

# 航空铝合金结构件的高效加工

哈尔滨哈飞工业有限责任公司 (黑龙江 150066) 佟新宇

高效加工是指通过提高单位时间内金属切除量和对加工过程的全面考虑及优化,进一步降低切削过程中的基本时间和辅助时间,进一步降低加工费用而采用的一种加工技术。

## 1. 高效加工与高速加工的对比

(1) 高效加工切削负载高于高速加工 在高速加工方式下,主焦点是进给速度和主轴转速,但切削力矩同高效加工的其他指标一样重要,因为它是材料切除率最大化的关键,在最大主轴速度下,机床不可能提供最大力矩;速度太高时,力矩开始下降。

(2) 选择刀具的区别 高速加工的刀具一般应用整体式硬质合金刀具,而且这些刀具往往具有多晶金刚石镀层。可转位镶刃刀具同样可以使用,但是它们的直径一般不大于50mm。通常高速加工快速浅切削专用的刀刃非常锋利,但是这些刀具可能对高效加工就不适用了,因为它们不适合于深切削。在某些情况下,高效加工利用的是不太昂贵的硬质合金刀具,原因是这些刀具吃刀深度和刀刃强度较大,可以提供较高的材料切除率。只要切削参数合理,并且吸收切屑载荷的效果不错,就可以进行高效加工。

## 2. 高效加工关键技术

高效加工不同于传统的常规切削技术,也不完

全与高速加工相同,要实现高速加工并且提高加工效率必须掌握以下关键技术:

(1) 高效加工机床 高效加工必须要有足够高的机床主轴转速与较大的传递力矩,高功率、高转速、高刚性,进行大功率切削。目前我厂已有这些先进设备,例如HPM 高刚性五轴铣。

(2) 高效加工刀具 选用具有先进材料和较高加工参数的刀具,选用适合高速大功率切削的先进刀柄。

(3) 高效加工工艺 选用适合高效加工的编程软件(例如Hypermill)和加工方法以及合理的切削参数等技术措施。

## 3. 高效加工实例应用

依据高效加工方法,对我厂某型机结构件加工重新进行优化。

(1) 零件特点 如图1所示零件外廓尺寸272mm × 226mm,厚70mm,两侧下陷最小间距40mm,内型腔圆孔最外侧距离侧壁17.5mm,圆孔直径80mm。为了节约材料,毛坯尺寸

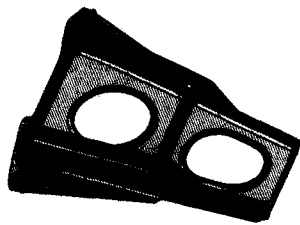


图1 零件结构

## 六、结语

作为提高零件表面质量的表面光整加工技术已成为改善零件和产品的使用性能、提高可靠性、延长使用寿命的重要途径之一。本文主要对几种新型的表面光整加工技术的加工原理、特色、应用范围等作了简介,而特别对液体磁性磨具光整加工及化

学机械抛光加工两种新型的光整加工作了较为详细的介绍。在选用某种光整加工方法时,应结合现场的实际生产状况,在对几种光整加工方法的试加工基础上,对零件表面的加工质量、生产率、经济性等方面进行分析比较,从中确定更为合适的光整加工方法。**MW** (全文完) (收稿日期:20120112)

为370mm×260mm，厚75mm，零件结构虽不复杂，但装夹困难，加工周期长。

(2) 高效加工机床的选择 依据零件的结构特点及零件的大小，选择我厂的HPM800U高刚性小五坐标进行加工此零件，加工中心主轴的最高转速为20 000r/min，具有强有力的转矩，为粗加工的高效去屑提供了保证，实现了高效加工。

(3) 高效加工刀具的选择 该零件为箱体类零件，零件最大转角处为R8mm，最小底部转角为R3mm。零件粗加工前先考虑应用高速加工方法，选用D20R3硬质合金立铣刀，因高效加工过程中零件金属去除率要大，所以粗加工刀具改为镶刀片D25R3铣刀；为了保证刀具加工的刚性和加工效率，由先前的D12R3硬质合金立铣刀改为D16R3硬质合金立铣刀作为精加工刀具。零件两侧下陷底部为曲面，因为采用不了侧刃加工故只能应用球头刀具行切，考虑到下陷底部转角R4mm，选用D12R6铣刀作为加工此面的半精加工刀具，选择D8R4铣刀作为最终精加工刀具。

(4) 刀柄的选择 在高效加工中，经常使用的刀柄是液压可胀式刀柄和热胀冷缩式刀柄。液压可胀式刀柄装卸方便快速，但传递的力矩小，只能用于所需夹紧力不大的有色金属。而热胀冷缩式刀柄具有刚性好和传递极大力矩的能力，因此在加工此零件时采用热胀冷缩式刀柄。

(5) 软件的选择 在众多CAD/CAM编程软件中，Hypermill是真正的五轴加工软件，在高效加工中体现了非常明显的优势，尤其是可以利用特征去生成指定的刀具路径，缩短了编程时间，与其他软件比较而言可以说间接地提高了加工效率。

#### (6) 工艺方案的选择

##### 第一，高效

加工的目的是进一步降低切削过程中的基本时间和辅助时间，故为了减少切削过程中的辅助时间，之前编制的传统程序中零件采用压板装夹加

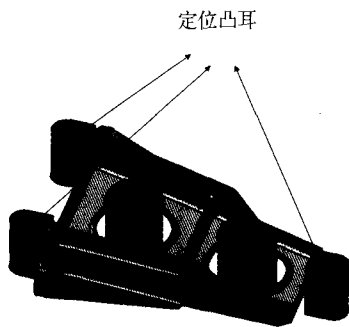


图 2

工，批生产时压板频繁挪用比较繁琐。选择如图2所示的方法，定位凸耳穿螺栓压紧，并在中间两减轻孔处设计工艺凸台增加刚性。

第二，传统方法加工如图3所示，下料外形在第一坐标系，实现“下料外形→粗加工第一坐标系→翻面→粗、精加工第二坐标系→翻面→精加工第一坐标系”共3个坐标系。根据总体工艺方案下料外形改在第二坐标系实现“下料外形→粗、精加工第一坐标系→翻面→粗、精加工第二坐标系”共两个坐标系。改用两个坐标系加工后在我厂加工此零件仅需24h，比以往提高效率50%，这样不仅提高了成产率，也在编程方法这一方面有所突破。

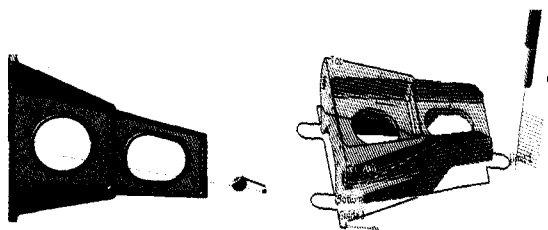


图 3

第三，对于大转角( $\geq R5\text{mm}$ )精加工内型侧壁时应先对拐角实现预清角工序，防止在加工侧壁时到转角处有振纹。并在转角处采用圆弧进退刀，预清角在数控加工过程中尤为重要。而对于加工小转角的过程中，比如R3mm转角，应在加工完零件的侧壁后单独对其清角，而且由于刀具的限制还要对刀路进行径向分层，先将其加工到R4mm或者R5mm（具体根据零件的结构去分析），然后用D6的刀具进行清角。

第四，为了减少速度急剧变化，在走刀方向变化较大的位置加大圆弧过渡段。

第五，选择合适的下刀位置，接触零件后采用小角度往复摆刀或螺旋下刀的方式，铣削深度根据后续走刀方式确定，接近速度为程序速度的60%。

(7) 切削参数的选择 高效加工切削参数的选择主要考虑加工效率、加工表面质量、刀具磨损以及加工成本等因素。通常随着切削速度的提高，加工效率提高，刀具磨损加剧，加工表面粗糙度值增大。切削速度的进一步提高主要受机床主轴功率、转矩和刀具寿命的制约。数控加工提效一般选择的切削参数原则是较大的主轴转速、中等的切削速度、较大的每齿进给量。

表1 高效加工与普通加工部分刀具切削参数对比

| 刀具规格  | 主轴转速/<br>r·min <sup>-1</sup> |        | 进给速度/<br>mm/min <sup>-1</sup> |       | 进刀速度/<br>mm/min <sup>-1</sup> |       | G0速度/<br>mm/min <sup>-1</sup> |        |
|-------|------------------------------|--------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|--------|
|       | 普通                           | 高效     | 普通                            | 高效    | 普通                            | 高效    | 普通                            | 高效     |
| D25R3 | 8 000                        | 12 000 | 5 500                         | 8 000 | 600                           | 6 000 | 1 500                         | 20 000 |
| D12R3 | 3 000                        | 8 000  | 1 000                         | 6 000 | 320                           | 3 200 | 1 500                         | 20 000 |
| D20R0 | 6 000                        | 9 600  | 2 500                         | 7 200 | 320                           | 3 500 | 1 500                         | 20 000 |
| D12R6 | 5 000                        | 10 000 | 3 000                         | 6 500 | 600                           | 2 500 | 1 500                         | 20 000 |
| D12R0 | 1 500                        | 3 000  | 600                           | 900   | 600                           | 2 500 | 1 500                         | 20 000 |

表2 高效加工效果对比

| 方案    | 刀具    |       | 吃刀量/mm |     | 表面粗糙度值R <sub>a</sub> /μm |         | 加工时间/min |    | 效率提升 |
|-------|-------|-------|--------|-----|--------------------------|---------|----------|----|------|
|       | 普通    | 高效    | 普通     | 高效  | 普通                       | 高效      | 普通       | 高效 |      |
| 粗加工外形 | D16R0 | D20R0 | 1      | 3   | ——                       | ——      | 40       | 15 | 62%  |
| 粗加工内形 | D20R3 | D25R3 | 1      | 3   | ——                       | ——      | 60       | 30 | 50%  |
| 精加工腹板 | D12R3 | D16R3 | 0.5    | 0.5 | 3.2                      | 1.6~3.2 | 10       | 3  | 30%  |
| 精加工侧壁 | D12R3 | D12R3 | 1      | 3   | ≥3.2                     | 3.2     | 90       | 30 | 33%  |
| 精加工下陷 | D12R3 | D12R3 | 1      | 3   | ≥3.2                     | 3.2     | 45       | 17 | 37%  |
| 精加工型面 | D8R4  | D12R6 | 0.1    | 0.3 | ≥3.2                     | 3.2     | 60       | 25 | 42%  |

我厂通过对HPM机床相关参数及高效加工的特点等方面的研究，结合高效加工的理念，给出加工前后切削参数进行对比，见表1。并依据表1内容，制定表2进行高效加工优化前后效果对比。

通过表2的对比，可以明显比较出普通加工和高效加工在刀具切削参数上的差距，该零件在HPM800U机床上加工，单件加工时间为24h，相比在以往普通机床上的加工时间48h，提高了50%，并且表面质量大幅度提高。

3. 结语

通过方案的对比，高效数控加工铝合金结构件无

论从生产效率方面还是产品质量方面都有很大的提升，并且能够节约生产成本。

考虑到高效加工材料去除率要大，应选择直径大的刀具粗加工，然后采用预清角去量，提高效率；编制粗铣程序时，注意采用等高降层法，使应力逐层均匀释放；零件的合理装夹决定了编程的复杂程度；零件采用下料零件整体外形后装夹，调入仿真外形毛坯再去编程，这样才能更加直观，从而减少修改程序的次数，达到编程简单、加工方便的目的。**MW**

(收稿日期：20120330)