

# 活塞杆表面小孔下封闭腔体结构多余物控制技术研究

王威<sup>1</sup> 付军峰<sup>2</sup> 陈广宇<sup>3</sup> 王鹏飞<sup>1</sup> 艾敏<sup>1</sup> 陈浩<sup>1</sup>

(1. 长治清华机械厂, 长治 046012; 2. 火箭军驻长治清华机械厂军事代表室, 长治 046012;  
3. 空军驻山西地区军事代表室, 太原 030024)



**摘要:** 通过分析活塞杆表面小孔下封闭腔体的结构特性、工艺性对多余物控制的影响, 采取工艺螺堵封堵、超声波变量往复冲洗、加注清洗剂高压气体往复吹除等工艺措施, 实现了小孔下封闭腔体结构多余物的有效防控。

**关键词:** 活塞杆; 封闭腔体; 多余物控制

## Technical Research on FOD Controlling in Lower Closed Chamber of Small Hole in Surface of Piston Rod

Wang Wei<sup>1</sup> Fu Junfeng<sup>2</sup> Chen Guangyu<sup>3</sup> Wang Pengfei<sup>1</sup> Ai Min<sup>1</sup> Chen Hao<sup>1</sup>

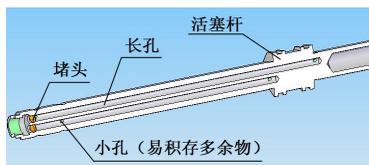
(1. Changzhi Qinghua Machinery Factory, Changzhi 046012;  
2. The PLA Rocket Force Representative Office in Changzhi Qinghua Machinery Factory, Changzhi 046012;  
3. The Air Force Representative Office in Shanxi, Taiyuan 030024)

**Abstract:** Through the analysis of the effect on FOD (foreign object debris) controlling by the structural and processing characteristics of the lower closed chamber of the small hole in the surface of the piston rod, the thesis adopts such processing methods as screw choke plugging, ultrasonic variable reciprocate flushing, repeated blowing and cleaning by filling cleaning agent and high pressure gas etc, to achieve the effective controlling of FOD in the lower closed chamber of the small hole.

**Key words:** piston rod; lower closed chamber; FOD controlling

### 1 引言

典型活塞杆表面小孔下的封闭腔体结构见图 1。



注: 长孔口部被堵头封住后形成小孔下封闭腔体。

图 1 典型活塞杆表面小孔下封闭腔体结构

在机械加工、焊接及热表处理等环节, 活塞杆表面小孔下封闭腔体内极易进入铁屑、外界粉尘颗粒、

热表处理液等多余物, 而由于小孔下封闭腔体结构特性的原因, 多余物一旦进入小孔内则很难清除。为了有效控制小孔下封闭腔体结构中多余物, 保证产品质量, 对此技术开展研究。

### 2 技术分析

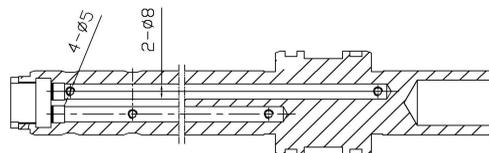


图 2 小孔下封闭腔体详细结构参数

选取某产品活塞杆总成为实施对象, 采用活塞杆

作者简介: 王威 (1975-), 高级工程师, 机械设计制造及其自动化专业; 研究方向: 机械制造工艺与设备。  
收稿日期: 2017-01-04

表面小孔下封闭腔体结构多余物控制方法对其深孔进行多余物控制。活塞杆总成中小孔下封闭腔体的详细结构参数见图 2。

活塞杆总成及其小孔下封闭腔体详细工艺参数的工艺分析见表 1。

表 1 活塞杆总成小孔下封闭腔体工艺性分析

序号	项目	参数	分析及备注
1	材质	活塞杆: 40Cr-GB/T3077—1999; 堵头: 40Cr-GB/T3077—1999。	合金调质钢, 易于加工 <sup>[1-2]</sup> 。
2	热处理	调质处理 HRC28~32。	调质处理, 易于加工, 难于焊接 <sup>[1-2]</sup> 。
3	表面处理	活塞杆外圆表面 Ep-Cr40hd, 端面与倒角不得有铬层, 镀层应符合 QJ456—1988 硬铬镀层技术条件, 其余表面 Ct-O 处理。	镀铬、氧化时需对 4- $\Phi$ 5 孔、2- $\Phi$ 8mm 深孔进行防护, 防止多余物进入。
4	密封试验	焊缝打磨光滑, 焊缝进行 21MPa 密封试验, 15min 不允许任何渗漏油现象。	需设计密封试验工装。
5	小孔	4- $\Phi$ 5mm 通孔。	防止多余物进入难于防护。
6	深孔	深 358mm 的 $\Phi$ 8mm 封闭孔 1 处; 深 304mm 的 $\Phi$ 8mm 封闭孔 1 处。	多余物进入难于清除。
7	工序	机械加工、焊接、热处理、表面处理。	需对 4- $\Phi$ 5mm 孔、2- $\Phi$ 8mm 深孔进行防护, 防止各工序中多余物进入。
8	深孔壁厚	2- $\Phi$ 8mm 深孔距活塞杆外圆最小壁厚 7mm; 2- $\Phi$ 8mm 深孔相互间最小壁厚 4mm。	4- $\Phi$ 5mm 孔在 7mm 壁厚上难于防护。
9	结论	小孔下封闭腔体需经历机械加工、热处理等工序, 需防止铁屑、焊渣、热处理液残留等多种多余物进入或残留; 4- $\Phi$ 5mm 孔所处位置最薄壁厚为 7mm。	以上工序因素、结构因素均不利于小孔下封闭腔体对多余物的防控。

### 3 实施方案

多余物产生的来源为内部残留、内部生成和外来侵入<sup>[3-6]</sup>。根据多余物来源的三个途径, 以保证加工精度与控制多余物并重为指导思想, 针对背景技术的缺陷, 采取增加工艺结构、超声波清洗封闭孔、循环冲

洗封闭孔、高压气体往复吹除清理封闭孔等措施, 阻断铁屑、外界粉尘颗粒等多余物进入小孔下封闭腔体的渠道, 进行小孔下封闭腔体中多余物主动清理, 达到控制多余物的目的。基于以上技术分析思路, 设计技术方案的工艺流程见图 3。

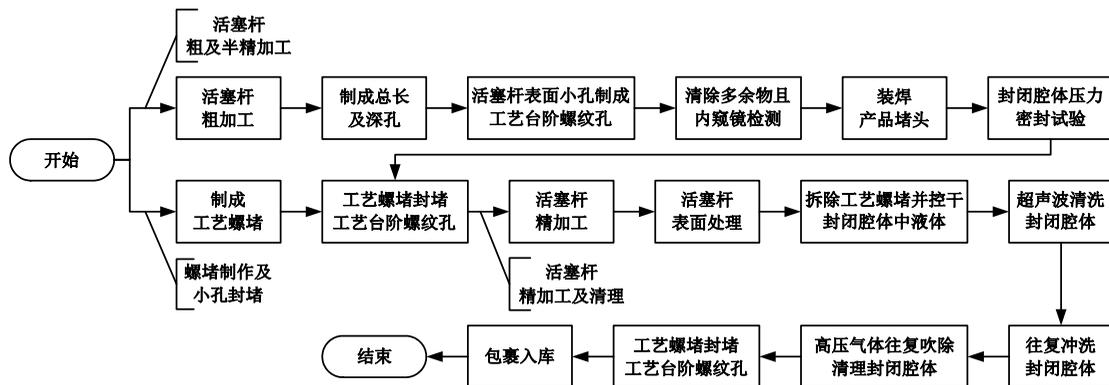


图 3 活塞杆表面小孔下封闭腔体结构多余物控制流程

#### 3.1 活塞杆粗及半精加工



图 4 工艺台阶螺纹孔

对活塞杆粗加工, 包括坯料加工、热处理、半精

加工等。加工并制成活塞杆的总长度、活塞杆表面小孔下的深孔。在结构强度允许及设计方同意的前提下, 将活塞杆外圆表面的小孔 (连通活塞杆长孔) 制成工艺台阶螺纹孔 (上部为光孔、下部为螺纹孔), 其实物情况见图 4。

清除活塞杆内外表面各处 (含深孔、工艺台阶螺纹孔、螺纹等) 的铁屑、毛刺、油污、锈迹等多余物, 之后用内窥镜检测多余物应清理干净, 否则重复清除

及检测过程,直至多余物被清除干净。在深孔口部安装产品堵头,注意不得将多余物带入深孔,再将活塞杆和产品堵头焊接为一体。采用工艺装置对小孔下封闭腔体(深孔)做油压压力密封试验,要求焊缝处不得渗漏。

### 3.2 螺堵制作及小孔封堵

加工成用于封堵工艺台阶螺纹孔的工艺螺堵,如顶丝等。将工艺螺堵旋入工艺台阶螺纹孔中以封闭深孔,要求工艺螺堵端部不得高于活塞杆表面。注意不得将多余物带入深孔。

### 3.3 活塞杆精加工及清理

对活塞杆精加工,包括尺寸公差、形状公差、位置公差、表面粗糙度等的加工。

对活塞杆进行镀铬、氧化等表面处理。拆除工艺台阶螺纹孔中的工艺螺堵,控干小孔下封闭腔体(深孔)中的表面处理液体,防止其结晶。

在超声波清洗槽中从前、后两个方向往复清洗活塞杆的小孔下封闭腔体(深孔),反复3次。采用变量液压泵、工艺装置,以液压缸工作用液压油为冲洗介质,从前、后两个方向往复、变流量、脉动冲洗<sup>[7-8]</sup>活塞杆小孔下封闭腔体(深孔)≥30min,直到检查无异物为止。用注射器往活塞杆小孔下封闭腔体(深孔)内注入航空清洗汽油,用压缩氮气从工艺台阶螺纹孔一端充气(压力≥0.2MPa,且0.4~0.5MPa时,效果较好,时间1min),另一端用白绸布或滤纸(滤纸层数为2层)承接,观察应不存在多余物;再从另一端充气,从相反的一端用白绸布或滤纸承接,观察应不存在多余物,否则重新冲洗小孔下封闭腔体并用压缩气体吹除,直到目测无宏观可见多余物为止。用液压缸工作用液压油冲洗小孔下封闭腔体,检测冲洗后油液污染度应符合技术条件要求(一般不超过18/15级)<sup>[9]</sup>。

用洁净的工艺螺堵旋入工艺台阶螺纹孔,封闭小孔下封闭腔体。将活塞杆用洁净的油封纸或塑料布包裹及封闭,入库备用。作业完毕后清理现场,各物品归位存放。

## 4 实施效果

### 4.1 分步控制效果

#### 4.1.1 紧定螺钉密封

小孔下封闭腔体口部小孔用4-M5×12mm紧定螺钉封堵后,机械加工时铁屑等多余物没有被挤入小孔

中。打开紧定螺钉,用5×放大镜、内窥镜检测,未发现小孔下有铁屑等多余物。

#### 4.1.2 压缩气体吹除

表2 试验结果统计

试验件号	压力/MPa	白绸布或滤纸(无目视可见多余物)	油液污染度(≤18/15级)	结果
1	0.4	无	17/13	合格
2	0.2	无	17/13	合格
3	0.3	无	18/12	合格
4	0.5	无	17/13	合格
5	0.3	无	18/12	合格

小孔下封闭腔体采用压缩气体吹除并经油液冲洗,结果见表2。由表2可知,压缩气体可以将小孔下封闭腔体中的多余物吹除干净,但需气体压力≥0.2MPa。小孔下封闭腔体压缩气体吹除情况见图5。



图5 小孔下封闭腔体压缩气体吹除情况

#### 4.1.3 油液化验

油液冲洗后化验结果见表2,油液污染度满足规定要求。

#### 4.1.4 剖切检查



图6 小孔下封闭腔体剖切结果

小孔下封闭腔体剖切检查情况见图6。由剖切情况可知,本方法可以有效控制活塞杆表面小孔下封闭腔体结构中多余物。

### 4.2 效果统计

综上所述,经采用活塞杆表面小孔下封闭腔体结

