

# 成形刀加工内球带

徐跃进, 陈科良

(湖南工业大学, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 针对内球带加工的难点, 介绍了成形刀具加工方法, 并就刀具设计、工艺安排、影响零件精度的主要因素、刀片的刃磨和调整进行了阐述。

**关键词:** 成形; 加工; 内球带

中图分类号: TG506.9

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2007)02-0058-02

## Forming Cutter Processing Inside Spherical Zone

Xu Yuejin, Chen Keliang

(Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** In view of the difficulty in processing inside spherical zone, the method of processing forming cutters is introduced and the cutter designing and the process planning are also explained. Then it illustrates the main factors which affect the parts' accuracy and deals with the tool dressing of blades, and the adjustment as well.

**Key words:** forming; process; inside spherical zone

在球面副加工中, 车削是一种最简便的方法, 车削有成形刀、靠模、专用夹具等方法<sup>[1]</sup>。内球带加工多见范成法(有平面范成法和空间范成法两种)。这两种方法的刀具装置较复杂, 在加工球径较小, 球带近于大圆时会受空间限制, 致使加工装置的刚性差, 甚至无法加工。为此, 可用成形法加工(见图1)。成形法加工, 不仅刀具调整较容易<sup>[2]</sup>, 刀具制造也较简单。

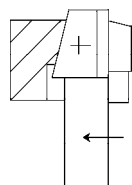


图1 成形刀  
Fig. 1 Forming tool

### 1 刀具设计

工件主要尺寸见图2。为了使刀具刃磨方便, 采用机夹结构, 加工铸钢件采用上压式结构; 加工有色金属, 要求排屑流畅, 可采用其它夹紧方法。因成形切削时切削力较大, 夹紧应可靠, 必要时可将刀块焊在刀体上。刀块上焊有硬质合金刀片, 精切时可用YT15, 加工有色金属时可用YG3X或YG6X<sup>[3]</sup>。

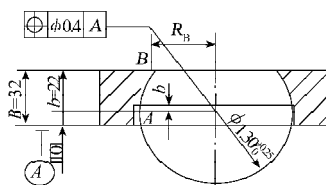


图2 工件尺寸  
Fig. 2 Workpiece dimension drawing

图3为刀片设计原理图。过A点做一与水平面成 $\gamma_0$ 角的平面, 截工件的球面得一小圆。当刀片的切削刃在小圆上时就得到半径为R的内球带。A是刀具的安装高点, A点处前角为 $\gamma_0$ , 刀具的圆弧半径为 $R_0$ ,  $R_0 = R \cos \gamma_0$ 。设工件A点处的后角为 $\alpha_0 = 8^\circ$ , R为工件半径。则刀片的刃磨后角 $\alpha'_0 = \alpha_0 + \gamma_0$ 。切削刃各点处的工作前角, 不同于工件B点处的工作前角 $\gamma'_{0B}$ 。  $\sin \gamma'_{0B} = R \sin \gamma_0 / R_B = R \sin \gamma_0 / \sqrt{R^2 - b^2}$ 。切削刃上各点的法向工作后角都为 $\alpha_0$ 。

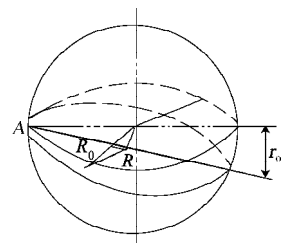


图3 刀片设计原理图  
Fig. 3 Tool blade design diagram

### 2 工艺安排

为保证球心位置, 精切时球面及基准端面在一次径向走刀时完成, 没有刀架的转动。为在切削球面的同时车削基准端面, 在刀架上安装了另一把端面车刀(见图4)。端面车刀

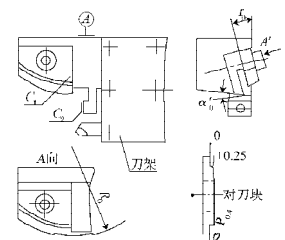


图4 端面车刀  
Fig. 4 Facing tool

收稿日期: 2006-12-06

作者简介: 徐跃进(1958-), 男, 湖南长沙人, 湖南工业大学高级工程师, 主要研究方向为机械设计与制造工艺。

是对刀块确定其位置的, 对刀块用  $C_2$  平面定位<sup>[4]</sup>。

### 3 影响零件精度主要因素分析

用成形法加工内球带, 其工件表面为腰鼓形, 只有当曲率半径的中心落在工件的回转中心线——轴心线时, 工件表面才是理想的球面。下面讨论工件半径实际上是轴截面的曲率半径。

#### 3.1 影响半径的主要因素

1) 刀具前角对工件半径的影响: 由  $R=R_0/\cos\gamma_0$ ,

对其两边微分得:  $dR_{\gamma_0}=R_0 \times \frac{\operatorname{tg}\gamma_0}{\cos\gamma_0} \times \frac{\pi\Delta\gamma_0}{180^\circ}$ 。(1)

式中  $\Delta\gamma_0$  为前角安装误差;  $dR_{\gamma_0}$  为相应工件半径误差。式(1)说明当安装后的前角小/大时工件半径也小/大。

2) 安装高度对工件半径的影响: 设安装前后高度差为  $H$ , 弦心距  $h$  的增量为  $\Delta h$ , 工件半径增量为  $\Delta R_H$ 。则  $\Delta h=H\cos\gamma_0$ ;

$$R=\sqrt{(h+\Delta h)^2+R_0^2}=\sqrt{(h+H\cos\gamma_0)^2+R_0^2}$$

当  $\gamma_0=15^\circ$  时, 对上式两边微分得:  $\Delta R_H=\frac{1}{4}\Delta H$ , (2)

式(2)说明, 当刀具安装低于中心时, 工件半径增大; 当刀具安装高于中心时工件半径减小。

3) 刀具制造误差  $\Delta R_0$  的影响: 工件误差  $\Delta R=\Delta R_0$ , 则工件半径总误差按概率原理为:

$$\sum \Delta R=\sqrt{\Delta R_r^2+\Delta R_H^2+\Delta R_0^2}$$

#### 3.2 影响位置精度的因素

1) 刀具侧基准面  $A$  安装后, 对工件回转中心线即工件轴心线不平行, 影响球心对基准面的位置。若刀具基准面  $A$  在 100 mm 长度上对主轴中心线的不平行度为  $\alpha$ , 由  $\alpha$  产生的球心位置变化为  $\alpha_{11}$ , 经计算  $\alpha_{11}$  约为  $1.18\alpha$  (计算略)。这表明装刀时应使刀具基准  $A$  轴向找正, 在加工过程中不能回转刀架, 其基准面也应在一次走刀中加工。

2) 刀具制造误差对球心位置的影响。刀具制造误差, 主要是刀体定位槽  $C_1$  面和定位块基准面  $C_2$  对基准面  $A$  的垂直度误差引起的工件球心对基准端面的位置误差。若  $C_1$  面对  $A$  面的垂直度误差为  $\alpha_{01}$ ,  $C_2$  面对  $A$  面的垂直度误差为  $\alpha_{02}$ , 由此产生的球心对工件端面位置偏移量分别为  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ 。球心位置总误差按概率原理得:

$$\sum y=\sqrt{\alpha_{11}^2+\alpha_1^2+\alpha_2^2}$$

3) 径向进刀与球心位置的关系。径向进刀影响加工表面的腰鼓形状。当用标准测量时径向尺寸的误差则通过球心对端面的偏移量的轴向反映出来。

这种关系由标准球测量方法决定。经计算得:

$\Delta H_R=\frac{R}{\sqrt{R^2-R_B^2}}\cdot\Delta R$ , 此即径向进刀误差与球心对端面位置误差的关系式。其中  $R$  为工件球半径;  $R_B$  为小圆半径 (见图2);  $\Delta R$  为径向进刀控制误差;  $\Delta H_R$  为球心对基准端面误差。

### 4 刀片的刃磨

刀片的前刀面在平面磨床上加工, 刀片的法向后角  $a'_0$  在外圆磨床上加工, 磨削夹具如图5所示。夹具体上刀片定位槽侧面  $A-B$  应过中心。

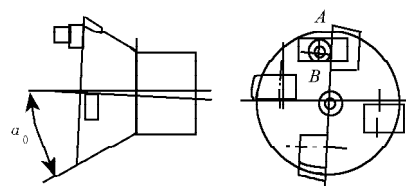


图5 磨削夹具

Fig. 5 Grinding fixtures

### 5 刀具的调整和使用效果

通过以上分析, 我们得知刀具半径误差、刀具前角误差是影响轴截面内曲率半径的主要因素, 而曲面的精密定位只须在加工前调整<sup>[5]</sup>。这可通过安装前角得到调整, 但不影响位置精度。影响位置精度的主要原因是刀具  $A$  基准面的安装和刀具制造误差, 可通过调整刀块解决。加工时的径向进刀误差影响零件表面的腰鼓形状, 试切得到刀架进刀刻度后应严格控制。

### 6 结语

经合理安排和简单调整可使加工半径达  $\pm 0.1$  mm, 位置度要求达  $\pm 0.2$  mm, 精度要求高时可继续调整, 表面粗糙度  $R_a$  为 1.6~3.2。该加工方法的缺点是切削力较大, 因而加工的内球带宽度受到一定限制。

#### 参考文献:

- [1] 高抗美. 凹球面的车削加工[J]. 江苏冶金, 2004, 32(6): 41-42.
- [2] 孙世平. 圆弧母线回转体车削装置[J]. 机械工程师, 2004(3): 59-60.
- [3] 孙世平. 外球面工件车削夹具[J]. 机械工程师, 2002(2): 73.
- [4] 尚建军. 球面车削工艺及车床改进设计原理分析[J]. 煤炭技术, 2006, 25(3): 6-7.
- [5] 王院生, 王鹤岩, 蔡立, 等. 轨迹成形法加工非球面截取轨迹的误差权重分析[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2005, 37(9): 1235-1238.