

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.01.013

超声波焊接条件对 PC/ABS 与 PMMA 焊接强度的影响

王璐, 柏莲桂, 周中玉, 李强
(上海锦湖日丽塑料有限公司, 上海 201107)

摘要: 研究了聚碳酸酯(PC)/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)合金超声波焊接材料设计及焊接条件, 对其与聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)焊接强度的影响。研究发现, 减少PC含量, 采用高分子量的PC, 都会使PC/ABS与PMMA超声波焊接的结合强度增加。可调节的几种焊接因素中, 焊接时间和振幅对结合强度影响大, 合适的加工参数才能得到焊接表面良好且焊接拉拔力大的焊接效果。工艺参数调制振幅70%, 延长时间为0.7 s, 焊接时间为0.2 s, 保压时间为0.15 s, 所得的焊接强度优异, 表面效果较好。

关键词: 聚碳酸酯/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料合金; 超声波焊接; 拉拔力

中图分类号: TQ322.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)01-0053-05

Influence of Ultrasonic Welding Parameters on Welding Strength between PC/ABS and PMMA

Wang Lu, Bai Liangui, Zhou Zhongyu, Li Qiang
(Shanghai Kumhosunny Plastics Co. Ltd., Shanghai 201107, China)

Abstract: The design and welding conditions of ultrasonic welding materials polycarbonate (PC) / acrylonitrile butadiene styrene(ABS) was studied. These factors have influenced on the improvement of welding strength with PMMA. The results show that reducing the content of PC and using PC with high molecular weight can increase the bonding strength of ultrasonic welding between PC/ABS and PMMA. The welding time and frequency also have great influence on the combined strength of several welding factors. The welding effect of welding surface is good and the welding force is high. The suitable technological parameter is that the modulation amplitude of the process parameters is 70%, and the retain time is 0.7 s, the welding time is switched to 0.2 s, pressure holding time is 0.15 s. Based on the conditions above, it can obtain welding strength excellently and the surface effect is better.

Keywords: polycarbonate / acrylonitrile butadiene styrene alloys ; ultrasonic welding ; drawing force

塑料的广泛应用,使得后加工技术丰富多彩,引入很多以前用在金属等制件结合的技术。比如,塑料的焊接技术有:热板焊接,激光焊接,摩擦焊,超声波焊接等^[1]。超声波作为一种优异的能源,使得塑料间的焊接可以做到清洁、干净、气密性好,便捷、快速,不需要添加额外的焊接助剂。

超声波焊接带来便捷、美观的同时,也存在一些问题,特别是针对异种材料的焊接,对材料需求也有所提高。超声波焊接是一种破坏性的焊接^[2-4],故不可以重复加工。通常要求异种材料焊接过程中,两种材料间的熔点不应超过22℃,且这两种材料的结构尽可能相似或者相近。

通常,热塑性塑料在超声波振动的作用下,使

得表面分子间摩擦生热,两种材料熔融软化,而使两种塑料焊接在一起^[5]。超声波作用于热塑性材料表面,相接触的超声波能量会产生高频率的振动,借由基材将能量传递到焊区。因为焊接区域,即两个材料焊接的交界面处的声阻较大,可以产生局部的高温。塑料通常的导热性差^[6-8],焊区产生的热量还不能及时散发,聚集在焊点附近,两种塑料开始熔融软化,加上一定焊接压力后,两者融合成一体^[9]。随着超声波作用的结束,继续让压力持续几秒钟,焊区会固定成型,这样就能产生一个坚固的分子链,达到异种焊接的目的,所产生的结合力是通过分子间的作用力,强于普通的物理作用力,设计合理会达到较优的焊接效果^[10-11]。

通讯作者: 王璐, 硕士, 研发工程师, 主要研究方向为聚合物材料改性 E-mail: wanglu@kumhosunny.com

收稿日期: 2017-11-13

引用格式: 王璐, 柏莲桂, 周中玉, 等. 超声波焊接条件对 PC/ABS 和 PMMA 之间焊接强度影响 [J]. 工程塑料应用, 2017, 46(1):53-57.

Wang Lu, Bai Liangui, Zhou Zhongyu, et al. Influence of ultrasonic welding parameters on welding strength between PC/ABS and PMMA[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 46(1):53-57.

日前,有些项目应用透明的聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)为基材,与聚碳酸酯(PC)/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)合金结合,其应用前景广泛。PMMA具有高度的光学透明性,优异的着色性,PMMA的玻璃化转变温度(T_g)在75~105℃,软化点在160~180℃。PC树脂的 T_g 为148~152℃,软化点215~225℃;ABS的软化点为180~190℃。PMMA与PC/ABS合金需通过塑料焊接进行结合。但是两种材料制件的软化点差距较大,所以会产生结合强度不够或者表面碎屑较多等不良现象^[12-14]。

一方面材料本身结构设计会影响焊接强度及表面效果^[15],但是可以通过超声波焊接的工艺调整焊接强度,可调节参数有:气压、下降速度、振幅、频率、焊接时间及保压时间,这些均会影响焊接强度。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PC1:普通级,熔体流动速率(MFR)为10 g/10 min (300℃,1.2 kg),日本帝人公司;

PC2:MFR为17 g/10 min (300℃,1.2 kg),日本帝人公司;

ABS高胶粉:胶含量为60%,韩国Kumho公司;
苯乙烯-丙烯腈共聚物(SAN):普通级,韩国Kumho公司;

PMMA:山东日科化学股份有限公司。

1.2 主要仪器及设备

超声波焊接仪器:EMERSON型,迅能有限公司;

扫描电子显微镜(SEM):BX51M型,日本OLYMPUS有限公司;

双螺杆挤出机:TE-35型, $L/D=44:1$,南京科亚塑料机械有限公司;

拉拔力测试仪:7010型,德国Zwick/Roell公司;

注塑机:JM138Ai-svp/2型,震雄机器厂有限公司;

万能材料试验机:Z010 TN ProLine型,德国ZWICK公司。

1.3 实验方法

将PC,ABS高胶粉、SAN树脂及各助剂按照表1的配方称取质量份,在高速混合机中,预先混合10 min;将均匀混合物从双螺杆挤出机的喂料口加入,经过熔融挤出、冷却、干燥、切粒得到PC/ABS塑料粒子。挤出机从加料口到口模共有10个温控

区,其中第1~第3区温度控制为170~190℃;第4~第7区温度控制为210~240℃;第8~第10区温度控制为230~260℃。挤出机的真空口分别设置在第4和第9区,真空度为0.07 MPa。螺杆转速设为350~450 r/min。

表1 PC/ABS合金配方组分及含量

材料	配方编号				质量份
	I	II	III	IV	
PC1	/	/	/	/	65
PC2	55	65	70	/	/
ABS胶粉	15	15	15	15	15
SAN树脂	28	18	13	18	18
其它助剂	2	2	2	2	2

1.4 性能测试

(1) 超声波焊接实验。

将所得PC/ABS合金和PMMA树脂粒子干燥3~6 h,然后通过注塑机注塑焊接标准样条,样条尺寸为100 mm×50 mm×4 mm。选取PC/ABS为焊点的材料,PMMA为无焊点的样条,按照表2的条件进行超声波焊接。

表2 焊接条件

延长时间 / s	焊接时间 / s	保压时间 / s	振幅 / %	焊接压力 / N
0.7	0.1	0.15	70	2

选取I号样条与PMMA样条按照表3条件进行超声波焊接,探究不同超声波工艺对焊接点处焊接强度的影响。

表3 焊接实验条件

工艺参数	焊接试样编号								
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]	9 [#]
焊接时间 / s	0.1	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
振幅 / %	70	70	70	70	50	90	70	70	70
延长时间 / s	0.7	0.99	0.7	0.7	0.7	0.7	1	0.7	0.7
保压时间 / s	0.15	0.99	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1	0.05

(2) 焊接拉拔力测试。

用拉力试验机的夹具一端夹住PMMA样条,一端夹住PC,通过测定焊缝断裂时的拉伸强度评价焊接的强度,焊接拉拔力为拉断焊接样条时的最大力。将焊接样条夹持至拉拔力测试机测试焊点能承受的最大拉拔力,测试速度为50 mm/min,得到拉拔力与形变的曲线,取焊点断裂时的拉拔力平均值。

(3) 焊接断裂表面分析。

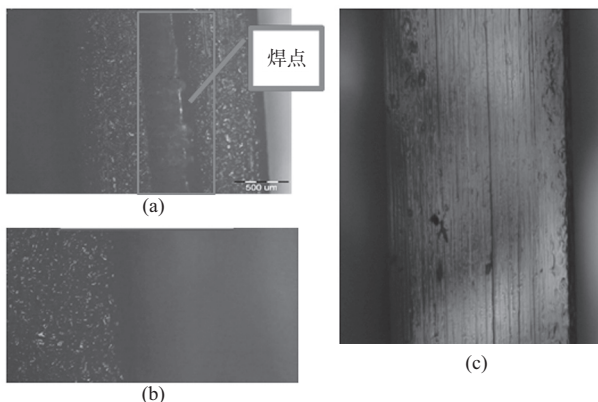
通过SEM观察焊接前后样条焊接区域的表面形貌,对焊接强度及破坏形式进行分析。

2 结果与讨论

2.1 超声波焊接表面形貌

超声波焊接是通过带焊点和不带焊点的两个

阶梯焊接平台来进行焊接。图1为未焊接时焊点和焊接平台的SEM照片。图1a表示焊点的锥形平台,焊点高度约为1 mm,图1b中表示焊点附近的PC/ABS焊接区域的形貌,可以看出焊接表面平整光滑。图1c为PMMA的焊接平台区域,因为PMMA具有较好的光学特性,表面更为平整,光滑。



a—焊点的锥形平台; b—焊点附近的PC/ABS焊接区域的形貌;
c—PMMA的焊接平台区域

图1 未焊接时焊点和焊接平台的SEM照片

图2是通过超声波焊接后,选取典型样条进行显微镜拍摄,所得到的焊接区域微观照片。由图2可以看出,焊接区域均匀平整且无碎屑。说明一定的焊接条件可以得到焊接强度高,表面形貌好的焊接样条。

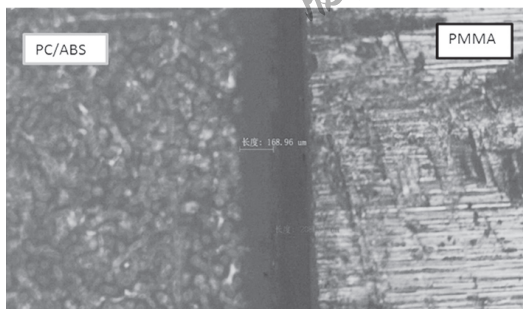


图2 超声波焊接后样条表面形貌

图3和图4分别表示通过拉拔试验后拉断样条PC/ABS段和PMMA段,焊接区域的微观表面形貌(选取典型样条形貌)。由图3、图4可看出,中间有一段焊点留下的痕迹,但因为超声波传递,已完全软化与PMMA相融合,故焊点与平台不存在凸起。PMMA样条表面有PC/ABS余料残留,说明焊接时,两种材料相互融合在一起。从拉拔测试后样条的断面微观表面形貌可清晰看出,超声波焊接的工艺使得异种材料较好地结合在一起,并且是通过化学作用而融合,具有高的焊接结合力。从两个

图可以看出,两种材料在该焊接工艺下,焊接良好。

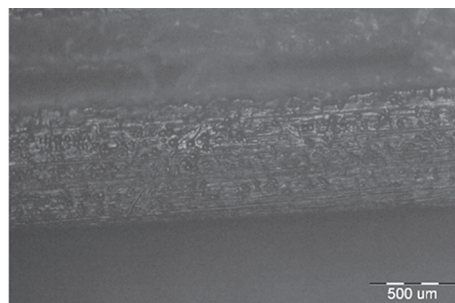


图3 超声波焊接后样条PC/ABS段表面形貌SEM照片



图4 超声波焊接后样条PMMA段表面形貌SEM照片

2.2 超声波焊接条件对拉拔力的影响

超声波焊接是通过频率、压力、速度等因素调节超声波传递的能量高低,进而改善异种材料融合的程度。笔者主要通过改变振幅、延长时间、焊接时间、保压时间,来研究其与焊接强度,即拉拔力的关系。

图5示出相同振幅,不同焊接时间对PC/ABS合金与PMMA焊接后样条拉拔力的影响。由图5可以看出,提高保压时间和延长时间,会显著提高焊接强度,因为传递超声波能量的时间变长,使得焊区可以接受更多的超声波能量,进而转变成热能,改善材料的相容性,但是也会造成焊接过度,表面形貌不良,产生碎屑等现象。

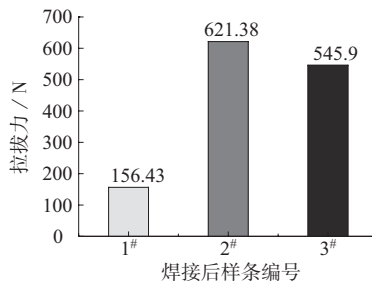


图5 焊接时间对焊接后样条焊接强度影响

图6示出振幅对PC/ABS合金与PMMA焊接后样条焊接强度的影响。由图6可以看出,振幅升高,焊接强度增强。低于50%的振幅,因为超声波能量太低,几乎焊不上两种材料。由此可以看出,超声波能量的增加会显著提高焊接后样条的焊接强

度。

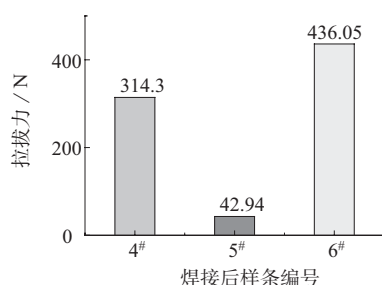


图6 振幅对焊接后样条焊接强度的影响

图7为相同振幅,不同保压时间和延长时间对PC/ABS合金与PMMA焊接后样条拉拔力的影响。由图7可以看出,保压时间和延长时间调整范围在8%内,对焊接拉拔力影响并不大。

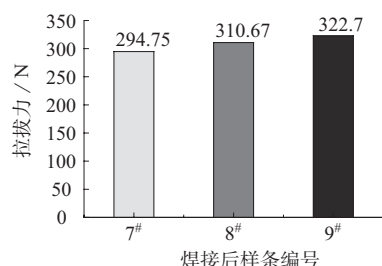


图7 保压时间对焊接后样条焊接强度的影响

除焊接能量的高低,改善保压时间及延长时间,在一定程度上会影响焊接强度,但因为传递能量时间过短,小幅度改善并不会起到明显的作用。根据探索实验条件,选取表面效果较好,拉拔力适中的焊接条件对PC/ABS材料配方进行焊接强度评估。

超声波的塑料焊接强度的影响因素有压力、换能器焊头的振幅及焊接时间等3个因素^[16]。其中,焊接时间与焊头的压力是可通过参数调节的,振幅由换能器和变幅杆决定,影响能量释放。这3个参数之间会相互作用,有适宜值,若能量超过适宜值时,塑料的溶解量就大,焊接物易变形;如果超声波的能量过小,则焊接强度低,不易焊牢,施加的压力也不能太大。适宜超声波焊接条件为:振幅为70%,延长时间为0.7 s,焊接时间为0.2 s,保压时间为0.15 s。

2.3 不同PC含量对焊接强度的影响

焊接条件决定了焊接过程中传递超声波能量的多少,进而可以改变焊接区域熔融的程度。另一方面,材料本身的熔点会影响焊接强度。因为PC的 T_g 在150℃附近,与PMMA的 T_g 为80~100℃相差较多,故PC与PMMA相容性差。SAN的 T_g 为85℃、丁二烯的 T_g 为-24~104℃、苯乙烯的 T_g 为100℃,可看出ABS的 T_g 相比PC,与PMMA的

T_g 更相近。

图8示出PC/ABS合金中,不同PC含量对PC/ABS合金与PMMA焊接后的样条焊接强度的影响。由图8可知,随着PC含量的增加,焊接的拉拔力降低。因为PC的 T_g 与PMMA相差较多,并且,PC耗散性能相对较弱。随着PC含量的升高,使得PC/ABS合金的 T_g 与PMMA温差更大,故需要更多的超声波能量和焊接时间,使得PC/ABS合金熔融温度和时间增加。

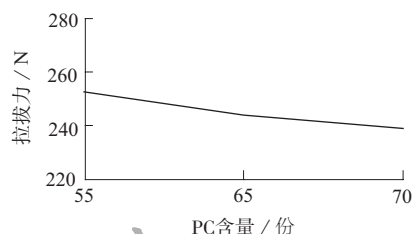


图8 PC含量对焊接后样条焊接强度影响

2.4 不同分子量的PC对焊接强度及表面形貌的影响

图9示出不同分子量的PC对PC/ABS合金与PMMA焊接后样条焊接强度的影响。由图9可知,PC分子量增加,可以提高超声波的焊接强度。因为在相同PC含量的情况下,PC/ABS的熔融温度是相同的,但是接受能量和传递能量的能力与分子量相关。高分子量PC具有优异的传递性能,可以较快地传递超声波的能量。

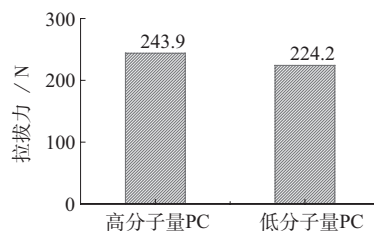


图9 PC分子量对焊接后样条焊接强度的影响

3 结论

(1) 超声波焊接可以通过超声波能量转换成热能,使得焊接区域间润湿改善,分子链间扩散能力增强。通过分子间扩散以及链段缠结而形成强的结合。宏观表现为较高的焊接强度。

(2) 采用高振幅、高保压时间、高延长时间及焊接时间都会改善焊接强度。其中,超声波能量传递的多少影响最为显著。但是过高的加工参数会导致材料焊接过度,表面产生碎屑及溢料。适宜超声波焊接条件为:振幅为70%,延长时间为0.7 s,焊接时间为0.2 s,保压时间为0.15 s。

(3) 在PC/ABS合金中,降低PC含量可以提高PC/ABS合金与PMMA焊接强度。

(4) 采用高分子量的PC,可以改善传递能量的效率,会使PC/ABS合金与PMMA焊接强度提高。

参考文献

- [1] 张胜玉. 塑料超声波焊接技术 [C] // 2014 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集, 济南: 工程塑料应用杂志社, 2014.
Zhang Shengyu. Ultrasonic plastic welding technology [C] // Proceedings on China engineering plastics composites technology seminar of 2014, Jinan: The Magazine House of Engineering Plastics Application, 2014.
- [2] Zhi Q, Tan X R, Liu Z X, et al. Effect of moisture on the ultrasonic welding of carbon-fiber-reinforced polyamide 66 composite [J]. Welding Journal, 2017, 96(6): 185–192.
- [3] 库媛. 超声波焊接参数对 PP-ABS 接头抗拉强度的影响 [D]. 长春: 吉林大学, 2014.
Ku Yuan. Influence of ultrasonic welding parameters on the tensile strength of the joints between PP and ABS [D]. Changchun: Jilin University, 2014.
- [4] Chinnadurai T, Arungalai V S. Thermal and structural analysis of ultrasonic-welded PC / ABS blend for automobile applications [J]. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2017, 127(3): 1995–2003.
- [5] Liu Jing, Xu Guocheng, Ren Lei, et al. Defect intelligent identification in resistance spot welding ultrasonic detection based on wavelet packet and neural network [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2017, 90(9–12): 2581–2588.
- [6] Luan Tianmin, Guo Weibing, Yang Shenghua, et al. Effect of intermetallic compounds on mechanical properties of copper joints ultrasonic-soldered with Sn-Zn alloy [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2017, 248: 123–129.
- [7] Francesca L, Frank B, Alfonso M. Hybrid ultrasonic spot welding of aluminum to carbon fiber reinforced epoxy composites [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2017, 247: 289–295.
- [8] Pedro O, Fernandez V I, Groves R M, et al. Experimental assessment of the influence of welding process parameters on Lamb wave transmission across ultrasonically welded thermoplastic [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2018, 99: 197–218.
- [9] Bhope K, Ghatge M, Mehta, M, et al. Development, optimization and validation of ultrasonic testing for NDE of ELM coils [J]. Fusion Engineering and Design, 2017, 121(3): 218–226.
- [10] Wang Kaifeng, Shriver D, Li Yang, et al. Characterization of weld attributes in ultrasonic welding of short carbon fiber reinforced thermoplastic composites [J]. Journal of Manufacturing Processes, 2017, 29: 124–132.
- [11] Park Jae-Yoon, Lee Jung-Ryul. Application of the ultrasonic propagation imaging system to an immersed metallic structure with a crack under a randomly oscillating water [J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2017, 31(9): 4099–4108.
- [12] Lee Dongkyun, Cai Wayne. The effect of horn knurl geometry on battery tab ultrasonic welding quality: 2D finite element simulations [J]. Journal of Manufacturing Processes, 2017, 28(3): 428–441.
- [13] Wang Kaifeng, Li Yang, Mihaela B, et al. Effect of interfacial preheating on welded joints during ultrasonic composite welding [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2017, 246: 116–122.
- [14] Zhi Q, Tan X R, Liu Z X. Effect of moisture on the ultrasonic welding of carbon-fiber-reinforced polyamide 66 composite [J]. Welding Journal, 2017, 96(6): 185–192.
- [15] 张宗波, 王晓东, 罗怡, 等. 超声波塑料焊接机理 [J]. 焊接学报, 2010, 31(11): 29–32.
Zhang Zongbo, Wang Xiaodong, Luo Yi, et al. Ultrasonic plastic welding mechanism [J]. Transactions of the China Welding Institution, 2010, 31(11): 29–32.
- [16] Truckenmuller R, Ahrens R, Yue Cheng, et al. An ultrasonic welding based process for building up a new class of inert fluidic microsensors and -actuators from polymers [J]. Sensors and Actuators A Physical, 2006, 132(1): 385–392.

恒逸成功首创无铈环保聚酯产品

由浙江恒逸石化有限公司研发中心自主立项、自主开发的钛系催化剂聚酯切片在 2000 t/a 连续装置上成功试生产。恒逸无铈环保聚酯产品商标注册为“逸钛康”, 具有完全自主知识产权。这是恒逸在国内同行中第一个成功开发出与铈系催化剂产品同等质量的长丝级无铈环保聚酯产品。

通过采用全新配位化学结构的钛系催化剂及复合催化体系, 经过恒逸研发团队两年多时间的反复小试、中试, 不断探索及调整优化生产工艺, 最终达到了生产过程稳定可控、产品各项指标均符合聚酯切片国家标准和企业标准要求的目标, 并具备了工业化连续生产的条件。

作为一种新型环境友好型的纤维级聚酯产品, “逸钛康”产品现已进入用户试用推广阶段, 目前已有多家下游用户对

该产品产生了非常浓厚的兴趣。

传统聚酯生产中普遍采用的铈系催化剂有诸多缺点: ①在聚酯缩聚反应中, 铈催化剂会部分还原成灰色; ②合成的聚酯在纺丝时, 由于重金属的还原积累会增加纺丝组件的压力; ③重金属铈有一定的毒性, 不仅在聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 染色过程中析出从而造成环境污染, PET 终端产品成为垃圾后也同样每年万吨级铈带入大自然, 造成不可恢复的污染。

恒逸石化有限公司此次成功研发的无铈环保聚酯产品“逸钛康”, 是恒逸深入践行“绿水青山就是金山银山”新理念的具体写照。无铈环保聚酯产品“逸钛康”在恒逸聚酯装置生产线上的全面推广, 必将掀起聚酯行业的一次革命, 切实为我国绿色发展贡献力量。 (慧聪塑料网)