

# 环锻 100MN 制坯机厚壁液压缸体工艺研究

赖乐锋 张 永 李彦斌

(天津赛瑞机器设备有限公司 天津 300301)

**摘 要:** 通过解析厂内实际制作工艺,以推动缸为例,采用锻焊结合的结构,合理安排窄间隙焊、深孔镗等工序,满足了图纸要求,证明制作工艺的可行性。

**关键词:** 厚壁液压缸体; 推动缸; 窄间隙焊; 深孔镗; 制作工艺

**中图分类号:** IH162.1 **文献标识码:** B

## Research on procedure about 100 MN thick - walled hydraulic cylinder in ring forging project

LAI Lefeng, ZHANG Yong, LI Yanbin

(Tianjin SERI Machinery Equipment Co., Ltd., Tianjin 300301, CHN)

**Abstract:** According to the analysis of the actual factory manufacturing procedure, take pushing cylinder for example, adopt the structure of welded combination with forgings, arrange the sequence of narrow gap welding and deep hole boring. It can meet the requirements of the drawing. The result proves that this manufacturing procedure is feasible.

**Keywords:** thick - walled hydraulic cylinder; pushing cylinder; narrow gap welding; deep hole boring; manufacturing procedure

### 1 项目背景

2011 年,渤海钢铁集团天津赛瑞机器设备有限公司订购天锻的 100 MN 制坯机组。该机组为目前渤海集团所拥有的世界最大直径 10 m 的碾环机提供前序坯件,从而为我国石油管道、核电领域及风能发电等领域提供超大环件。同时,该设备适用于将钢坯墩粗和冲孔等工艺及各类金属、合金的锻造。

液压机是 100 MN 制坯机组的关键部件,由本体和液压系统两部分组成,结构简图见图 1。本体为上横梁、活动横梁、下横梁、4 根立柱,承受全部工作载荷;液压系统为主缸、回程缸、推动缸、柱塞杆,作用是将液体的压力能转换为机械能。

该 100 MN 制坯机组中主缸、推动缸、回程缸原材料分别为 35#、45#,直径 580 ~ 1 600 mm,壁厚 90 ~ 320 mm,长度 10 ~ 18 m。具有长度长、筒壁厚、加工精度高、制作周期长等特点,属于厚壁缸体类工件,制作难度较大。本文以推动缸为例,通过解析厂内实际制作工艺,对厚壁液压缸体制作工艺进行探讨。

### 2 推动缸结构及工艺重难点分析

推动缸公称力 3 700 kN,工作压力 29.5 MPa,工作行程 10 000 mm。原材料选用 35#,整体尺寸:全长

10 200 mm,中部为  $\Phi 580 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}$  的管状结构,左端为厚度 210 mm 的连接法兰,右端为厚度 860 mm 的轴承座,形状较为复杂,见图 2。

(1) 缸体可采用整体锻造,也可采用锻焊结合的结构。如果采用整体锻造,由于长度长,筒壁厚,并且两端形状特殊,里孔要求通长加工,整体锻造难度很大,毛坯利用率极低,造成成本浪费。综合考虑锻造成本,选用锻焊结合的结构。

(2) 原材料为 35#,含碳量较高,焊接性能较差,采用锻焊结合的结构后,由于壁厚较厚、焊量大,若焊接工艺参数选取不当,极易产生焊接裂纹,无法保证焊缝质量。

(3) 为降低成本、提高锻件毛坯利用率,锻件留量不能太大。而且,焊接时必须严格控制好直线度,保证加工量足够。所以焊接时定位一定要准,焊接难度较大。

(4) 推动缸里孔与柱塞杆有装配关系,设计要求一

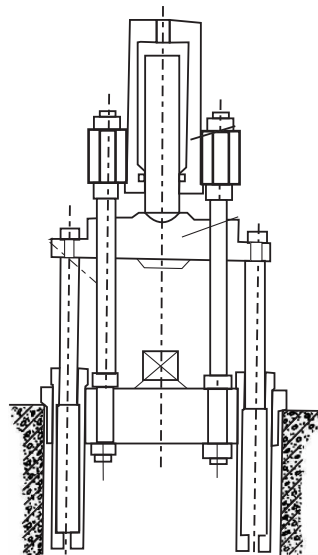


图1 液压机结构简图

次装夹加工完成,但通长 10 200 mm 机加工难度很大。

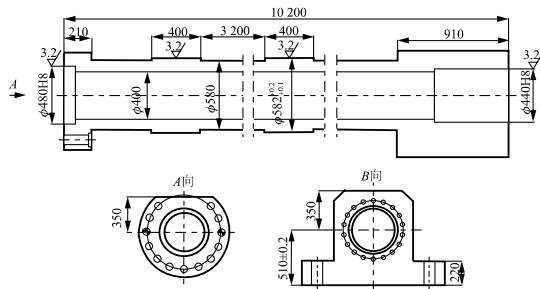


图2 推动缸筒图

3 实施对策

3.1 窄间隙焊的选择

若采用常规的混合气体保护焊或者埋弧焊,需要制备较大的焊接坡口,焊量大、焊接应力相应增大,极易产生焊接裂纹,且容易产生焊接变形。为保证焊缝质量、控制焊接变形,经研究并多次考察,笔者公司首次引进窄间隙焊设备,采用窄间隙焊的方式焊接。

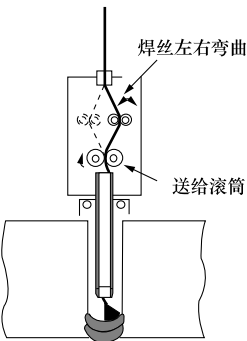


图3 窄间隙焊筒图

窄间隙焊,即只开小角度坡口,通过赋予焊丝弯曲特质,利用其所形成的波形焊丝,使坡口两个侧壁完全熔透,见图3,实现一层一焊道高品质、高效率的稳定焊接方式。优点是焊缝区域窄、坡口断面积小,降低了焊材消耗量,提高焊接效率。同时,也减小了焊接残余应力,降低产生焊接裂纹的可能性,焊接变形量减小。

3.2 焊接工艺评定

焊接是整个制作工艺中最为关键的环节,既要保证焊缝质量,也要保证很好的直线度。笔者公司首次引进窄间隙焊设备、采用窄间隙焊的焊接方式,各相关部门都十分重视。首先是焊接工艺评定准备,事先制作焊接试板,不断调试焊接参数进行试验,见表1。

表1 主要焊接参数

填充金属	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/cm/min	预热温度/℃	热处理温度/℃
ER70S-6	230~250	28~29	22~24	150	580±20

运用表1参数焊接的试板通过了力学性能试验,包括2个拉伸试验,抗拉强度大于母材的强度,判定为合格;4个侧弯试验,未发现裂纹,判定为合格;3组冲

击试验,试验温度20℃,冲击值>27J,判定为合格。上述试验合格,证明了所选焊接方法及参数合理,能够得到合格的焊接接头。

3.3 拼焊方案的确定

拼焊方案主要是分段数量及拼缝位置的选取。①为提高锻件毛坯利用率,两端应尽量短;②结合厂内镗床的加工行程,中间段尽量控制在4000mm左右;③为避免应力集中,拼缝至少应避开轴肩距离150mm;④根据窄间隙焊设备参数,为避免焊接时产生干涉,拼缝距轴肩处间距约300mm。综合以上因素,最终确定分4段拼焊,拼焊位置见图4。

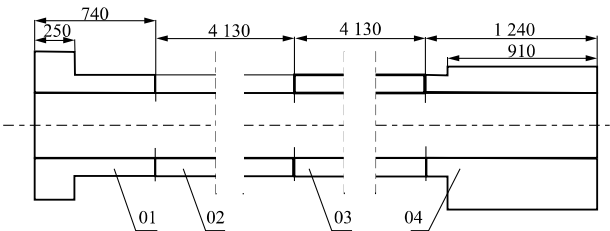


图4 拼焊方案示意图

3.4 定位止口设计

为保证焊后直线度,坡口位置设计阴阳对接定位止口,止口采用间隙配合0.02~0.06mm,见图5。窄间隙焊坡口,严格按照窄间隙焊设备能力设计,形状为“J”形,底部为R4.5mm圆角,上部开口距离为14mm。该J形坡口、及定位止口均由数控车床机加工完成,以保证精度要求。在窄间隙焊焊接完成后,里孔加工,将定位止口台加工去除,从而保证焊缝全熔透。

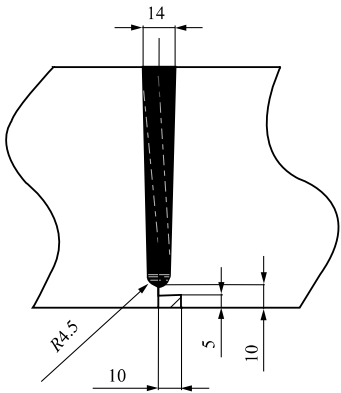


图5 坡口及定位止口图

3.5 深孔镗

推动缸里孔通长10200mm,要求一次装夹加工完成,如果采用普通镗铣床,加工行程肯定不够,为此,我司采用深孔镗加工。综合考虑制作成本,为节省深孔镗刀具成本,缩短占用大机床工时,拼焊前,各分段里孔安排普通镗床粗镗孔,节约了大量成本。

## 4 主要工艺流程

### 4.1 窄间隙焊

将推动缸放在滚轮架上,一边滚动一边用烤枪对接口位置进行加热,预热温度不低于 150 °C,并用红外线测温仪监测。预热温度达到 150 °C 时,将窄间隙焊焊枪移动到接口处的 J 形坡口内进行打底焊接。待整个根部的焊道焊接完成以后,缸体在滚轮架上连续转动进行多层焊接,并用红外线测温仪随时监控层间温度。若发现温度低于 150 °C,立即用烤枪进行辅助加热,焊后用石棉布将环形焊缝包裹起来保温缓冷,防止产生焊接裂纹。

焊接完成后,焊缝进行 100% 超声波探伤,符合 JB4730-2005 的 II 级要求,焊缝表面进行 100% 着色探伤,未发现裂纹。

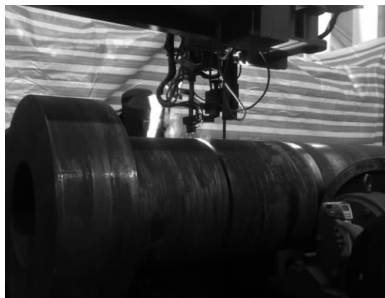


图6 窄间隙焊现场图

### 4.2 去应力退火

退火时底部多垫支撑,防止变形。退火工艺严格执行 AWS D1.1 规范要求,进炉温度不超过 315 °C,升温速度不超过 55 °C/h,保温时间根据板厚确定,详见图 7。

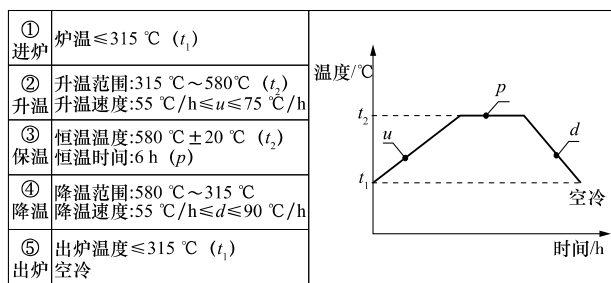


图7 退火工艺曲线

### 4.3 机加工

① 卧车: 粗车缸体外圆,并车找正带,为后序深孔

镗提供找正基准。

② 深孔镗: 按上序车的找正带找正,通镗整个缸体的里孔至要求。

③ 龙门铣: 按里孔找正,法兰两端里孔镗配堵工艺止口,注意应保证两止口同轴。

并在轴承座端配重,防止精车时发生偏载,保护机床、也保证加工精度。

④ 配工艺堵: 装配间隙控制在 0.01 ~ 0.03 mm 之间。工艺堵头放入液氮中,待其外径收缩后装入到缸体两端的止口中,并同钻销孔、打入销钉定位。

⑤ 卧车: 利用工艺堵头,精车缸体外圆至要求。然后拆堵,精车两端止口至要求。注意,在精车前留量 0.5 ~ 1 mm,对拼缝位置进行 100% 着色探伤检查,保证无裂纹。

⑥ 龙门铣: 按两端止口找正,铣法兰各端面、并钻镗各孔至要求。



图8 加工现场图

## 5 结语

本文以推动缸的制作工艺为例,介绍了厚壁液压缸体制作工艺。目前,该项目正在有条不紊地进行中,推动缸已成功制作并检验合格,实践证明该制作工艺是可行的。此次成功制作经验,也为类似大型厚壁液压缸体的制作提供了借鉴作用。

### 参考文献

- [1] 李永堂. 锻压设备理论与控制[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [2] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [3] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.

(编辑 汪 艺)

(收稿日期: 2014-09-24)

文章编号: 150135

如果您想发表对本文的看法,请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置。

### • 名词解释 •

**抗拉强度 ( $\sigma_b$ )** 材料在拉伸过程中,从开始到发生断裂时所达到的最大应力值。它表示钢材抵抗断裂的能力大小。与抗拉强度相应的还有抗压强度、抗弯强度等。设  $P_b$  为材料被拉断前达到的最大拉力,  $F_0$  为试样截面面积,则抗拉强度  $\sigma_b = P_b/F_0$  (MPa)。