

文章编号:1674-2869(2012)03-0070-04

# 金属波纹管成型机床液压系统性能研究

邹军军, 廖义德\*, 谈文鑫, 陈方, 祝俊

(武汉工程大学机电工程学院, 湖北 武汉 430205)

**摘要:**针对金属波纹管鼓胀过程中模片锁不紧的问题, 提出节流阀保压锁紧模片的方法, 并对其进行了实验验证。实验结果表明, 波纹管成品没有鼓胀痕迹, 锁紧效果较好, 此种方式能够适用于不同型号的波纹管加工。

**关键词:**波纹管成型; 节流阀; 液压系统性能

**中图分类号:** TH137.32

**文献标识码:** A

**doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2012.03.015

## 0 引言

金属波纹管是一种带波纹的管状轴对称壳体, 具有吸振、降噪、密封、热补偿、储能和介质隔离等作用, 广泛用于各种工程设备中。目前, 液压成型是金属波纹管常用的成型方式, 在其鼓胀过程中模片承受径向张力, 模片必须被锁紧, 否则加工出来的波纹管表面有胀型痕迹<sup>[1-3]</sup>。现有金属波纹管成型机床液压系统多采用液压锁锁紧模片的方式, 由于不同管径合模油路负载压力不同、油管的弹性、液压油的压缩性、系统泄漏的原因<sup>[4-5]</sup>, 导致锁紧效果差, 模片被管坯挤压张开, 波纹管表面有胀型痕迹。为此提出了一种通过节流阀使合模油路保压锁紧模片的方法, 该方法能够适用于不同型号的波纹管加工, 并对其进行了实验验证。

## 1 鼓胀过程合模油路所受负载分析

鼓胀示意图如图1所示, 管坯外半径为 $r$ , 管坯壁厚为 $t$ 。鼓胀时管坯处于屈服状态, 管坯内压<sup>[6]</sup>为

$$P = (2.5 \sim 3) \frac{t}{D} \sigma_s \quad (1)$$

式(1)中: $\sigma_s$ 为材料的屈服极限, MPa;  $D$ 为波谷直径。

模片受力分析如图2所示, 模片的厚度为 $\delta$ , 模片上任一点所受液压力为 $F$ , 将 $F$ 分解成 $F_x$ 和 $F_y$ ,  $F_y$ 为模片所受张开力, 通过积分得合模油路所受负载压力为:

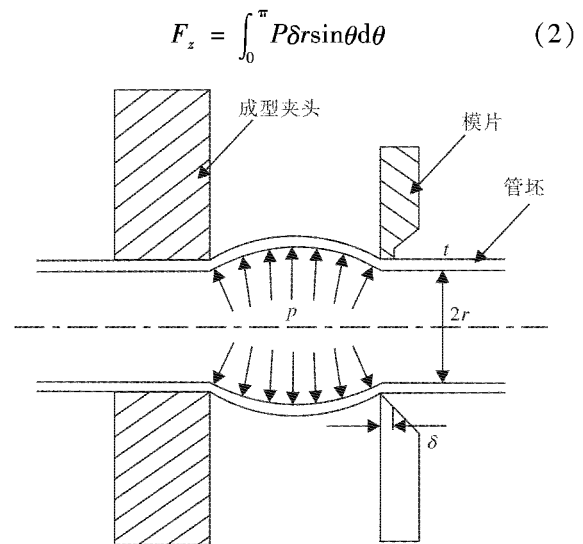


图1 成型示意图

Fig. 1 Metal bellows forming diagram

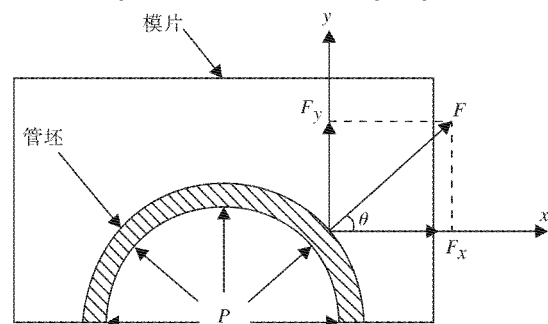


图2 模片受力分析

Fig. 2 Mould plates stress analysis

将式(1)代入(2)得鼓胀时合模油路压力为

$$P_z = \frac{2P\delta r}{A - A_1} \quad (3)$$

式(3)中: $A$ 为鼓胀油缸活塞面积; $A_1$ 为鼓胀油缸

收稿日期:2011-12-30

作者简介:邹军军(1986-),男,湖北赤壁人,硕士研究生。研究方向:结构设计,流体传动与控制。

指导老师:廖义德,男,教授,博士,硕士研究生导师,研究方向:流体传动与控制,机械设计与制造。\*通信联系人

活塞杆面积.

## 2 液压系统设计和保压原理分析

### 2.1 液压系统设计

该系统要适用多种不同管径的管坯加工,波

纹管成型工艺:合模→模架前→鼓胀进→鼓胀退→成型进→成型退→分模→模架后,根据成型工艺机床液压系统设计如图3所示.

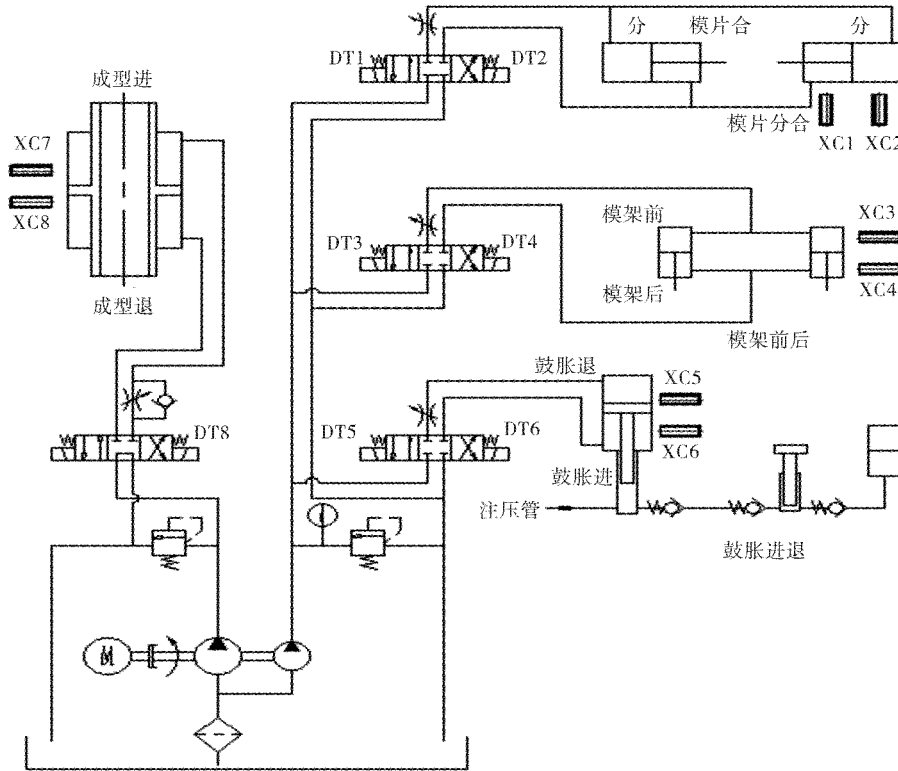


图3 金属波纹管成型机床液压系统图

Fig. 3 Metal bellows forming machine tool hydraulic system

### 2.2 保压原理分析

鼓胀过程中,由于负载压力远大于油泵的工作压力,为了满足鼓胀时所需压力,故采用增压缸来提高鼓胀压力,鼓胀增压缸进油口压力为:

$$P_{\text{进}} = \frac{d^2}{D^2 - d^2} P \quad (4)$$

式(4)中: $D$ 为鼓胀增压缸大活塞半径; $d$ 为鼓胀增压缸小活塞半径.

由式(3)和式(4)可知,合模油路负载压力、鼓胀增压缸进油口压力与油缸参数有关,选择合适的油缸,可使 $P_z > P_{\text{进}}$ ,从而锁紧模片.然而对于不同型号管坯的鼓胀,随着管径的增加,合模油路负载压力增大,管坯内压降低.在对大管径管坯进行鼓胀时会出现 $P_z < P_{\text{进}}$ ,从而导致模片锁不紧.为了解决上述问题,在鼓胀油路安装节流阀背压,

如图3所示节流阀出口压力等于 $P_{\text{进}}$ ,节流阀进出油口压差 $\Delta P^{[7]}$ ,合模油路保压力为 $P_{\text{进}} + \Delta P$ ,鼓胀不同型号管坯时,通过调节节流阀过流面积来改变节流阀进出油口压差大小,从而使合模油路压力大于负载压力,对模片进行锁紧.

采用节流阀背压,由于合模压力大于负载压力,故其锁紧性能基本不受油管膨胀、液压油的压缩、系统泄漏等原因的影响.节流阀进出油口压差 $\Delta P$ 的大小可通过式(5)求得.

$$\Delta P = \frac{\rho q^2}{2C_d^2 A_T^2} \quad (5)$$

式(5)中: $C_d$ 为流量系数,近似常数; $\rho$ 为油液的密度; $A_T$ 为节流阀的过流面积.

3 实验论证

3.1 实验目的及设备

为了验证该方法的可行性,专门设计出一台

金属波纹管成型机床的实验设备进行实验. 实验设备如图 4 所示,主要由机架、液压系统、成型组件、电气部分、尾座组件等部分构成.

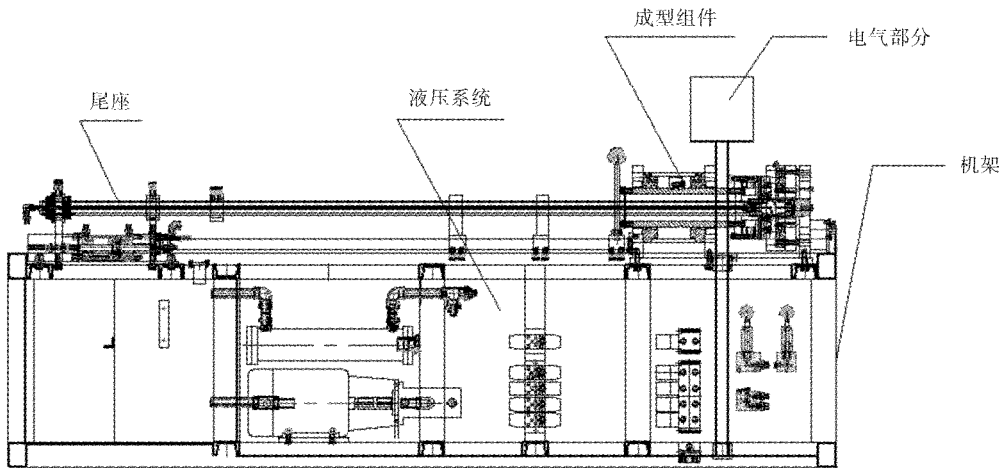


图 4 液压系统可靠性测试设备图

Fig. 4 Hydraulic system reliability testing equipment

3.2 实验内容

实验管坯为壁厚  $t = 0.8\text{ mm}$  的 201 不锈钢管,屈服极限  $\sigma_s = 540\text{ MPa}$ ,选取 6 种不同管径的管坯做对比试验. 鼓胀完成时间  $T = 1\text{ s}$ ,鼓胀增压油缸活塞行程  $L = 40\text{ mm}$ ,鼓胀油缸大活塞直径

$D = 63\text{ mm}$ ,小活塞直径  $d = 25\text{ mm}$ ,合模油缸活塞直径  $\varphi = 50\text{ mm}$ ,活塞杆直径  $\varphi_1 = 32\text{ mm}$ ,取  $C_d = 0.62$ , $\rho = 0.875\text{ kg/L}$ . 根据式(1)~(5)计算出每种管坯鼓胀时  $F_z$ 、 $P_z$ 、 $q$ 、 $P_{\text{进}}$ 、 $\Delta P$ 、 $P_{\text{进}} + \Delta P$  的值,记录鼓胀时压力表的值. 实验结果如表 1 所示.

表 1 实验结果

Table 1 Experiment results

实验参数	型号/mm					
	$\phi 50$	$\phi 55$	$\phi 60$	$\phi 65$	$\phi 70$	$\phi 76$
$F_z/\text{N}$	4 232.00	5 655.20	5 078.40	5 501.60	5 924.80	6 432.64
$P_z/\text{MPa}$	3.65	4.02	4.38	4.75	5.11	5.55
$P/\text{MPa}$	26.45	24.00	21.97	20.25	18.78	17.51
$q/\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
$A_T/\text{mm}^2$	—	—	3.54	2.89	2.51	2.24
$P_{\text{进}}/\text{MPa}$	4.94	4.56	4.10	4.17	3.57	3.33
$\Delta P/\text{MPa}$	—	—	1.00	1.50	2.00	2.50
压力表值/MPa	5.16	4.78	5.34	5.94	5.82	6.10
$P_{\text{进}} + \Delta P/\text{MPa}$	4.94	4.56	5.10	5.67	5.57	5.83
偏差/%	4.26	4.60	4.49	4.55	4.30	4.43

3 结果分析

由表 1 可知, $\phi 50\text{ mm}$ 、 $\phi 55\text{ mm}$  两种型号的管坯胀型时  $P_z > P_{\text{进}}$  不需调节节流阀背压.  $\phi 60\text{ mm}$ 、 $\phi 65\text{ mm}$ 、 $\phi 70\text{ mm}$ 、 $\phi 76\text{ mm}$  四种型号的管坯胀型时  $P_z < P_{\text{进}}$ ,调节节流阀背压后  $P_{\text{进}} + \Delta P > P_z$ ,

$P_{\text{进}} + \Delta P$  与压力表值相比,压力表值均大于  $P_{\text{进}} + \Delta P$ ,其主要因鼓胀时管路和液压元件存在的压力损失而形成背压所致.

在实验中加工出来的波纹管表面没有鼓胀痕迹,实验样品如图 5 所示.

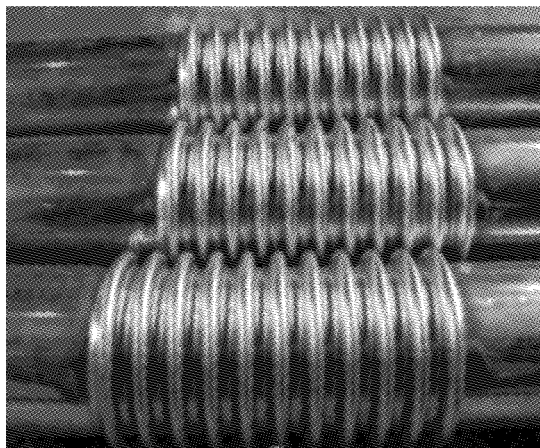


图5 波纹管实验样品图

Fig.5 Experimental samples of metal bellows

## 4 结 语

a. 采用节流阀节流背压,成功解决了鼓胀时模片受力张开,波纹管有鼓胀痕迹的问题.

b. 实验表明,该液压系统性能稳定、结构简

单,能够适用于不同型号的波纹管加工,具有较高的应用价值.

## 参考文献:

- [1] 李永生. 波纹管技术(一)基础知识[J]. 管道技术与设备,1993(1):33-36.
- [2] 刘丽君,徐振延. 金属波纹管行业现状及发展建议[J]. 管道技术与设备,1993(2):1-3.
- [3] 曹宝璋,陈永忠,俞彬,等. 波纹管成型方法分析比较[J]. 设计与研究,2001(12):17-15.
- [4] 王伟. 使用液压锁应注意的问题[J]. 机床与液压,2004(4):176-177.
- [5] 邹建华,吴榕. 液压锁技术现状分析[J]. 机械工程与自动化,2007(5):184-185.
- [6] 戴经世. 波纹管液压成型法[J]. 鞍钢技术,1987(11):16-24.
- [7] 张铁华,杨友胜,李壮云. 二级圆锥式节流阀口的设计及实验研究[J]. 液压与气动,2001(11):12-15.

## Performance of hydraulic system of metal bellow forming machine tool

ZOU Jun-jun, LIAO Yi-de, TAN Wen-xin, CHEN Fang, ZHU Jun

(School of Mechanical & Electrical Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China)

**Abstract:** The template is not be locked tightly in the process of bulging of metal bellow. In order to solve this problem, a throttle valve was introduced to keep pressure and lock template tightly, and some experiments were made for this approach. The results of experiments show that there is no sign-expansion in finished bellows and better effect of locking can be got. This approach can be applied to the processing of different types of bellows.

**Key words:** bellow molding; throttle valve; hydraulic system performance

本文编辑:陈小平