

回转体类气密性零件加工方法与应用研究

柯兵¹ 范存辉¹ 臧元甲¹ 关宏²

(1 郑州飞机装备有限责任公司 河南 郑州 450000; 2 沈飞飞机工业(集团)有限公司 辽宁 沈阳 110000)

摘要:近年来以氮气作动力的产品逐步增加,对回转体类气密性零件要求很高,特别是密封部位,尺寸精度高、形位公差严、光洁度高,然而产品在装配中发生多次漏气问题,并且零件加工质量不是很乐观。通过提高精加工设备要求,改变加工方法,严格控制机加过程,精加工内容尽量集中,并做好零件防护,保护已加工的高精度面,防止磕碰和划伤,确定合理的车削参数,使用PCD刀具和整体硬质合金刀具,可有效保证零件表面加工质量,提高零件合格率。

关键词:密封圈;气密性;回转体

1 背景介绍

某单位涉及气密性相关的密封部位主要存在气缸内密封圈类密封、阀体类锥面密封和端面小平面挤压密封三大类。密封圈密封结构特性相对简单,为密封圈套于孔内零件槽内,由保护圈支撑,与气缸内筒挤压形成密封状态;锥面密封则存在锥面多种样式,但主要密封方式均为金属非金属锥面贴合挤压密封;端面密封亦依靠金属与非金属紧密贴合组成密封状态。虽然出现漏气的次数不同,但各种密封方式均出现过不同程度的漏气问题,经过对漏气部位各零件进行计量,大多数漏气原因定位为密封部位两配合零件的粗糙度其一或者两者皆不达标。

2 加工方法改进

参照设计部门气密结构,设计出用于气密试验测试的组合结构,从工艺方式改进、机加过程控制、组装气密试验全方位对气密部位重要特性进行加工测试,从而形成可靠的加工策略。

2.1 工艺机加策略改进

(1) 针对密封圈密封结构主要为提升缸体内孔粗糙度的情况,攻关团队对小孔径深孔的粗糙度加工策略进行了探索,结合设计部门“保险机构解锁故障”,以XX/4410A-01气缸为例,对零件内孔表面粗糙度进行了改进。为保证设计要求最大限度提升零件内孔的粗糙度,将零件原有粗糙度 $Ra1.6$ 更改为 $Ra0.4$,并将原来的工艺过程铰孔更改为铰孔、镗孔、研孔、抛光四道工序,抛光工序增加粗糙度计量要求,确保零件粗糙度切实可控,经过实际试制测试零件粗糙度可达到 $Ra0.2 \sim 0.3$,完全可以满足密封圈密封结构需求。

(2) 针对锥面密封结构,锥面气密配合中金属部

件材料多为15-5PH,因此本次研究也选取该材料进行。15-5PH是一种马氏体沉淀硬化不锈钢,具有良好的抗拉强度和韧性,但同时也是一种难加工材料。材料加工特点如下:①切削变形大,当切削用量较大时,工件因受刀具挤压产生塑性变形,形成残余应力;②加工硬化严重,加工过程中,切削变形很快变成加工硬化,切削硬化程度可达基体硬度2倍以上,导致切削力进一步增大,产生更大的切削热;③表面粗糙度不易保证,15-5PH材料塑性好,切屑不易断裂,加工时容易缠绕刀具和工件上,与零件进行二次摩擦,造成表面划伤,影响零件粗糙度。

故在加工方法中严格贯彻以下三点思路:①尺寸精度不高、配合尺寸不严的都放在热处理前加工完成,尺寸精度高的单边留 $1 \sim 2\text{mm}$ 的热处理后精加工量;②热处理后精加工,加工内容尽量集中,充分使用好T42、EU42高精度机床,能一次装夹加工完成的内容,决不安排两道工序,重复装夹,减少周转;③零件热处理后,每道精加工工序,零件加工完成后都要单件放入密封袋进行包装,防止零件划伤,并且单独隔开放入专用泡沫零件盒,防止零件在周转时造成磕碰伤。

下面以XX/511-01充气阀体为典型零件进行具体说明。加工路线为粗车→铣六方→去毛刺→点钻(铣工)→钻孔(钳工)→热处理→车外圆→车螺纹→去六方毛刺→检验。热处理前主要加工完成零件外六方和保险孔。热处理后,分两道车工完成其他所有加工内容,车外圆(图1)和车螺纹(图2),并且每件零件加工完成后,用密封袋单件包装。

刀具和车削参数选择:

(1) 相对于高速钢,硬质合金材料的刀具耐磨性和导热性更好,可有效避免因刀具磨损且刃磨不及时造成表面粗糙度不够;

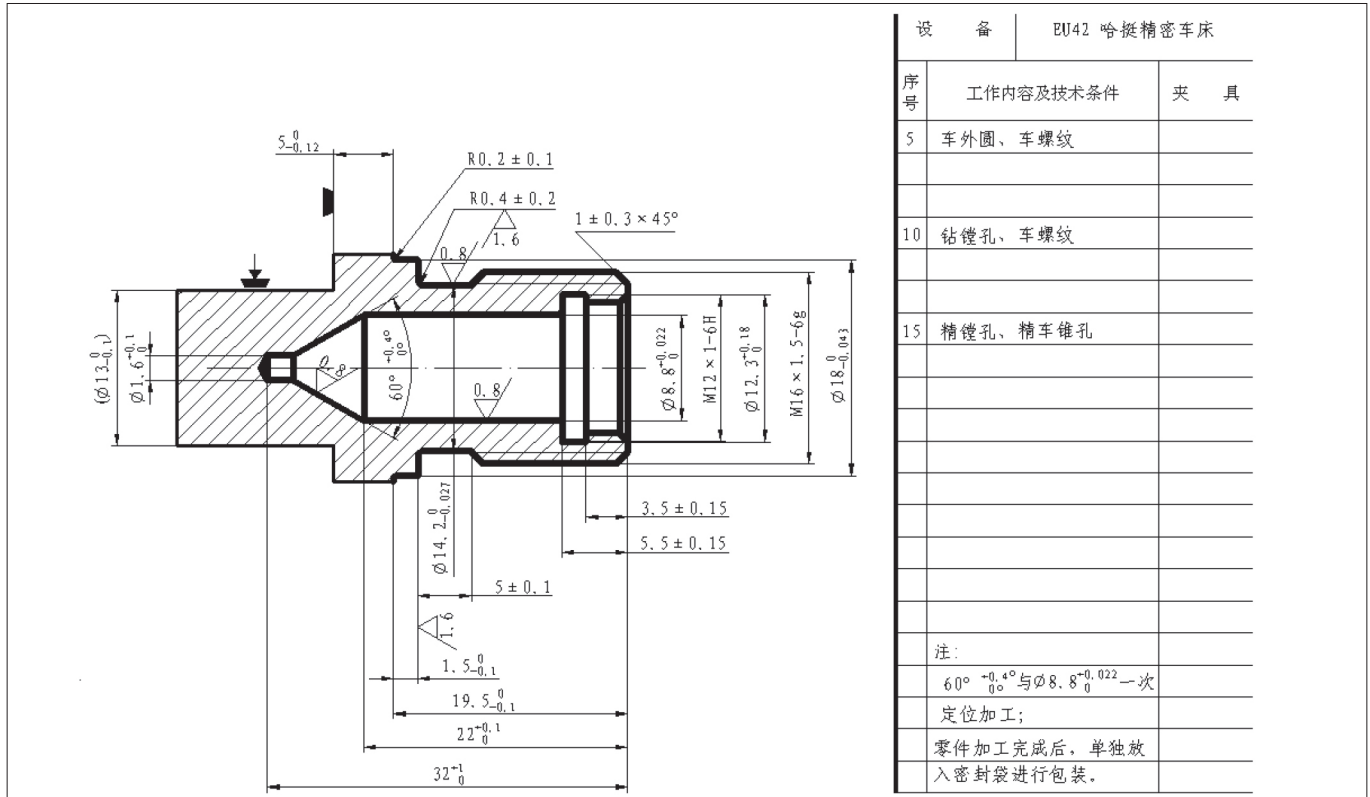


图1 充气阀体车外圆工序图

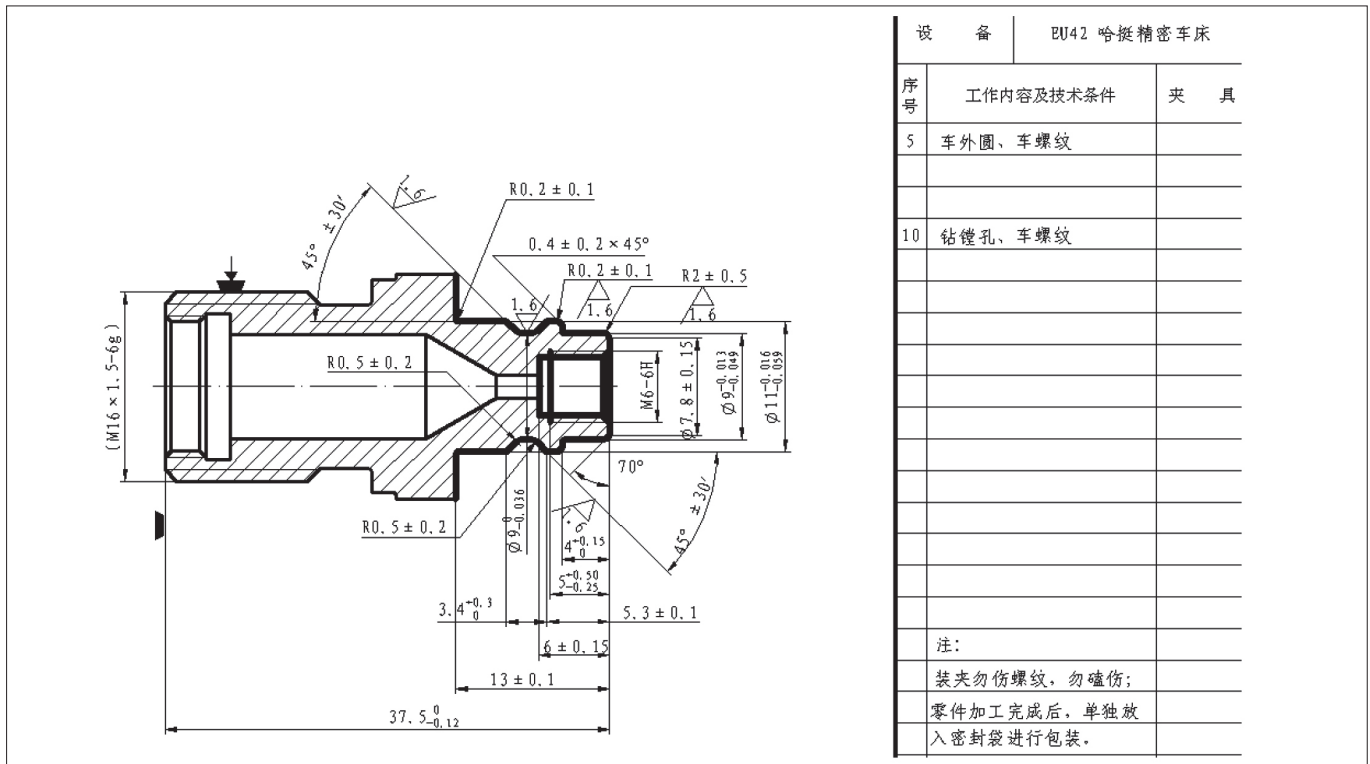


图2 充气阀体车螺纹工序图

(2) 在保证刀具强度的前提下，尽量选用大的刀具前角，以减小工件变形减轻硬化程度，试验发现 $10^\circ \sim 12^\circ$ 的刀具前角效果较好；

(3) 车槽刀的副偏角小，刀头强度高，且能修整已

加工表面，但副偏角过小会使刀刃参与切削的长度增加，产生过渡挤压。经试加工发现当刀具副偏角为 2° ，精车余量为 0.2mm 时，加工效果最佳。

精加工密封部位，采用整体硬质合金镗刀，切削参

数 $V_c=2000 \sim 2200r/min, a_p=0.05mm, F=0.1 \sim 0.02mm/r$ 。精加工后采用抛光纸对气密配合的圆锥面和圆弧面抛光处理,按此种方法加工后,采用10倍放大镜检查气密配合面,表面无划痕。

(3) 针对端面密封结构,零件多为碳纤维加强型PEEK材料(牌号PEEK5600CF30),该材料在加入碳纤维后有效提高了材料耐磨性和力学性能,是一种性能优异的特种工程塑料。通过试验研究,使用PCD(聚晶金刚石)刀具,能更好地将零件原有粗糙度 $Ra1.6$ 提高至 $Ra0.8$,满足端面密封结构需求。

2.2 气密试验的组合结构设计

对于密封圈密封结构,由于机加目标明确为提升缸体的内孔粗糙度,无需结构性测试,故主要测试方向设定为锥面密封及端面密封,提炼设计气密部位结构,驱除不涉及密封的多余结构,设计出两种组合测试结构(图3和图4)。

组合测试一结构主要为对1号件充气阀体模拟件与10号件活塞模拟件测试锥面密封,7号件阀芯模拟件I与5号件集成座模拟件测试端面密封,试验时通过左侧

充气阀体充入高压气体,将组合测试装置置于清水中观测组合件漏气状况。图中所包含12号件密封圈与2号件套筒,6号件与2号件套筒两处静态密封,可通过漏气点不同进行排除。

组合测试二结构主要为对7号件塞子模拟件与5号件阀芯模拟件II测试锥面密封,同时也可测试组合测试一中所测1号件充气阀体模拟件与10号件活塞模拟件形成的锥面密封,试验时同样通过左侧充气阀体充入高压气体,将组合测试装置置于清水中观测组合件漏气状况。

两种组合测试共测试三种动密封结构及两种尺寸的静密封结构,所测试内容具有较高的代表性。

3 结语

该类零件的加工难点在于如何提高零件密封部位的表面质量和形位公差,改进后的工艺加工方法可有效地解决此问题。针对金属气密件(充气阀体、气缸、气缸转轴等)优化工艺加工策略,全面利用精密车削、抛光、研孔等各种工艺方法,并在精加工密封部位时使用整体硬质刀具,提高零件气密部位表面质量;针对非金属气密件(保护圈、阀芯等),使用PCD刀具,通过精密车削等工艺方法提高表面质量;针对关键气密部位,明确检测方法与要求,保证质量稳定。

按照以上提供的两种测试结构进行试验,零件组装成组件按产品技术要求分别充压35MPa和10MPa的高、低压情况下,在气密试验台上检测优化加工后结构组件的气密性,5min内未出现气泡,零件气密性满足设计要求。

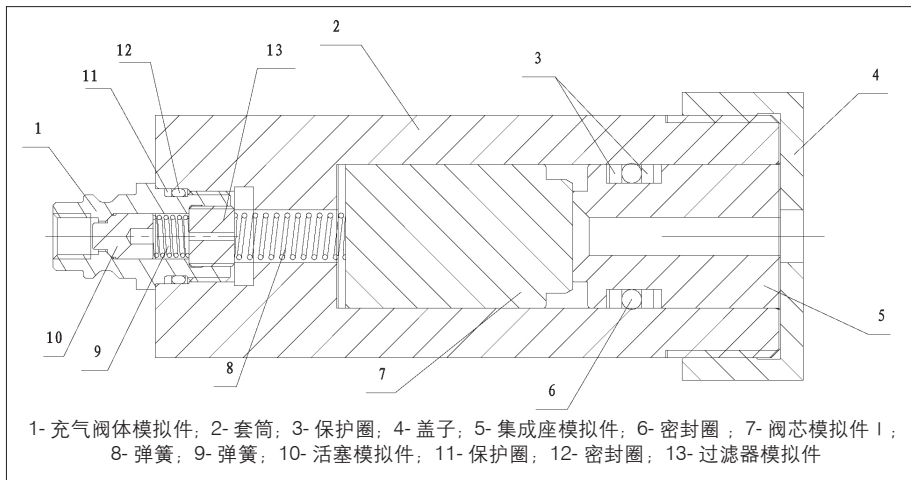


图3 组合测试一结构图

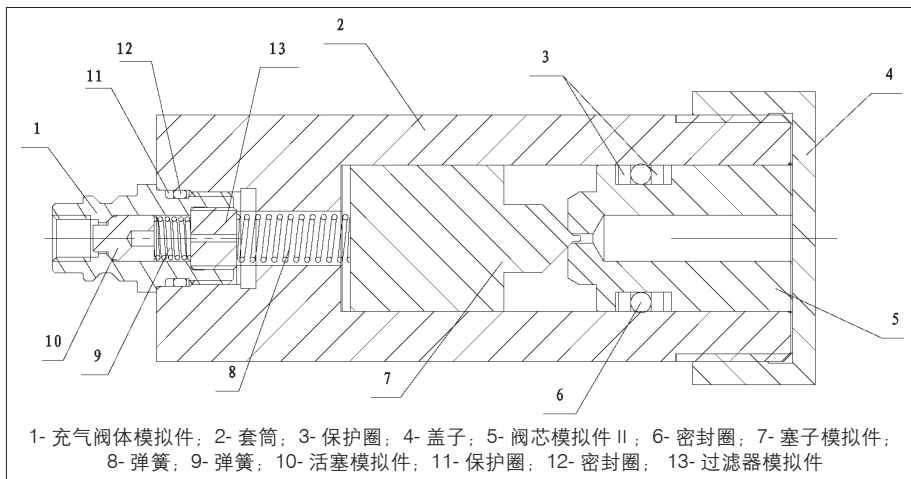


图4 组合测试二结构图

参考文献:

[1] 顾永泉. 机械密封试验技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
 [2] 陆剑中, 孙家宁. 金属切削原理与刀具 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
 [3] 陈明. 机械制造工艺学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
 [4] 李银海. 数控车削加工 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.

作者简介: 柯兵(1988.10-), 男, 汉族, 江西瑞昌人, 本科, 工程师, 研究方向: 机械加工。