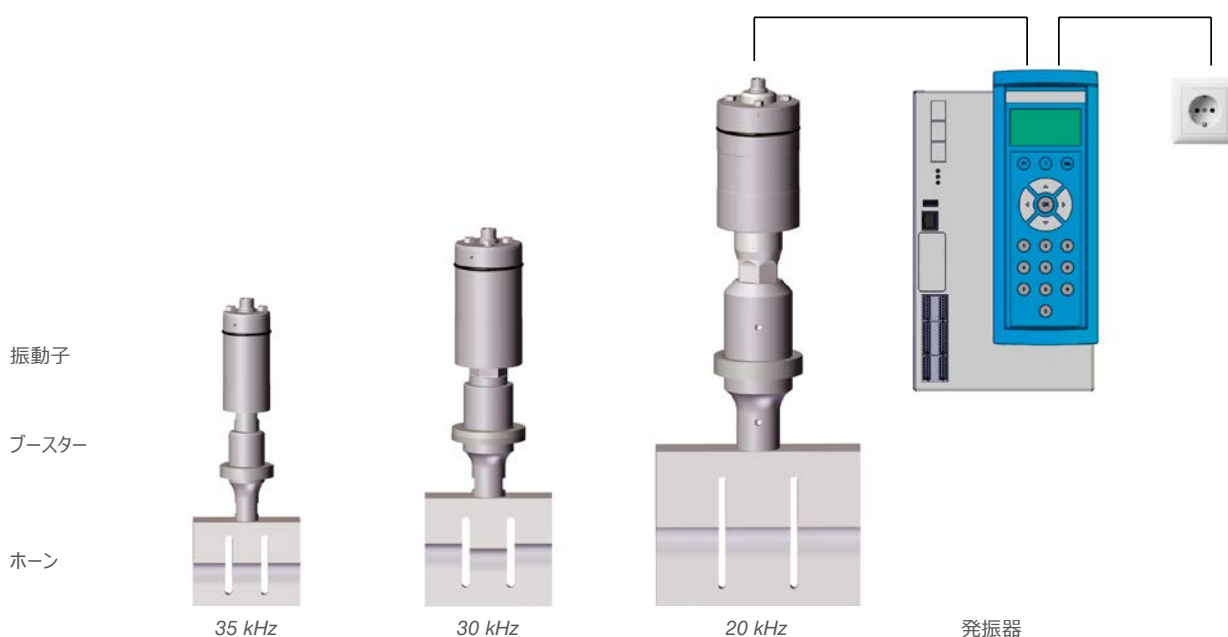
再現性の高い安定した溶着を行う為には、設計の段階から超音波溶着に適した形状を考慮しておく事が重要です。これにより初期の段階で、生産工程で想定される問題を回避する事が

できます。また、射出成形や押出成形の金型についても超音波溶着を想定した設計を行う事が重要です。生産工程に入った後で金型の修正を行うという事はコスト的にも時間的にも負荷が大きく、品質の低下につながるリスクが高くなります。超音波溶着に適した製品設計を行う為には、接合工程に関する知識だけでなく材料特性に関する知識も必要になります。

超音波振動の発生原理

超音波発振器は供給電圧を20kHz～35kHzの高周波電圧に変換し、振動子内における圧電効果により機械的な振動を生み出します。そしてホーンと呼ばれるツールが接合エリアに振動を伝搬します。例えば20kHzの超音波の場合、ホーンは1秒間に20,000回の振動を行うこととなります。その結果、溶着する2部品の接触面に摩擦熱が発生し、双方が溶けて溶着が

行われます。ツール自体は冷たいままでエネルギー消費量も極めて少ない為、溶着される製品にかかる熱応力も小さくなります。外部から熱を加える他の工法と異なり冷却の時間も不要となる為、次工程にすぐに展開する事ができます。この事が自動ラインへの導入を容易にしています。



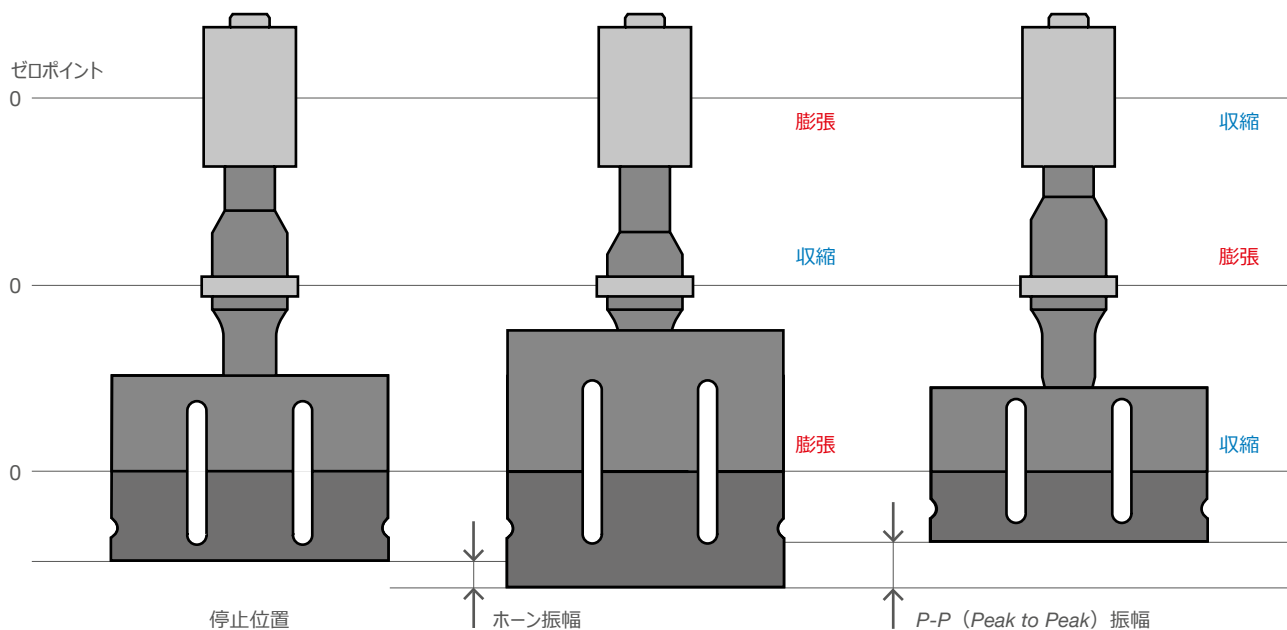
超音波溶着技術

数秒で接合を完結

手順

超音波溶着のプロセスの間には、一定の振幅と荷重のもと、超音波領域の周波数の機械的振動が樹脂材料に伝搬されます。樹脂と樹脂の境界面には摩擦熱が発生し、樹脂の振動減衰係数が増加します。そして樹脂はエネルギーダイレクト（8ページ参照）の部分から溶け始めます。流動化した樹脂においては振動の減衰率が大きくなる為、振動エネルギーの大部分が熱に交換されます。この一連の現象は加速度的に進行します。超音波振動を停止させた後は可塑化された樹脂を均一に凝固させるために、一定の荷重のもとで短時間のホールドを行います。接合された部品はすぐに次の工程に展開させる事ができます。

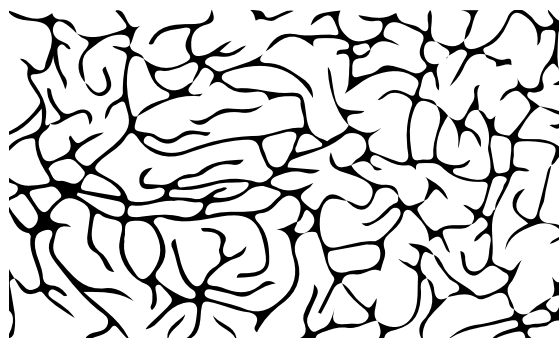
超音波溶着機において核となるのはスタックです。スタックは振動子、ブースター、ホーンで構成されます。スタックは超音波領域の周波数で膨張と収縮を繰り返し、縦波を発生させます。ホーンの停止位置からピーク位置までの距離は振幅と呼ばれ、超音波溶着機における振幅はおおむね5～50μmです。（人間の髪の毛の直径は約100μmです）この振動は目には見えませんが、ホーンに手で触れると感じる事ができます。



プラスチックの材料適正 溶着に影響のある特性

エネルギーの伝搬

PCやABSといった硬い非結晶性の樹脂は、超音波の振動エネルギーを伝搬させるという点において理想的な特性を有しています。これらの樹脂においては接合部までの距離が長くても振動エネルギーを効率的に伝搬します。一方、PAやPOMといった半結晶性の樹脂は、音響減衰係数が高く伝搬中に振動が大きく減衰します。これらの樹脂においてはホーンの接触面と接合部までの距離が短い時にのみ溶着を行う事ができます。



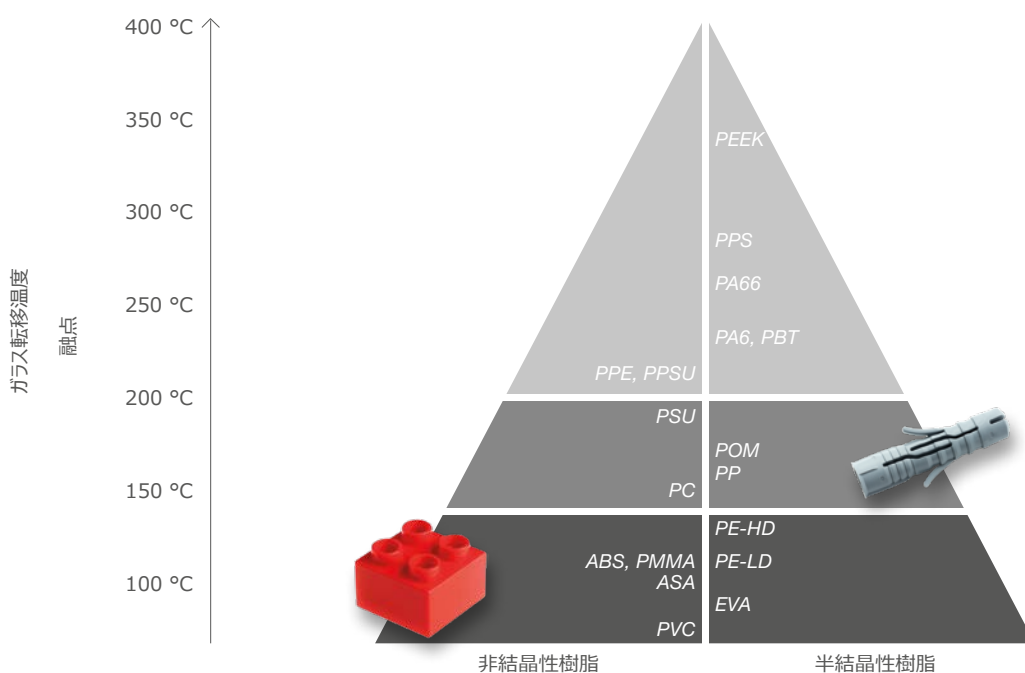
非結晶性樹脂

材料の適性

非結晶性の樹脂と半結晶性の樹脂とでは、溶着に必要なエネルギー量が異なります。非結晶性の熱可塑性の樹脂には明確な融点がなく、少ないエネルギー量で溶着する事ができます。接合部において効率よく発熱するのでスムーズに溶融します。一方、半結晶性の樹脂は一般的に大きなエネルギーと出力を必要とします。半結晶性樹脂であるPA（ナイロン）では、その水分含有量が溶着結果に変化をもたらします。水分含有量が大きくなると振動減衰率が大きくなり、溶着の適性が低下します。半結晶性樹脂においてはガラス繊維質を添加する事で溶着の適性がアップします。



半結晶性樹脂



高精度な溶着パラメータと 高い再現性

パラメータ

超音波溶着においては設定可能なパラメータの範囲が広い事と、正確な調整ができる事が重要になります。精度の高いパラメータ設定を行う事は以下の結果に繋がります。

- 優れた溶着を行う為に不可欠な最適な溶着速度
- 再現性の高い安定した高品質の溶着

重要な溶着パラメータ：

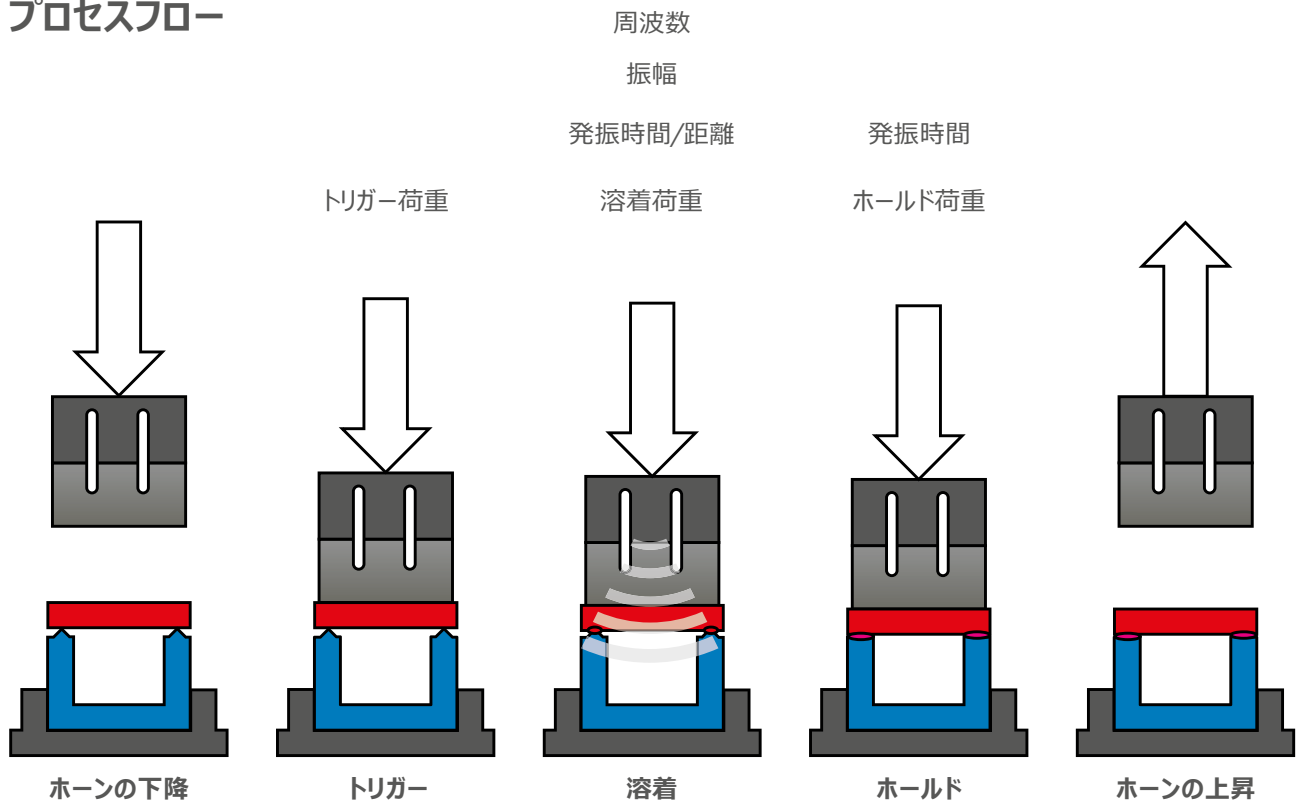
- 周波数
- 振幅
- 溶着荷重
- トリガー荷重
- 発振停止のモード選択（例：溶着距離、発振時間）

溶着の過程は詳細にグラフ表示されます。そして偏差も可視化する事で溶着プロセスの最適化を図る事ができます。溶着速度を示すカーブは詳細設定の指標となります。



DIALOGタッチパネルにおける溶着パラメータの設定

プロセスフロー

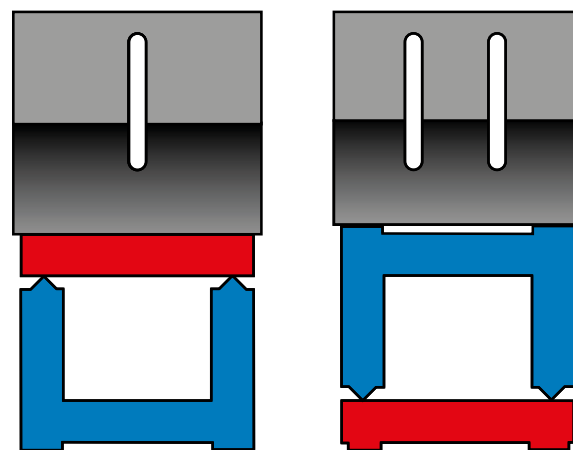


最適な設定

ひとつの動きで多彩な接合方法

ホーン

溶着ツール（ホーン）は溶着する製品との接触面においてぴったりとフィットしている必要があります。また、効率的に振動できる状態である事も重要です。これらの条件を満たすには高度な専門知識が必要となります。超音波振動が減衰してしまわないよう、ホーンの接触面は出来る限りエネルギーダイレクトに近くなるようにします。

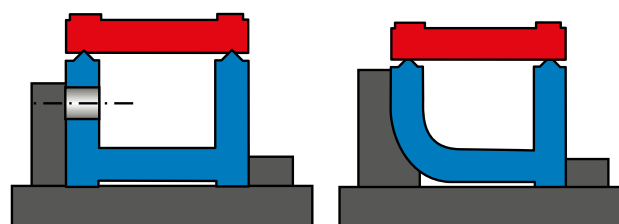


近い場合

遠い場合

冶具

冶具はホーンと同じくとても重要な部品です。溶着の間荷重に耐えるだけの剛性があり、溶着される製品を正しい位置にキープする必要があります。適切な材料を選択する事で機能的にも視覚的にも優れた溶着を行う事が可能となります。荷重が加わった際に溶着される製品が変形せず、振幅を効率的に接合部に伝える為には、接合部付近をしっかりと支えておく必要があります。接合される方向に対しては製品がスムーズに動く事も重要です。



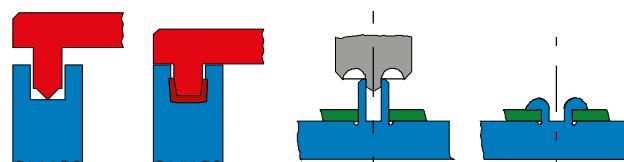
冶具の例 1

冶具の例 2

接合のバリエーション

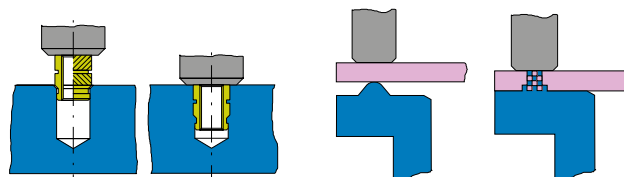
それぞれの目的に応じた4種類の接合方法

- エネルギーダイレクトを使った2つのプラスチック成形部品の溶着
- 熱可塑性のプラスチックを用いた異材質の部品のカシメ
- プラスチック成形部品へのインサート
- 不織布材料などに溶かした樹脂をからませる含浸



溶着

成形/カシメ



インサート

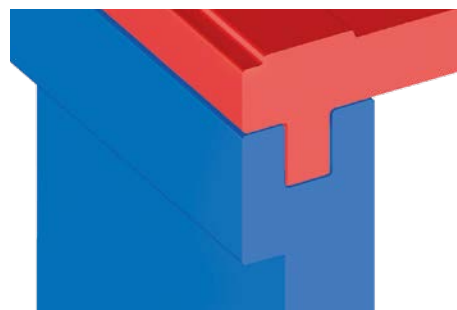
含浸

理想的な溶融の開始 製品設計の重要性

エネルギーダイレクタ

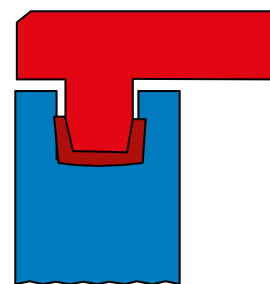
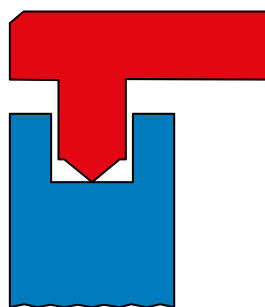
射出成形によって製作する部品の接合部には、点やエッジで接触させるための突起を設けておきます。これをエネルギーダイレクタと呼びます。超音波振動は成形部品を伝搬してこのエネルギーダイレクタに集中し、ここから溶融が始まります。二部品を点やエッジで接触させる事で面接触を防ぎ、必要最小限のエネルギーで溶融を開始させる事ができます。

再現性の高い安定した溶着を行う為にはこのジョイントデザインがとても重要です。ジョイントデザインにはいくつかの種類があります。成形部品のデザイン（壁の厚さ）や樹脂材料（非結晶性、半結晶性）といった違いから要求スペック（破壊強度、気密性、外観）の違いによって最適なジョイントデザインを選択します。



バリ溜り

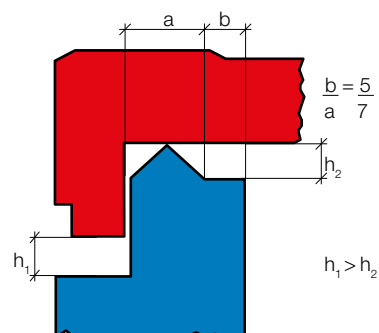
適切なバリ溜りがデザインされていると、高気密でバリの出ない溶着を行う事ができます。溶けた樹脂が均一にまわり込む事で高い溶着強度も期待できます。非結晶性の樹脂では溶融した樹脂の粘性が高いことからバリ溜りがなくても安定した溶着を行う事ができます。射出成形の制約上、両側にバリ溜りを設ける事が難しい場合には、片側だけでも設けた方が良い結果を期待できます。



ジョイントデザインの種類 要求スペックに応じて選択

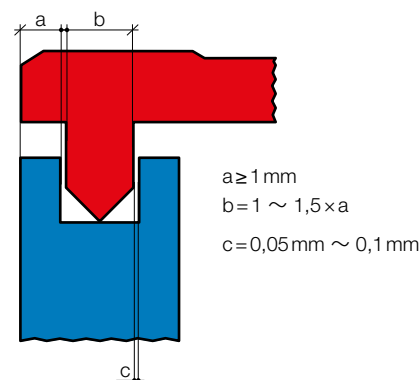
ステップジョイント

このタイプのジョイントデザインは比較的容易に射出成形機で製作することができます。非結晶性樹脂で採用すると外観、破壊強度、気密性の点において優れた溶着を行う事ができます。ステップジョイントにはパーツを自動的にセンタリングするという機能があるほか、せん断応力や引張応力を吸収するというメリットがあります。



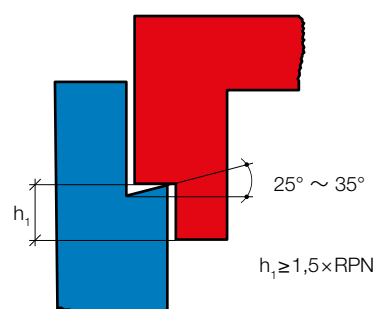
タング&グループジョイント

最も大きな破壊強度を得られるのがタング&グループジョイントです。二部品の隙間を小さくする事で毛細管効果を生み、接合部全体で溶着を行う事ができます。このジョイントデザインにおいては比較的厚い壁が必要ですが、様々な要求スペックを満たす事ができる基本的かつ推奨されるジョイントデザインです。



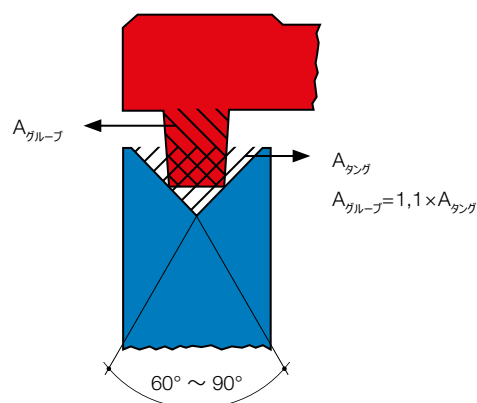
マッシュジョイント

薄い壁の半結晶性樹脂の溶着に適している事が実証されているジョイントデザインです。溶着距離を長くする事で高い気密性と破壊強度を得る事ができます。



ダブルVジョイント

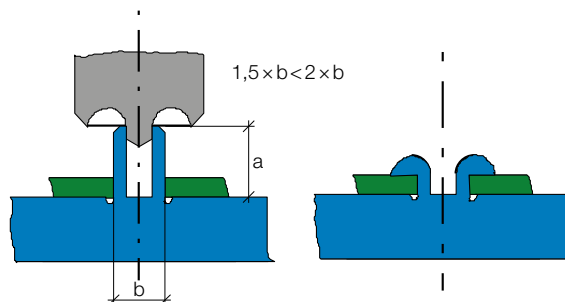
このジョイントデザインは壁の厚さが1.5mm未満の時に適しています。パーツを自動的にセンタリングして正しい位置で溶着する事ができるため、高い破壊強度を期待できます。比較的高い射出成形の技術が必要となります。



超音波を使用した再成形 様々な接合方法

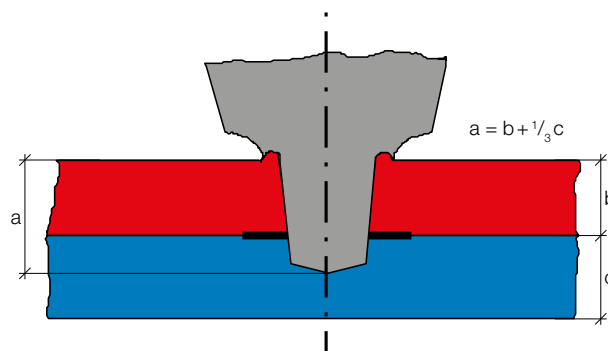
カシメ

熱可塑性のプラスチック部品に超音波カシメを用いることで、金属や他の溶着する事ができない材料と迅速かつクリーンに接合する事ができます。超音波カシメでは接着剤やボルトといった他の部品を必要としません。ホーン自体は冷たいままである為、カシメられた樹脂の熱はホーンによって消散されます。超音波発振によるカシメのプロセスが完了すると、予め設定されたホールド時間停止して溶融したプラスチックをしっかりと凝固させます。これによって残留応力を軽減し、隙間の無い安定した接合が確保されます。



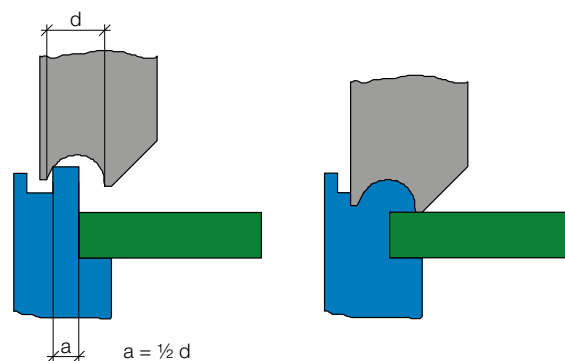
スポット溶着

エネルギーダイレクタなどのジョイントデザインが施されていない2つの成型部品を重ね合わせ、ホーンの突起を上部の部品側から押し当てます。ホーンは下部の部品まで貫通し、両部品の接触面において部分的な溶融が発生します。



スウェージング

カシメ用のピンを有した成形品を製作できない事もあります。スウェージングはこのようなアプリケーションに対して有効です。ホーン先端部はスウェージングに適した形状となっている事が不可欠です。超音波スウェージングにより大型部品の再成形や円形部品における外周部の折りたたみが可能となります。



開発初期段階からの継続的なサポート

超音波エンジニアリング

ハーマンの技術開発チームがプロジェクトの各段階において適切なサポートを提供します。サポートはジョイントデザインの提案、製品設計、ラボにおける製造前試作溶着、溶着パラメータの確立、現地トレーニング、アフターサービスなど多岐に渡ります。各段階において密接な協力関係を構築する事で、お客様に効率的な製品開発・生産を行っていただくことを目的としています。



超音波溶着ラボ

アプリケーション・コンサルティング

- 製品設計の段階からサポート
- 溶着部の設計に関するアドバイス
- フィージビリティテストの実施

アプリケーション・最適化

- 顧客立会いによる溶着試験
- 最適な機種や部品の選定
- 顕微鏡検査、引張試験、シーリングテスト、破裂試験、高速カメラ撮影、マイクロームカット、等を活用した試験結果の検証フィージビリティ
- テスト結果の書面化

トレーニングおよびセミナー

- 初心者から有識者まで対応の技術セミナー
- 実際に機械を使った実践的なトレーニング
- ハーマン・ラボでのトレーニング
- 顧客個別対応トレーニング

プロジェクトマネジメント

- 顧客の要件に主眼を置いた設計協力と溶着テスト
- 3Dスキャナーを用いた製品分析
- 有限要素法を使ったホーンデザイン
- 機械的および電氣的インターフェースの決定
- 最適な溶着パラメータの確立

現地テックセンター

- 生産現場に密着したサポート
- 世界中に設置されたテックセンターと超音波溶着ラボ
- 現地言語で対応可能な専門知識を持つエンジニア

アフターサービス

- 世界各国のテックセンターから迅速なサポート
- 各国言語でのオンサイトサービス
- 故障予防保守およびサービスの提供



世界各地でハーマンが**最高の技術をご提供します。**



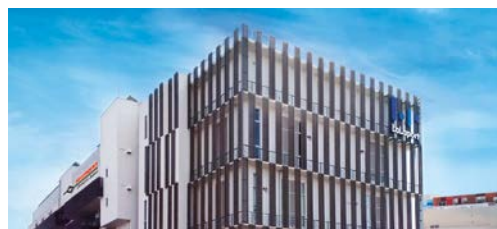
グローバル本社・ドイツ
Herrmann Ultraschalltechnik GmbH & Co. KG
 Descostraße 3-11 · 76307 Karlsbad, Germany
www.herrmannultraschall.com



北アメリカ支社
Herrmann Ultrasonics, Inc.
 1261 Hardt Circle · Bartlett, IL 60103, USA
www.herrmannultrasonics.com



中国支社
Herrmann Ultrasonics (Taicang) Co. Ltd.
 Build 20-B, No. 111, North Dongting Road, Taicang,
 Jiangsu Province, China · www.herrmannchina.com



日本支社
ハーマン・ウルトラソニック・ジャパン株式会社
 〒277-8519千葉県柏市若柴178-4 柏の葉キャンパス148街区2
 KOIL503-1 · www.herrmannultrasonic.co.jp

