

文章编号: 1005-8893 (2002) 03-0030-03

液压胀管机的压力测控及故障诊断*

袁兆辉, 吴泽龙, 颜惠庚

(江苏石油化工学院 机械工程系, 江苏 常州 213016)

摘要: 分析液压胀管机在管子胀接过程中压力变化的规律和要求, 提供基于控制图法实施压力故障诊断的方法, 采用 PLC 控制系统实现常见的 6 种压力故障诊断并显示, 提高液压胀管机在换热器制造过程中的可靠性。

关键词: 压力测控; 控制图法; 故障诊断

中图分类号: TP 277 文献标识码: A

1 液压胀管机的结构及工作原理

液压胀管机是我院液压胀管研究室研制, 用以取代换热器制造过程中传统的机械胀接方法的新颖装置^[1]。自其问世以来, 已经在国内许多大石化企业的换热器制造中取得了应用。其工作原理见图 1。

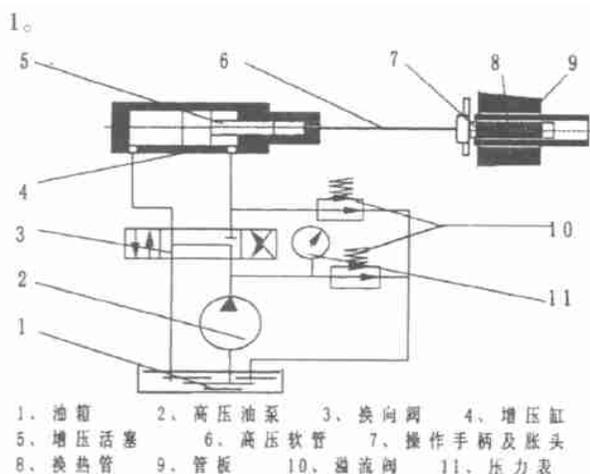


图 1 液压胀管机工作原理

高压油泵输出油流经增压缸放大作用, 产生超高压 (150 ~ 200 MPa) 的高压介质送入液袋胀头中, 通过液袋的膨胀, 向被胀接的换热管施加均匀

压力, 使被胀接的换热管和管板间实现可靠的密封连接。由于胀接时胀管介质与换热管内壁不直接接触, 胀后不必对胀口做特殊清洗。

该技术具有生产效率高、劳动强度低、胀接质量均匀可靠、胀后管子残余应力低、能有效防止间隙腐蚀及应力腐蚀、适用范围广等优点, 解决了超厚管板、小口径管板、大口径管板、双管板、焊接有缝管、内螺纹管的液压胀接等各种生产要求, 在换热器设备制造领域具有良好的应用前景。

2 胀接过程的压力变化规律和要求

胀接过程开始后, 换热管内壁在胀接压力的作用下, 必需经过弹性形变, 然后进入塑性形变阶段。当胀接压力达到预定设计值时, 卸去胀接压力, 管板产生弹性恢复。利用换热管外壁与管板孔内壁接触面处的位移连续条件, 当保留有适宜的残余接触压力而又不发生反向屈服时, 能够保证管子和管板的密封性能。

通过对胀接过程进行反复试验并进行压力采样测量, 确认胀接过程压力随时间变化的规律如图 2 中粗黑线所表示。

实验显示, 胀接过程大约在十多秒时间内完成, 压力变化范围在 0 ~ p MPa (大约在 150 ~ 200 MPa) 之间, 并经历 4 个不同性质的阶段, 其

* 收稿日期: 2002-05-27

作者简介: 袁兆辉 (1945-), 男, 江苏常州人, 高级工程师, 主要研究方向: PLC 及其测控。

中 $0 \sim t_1$ 为液袋弹性形变时段, 压力增长很小。 $t_1 \sim t_2$ 为胀接时段, 压力呈线性增长。 $t_2 \sim t_3$ 为胀接管的塑性变形维持区间, 压力基本不变。 $t_3 \sim t_4$ 为泄压过程, 压力迅速释放。

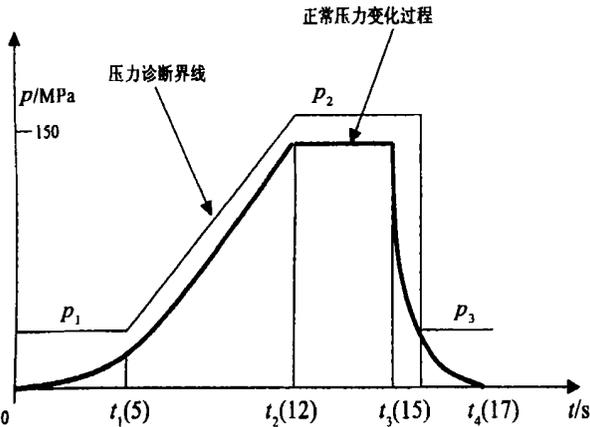


图2 胀接过程压力变化

液压胀管机应用于大型换热器的制造, 一台换热器的胀接管口数量通常在几千, 不允许有一个接头发生泄漏, 胀接质量主要由压力变化的控制保证, 不能因压力过高产生“过胀”, 也不能因压力过低产生“欠胀”, 因此在液袋式液压胀管机的控制中采用以下措施: ①采用高压压力传感器直接压力测量和控制, 并动态显示压力变化过程。②采用压力故障诊断和显示。

3 压力测控和压力故障诊断系统

液压胀接机的控制系统构成见图3。它是以 S7-200 可编程控制器 (CPU224) 为核心构成的控制系统^[2]。S7-200 是西门子公司生产的结构紧凑、扩展方便、指令功能丰富、适合于小规模系统的可编程控制器。来自高压压力传感器的桥路测量信号经调理放大后由 EM231 模块完成 A/D 转换。EM231 模块分辨率为 12 位, A/D 转换的时间小于 250 微秒, 对从 DC 至工频的干扰电压具有 40 db 的抗共模干扰能力, 工作十分可靠。S7-200 PLC 系统软件还具有对模拟输入量选择软件滤波的功能, 测量的抗干扰能力强。用户控制程序对测量过程中的压力残差进行了自动补偿, 使压力测量精确可靠。

由于在胀接过程中压力是决定胀接质量的主要因素, 而且压力的变化属于比较缓慢的类型, 因此我们选择采用“均值控制图法”作为压力故障诊断的算法^[3]。

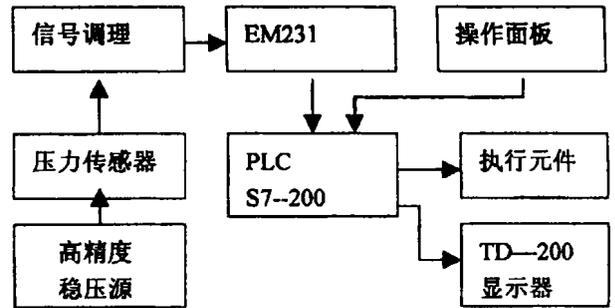


图3 压力测控系统的硬件结构图

均值控制图法通过压力样本均值的变化趋势, 作为判断所控制的状态参数变化是否正常的依据。它的原理可以用图4表达: 图中的折线表示过程参数的采样值的统计量, 根据参数的均值变化特点, 设计3条具有统计推断意义的直线, 中线代表参数采样值分布中心, 上线和下线代表允许参数值波动的上限值和下限值, 作为诊断过程状态是否正常的依据。

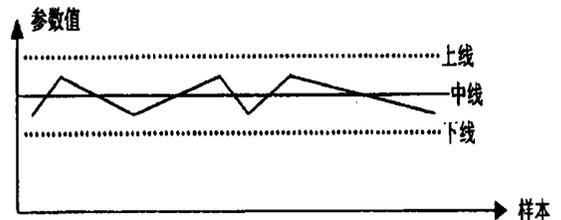


图4 控制图法基本原理

通过分析和实际使用经验总结, 胀接系统产生压力故障的因素主要有3类: ①压力传感器故障, 如传感器测量桥开路、短路或应变片异常等。②液压系统故障, 如液压电机、液压泵故障, 液压缸密封泄漏等。③胀接头的液袋破损。

分析压力异常的原因、发生的时间以及压力的正常范围, 可以归纳出表1所示的故障分析表, 作为故障诊断及显示的依据。

表1 液压胀接压力故障分析表

故障原因	判断依据	时段
压力传感器开路	$p = p_{\max}$	全程
压力传感器短路	$p = 0$	全程
传感器应变片异常	升压速率异常	$t_1 \sim t_2$
溢流阀故障	$p < p_1 < p_2$	$t_2 \sim t_3$
泄压阀故障	$p > p_3$	$t_3 \sim t_4$
胀接头液袋破损	$0 < p < p_1$	$t_1 \sim t_3$

压力故障的诊断在 PLC 每次采样压力信号后进行。(参见图5 胀接控制流程) 在从 $0 \sim t_4$ 的一个胀接周期中, 根据压力变化的规则, 在不同时段

里设置了相应的诊断控制值，它们在图 2 中是一条细折线。除了 $t_1 \sim t_4$ 这个时段以外，为了简化处理方法，控制值多取一恒定值，例如在 $0 \sim t_1$ 中，液袋正处于弹性形变，因此压力测量值增长很小；

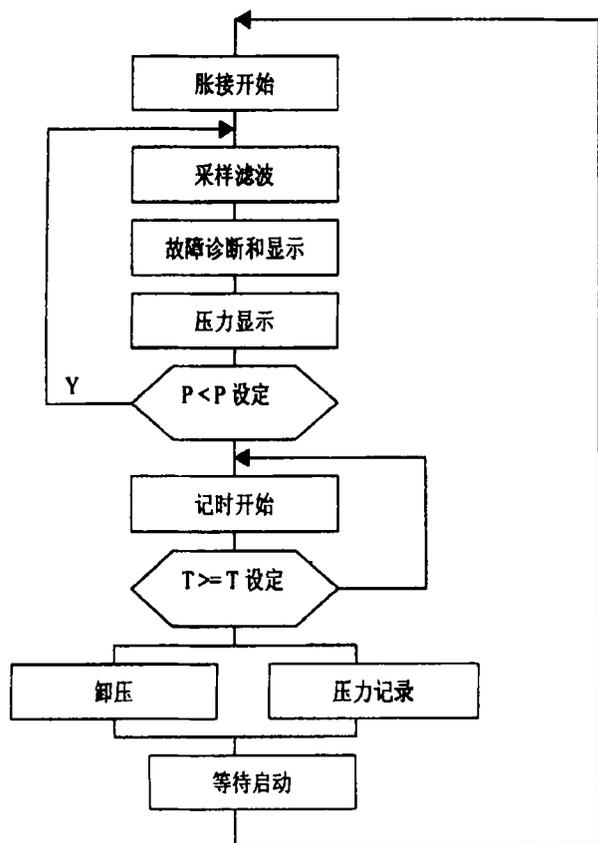


图 5 液压胀接控制流程

在 $t_3 \sim t_4$ 时段，由于液压系统快速泄压，压力迅速降到接近于零，因此忽略下降过程，只诊断是否已达到正常泄压的效果。而在 $t_1 \sim t_2$ 时段中，胀接管内壁处于塑性变化中，该段通过升压速率值，定时地判断升压是否落在控制值范围以内。不同的胀接管径和管材具有不同的胀接时间和压力控制值，这些都由样品试验来确定其参数值。

当诊断程序发现故障时，PLC 立即作出停止胀接反应，并显示故障原因。故障显示由 TD-200 模块完成。TD-200 是和 S7-200 PLC 配套的显示模块，它不仅可以在实时显示动态压力测量值，也能在 PLC 控制下输出报警语句多达数十条。已汉化的 TD-200 作为系统的显示器直观而且可靠。

S7-200 PLC 无论容量和内存都较小，因此诊断仅限于在液压源正常的基础上进行，虽然不能完成全部的故障诊断，但在不增加硬件投资的情况下，对压力传感器，增压缸和胀接器等经常容易产生故障的部件实现了诊断，对提高胀接的质量和可靠性非常有意义。

参考文献:

[1] 颜惠庚, 石庭瑞. 换热器的液压胀接技术极其应用 [J]. 化工机械, 1998, 25 (6): 29-31.
 [2] 袁兆辉, 李健, 颜惠庚. S7-200 PLC 在液袋式液压胀接机压力测控中的应用 [J]. 微计算机信息, 1999 (4): 60-61.
 [3] 熊良才, 史铁林, 杨叔子. 机电系统中传感器故障诊断的控制图法 [J]. 机械与电子, 2000 (5): 7-8.

The Pressure Test and Control and Diagnosis of Faults of the Machine for Hydraulic Expanding of Tube to Tube

YUAN Zhao-hui, WU Zhe-long, YAN Hui-gen

(Department of Mechanical Engineering, Jiangsu Institute of Petrochemical Technology, Changzhou 213016, China)

Abstract: To analyse the changing role of pressure in expanding process of tube to tube, give the realized method of diagnosing pressure faults based on control chart, apply the control system based on PLC to realize six kinds of diagnosis of pressure faults and its display, increase reliability of the machine for hydraulic expanding of tube to tube in making hot exchanges.

Key words: pressure testing and controlling; control diagram; diagnosis of faults