

翼形零件的刨削加工

■ 湖北三江航天江河化工科技有限公司（远安 444299）邱 奇 张 雷 刘 鹤

摘要：通过制定合理的工艺方案，设计制作专用夹具和刀具，选择合适的切削参数，并运用合理的加工技巧，有效解决了翼形类零件刨削加工的各类技术问题，零件的尺寸、形位公差和表面粗糙度均达到了设计要求，产品质量得到了保障。

该翼形零件长度和直径尺寸较大，在普通铣床上无法加工，故安排在刨床上加工型面。实际加工过程中，由于切削力大、工件刚性较差，很容易引起振动、变形和让刀等问题，难以保证零件设计的尺寸位置精度和表面粗糙度。如何解决加工过程中的振动和变形问题，是保障翼形零件最终产品质量的关键。

1. 零件结构及加工难点

(1) 零件结构。图1所示为翼形零件，其结构较为复杂，外轮廓由多段斜面 and 圆弧面组成，截面形状为翼形。该零件总长1 449mm，翼槽底部为2:1 000的锥面。形位公差方面，小端圆跳动0.05mm，大、小端的同轴度0.05mm。零件材料为铝棒2A12（GB/T3891-1998），其力学性能如表1所示。

(2) 加工难点及加工路线。

表1 铝棒2A12主要力学性能参数表

抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	断后伸长率 δ_5 /%	断面收缩率 ψ /%	布氏硬度/HBS
390	255	12	16	140

由于该零件结构特殊、各项精度要求很高，实际刨削过程中主要存在以下难点：

装夹定位困难。该翼形零件形状复杂，关联尺寸精度要求很高，传统的螺栓、压板类工装无法通过一次装夹完成加工，必须设计专用夹具。

形位精度难以保证。翼形零件底部2:1 000圆弧锥面，底面直线度0.08mm，大小端同轴度0.05mm，径向圆跳动0.05mm，表面粗糙度值 $R_a=1.6\mu\text{m}$ 等设计指标，对于长度近1.5m工件来说精度要求很高，在普通龙门刨床上完成起来难度很大。

零件结构刚性差。翼形零件总长1 449mm，翼槽底部圆弧与内孔最小壁厚8mm，加工过程中

零件产生颤动，易引起扎刀，从而直接影响零件的形位公差和型面质量。

根据零件结构，合理安排粗加工、半精加工及精加工工序，制定了刨削加工路线：尖刀粗加工翼槽→左偏刀粗加工翼展→右偏刀粗加工翼展→成型刀粗、精加工槽底圆弧→左偏刀、右偏刀精加工翼展→成型刀粗加工、精加工翼上斜面 $R16\text{mm}$ 圆弧，如图2所示。

2. 夹具设计

万能分度头结构简单、操作方便，是多边形零件加工的首选工具，但是该零件的大端直径为378mm，常见规格的分度头不能满足装夹定位的要求，必须设计相应的工装夹具。夹具设计思路为：将分度头和顶尖放在尺寸合适的底板上，中间通过增加垫块，保证分度头的中心高达到零件的加工要求。分度头、顶尖与垫块、垫块与底板的联接方式均采用键槽定位加螺栓紧固，工装结构如图3所示。

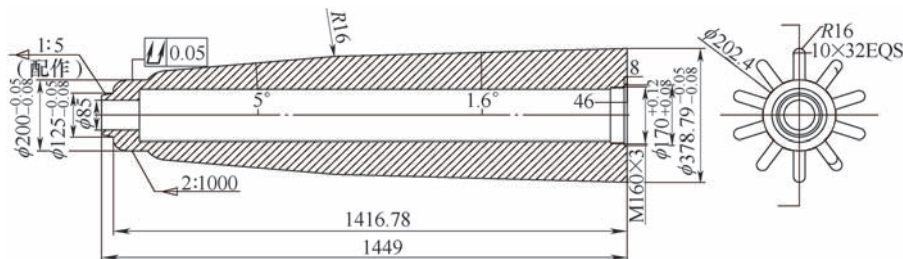


图1 翼形零件结构

在翼形面刨加工前已用数车完成其他尺寸的精加工。在刨削加工过程中，必须对零件外表面进行防护，根据零件结构设计前端工装、后端工装（见图4）。

（1）前端工装。前端工装结构为一台阶轴，小端与工件前端 $\phi 85\text{mm}$ 内孔配车，间隙配合 $0.08 \sim 0.12\text{mm}$ ，端面定位，大端直径 125mm 与工件前端一致，加工顶尖孔。

（2）后端工装。考虑到零件的装夹、刨削粗加工过程中，没有径向参考线、刨刀的抬刀，后端工装结构设计为一多台阶轴，

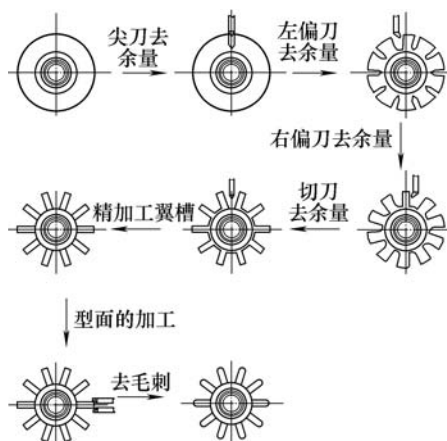


图2 加工路线

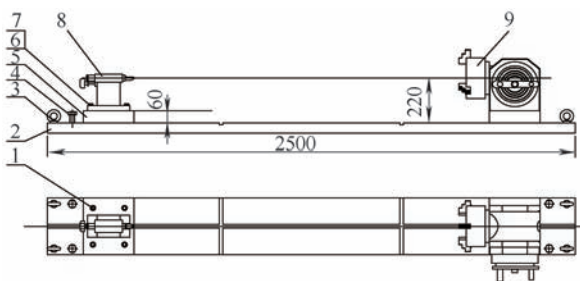


图3 工装夹具结构

1.内六角螺钉 2.底板 3.吊环螺钉 4.连接螺栓 5.垫块 6.连接螺栓 7.垫圈 8.顶尖 9.分度头

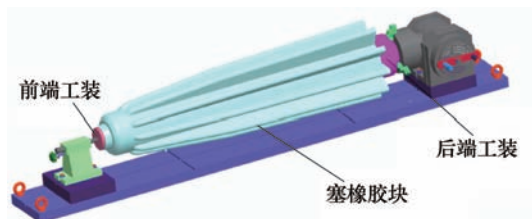


图4 工件装夹示意图

小端与工件后端 $\phi 70\text{mm}$ 台阶配车，间隙配合 $0.08 \sim 0.12\text{mm}$ ，螺纹联接，大头直径 202.4mm ，长度 100mm 。

3. 加工要点

（1）零件的装夹找正。零件装夹前，用样棒校正分度头的直线度、圆跳动，校正分度头与顶尖的圆跳动、直线度及同轴度。

由于零件要求翼槽底面圆弧大端与小端的锥度比 $2:1\ 000$ ，加工过程中刀架与零件的直线度相差一个锥度。按照锥度在大端堵头工装加工了工艺台阶，校正锥度时先将底板顶端吊环螺钉拆卸，换上螺栓，用螺栓将底板顶起一定的斜度，以校正零件与刀架的直线度、平面度，校正后要用斜铁、铜皮等硬物将底板与刨床工作台之间的间隙塞实。

（2）机床的操作。刨刀架在抬刀与下降的过程中，由于刀架的惯性和机床的精度误差，易产生扎刀或拖刀现象。在零件翼槽底部圆弧精加工进刀时，按照实际测量尺寸用百分表进刀并锁紧

刀架，精加工过程中不允许启动自动抬刀装置。

（3）圆弧面的加工。加工翼槽时将底板与刨床工作台顶起了一定的斜度，翼展与工作台亦成一定的斜度，引起刨床侧刀架与翼展表面不平行，在加工翼展上 $R16\text{mm}$ 圆弧前，必须拆卸底板与工作台间的塞填物，保证零件与工作台的平行度。

4. 实际加工过程中遇到的问题及解决措施

（1）零件振动的控制。由于零件本身结构特点，在粗加工过程中产生颤动，对刀具和零件的表面粗糙度有很大的影响。在加工过程中主要从以下两个方面减小振动：①根据材料特点、工件结构特征，选择合适的切削参数。②加工中，在零件中段与夹具底板之间铺垫合适尺寸的橡胶块，吸收零件的振动能量，达到减小振动的目的。

（2）翼槽底面圆弧的加工。翼槽底面圆弧加工时，如果直接采用刃磨成型刀加工，由于成型刀刃磨时很难有效保证刀具尺寸与型面尺寸一致，致使成型刀（见图5）对刀困难；成型刀的刀尖前角小，且加工产生的切削力大，刀尖容易折断。因此，排除了使用成型刀直接加工圆弧面的方法。

根据加工经验刃磨了一把宽度 2mm 的切槽刨刀（见图6），加工过程中刨刀每走一个行程，将分度头的手柄在54孔数的转盘上旋转一个孔位，即每次旋转 0.16° ，通过近似模拟的方法加工翼槽圆弧面。

（3）切削液自动添加系统。

刨削特点是切削速度慢、加工周期长，由于刨床本身没有切削液自动添加系统，加工过程中就要求操作者不停的手动添加切削液，操作比较麻烦。为解决此问题，利用现有的工具制作了简易切削液自动添加装置（见图7），固定在刨床刀架上结构，使用后效果明显，提高了切削质量，降低了劳动强度。

（4）设计加工样板和专用刀具，解决对刀和工件的检测问题。与翼槽底部相比，翼展表面的R16mm圆弧结构相对简单，且加工过程中不存在干涉和过切的问题。对此，设计了专用的成型R刀（见图8），同时也设计了对刀样板（见图9），用于确定刨刀的起刀位置；加工过程中还使用

测量样板，对已加工面的尺寸进行检测和控制（见图10）。

5. 刀具参数

在刨削过程中，刨刀几何形状是否合理，将直接影响切削的难易、刀具的磨损和生产效率。

主切削力的经验公式：

$$F_z = C_{FZ} a_p^{x_{FZ}} f^{y_{FZ}} v^{n_{FZ}} K_{FZ}$$

$$K_{FZ} = K_{n_{FZ}} K_{x_{FZ}} K_{y_{FZ}} K_{\lambda_{FZ}} K_{\gamma_{FZ}} K_{r_{FZ}}$$

式中， F_z 为主切削力（N）； C_{FZ} 为决定于被加工金属和切削条件的系数； x_{FZ} 、 y_{FZ} 、 n_{FZ} 为切削深

度 a_p 、进给量 f 和切削速度 v 的指数； K_{FZ} 为各种因数对切削力的修正系数； $K_{m_{FZ}}$ 、 $K_{K_{FZ}}$ 、 $K_{\gamma_{FZ}}$ 、 $K_{\lambda_{FZ}}$ 分别为对工件材料、刀具主偏角 K_r 、前角 γ_o 、刃倾角 λ_s 、刀具圆角半径 r_ξ 的修正系数。

加工该零件时，考虑零件结构、材料的特点，刨刀的材料选用高速钢。在加工过程中，尤其是在该零件翼槽底部和翼展R16mm圆弧的加工过程中，产生较大的切削力和切削热，影响产品质量。经过反复试验，得出较为合理的刀具参数（见表2）。

6. 切削液的选择

为了兼顾切削液的冷却和润滑效果，先后采用了不同的切削液进行试加工：首先使用的是合成切削液，它的冷却效果好，但由于该零件为塑性材料，线膨胀系数较大，加工过程中受切削热的影响急剧收缩，容易发生扎刀现象。后改为煤油，手动添加，其渗透性好，但易挥发，浪费较大。经过反复对比，最终选择了煤油和豆油的混合液，具体比例为煤油：豆油=5：1，通过实践证明其冷却润滑效果较好，成本较低。

参考文献：

- [1] 上海市第一机电工业总工会. 刨工[M]. 北京：机械工业出版社，1973.

表2 刀具参数

	$K_r / (^\circ)$	$\gamma_o / (^\circ)$	$\alpha_o / (^\circ)$	$\lambda_s / (^\circ)$	r_ξ / mm	a_p / mm	S (双行程) / mm
尖刀	95	22	5	10	3	0.3	—
左偏刀	95	15	7	15	1	0.3	—
右偏刀	95	15	7	15	1	0.3	—
左R刀	95	18	8	12	-	0.3	—
右R刀	95	18	8	12	-	0.3	—
切刀	95	30	8	12	2	0.3	—

MW (收稿日期：20160912)



图5 成型刀

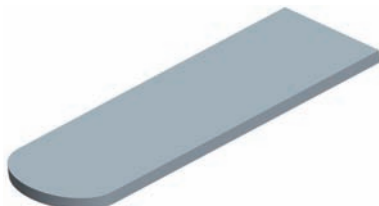


图9 对刀样板



图6 切槽刀

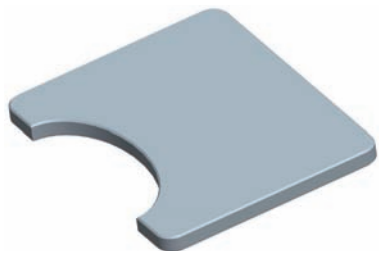


图10 测量样板

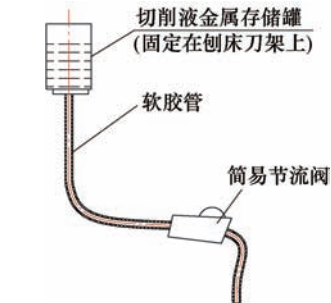


图7 切削液自动添加装置