

## 振动焊接简介

Telsonic 塑料连接技术

塑料焊接

金属焊接

切割

清洗

筛分



01

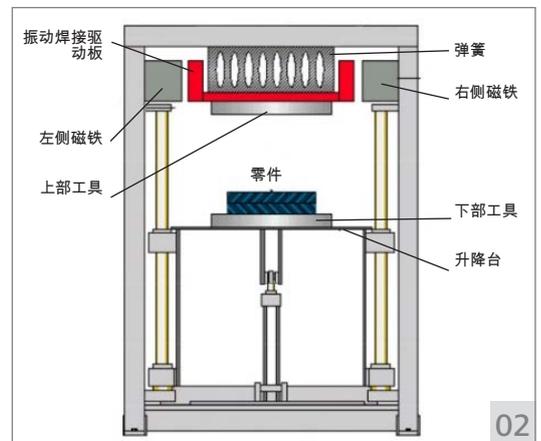
Shelby Twp., MI 48315, 美国, 2022 年 10 月

在任何应用中, 连接技术的选择都会受到一系列因素的影响, 包括材料组合、部件尺寸、几何形状、产量以及各种功能要求。

作为塑料连接领域的技术领导者, Telsonic 开发了一系列超声波焊接系统和模块, 它们广泛用于诸多不同的热塑性材料, 尤其用于工艺高速运行的中小型部件。另一方面, 振动焊接也非常适用于各种热塑性材料, 但却能够连接大型部件或具有三维、阶梯或连续轮廓的部件。这篇由 TELSONIC Ultrasonics Inc. 总裁 Jochen Bacher 撰写的文章内容丰富, 介绍了振动焊接的原理与优势。

### 超声波和振动焊接 – 工艺比较

振动焊接实际上是一种摩擦焊接工艺, 它通过表面的相对运动在两个零件的配合面上产生热量。这与超声波焊接工艺不同, 其热量由表面之间的摩擦和频率为 15kHz 到 70kHz 的内部分子运动和以微米为单位测量的运动组合而产生。相比之下, 振动焊接定义为 100Hz 到 300Hz 之间的频率和 0.75mm 到 2mm (0.030 英寸到 0.080 英寸) 的相关振幅。根据焊接周期中施加的压力, 焊接时间通常在 2 到 10 秒之间。



02

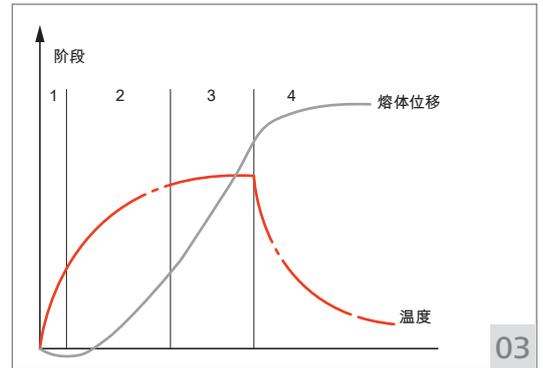
01 红外预热

02 振动焊接原理

## 振动焊接工艺被定义为四个独立的阶段

阶段一	刚性部件的震动产生摩擦，从而在连接接口产生热量，但材料仍处于固态
阶段二	达到玻璃转化温度，并出现粘性流。熔融聚合物位移产生热量。零件开始相互移动（熔化）。
阶段三	熔体转化达到稳定阶段，此时材料的熔化温度达到，零件开始与模制塑料粘合。熔体横向流动，焊透深度随时间线性增加
阶段四	振动停止并开始足够长的保持时间以在压力下冷却焊缝。焊透深度持续增加，因为夹紧压力导致熔融聚合物流动，直至凝固

了解不同振动焊接阶段熔体位移和熔体温度之间的关系也很重要。为了获得良好的焊接强度，振动焊接时间需要足够长，以进入阶段三，即存在线性熔体位移的阶段。另外，保持时间需要足够长，以在振动停止后允许材料发生位移。



03 不同振动焊接阶段熔体位移和熔体温度之间的关系

## 材料 – 非晶态与晶态

非晶态和半晶态塑料都是高温聚合物。两者的区别在于其分子结构。非晶态热塑塑料主要包括半透明塑料，例如：聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA/丙烯酸）、聚苯乙烯（PS）、聚碳酸酯（PC）、聚硫化物（PSU）、聚氯乙烯（PVC）、丙烯腈丁二烯苯乙烯（ABS）和聚醚酰亚胺（PEI）。这些聚合物具有随机有序分子结构，缺乏快速熔点。结果便是非晶态材料随着温度升高而逐渐软化。

不同于非晶态热塑塑料，半晶态塑料具有高度有序分子结构和确定的熔点。常见半晶态材料有聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）和聚醚醚酮（PEEK）。

温度升高时非晶态材料会逐渐软化，而半晶态塑料则不会。相反，在吸收足够热量前它们始终保持固态。然后这些材料快速变为低粘度液体。该熔点通常高于非晶态热塑塑料的上限。

## 焊接不同材料

振动焊接能够通过熔化热塑塑料和在不同材料之间形成机械锁定来连接不同材料。通常，非晶态塑料的焊接时间为 1 到 3 秒，半晶态塑料的焊接时间为 3 到 10 秒。

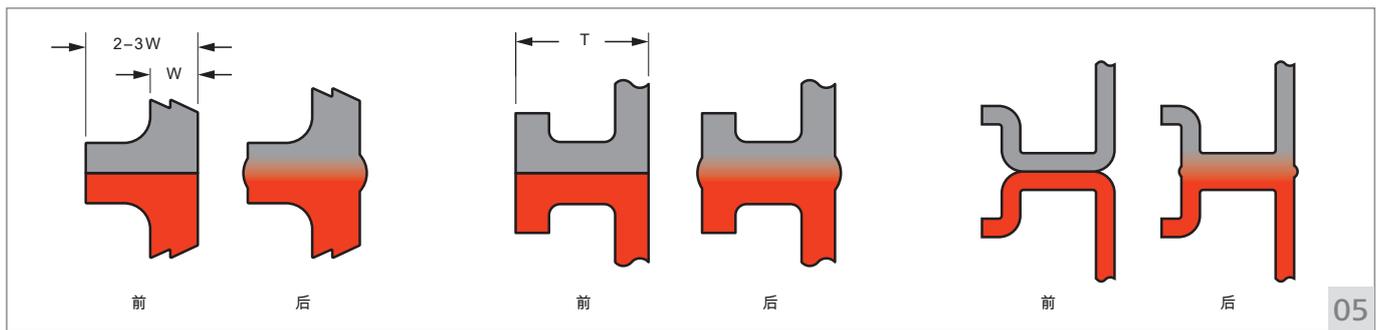
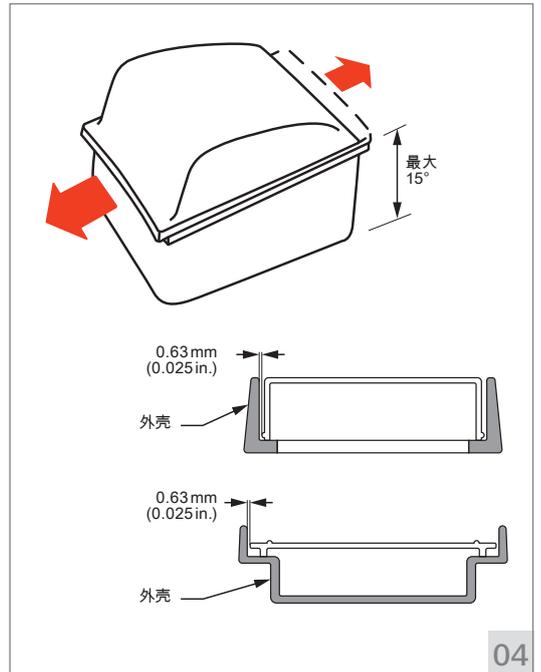
所需焊接压力视具体材料、零件设计和零件固定方式而定。通常，非晶态材料所需压力较小。部分材料快速从固态变为熔化状态，这表明需要降低压力。大多数先进机器都允许分析压力，以通过在焊接周期内调整焊接压力来实现更佳焊接质量。

## 为成功而设计

为使振动焊接成功，需要在零件设计中实施以下基本规则。焊接法兰的尺寸必须为使用 250 到 300Hz 的高频率的 0.8mm (0.030 英寸) 振幅留有空间，甚至在 100 到 150Hz 的低频率下达到 2mm (0.080 英寸)。振动方向上的焊接表面需要平整，但在最大 15 度角的情况下仍可获得良好焊接效果。

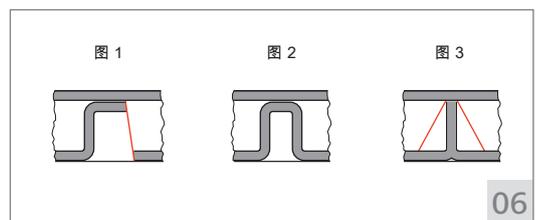
下方草图示出用于振动焊接的对接接头设计，包括法兰对接接头、带肋法兰对接接头和带回位法兰的热成型对接接头。

熔体位移会导致焊缝外侧出现飞边。飞边的物理外观因材料而异。部分材料倾向于产生具有长条“模糊”外观的飞边，而其他材料则产生碎片式飞边。为了适应飞边，大部分零件均设计为包含“飞边槽”。通常需要原型焊缝来确定消除飞边外观的最佳设计。“飞边槽”的尺寸应大于所计算焊接位移至少 30%。将红外预热集成到振动焊接工艺中已展示出飞边外观的重大改进，尤其对于透明的非晶态热塑性塑料。



## 附加设计要求

焊接内肋时需要对方兰进行支撑，尤其当它们不与振动方向一致时。最有效的方法是使用下方图 1 和 2 所示的振动工具来支撑此类肋条。但如果设计不允许这些特征，则需要将支撑肋纳入模制零件中以稳定壁面，如图 3 所示。为了成功设计零件以实现这些设计特征，需要研究所有参数，例如材料、零件固定可能性和零件设计。



- 04 为使振动焊接成功，需要在零件设计中遵循和实施基本规则
- 05 用于振动焊接的对接接头设计，包括法兰对接接头、带肋法兰对接接头和带回位法兰的热成型对接接头
- 06 如果焊接内肋，则需要对方兰进行支撑，尤其当它们不在振动方向上时

## 多用途应用领域

振动焊接工艺的多功能性体现在采用该技术的广泛应用和市场行业中。许多汽车部件，例如仪表盘、扰流板、发动机罩、进气口和灯组均采用振动焊接连接。其他使用振动焊接的行业包括白色家电和园艺产品，其中洗衣机滚筒、链锯外壳甚至塑料物流托盘等零件都依赖此技术制造。

## 概要

振动焊接的众多优势和益处如下表所示。任何技术都有局限性，振动焊接则通常受限于焊接表面的形状，薄壁部分和内肋有时很难焊接，而声级则意味着需要隔音罩。该技术还需要更高级别的投资。

## 振动焊接的优势

- 可焊接复杂和不规则形状
- 焊接大型零件
- 高强度焊缝和紧密密封
- 可同时焊接多个零件
- 无需额外材料
- 仅需少量表面处理
- 可用于封装其他零件
- 焊接后可以立即处理零件
- 高工艺可靠性
- 高生产率
- 快速工具切换

Telsonic 提供全范围液压或电动伺服操作的振动焊接系统。焊接模式包括深度和时间，并且可以保存和分析焊接结果。这些系统具有安全电路和隔音外壳，提供可选红外预热技术，还能进行多级焊接。



07



08

07 振动焊接是一种通用工艺，能够用于广泛的应用。将红外预热引入振动焊接工艺显著改善了飞边外观，尤其对于透明的非晶态热塑塑料，例如此处展示的汽车透镜示例

08 Telsonic 携手 Daeyoung 实现两全其美的塑料连接



09

09 Jochen Bacher,  
TELSONIC  
Ultrasonics  
Inc. 总裁