



(2) 数控铣俯视图示台阶面 12 mm, 铣孔  $\phi 36$  mm 留量 2 mm。

(3) 数控铣加工左视图示深腔, 单面留量 1.5 mm。该处是造成零件变形的主要部位, 机床选用刚性及稳定性好的数控设备 DMG635 V。为防止刀具摩擦产生较大的切削热而引起大的变形量, 刀具直径不易大, 经过试切选择  $\phi 12$  mm 铣刀较合适, 变形量控制在 0.2 mm 左右。

(4) 数控铣加工左视图上面平面及角度斜面, 此时的零件强度已经较差, 切削时极易引起振颤, 振颤也是造成变形的主要因素之一, 可以在零件方腔中放置可调节的辅助支撑螺钉, 分层切削, 减小变形。

(5) 数控铣加工 A 向各处台阶, 方法同上。

(6) 时效处理。

(7) 钳工校正、研磨 A 基准面 (平面度 0.04 mm)。

(8) 数控铣加工尺寸 91 mm 上面、斜面, 加工时选用锋利的硬质合金铣刀, 加工时注意增加辅助支撑, 减小变形, 加工后留余量 0.5 mm。

(9) 数控铣 A 基准面, 形状及台阶尺寸, A 面应在右上角位置增加工艺凸台与其余 3 处凸台高度一致, 为后续加工做准备, 加工面平面度、垂直度  $\leq 0.03$  mm。

(10) 上卧式加工中心, 左视图加工左侧面上型腔, 及旋转  $2^\circ$  方向,  $\phi 25$  mm、 $\phi 36$  mm 孔, 及侧面各处台阶尺寸, 加工后留量 0.5 mm。二次装夹加工左视图方腔形状, 单边留量 0.5 mm; 加工俯视图 15 mm 宽槽。自制硬质合金成形铣刀, 铣空位部分。普通铣刀改制较易, 但耐磨性不好, 刀齿磨损后, 加工零件产生切削热, 零件容易变形, 所以采用硬质合金刀具改制。改制后的刀具加工耐用性较之前的普通刀具提高了 5 倍, 中间空位采用电脉冲加工方式去除。

### 3. 精加工工艺路线

(1) 钳工研磨 A 基准面, 平面度 0.03 mm。

(2) 数控铣加工尺寸 91 mm 的上平面, 及台阶面, 尺寸允差不大于 0.02 mm, 用于后续工序加工夹具定位, 压紧, 加工到零件要求尺寸公差。

(3) 数控铣加工 A 基准面, 及侧面基准面, 平

面度 0.02 mm, 加工前检查夹具的平面度; 压紧时, 调节压紧力大小, 防止压紧变形。钛合金精铣刀铣平面, 选择合适的切削参数, 保证零件要求。

(4) 上卧式加工中心, 加工垂直面及孔。精加工前一定要检测定位基准面、夹具及机床的精度, 附图所示的零件 A 基准面, 为主要定位面。检查 A 基准面, 如果变形, 采取钳工校正、刮研 A 基准平面在 0.01 mm 之内; 使用力矩扳手压紧零件, 在首件压紧零件前, 使用千分表调整压板位置及压力大小, 压紧位置与定位面一定贴实, 防止压紧变形, 造成加工后零件回弹, 影响尺寸与形位公差精度, 然后加工垂直于 A 面的面。

在精镗角度孔时, 需要工作台旋转角度  $2^\circ$ , 我们平时采用的是在零度方向打好坐标后在电脑上计算出转角后的坐标, 然后输入机床坐标系。该方法较为繁琐, 可以编制用于坐标系旋转换算的指令宏程序, 存储于机床程序里, 下次对刀时, 直接调用该程序即可精确计算转角度后的坐标原点位置。

### 4. 确定合理的切削参数

(1) 全部采用高速加工方法, 即高转速, 小切深, 大进给的加工方法, 减小变形, 加工后效果极佳。采用钨钴类硬质合金铣刀, 直径不易大, 最好选用非对称钛合金专用铣刀, 可以减小振动, 提高加工效率。

(2) 在切削过程中, 不允许刀具中途停顿, 切削结束, 立即退刀, 以免形成坚硬的氧化皮, 加速刀具磨损。对于加工中心, 可采用圆弧进刀和圆弧退刀的方法, 减少刀具在某一点的停留时间。

(3) 采用较小的前角和较大的后角以增大切屑与前刀面的摩擦, 刀尖采用圆弧过渡刃, 以提高强度, 避免刀尖烧损和崩刃。

(4) 要保持刀刃锋利, 以保证排屑流畅, 避免粘屑崩刃。切削速度宜低, 以免切削温度过高。进给量适中, 过大易烧刀, 过小则刀刃在加工硬化层时磨损过快。切削深度可较大, 使刀尖在硬化层以下工作有利于提高刀具寿命。经过实际加工得出使用涂层硬质合金刀具最佳切削参数: 转速 1200 r/min, 切深 1~2 mm, 每齿进给量控制在 0.08 mm/z 左右, 刀具寿命提高, 不易产生加工硬化现象。MW

(收稿日期: 20140219)