

塑料振动焊接技术

Vibration Welding Technology for Plastics

广州市特种设备行业协会 张胜玉

[摘要] 振动焊焊接速度快、能量效率高、成本效益好,能焊接大型零件,适用于批量生产,接头机械性能优良。概述了振动焊接技术的原理及过程、工艺参数、焊接设备、接头设计、焊接性、特点、应用和最新进展。

关键词: 振动焊 摩擦焊 熔深 接头设计 飞边 汽车工业

[ABSTRACT] Vibration welding is a powerful joining technology for thermoplastics and, due to its short cycle time, energy efficiency, cost effectiveness, capability of welding large parts, suitability for mass production and excellent mechanical joint properties, is well-established in demanding automotive industry. This article presents a review of a number of aspects, such as principle and processes, process parameters, welding equipment, joint design, weldability, characteristics, applications and recent advances of the technology.

Keywords: Vibration welding Friction welding Penetration Joint design Flash Automotive industry

振动焊(通常为线性振动焊)是利用电磁传动装置在两塑料零件之间产生(直线)相对运动的一种摩擦焊方法。振动焊是一门相对较新的焊接技术。1973年,首台商品化振动焊机在美国问世。1979年,法国标致雪铁龙汽车公司首次采用振动焊技术组焊进气歧管。此后,欧洲一直是振动焊技术的最大拥趸者。目前,振动焊在欧洲应用非常普及,其次是北美,亚洲直至20世纪末应用还很少。进入21世纪以来,随着汽车工业的不断发展壮大,日本、韩国塑料焊接量激增,振动焊技术发展迅猛。除汽车工业以外,现今振动焊在飞机制造业、家用电器、医疗等行业都得到了广泛应用。

1 振动焊原理及过程

振动焊原理与超声波焊类似,它也是利用两零件表面相互摩擦产生热量在接头界面区域产生熔化,然后进行焊接。在振动焊过程中,零件在压力作用下往复运动产生热量,使接头处的材料温度升高到熔点,在材料充分熔化之后,运动停止,塑料在压力作用下凝固而形成持久焊缝。振动可以是线性的或角形的,也可以是轴向

的(轨道运动)。其中线性振动焊最为常见,其摩擦就是由线性往复运动产生的,而轨道振动焊可以焊接形状不规则的塑料件。

振动焊过程分为4个不同阶段,如图1所示。为量化该过程,焊接熔深(Weld Penetration)定义为在焊接过程中,外加压力引起熔化界面侧向外流而形成的两零件之间距离的减少值。

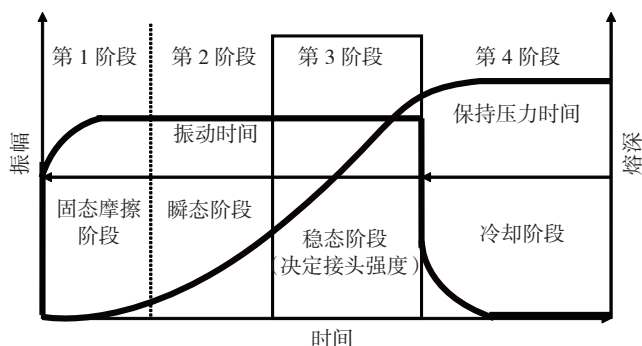


图1 振动焊过程4阶段

Fig.1 Four stages of vibration welding process

第1阶段——固态摩擦阶段: 两表面之间通过摩擦产生热量,导致界面区域升温至结晶性塑料的熔点或非结晶性塑料的玻璃化转变温度。产生的热量取决于聚合物的摩擦性能及工艺参数频率、振幅和压力。在此阶段,加热是由固/固界面摩擦发热产生的。这导致某些低摩擦系数热塑性塑料(如某些含氟聚合物)难以焊接,而其他材料(如聚乙烯)需较高夹紧力以产生较大的摩擦力。另外一些材料具有较高摩擦系数(如弹性体),需要初始表面润滑才能良好地振动和焊接。由于此阶段材料处于固态,所以熔深为零。

第2阶段——瞬态阶段: 在粘滞(熔化)状态的熔融聚合物层由于剪切加热而增加。随着粘滞层厚度增加,发热减少。这一阶段是固态加热被粘滞加热(通过界面处形成的薄熔液层的剪切变形)代替的过渡阶段。在此过渡阶段,界面处材料开始熔化和侧向流动,造成熔深增加。熔液层的厚度一增加到稳态阶段。

第3阶段——稳态阶段: 熔化速度等于外流速度,达到近似的能量平衡。达到该阶段后,溶液层的厚度就保持恒定。在稳态阶段,熔深随时间线性增加,稳态保

持至某一熔深时,振动停止。此阶段是停止运动的最佳阶段,这是因为熔液产生速度等于熔液挤压流动速度,额外熔化并不促进焊缝强度的提高,且只产生多余的焊接飞边。

第4阶段——冷却阶段:振动停止后,聚合物材料冷却,在夹紧压力下凝固形成永久连接。此阶段熔化薄膜在压力下凝固时,熔深稍稍增加。冷却阶段可以再细分为动态冷却(振幅递减)阶段和静态冷却阶段。

2 振动焊工艺参数

振动焊工艺参数有振幅、频率、焊接压力、焊接时间、熔深。最佳参数设置依塑料种类、几何结构和洁净度要求而定。频率和振幅决定摩擦速度,从而决定施加于焊接区的能量(功率=速度×摩擦力)。增加频率或振幅会增加输入能量,从而减少熔化膜出现的时间。

(1) 频率。大多数工业振动焊机工作频率在100~240Hz之间。频率取决于上部工具重物的质量,它对大多数塑料的焊缝质量没有显著的影响,但对聚醚酰亚胺影响较大。通常情况下,高频率用于两零件之间间隙在1.5mm以下或不希望有飞边的场合。它有两个好处:首先,在两零件之间相对运动速度相同的情况下,较高频率允许较小位移幅度,这意味着摩擦发热局限于较窄区域,使熔化速度更快。其次,在待焊零件的壁厚与位移幅值相差不大时,较小的位移幅度作用范围更佳。但是,在焊接由于尺寸偏差或没有突出零件难以固定在支承夹具中的大型零件时,在零件和夹具之间会产生相对运动,导致零件滑移和能量损失,这时有必要使用较低频率以获得较高焊缝强度。

(2) 振幅。振动振幅由激励谐振弹簧质量系统产生,通常小于5mm。较低振幅(0.7~1.8mm)配合高频率(240Hz),较高振幅(2~4mm)配合较低频率(100Hz)使用能产生有效的焊缝。焊接振幅并不单独影响焊接过程。焊接过程的能量输入是由振幅和频率的乘积决定的。但横向厚度焊接时振幅非常重要,因为此时振动方向垂直于厚度方向。将零件焊入凹腔时必须采用低振幅。低振幅(0.5mm)通常用于高温塑料。低频率焊接的较大振幅对于焊接有垂直于振动方向的长、薄、无支撑壁面的零件是有利的。这些零件容易弯曲,阻碍焊接,而低频率焊接时的较大位移量能抵消弯曲作用,可以形成焊缝。高振幅虽然能减少焊接时间,但易对洁净度产生不利影响。

(3) 压力。压力的变化范围很广(0.5~20MPa),不过通常使用的是范围低端0.5~2.0MPa。高粘度材料可经受较高的焊接压力。较高压力会减少焊接时间及增加起始阶段微粒产生量,但压力增加由于挤出所有熔化

塑料,形成冷焊,会降低焊缝强度。例如焊接尼龙时,当焊接压力从1MPa增加到20MPa时,焊缝强度降低达40%。由于玻璃纤维取向会发生变化,熔化材料应尽可能减少外流。通过降低焊接压力,在较短的焊接时间通常可以获得较高的机械强度。振动焊设备可以改变焊接循环过程中的压力以提高焊接质量和减少循环时间,这样允许更多的熔融聚合物保留在接头区域,形成较宽的焊缝区。在采用两级压力焊接时,较高焊接压力用于界面材料开始熔化,而较低压力用于完成整个振动循环,结果能产生最佳的焊缝强度。

(4) 时间。振动焊时间取决于树脂的熔化温度(一般来说,高熔点的材料需要更高的能量输入,因而焊接时间更长),范围为1~10s,凝固时间为3~10s,总循环时间一般为6~15s。

(5) 熔深。熔深是焊缝强度最重要的决定因素。当熔深超过临界阈值(即稳态阶段开始时的熔深)时,可获得等于母材的静载强度。当熔深低于临界阈值时,焊缝强度降低。虽然大于临界阈值的熔深并不影响未增强聚合物、短玻璃填充树脂或结构泡沫塑料的焊缝强度,但会增加异种材料的焊缝强度。阈值随待焊零件厚度的增加而增加,随焊接压力的增加而降低。低焊接压力不仅引起循环时间增加,而且造成不能接受的高熔深阈值。对于6.35mm厚的材料,约0.25mm的阈值就能产生高强度焊缝。只要达到阈值,焊缝强度对焊接频率、振幅并不很敏感。但在阈值不变的情况下,焊缝强度随焊接压力的增加而降低。

3 振动焊接设备

振动焊设备可以是电驱动(频率可变)或液压驱动(频率恒定)。典型的焊接零件尺寸从76.2mm×76.2mm到610mm×1524mm。

振动焊机本质上是一台立式压力机,如图2所示。它主要由3部分组成:运动件(悬于弹簧上的振动器组

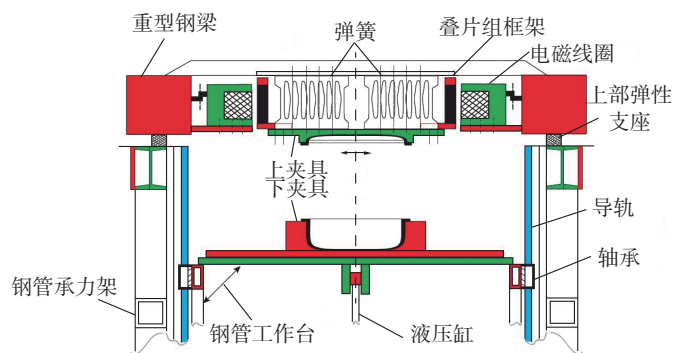


图2 振动焊机简图

Fig.2 Vibration welding machine schematic

件)、固定件(升降台)和工装夹具。

振动器组件是一个没有支承面的运动件,由电磁体驱动。电磁振动系统由置于弹簧系统两端、轮流通电的两个电磁体组成。弹簧在电磁能频率下产生共振,在垂直焊接压力下支撑振动器组件,在焊接循环结束时使振动器组件回归原来位置(即通过弹簧回弹性使焊接件精确对齐)。振动头是一个机电弹簧质量系统,一般由作用于两相反叠片组的电磁线圈输出能量。系统的固有频率由弹簧的刚度和质量、运动零件、上工装决定。驱动机构把电力输送到相对的激励线圈,通过调谐匹配机械系统的固有频率,提供恒定频率的振动。待焊零件之一与上工装中的振动器组件相连,另一零件由固定于升降台的工装夹紧。

升降台通过升高下工装和零件与附于振动头的零件相接触,并通过导轨确保水平位置精度。升降台可以是液压、气动或电驱动,设计提供足够的质量和稳定性以平衡振动头,并控制组装零件的作用力和熔深。焊完

之后,升降台下降,装料门打开,取走焊件。

振动头和升降台都配有专用工装夹具。振动焊设备所用的工装比较简单,由铝板机加工而成,与接头处零件轮廓相匹配。

4 振动焊接头设计

几何形状的焊缝设计对成功实现振动焊接至关重要。在设计振动焊零件时,需考虑以下几点:

(1) 接头处必须有足够的间隙便于零件之间的相对振动。

(2) 零件壁必须有足够的刚性以防止焊接过程中产生弯曲。如果零件没有厚壁,通常需要厚法兰以提高刚性和提供足够的焊接表面。

(3) 焊接榫舌(突出部)对于未增强塑料应等于标称壁厚,对于增强塑料应至少等于 1.25 倍的标称壁厚(视焊缝强度要求而定)。

(4) 最终焊缝的外观,即外部飞边是否可接受。

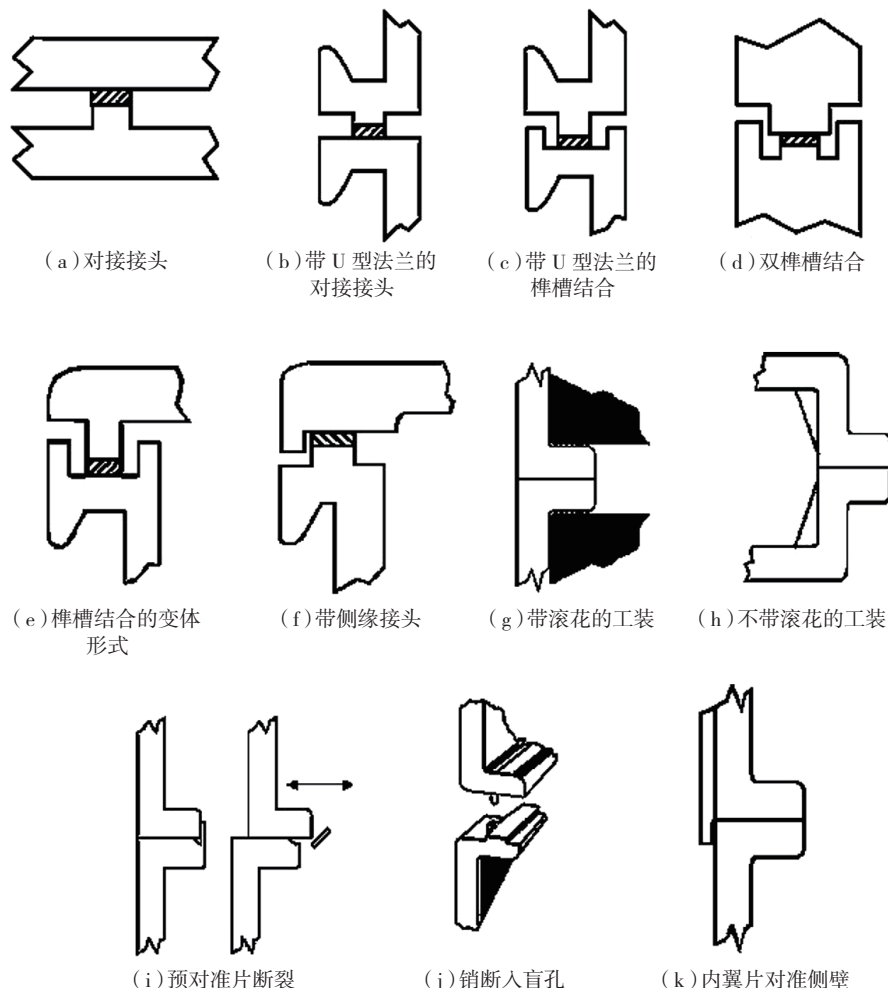


图3 振动焊基本接头形式

Fig.3 Basic joint types of vibration welding

振动焊接头的基本设计有以下几种:

(1) 对接接头。对接接头是最简单的接头设计,可用于硬质塑料及飞边容量不成问题时的短壁或平行于振动方向的侧壁(图 3(a))。

(2) 带 U 型法兰的对接接头(图 3(b))。U 型法兰对薄的或长的无支撑侧壁可能是必需的,如该设计将零件侧壁与工装夹具锁紧以防止侧壁弯曲,能成功焊接薄达 0.8mm 的侧壁。还可以使用较窄法兰用于两零件之间的配合不太重要的场合。

(3) 带 U 型法兰的榫槽接合(图 3(c))。这是理想的振动焊接头。焊前将法兰与工装牢固地夹紧,接合部件彼此对齐,直接施加焊接作用于整个焊接区域,并隐藏内外部飞边。在零件上有一个凸起的榫舌以提供振动过程中接头处熔化和流动的材料,同时应按照焊接过程中排出材料的体积确定槽的尺寸。该设计将飞边截留在内壁槽内而不是零件外缘。榫舌宽度依强度要求而定,一般为壁厚的 1~3 倍,高度应大致等于宽度。

(4) 双榫槽接合(图 3(d))。可与带 U 型法兰的榫槽接合相比,尤其造用于需要高强度和大飞边容量的场合,如汽车进气歧管。这种接头设计产生最洁净的成品外观。此外,还有榫槽接合的一种变体形式,用于焊接浅盖或平盖,见图 3(e)。

(5) 带侧缘接头(图 3(f))。主要用于容纳外部飞边并形成漂亮外观。侧缘盖可隐藏飞边,振动和公差间隙允许值为 1.27mm。

此外,很多时候,零件设计、空间及模具机能限制了能纳入接头设计的焊缝细节。如果零件中不能设计抓手(grip tab),那么工装可以有滚花(刻痕)部分以便在焊接过程中夹持工件(图 3(g))。滚花可能会在法兰面(翼缘区)留下小印痕,但不会造成任何零件弯曲(抓手则会造造成弯曲)。有些工装的內角撑板足以加固某些设计而不再需要滚花(图 3(h))。

在设计线性振动焊零件时需要考虑的另一重要方面是焊前两个部分的对准。图 3(i)显示使用了预对准片(Prealignment Tab)的情况,预对准片在焊接过程中断裂。图 3(j)显示使用销和插座零件,销在焊接过程中断入盲孔中的情况。对于平行于焊接运动方向的侧壁,可以用內翼片(Internal Tabs)对准(见图 3(k)),例如在油箱壁向內弯曲处将盖与油箱焊接起来,盖很坚硬足以支持油箱壁。

5 各种塑料的振动焊焊接性

振动焊能够焊接几乎所有热塑性塑料,如注塑、挤压、吹模(塑)、热成形、冲压成形和泡沫塑料等。与其他焊接方法不同,振动焊适用于结晶性、非结晶性、填充、

增强、着色塑料,尤其适用于焊接结晶性热塑性塑料,如乙缩醛、聚乙烯、尼龙、聚丙烯、热塑性聚酯等不容易进行超声波或溶解/溶剂焊接的塑料。振动焊也适用于超声波不能焊接的某些可注塑含氟聚合物和热塑性弹性体(如聚酯弹性体)。各种塑料的振动焊接性如表 1 所示。

焊缝性能受材料种类的影响明显,特定的添加剂也显著影响焊缝强度,某些填充剂或色素的掺入可能会降低接头强度。影响焊接性的各种因素如下:

(1) 粘度。粘度高造成熔化状态下聚合物链更理想的互连(扩散和缠结)。

(2) 添加剂。某些添加剂影响结晶速度,例如炭黑

表1 各种塑料的振动焊接性

	材料	振动焊接性
非结晶性塑料	ABS	极佳
	ABS/PC 混合物	极佳
	丙烯酸酯树脂	极佳
	丙烯酸类共聚物	极佳
	纤维素塑料	极佳
	苯氧基树脂	极佳
	聚碳酸酯	极佳
	聚苯乙烯	极佳
	改性橡胶(高冲击性)	极佳
	聚砜	极佳
	苯乙烯-丙烯腈共聚物	极佳
	SAN-NAS-ASA	极佳
	丁二烯-苯乙烯共聚物	良好
	聚酰胺酰亚胺	良好
聚氯乙烯(硬)	良好	
结晶性塑料	聚甲醛	极佳
	尼龙	极佳
	热塑性聚酯	极佳
	聚甲基戊烯	极佳
	聚丙烯	极佳
	聚苯硫醚	良好
	聚乙烯	良好~一般
含氟聚合物	一般	

加速结晶,而黑色染料减慢结晶过程。通常较慢结晶速度对于较佳焊缝质量更可取,因为这允许聚合物链更多的时间互连。颜料填充剂对性能有轻微不良影响。着色合成物一般比同一等级本色合成物焊缝强度低,但着色尼龙比本色尼龙焊缝强度高。

(3) 水分含量。某些热塑性塑料在储存过程中会吸收水分,使含水量增加,有时会在连接区域生成气泡,降低焊缝强度。为避免生成气泡,零件可以预先干燥或者在成型后立即焊接。不过,尼龙和其他一些吸水性树脂可以不预干燥就进行焊接。

(4) 玻纤增强材料。这是一种含有粒状填料或玻璃填料的聚合物。其焊接性能类似于未填充聚合物,但达到熔深阈值通常需要较长的焊接时间,其中玻璃填料所需时间少于粒状填料。增加填料含量相对于纯树脂会不同程度地降低焊缝强度,这取决于填料的数量和种类。玻璃纤维增强塑料及液晶聚合物同纯树脂相比,由于纤维沿焊缝方向重新取向,所以在焊缝处形成明显的弱点。对于 30% 玻纤含量而言,焊缝强度比主体材料强度要低得多。机械性能的降低是由于振动引起的纤维重新取向造成的。在外加压力作用下,熔化材料侧向挤出,玻璃纤维发生流动,在过程终了时玻璃纤维取向垂直于拉伸方向。不利的取向是造成焊缝强度比主体材料强度低的原因。

(5) 材料的相容性。由于需要分子扩散穿过界面以形成牢固的接头,在熔化焊缝中,分子流动性及焊缝两侧分子的相容性非常重要。一般来说,同种材料零件的焊接是可行的,但加工温度差别较大的聚合物之间不一定能成功焊接。如果材料有一定程度的相容性,异种聚合物的焊接也是可能的。例如,PA6、PA66、PA46 在熔化状态下可互溶,PBT 和 PET 在熔点以上可互溶,Arnitel 共聚酯也可以同 PBT 和 PET 互溶(其软成分含量要少);PC 同聚酯只部分溶混,但相容化学反应(酯交换反应)的发生使其具有相容性,因此 PC 同聚酯和共聚酯焊接是可能的。振动焊过程中,熔融表面存在涂抹和掺混作用,增强了连接异种塑料的能力。

需要说明的是,能够用超声波焊接的任何一对异种材料都可以用振动焊接。振动焊通常可用于连接熔点相差达 38℃ 的两种材料。在焊接异种材料时,两种待焊材料的性能影响着焊接性和焊缝强度。两种材料在熔化状态相互扩散的程度因材料的不同差别很大(取决于扩散系数、分子量、内聚能密度),影响焊缝的组织。两熔融聚合物的剪切混合在焊缝界面处会产生机械联锁。

熔深对时间的曲线类似于同种材料的焊接,但是两种聚合物不同的熔化温度会造成焊缝强度随熔深的增

加而稳步增加(甚至达到熔深阈值之后)。这是由于早期低熔点聚合物的熔化和流动主导熔深,由明显的稳定态造成。随着温度上升,高熔点聚合物快速熔化,之后逐步达到稳定态。熔深增加导致强度增加,大熔深时焊缝强度可以等同于较弱的单一树脂强度。由于这个特性,在焊接异种材料时,不能仅用熔深对时间的曲线来确定最佳的参数条件。振动焊可以连接具有相同结构(晶态)的异种塑料,而非结晶性塑料与结晶性塑料相容的组合却很少。

异种塑料的振动焊接相容性如下: PA6 与 PA66、PA46、ABS 相容; PA66 与 PA6、PA46、ABS 相容; PA46 与 PA6、PA66 相容; PBT (聚对苯二甲酸丁二醇酯)与 PET、TPE-E、PC、PC+ABS、ABS、SAN 相容; PET (聚对苯二甲酸乙二酯)与 PBT、TPE-E、PC、PC+ABS 相容; TPE-E (聚酯类热塑性弹性体)与 PBT、PET、PC、PC+ABS 相容; PC (聚碳酸酯)与 PBT、PET、TPE-E、PC+ABS、ABS、PMMA、PPS、SAN 相容; PC+ABS 与 PBT、PET、TPE-E、PC、ABS、PMMA、PPS、SAN 相容; ABS 与 PA6、PA66、PBT、PC、PC+ABS、PMMA、PS、PVC、SAN 相容; PMMA (聚甲基丙烯酸甲酯)与 PC、PC+ABS、ABS 相容; PPS (聚苯硫醚)与 PC、PC+ABS 相容; PS (聚苯乙烯)与 ABS 相容; PVC (聚氯乙烯)与 ABS 相容; SAN (苯乙烯/丙烯腈共聚物)与 PBT、PC、PC+ABS、ABS 相容。

6 振动焊特点

振动焊与超声波焊的不同之处在于,振动频率低、振幅高、焊接方向平行于接头平面。由于频率较低,对电源的依赖程度低,能焊接较大零件。振动焊适合焊接平缝、近平缝(焊接平面与振动方向的倾斜夹角可达 10°),能焊接大型、不规则形状的零件(只要在焊接平面两零件之间的相对运动是可行的),能快速产生牢固的耐压密封接头。在适当焊接条件下,可获得与母材相等的焊缝强度和塑性。

振动焊尤其适用于焊接超声波难以焊接的结晶性塑料、尺寸太大而超声波无法焊接的零件或需气密封接但设计不允许使用超声波或其他方法的零件。与超声波焊不同,材料的传递特性对振动焊没有影响。

振动焊具有很多优点,如循环时间较短,能量效率高,能够同时焊接许多零部件,可重复性好,适合于批量生产,过程可控,焊接过程中无烟雾。振动焊的来回运动有助于去除焊接区域的表面污染物(如脱模剂),因而对表面制备不敏感。由于摩擦产生的涂抹作用,可以对真空喷涂金属或油漆及被污染的表面进行焊接。不像植入焊或粘接,它不需引入外加材料,焊接界面由与

母材相同的材料组成,焊后透明材料的焊缝依然光学透明。与热工具焊相比,加热基本上是局部的,由于界面处出现过热造成材料降解的可能性很小。

振动焊过程中由于使用比较高的压力,与热板焊相比,对弯曲的模制件敏感性更低。在结合面处的翘曲可以被压平以确保焊接面的紧密接触。

振动焊的主要缺点是通常限于焊接几乎平缝零件(尽管梯状平行缝也是可焊的),不适合于超小型元件,也不太适用于焊接低模量的某些热塑性弹性体(如非常软的 Arnitel 热塑性聚酯弹性体)。某些含氟聚合物由于摩擦系数低,更难以焊接。振动焊与其他焊接方法如热板焊或超声波焊相比,设备和工装初始成本高。不过,这必须与能够较快地一次焊接多个大型零件权衡。振动焊需进行夹具和接头设计,仅用于焊接没有精密公差 的组件,因为尽管塑料的熔点可预知,但熔液凝固的位置可能稍有不同。由于产品在焊接过程中经受振动,敏感零部件可能会受到损害。

振动焊的一个显著缺点是会在结合面处产生微粒或毛边(如聚碳酸酯会产生尘状微粒,在某些用途中会出现问题)。硬质塑料中的这种现象更为明显,它出现在循环过程的第 1 阶段表面微凸体被切掉时。不过,这种现象可以通过焊前预热表面减少发生。如果飞边导致外观不可接受,需采用隐蔽接头或溢料槽/焊瘤阱(Flash Trap)。振动焊的另一缺点是产生噪音(一般为 90~95dB),因此需要隔声罩将噪声降至可接受的程度。

7 振动焊应用

振动焊的应用范围很广,如汽车工业中的保险杠、进气歧管、减震器、电机盖、杂物箱、装饰条、电池盖、排放控制罐、燃油泵、燃料箱、膨胀箱、热水阀、进气滤清器、滤清器壳、真空罐、扰流板、空气流量传感器、空调和加热器导管、加燃油口、填充 30% 玻纤的尼龙制动液贮存箱、乙缩醛汽油储油器、聚丙烯舱门、聚碳酸酯与聚碳酸酯及丙烯酸树脂焊接的前灯、尾灯和仪表板组件、内饰件等,家用电器中的蒸汽电熨斗水箱、滚筒洗衣机底盘、洗衣机和洗碗机泵、聚丙烯洗碗机水泵壳、洗碗机喷水臂、皂液器、清洁剂压出器、真空吸尘器罩等,飞机制造业中的空气扩散器导管、空调管道(风管)、空气分流阀、内部照明、高架储仓等,医学领域的手术器械、过滤器和静脉注射装置、便盆、隔热盘等。

8 振动焊进展情况

现今的振动焊基本装置与早期一样,仍然是谐振振动器(谐振振子),只不过由早期的液压驱动换成了电磁

体驱动。在控制和运动方面出现了若干改进,例如,已经证实通过神经网络可以让控制系统自动探测稳态阶段(第 3 阶段)及自动停止运动,更易于过程优化。焊接至预定的焊接深度,焊后可获得比较一致的零件尺寸。其控制装置已包括了较新的自动调谐系统。

研究人员也利用对挤压流动和剪切稀化的认知设计出了新焊机以减少不希望有的分子取向并提高焊接质量。已经证实,通过应用三维(Z轴)循环运动,可获得更佳的焊缝强度。有人认为这是由于剪切稀化效应(Shear Thinning Effect)减轻而产生的更优分子排列(分子取向)。另外,通过快速停止两零件之间的运动(动态断开)可获得更高的焊缝强度,这也得到了验证。这样能防止熔化材料凝固时焊缝出现剪切。

振动焊的最新进展之一是采用了红外加热器预热接合面的混合系统的开发。该方法减少了焊接时间和微粒的产生,它通过软化微凸尖端,使它们不能在振动焊初始阶段脱离形成微粒。振动焊会形成微粒或毛边,研究表明它们产生于循环第 1 阶段结合面处表面微凸体被剪掉时。在介质输送零件和医用容器中,这种污染物是不能接受的。例如,汽车制动液贮液罐焊缝外沿表面要清洁光滑,内部不允许有颗粒或毛边,否则内部颗粒脱落有可能进入主制动缸,卡住阀门或破坏密封。已进行的研究表明,采用预热方法通过确保振动焊循环之前形成液态薄膜,可以抑制固态摩擦阶段。已经证实,盘管式加热器和短波及快中波红外辐射体能显著减少细小毛边的形成。

9 结束语

振动焊是一门高效的塑料摩擦焊技术,它填补了热塑性塑料焊接领域的空白。振动焊尤其适合于焊接采用其他连接方法不可行或不经济的塑料零件,适用于各种有平面或稍弯表面的热塑性塑料零件。对大、中型塑料零件的焊接,振动焊居主导地位。虽然小型零件也可在多腔工装中经济地焊接,但不适合于焊接超小型零件。在需要牢固的压力密封接头或真空密封接头时,也可采用振动焊。

振动焊具有循环时间较短、能量效率高、能焊接大型零件、可重复性好、适合于批量生产、过程可控、焊接过程中无烟雾、焊缝强度高等诸多优点,在汽车、家用电器、飞机制造业、医疗等行业得到了广泛的应用。随着汽车业和飞机制造业新型材料(如高性能的纤维增强热塑性复合材料)的投入使用,从环境友好产品设计(通过减少粘接剂等耗材)和可循环使用方面的优先考虑,振动焊技术发展潜力巨大。

(责编 谷雨)