

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.09.013

塑料红外预加热振动摩擦焊接技术研究

刘勇,李朝晖,朱彩萍

(常州星宇车灯股份有限公司,江苏常州 213022)

摘要:比较了红外预加热振动摩擦焊接技术即清洁摩擦焊接技术(CVT)相对于传统塑料焊接技术的优势,论述了CVT的原理,并对CVT的可行性和实际应用进行了分析。结果表明,CVT可大幅改善塑料焊接件的外观质量,减少焊接过程中的颗粒排放并提高其焊接强度,是一种清洁高效的新型塑料焊接技术。

关键词:塑料;焊接;红外;振动摩擦

中图分类号: TQ320.67 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2012)09-0053-04

Research of Infrared Preheating Vibration Friction Welding Technology for Plastic

Liu Yong, Li Zhaohui, Zhu Caiping

(Changzhou Xingyu Automotive Lighting Systems Co. Ltd., Changzhou 213022, China)

Abstract: Advantages of infrared preheating vibration friction welding technology which also was known as clean vibration friction welding technology (CVT) were compared with traditional plastic welding technologies, and the theory of CVT was expounded, then the feasibility and practical application of CVT were analyzed. The results showed that CVT could improve the appearance quality of plastic welding parts substantially, decrease the particulate emission during the welding process and increase the welding strength. It indicated that CVT was a new kind of plastic welding technology with clean and high efficiency.

Keywords: plastic ; welding ; infrared ; vibration friction

随着塑料材料的广泛应用,如何连接塑料使之满足塑料件外观及使用性能的要求且操作简单已成为塑料连接技术的一个关键性问题。除了机械紧固和粘接等连接手段,塑料焊接技术在工业界及科研界已得到越来越广泛的重视,新的焊接技术如红外焊接、超声焊接、电磁焊接、激光焊接技术的逐渐应用,使传统的塑料焊接技术面临新的挑战及技术革新,笔者将远红外预加热与振动摩擦焊接技术相结合,研究了红外预加热振动摩擦焊接技术即清洁摩擦焊接技术(CVT)在塑料焊接中的应用,比较了CVT相对于传统塑料焊接技术的优势,为CVT的未来发展及应用提供一定的借鉴。

1 传统焊接技术简介

为了更好的体现出CVT的优势,笔者首先介绍了传统热板焊接和振动摩擦焊接技术的原理、特点及应用。

热板焊接也称接触焊、热对齐焊,其原理是将需焊接的两塑料件的表面用热板同时加热,使其熔融,然后用一定的压力压合,直到熔融部分冷却从而使两塑料件彼此牢固连接^[1]。该技术的优点为塑料件在焊接前无需作特殊处理,焊接技术易于掌握;

焊缝强度高,对于有防水性能要求的塑料件其气密性非常可靠;焊缝材料性能稳定,不易老化。缺点为塑化速度慢、周期长,且有热副作用,高能耗且焊缝外观质量差^[2]。

振动摩擦焊接基于摩擦焊接的原理,是一种利用两焊件相对振动引起界面摩擦产生的热量实现焊接的技术,焊件被放置在规定的装置上,在一定的压力下,在接触面上进行振动而发生摩擦,直到界面开始熔化,然后停止振动,继续保压直至固化,从而达到焊接目的。该技术可焊接形状复杂、焊接面较大的塑料件,且设备简单,焊接周期短,易于控制。但其不适用于低模量的热塑性塑料,受几何尺寸限制的摩擦运动易形成一层薄的熔化层和外观较差的焊缝^[3]。

由以上可知传统的塑料焊接技术虽然可以进行塑料件的焊接,也各有其优点,但是其缺点不容忽视。因而需要对传统振动摩擦焊接技术进行改进,使之在焊接完成之后,焊接筋处没有碎屑及翻边,若

联系人:刘勇,工程学士,产品设计工程师,主要研究方向为塑料件结构设计

收稿日期:2012-06-11

在其振动摩擦焊接之前进行远红外预加热,则上述问题即可得到解决,由此焊接的塑料件拥有洁净美观的焊接缝,且具有长效的良好性能^[3]。这种改进的振动摩擦焊接技术即为 CVT。

2 CVT 原理分析

对于传统振动摩擦焊接技术,焊接过程中产生碎屑颗粒的原因可用图 1 直观示出。

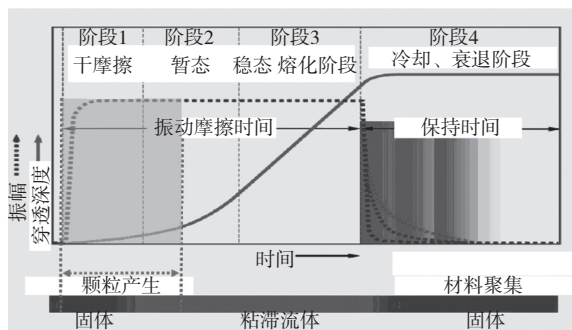
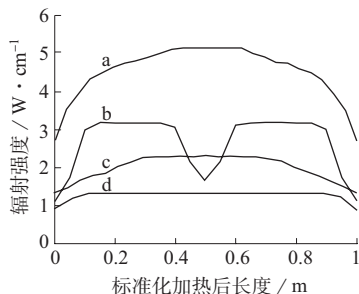


图1 振动摩擦焊接颗粒产生阶段

由图 1 可以看出,在焊接件焊接筋之间呈固态相互摩擦时会有颗粒产生,而后由于摩擦生热,塑料受热逐渐熔融,此时颗粒不会产生,然后直至焊接完成。CVT 则是利用红外预加热将第 1 阶段固态间摩擦提前结束甚至直接进入粘滞流体状态,然后进行振动摩擦焊接,因而不会产生颗粒飞边等影响外观性能的问题。

红外预加热技术是 CVT 的重点,而红外源发射器的选择是其重中之重,在技术上优先选用的是金属薄膜发射器,相比其它的发射器有很大的优势。金属薄膜发射器与其它发射器的辐射效果对比如图 2 所示,其中发射器与辐射物体的距离均为 50 cm。



a—卤素发射器; b—陶瓷发射器; c—碳发射器; d—金属薄膜发射器

图2 金属薄膜发射器与其它发射器的辐射效果对比

由图 2 可以看出,在相同距离下,对同一物体进行辐射加热,卤素、陶瓷及碳发射器的辐射效果在标准化加热后长度上各点的辐射强度不均匀,而金属薄膜发射器在各个辐射测量点上的辐射强度稳定均匀,达到了预期效果。另外,选用的宽带红外金属薄膜发射器的波长涵盖可见光、短波、中波和长波,与

大部分塑料的吸收波长相符合,可支持大部分常见塑料焊接件的辐射预热。

宽带红外金属薄膜发射器的主要特性和优点为:①由特殊镍合金制成的扁平无屏蔽细丝作为欧姆电阻;②‘Z’型设计可用来补偿热延展效应和增加特定的功率;③工作温度 600 ~ 900 °C,辐射频谱范围(标称范围 2.5 ~ 8.0 μm ,最大辐射强度下的波长 $\lambda=2.9 \mu\text{m}$)与典型聚合物的吸收频谱相符合(很大程度上取决于功能填料);④均一的辐射特性(长度/宽度)和对焊接轮廓的几何适应性能实现重复制造,可局部加热和对有着复杂 2D 及 3D 结构设计的塑料件塑化;⑤可方便轮廓跟踪固定、机械和电气保护及根据应用的孔径/遮蔽效应嵌入特殊的陶瓷材料^[3]。图 3 为金属薄膜发射器的实物图。

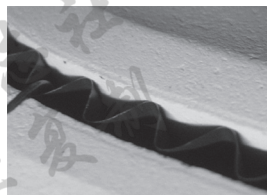
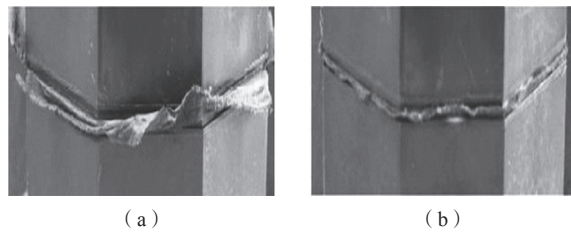


图3 金属薄膜发射器实物图

3 可行性实验

为了验证 CVT 的可行性,对 CVT 与传统振动摩擦焊接技术的焊接实验效果进行了对比。其中,实验用试样为八边形,材料为玻璃纤维(GF)增强尼龙 66 (GF 质量分数为 25%)。采用相同的焊接工艺参数,焊接深度为 $\pm 0.75 \text{ mm}$,压强为 2.0 MPa,总焊接绝对深度为 1.5 mm。

2 种焊接技术形成的焊接缝视觉效果对比如图 4 所示,颗粒排放与爆破压力对比如图 5 所示。



a—传统振动摩擦焊接; b—CVT

图4 CVT 与传统振动摩擦焊接技术形成的焊接缝视觉效果对比

从图 4 和图 5 可以明显看出, CVT 形成的焊接缝整洁美观,颗粒的排放大幅减少,其爆破压力亦较高,表明整体的焊接强度有一定的提高。由此可知,采用 CVT 对塑料件进行焊接在提高焊接质量及减少颗粒排放方面具有很大的优势。

4 实际应用分析

某塑料件之前的焊接采用传统振动摩擦焊接技

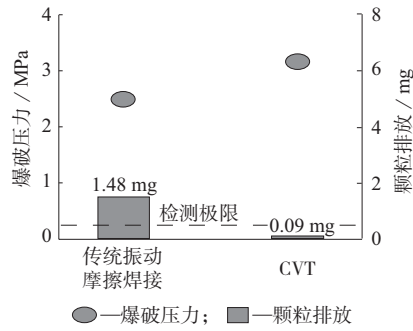


图5 CVT与传统振动摩擦焊接技术下的颗粒排放和爆破压力

术,应客户要求,现需提高其焊接外观及整体质量,故将焊接技术改为 CVT,对整个焊接过程进行分析。

(1) 焊接前阶段

焊接前,应了解此塑料件焊接筋的相关信息,此塑料件焊接筋的 3D 剖面示意图及其尺寸图如图 6、图 7 所示。

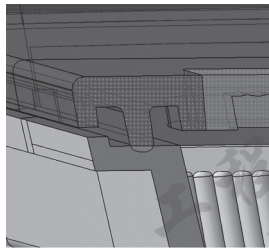


图6 塑料件焊接筋 3D 剖面示意图

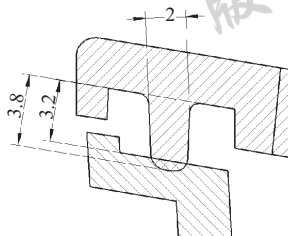


图7 塑料件焊接筋尺寸图

以上为理论数据及焊接后的状态,焊接筋宽度 $d=2$ mm,焊接筋高度 $h=3.8$ mm,焊接后焊接筋根部与焊接平面之间距离 $h'=3.2$ mm,焊接深度 $\Delta h=h-h'=0.6$ mm。

焊接筋焊接前状态因注塑等相关因素存在变化,可对焊接筋的实际焊接尺寸进行测量,并对焊接筋的整体状态与理论数据进行对比,了解及把握好焊接前焊接筋状态。焊接筋实际测量尺寸如表 1 所示(选取 10 组测量数据并取平均值)。

表 1 焊接筋焊接前实际测量尺寸 mm

项目	序 号										平均值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
d	1.77	1.69	1.98	1.70	1.82	1.68	1.82	1.78	1.86	1.83	1.79
$h_{\text{焊接前}}$	3.60	3.62	3.68	3.68	3.70	3.70	3.78	3.82	3.84	3.86	3.73

(2) 焊接阶段

CVT 焊接过程大体分为 2 个重要的过程:首先对焊接筋进行红外预热,然后撤掉红外预热装置进行振动摩擦焊接。红外预热这一过程需精度很高的参数控制,如温度、时间、辐射距离等都需要进行精确控制。加热温度过高会导致焊接筋呈熔融状态,振动摩擦焊接深度不到位会导致强度不够;温度过低则导致焊接筋预热不完全,整体焊接质量下降,体现不出 CVT 的优势;时间及辐射距离因素的影响亦是如此。

针对该塑料件,此阶段的红外预热装置设定电压值不变,所以装置的本身辐射温度不变,而且装置到焊接筋的距离亦是固定不变,变化的是对焊接筋的辐射时间,不同的辐射时间造成的焊接筋的辐射状态亦不同。

(3) 焊接后焊接筋状态分析

红外预热焊接过程结束后,可整体观察塑料件外观,然后进行剖切查看焊接面,对焊接后的焊接筋尺寸进行测量,可与焊接前焊接筋尺寸及理论焊接效果进行对比。

表 2 为红外预热焊接后焊接筋实际测量尺寸。

表 2 焊接筋焊接后实际测量尺寸 mm

项目	序 号										平均值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
h''	2.74	2.77	2.82	2.85	2.86	2.9	3.02	3.02	3.07	3.12	2.92
$\Delta h'$	0.86	0.85	0.86	0.83	0.84	0.8	0.76	0.8	0.77	0.74	0.81

注: h'' 为实际焊接后焊接筋根部与焊接平面的距离; $\Delta h'$ 为实际焊接深度,其计算公式为 $\Delta h'=h_{\text{焊接前}}-h''$ 。

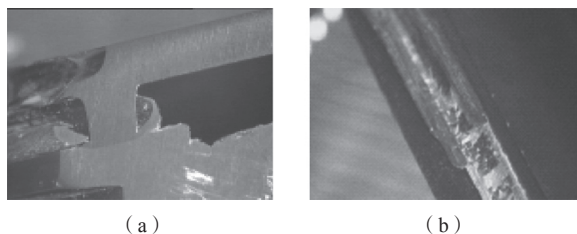
从表 2 可以看出,焊接后焊接筋的磨损存在差异,决定性因素很多,焊接深度理论值 $\Delta h=0.6$ mm,实际焊接深度 $\Delta h'$ 平均值为 0.81 mm。

该测量分析数据建立在初步设计的塑料件上,由于存在焊接筋尺寸差及面差等不稳定因素,故有所偏差,且测量本身也存在误差,但不影响整体焊接外观及质量,可在此分析的基础上对机器的焊接深度等参数进行重新设置,直至达到预期的焊接深度。

(4) 实际焊接效果对比

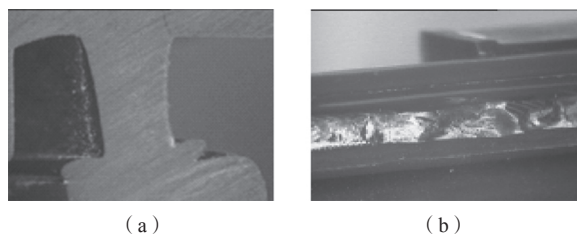
CVT 整体改善的是塑料焊接件外观质量,因而对比了采用 CVT 与传统振动摩擦焊接技术对塑料件焊接后的焊接件外观,如图 8、图 9 所示。

由图 8a 可以明显看到,传统振动摩擦焊接的塑料件在焊接处翻边,影响了整体外观,将塑料件上表面焊接件除去,通过图 8b 可以明显看到塑料件两侧的翻边情况;由图 9a 可以看出 CVT 焊接的焊接筋



a—剖面图; b—俯视图

图8 传统振动摩擦焊接的焊接件剖面及俯视图



a—剖面图; b—俯视图

图9 CVT焊接的焊接件剖面及俯视图

平滑整齐,达到预期的效果,同样将塑料焊接件上表

面焊接件除去,可以看到塑料焊接件两侧规则整齐,总体外观效果获得大幅度提高。

5 结语

对于塑料焊接技术,从传统的热板焊接到现代的激光焊接,整个技术的发展总是随着焊接产品的要求而产生。笔者对 CVT,由前期预想及理论分析,到可行性实验阶段,再到实际应用阶段,为塑料焊接技术又增添了一个成功案例。新技术总是有一个发展的过程,随着对 CVT 的研究逐渐深入, CVT 技术将不断得到发展,其在未来的应用前景将更为广阔。

参考文献

- [1] 马冬玲,赵高明,益小苏.塑料焊接方法及其机理[J].现代塑料加工应用,1993(3):49-53.
- [2] 余乐鸿,朱庆棠.热板焊接及其在车灯行业的应用[J].汽车电器,1995(6):11-13.
- [3] 佚名.必能信纯红外加热焊接简介[G].上海:必能信超声(上海)有限公司,[2011].

优惠销售 2000~2011 年中国工程塑料加工应用技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国工程塑料工业协会加工应用专委会为了配合 2000~2011 年先后召开的中国工程塑料加工应用技术研讨会共编辑、出版了 12 本《论文集》。其内容涉及工程塑料及通用塑料的合成与改性、加工、应用、测试、模具、设备新技术,以及文献综述、评论等,突出了我国工程塑料行业发展规划、热点分析。现尚有部分《论文集》,以及应广大读者要求加工制作的论文集光盘,以优惠价格(含邮费)销售,欢迎订阅。

1. 《论文集》,优惠价为 300 元/套,单册价格如下:

- 《2011 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 369 页,50 元/册;
- 《2010 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 371 页,45 元/册;
- 《2009 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 351 页,40 元/册;
- 《2008 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 351 页,35 元/册;
- 《2007 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 343 页,30 元/册;
- 《2006 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 346 页,25 元/册;
- 《2005 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 338 页,20 元/册;
- 《2004 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 337 页,20 元/册;
- 《2003 年塑料助剂和塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 105 篇,正文 373 页,20 元/册;
- 《2002 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 351 页,20 元/册;
- 《2001 年中国工程塑料加工及模具技术研讨会论文集》,论文 80 篇,正文 270 页,20 元/册;
- 《2000 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 339 页,20 元/册。

2. 论文集光盘,优惠价为 200 元/盘。

本光盘除收录上述 12 本《论文集》的全部内容外,还包括约 2400 人次的会议代表通讯录。

凡需购买《论文集》或论文集光盘的读者,请尽快办理邮购手续。汇款时请注明“论文集”或“论文集光盘”。

邮编汇款

收款单位:山东济南市田庄东路 3 号杂志社 邮编:250031

电话:(0531)85878057 85878223

85878278

传真:(0531)85947355

银行汇款

户名:中国兵器工业集团第五三研究所

开户银行:济南市工商银行经十一路支行

帐号:1602001229014425546

网上订购: <http://www.epa1973.com>