

聚对苯二甲酸乙二醇酯/聚乙烯薄膜的超声波焊接

郭毓峰

(国防科技工业局协作配套中心,北京 100037)

文 摘 研究了12 μm 聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)/30 μm 聚乙烯(PE)薄膜超声波焊接工艺,发现焊接振幅在2-10 μm ,对焊接接头热合强度的影响不大;其焊接接头的热合强度最大值出现在焊接振幅4-7 μm 。随着焊接时间的延长和焊接压力的增大,焊接接头的热合强度呈先增大后减小的变化规律。对不同工艺参数下焊接区域的结晶程度的分析结果说明,PET/PE 薄膜焊接接头热合强度与接头的结晶程度有关,随着焊接时间、焊接振幅、焊接压力增加,焊接区域试样的结晶程度先减小后增大,焊接接头的热合强度先升高后降低。PET/PE 薄膜超声波焊接接头的熔融区域较宽,断面凹凸不平,出现拉出凸起部分,表现为韧性断裂特征。

关键词 超声波焊接,聚对苯二甲酸乙二醇酯,聚乙烯,薄膜,热合强度

Ultrasonically Welded PET/PE Laminated Films

Guo Yufeng

(National Defense Science Technology and Industry Bureau, Beijing 100037)

Abstract Ultrasonically welding of 12 μm PET/30 μm PE laminated films were investigated in this paper. The results show that the welding vibration amplitude has little effect on the welded joint strength of the laminated films when it varies between 2-10 μm . The maximum welded joint strength appears when the welding vibration amplitude is 4-7 μm . The welded joint strength increases first and decreases lately follow the increase of the welding time and welding pressure. The welded joint strength of PET/PE is related to its crystal degree. When the welding time, welding pressure and the vibration amplitude increase, the crystal degree in the welding zone decreases first and then increases, the welded joint strength increases first and decreases then. The PET/PE welded joints show a wider melting area and an accidented fracture surface and characteristics of tough fracture.

Key words Ultrasonically welding, PET, PE, Crystal degree, Welding strength

1 前言

塑料超声波焊接质量与工艺参数、焊接设备的频率和焊接材料的形状有关。大多数文献报道的研究工作都是基于20 kHz的超声波焊接设备和塑料及其复合材料的片材、板材而完成的,其焊接质量与焊接振幅、焊接时间、焊接压力等工艺参数有关^[1-3]。但针对塑料薄膜超声波焊接研究的报道很少,吴德光^[4]对包装塑料聚酯/低密度聚乙烯膜、PETP/AL/LDPE膜,Alejandro等^[5]对热塑性聚氨酯薄膜等进行了超声波焊接的探索性研究,薄膜厚度在100 μm 以上,焊接设备频率为20 kHz,但都没有系统地研究塑料薄膜的焊接质量与工艺参数的关系。本文利用40 kHz超声波设备对聚对苯二甲酸乙二醇酯/聚乙烯(PET/PE)薄膜进行焊接工艺研究,研究焊接振幅、焊接时间、焊接压力及焊接区域等参数对焊接接头热

合强度的影响,并分析焊接接头结晶程度与其热合强度的关系。

2 实验

2.1 材料

PET:12 μm 厚薄膜,佛山杜邦鸿基塑料包装有限公司;PE:30 μm 厚薄膜,北京金信恒泰包装有限公司;YH2000S/YH10胶黏剂,北京高盟化工有限公司。

2.2 试样准备

薄膜试样:采用干式复合方法将PET和PE通过YH2000S/YH10粘结在一起,制备成PET/PE。

超声波焊接试样:沿PET/PE薄膜的纵向取样,上下两片试样采取简单的平面搭接形式。图1为PET/PE焊接试样,使用胶带将上下两试样固定在一起,避免试样在焊接过程中产生滑动,焊接线保证上、

收稿日期:2010-05-18;修回日期:2010-07-14

作者简介:郭毓峰,1972年出生,博士,高级工程师,主要从事材料开发工作

下焊接试样与焊缝完全平行。

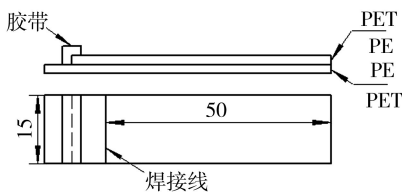


图1 PET/PE 薄膜超声波焊接试样

Fig.1 Sketch of ultrasonically welded PET/PE laminated films

2.3 性能测试与表征

焊接接头热合强度按塑料薄膜包装袋热合强度试验方法 QB/T2358—98 进行测试。

DSC:在薄膜的焊接区域内取尺寸相同的试样,温度从 30℃ 升高到 250℃,升温速率 10 °C/min。

扫描电镜分析:日本岛津扫描电镜,观察前需要对断裂面进行喷金处理。

3 结果与讨论

3.1 焊接接头热合强度与焊接振幅的关系

振幅是塑料超声波焊接中需首要选择的工艺参数,PET/PE 薄膜焊接接头热合强度与振幅的关系曲线见图 2。可以看出,振幅在 2-10 μm 范围内变化时,PET/PE 薄膜焊接接头的热合强度变化很小(33.78-35.52 N/15 mm),振幅变化对接头热合强度的影响不明显。对不同焊接振幅下薄膜焊接区域进行 DSC 分析,结果见表 1。

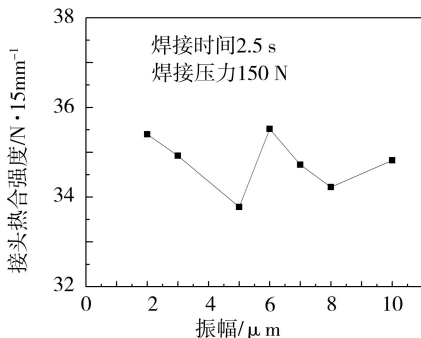


图2 PET/PE 薄膜焊接接头热合强度与焊接振幅的关系

Fig.2 Welded joint strength vs vibration amplitude for PET/PE laminated films

表1 不同焊接振幅 PET/PE 薄膜焊接接头的 DSC 分析结果

Tab.1 DSC results of PET/PE laminated film welding joints with different amplitudes

序号	焊接时间/s	焊接压力/N	焊接振幅/μm	熔点/°C	熔融热焓/J·g ⁻¹
1	2.5	150	1	123.83	38.64
2	2.5	150	4	123.33	38.43
3	2.5	150	7	123.49	39.37
4	2.5	150	10	123.31	39.93

从表 1 可以看出,焊接振幅变化对 PET/PE 薄膜焊接区域熔融热焓的影响规律是先减少后增大,说明在 2-10 μm 振幅范围内薄膜的结晶程度先降低后增加,热合强度最大值出现在 4-7 μm 焊接振幅范围内。

3.2 焊接接头热合强度与焊接时间的关系

焊接时间是对焊接质量有重要影响的工艺参数。PET/PE 薄膜焊接接头热合强度与焊接时间的关系曲线见图 3。可以看出,随着焊接时间的增加,PET/PE 薄膜焊接接头的热合强度随焊接时间增加呈先升高后降低的变化趋势,转折点在 2.25 s 附近。对不同焊接时间下薄膜焊接区域进行 DSC 分析,结果见表 2。

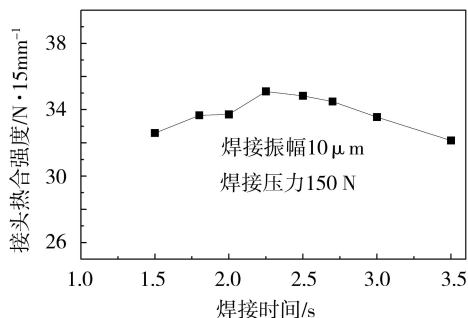


图3 PET/PE 薄膜焊接接头热合强度与焊接时间的关系

Fig.3 Welding strength vs welding time for PET/PE laminated films

表2 不同焊接时间 PET/PE 薄膜焊接接头 DSC 分析结果

Tab.2 DSC results of PET/PE laminated film welding joints with different welding time

序号	焊接时间/s	焊接压力/N	焊接振幅/μm	熔点/°C	熔融热焓/J·g ⁻¹
1	2.0	150	10	122.97	38.53
2	2.3	150	10	122.98	38.36
3	3.0	150	10	122.98	38.79
4	3.5	150	10	122.97	39.09

在超声波焊接过程中,焊接时间愈长,焊接界面温度就愈高,熔化的塑料就愈多,压力作用下两层薄膜的相互结合就更充分,焊接接头的热合强度升高;但焊接时间过长,过度的热量会使热影响区变大和边缘热应力集中,降低接头的热合强度。

3.3 焊接接头热合强度与焊接压力的关系

PET/PE 薄膜焊接接头热合强度与焊接压力的关系见图 4。可以看出,接头的热合强度随着焊接压力增大而迅速增加,当超过 150 N 后,热合强度随焊接压力增大而迅速降低;对不同焊接压力下薄膜焊接区域进行 DSC 分析,结果见表 3。结果表明,焊接压力对薄膜焊接区域的熔融热焓呈先变小后变大的规律,焊接压力为 150 N 时,焊接试样的熔融热焓最小,结晶程度低,接头热合强度大。

较低的焊接压力难以使界面紧密结合,存在大面积的空气区域,大部分超声波振动损失,形成的熔合区域很不均匀,接头的热合强度不高。当焊接压力达到一定值后,界面结合紧密,温度迅速升高,焊接接头区域形成致密结构,热合强度升高。但如果焊接压力过高,会使边缘热应力集中加剧,引起脆性断裂,热合强度降低。

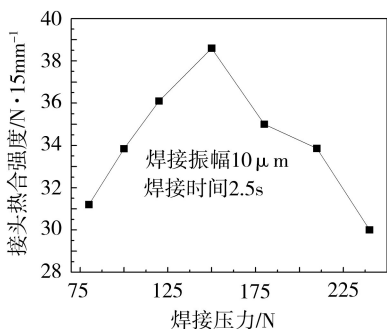


图4 PET/PE 薄膜焊接接头热合强度与焊接压力的关系

Fig. 4 Welding strength vs welding pressure for PET/PE laminated films

表3 不同焊接压力 PET/PE 薄膜焊接接头 DSC 分析结果

Tab.3 DSC results of PET/PE laminated film welding joints with different welding pressure

序号	焊接时间/s	焊接压力/N	焊接振幅/ μm	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	熔融热焓/ $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$
1	2.5	70	10	122.97	39.05
2	2.5	100	10	123.14	38.41
3	2.5	150	10	122.98	38.36
4	2.5	180	10	123.12	38.40
5	2.5	210	10	123.13	39.13

3.4 焊接接头热合强度与焊接区域的关系

PET/PE 焊接接头热合强度与焊接区域宽度的关系如图5。

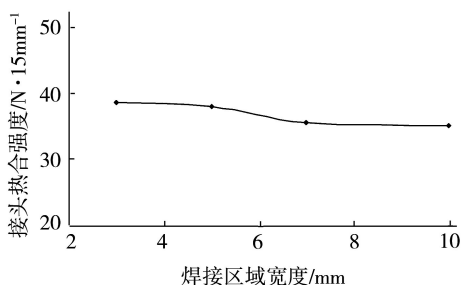


图5 PET/PE 薄膜焊接接头热合强度与焊接区域宽度的关系

Fig.5 Welding strength vs welding width for PET/PE laminated films

可以看出,随着焊接区域宽度的增加,薄膜焊接接头热合强度有所降低。从理论上讲,增加焊接区域的面积,形成的接头应更加可靠。但焊接区域边缘存在热应力集中,破坏往往先出现在焊接试样边缘的热影响区,随着焊接区域宽度增加,焊接界面增大,需要的热量增多,焊接界面温度更高,焊接区域与未焊接区域交界处温度差异较大,热应力集中现象更加严重,更容易在此交界位置断裂,表现为焊接接头的热合强度下降。

力集中,破坏往往先出现在焊接试样边缘的热影响区,随着焊接区域宽度增加,焊接界面增大,需要的热量增多,焊接界面温度更高,焊接区域与未焊接区域交界处温度差异较大,热应力集中现象更加严重,更容易在此交界位置断裂,表现为焊接接头的热合强度下降。

图6为薄膜焊接区域的微观结构,可见PET/PE薄膜接头熔融区域较宽,断裂界面凹凸不平,出现拉出凸起部分,表现为韧性断裂特征。

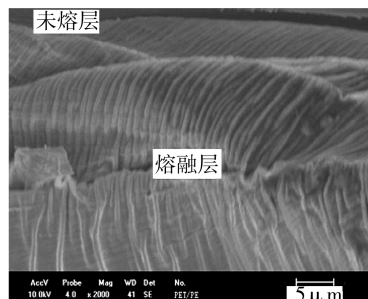


图6 PET/PE 薄膜焊接剖面扫描电镜照片

Fig.6 SEM photo of welding joint cross-section for PET/PE laminated films

4 结论

(1)PET/PE 薄膜超声波焊接时,焊接振幅在2-10 μm ,对焊接接头热合强度的影响不大;焊接振幅在4-7 μm 、焊接时间为2.3 s、焊接压力为150 N时,其焊接接头的热合强度最大。

(2)随着焊接时间的延长和焊接压力的增大,焊接接头的热合强度呈先增大后减小的变化规律。

(3)PET/PE 薄膜焊接接头热合强度与接头的结晶程度有关,随着焊接时间、焊接振幅、焊接压力增加,焊接区域试样的结晶程度先减小后增大,焊接接头的热合强度先升高后降低。

(4)PET/PE 薄膜超声波焊接接头的熔融区域较宽,断面凹凸不平,出现拉出凸起部分,表现为韧性断裂特征。

参考文献

[1] Benatar A, Eswaran R V, Nayar S K. Ultrasonic welding of thermoplastics in the near-field[J]. Poly. Eng. Sci., 1989, 29(23):1689-1698

[2] 高阳,陈风波,赵云峰. 塑料超声波焊接质量影响因素的研究进展[J]. 宇航材料工艺,2006,36(6):9-13

[3] 高阳,赵云峰. 塑料超声波焊接工艺研究进展[J]. 中国行业资讯大全塑料行业卷,2007(3):120-123

[4] 吴德光. 论包装塑料膜的熔合与质量[J]. 云南农业大学学报, 1996,11(1):39-44

[5] Alejandro A, Orias E, Renaud J E. An optimization study of the ultrasonic welding of thin film polymers//Proceeding of ASME Design Engineering Technical Conference,2004:75-84