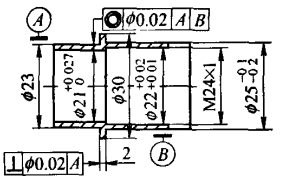
某钛合金零件机加工工艺

江苏省伤残人康复中心 （南京 210003） 陈 晖 王仲兴

某零件为比较复杂的对称架转体立体件，是一个减速器罩的壳体，零件内部有一套微型减速器系统，减速器系统的原动件是微电动机，安装在减速器罩的内部。

1. 工件的尺寸要素

本壳体材料内、外型面都有一定的规律性。表面粗糙度值 $R_a \leq 1.6\mu m$，内、外表面不允许有划伤、碰伤的痕迹。壳体内腔型面与微型减速器系统相配，最大配合间隙为0.027mm，最小配合间隙为0，壳体同微型减速器系统配合要求接触均匀、严密。如附图所示，壳体件有两个基准，尺寸公差及形位公差要求都很高，内、外面的各个尺寸均有严格的技术要求。



壳体简图

2. 工件的材料

工件的材料为TC4，是一种具有 α 及 β 双相组织的钛合金材料，有较高的常温及高温强度，塑性及韧性良好。同时工件比较复杂，尺寸精度要求高，形位公差要求严格，材料价格昂贵、可加工性差，所提供的毛坯加工余量极小且不均匀等因素的影响，致使零件加工装夹困难，工艺过程复杂，制造难度加大。

为此，在研制过程中采取了多项技术措施，主要有：选择合适的刀具和切削参数；选取恰当的工艺路线；解决某些要素难于检测的难题。经多次试验找出了一种准确可靠的加工及测量方法，从而为该产品的批量生产提供了有效的依据。

3. 钛合金材料的加工工艺性

工件的结构不算很复杂，如果是普通钢材的零件，采用一般机械加工方法是能较轻易满足技术要求的。但因该产品采用了钛合金材料，而钛合金材料的切削加工又具有以下难于加工的特点：

（1）刀—屑接触长度短。因为钛合金的切屑在空气中氧和氮的作用下，会形成硬脆的化合物，使切屑成短碎片状，因而刀—屑接触长度很短，切削力和切削热集中在切削刃附近，刀具容易崩刃。

（2）导热性差。钛合金的导热系数特别小，仅为45钢的1/7～1/6，而且密度低、比热小，切削时热量集中在切削刃附近，刃区温度极高，刀具磨损迅速。

（3）与刀具材料的亲和力大，刀具的粘接及扩散磨损严重。

（4）弹性模量小，约为45钢弹性模量的1/2，所以后刀面处的工件弹性回复大，摩擦严重。同时，工件也容易发生装夹变形。

（5）钛屑易燃。在高温下（约600℃），钛屑容易燃烧。

4. 工艺路线的选择与确定

钛合金的可加工性较差，材料本身对其表面状态比较敏感。当切削参数选择不当时不仅被加工材料容易变形，而且在表面层产生微裂纹、烧伤以及过大的拉伸残余应力，使疲劳强度下降，导致零件过早地断裂破坏。因此，选择合理的工艺路线，对成品率影响极大。

经试验，我们选定以下工艺路线：普通退火→粗车→消除应力退火→半精车→消除应力退火→精车。即在每一道车削工序前都安排一道退火工序，其目的在于消除加工硬化，减少刀具的磨损，提高产品的质量。

5. 刀具材料、切削用量的选择及冷却与润滑

（1）刀具材料及刀具几何参数的选择 切削刀具必须考虑被加工材料的性能、加工特征、切屑的厚度与宽度、切削速度和刀具磨损特征等来选择。根据选定的工艺路线和钛合金的机加工特性，选择切削刀具时主要涉及以下两方面的因素：一是硬度，尽可能采用硬质合金

高精度短圆弧面加工

东风汽车有限公司刃量具厂 （湖北 442002） 梁 海

我厂加工一种量具（见图1），材料为T10A，热处理淬火硬度58～63HRC，加工的难点在于如何加工$R40^{+0.0125}_{0}$mm圆弧面和保证圆弧的圆心位置（8.35±0.01）mm及（64.62±0.01）mm尺寸。

1. 设计加工工艺方案

工艺方案1：成形法磨R，修磨定位尺寸，如图2所示，下料→铣外形六面→铣各处成形，留磨量→划线，钻孔倒角去毛刺→热处理淬火，时效→磨二面及底面、侧面，保证平行度、垂直度＜0.01mm→平磨粗磨各个尺寸→检测，时效→精磨各个尺寸→检测→合格后清洗防锈包装。

工艺方案2：设计简易夹具，辅助测量，内孔磨床磨R尺寸，平磨精磨成形，如图3所示。下料→铣外形六面→铣各处成形，留磨量→划线，钻孔倒角，去毛刺→热处理淬火，时效→平磨粗磨各个尺寸→检测，二次时效→精磨二面及底面、侧面保证平行度、垂直度≤0.01mm→装上夹具镗铰工艺孔（确保各个尺寸有磨量）→内孔磨找正工艺孔（同轴度＜ϕ0.01mm），磨$\phi80^{+0.025}_{0}$mm→检测$\phi80^{+0.025}_{0}$mm→精磨（8.35±0.01）mm及（64.62±0.01）mm尺寸，拆下夹具磨$159^{+0.025}_{0}$mm→检测合格后清洗防锈包装。

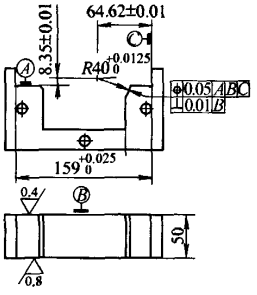


图1

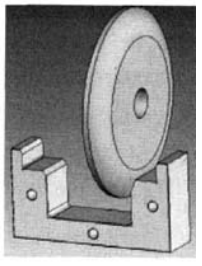


图2 成形砂轮磨削R示意图

2. 工艺方案的比较论证

（1）工艺方案1分析 在平磨磨成形工序加工$R40^{+0.0125}_{0}$mm尺寸，用成形法修整砂轮成$R40^{+0.0125}_{0}$mm加工。加工圆弧尺寸的检测存在不确定性，采用万能工具的前、后刀面的表面粗糙度值也应较低。

（2）切削参数的选择 一般宜用较低的切削速度，较大的进给量和背吃刀量。针对TC4材料的车削，我们给出了下列有关参数：主轴转速：80～120r/min；背吃刀量：1～3mm（粗车的深度一定要大于氧化皮的厚度）；进给量：0.1～0.3mm/r；加工余量：粗车时2mm，半精车留0.03～0.1mm余量，精车加工至尺寸。

（3）冷却与润滑 通常加工钛合金材料应选用极压乳化液来冷却，对零件的疲劳强度要求较高时，则切削液中不应含有硫、氯等成分。考虑到此工件的使用环境及使用要求，也考虑到成本因素，选用普通乳化液，但在切削过程中要保证切削液的流量。**MW**

（收稿日期：20090812）

类刀具；二是考虑刀具材料与钛合金的亲和力，尽量选取与钛合金亲和力较小的硬质合金刀具。

考虑到粗车和半精车冲击较大，可以断续切削，我们选用超细颗粒的硬质合金YG8车刀。但在精车时，无论是零件的内表面、外表面还是本体的外部型面，都需要尽可能连续不断地一次加工完成。切削刀具除具备应有的性能外，突出的一点是要充分考虑其耐磨性。刀具耐磨性好，车出的零件精度就高，为此选择精车刀具材料为YGRM硬质合金。这种材料的刀具具有很高的硬度和耐磨性，在高温下工作时，能保持正常的切削力和提高工件的表面质量。

对于加工用的刀具来说，刀具的前角及主偏角应较小，并须磨出适当的刀尖圆弧；后角应较大。另外，刀