利用车削中心加工电磁阀衔铁

■ 湖北三江航天红峰控制有限公司　（孝感　432100）　孙武兵　周华波

摘要：某产品电磁阀衔铁的加工特征较多，表面质量要求严格，需要数控车、铣、钳、磨等多道工序加工才能完成。为了提高衔铁的生产效率和精度，现在利用瑞士肖布林机床公司的136CNC高精度车削中心的*C*轴功能和动力刀具，进行零件端面的多处钻孔和攻螺纹，把多工序合并在数控车一道工序中完成，减少了工件的装夹次数和许多非加工时间，提高了精度和效率。加工M4-6G内螺纹采用了挤压丝锥进行攻螺纹，螺纹挤压成型不产生切屑，不会受到切屑的不利影响，而且螺纹具有较高的抗拉强度，表面质量较高。

数控车削中心的机床主轴具有精确分度的*C*轴功能，利用*C*轴功能和刀架的*X*轴控制，配合动力旋转刀具，可以进行偏离主轴轴心线的钻孔、铣削等。在加工电磁阀衔铁时，利用该功能实现了多工序的复合加工，提高了生产效率。

1. 提出问题

在批量加工如图1所示的电工纯铁材料的衔铁时，原加工工艺：数控车半精车外圆并钻孔→铣工钻两处对称孔→钳工攻螺纹→磨工磨外圆。由于多次定位装夹，零件的位置精度不易保证。多道工序加工周期较长，电工纯铁较软、易生锈，零件的夹伤、生锈现象时有发生。钳工攻螺纹所采用的普通切削丝锥在攻深螺纹孔时，会粘住切屑或排屑不畅，增加切削阻力，丝锥易折断或烂牙。零件外圆尺寸公差0.012mm、表面粗糙度值R_a=0.4μm，较为严格，原加工工艺采用磨削加工，效率较低。

2. 解决问题

新的加工工艺：首先把零件外圆精加工到尺寸要求，然后钻左端小孔，切断。掉头软爪装夹外圆，平总长，钻螺纹底孔，钻端面两处对称孔，最后攻螺纹。

（1）外圆的精加工采用车削的方式，在批量的加工中满足表面粗糙度值R_a=0.4μm。电磁纯铁的硬度较低为100HBW，强度较低，塑性、韧性较高（伸长率=38.8%，断面收缩率=75.5%）。普通硬质合金涂层的精车刀具在加工电工纯铁材料时容易出现粘刀现象，切削过程中刀具磨损较为严重。外圆表面粗糙度达不到要求，需要经常更换精车刀片。

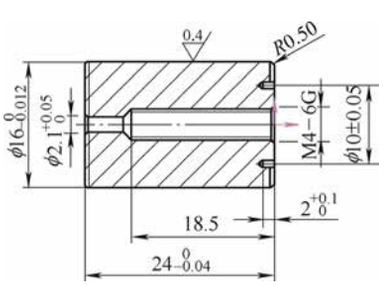

图1　衔铁零件图

现选用PVD涂层金属陶瓷刀片，耐磨性与耐破损性更佳，可长时间保证高质量的加工表面。零件的尺寸要求和表面质量稳定，达到了图样要求，比磨削的效率高。

（2）利用车削中心的*C*轴定位功能和动力刀具，进行零件端面的多处钻孔和攻螺纹。先钻三处中心孔，然后钻两处对称的φ1.5mm孔和中心M4的螺纹底孔。省去了铣工钻对称孔的工序，减少了装夹次数，位置精度也得以保证。

（3）切削丝锥和挤压丝锥的加工比较。由于切屑不易从另一端的小孔排出，首先采用上排屑的螺旋切削丝锥攻螺纹，转速为800r/min。经过试加工，M4的内螺纹太深，有效距离＞18mm，一次攻到底部，切屑无法顺利排出，容易导致丝锥折断。后采用分段加工的方法攻螺纹，就像在攻螺纹机上手动攻螺纹那样，来回进退地排屑。这种方法不易导致丝锥折断，但有时仍会有切屑

缠在丝锥上，出现烂牙，导致零件报废，并且要时常清理丝锥上的切屑。

挤压丝锥与传统切削丝锥的不同之处是：挤压丝锥螺纹部分没有切削刃，依靠丝锥的螺旋槽挤压螺纹底孔，使其产生塑性变形而产生螺纹，而不是靠传统的切削动作。与切削丝锥相比的有利之处：挤压丝锥的切削速度高于切削丝锥，可以提升生产效率，由于无切屑产生，刀具切削刃不会受到切屑的不利影响，攻螺纹时可一次攻到螺纹底部。挤压加工螺纹的表面粗糙度质量要优于切削加工螺纹，并且具有较高的抗拉强度，抗断裂强度提高约20%。用挤压丝锥加工出的螺纹截面、牙顶有沟槽存在（见图2）。

（4）有效采用挤压攻螺纹的条件。工件材料有足够的延展性，抗拉强度≤1 200N/mm，伸长系数＞10%，如铝合金、铜合金、低碳钢及不锈钢等。

精确的预钻孔直径。两种丝锥预钻孔的区别如图3所示，

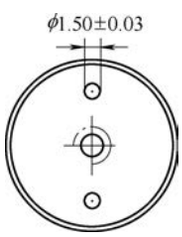

图 2

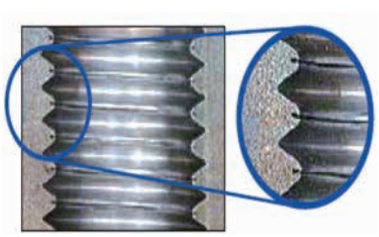

图 3

预钻孔直径太大，会导致螺纹小径增大，螺纹的牙型高度不完整；预钻孔直径太小，攻螺纹时会产生较大的转矩，增大丝锥磨损、折断的风险。挤压丝锥攻螺纹具有较高的转矩，比普通攻螺纹高30%。据经验公式：预钻孔直径d_0=公称直径d–0.45×螺距p，如M4螺纹底孔3.7mm≈4mm–0.45×0.4mm。最终的预钻孔直径需要用挤压丝锥攻螺纹以后，测量螺纹底孔直径来确定，以免造成螺纹小径和牙型高度的尺寸超差。部分预钻孔尺寸参考如附表所示。

（5）挤压丝锥的应用。在数控车床攻螺纹时通常采用主轴旋转，控制刀架上的丝锥根据螺纹导程直线进给的方法。由于刀架上的丝锥和主轴轴线不可能完全重合，总有些细微误差，容易造成螺纹精度的超差，甚至螺纹塞规止端进入。在车削中心上带有动力的刀具，可以实现丝锥的旋转运动，攻螺纹时主轴静止，丝锥旋转并根据导程做直线进给运动，不会因丝锥和主轴轴线不重合的细微误差引起螺纹的超差。在车削中心上采用刚性攻螺纹功能，刚性攻螺纹用于主轴上装有脉冲编码器的机床，其主轴旋转运动与攻螺纹进给运动严格匹配，当主轴旋转一周时，丝锥进给一个导程，可进行高速、高精度的螺纹加工。经过试切后，采用某品牌的带TiN涂层机用挤压丝锥，其适用于强度200～2 000N/mm或硬度36HRC的材料。该挤压丝锥带导油槽，配合使用润滑性能好的水溶性切削液，可以提高丝锥的使用寿命。挤压丝锥线速度为20m/min，转速为1 600r/min，比切削丝锥的速度提高一倍。一支丝锥无故障加工了2 000多个零件，尺寸合格。因为没有切屑的形成，不会产生烂牙现象，并减少了人为的干预，加工效率明显提高。

附 表 （单位：mm）

公称直径	螺距	钻头直径
2	0.4	1.82
3	0.5	2.8
4	0.7	3.7
5	0.8	4.65
6	1	5.55
8	1.25	7.4
10	1.5	9.3

（6）电磁阀衔铁的关键部位的加工程序和介绍。机床采用的FANUC 0*i*-TD数控系统，使用C类G代码。在加工中使用了4个轴向动力刀具，分别为ϕ1mm中心钻、ϕ1.5mm硬质合金钻头、ϕ3.7mm HSS钻头和M4挤压丝锥。需要注意的是，由于挤压丝锥是利用金属材料的塑性成型原理挤出内螺纹，会在孔口处产生突起，如有需要可在攻螺纹前在孔口处做60°或120°倒角，以消除攻螺纹后螺纹孔口产生的翻边毛刺。

3. 结语

通过对电磁阀衔铁加工方法的改进，利用车削中心复合加工及挤压丝锥的应用，保证了产品质量，显著提高了生产效率。

参考文献：

[1] 韩鸿鸾. 数控车工（技师、高级技师）[M].北京：机械工业出版社，2008.

MW（收稿日期：20160407）