

NPT圆锥内螺纹的数控铣削加工

■ 中车大连机车车辆有限公司 (辽宁 116021) 万传广

摘要: 由于目前数控系统没有单独的圆锥螺纹铣削循环程序, 在加工NPT圆锥内螺纹时, 因材料软、使用成形丝锥作用力大等原因, 使产品质量无法得到保证, 且对机床造成损伤。使用参数化编程编制程序, 解决了油底壳的加工难题。

油底壳是曲轴箱的一部分, 具有储存和汇流机油的作用, 在使用锥铰刀和丝锥加工控制端放油孔时, 由于材料比较软, 容易造成粘屑, 经常会产生丝锥断裂、螺纹烂牙现象, 造成工件返修。为保证质量, 提高效率, 需对该孔的加工方法进行改进。

1. 加工方案分析

油底壳控制端左下部设有放油孔, 规格为美制2 NPT圆锥内螺纹(见图1)。

试制加工时加工工艺为: 先用麻花钻头钻螺纹底孔, 然后

用大直径锥铰刀铰底孔, 最后用成形丝锥攻制而成。该螺纹基面上的外径达60.09mm, 由于此工艺设计了专用丝锥, 因此采用攻螺纹的方法加工。而在现场执行中, 无论是机攻还是用加长了的套管手攻, 均无法加工出符合要求的内圆锥螺纹。

分析其原因: ①现场用锥铰刀加工底孔不能完全保证螺

基面上的外径尺寸, 使攻螺纹总余量不确定。②在加工过程中由于材料较软, 容易造成粘屑, 锥管丝锥是全成形刀具, 切削速度低, 全螺纹与加工表面作用, 切入工件全长均要参加切削, 且螺纹直径及所需切削力矩很大, 所以, 丝锥在切入工件过程中, 抗力增大, 导致伤牙、乱扣以及断丝锥等现象, 严重影响产品质量

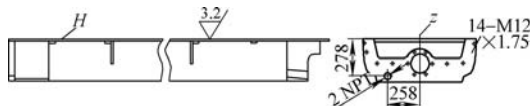


图1 油底壳简图

给。普通钻头需修磨小钻头的横刃 b ($b \approx 0.04d_0$, d_0 为钻头直径), 以减小钻削时的轴向力。大直径 ($d_0 \geq 13\text{mm}$) 的钻头, 应尽量磨成如图2所示的不锈钢群钻。其中, $L \approx 0.32d_0$, $L_1 > L/3$, $R \approx 0.2d_0$, $h \approx 0.04d_0$, $b \approx 0.04d_0$ 。这种钻型排、断屑好, 尽量采用机动进给。④由于不锈钢的可塑性高, 切削加工时硬化现象严重, 为减小切削时的摩擦、挤压和硬化现象, 须使刀具保持锋利。为此, 刀具的磨损限度, 应

是切削一般钢材磨损限度(精加工为0.1~0.3mm, 粗加工为0.4~1.5mm)的一半。

5. 结语

虽然不锈钢属于难切削材料之一, 但只要充分了解其性能和

切削特点, 合理选择切削条件并注意切削中的问题, 就一定能把这种难切削材料工件的加工顺利完成。

参考文献:

- [1] 韩荣第, 于启勋. 难加工材料切削加工[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [2] 郑文虎. 难切削材料加工计算[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.

MW (收稿日期: 20170615)

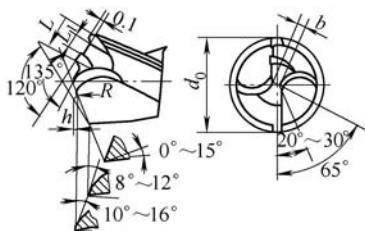


图2 不锈钢群钻

和生产效率。由于丝锥是全螺纹接触，作用力大，要求机床有较大的功率，大批量生产对机床有损伤。

通过技术攻关，采用三轴联动进行数控铣削加工螺纹，其与传统螺纹加工方式相比，在加工精度、加工效率方面具有极大优势，且加工时不受螺纹结构和螺纹旋向的限制，可以避免丝锥反转形成的回转线。螺纹铣刀采用多齿机夹式刀片刀具，寿命长，其寿命是丝锥的10多倍甚至数10倍，而且在数控铣削螺纹过程中，对螺纹直径尺寸的调整极为方便，首件通止规检测后，后面的零件加工质量稳定，这是采用丝锥难以做到的。

2. 改进后加工方法

(1) 圆锥螺纹的加工原理。

对圆锥螺纹进行铣削加工时，刀具沿着圆锥螺旋轨迹进行加工。除具有像圆柱螺旋轨迹刀具那样的高速旋转、圆弧插补和轴向螺距进给外，还要使铣刀中心与螺孔中心的距离随着轴向移动而产生线性变化（收缩），从而形成锥度。

(2) 圆锥螺纹圆锥轨迹的拟合原理。因为龙门加工中心采用的是SINUMERIK 840D数控系统，该数控系统只有圆柱螺旋插补功能，因此不能直接使用圆弧插补指令G02或G03来编程。根据数控编程中的轨迹拟合原理，可将一扣圆锥螺纹螺旋轨迹等分成

若干小段，并按锥度计算出每小段上直径变化值，分段越多，该值也越小。当分割增加到使该值小到某一数值时，这一段圆锥螺旋与圆柱螺旋相差甚微，这时可近似地用圆柱螺旋来替换圆锥螺旋。同时将相邻段的直径按锥度变化选取，这样一扣圆锥螺旋可由一组若干段衔接的按锥度变化的圆柱螺旋轨迹近似地组成。每扣都照此处理，即可用圆柱螺旋轨迹拟合圆锥螺纹轨迹。分段越多，拟合精度也越高。但分段太多和分段方法不妥将会使计算复杂，计算程序过长，对加工不利。

(3) NPT圆锥内螺纹的数控铣削程序设计。加工程序采用主程序和子程序的方式编制。执行时主程序调用子程序，将螺纹底孔和锥管螺纹不同部分的尺寸参数，在主程序中计算或给出。切削用量和初定位等均放在主程序中，将变量R参数及其轨迹计算等编入子程序，即子程序完成轨迹的计算和运动。这样使子程序可适用于不同规格的圆锥螺纹加工，具有良好的通用性能。根据油底壳的工作状况，2NPT圆锥内螺纹有密封要求，参数如附表所示。

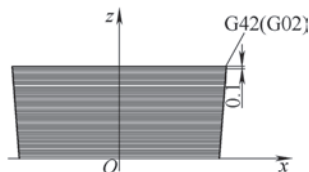


图2 路线1示意图

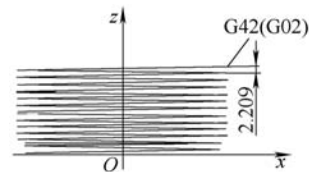


图3 路线2示意图

(4) 底孔加工刀位轨迹图。确定刀具的进给路线，经分析有两种进给路线可供选择：①Z向分层，两轴半加工。如图2所示，刀具Z向每下降一层，进给一个整圆，若Z向进给层距太大，会留下台阶，影响后面螺纹加工质量；进给太小，切削时间长。②螺旋进给，三轴联动加工。如图3所示，每完成一个360°锥面螺旋线进给，Z向下降一个螺距，由此分析Z向刀具进给量可取较大值，如：每旋转360°下降1mm，铣刀侧刃接触较多，锥孔表面质量较好。另外，很重要的是按此方法铣底孔和铣螺纹的编程思路一致，可以调用同一个子程序CYCLE901，大大减轻编程工作量，提高编程效率。

(5) 编制圆锥内螺纹的数控铣削主程序。在主程序中对切削用量和铣削循环的相关参数进行赋值，底孔一次铣削成形。铣削螺纹程序分粗加工和精加工两次调用铣削循环。铣削底孔主程序如下：

```
G0 G54 D1 S1500 M3 X258 Y273
R2=0 R3=28.717 R4=28.775
R5=1.79 R6=2250 R9=2.209 R10=100
CYCLE901
M30
```

2 NPT圆锥内螺纹的基本尺寸

规格尺寸	每25.4mm内的牙数	螺距P/mm	螺纹半锥角(°)	螺牙角度(°)	螺纹锥度	螺纹外径/mm	小端直径/mm	
							使用绞刀时	不使用绞刀时
2NPT	11.5	2.209	1.79	60	1/16	60.091	55.58	55.96

铣削螺纹主程序如下:

```
G0 G54 D1 S1500 M3 X258 Y273
R2=-15.463 R3=11.045 R4=29.413
R5=1.79 R6=1584 R9=2.209 R10=10
CYCLE901
R4=29.563 R6=1260
CYCLE901
M30
```

(6) 编写带有报警功能的铣削循环程序。以子程序形式编写, 用R参数代替语句中的数码和数值, 能适用于不同直径、不同螺距以及不同深度的螺纹加工, 具有一定的通用性。下面是铣削循环CYCLE901的部分程序:

```
PROC CYCLE901 SAVE DISPLOF
stopre
IF $P_SEARCH ==1 GOTOF END
R42=$AA_IW[X]
R43=$AA_IW[Y]
ATRANS X=R42 Y=R43
R18=TAN(R5)
R31=R3*R18
R38=R6 R41=R38/2.5
R32=R4-R31 R33=R9*R18
R20=R33/4 R8=R2 R30=R3/R9
R40=R9/4
G0 X=0 Y=0
G64 G90 Z=R2
G1 G42 X=0 Y=R4 F=R41
ANA: G2 X=R21 Y=0 I=-R20 J=-
R19 Z=R14 F=R38
G2 X=0 Y=-R22 I=-R21 J=R20
Z=R15
G2 X=-R23 Y=0 I=R20 J=R22
Z=R16
G2 X=0 Y=R24 I=R23 J=-R20
Z=R17
R8=R17 R4=R24 R30=R30-1
IF R30>=1 GOTOB ANA
```

G1 G40 X=0 Y=0

G0 Z=R10

TRANS

RET

该程序适用于具有西门子840D操作系统的数控镗床及数控立式铣床, 是按通用铣螺纹编写的, 只要把程序中的变量按规定填写, 使用时由主程序调用, 并给出切削用量、初始参数赋值, 就可以完成内螺纹和螺纹底孔的加工。该程序的编制彻底解决了铣圆锥螺纹编程难的问题, 非常简单实用。

3. 铣削螺纹刀具的选择和切削参数的设定

(1) 刀具的选择。加工螺纹采用机夹式螺纹铣刀, 刀杆材料是工具钢和高碳钢, 刀片材料是硬质合金, 采用多刃结构且用螺钉锁紧。在使用时安装到强力铣刀柄或者侧固式刀柄上, 铣刀上有2片60°标准成形刀片(见图4)。

由于刀片误差很小, 只有几微米, 因此刀具互换性能很好, 刀片磨损后, 只需更换刀片即可, 经济性较好。刀片材料为硬质合金, 可提高切削速度、减少磨损并提高螺纹精度。为控制螺旋轨迹的直径大小, 在刀具上应测出小端两刃延长后交点的回转直径, 工件上应计算出刀具起始位置最大理论直径。

(2) 螺纹铣刀切削参数



图4 螺纹铣刀

的设定。经多次切削加工实验后, 将切削速度 v_c 设定为180.6 m/min; 经计算主轴转速 $n=1500$ r/min; 每齿进给量 f_z : 粗加工时选为0.44 mm, 精加工时选为0.35 mm; 每分钟进给速度 v_f : 粗加工时为 $0.44 \times 2 \times 1800 = 1584$ (mm/min), 精加工时为 $0.35 \times 2 \times 1800 = 1260$ (mm/min)。粗加工时吃刀量设为1.12 mm; 精加工时铣削吃刀量为0.15 mm, 主要为降低螺纹的表面粗糙度值, 整理牙型。

4. 结语

用铣削方法加工圆锥内螺纹, 能严格控制中径公差, 加工精度好, 效率高。由于采用了参数化编程, 使后续编程较为简便, 且对于不同类型的螺纹, 只需修改主程序中的参数即可, 铣削循环可保存于数控系统中, 加工时调出, 适合于批量生产。从刀具的价格来讲, 一只大直径2NPT的丝锥价格是8000多元, 而一个螺纹铣刀刀片只需700多元。综上, 采用螺纹铣刀加工更适合, 且可使生产效率比传统加工方法提高12倍。

参考文献:

- [1] 施玉飞. SIEMENS数控系统编程指令详解及综合实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [2] 许伟达. 机加工生产线操作技法与实例[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2008.
- [3] 陈海舟. 数控铣削加工宏程序及应用实例[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

MW (收稿日期: 20170618)