

大型薄壁铝合金机匣外环 加工工艺

Processing Technology of Large Thin-Walled Aluminum Alloy Casing Outer Ring

中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司 徐金梅 师俊东 王传滨 刘 诚



徐金梅

高级工程师,现任中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司工艺处处长。

发动机大直径薄壁承力机匣典型的特征是结构复杂、壁薄、机械加工过程中产生变形,从而导致机匣结构尺寸精度降低,是影响发动机的性能的因素之一。国外在大直径薄壁机匣加工变形控制技术方面研发较早,薄壁机匣机械加工控制变形技术成熟,产品结构尺寸稳定。如 $\phi 800\text{mm}$ 的薄壁机匣,工作后变形量极小,自由状态下,跳动仍能保持在 $\phi 0.1\text{mm}^{[1]}$ 。近年来,国内随着发动机性能和推重比提高要求,在机械

通过优化加工工艺、优化工装结构、合理选用刀具、优化加工参数等控制加工过程变形措施,保证机匣加工精度满足装配和使用要求为本课题研究内容。

加工领域也越来越重视薄壁机匣加工变形控制技术方面研究。

某机中介机匣外环主体材料为铝合金 2A70,最大外径 $\phi 1828\text{mm}$ 、内径 $\phi 1728\text{mm}$ 、总高 424mm 、最薄壁厚 4.5mm 、同轴度 $\phi 0.12\text{mm}$ 。外型面由直线段、样条线连接组成,形成不同的凸台和岛屿。零件两平端面分别分布 44、112 个轴孔;径向分布 24 个腰槽,设计要求零件自由状态下圆度不大于 $\phi 0.4\text{mm}$,表面粗糙度 3.2。属于典型大型薄壁机匣类零件,其加工变形控制和机械加工精度是该件加工的难点。因此,通过优化加工工艺、优化工装结构、合理选用刀具、优化加工参数等控制加工过程变形措施,保证机匣加工精度满足装配和使用要求为本课题研究内容。

典型件加工工艺

1 工艺路线

工艺路线设计为:先粗车两端

面→再钻角向定位孔→然后粗铣外型(尽量预留余量均匀)→稳定处理→半精车前端→精车后端→精镗角向定位孔→精铣外型→精车前端→镗径向平面及孔→钻镗两侧端面孔。具体工序选择如下:

(1)对于粗车、半精车、精车工序,采用大型立式数控车床,采用先半精车,留余量,再精车全部尺寸。

(2)对于外表面铣加工,采用卧式四坐标加工中心进行粗铣加工去余量,再进行精铣工序。

(3)对于钻镗端面孔工序,采用立式四坐标加工中心进行加工,对于钻镗中间安装边上孔的工序,采用卧式四坐标加工中心用小的角度头进行钻端面孔。

(4)在粗车之前安排车工艺边工序,为后续工序的大余量车削加工提供可靠的装夹压紧方式。

(5)从加工的刚性角度考虑,调整粗车工序的加工顺序,避免粗车工

序可能带来的颤动变形。

(6)将精车前后安装边工序安排在精铣工序之后,避免安装边止口在后续加工中的变形。

(7)增加自然时效,消除机加应力。

2 工装结构

工装设计上,主要考虑压紧状态对零件变形的影响,通过工装夹具的辅助支撑作用,增加零件的刚性^[2],从而减小加工变形;除粗车工序外,所有数控工序均安排辅助支撑夹具,以增加零件加工过程中的刚性。改进装夹定位,增加定位面,定位稳定;可调的辅助支撑结构,采用内外软支撑组合方案,在轴向上的调整范围较大,能更好的选择支撑点位置,消除薄壁零件在加工过程中的震颤,显著提高零件的加工质量。

3 优化加工参数

严格控制切削参数,以减小切深增大转速的方式减小机加应力来控制变形;采用对称切削使毛坯初始残余应力对称释放,有效减小零件的加工变形;采用内外表面去除余量均等的原则,进行轮流加工,加工时采用余量依次递减的原则,轮流的次数越多,其应力释放越彻底,工件加

工后变形越小^[3-4]。

3.1 优化车加工参数

车加工铝合金切削用量的选用,应从降低切削温度的观点出发,采用较低的切削线速度和较大的走刀量。由于高的切削温度使铝合金从大气中吸收氧和氮造成工件表面硬脆,使刀具剧烈磨损,因此在加工过程中,须使刀尖温度保持在合适的温度,避免温度过高,采用方法应该是:精确控制切深和切削速度,并且根据刀具特点适当选用冷却液,并使冷却液充分浇注到零件加工部位。不同结构车刀切削参数如表1。

3.2 优化铣加工参数

铣削速度的选择主要取决于被加工工件的材料硬度和刀具材料构成。进给速度的选择主要取决于被加工工件的材质及铣刀的直径。国内外一些刀具生产厂家的刀具样本附有刀具切削参数选用(表2)供参考。每齿进给量 F_z 、切削速度 v_c 是基本参数,与材料特性直接相关,可从刀具厂家提供的刀具手册中查出其范围,但切削参数的选用同时又受机床、刀具系统、被加工工件形状以及装夹方式等多方面因素的影响,根

据实际情况适当调整切削速度和进给速度。再辅以经验选出特定值^[5-6]。

切削深度 a_p 的确定:

$$a_p = \text{刀具半径} \times c_1 \times c_2$$

c_1 为材料硬度系数, c_2 为刀具长径比系数。

主轴转速的确定:

$$n = 1000 \times v_c / (2 \times \text{刀具半径} \times \pi)$$

进给速度的确定:

$$v_f = n \times \text{齿数} \times F_z$$

精加工时,尺寸精度、表面粗糙度及表面接刀要求很高,并要求零件加工中尽量减少变形,因而切削中产生的切削力要小^[7-8],为此我们采用提高机床主轴转速来提高切削速度,减小切削深度来解决这些问题。

4 测量讨论

由于铝合金零件加工受到材质自身膨胀系数大和外界环境温度差异等因素影响较大,测量值和真实值之间存在误差,零件自身直径越大,这种误差也越大。运用温度补偿技术,即通过对数据的对比分析,建立一个零件测量直径尺寸,零件温度值,测量用标准件温度值,零件膨胀系数和标准件材质膨胀系数对直径测量变化量之间的函数关系,可以补偿现场环境带来的测量不准确问题,加工精度较高的零件。

结束语

通过本课题研究,工装上采用内外软支撑组合方案,轴向上的调整范围大,能更好地选择支撑点位置,消除薄壁零件在加工过程中的震颤,显著提高零件的加工质量。

运用温度补偿技术,可以补偿现场环境带来的测量不准确问题,加工精度较高的零件。合适的加工路线和加工参数,保证了零件的加工质量。

本文共有参考文献8篇,因篇幅有限,未能一一列出,如有需要,请向本刊编辑部索取。(责编 小城)

表1 不同结构车刀切削参数

序号	刀具	转速 $n / (r \cdot \text{min}^{-1})$	进给 $F / (\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	切深 $a_p / (\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$
1	R0.8 偏刀	40-50	0.5	0.5
2	R2 球刀	50	0.5	0.5
3	R3 球刀	40	0.5	0.5
4	W6R0.8 切刀	40	0.5	0.5
5	W6R0.4 切刀	40	0.5	0.5

表2 不同结构选择铣刀切削参数

序号	刀具	刃长 L_f / mm	悬长 L / mm	转速 $n / (r \cdot \text{min}^{-1})$	进给 $F / (\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	切深 $a_p / (\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	备注
1	$\phi 20$ 合金铣刀	20	50	3000	500	2	
2	$\phi 20R3$ 合金铣刀	20	50	5000	1500	2	
3	$\phi 20R5$ 合金铣刀	20	50	3000	600	2	
4	$\phi 16$ 合金铣刀	35	50	2000	500	2	
5	$\phi 16R54$ 合金铣刀	50	60	1500	300	2	
6	$\phi 13R6.5$ 合金铣刀	30	60	6200	1500	2	
7	$\phi 13R6.5$ 合金铣刀	30	70	2000	500	2	加长刀柄 240