飞刀加工大模数变位蜗轮

济南重工股份有限公司通用机械厂 （山东 250109） 王合顺 李子震

因为蜗轮滚刀不同于齿轮滚刀，蜗轮滚刀的直径、螺纹线数、螺旋角都要求和工作蜗杆相符合，所以蜗轮滚刀的制造及储备都不经济，尤其对于大模数蜗轮的生产、设备维修，使用蜗轮滚刀加工蜗轮更是一种浪费。在滚齿机或铣床上采用飞刀加工蜗轮，即使用一个刀刃去代替蜗轮滚刀，就能解决以上问题。在加工精度方面，铣床加工精度较低，加滚齿机有切向刀架可在滚齿机使用飞刀进行加工，其加工质量并不低于用蜗轮滚刀的加工质量，而且操作简单。

使用飞刀加工蜗轮，尽管是比较简单实用的一种方法，但是因为用得少，操作经验欠缺，很多人会走一些弯路，造成一些不必要的麻烦。下面是笔者在ND—4滚齿机上加工蜗轮的一个实例和一些看法，供参考。

1. 飞刀加工蜗轮的原理

用飞刀滚切蜗轮时，刀具只有一个刀齿，它本身并不存在蜗轮齿的斜角，为了保证蜗轮齿间底面在齿宽方向为圆弧形，刀杆要求水平放置，不作垂直进给。刀头和工件在转动时，刀头在蜗轮上切出的轨迹的方向符合被加工蜗轮的齿的斜角，即蜗轮的螺旋线升角

$$n_2/n_1 = z_1/z_2 = \text{蜗轮副的传动比}$$

式中，n_1 为刀杆转速（r/min）；n_2 为蜗轮转速（r/min）；z_1 为蜗杆头数；z_2 为蜗轮齿数。

在滚齿机上的分齿挂轮，计算可直接应用说明书中的分齿挂轮公式

$$24z_{刀}/z_2 = (A/B)\cdot(C/D)$$

式中，z_2 为被加工蜗轮的齿数；$z_{刀}$ 为滚刀的头数。

用飞刀滚切蜗轮是利用滚刀刃齿的平移效应，在切削齿间完毕之后，把刀头移动一个轴向位置，同时，工件伴随相应地转动，切削以后再如此依次地进入下一个位置，即切向进给。其关系应该是刀具中线的移动同工件分度圆的转动成为“无滑动的滚切关系”。

因为飞刀仅是一个刀刃，所以一定大模数蜗轮也可在小模数滚齿机上加工，切削力比滚刀小的多，滚齿机不会超负荷加工。

2. 在日本ND—4加工蜗轮ZA型

（1）蜗轮蜗杆工作图 如图1所示，$m=20$，$z_2=34$，$x_2=0.5$，$\alpha=20°$，$a=430$mm，$h=30$mm，$s=38.695$mm，$z_1=1$。

（2）刀具设计 刀具材料为W18Cr4V，62～66HRC。蜗杆轴向截面的齿形是直线，所以刀具前刀面与刀杆轴线设置为平行时，容易制造。

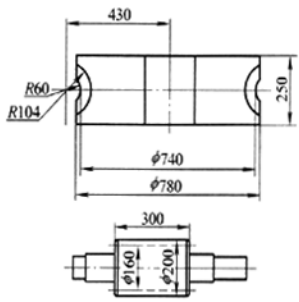


图 1

齿形角按20°设计。因为蜗轮为右旋，侧刃后角一侧取10°，另一侧取15°，飞刀前刀面为0°，与蜗轮切削时，一侧自然形成正前角，一侧形成负前角。为利于切削，副前角侧可在前刀面上开出切削槽，减小切削力。

（3）提高齿面粗糙度 因为蜗轮模数较大，日本ND—4滚齿机最大加工模数是16mm，所以当飞刀切削齿根部位时，整个前刀刃吃刀大，不利于切削。解决这一问题可制作粗切刀，将齿槽加工至齿底，再用精切刀进行加工。

3. 飞刀制作工艺

锻坯并退火硬度≤250HBW；车外圆，ϕ30mm

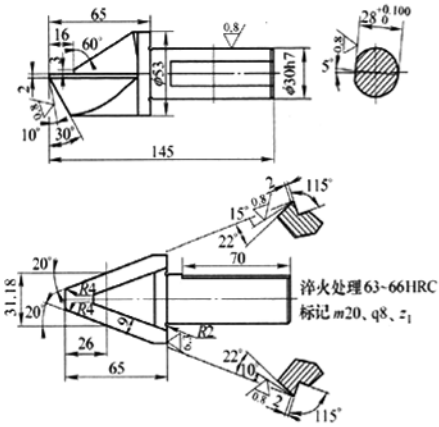


图 2

外圆留磨量1mm；铣各刃角，前刀面留余量0.5mm；淬火；磨φ30mm外圆；刃磨各刀面。

蜗轮的材料一般是铜或铸铁，硬度低，易切削，在小工厂受条件限制，刀具的要求可不必太高。

（1）淬火采用加热后放入油中冷却，硬度大约50HRC，也完全满足了加工需要。

（2）刀具的材料更换成T10或其他工具钢也应该没有问题，可根据自己的条件确定。

（3）刀具的磨削，手工磨削各个角度，为保证角度准确，把刀装在刀杆上，用样板检测角度和刀具安装是否正确。

4. 机床调整

（1）分齿挂轮　机床分齿系数$24/z_2$

$$24z_{刃}/z_2=(A/B)\cdot(C/D)=24/34$$

挂轮采用48和68，中间加介轮60。

（2）进刀配换齿轮脱开　蜗轮的加工，滚刀只作径向进给。把飞刀的刀杆轴线调整与蜗轮刨分面至同一平面后把进刀齿轮脱开。

（3）切削配换齿轮　根据齿轮材质和刀具材料选择合理的切削用量，加工本件蜗轮选取进给量0.12mm，挂轮配比为：(32/64)×(30/75)。

（4）差动挂轮　切向进给的差动不同于螺旋齿轮，按说明书说明

$$1/(周节\times螺旋头数)=(A/B)\cdot(C/D)$$

此处周节单位为英寸，计算时需要换算

$$1/(20\pi/25.4\times1)=0.404\ 253\ 555\ (mm)$$

挂轮取　(30/47)×(57/90)。

（5）刀具对中　使刀头的中心线准确地通过工件的回转中心，简单方法就是在蜗轮上划出一条弦线并作出弦线的正垂线，然后移动刀杆使刀尖中点对正弦线的正垂线。

（6）刀具与蜗轮中心距　刀具回转直径是212~216mm，安装压紧后用卡尺测量直径大小并进行调整。只有刀具回转中心和蜗轮中心保证430mm，才能使加工的齿面齿形正确，调整、测量好中心距后压上百分表来保证径向进刀数值。

5. 滚切

（1）首次加工时，切削量为0.12mm，吃刀量要小一些。检查整个切削过程是否有问题，刀具是否有问题，飞刀和蜗轮齿面是否有干涉的地方。

（2）每次径向进给1~1.5mm。飞刀每次加工时都是从一个齿面的一个端面进入，从另一个齿面的另一端飞出，是多条折线的叠加。

（3）检查齿厚尺寸。

（4）当加工到图样齿深时，检查齿厚余量，确定单侧齿厚余量。齿厚余量不大时，可以直接径向进刀加工蜗轮至尺寸。

（5）齿面上压上百分表，脱开分齿挂轮，拨动大盘转动，在挂轮上做好标记，计算每拨动一个齿时蜗轮齿面移动的距离，然后加工一测齿厚。同理，反向拨齿，加工另一侧齿厚。因为机床传动链中有间隙，所以拨动挂轮时不能完全按挂轮的齿数计算进给量，要以检测齿厚的数值为准。

（6）当飞刀的展成长度不够时，应考虑增加其长度，即飞刀切向行程，把飞刀向左和右各移动一个或两个螺距（我们移动距离125.66mm），此时必须保证偏差大小。当飞刀切向行程已经大于工作蜗杆的长度但还未完全展成时，建议不再加工，此时蜗轮副的装配已不存在干涉，啮合良好。

（7）加工的蜗轮齿形只有其中心剖面和渐开线齿轮一样，其他部分较瘦，因为直径加大，齿顶变尖，尤其齿的两端。在喉径部位，蜗杆和蜗轮的啮合接近蜗轮的齿底。

6. 结语

通过以上方式加工的蜗轮完全满足了产品精度要求，刀具制作简单，费用较低，也实现了大模数蜗轮在小滚齿机上的加工，增大了机床的加工范围。在刀杆强度允许范围内增加飞刀的数量，还可大大提高生产效率。**MW**　（收稿日期：20110124）