典型小薄壁套类零件的加工

山东省泰安市高级技工学校 （271000） 焦长玉

小薄壁套类零件在仪表、办公以及其他小型设备中应用广泛。其加工难度大，主要原因是在装夹和机加工过程中容易产生多种变形。本文对其变形的主要原因进行了分析并提出了解决方案，在其夹具的设计中采用了气压和弹性橡胶，有效地解决了装夹变形的问题。对其他小薄壁套类零件夹具的设计有一定的示范意义。

1. 图样分析

如图 1 所示，典型小薄壁结构零件。材料为 Y1Cr17（GB/T1220）不锈钢，棒料毛坯。批量生产。从零件图样要求及材料来看，加工此零件的难度是很大的。壁厚最薄 1 mm。加工材料为 Y1Cr17（GB/T1220）不锈钢，难切削。内径尺寸为 ϕ10 ~ ϕ12 mm，公差只有 0.01 ~ 0.02 mm。外径为 ϕ14 ~ ϕ14.3 mm，公差只有 0.02 mm。两端内孔对称，各有一个 0.5 ×0.1 mm 的内沟槽。几处倒角很小 0.15 ~ 0.25 mm。该件壁薄易变形、精度高、结构小、难加工、材料难切削。

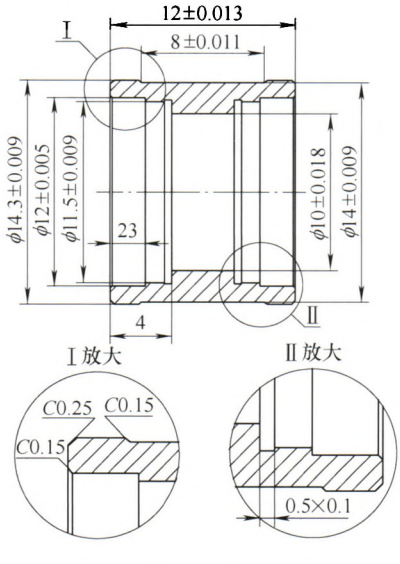

图 1 工件

2. 工艺分析

壁薄是该零件的突出特点。为更好地分析加工工艺过程，要首先分析一下影响薄壁零件加工精度的因素。薄壁零件在夹紧力和切削力的作用下，容易产生变形、振动，影响工件车削精度。由于壁薄工件热容量小，易引起热变形，工件尺寸不易掌握。

（1）受热变形：因工件较薄，热容量小，传导慢，在切削热的作用下，工件温度较高，会引起工件热变形，使工件尺寸难于控制。

减小切削热的措施：减小切削力，车削时需注意控制切削温度的升高，首先通过减小切削变形（切削力）来减少切削热的产生，同时增大刀尖部分的散热面积以及使用充分的冷却润滑液等途径，将切削热及时传散。切削液应选用抗粘结冷却性好的切削液，如含硫、氯等极压添加剂的乳化液；切削液的的供给必须充分。

（2）振动变形：在切削力（特别是径向切削力）的作用下，容易产生振动和变形，影响工件的尺寸精度、形状、位置精度和表面粗糙度。

径向切削力位于水平面内，垂直于纵向走刀方向，刀具和工件之间的抗力，使工件发生弯曲。由于壁薄背吃刀量小，在切屑断裂时，刀尖与工件间的抗力是间歇变化的，从而使工件乃至刀具产生振动。

减小振动变形的措施：选用刚性好，功率足够大的机床。同时尽可能提高刀具及工件的刚度，如尽可能增大刀杆截面积，减少刀具的悬伸长度等。

（3）受力变形：因工件壁薄，在夹紧力的作用

下容易产生变形，从而影响工件的尺寸精度和形状精度。若用自动定心卡盘装夹薄壁件，零件在三个卡爪夹紧力的作用下，产生变形，造成零件的圆度误差。如果减小夹紧力，在车削时有可能使零件松动而报废。夹紧力的大小，通常采取粗车时夹紧些，精车时夹松些，以控制零件的变形。

为减小壁薄工件的受力变形，常采用开口过渡环或增大卡爪与工件的接触面积的方法。这种方法适用于壁不是太薄且便于内外结构加工的工件。工件由径向夹紧改为轴向夹紧，是薄壁套筒工件常用的方法之一。虽然这种方法使工件产生变形很小，但每加工一个零件都要用螺母锁紧，增加了装夹辅助时间和操作者的劳动强度，降低了生产效率，不能够适应大批量生产的要求，特别是在数控车床上大批量生产类似图 1 所示的薄壁零件。

要解决该零件加工变形及生产效率问题，必须设计专用夹具。

加工工艺过程如下：

工序一：夹棒料，ϕ9.5 mm 钻头钻孔，粗车内孔→粗、精车端面至要求→粗车外圆→半精车外形→精车外形至尺寸，切断。

工序二：专用夹具装夹，半精车切断端内孔及端面至尺寸→车内槽。调头，半精车另一端内孔至尺寸→车内槽。

3. 专用夹具设计

设计如图 1 所示，壁薄零件形腔加工专用夹具。

通过以上工艺分析知：壁薄零件形腔的加工需用专用夹具。

（1）专用夹具的设计。

定位基准的选择：该工件在前一工序中内孔已钻、外形除切断端的一个倒角外其余已加工至要求。选择 ϕ（14.3 ±0.009）mm 外圆为径向基准、已加工好的左端面为轴向基准。

夹紧方式的选择：该零件壁厚仅有 1 mm 左右，切削量不能太大，切削力、夹紧力也不能太大，可采用气压弹性橡胶专用夹具。

图 2 为该夹具的装配图。联接盘与机床主轴相连，结构形式视实际情况而定。密封垫除起到密封压缩空气的作用外，中间 ϕ20 mm 的孔与回转气动装置中的压缩空气管相连，压缩空气通过三个对称分布的导气孔作用到弹性橡胶套上，由弹性橡胶套的变形把工件夹紧。夹爪定位孔是当夹具与机床安装好后配作的。

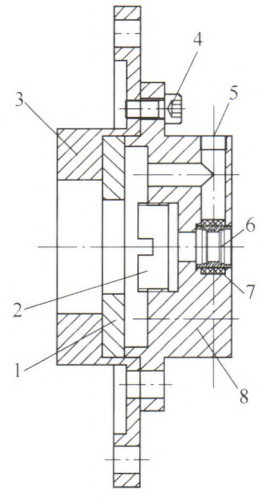

图 2　夹具

1. 密封垫　2. 大螺纹塞　3. 联接盘　4. M6 螺柱
5. 螺纹塞　6. 工件　7. 橡胶塞　8. 夹爪

（2）主要零件夹爪的零件如图 3 所示。

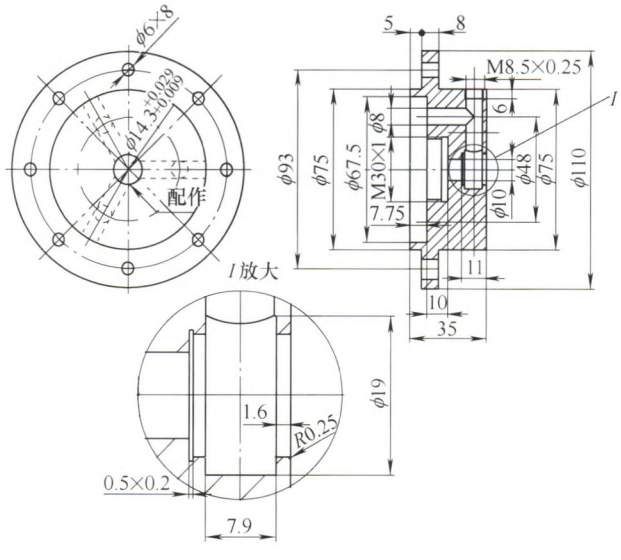

图 3　夹爪

4. 刀具及切削用量的选择

采用该气压弹性专用夹具在微型精密数控车床上加工该工件，有效解决了装夹变形和生产效率问题。但要想对该类工件进行正常地加工，还必须合理地选用刀具材料、参数以及切削用量。

（1）刀具材料、参数的选择：图 1 所示，典型壁薄工件材料牌号为 Y1Cr17，属铁素体类易切不锈钢。该不锈钢具有易切结构钢的切削性能，同时也具

直角铣头体的加工

齐齐哈尔二机床（集团）有限责任公司设计院　（黑龙江　161005）　杨晓东

HS63A600I 型直角铣头（见图 1）是我公司 XK2860 数控龙门铣的专用直角铣头，铣头具有高速大转矩等特点，最大功率达到 63 kW。铣头的精度要求较高，制造难度较大，尤其是铣头体的加工制造难度；直角铣头的几何精度有重复定位精度、轴线垂直度、主轴的端径向跳动和主轴轴向窜动等，铣头体自身的几何精度直接影响铣头的几何精度。

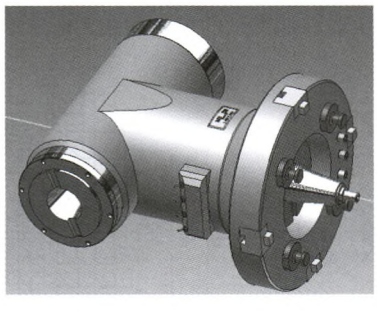

图 1　直角铣头

1. 铣头体的工艺分析

直角铣头体主体材料为 HT300，为整体铸造件，毛坯经过时效处理后进行机械加工。从图 2 可以看出，铣头体关键的几项精度：1 孔与铣头安装平面 *A* 的垂直度要求，*C* 基准轴线与 *B* 基准轴线空间位置度要求，2 孔、3 孔的同轴度要求，这几项精度如果都能够满足图样设计要求，铣头体才算得上一个合格产品。其中难度最大的就是 *B*、*C* 基准轴线空间的位置度要求。如何保证这项精度直接影响铣头成品精度，如果这项精度误差较大，那么铣头的主传动的螺旋圆锥齿轮的啮合特性就会受到影响，会产生很大的噪声，甚至降低螺旋圆锥齿轮的使用寿命，导至齿轮过早的损坏；铣头体与主机安装平面 *A* 与 *B* 轴线的垂直度也同样很重要，如果精度不好会导至主机的主轴轴线与铣头的输入轴轴线不重合，导致

有优质结构钢的力学性能，生产中应用广泛。通常加工该材料所用的钻头、丝锥之类复杂定型刀具多用新型高速钢材料，如 W12Cr4V4Mo、W12Cr4V5Co5（T15）及 W9Cr4V5Co3 等。内外圆车刀可选用 YG 类、YW1、YW2、YH1 及 YH2 等常用牌号的硬质合金。为使刀具锋利减小切削力，切削不锈钢材料的刀具前角应尽可能取大值，特别是加工小型壁薄工件。一般前角为 12°～30°。为保证足够的刀具强度，后角不宜过大，粗车为 6°～10°，精车为10°～20°。

在批量生产中为保证加工质量和生产效率，常选用性能更高专为精密微型工件加工设计的刀具，如：超微粒硬质合金 PVD 涂层刀具和金属陶瓷类 PVD 涂层刀具等。

（2）切削用量的选择：为保证其加工精度和表面质量一般选用较小的背吃刀量、进给量和较大的切削速度。粗车外圆背吃刀量取 0.3～0.5 mm，内孔取0.2～0.3 mm；精车内、外圆背吃刀量取 0.1～0.15 mm；粗、精车进给量取 0.02～0.05 mm/r，切槽、切断取 0.02 mm/r，钻孔时取 0.07 mm/r。用超微粒硬质合金和金属陶瓷类 PVD 涂层刀具切削 Y1Cr17 不锈钢的切削速度可达 295 m/min 以上，加工较小尺寸工件时，一般在机床回转性能许可的前提下，尽可能选用较高的转速。范例中钻孔选 1 200 r/min、粗精车内外圆选用 3 000 r/min、切断选用 2 000 r/min。

此外，加工壁薄工件时一般选择以冷却润滑为主的切削液。如下几种：硫化油、硫化豆油，煤油加油酸或植物油、四氯化碳加矿物油及乳化液等。**MW**

（收稿日期：20140316）