凹模数控加工工艺及程序设计

白银矿冶职业技术学院　魏鹏

一、零件的结构工艺分析

零件形状如图 1 所示，有轮廓加工、凹圆弧加工及孔加工等。由于典型零件为内圆弧且盲孔薄壁零件，形状比较简单，但是工序复杂，所以从精度要求上考虑，定位和工序安排比较关键。零件的尺寸公差在 0.05—0.1mm 之间，且凹模底部为球面，区域面积较小，表面质量和精度要求高，达到了 R_a1.6um，在数控铣床上一次装夹，相对难加工，球头铣刀加工时容易产生刀纹，处理不好可能会导致其公差及表面粗糙度难以达到要求。为了保证加工精度和表面质量，工艺安排为粗加工和半精加工在数控铣床上加工，精加工在数控车床上加工。

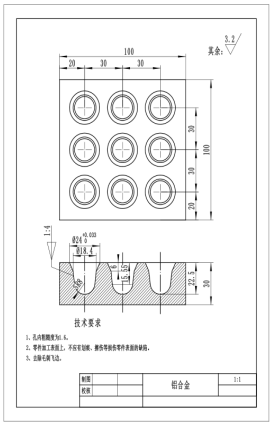

图 1

二、设计夹具及装夹方案

结合零件图分析，该零件加工工序简单，主要是提高内孔圆球的光洁度，为了提高加工效率及加工精度，在数控车床上制作了专用夹具。

制作该夹具时，将夹具的中心车出一个定位柱与凹模的底面定位孔作为定位，凹模定位孔与夹具中心的定位柱是过盈配合，为了防止在加工过程中定位柱松动产生移动，然后用压板将工件的加工面夹紧，加工内孔圆球，依次安装定位，加工其余内孔圆球，如图 2、图 3 所示。

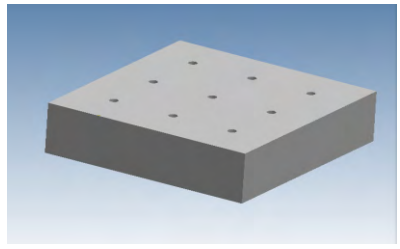

图 2

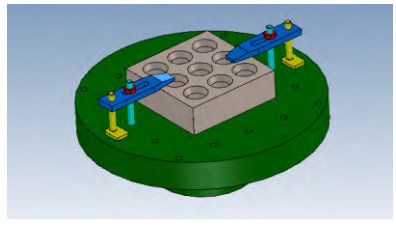

图 3

三、确定加工顺序

1、数控铣床

备料 100mm×100mm×35mm →铣出定位面（B 面）→钻定位孔→翻面→铣出加工面（A 面）→钻凹模→粗铣凹模→半精铣凹模。

2、数控车床

装夹夹具→将凹模装夹在夹具上面→精加工凹模→去毛刺→检验各尺寸。

四、刀具及切削用量选择

部位	刀具名称	刀具型号	转速	进给量
1、铣定位底面	面铣刀	Φ80	500r/min	200mm/min
钻均布孔	麻花钻	Φ4	600r/min	60mm/min
2、铣加工表面	面铣刀	Φ80	500r/min	200mm/min
钻均布孔	麻花钻	Φ12	300r/min	80mm/min
粗铣均布孔	平底刀	Φ12	800r/min	150mm/min
半精铣孔底圆弧	球头铣刀	Φ8	1200r/min	150mm/min
3、精加工均布孔	圆弧车刀	R6	800r/min	0.1mm/r

五、凹模的加工工艺

（1）在铣床上，用虎钳夹住 100mm×100mm×35mm 的毛坯，用面铣刀铣一个基准面（A 表面）及四周，然后，翻面用百分表打表找正，铣出另一面基准面（B 表面）。

（2）用 Φ4 的钻头，在已经装夹好的毛坯 B 表面上均布钻出 9 个小孔。

（3）翻面以 B 表面为下表面，用百分表打表找正，虎钳夹紧毛坯，在 A 表面上，向下铣去 0.5mm，然后用 Φ12 的钻头，钻出深 21mm 的落刀孔，依次钻完 9 个孔。

（4）换 Φ12 平底刀粗铣内表面，每层下刀 1mm，深 21mm，内径留 1mm 的余量，依次铣完 9 个孔。

（5）用 Φ8 的球头刀半精加工内孔圆弧面，每层进刀 0.5mm，内径留 0.5mm 的余量，依次铣完 9 个孔。

（6）换车床，把已经做好的夹具（铝合金）夹在车床上，然后再把夹具端面车平，夹具中心车削出 Φ4mm×3mm 的小台阶，作为回转中心的定位柱。

（7）然后以零件 B 表面为基准面，以夹具上的定位柱为固定点，贴合装夹在夹具上面，用压板压紧并固定好。

（8）用 *R*6mm 的圆弧内孔刀，逐一精加工凹圆弧表面。

（9）完成零件精加工。

六、数控加工程序设计

编程时以刀位点圆弧圆心进行编程，加工时对刀点在 *R*6 圆弧刀的圆心，用 *R*6 的圆弧刀加工内孔时，刀具与加工表面是圆弧与圆弧相切加工，能获得很好的表面质量，能有效控制零件加工精度。注意进给速度要缩小一个等级，因为车刀实际走的速度会以内孔圆弧刀的圆心走刀，如图 4、图 5 所示，而不是圆弧刀弧面接触点来走。

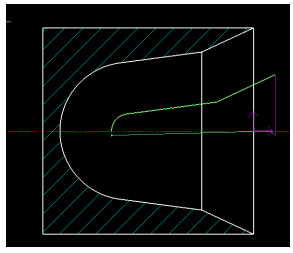

图 4

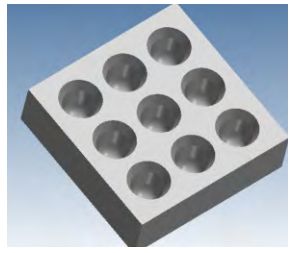

图 5

数控车精加工参考程序如下：

```
O1234
N1 M43（高档位转速）
N2 T0101（刀具号）
N3 M03 S800（主轴正转转速）
N4 M08（冷却液开）
N5 G00 X0.0 Z8.0（刀具圆心与工件同轴，离工件 8cm）
N6 G00 X-1.000 Z2.537 （刀具 Z 向与工件接触）
N7 G01 X13.126 F0.1（刀具 X 向与工件接触）
N8 G01 X6.747 Z-4.297 （加工第一条斜面）
N9 G01 X3.965 Z-14.763 （加工第二条斜面）
N10 G03 X0.0 Z-16.500 R2 （加工圆弧）
N11 G01 X0.0 F20 （X 向退刀）
N12 G00 Z8.0（Z 向退刀）
N13 M09（冷却液停）
N14 M30（主轴停，程序结束返回程序头）
```

七、结语

本文通过在数控铣床和车床上加工圆弧零件的实际经验，详细阐述了加工工艺路线、操作技巧，从加工案例中可以发现，合理选择工艺路线和刀具，利用设计的专用夹具保证了凹模零件的加工效率及加工精度。解决了在实际加工中，用球头铣刀加工凹圆弧时，表面所产生的刀纹，也避免了刀具在加工中出现过切和欠切现象这一难题。

投稿邮箱 | cadcam@idnovo.com.cn
IMCHINA@idnovo.com.cn