

数控铣削在航空发动机轴承座大螺纹加工中的应用

Application of NC Milling in Large Screw Thread Machining of Aeroengine Bearing Housing

中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司 崔晶 杨平



崔晶

高级工程师,中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司一级技术专家,多年来一直在生产一线上从事数控加工技术方面的工作,致力于提高效率,降低成本的数控加工研究,并积累了一定的加工和编程经验。

轴承座位于飞机发动机的后部,属于涡轮部分,是整个发动机后部的主要承力件。可以说轴承座是整个涡轮部分的枢纽。轴承座的内部后端为后盖、内部前端为轴承、外部为后机匣机加组件,其技术条件十分严格,多处为 0.02mm 以下的形位

随着数控技术的发展应用,数控铣削螺纹的加工方法随着设备的普及和发展,将取代传统的螺纹加工方法,数控铣削是一种有较大推广价值的新工艺。

公差要求,还有研磨着色表面;尺寸公差要求也十分严格,最严公差为 $\pm 0.009\text{mm}$, 0.05mm 以内的公差尺寸有 6 处,整个零件的加工难度很大,对装夹、找正、机加都提出很高要求;轴承座加工周期很长,刚批产时,一件的加工周期达 8 个月,现在的周期只需 2 个月左右。

本文针对轴承座的 5 处 $M33 \times 1.5-6H$ 内螺纹孔铣削的攻关内容进行了文字性总结,该 $M33 \times 1.5-6H$ 内螺纹孔的作用分别为 1 处回油孔及 4 处通气孔(轴承座共 6 个座子,另外一处为进油座)。对于轴承座来讲,螺纹孔的合格与否关系到回油质量的好坏,通气的效果,也关系到涡轮部分的整体性能。

轴承座加工工艺分析

$M33 \times 1.5-6H$ 内螺纹加工,一直

以来是我们的加工瓶颈。轴承座为钛合金(TC4)零件,钛合金材料由于密度小、强度高、耐高温、抗氧化性能好等特点,在航空航天等领域应用广泛。但是钛合金的机械加工性能较差,影响了该材料的广泛应用;在钛合金材切削加工过程中,散热和冷却效果很差,易于在切削区形成高温,加工后零件变形回弹大,造成切削刀具扭矩增大、刃口磨损快、耐用度降低;由于钛合金的导热系数低,导致切削时不易排屑、切削热不易散发、加速了刀具的磨损;钛合金化学性高,在高温下加工易与刀具材料起反应,形成熔敷,扩散,造成粘刀、烧刀、断刀等现象。

传统加工螺纹的方法是采用丝锥攻丝,具体加工步骤如下:首先,在四坐标加工中心上加工螺纹底孔;其次,将轴承座固定在方箱上由操作

者手攻螺纹。在加工过程中没有夹具,每一个螺纹都需要重新拉直找正。由于螺纹底孔孔径大,操作者劳动强度高,在加工过程中会出现各种问题,如丝锥折断、螺纹乱扣、螺纹喇叭口、垂直度超差、螺纹中经超差等。由于螺纹加工时余量较大,加工时间长,加工时要分三级丝锥手攻螺纹,通过多次加工才能将螺纹加工合格,所以对操作者要求较高,需经验丰富且手法精湛。

随着数控技术的发展应用,数控铣削螺纹的加工方法随着设备的普及和发展,将取代传统的螺纹加工方法。数控铣削螺纹的优点是:加工时间短,工艺安全性高,具有很好的表面质量;一把刀具可以解决通孔和盲孔螺纹,解决加工右旋和左旋螺纹,可加工不同尺寸和公差差的螺纹;很小的切削力,可用于薄壁件加工,螺纹深度可到达孔的底部;无铁屑问题,无轴向误切,经过对切削参数的计算,预计加工效率和精度将比传统的方法提高 50%。

螺纹铣削要求加工设备具有三轴联动功能即螺旋插补,(CNC 的功能),它允许刀具沿着螺旋线运动。一个螺旋运动是在一个平面内做圆形运动的同时在一个与次平面垂直的直线上运动。圆周运动产生了螺纹的直径,而同步的直线运动产生了螺距。在大多数 CNC 系统中,螺旋插补是通过 G02、G03 两种指令来完成的。在螺纹铣削中有 3 种螺纹切入方式:沿相切弧方向切入切出,沿半径方向切入切出;沿切线方向切入切出。我们这里选择沿切弧方向切入切出,即铣刀从中心位置以快速运动至零件大约 0.5mm 处,沿圆弧轨迹并同时沿 Z 轴切入零件直至完整的牙型深度,在经过一个封闭环路后,铣刀以同样的方式切出零件完成加工。

编制数控加工程序

为了提高实际生产效率,尽可能

在不换刀的情况下一次性加工出(本文主要是切出)螺纹,加工选用的刀具可采用螺纹铣刀。螺纹铣刀的切削刃表面上看有些像丝锥,实际上与丝锥不同,该刀具上无螺旋上升,实际加工中的螺旋主要靠机床的运动来实现。所以铣削螺纹重点在于如何控制机床的运动。

程序的执行过程:

第 1 步,螺纹铣刀快速运行至安全平面;第 2 步,螺纹铣刀至螺纹深度尺寸;第 3 步,螺纹铣刀以圆弧切入螺纹起始点;第 4 步,螺纹铣刀绕螺纹轴线作 X、Y 方向的插补运动,同时作平行于轴线的 +Z 方向运动,即每绕螺纹轴线运动 360°,沿 +Z 方向就上升一个螺距,刀具三轴联动运动轨迹为一螺旋线;第 5 步,螺旋铣刀从圆弧起始点退刀;第 6 步,螺纹铣刀快速退至工件安全平面。

以下是对 M33 × 1.5 右旋内螺纹铣削加工的详细说明。

工件材料:钛合金(TC4);切削速度: $V_c=35\text{m/min}$; 切削厚度 $h_m=0.04\text{mm}$; 底孔直径: $d_f=31.375\text{mm}$; 底孔半径 $R_f=15.687\text{mm}$; 名义直径: $d_0=33\text{mm}$; 名义半径 $R_0=16.5\text{mm}$; 螺纹长度: $L=10\text{mm}$; 铣刀直径: $d_1=11.84\text{mm}$; 铣刀半径: $R_1=5.92\text{mm}$; 半径方向的切削深度: $A_r=d_0^2-d_1^2/4 \times (d_0-d_1)=1.236\text{mm}$; 每齿进给量: $f_z=h_m \times \sqrt{d_1/A_r}=0.124\text{mm}$; 主轴转速为: $n=1000 \times V_c/3.14 \times d_1=940\text{r/min}$; 切削刃处进给量: $V_{f_{eff}}=z \times n \times f_z=3 \times 940 \times 0.124=340\text{mm/min}$,其中: z = 切削刃数; 铣刀的中心处的给量: $V_{f_{prog}}=V_{f_{eff}} \times (d_0-d_1)/d_0=210\text{mm/min}$; 向切入半径($C_1=0.5\text{mm}$), $R_e=(R_f-C_1)^2+R_0^2/2 \times R_0=15.24$; 切入过程中 Z 轴的移动: $Z_a=P \times a/360=1.5 \times 90^\circ/360^\circ=0.375\text{mm}$; X 和 Y 的坐标为: $X=0$, $Y=-R_f+C_1=-15.678+0.5=-15.187$; 切入前 Z 的坐标为: $Z=-(L+Z_a)=-10.375$; 起点(0): $X_a=0$, $Y_a=0$ 。

在根据螺纹尺寸进行分析后,按运行轨迹编制数控加工程序,主要程序如下(该程序主要针对西门子系统)。

附: CNC 程序 螺纹铣削程序(西门子)

G90G54G00X0Y0Z0 起始点

T1D1 M3S940 刀具、地址、主轴正转

G91G00X0Y0Z-10.375 走刀到螺纹深度

G41X0Y-15.187Z0 F75 螺纹切入位置

G03X16.5Y15.24Z0.375CR=15.24 沿 G03 轨迹并同时沿 Z 轴切入零件直至完整的牙型深度

G03X0Y0Z1.5I-16.5J0 经过一个封闭环路

G03X-16.5Y15.24Z0.375CR=15.24 铣刀以切入的方式切出

G00G40X0Y-15.187Z0 回到切入位置

G00Z200 螺纹铣刀快速退至零件安全平面

M05 主轴停

M30 程序结束

实现了螺纹铣加工,使零件加工工艺路线的安排更加合理,加工的零件合格率提高,满足装配要求。手攻螺纹 1 个零件需要 2h,现在改用数控铣加工只需 15min,大大提高了加工效率。

数控铣削加工在提高加工效率的同时,也大幅地减少了操作者的劳动强度。数控加工一次装夹将更好地保证螺纹垂直度,减少组件装配误差。正常情况下铣削不会产生由于人为因素造成的废品,其表面质量和表面光度大大提高,返修率为零,从而提高产品质量。将数控螺纹铣削加工技术向其他零件推广,为整个公司在机加方面的长足发展提供了巨大的推动力,其创造的经济价值也无法估量。

(责编 三丰)