

# 全自动锡箔机的设计与方案研究

王炎滨, 胡国清, 刘文艳, 鲁霞

## A Study on a Design and Proposal of the Automatic Silver Paper Machine

WANG Yan-bin, HU Guo-qing, LIU Wen-yan, LU Xia

(厦门大学 机电工程系, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 该文设计了一种新型的全自动锡箔机, 用于改变国内目前手工生产锡箔的落后现状。全自动锡箔机生产锡箔的成形过程为: 固态锡—液态锡—固态锡箔。理论上根据流体力学的伯努利方程, 通过控制流体流动速度来控制锡箔厚度。与此同时, 对自动锡箔机的结构和各部分运动系统进行分析, 通过实验验证了锡箔机的设计方案、工作原理是可行的。

**关键词:** 锡箔; 自动锡箔机; 流体力学; 伯努利方程

中图分类号: TP271 文献标识码: B 文章编号: 1000-4858(2006)04-0039-03

### 1 引言

锡箔主要用于医药、化工、轻工、食品、艺术用品及工艺品制作等领域, 比如用于高级干式电容器、装饰、装潢材料、微波炉隔热层、食品及酒类的封装、宗教、祭祖供佛的活动上, 以及利用锡箔的柔性、防挤压、防腐、防水特性, 用于阻燃剂、地板胶、合成漆及其他有机化

工原料等的包装桶衬等, 此外还用于特殊的焊接工艺中用作预成形件。

收稿日期: 2005-10-11

作者简介: 王炎滨(1981—), 女, 福建福州人, 在读硕士研究生, 研究方向: 机电一体化。

### 6 软件设计部分

系统软件设计就是根据注塑的工艺流程, 先设计出可编程控制器 PLC 的动作流程图, 然后根据 PLC 动作流程图, 一个接一个完成动作模块。主要就是在第 4 节讲到的液压控制模块。

系统软件主要有初始化程序段、工艺过程程序段、显示程序段以及输入输出区程序段组成。在该系统软件的设计中, 锁模程序由限位开关控制, 可把它分为低压、高压 2 个过程。而注射工序是由时间控制其转移的, 在此时间内, 由电磁阀控制大小液压泵动作, 以控制液压油路系统工作。在开模时, 又由限位开关控制, 由慢开到快开。顶出计数, 前者由时间控制其转移; 后者用开关动作表明。在该系统中报警至关重要。无论是对操作人员的安全考虑, 还是对机械部件的保护考虑, 报警都不可缺少。在此, 报警主要考虑在工艺流程开始和工艺流程结束时的系统故障(硬件或软件)进行报警。

### 7 结论

通过采用 PLC 对注塑机液压系统控制, 在功能上保证了动作信号的准确检测, 在性能上实现动作信号

可靠有效地输出。改造后的注塑机控制系统, 具有控制准确、操作方便、易于扩展、便于维护等优点, 已经在实际生产中取得成功应用, 增强了系统的稳定性, 提高了自动化程度。在对注塑机的改造应用中, 得到了较好的验证, PLC 能够满足注塑机严格的动作顺序要求, 有较好的市场前景。

### 参考文献:

- [1] 雷天觉. 新编液压工程手册[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1998.
- [2] 周士昌. 液压系统设计图集[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [3] 王栋, 周建彬, 王卫锋. 一种新型的基于 PLC 控制的传送系统[EB/OL]. <http://www.testmart.cn/CN/News/>, 2004-12-8.
- [4] 谭义明. 可编程控制器在实型铸造泡沫模成形中的应用[J]. 工业控制计算机, 1994(5).
- [5] 陈曦. 基于质量的注塑过程建模方法研究[D]. 杭州: 浙江大学系统工程研究所, 2001. 8.
- [6] 刘成峰. 注塑机电液控制系统的建模及仿真研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2003. 5.

在军工上的用途也十分广泛,如美军M26式手榴弹上火帽上的密封垫圈,就是用锡箔做成,其密封性能极好。但锡箔业生产非常辛苦,先后有14道工序,全凭手工操作,需用4kg重的大榔头反复敲打,再经褚纸、研纸等,共历经20余天才能制成“薄如蝉翼”的锡箔产品,相当费时耗力。而且锡箔中含有铅,长时间接触会造成操作工的铅中毒。

随着国民经济的高速发展,锡箔的用途、用量也迅速增长。然而,目前我国锡箔的生产主要靠手工敲制,产品幅面窄、薄厚不均、强度不佳,不能满足客户需要;质量高,性能好的锡箔主要靠进口。本课题基于人身安全和环保的思路,同时为了提高锡箔质量和生产效率,设计一种全新的全自动锡箔机,用于解决上述问题。

## 2 自动锡箔机的结构和工作原理

本文主要根据流体力学的基本原理,通过控制熔融状态锡液的速度来实现锡箔厚度的调节,如图1a所示。图1中恒温炉的温度恒定在 $300 \pm 10^\circ\text{C}$ (锡的熔点

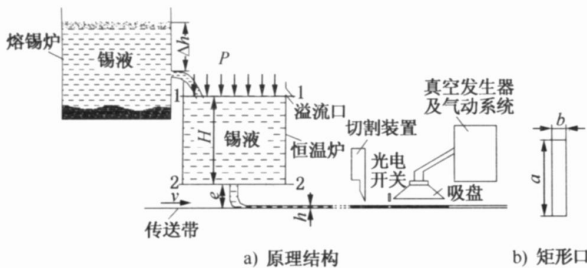


图1 全自动锡箔机示意图

为 $232^\circ\text{C}$ ),以保证炉中的锡完全处于熔融状态。在炉子底面切割一矩形口如图1b所示,可以控制矩形口的开闭(图中未画出)。熔融状态的锡液从另一熔锡炉注入,再从恒温炉的矩形口流出到传送带,在传送带上冷却,形成锡箔。由于液体黏性作用,通过矩形口后的锡液会形成一定的收缩截面,这将直接影响到成形锡箔的均匀性、幅面和厚度。为此,在恒温炉的锡液顶面(图1中的1-1面)施加一定的压力,使得从矩形口出来的锡液在设计要求的距离内不发生截面收缩,这一措施已经过实验验证。同时选择炉底距传送带的最优距离 $e$ 如图1所示,恒温炉顶部开有溢流口,炉内多余的锡液通过该溢流口溢流,以保持液面高度不变。这样,当矩形口开启时,锡液从矩形口流到传送带的流动属于稳定流。取缓变流断面1-1和2-2,两断面处的各个参数如下:比势能 $z_1$ 、 $z_2$ ,压力 $p_1$ 、 $p_2$ ,截面处的平

均流速 $v_1$ 、 $v_2$ ,动能修正系数 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ ,设锡液密度为 $\rho$ ,平均能量损失为 $h_w$ ,令断面2-2为零势面,则根据实际流体的伯努利方程<sup>[1]</sup>有:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1}{2g} v_1^2 = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2}{2g} v_2^2 + h_w \quad (1)$$

式中, $z_1 = H$ , $z_2 = 0$ , $v_1 = 0$ 在本系统中,矩形口尺寸 $a = 250 \text{ mm}$ , $b = 0.5 \text{ mm}$ ,则水力半径为:

$$R = \frac{A}{X} = \frac{ab}{2(a+b)} \approx 0.25 \text{ mm}$$

雷诺数 $Re = \frac{2vR}{\nu} < 2000$ (式中分子为锡液平均速度,分母为锡液运动黏度),属于层流,则动能修正系数 $\alpha_1 = \alpha_2 = 2$ ,取 $h_w = h_\zeta = \zeta \frac{v^2}{2g}$ ( $\zeta$ 为局部阻力系数),则有:

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{2 + \zeta}} \sqrt{\frac{2}{\rho}(p_1 - p_2) + 2gH} \\ = C_V \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p + 2gH} \quad (2)$$

那么从矩形口流出的流量 $Q_1 = v_2 ab$ ,设传送带以速度 $v$ 水平传动,锡液在传送带上的厚度为 $h$ ,则传送带上的流量为 $Q_2 = vah$ 。根据流体运动的连续性方程,得 $Q_1 = Q_2$ ,即 $v_2 ab = vah$ ,所以 $h = \frac{v_2 b}{v}$ 。可见 $v_2$ 、 $b$ 一定时,只要控制传送带的速度 $v$ 的大小就可调节锡箔的厚度。由于传送带的高速运动容易实现,因此运用这种方法在理论上可以将锡箔的厚度 $h$ 做得很薄。

## 3 总体方案设计

由图1知,全自动锡箔机主要由以下部件组成:熔锡炉,恒温炉,传送装置,切割装置,吸盘系统(用于吸取和放置锡箔)等。

图1中熔锡炉的主要作用是熔化固体锡块,同时将输出口置于炉体中部偏下位置,起到滤除杂质的作用:密度小于锡的杂质浮在锡液上面,密度大于锡的沉在底下。前面已提到为了防止锡液流出矩形口后发生液面收缩,采取在恒温炉中加压的方法,设所加压强为 $p$ ,为了使恒温炉中的锡液不被压回到熔锡炉中,则要求熔锡炉出口至上液面的高度必须满足:

$$\Delta h > \frac{p}{\rho g} \quad (3)$$

## 4 运动系统的设计

传送带由步进电机驱动;切割装置和吸盘的运动都由气缸驱动,气动回路分别如图2a和图2b所示。

切割系统的工作原理如图 2a 所示, 气缸 A 带动切刀做上下往复运动。双电控电磁阀由光电开关控制电磁铁的通断, 光电开关安装在切刀前方与刀口水平距离为  $l$  ( $l$  为所需锡箔纸的长度) 的位置, 如图 1 所示。当成形的锡箔纸随着传送带运动到达光电开关的位置时, 光电开关检测到锡箔, 发出信号让 1DT 通电, 气缸带动切刀向下运动切断锡箔, 当行程开关  $a_1$  检测到切刀时, 1DT 断电, 2DT 通电, 二位五通电磁换向阀换向, 气缸带动切刀向上运动至  $a_0$  时行程开关发出信号, 2DT 断电, 运动停止, 完成 1 个周期的动作。

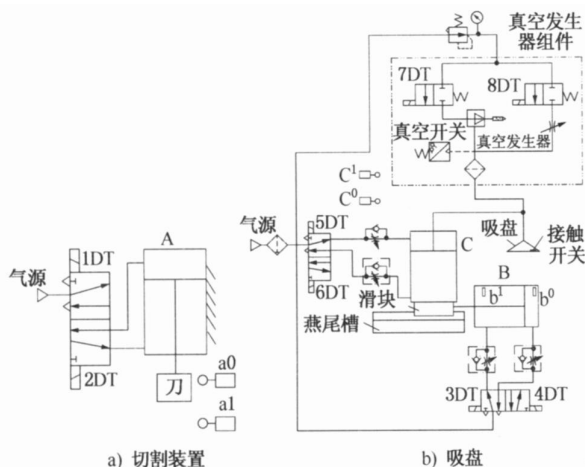


图 2 气动回路

锡箔搬运系统的工作原理: 切割后的锡箔必须从传送带上取下并放到包装箱。由于锡箔很薄, 用常规的机械手抓取不容易实现, 而且极易损坏锡箔, 在这我们用真空吸盘吸取。图 2b 中的虚线部分为真空发生器组件的回路<sup>[2, 3]</sup>。吸盘的吸附和释放过程如下: 当电磁铁 7DT 通电时, 压缩空气通过真空发生器, 由于气流的高速运动产生真空, 真空开关检测真空度并发出信号给控制器, 控制吸盘将锡箔吸起。当电磁铁 7DT 断电后, 电磁铁 8DT 通电时, 真空发生器停止工作, 真空消失, 压缩空气进入真空吸盘, 将锡箔与吸盘吹开。吸盘的运动曲线如图 3 所示, 由图 3 可知其运动轨迹是二维曲线。考虑到经济性, 本课题通过燕尾槽和滑块将普通有杆气缸 B 和 C 组合起来(见图 2b), 驱动吸盘以完成二维运动。

此外, 本文还设计了锡箔包装箱的更换装置, 如图 4 所示, 采用计数器判断箱子的空满, 驱动方式仍采用气动。工作过程如下: 当计数器计数满时, 发出一信号, 9DT 通电, 压缩空气进入气缸 E 的无杆腔, 活塞杆

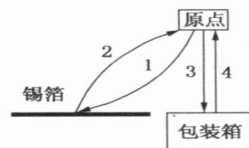


图 3 吸盘的运动曲线

伸出, 推走装满锡箔的箱子。活塞杆行程由磁性开关  $d_1$  控制,  $d_1$  检测到活塞并发出信号后, 9DT 断电, 活塞在弹簧作用下返回。为避免气缸 E、F 的活塞杆运动发生干涉, 气缸 F 的活塞必须在气缸 E 的活塞回到零位后才能伸出。为此, 在气缸 E 内安装磁性开关  $d_0$ , 当  $d_0$  检测到活塞回到零位后, 10DT 才能通电, 气缸 F 的活塞杆伸出, 将空箱子推到原先满箱子的位置。气缸 F 的活塞位置同样由磁性开关  $f_1$  检测, 当  $f_1$  发出信号后 10DT 断电, 活塞在弹簧作用下返回。这样, 就完成了空满箱子的更换。

本课题涉及到的控制电路包括步进电机的速度控制、电磁阀通断的控制以及各开关信号的处理等都由单片机来实现。由于 89C51 单片机体积小, 功能强大, 性价比高, 技术成熟, 本课题选用 89C51 单片机。

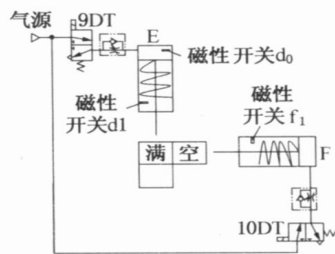


图 4 包装箱的更换装置的气动回路

## 5 结束语

本文在研究了锡的基本属性后提出了一种锡箔纸制作方案, 这是一种新型的自动化生产方法。同时我们进行了实验验证, 实验结果证实了设计方案的可行性和原理的正确性。

## 参考文献:

- [1] 刘仕平. 液压与气压传动[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2003.
- [2] 明仁雄, 万会雄. 液压与气压传动[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- [3] 许福玲, 陈尧明. 液压与气压传动[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.