

一种用于化纤丝饼包装的超声波封膜系统

徐国宝, 杨红亮, 王延军, 徐志刚

(北京航天斯达科技有限公司, 北京 100076)

摘要:目的 完成塑料薄膜在包裹丝饼前的焊接工作。方法 设计一种超声波封膜系统, 阐述系统结构及工作原理, 并分析塑料薄膜焊接质量的影响因素。结果 针对化纤行业的特殊使用环境, 结合了理论分析, 确定了系统的焊接条件。结论 该系统经实际应用, 运转良好, 具有推广价值。

关键词: 超声波焊接; 丝饼包装; 封膜

中图分类号: TB486; TB484.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2016)07-0116-04

Ultrasonic Film-sealing System for Chemical Fiber Spindle Packaging

XU Guo-bao, YANG Hong-liang, WANG Yan-jun, XU Zhi-gang

(Beijing Aerostandard Technology Co., Ltd., Beijing 100076, China)

ABSTRACT: This study was aimed to finish the welding work of the plastic film before packing spindle. An ultrasonic film-sealing system was designed, the structure and working principle of which were described, and the influencing factors of the welding quality for plastic film were analyzed. Considering the special environment of chemical fiber industry, combining theoretical analysis, the welding conditions of the system were determined. The system worked well in practical application, and is worth promoting.

KEY WORDS: ultrasonic welding; spindle packaging; film-sealing

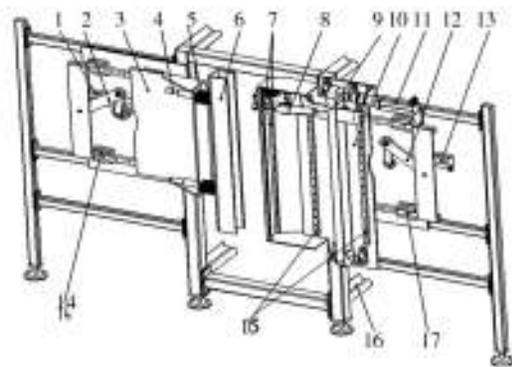
塑料超声波焊接技术是借助超声波使塑料表面快速融合的加热连接方法。超声波的高频振动作用于塑料表面时, 会产生局部高温, 从而使两个塑料接触面迅速熔化, 加上一定压力后, 使其融合成一体^[1]。

化纤行业生产出的化纤, 一般盘成丝饼后送至用户。为避免丝饼运输过程中沾染灰尘、油污, 同时防止丝饼因受到磨擦而产生断丝现象, 需要在丝饼外面包裹一层塑料薄膜。塑料薄膜在包裹丝饼前要将端边融合在一起, 这里介绍了一种用于化纤丝饼包装的超声波封膜系统, 通过超声波焊接, 实现塑料薄膜的融合。

1 结构组成

超声波封膜系统结构见图1(机架前后端还有其

他机构, 因为与这里的讨论无关, 在此省略)。



1.左侧电机; 2.左侧连杆机构; 3.左侧移动组件; 4.导柱; 5.压缩弹簧; 6.左侧压膜板; 7.右侧压膜板; 8.超声波焊接单元; 9.同步带装置; 10.右侧移动组件; 11.升降电机; 12.右侧连杆机构; 13.右侧电机; 14.左侧滑轨; 15.升降滑轨; 16.机架; 17.右侧滑轨

图1 超声波封膜系统结构

Fig.1 Structure diagram of the ultrasonic film-sealing system

收稿日期: 2015-07-13

作者简介: 徐国宝(1987—), 男, 北京人, 硕士, 北京航天斯达科技有限公司工程师, 主要研究方向为智能化包装设备和机器人码垛应用。

整套系统分左右两部分,分别固定在机架的两侧。左侧电机通过左侧连杆机构驱动左侧移动组件,沿左侧滑轨水平运动,同样,右侧电机通过右侧连杆机构驱动右侧移动组件,沿右侧滑轨水平运动。当两侧移动组件对向运动时,左侧压膜板、右侧压膜板能够相互压紧。左侧移动组件与左侧压膜板之间安装有压缩弹簧,起到减振、缓冲的作用。

右侧移动组件上固定有超声波焊接单元、同步带装置、升降电机、升降滑轨等部件。当升降电机驱动同步带运动时,固定在同步带上的超声波焊接单元可沿升降滑轨上下运动,完成切膜和熔膜工作。

2 工作原理

2.1 超声波焊接单元工作原理

一般情况下,超声波焊接系统主要包括焊头、变幅杆、换能器、换能器基座、超声波发生器等部门^[2-3]。超声波发生器的作用是将工频(国内一般为50 Hz)电压转变为超声频电压。换能器由若干压电陶瓷片组成,通过压电陶瓷片将接收到的超声频电压信号转换为机械振动信号。变幅杆的主要作用是接收、放大换能器的机械振动,并将振动传给焊头,此外变幅杆也提供超声波焊接系统的夹持位置。焊头随着变幅杆而振动,并向待焊零件提供能量。

超声波焊接单元在基本的超声波焊接系统基础上,结合使用场合的特殊性,增加部分辅助结构,见图2。其中,单元安装板上固定有气缸安装板和换能器基座,分别用于安装气缸和换能器。气缸杆与滚轮架相连,滚轮架中间有一小滚轮,可随气缸杆伸缩而左右摆动。换能器固定在换能器基座上,其前端安装焊头,后端通过高频电缆线与超声波发生器相连。

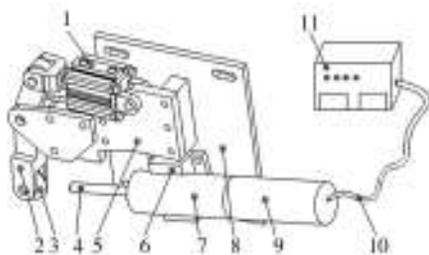


图2 超声波焊接单元结构
1.气缸; 2.滚轮架; 3.滚轮; 4.焊头; 5.气缸安装板; 6.换能器基座;
7.变幅杆; 8.单元安装板; 9.换能器; 10.高频电缆线; 11.超声波发生器

图2 超声波焊接单元结构

Fig.2 Structure diagram of ultrasonic welding unit

2.2 系统工作过程阐述

系统初始状态:左侧移动组件在最左端,右侧移动组件在最右端;超声波焊接单元位于最上端,气缸处于收缩状态,滚轮与焊头有一定间距。系统按照如下步骤工作:

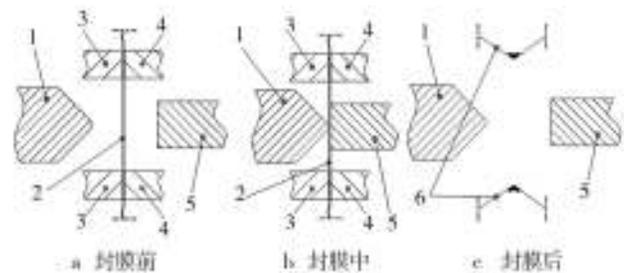
1) 两层塑料薄膜通过输送机构(图3中未画出)进入左侧压膜板和右侧压膜板之间,两侧压膜板在相应电机的驱动下,对向移动,夹紧薄膜,此时薄膜位于滚轮和焊头中间,见图3a;

2) 超声波焊接单元中的气缸杆伸出,滚轮与焊头压紧薄膜,见图3b;

3) 焊头振动,使滚轮与焊头接触部分产生大量的热,滚轮特有的结构使得两层薄膜被切开,同时在滚轮前后,切开的薄膜在切口处熔接在一起;

4) 超声波焊接单元在升降电机的驱动下,向下移动,使薄膜被连续切开,并且将切口熔接在一起,见图3c;

5) 超声波焊接单元到达最底端时,左侧压膜板与右侧压膜板分开,同时超声波焊接单元向上移动,进入系统初始状态。



1.滚轮; 2.塑料薄膜(两层); 3.左侧压膜板; 4.右侧压膜板; 5.焊头;
6.塑料薄膜(单层)

图3 塑料薄膜焊接

Fig.3 Schematic diagram of welding plastic film

3 焊接条件

3.1 塑料薄膜焊接质量的影响因素

迄今为止,对于塑料薄膜焊接质量的影响因素研究,研究者主要集中在焊接材料^[4-5]、焊接工艺参数^[6-8]、焊接过程、焊接设备^[9]等方面。针对化纤行业的特殊使用环境,现对上述几个方面分别进行分析,并确定适合本超声波焊接系统的焊接条件。

3.1.1 焊接材料对焊接质量的影响

超声波焊接质量与待焊件的材料有很大关系^[10]。一般来说,塑料超声波焊接的质量可用以下公式进行表征^[11]:

$$G = \frac{KE\mu\lambda}{\rho ct} \quad (1)$$

式中: K 为焊件形状因子,表征焊件的形状; E 为焊件材料的弹性模量; μ 为焊件接触面的摩擦因数; λ 为焊件材料的热导率; ρ 为焊件材料的密度; c 为焊件材料的比热容; t 为焊件材料的熔点。

由式(1)可知,低密度、低熔点、高摩擦因数的材料焊接质量较好。根据对焊接材料可焊性的分析,同时考虑到环保、经济、包装方便等因素,选用厚度为12.5 μm 的聚乙烯(PE)薄膜。

3.1.2 焊接工艺参数对焊接质量的影响

塑料超声波焊接的主要工艺参数包括以下3个方面。

1) 振幅。根据高阳等^[12]的研究,PE膜机械能的转化能力较大,焊头强度在2~10 μm 振幅范围变化时,对焊缝强度的影响不明显,因此,该系统超声波焊接单元选择振幅为6 μm 的焊头。

2) 焊接时间。最优的焊接强度需要一个特定的焊接时间范围^[13]。焊接时间过短,会导致塑料熔化量过少,造成塑料焊接不牢固;焊接时间过长,会导致塑料焊接面熔化量过大而使表面产生“粘连”。由于选用的薄膜厚度很小,因此焊接时间极短。多次实验表明,该系统焊接速度(即超声波焊接单元向下移动速度)在0.5~2 m/s范围内时,焊接效果良好。综合考虑焊接效果及系统工作效率,该系统焊接速度控制在1 m/s左右。

3) 焊接压力。焊接压力同样对焊接质量产生重要影响。焊接压力过小,会导致塑料接触面不能紧密挤压,从而导致焊接强度低;焊接压力过大,焊头会对塑料表面造成损伤,从而降低焊缝质量。同时,压力过大容易损伤焊头,降低焊头使用寿命。该系统中,可以通过增减气缸进气压力来调整焊接压力。经过多次实验确定,当气缸压力在0.18~0.25 MPa时,接头强度最优。

3.1.3 焊接过程对焊接质量的影响

一般来说,塑料的超声波焊接包括切入式焊接和连续焊接两种工作模式^[14]。切入式焊接是将超声波焊头插入待焊件中进行焊接,焊接结束后收回,相当于金属焊接中的“点焊”。很显然,根据工作性质,该系统采用连续超声波焊接。

3.1.4 焊接设备对焊接质量的影响

焊接设备是超声波焊接的关键,其质量优劣直接决定了塑料薄膜的焊缝强度。焊接设备的工作频率及其功率是对塑料薄膜的焊缝强度影响最大的两个因素。超声波发生器决定了焊接设备的功率,并且对焊接设备的工作频率产生重要影响^[15-16]。受压电陶瓷片的制约,一般情况下,特定频率下的焊接设备有一个功率上限,因此,研究者多关注焊接设备的频率,而较少讨论功率问题。目前,市场上常见的超声波焊接设备频率主要为15, 20, 28, 35和40 kHz等几种。在进行薄膜焊接研究时,研究者多采用35 kHz或40 kHz频率的焊接设备。该系统采用的焊接设备频率为35 kHz,并且在一定范围内可自动跟踪频率^[17]。

3.2 系统焊接条件确定

根据上述分析与讨论,确定适合本超声波焊接系统的焊接条件:(1)焊接材料方面,选用厚度为12.5 μm 的聚乙烯(PE)薄膜;(2)焊接工艺参数方面,焊头振幅为6 μm ,焊接速度约为1 m/s,焊接压力范围为0.18~0.25 MPa;(3)采用连续超声波焊接;(4)焊接设备频率为35 kHz,并在一定范围内可自动追踪频率。

4 结语

这里阐述了一种超声波封膜系统的结构组成和工作原理,并且通过对塑料薄膜焊接质量的影响因素分析,确定了该系统的焊接条件。与传统的热封工艺相比,该系统封膜效率高,封口美观,且无异味。目前,该系统已应用在国内某纺织企业的丝饼包装生产线上,经实践检验,系统运转良好,得到了用户认可。

参考文献:

- [1] 刘国东,祝锡晶. 塑料薄膜超声波热封工艺实验研究[J]. 包装工程, 2009, 30(6): 27—29.
- [2] LIU Guo-dong, ZHU Xi-jing. Experimental Research on Ultrasonic Heat-seal Processing of Plastic Film[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(6): 27—29.
- [3] PARK D S, KIM J H, SEO J S. Ultrasonic Welding of Ni Thin Sheet[J]. ICMME, 2013(4): 133—137.
- [4] 张胜玉. 塑料超声波焊接技术[J]. 塑料包装, 2014, 24(6):

- 50—54.
ZHANG Sheng-yu. Ultrasonic Welding Technique for Plastics[J]. *Plastics Packaging*, 2014, 24(6): 50—54.
- [4] 王叶, 陈斌. 超声波焊接原理及其工艺研究[J]. *科技创业家*, 2013(4): 158.
WANG Ye, CHEN Bin. Study on the Principle and Process of Ultrasonic Welding[J]. *Technological Pioneers*, 2013(4): 158.
- [5] 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(6): 9—13.
GAO Yang, CHEN Feng-bo, ZHAO Yun-feng. Research on Factors Affecting Quality of Ultrasonically Welded Plastic[J]. *Aerospace Materials and Technology*, 2006(6): 9—13.
- [6] ADRIAN A. An Optimization Study of the Ultrasonic Welding of Thin Film Polymers[J]. *American Society of Mechanical Engineers*, 2004, 118(30): 75—84.
- [7] 邓莹莹. 超声波塑料焊接区域材料熔接行为研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2004.
DENG Ying-ying. Research on Ultrasonic Plastic Welding Mechanism and the Fusion Bonding Behavior of Plastic in Melt Region[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2004.
- [8] YAN Jiu-chun, WANG Xiao-lin, YANG Shi-qin. Thermal Mechanically Coupled Finite Element Model of Ultrasonic Welding Process of Polyetheretherketone[J]. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 2008, 5(8): 1583—1586.
- [9] TSUJINO J, HONGO M, YOSHIKUNI M, et al. Welding Characteristics of 27, 40 and 67 kHz Ultrasonic Plastic Welding Systems Using Fundamental and Higher-resonance Frequencies[J]. *Ultrasonics*, 2004, 42(1): 131—137.
- [10] FOMENKO A V. Ultrasonic Welding of Polymer Multi-layer Film Materials[J]. *Russian Ultrasonics*, 2001, 31(1): 27—31.
- [11] 赵钢, 曹智, 董双辉. 超声波焊接在汽车传感器封装中的应用[J]. *沈阳航空工业学院学报*, 2007, 24(5): 25—28.
ZHAO Gang, CAO Zhi, DONG Shuang-hui. Research on Automobile Sensor Ultrasonic Welding Technique[J]. *Journal of Shenyang Institute of Aeronautical Engineering*, 2007, 24(5): 25—28.
- [12] 高阳, 赵云峰. 塑料复合薄膜超声波焊接工艺研究[J]. *宇航材料工艺*, 2009(2): 67—70.
GAO Yang, ZHAO Yun-feng. Processing of Ultrasonically Welded Laminated Films[J]. *Aerospace Materials and Technology*, 2009(2): 67—70.
- [13] 成全, 刘猛, 祝锡晶. 塑料薄膜超声波焊接研究[J]. *包装工程*, 2011, 32(7): 55—57.
CHENG Quan, LIU Meng, ZHU Xi-jing. Study on Ultrasonic Welding of Thin Plastic Films[J]. *Packaging Engineering*, 2011, 32(7): 55—57.
- [14] 董海东. 塑料零件超声波焊接的关键技术[J]. *航空精密制造技术*, 2013, 49(5): 37—39.
DONG Hai-dong. Critical Technique of Ultrasonic Welding of Plastic Part[J]. *Aviation Precision Manufacturing Technology*, 2013, 49(5): 37—39.
- [15] 胡武林, 曹彪, 杨景卫. 超声波焊接电源频率跟踪与调节[J]. *电焊机*, 2014, 44(7): 47—51.
HU Wu-lin, CAO Biao, YANG Jing-wei. Research on Frequency Tracing and Power Adjusting of Ultrasonic Welding Power Supply[J]. *Electric Welding Machine*, 2014, 44(7): 47—51.
- [16] CHEN Wei, LI Su-xun. The Research of Ultrasonic Equipment Applied In Non-woven Welding[C]// Chengdu: International Conference on Computer Science & Information Technology, 2011.
- [17] 胡武林. 精密超声波焊接电源的研制[D]. 广州: 华南理工大学, 2014.
HU Wu-lin. Research on Accurate Ultrasonic Welding Power Source[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2014.