

正弦曲线型花纹的数控加工

■ 贵州红林机械有限公司（贵阳 550009）王 军 郑晓莉

摘要：在卧式加工中心上，通过四轴联动的功能来实现滚花刀具的简化，只需将常用的刻字刀改制就能完成正弦曲线型花纹的加工。加工中心的程序用UG来编制。

1. 零件结构

正弦曲线型花纹的加工在我单位尚属首次。零件表面的正弦曲线花纹是影响零件性能的关键因素，能否满足曲线形状、位置和尺寸精度要求，直接关系到产品性能的好坏，典型零件如图1所示。

加工图样分析：①零件为活门类零件，材料为铝青铜QA110-4-4，最大直径 $\phi 32\text{mm}$ ，总长 78mm 。②零件 $\phi 12\text{mm}$ 外圆上分布一条长度为 L （ 46mm ）的正弦曲线，要求花纹纹路为正弦且整体为连续的一条，其3D图如图2所示。③正弦曲线在外圆表面形成倒三角沟槽，槽宽 $(0.73 \pm 0.05)\text{mm}$ 、深 $0.26 \sim 0.28\text{mm}$ 。下面就以该零件为例，详细介绍如何利用UG编程，通过四轴联动来实现正弦曲线花纹的加工。

2. 加工工艺分析

从图1、图2可以看出加工表面的特点：由一条完整的正弦曲线缠绕在外圆表面，并在此外圆表面形成倒三角沟槽。要实现花纹的加工，按照传统的工艺方法需

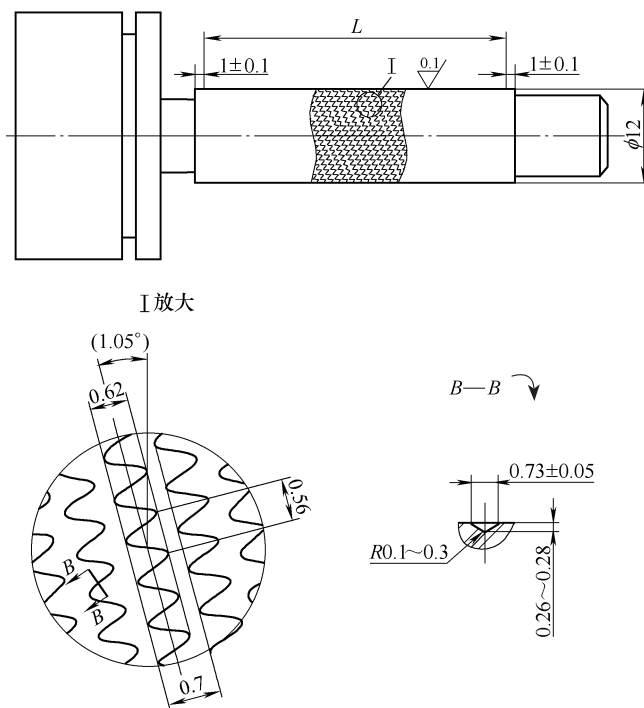


图 1

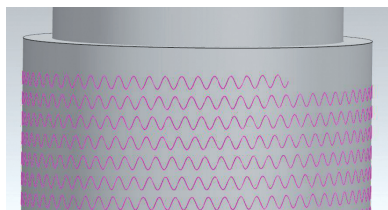


图2 正弦曲线3D图（局部）

在普通卧式车床上加工，而且加工时需特制的花纹刀。由于该产品尚处于试制阶段，属于单件小批量生产模式，特制花纹刀的

制造周期无法满足零件交付周期要求，必须考虑利用现有资源进行加工。

为此，对零件的加工特征进行了仔细的分析：刀具一面作正弦曲线运动，一面必须同时作圆周运动。这个运动特点可通过采用具有4轴联动功能的数控机床来实现，其中圆周运动用机床 B 轴旋转来实现，刀具正弦曲线运动用 X 、 Y 轴的联动来实现。

3. 加工前的准备工作

(1) 机床的选择。目前，我单位可供选择的数控机床有车削中心、立式加工中心和卧式加工中心，但现有的车削中心的动力头转速较低，不能满足本产品的加工要求；立式加工中心没有配置可安装三爪自定心卡盘的A轴，所以选用卧式加工中心（型号：DMC65H）。该机床为4轴数控设备，包含X、Y、Z和B轴，主轴最高转速为10 000r/min，行程X/Y/Z：650mm/700mm/650mm；工作台尺寸：400mm×400mm，定位精度：0.008mm，重复定位精度：0.005mm；刀库容量：120把。选择此设备主要是利用其主轴与B轴的四轴联动功能及其高精度的性能，使刀具作正弦曲线运动，零件同时作圆周运动，从而实现零件外圆表面正弦曲线的精确加工。

(2) 夹具的选择。根据零件及加工中心的特点确定定位装夹方式：以零件左端面为定位面，左端大外圆为定位夹紧基准，所以可以选用软爪为夹具。采用软爪一方面可以避免夹伤零件，另外还可以根据零件装夹后找正情况镗软爪。由于正弦曲线宽度及深度公差要求太严，所以必须控制软爪跳动及零件装夹垂直度，装夹前镗软爪跳动最大0.01mm，装夹后零件径向跳动最大0.01mm。

(3) 刀具的设计。从图1花纹的倒三角形状可以看出，刀尖必须保持锐边尖角 $r0.1 \sim r0.3\text{mm}$ ，角度误差小。针对此加工特征，必须采用单刀铣制，

目前加工中心无此专用刀具，只能通过改制刀具来实现。下面介绍刀具改制的过程：①计算刀具角度。根据图1所示尺寸，槽宽 $(0.73 \pm 0.05)\text{mm}$ 、深 $0.26 \sim 0.28\text{mm}$ ，尖角 $r0.1 \sim r0.3\text{mm}$ ，确定刀尖角度为 $93.2^\circ \pm 5'$ 。②用一把刻字刀将刀尖磨至所需角度。刻字刀材料为硬质合金，外形如图3所示，刀尖对刀杆的跳动 $\leq 0.01\text{mm}$ ，刀尖尖角最大 $r0.2\text{mm}$ 。由于刀尖比较尖锐，特别容易崩刃，所以加工过程中必须时刻关注刀尖的状态，避免刀尖崩刃后零件还在加工。

4. 确定零件加工状态

通过加工前的准备，确定零件加工状态如图4所示。

5. 选择切削参数

合理的切削参数可以有效

提高改制刀具的寿命，保证产品质量。参考参数为：主轴转速8 000r/min，剪切速度200mm/min，进刀速度1 000mm/min，第一刀切削速度200mm/min，单步执行速度200mm/min。

6. 编制程序

(1) 采用可变流线加工方式实现零件的加工。可变流线加工方式是UG NX加工模块中的一种加工模式，其驱动方式为曲线/点，刀轴始终垂直于部件，如图5所示。驱动方法、投影矢量、刀具及刀轴等按图进行设置。刀具设置中：刀具选钻头，钻尖角度设为 93.2° ，其余选项可以视编程需要设置。

(2) 切削参数视外圆 $\phi 12\text{mm}$ 的实际直径对部件余量进行设置，公差按图6设置。在“更

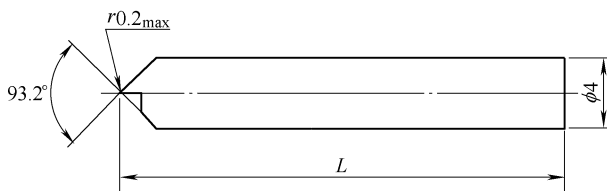


图3 刻字刀外形

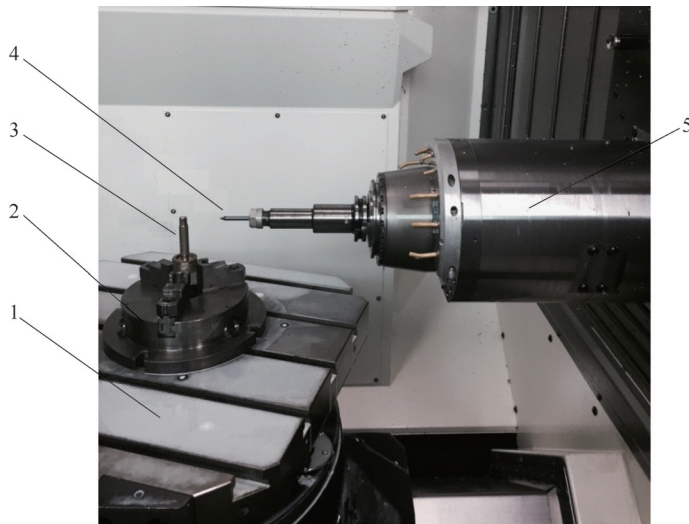


图4 零件加工状态

1.回转工作台 2.软爪 3.零件 4.刀具 5.机床主轴

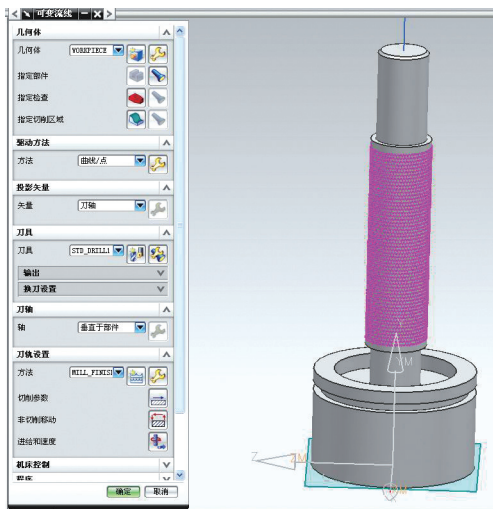


图5 加工方案

多”选项中缩短切削步长，最大步长设为1%。将非切削移动的进刀及退刀选项设为“无”，如图7所示。

(3) 零件仿真加工。如图8所示，满足曲线要求。

(4) 后置处理。后处理器选择：DMG_DMC60H_Siemens840D_4axis，生成程序。

最后，用生成的程序对零件

进行试加工。

7. 加工中出现的问题及解决方法

零件在首次加工时，加工出的曲线有如下缺陷（见图9）：①曲线下刀起始点与要求不符，终点与起点问题相同。②曲线精度不够，用放大镜观察，呈锯齿不规则状。

解决方案为通过改变编程参数来提高曲线精度。针对缺陷1，设置作如下调整：将非切削移动的进刀及退刀选项设为“无”，如图7所示；针对缺陷2，进行如下设置：对切削参数中的“余量”选项的“公差”缩严（见图6），在“更多”选项中缩短切削步长（见图10）。改进后的状况如图8所示。

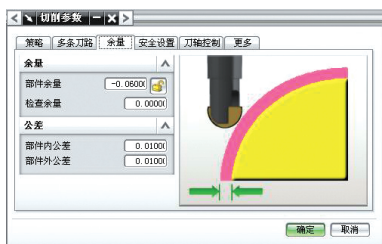


图6 切削参数设置

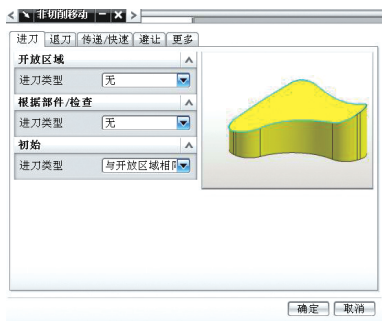


图7 进刀及退刀

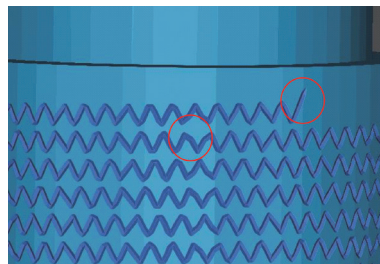


图9 曲线缺陷

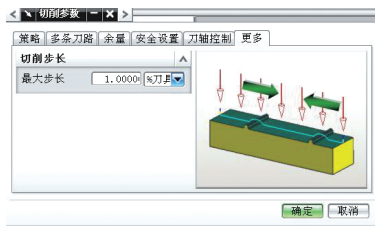


图10 切削步长设置

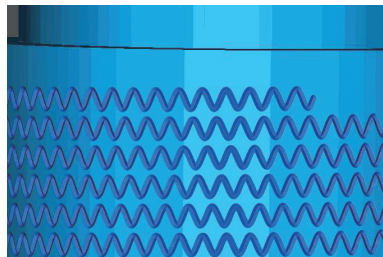


图8 仿真正弦曲线

8. 结语

通过调整、对刀，最终实现了正弦曲线花纹的加工，产品检验合格并交付使用。本技术方案克服困难，合理地利用了分厂现有的加工设备，不仅使产品及时交付，还提高了我单位的机加工能力，使正弦曲线花纹的加工不再局限于专用工装，保证了加工质量，节约了加工成本。首次利用四轴加工中心的联动功能实现了正弦曲线花纹的加工，扩大了加工中心在我厂的使用范围，同时也为后续产品研制中类似零件的加工提供了参考。

参考文献：

- [1] 展迪优. UG NX6.0 产品设计实例精解 [M]. 北京：机械工业出版社，2003.
- [2] 张耀宸，马占永. 机械加工工艺设计实用手册 [M]. 北京：航空工业出版社，1993.
- [3] 黄克孚，王先逵. 机械制造工程学 [M]. 北京：机械工业出版社，1989.

MW (收稿日期：20160921)