



公差的平均值,以确保加工时达到较理想的尺寸要求。通过分析,并从经济性和效率等方面考虑,比较理想的加工手段是数控车削。根据零件的材质、外形结构及机床价格等因素,该零件加工可选用台湾某公司生产的 HF-103 三轴车铣复合加工中心(图2)。该机床为水平布局,主轴可伸缩,排刀架可左右大范围移动,方向与主轴轴线垂直。



图2 三轴车铣复合加工中心

Figure 2 Three axis turning milling center

HF-103 三轴车铣复合加工中心机床特点:一次装夹就可完成零件的大部分加工工序,尤其适合需要多个加工工序的零件,避免了零件在多次重复装夹中产生的各种偏差和累计误差。该机床还可配备自动化上料装置,使机床连续工作。其排式刀架,可安装不同方向组合动力刀,包括车刀、铣刀及大功率钻铣主轴,还可增加Y轴以扩大加工范围。该机床操作灵活方便,而且配备了FANUC-TD数控系统,使编程操作更加稳定可靠<sup>[2]</sup>。

#### 1.4 加工方案的确定

要完成此球接头的加工,可选用2台同型号的 HF-103 三轴车铣复合加工中心,分两步加工:一台加工右端,一台加工左端。工件左端有球头,由于圆弧半径较小,采用圆弧插补程序切削,可保证切削精度。倒角处角度为45°。由于该零

件较复杂,考虑形位公差要求,应当先加工右端,外圆分粗、精加工,基准外圆车到 $\Phi 8.5$  mm,保证圆度, $\Phi 6$  mm孔钻一半深,右端外圆车至尺寸,待内锥及滚花加工完毕后,换另一台机床调头装夹加工左端,同样分粗、精加工,球头车至尺寸,钻孔并倒角,车削结束。

工艺路线:

(1) 车右端面→粗车 $\Phi 9$  mm及 $\Phi 8.5$  mm处→钻中心孔→钻孔(15 mm深)→精车外圆→铣削内锥面→滚花

(2) 车左端面→粗车球头→钻中心孔→钻孔(15 mm深)→精车球头→倒角<sup>[3]</sup>

## 2 工件的定位基准与夹具方案的确定

### 2.1 定位基准选择

定位基准的选择十分重要,既影响零件的位置精度,又影响零件各个表面的加工顺序。合理选择定位基准是保证零件尺寸精度与位置精度的前提,并能简化加工工序,提高效率。定位基准的选择原则:

(1) 基准统一。为了避免基准不统一所带来的误差,并便于编程,应该选用工序基准作定位基准,使工序基准与定位基准及编程原点统一。

(2) 便于装夹。已选好的定位基准要保证定位可靠,夹紧操作简单,并敞开所有的加工部分,加工表面数量尽可能多。

(3) 便于对刀。批量加工要保证对刀的可能性与方便性。

### 2.2 夹紧方案

由于工件在切削力作用下不能发生偏移,加工过程中要始终保持原始位置,所以要将工件定位夹紧。在满足定位基准选择原则的基础上,合理选择工装夹具。通常数控车床车削时都采用三爪自动定心卡盘,但球接头加工宜采用两爪自动定心卡盘装夹。两爪自动定心卡盘的参数见表1,外形见图3。

表1 两爪自动定心卡盘参数

Table 1 Two jaw self centering chuck parameters

型号	动力类型	卡盘孔径/mm	夹紧尺寸范围/mm	撑紧尺寸范围/mm	定心精度/mm	卡盘直径/mm
亿川 NT-206	液压	45	15~169	15~169	0.03	169

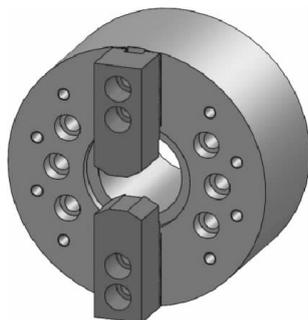


图3 两爪自动定心卡盘

Figure 3 Two jaw self centering chuck

NT-206 两爪自动定心卡盘适用于各种异形工件加工,如管件、矩形截面零件和不规则形体零件等。卡爪为分离爪,其中顶爪为软顶爪,根据零件不同形状及装夹要求,可提供各种形式的软顶爪(软顶爪属于消耗品,价格便宜)。

针对球接头加工,NT-206 两爪自动定心卡盘最大的优点就是敞开性好,空间大,便于装夹对刀。其次球接头有同轴度要求,利用两爪卡盘夹持车削,同轴度更容易保证<sup>[4]</sup>。

按照加工工艺路线,将球接头加工分为I序、II序,工件的定位与夹紧方案:

(1) 第I序:利用球接头毛坯图(图4)示意定位与夹紧。选择毛坯左端外圆为径向定位基准,左端面为轴向定位

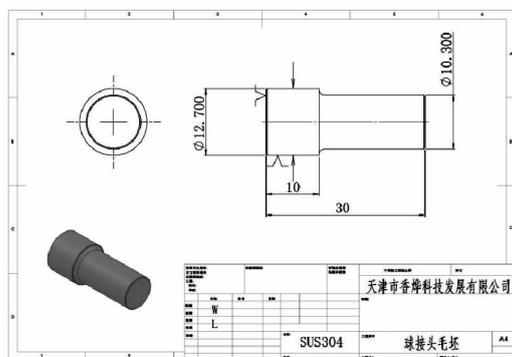


图 4 球接头毛坯图

Figure 4 Ball joint Blank drawing

基准,利用两爪自动定心卡盘装夹,左端外圆径向夹紧,这种方法安全可靠,定位精度高。

(2) 第 II 序:利用 I 序加工图(图 5)示意定位与夹紧。

选择  $\phi 8.5$  mm 外圆为径向定位基准,左端面为轴向定位基准,利用两爪自动卡盘装夹, $\phi 8.5$  mm 外圆径向夹紧,这种方法安全可靠,定位精度高。

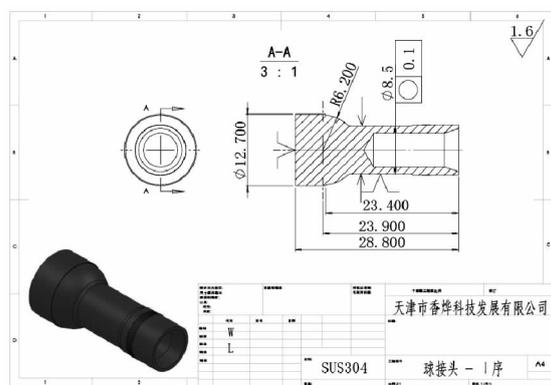


图 5 I 序加工图

Figure 5 I Process chart

### 2.3 切削用量及刀具选择

编程时必须确定每道加工工序的切削用量,以指令形式写入程序中。对不同的加工方法,要选用不同切削用量。正确地选择切削用量,对提高切削效率,保证必要的刀具耐用度与经济性,保证加工质量,都具有重要意义。

#### 2.3.1 切削用量的选择原则

(1) 对于粗加工,要尽可能保证单位时间内金属切除量最多和必要的刀具耐用度。车削加工中,金属切除量可用式(1)计算:

$$Z_w \approx v \times f \times ap \times 1000 \quad (1)$$

式中:

$Z_w$ ——金属切除量,  $\text{mm}^3/\text{s}$ ;

$v$ ——切削速度,  $\text{m}/\text{s}$ ;

$f$ ——进给量,  $\text{mm}/\text{r}$ ;

$ap$ ——背吃刀量,  $\text{mm}$ 。

提高切削  $v$ 、 $f$ 、 $ap$  三要素,均能提高金属切除量。但是三要素中,对刀具耐用度影响最大的是切削速度,其次是进

给量。因此,粗加工时应优先考虑背吃刀量,其次考虑进给量,最后才根据刀具的耐用度要求选择适当的切削速度。

(2) 半精加工和精加工时首先要保证加工精度和表面质量,其次再兼顾必要的刀具耐用度和生产效率。背吃刀量应根据粗加工留下的余量确定,表面光洁度是影响进给量的主要因素。因此,半精加工和精加工时一般多采用较小的背吃刀量和进给量,在保证合理刀具耐用度的前提下确定合理的切削速度。

#### 2.3.2 刀具的选择原则

(1) 刀具材料:刀具材料不同,允许的最高切削速度也不同。高速钢刀具不耐高温,切削速度不到  $50 \text{ m}/\text{min}$ ;碳化物刀具耐高温,切削速度可达  $100 \text{ m}/\text{min}$  以上;陶瓷刀具更耐高温,切削速度可高达  $1000 \text{ m}/\text{min}$ 。

(2) 工件材料:工件材料硬度高低会影响刀具切削速度,同一刀具加工硬材料时切削速度应降低,而加工较软材料时,切削速度可以提高。球接头的材料为不锈钢,不锈钢的强度和硬度与中碳钢相近,但塑性大,加工硬化现象严重,使得切削抗力增大,功率消耗多,再加上不锈钢导热性能差,使切削区和刀具的温度升高,刀具极易磨损。此外,不锈钢的塑性大,粘附性强,容易粘接刀具而形成积屑瘤,使加工表面粗糙度增大,切屑不易折断,造成排屑困难。因此,切削不锈钢的刀具材料,应选择红硬性、耐磨性、导热性、抗粘接性能好的刀具材料<sup>[5]</sup>。

## 3 数控加工程序

按照加工工艺路线,将球接头加工分为 I 序、II 序,按照球接头的全部工艺过程及文献[6]编写成程序清单。该工件的加工程序:

球接头右端加工—I 序

I 序

00001

G99

M11

M8

M03 S1000 T0101

G0 X12.0

车端面

Z0.2

G1 X0.0 F0.1

G0 W0.5

X12.0

Z0.0

G1 X0.0 F0.1

G0 W0.5

X9.5

G1 Z-18.6 F0.15

粗车外圆

G1 X12.5 W-0.5

G0 Z2.0

X9.2

G1 Z-18.6 F0.15

G1 X12.5 W-0.5

G0 Z20.0

M03 S1000 T0105	钻中心孔	M5	主轴停
G0 X0.0		M10	开门
Z0.5		M0	滚花
G1 Z-1.0 F0.08		M04 S70 T0104	
G0 Z50.0		G0 X-9.5	
M03 S700 T0106	钻孔	Z0.0	
G0 X0.0		Z-1.5	
Z0.5		G1 X-8.9 F0.15	
G74 R0.2		G1 Z-2.0 F0.15	
G74 Z-15.0 Q5000 F0.08		G4 X3.0	
G0 Z40.0		G0 X-10.0 Z2.0	
M03 S1200 T0102	精车外圆	G0 Z100.0	
G0 X10.0		M9	
Z0.1		M5	
G1 X7.5 F0.08		M30	
X8.2		球接头左端加工—II序	
G1 X9.2 Z-0.5 F0.06		II序	
G1 Z-9.5 F0.08		00002	
X8.7		G99	
G1 Z-18.6 F0.08		M8	
G3 X12.5 Z-22.8 R6.2 F0.08		M04 S1000 T0101	车端面
G0 X15.0		N0010 G0 X14.0	
Z10.0		N0020 Z0.3	
M8		N0030 G1 X0.0 F0.1	
M03 S1200 T0102		N0040 G0 W0.5	
G0 X5.0 F0.08		G0 X14.0	
Z0.0		N0010 Z0.0	
G1 X8.2 F0.06		N0060 G1 X0.0 F0.1	
G3 X8.96 Z-0.35 R0.5 F0.06		N0070 G0 W0.5	
G1 Z-5.85		G0 X9.037	
X9.07		Z0.0	
G1 Z-7.35 F0.08		G3 X12.695 Z-3.17 R5.8 F0.06	
G1 X8.93		G0 X14.0	
Z-8.2		Z1.0	
G3 X8.62 Z-8.8 R1.0 F0.06		T0101	
G1 Z-19.35 F.08		G0 X8.307	
G2 X8.8 Z-19.9 R1.0 F0.06		Z0.0	
G3 X12.3 Z-23.40 R6.2		G3 X11.695 Z-3.17 R5.8 F0.06	
G0 X14.0		G0 X14.0	
Z40.0		Z1.0	
G40	铣内锥 36°	N0020 T0101	粗车球头
M03 S800 T0103		N0030 G0 X7.0	
G0 X7.2		N0040 Z0.0	
Z0.05		N0045 G3 X10.8 Z-3.17 R5.7	
G1 X5.9 Z-2.5 F0.06		F0.06	
G0 Z0.05		N0050 G2 X11.5 Z-4.41 R4.0	
X7.62		N0060 G3 X12.1 Z-5.0 R1.437	
G1 X5.9 Z-2.6 F0.06		N0070 G0 X14.0	
G0 Z40.0		G0 Z40.0	
M9		M04 S1000 T0105	钻中心孔
G0 Z40.0		G0 X0.0	

Z0.3  
G1 Z-0.5 F0.05  
G0 Z30.0  
M04 S700 T0106 钻孔  
G0 X0.0  
Z0.5  
G74 R0.2  
G74 Z-20.0 Q50000 F0.08  
G0 Z30.0  
N0090 M8 精车球头  
M04 S1200 T0102  
G0 X9.0  
N0020 Z0.0  
N0030 G42 G1 X0.0 F0.08  
N0040 G0 W0.5  
G0 X6.659  
G1 Z0.0 F0.1  
G3 X10.74 Z-3.859 R5.4 F0.06  
G2 X11.398 Z-4.830 R1.546  
G3 X12.0 Z-5.569 R1.437  
G1 Z-5.7 F0.04  
G0 X14.0  
Z2.0  
G40 G0 Z40.0  
M04 S1000 T0103 倒角  
G0 X0.0  
N0050 Z0.5  
G1 Z0.0 F0.05  
M9  
G0 Z60.0  
M5  
M9  
M0  
T0104 定位  
G0 X5.0  
Z0.4  
M0  
G0 Z40.0  
M99

编制完成的球接头加工程序通过审查后,将输入三轴车铣复合加工中心,对刀,进行程序校验,再启动程序进行自动切削,得球接头的加工成品(图6)。



图 6 球接头的加工成品

Figure 6 Processed products of ball joint

## 4 结论

通过对球接头的工艺性分析,定位基准与夹具方案的确定及编程加工,突破性地应用了一个封闭型回转曲面采用两次成型方法,较好地解决了使用数控批量生产时的加工效率及成本问题。但本设计还有不足之处,就是一个封闭型回转曲面采用两次成型后的同轴度问题,待以后的实践中加以研究解决。

## 参考文献

- 曹文杰,谷春瑞,韩广利. 机械制造工程实践[M]. 天津:天津大学出版社,2009:133~167.
- 潘培道,徐健. 基于数控加工的工艺设计[J]. 工艺与装备,2006(4):85~88.
- 宋莉莉. 数控车床车削加工工艺过程分析及编程[J]. 河北工业大学成人教育学院学报,2006,21(2):50~55.
- 王凯. 数控加工的工艺设计[J]. 煤炭技术,2006,25(8):32~33.
- 胡如祥. 数控加工编程与操作[M]. 大连:大连理工大学出版社,2008:41~60.
- 谢晓红. 数控车削编程与加工技术[M]. 北京:机械工业出版社,2005:93~98.

(上接第 76 页)

## 参考文献

- 田晓红,谭斌毒,谭洪卓,等. 20 种高粱淀粉特性[J]. 食品科学,2010,31(15):13~20.
- Buttrose M S. The influence of environment on the shell structure of starch granules[J]. The Journal of Cell Biology,1962,14(2):159~167.
- 张慧,董海洲,侯汉学,等. 干法羧甲基化反应对玉米淀粉颗粒性质影响的研究[J]. 中国粮油学报,2008,23(1):51~53.
- 张玉荣,周显青,成军虎,等. 干燥条件对玉米淀粉颗粒形态、色泽和糊化特性的影响[J]. 粮食与饲料工业,2012(3):21~24.
- 秦志荣,许荣年,汪庆旗,等. 藕淀粉颗粒性质的研究及藕粉产品的鉴定[J]. 食品与发酵工业,2005,31(1):136~138.
- 张本山,刘培玲. 几种淀粉颗粒的结构与形貌特征[J]. 华南理工大学学报(自然科学版),2005,33(6):68~73.
- 王金华,秦礼康,苏伟. 乌洋芋淀粉特性研究[J]. 食品与机械,2008,24(6):12~15.
- Bechtel D, Zayas I, Kaleikau Aank Pomeranz. Size-distribution of wheat starch granules during endosperm development[J]. Cereal Chem., 1990, 67(1):59~63.
- Manelius R, Zhu Qin, Avall A K, et al. The mode of action on granular wheat starch by bacterial alpha amylase[J]. Starch / Staerke,1997, 49(4):142~147.
- 余平,石彦忠. 淀粉与淀粉制品工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2011:22~24.