

运载火箭用阀门阀座加工技术

史永华 刘军威 张 军 王伟荣

(首都航天机械公司, 北京 100076)



摘要: 分析了运载火箭常用阀门阀座结构特点及要求, 全面介绍了成形加工法、数控轨迹法等加工工艺方法, 同时对相关刀具结构、材料以及刀具的使用进行了分析和总结, 最后对阀座的检测方法进行说明。

关键词: 阀座; 成形车刀; 检测

Processing Technology of the Valve Pedestal in Launch Vehicle

Shi Yonghua Liu Junwei Zhang Jun Wang Weirong

(Capital Aerospace Machinery Company, Beijing 100076)

Abstract: The characteristics and requests of valve pedestal in common use of launch vehicle are introduced in this article. The forming processing, NC path and other methods are used to machine the valve pedestal. The structure, material and useage of the machining tool are analyzed and summarized, as well as the detection methods.

Key words: valve pedestal; forming turning tool; detection

1 引言

阀门壳体结构复杂, 是阀门主要零件之一, 阀门通过壳体安装于管路或容器上, 阀门的关键点是它的密封性。阀门的开启、关闭均由阀芯、阀座组合的一对密封副实现, 密封副的密封情况是产品合格的重要因素之一, 而阀座加工质量决定着它的密封能力。

阀门工作时, 壳体内腔要承受一定的压力, 一般为 $1\sim 23\text{MPa}$, 根据承压和工作介质不同, 壳体选用的材料和毛坯也有区别, 常用的材料有不锈钢和铝合金。

2 阀座的结构及要求

由于各种阀门的功能和结构不同, 阀座的种类也有多种多样, 常见的阀座型式有: 直边圆弧形、单斜边圆弧形、双斜边圆弧形、锥形和平顶形。

阀座型面的结构有两个特点: 一是各种阀座型面的形状虽不相同, 但均由直线和不同半径的圆弧组

成; 二是阀座常位于壳体内腔深处, 加工难度大。

为了满足阀门的密封性要求, 加工时要求型面的几何形状准确, 圆弧与直线要圆滑相接, 不允许出现棱边, 型面上不允许有径向贯穿划痕。

阀座型面的宽度、高度和圆弧半径尺寸偏差值要求一般不大于 $0.05\sim 0.1\text{mm}$, 型面的表面粗糙度值 R_a 不大于 $0.4\mu\text{m}$, 与阀芯导向内孔的垂直度误差不大于 0.01mm 。

3 阀座加工技术

3.1 成形加工法

从几何学的观点来看, 型面是由一条线(母线)沿另一条线(导线)运动的轨迹所形成, 形成表面的母线和导线统称为发生线。成形加工法就是利用成形刀具对工件进行加工的方法。刀具切削刃本身形成了母线, 发生线的形成不需要机床提供运动。

阀座成形加工法, 即采用特制的成形刀具加工阀座的方法。阀座是特殊型面, 常用的成形刀具有镗钻

和成形车刀两种, 刀具刃部材料为高速钢, 柄部材料为 45 号钢, 刃部必须锋利, 利于排屑, 以防止切屑划伤加工表面, 刃磨好的成形刀具必须先试切样件, 经检测合格后方可使用。

3.1.1 成型镗钻法

镗钻用于深孔的阀座型面加工, 刚性较差。只在加工小尺寸的壳体阀座型面时才应用。镗钻结构及刃型放大图见图 1, 试件产品图见图 2。

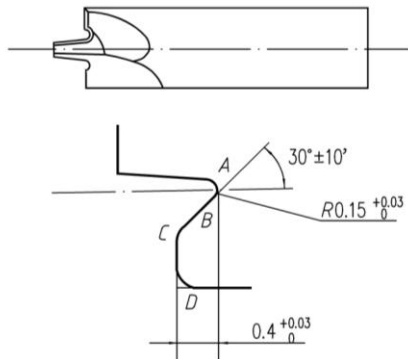


图 1 镗钻结构及刃型放大图

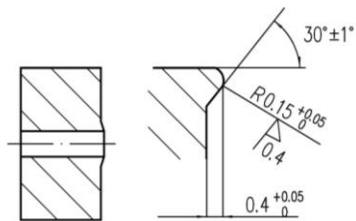


图 2 试件产品图

这种加工方法是成型镗钻定位在尾座上, 通过尾座带动钻头沿工件轴向进给, 使阀门座的尺寸与成型镗钻的 R 刃口的尺寸一致, 从而加工出阀门座。这种方法的特点是: 原理简单, 方便操作, 常用于在普通机床上加工; 对刀具制造精度要求较高, 成型镗钻的制造精度直接影响到阀门的密封性以及阀门重复定位精度和使用寿命; 刀具的装夹定位精度要求高, 刀具装夹后必须用百分表找正使刀具与工件同轴, 否则会导致加工后的阀门座孔口尺寸偏大; 由于刀具切削刃接触面积大, 受切削力大, 当刀杆较长时容易产生振动, 影响阀门座表面质量, 因此一般不适用于深孔内阀门座加工。

3.1.2 成形车刀法

成形车刀刚性较好, 使用普遍, 常用于加工尺寸较大的壳体阀座型面。成形车刀结构及放大见图 3, 试件产品见图 4。

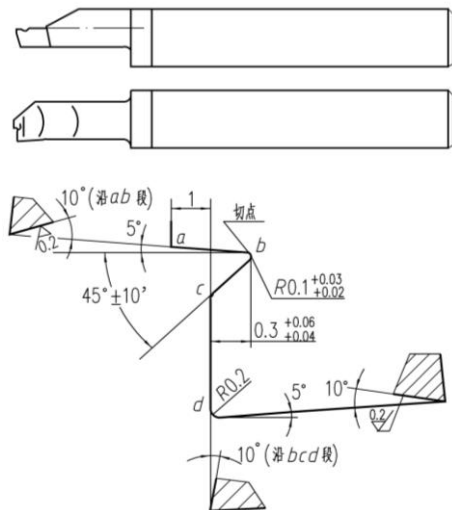


图 3 成形车刀结构及刃型放大图

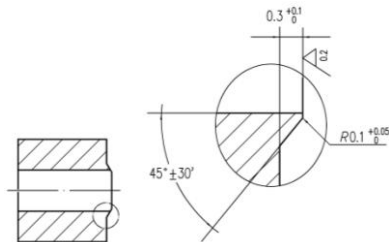


图 4 试件产品图

这种加工方法是成形车刀定位在刀架上, 通过刀架带动车刀沿工件轴向进给, 使阀门座的尺寸与成形车刀的 R 刃口的尺寸一致, 从而加工出阀门座。这种方法与成型镗钻同样属于成形法加工, 相对于成型镗钻的特点是: 它既适合普通车床加工又可用于数控车床的加工; 刀具的装夹定位比成型镗钻方便; 刀具切削刃接触面积比成型镗钻小, 受切削力减小, 能用于一定深孔内的阀门座加工。

3.2 数控轨迹法

数控轨迹法采用数控车刀走轨迹的方法加工阀门座, 刀具切削刃与阀座可看成是点接触。切削点沿阀座弧线方向的运动轨迹即形成母线。通过刀具往复运动加工出所需的阀门座型面。数控加工有利于提高阀座的型面弧形一致性和形位公差精度, 大大提高阀座的加工质量。

数控轨迹法加工时, 刀具刀尖半径必须小于被加工阀座中最小 R 处, 才能加工出合格完整的阀座型面。

由于数控轨迹法对刀具要求比较苛刻, 刀尖半径不大于阀座中最小弧度的半径要求, 刀具寿命受到限制。数控轨迹法只应用在特定的产品上。

这种加工方法是在数控车床上装夹车刀, 通过数

控程序控制刀尖运动轨迹完成阀门座形貌的加工, 相对于前两种成形刀具法, 有以下特点: 仅用于数控车床的加工; 对刀具的制造精度要求不高, 主要是刀尖圆弧半径必须小于阀门座处的最小内角半径; 刀具切削刃接触面积最小, 受切削力也最小, 能用于深孔内的阀门座加工; 数控机床精度一般比普通机床精度高, 并且刀具误差能通过补偿得以修正。

4 阀座检测

阀座型面的检测是一个关键,当阀座处于壳体深处时,不但加工困难,而且检测工具也无法进入内腔测量,而阀座型面的高度、弧形半径、根部半径及其表面质量均需检测出实际数据,才能判定阀座的加工质量水平,采用样件剖切检测能解决这一问题。

首先将型面车刀切削加工的样件沿轴线剖切开，然后研磨剖切面，研磨时要沿轴线朝一个方向推研，不可往复或横向研磨，使剖面真实反映出型面的形状和尺寸，研磨后剖面的表面粗糙度 R_a 小于 $0.2\mu\text{m}$ ，不能有毛刺、飞边和倒角等缺陷。

用光学投影仪检测型面尺寸高度 (H)、弧形半径 ($R1$) 和根部半径 ($R2$)。在 30~50 倍放大镜下观察剖面, 圆弧半径的转接处应圆滑相接, 不得有棱边和

(上接第 46 页)

以及与密封面相关的棱边，在机加过程中，必须用油石将所有棱边倒圆至光滑过渡。任何遗留的飞边毛刺，都有可能使密封圈在装配时就遭到破坏，从而造成密封失效，更严重的是，在装配过程中，密封元件被破坏后很难被发现，极易造成潜在的密封失效隐患而酿成事故。

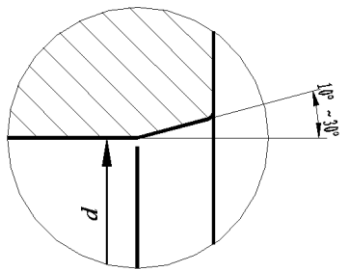


图 4 凹法兰密封面孔口结构示意图

4 结束语

尖角现象,型面检测合格后,就可以用该刀具加工零件,加工到一定数量的零件后,把最后一件用同样的方法进行剖切、研磨和检测,若该件判定合格,则该批首尾之间的所有零件均属合格品。阀座检测的尺寸示意图见图5。

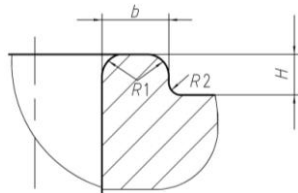


图 5 阀座检测的尺寸示意图

5 结束语

本文通过对阀门阀座的结构分析,针对阀座特点提出了几种阀座加工方法,并分析了相应的加工刀具结构特点,最后提出阀座型面的专用检测方法和手段。

参考文献

- 1 黄立德. 发动机制造技术. 宇航出版社, 1990.10
- 2 曲彩云. 机械设计手册. 机械工业出版社, 2005.3

法兰密封失效是由多种因素的综合作用而形成的,在设计工作中,除了应关注密封元件的性能指标、螺栓的预紧力、密封结构型式等单项指标之外,更应特别注意这些指标在实际应用中的相互匹配,尽量采用针对流体压力的卸载结构,并利用内部压强的作用来提高密封效果的自紧式密封结构设计,使法兰密封结构的设计水平产生质的飞跃。

参考文献

- 1 诸士春, 等. Al 包覆厚度对 Al-NiTi 复合垫片密封面压紧力影响的有限元分析. 固体火箭技术, 2012(5): 683~687
- 2 孟宪源, 主编. 现代机构手册. 机械工业出版社出版, 1994
- 3 吴宗泽, 主编. 机械设计实用手册. 化学工业出版社出版, 1999
- 4 张健. 金属空心 O 形圈密封结构设计. 石油化工设备, 2005(1): 32~34
- 5 任全彬, 等. 固体火箭发动机密封结构设计参数分析. 弹箭与制导学报, 2006(3): 151~153