

瓶型零件内腔的数控加工方法研究

王 斌 蔡祥宝

(湖北三江航天江北机械工程有限公司, 孝感 432000)



摘要: 针对瓶型零件的数控车削加工特点——零件口小内腔大, 为解决选用普通刀具无法加工的难题, 通过零件加工工艺性分析, 对影响加工的刀具结构、刀具几何参数、切削用量开展研究, 解决了普通刀具无法实现瓶型零件加工的难题, 保证了口小内腔大的瓶型零件在数控加工后能满足设计精度。

关键词: 瓶型零件; 刀具结构; 数控加工

Research on Inner Room CNC Machining of Bottle-type Component

Wang Bin Cai Xiangbao

(Hubei Sanjiang Space Jiangbei Mechanical Engineering CO., LTD., Xiaogan 432000)

Abstract: Aimed at CNC machining characteristics of bottle-type component, resolve the difficult problem of designs new-type tools, chooses reasonable parameters, researches on some difficulties unable to machining by using common tool. Carried the research on the influence element, such as tool structures, tool geometric shapes and cutting amount. So it solved the problems of bottle-type part machining and meet the design accuracy.

Key words: bottle-type component; tool structure; CNC machining

1 引言

瓶形零件是某部件的关键零件, 其内腔结构特点类似于瓶型结构, 壁薄、口小、内腔大, 切削时刀具的进退空间很小, 限制了车刀刀杆颈部截面。由于切削刃悬伸较长, 刀具刚性差, 刀杆在切削时需承受较大的切削力, 机加零件难以保证较高的尺寸精度和表面粗糙度。工件口部小, 切削过程中产生的切屑很难排出, 容易缠绕刀具, 导致刀具从颈部折断。

2 零件工艺性分析

该瓶形零件材质为铝镁系防锈铝 5A06-H112 棒料, 其外形及尺寸如图 1 所示, 从外形图可以看出, 该零件属于典型的口小内腔大的瓶型零件。

该瓶型零件内腔加工的主要问题如下:

a. 孔口是内腔加工的刀具进刀入口, 零件最小孔

直径为 $\Phi 9_{0}^{+0.03}$ mm, 因此刀具头部的尺寸受到孔口直径的限制;

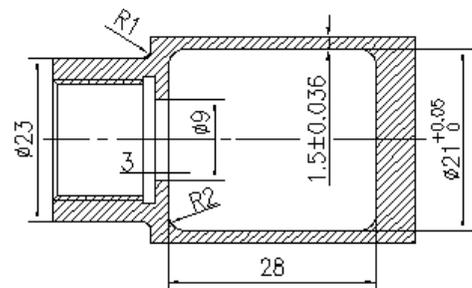


图 1 瓶形零件图

b. 孔口与内腔径向尺寸差 12mm, 瓶型零件内腔加工时, 为保证刀具具有较大的径向进刀尺寸, 只能减小刀杆的颈部截面, 刀杆刚性差, 对切削力敏感, 容易产生刀具折断;

c. 内腔轴向深度 28 ± 0.06 mm, 使刀杆颈部尺寸较长, 进一步导致刀杆刚性变得更差, 切削加工过程中易

产生振颤, 导致零件加工表面粗糙度不良, 刀具折断;

d. 内腔径向深度较深, 刀具与孔口间隙很小, 刀杆进退刀时易与孔口产生干涉;

e. 内腔大、孔口小, 加工过程中产生的切屑不易排出, 切屑积聚过多易挤断刀杆。

经以上分析可以看出, 由于内腔与口部的径向和轴向尺寸都相对较深, 采用传统刀具无法实现车削加工。为解决此难题, 寻求一种新型结构的加工刀具是我厂亟待解决的问题。

3 加工方法

3.1 工艺方案的确定

根据瓶形零件的结构特点和壁厚尺寸公差要求, 采用一次装夹加工全部内外型, 可保证零件内、外圆同心, 壁厚均匀。因此, 确定的加工方案为: 装夹毛坯加长部分→车外圆型面→车螺纹及孔口→车加工内腔型面→切断。

3.2 设备的确定

如果选用普通车床加工零件, 由于刀头尺寸与孔口尺寸接近, 刀具进退刀空间很小, 普车加工时不易控制, 易造成刀具刮伤孔口, 以及 $\Phi 26^{+0.05} \text{ mm}$ 和 $28 \pm 0.06 \text{ mm}$ 等尺寸加工过程中不易测量等问题, 造成壁厚超差, 使得普通车床加工质量不易保证。采用数控车床加工, 通过程序设定, 可准确控制进刀行程、退刀位置和切屑清理时间, 尺寸 $\Phi 26^{+0.05}$ 和 $28 \pm 0.06 \text{ mm}$ 等尺寸加工容易保证。

3.3 刀具结构设计

3.3.1 刀具结构设计

铝镁系防锈铝的强度和硬度较低, 冷变形态和热处理强化态塑性较小, 因而切削过程中刀具磨损小, 属易切削材料。但由于零件孔口小、内腔深, 使得普通刀具在切削过程中刀杆与孔口产生干涉。为了避免刀具加工干涉, 自制特殊结构的刀具。由于口小内腔大, 导致刀杆的颈部截面很小, 刀具刚性很差, 加工过程中受切削力影响, 使得刀具易产生振颤, 易折断, 所以提高刀具刚性是消除工艺系统振动、提高工件加工精度的关键。合理设计刀具结构尺寸和刀具几何角度, 对提高刀具刚性, 减小切削力至关重要。在刀具设计制造时, 需要特别注意刀具在切削状态下和进刀状态下, 刀杆与零件口部的相对位置, 据此尽可能增大刀杆颈部截面, 提高刀杆的强度和刚性, 设计的刀具形状如图 2 所示。

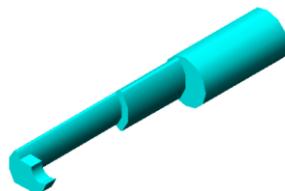
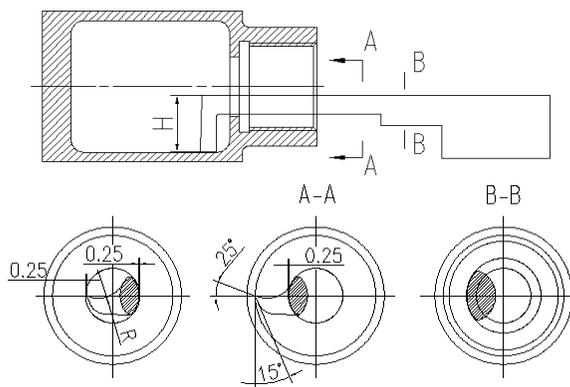


图 2 新型加工刀具结构示意图



a 刀具进入孔口状态 b 刀具加工内腔状态 c 刀杆截面图

图 3 刀具进入内腔加工示意图

刀具头部设计时, 为保证刀头进入孔口不与零件内孔干涉, 刀头形状尺寸需稍小于 $\Phi 9 \text{ mm}$ 孔口, 以免进退刀时与孔口干涉, 擦伤零件口部, 见图 3a 刀具进入孔口状态。

刀具颈部设计时, 为保证刀杆颈部在进退刀和加工时不与零件内孔干涉, 刀杆颈部形状需根据刀具进入孔口状态和刀具加工内腔状态确定刀具颈部形状。刀具加工内腔时, 颈部内侧面同样需与孔口保持适当的间隙(见图 3b), 以免刀具颈部与孔口发生干涉。因此, 刀杆颈部截面的形状尺寸取决于加工过程中刀杆与孔口在上述两处相对位置的形状, 限制了刀杆的颈部形状尺寸。

由于刀具颈部截面受到限制, 截面尺寸较小, 而刀杆颈部长度需根据零件内腔长度保持较长。因此, 刀具的刚性和强度都很差, 易折断。为了提高刀杆的强度, 需对 $\Phi 9 \text{ mm}$ 孔口以外的刀杆颈部进行加强, 提高刀具的刚性。图 3c 为刀杆截面图。

3.3.2 刀具几何参数的选择

铝合金的强度和硬度低, 宜选取较大的前角。该刀具采用圆弧形前刀面, 既能得到大的前角, 又不过多削弱刀尖强度, 粗车时取 $20^\circ \sim 25^\circ$, 精车时取 $25^\circ \sim 30^\circ$ 。由于铝合金的弹性模数小, 由工件弹性恢复产生的后面摩擦较严重, 所以应选取较大的后角, 粗车

时取 8~10°，精车时取 10~12°。

刀具切削刀要磨得锋利，刀面表面粗糙度值要小，前、后刀面通过精研，可以改善零件的切削状态，使切削变形和摩擦减少，可以减小切削力，提高内腔加工表面粗糙度，避免因刀具刚性差产生的刀杆振颤。

3.4 切削用量

该零件内腔粗加工时，只进行径向进给切削，分段切除内腔加工余量，可适当增加刀具径向进给量，提高切削加工效率，避免过大的轴向切削力产生的弯矩造成刀杆颈部折断，刀具径向进给量选择 0.05mm/r，切削速度选择 12m/min。粗加工时，径向切削分三次进刀，头两次进刀每次进刀 3mm，最后一次进刀为内腔精车留 0.05mm 加工余量。每次径向进刀后都应退刀停机清理切屑，避免过多的切屑积聚造成刀杆颈部挤断。

精车采用轴向进给加工，可避免分段加工产生的接刀痕。加工时可适当提高切削速度，选择切削速度

15m/min，轴向进给量 0.1mm/r，以提高内腔加工表面粗糙度。精车时适当增大进给量，可避开工艺系统自激振动频率，避免加工振动。

4 结束语

通过设计结构刀具和选用合理的切削参数，解决了普通刀具无法实现瓶形零件加工的难题。在瓶形零件加工过程中选用的防止刀具干涉和振颤措施，保证了口小内腔大零件在数控加工后能够满足设计精度要求，对口小内腔大类零件的加工有一定的借鉴意义，具有一定的推广应用价值。

参考文献

- 1 胡农. 车工技师手册. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 2 国家机械工业委员会教育研究中心. 车工[M]. 机械工业出版社, 1987
- 3 张恩生. 车工实用技术手册. 江苏科学技术出版社, 1999



(上接第 64 页)

$$\Delta P = \frac{14\rho\sqrt{vl_0}(\sqrt{Q_2})^3}{d_0(\sqrt{f_0})^3}$$

式中： ΔP ——入口压力为 P 时节流孔前后的压差，Pa； ρ ——工作介质的粘度， kg/m^3 ； v ——工作介质的运动粘度， m^2/s ； l_0 ——主阀芯有效长度，m； Q_2 ——入口压力为 P 时导阀口溢流量， m^3/s ； d_0 ——节流长孔的有效通油直径，m； f_0 ——节流长孔的有效通油面积， m^2 。

当 d_0 , f_0 两个参数增加时， ΔP 会增加。主阀芯流量计算如下：

$$\Delta Q_n = C_1\pi D_1\Delta X_n \sin\alpha_1\sqrt{\frac{2(P_n - P_3)}{\rho}}$$

式中： ΔX_n ——主阀增加的开度，m； ΔQ_n ——主阀开启增加的流量， m^3/s ； C_1 ——主阀流量系数； D_1 ——主阀芯的有效外直径，m； α_1 ——主阀密封处半锥角，(°)； P_n ——全开压力，Pa； P_3 ——阀回油压力，Pa； ρ ——工作介质的密度。

当 ΔP 增加时，安全阀的主阀芯受力增大，在主弹簧刚度一定的情况下，主阀开度增大，流量会增加。

通过计算分析，安全阀开启后主阀前后腔压差较小，安全阀主阀弹簧刚度较大，使得主阀开口度较小，

有可能造成流量不够的问题，所以将阻尼孔由原来的 $\Phi 0.35^{+0.02}_{-0.01}\text{mm}$ 改为 $\Phi 0.2^{+0.02}_{-0.01}\text{mm}$ ，以提高主阀前后两腔压差。后续经过 10 套高压安全阀的试验验证，在全开流量上均能满足技术指标要求。

4 结束语

先导式安全阀调试合格率低是多方面因素造成的，除了常见的结构参数如阻尼孔大小等，尺寸设计的合理性、产品的结构特点、零件加工的精度、装配者的装配手段，也会在一定程度上影响着高压安全阀的调试合格率。

上述工艺改进措施有效地提高了先导式安全阀调试合格率。先导式安全阀调试合格率由 40%~50% 左右提高到 90%，达到了提高产品质量稳定性的目的，已应用于实际生产与装调中。

参考文献

- 1 液压传动设计手册. 上海煤矿机械研究所编. 上海人民出版社, 1976
- 2 明仁雄, 万会雄, 主编. 液压与气压传动. 国防工业出版社, 2003
- 3 Becher D, Helduser S. Innovation pump design to reduce pressure pulsations of axial piston pumps[J]. Workshop on power transmission and motion control, Transactions of the ASME, 2000: 127~138

