阀体精密数控车削加工技术

■ 航天五院502所 （北京 100190） 孙慧丽 栗慧敏

摘要： 阀体零件是推进自锁阀产品中的关键件，该零件由两种不同材料焊接组成并进行机械加工，本文详细介绍了阀体零件数控加工中存在的难点及相应的解决措施，并制定了合理有效的数控车削加工方案，此加工方法已用于批量生产，可极大地提高零件加工质量及加工效率。

引言

阀体是推进自锁阀产品中的核心功能零件，一般由两种材料、7段单个零件通过电子束焊接后再进行精密车削加工，属于薄壁件，精度要求高，加工难度大。以前一直由手动车削加工，手动车床需要多次装夹加工，存在加工效率低、尺寸一致性差等缺点。随着“十二五”期间任务需求量的增加，并考虑到该产品工艺稳定性、产品可靠性等问题，认为实现该零件的数控化加工迫在眉睫，在多刀位的精密数控机床上，可通过一次装夹完成切外圆、内槽及螺纹等几个加工工序，以精密数控车削代替手动车削加工，可以提高加工效率和质量，缩短加工周期。

阀体特点

（1）材料特点：如图1所示，阀体是由软磁合金1J36或GYJ13与不锈钢1Cr18Ni9Ti两种材料电子束焊接在一起后再进行机械加工，其中软磁合金与不锈钢都属于难加工材料，会严重降低刀具使用寿命。软磁合金材料粘，车削时易产生积屑瘤，硬度不高，不易提高表面粗

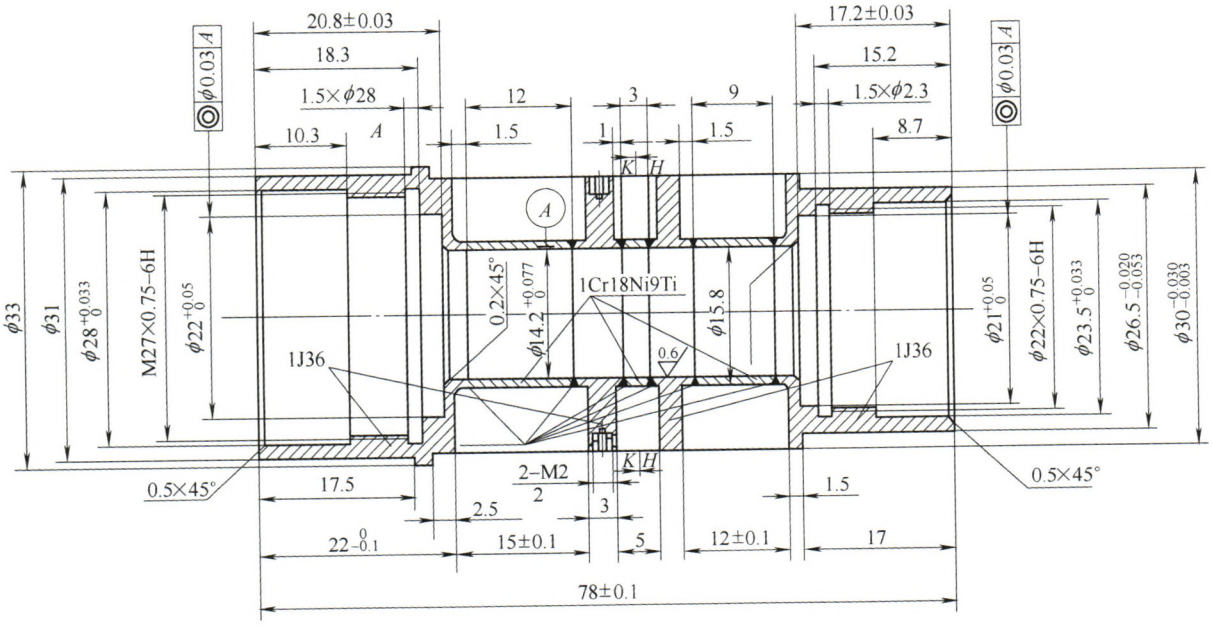


图1 阀体零件设计图

糙度质量。不锈钢材料加工时不易断屑，刀具需有断屑槽。

（2）结构特点及主要精度要求：如图1、2所示，零件由两种材料7小段通过电子束焊接而成后再进行车削成形，属于薄壁件，最薄处壁厚0.8 mm，内孔尺寸$\phi 14.2^{+0.027}_{0}$ mm（长L=62 mm）为关键尺寸，同时也是零件的设计基准，两端内孔、$\phi 22^{+0.05}_{0}$ mm及$\phi 23^{+0.05}_{0}$ mm对基准有同轴度要求，需小于0.03 mm。

阀体精密数控车削加工难点及解决措施

阀体零件属于薄壁难加工零件，根据零件材料及结构精度要求分析，数控车削存在以下几方面难点问题：

1.零件壁薄，刚性差，加工中振动变形问题

（1）难点：阀体是由两种材料单个7个零件电子束焊接在一起的，焊接后受热变形等影响，各零件同轴度在0.2 mm左右，其中三段内环槽单边壁厚只有0.8 mm，为薄壁加工，刚性差，加工易变形，原手动加工中为防止摆动及振动变形，使用的是一夹一顶方式加工外圆，但现有精密数控机床尾座顶尖力度不可控，顶持力过大会导致零件变形，另外加上顶尖后Z轴行程缩短，刀塔刀位旋转受限，起不到精密数控加工的优势，影响加工效率。

（2）措施：为了解决加工中零件摆动及振动变形问题，并考虑到现有精密数控机床特点，设计心轴工装进行防振，以增加零件刚性，减少加工振动变形，如图3、4所示，心轴具体使用要求有如下几点：①心轴材质使用45号钢，这样具有一定的硬力及拉伸力。②心轴上下两端采用橡胶垫，可以有效地减少加工过程中刀具切削力的影响。③心轴螺栓与螺母采用左旋螺纹，这样加工中不会因主轴正转产生松动而发生心轴脱离危险。

（3）效果：通过对阀体零件心轴工装胎具的使用，提高了加工刚性，解决了零件振动变形问题，经测量外圆及内环槽薄壁没有发生变形，外圆圆度公差在0.003 mm以内。

2. 零件装夹用三爪卡盘设计

（1）难点：手动精密加工中一直采用开口胎具抱紧阀体外圆ϕ30 mm加工内孔的方法，来保证内孔尺寸及同轴度要求，但是阀体在精车加工右端面内孔时，因为左端外径尺寸ϕ33 mm，而开口胎具夹紧阀体外圆直径尺寸为ϕ30 mm，所以开口胎具必须拿下来，安装好阀体后，再由自定心卡盘夹紧开口胎具，千分表打表找正阀体右端外圆同轴度0.02 mm以内，再进行精车右端内孔。这种方法经常会出现夹紧力度不一，需要重复装夹开口胎具，再次千分表打表找正这一问题。现在由于批量较大，数量是以前的3倍，数控加工如果还使用开口胎抱紧外圆加工，这样就需要二次装夹，会极大地降低阀体加工效率，起不到数控加工的优势，原开口胎具如图5所示。

（2）措施：考虑到开口胎具使用中的实际问题，结合自己多年加工经验，充分利用现有资源，对自定心卡盘卡爪进行改造，自行设计非标准卡爪，使卡爪具有开口胎具包容性的同时只采用一次装夹就可以进行精车右端内孔，具体如图6所示。

（3）效果：通过阀体实际加工应用，一体式三爪的优点突出，

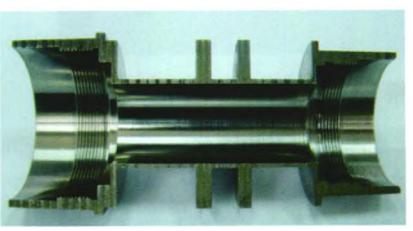
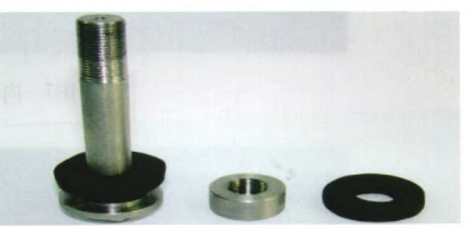


图2 阀体半剖图

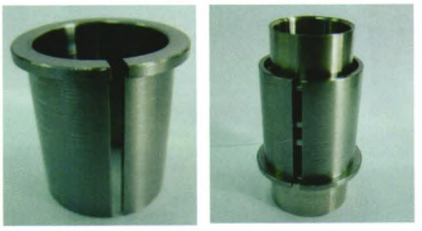


（a）心轴主体 （b）左旋螺母 （c）橡胶防振垫

图3 心轴分解图

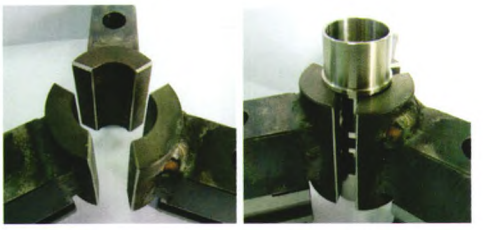


图4 心轴安装成品



（a） （b）

图5 开口胎具及安装



（a）包容性三爪 （b）安装阀体

图6 一体式三爪工装及安装

内孔$\phi 14.2^{+0.02}_{0}$ mm尺寸及同轴度均符合设计要求，并且彻底解决了以前开口胎具的重复装夹问题，极大地提高了阀体加工效率，并保证了产品的尺寸一致性及稳定性。

3. 零件为难加工材料，刀具选用问题

（1）难点：手动加工中一直采用综合性能良好的钨钴钛类硬质合金YW1（适于耐热钢、高锰钢和不锈钢加工使用）刀具，但阀体为两种不同金属材料电子束焊接在一起，数控加工如果也用硬质合金刀片，由于须同时车削两种金属材质，在车削参数不变的情况下对刀尖的磨损度不同，尤其在阀体重要内孔尺寸$\phi 14.2^{+0.02}_{0}$ mm长L=62 mm加工中，会产生锥度，这时就要对刀具重新修磨，反复修磨刀具会使加工效率降低，零件精度下降。

（2）措施：根据以前的加工经验及试验摸索，选择出适合加工软磁合金与1Cr18Ni9Ti不锈钢两种材料的硬质合金刀片牌号（美国肯纳KC5010），又结合阀体自身结构特点，三处环槽单边只有0.8 mm的薄壁特点，对使用的加工环槽数控车刀进行修磨，将车刀前角磨制为5°，后角磨制为8°，副偏角25°，这样既减少摩擦面接触，又不使刀片失去强度。刀具如图7、8所示。

（3）效果：通过对数控刀具牌号及车刀角度的选用，在实际阀体加工中，外圆表面和三处环槽没有产生车削变形问题，内孔尺寸$\phi 14.2^{+0.02}_{0}$ mm锥度误差在0.003 mm之内，完全符合图样要求。

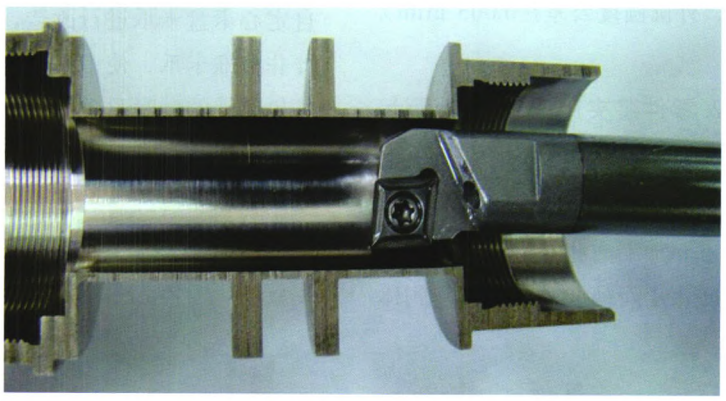


图7 内孔精车刀图

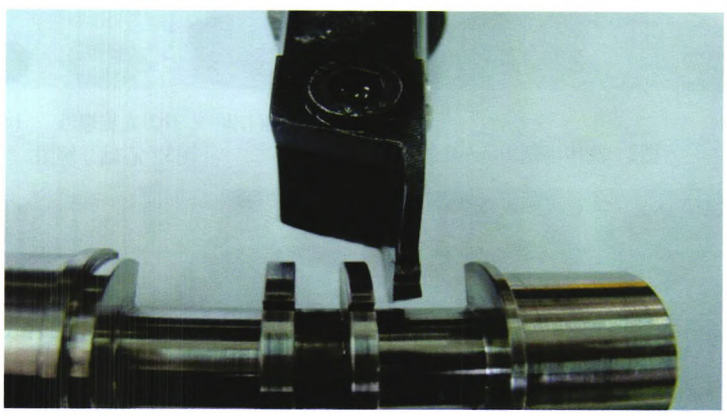


图8 环槽精车刀图

结语

通过详细分析阀体数控加工中存在的主要难点问题，根据零件的材料、结构特点及精度等要求，从刀具选择、切削参数、装夹方法及工装胎具使用等几方面考虑，有效地解决了数控加工中存在的难点问题，制定了数控车削加工方案，并得出主要成果如下：

1. 加工方案

（1）软爪夹左端ϕ31 mm外圆处，加工右端所有外圆。

（2）一体式三爪夹ϕ30 mm外圆处，加工左端ϕ31 mm外圆、内孔及ϕ14.2 mm内孔。

（3）一体式三爪夹ϕ30 mm外圆处，加工右端所有内孔，保证尺寸及同轴度要求。

2. 加工成果

（1）阀体精密数控加工是可以实现的，所有尺寸及形位精度符合图样要求，利用一体式三爪工装进行装卡加工，总装夹时间减少50%以上，总加工效率提高3倍以上。

（2）通过选择合理的刀具及切削参数，加工出的表面粗糙度值最优可达R_a=0.1 μm，平均R_a=0.2 μm，与原手动加工相比，可极大提高表面加工质量。

（3）阀体精密数控加工可保证零件的尺寸一致性，公差值可按批量控制在0.01 mm以内，极大地提高了尺寸一致性及稳定性。**MW**

（收稿日期：20140711）