

基于山高刀具加工单旋双向循环移动螺杆优选工艺

葛文军¹, 俞芬²

1. 扬州大学 江苏扬州 225009

2. 江海职业技术学院 江苏扬州 225101

摘要: 利用Mastercam X编程加工首尾相连正反旋向的沟槽形状, 采用热喷涂工艺为正反旋向的沟槽进行喷砂加工。此解决方案扩大了机床的加工的范围, 提高了加工效率和加工精度, 是近年来国内外推广比较多的先进制造工艺。

关键词: 山高刀具; Mastercam X; 四轴联动; 热喷涂工艺; 刀具切削

1 序言

随着科技的发展, 零件加工要求和种类越来越复杂化、多样化、精准化, 因而对加工工艺方法提出了更高的要求。单旋双向循环移动螺杆(见图1)是很多现代机械中的关键零件, 需要在回转体上加工出首尾相连、正反旋向的沟槽形状, 实现单旋双向循环移动。其生产工艺方法如下: ①采用山高刀具车削外圆。②定位装夹。③采用山高JETI(集成Jetstream)刀具加工正反旋向沟槽, 利用Mastercam X编程使三轴机床实现四轴联动铣削加工。④采用先进的热喷涂工艺为正、反旋向的螺旋槽进行喷砂加工, 使工件表面的力学性能得到改善, 这样不仅提高了工件的抗疲劳性能, 增加附着力, 延长耐久性, 而且有利于流平和装饰。

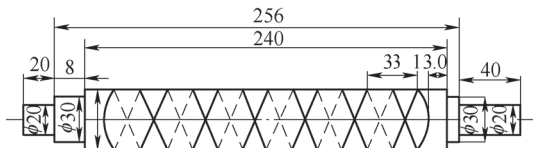


图1 单旋双向循环移动螺杆示意

2 加工单旋双向循环移动螺杆沟槽

加工时利用Mastercam X编程加工回转体上首尾相连正反旋向的沟槽形状, 通过Mastercam X“旋转轴的设定”窗口置换X轴或Y轴的功能, 将“三轴”问题转换成“四轴”刀具路径, 实现四轴联动铣削加工正反旋向沟槽。

2.1 工艺流程分析

(1) 单旋双向循环移动螺杆加工工艺 所要加工的零件虽然看上去很复杂, 但是按照如下方法操作可将复杂问题简单化。

1) 加工此轴时先编制左螺旋线的程序, 再编制加工左螺旋线终点圆滑过渡到右螺旋线起点的程序, 然后编制右螺旋线的程序, 最后编制右螺旋线终点圆滑过渡到左螺旋线起点的程序, 以此完成单旋变距双向循环移动螺杆的编程。

2) 加工四轴联动工件, 此零件在车削加工中心或铣削加工中心都可完成。在铣削加工中心安装数控转盘装置, 车削加工中只需把刀塔(C轴)安装上旋转的刀架就可以实现。编好程序后传输到机床, 使主轴与刀架同步运动, 实现四轴联动加工螺杆。

(2) 定位及装夹分析 此零件采用“一夹一顶”装夹, 自定心卡盘装夹, 顶尖支承, 必要时增加跟刀架作为辅助支承。工件材料是45钢, 加工步骤见表1。

2.2 利用Mastercam X编程

打开绘制的加工轮廓线, 打开保存的零件轮廓线图, 关闭其他图素的图层, 结果显示所需加工的轮廓线如图2所示。

在加工过程中, 外部切削液组件在加工过程



图2 加工轮廓线

表1 单旋双向循环移动螺杆加工步骤

加工步骤	加工内容	刀具编号	切削参数	备注	工序简图
1	一夹一顶车削	山高刀具 T0101	$n=900\text{r/min}$ $f=0.3\text{mm/r}$ $a_p=2\text{mm}$	三爪装夹	
2	掉头车外圆， 保证总长	山高刀具 T4646	$n=900\text{r/min}$ $f=0.3\text{mm/r}$ $a_p=2\text{mm}$	—	
3	加工正、反螺旋槽	山高刀具 T1111	$n=900\text{r/min}$ $a_p=1.5\text{mm}$	车削、铣削加工中心	
4	铣削加工过渡圆弧	山高刀具 T2424	$n=900\text{r/min}$ $f=0.25\text{mm/r}$ $a_p=1.5\text{mm}$	—	

中产生干扰，不准确的低压切削液输送导致加工性能不佳，切屑形状不良，使工艺不可靠，难以高效加工。采用图3所示的山高 JETI（集成 Jetstream）刀具，其JETI 集成切削液通道，可以用于精确、无干扰的高压切削液输送，从而优化加工、控制切屑，并且加工过程更可靠。Jetstream Tooling®双飞流刀具根据具体工艺可通过开关优化，喷出切削液进行冷却，以实现最佳性能。刀柄尺寸25 mm × 25mm，切削参数： $v_c=210\text{m/min}$ ， $f=0.25\sim 0.3\text{mm}$ ， $a_p=1.5\sim 2.0\text{mm}$ 。

通过位于刀柄中的导流器来导向高压切削液，导流器的小孔可产生猛烈的高速切削液流，穿透并润滑工件和刀具切削刃之间的高摩擦区。从两个出口输送切削液，除了喷向前刀面最佳加工点的上部喷嘴外，全新的 Duo技术采用一个额外的切削液喷嘴来冲洗间隙面。切削刃从两个相反方向（上方和下方）接受高压切削液，从而最大限度地控制切屑

流并冷却切削区域。

螺旋槽的加工是单旋双向循环移动螺杆零件的关键所在，其加工步骤需要增加转换旋转轴的过程，具体操作如下。

1) 生成螺旋槽轮廓的刀具路径。需要经过转换计算，绘制图4所示的长方形。长方形的长 $L=nD\pi=6\times 40\times 3.14=753.6\text{ (mm)}$ ，宽 $H=nT=6\times 33=198\text{ (mm)}$ ， D 为螺纹外径（mm）， n 为螺纹圈数， T 为螺纹导程（mm）。

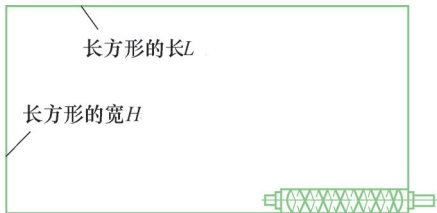


图4 长方形

2) 绘制对角线（见图5）。若导程改变需要绘制多个长方形，对角线的加工轨迹通过转换设置的旋转轴得到变螺距螺杆的加工轨迹。可以简单地将四轴问题转换成三轴刀具路径进行加工。

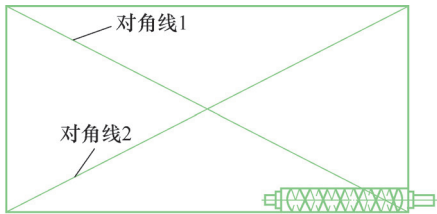


图5 对角线的选取

3) 单旋双向循环移动螺杆为左旋螺旋线槽与右旋螺旋线槽通过圆弧过渡连接，实现单旋双向循环移动的功能，自动编程时左旋螺旋线为长方形对

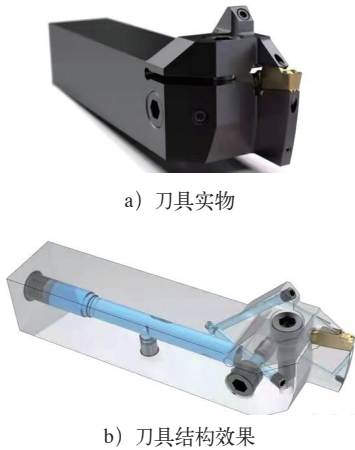


图3 山高 JETI（集成 Jetstream）刀具

角线1, 右旋螺旋线为长方形另一对角线2, 如图6所示。

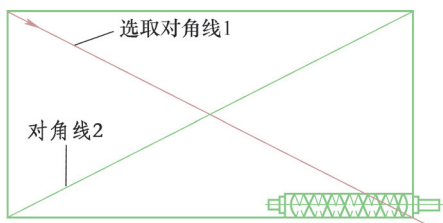


图6 选取对角线

4) 如果加工螺杆导程有变化, 其编程方法是以不同的导程为单位画长方形, 每个导程单位的长方形大小不同, 对角线长短与角度也不同, 把长方形的对角依次相连, 上个导程的对角线终点坐标就是下个导程对角线的起点坐标。

5) 生成左旋螺旋线槽刀具路径。①在菜单栏中单击【机床系统】/【铣床】/【默认】命令。②在菜单栏中选择【刀具路径】/【平面铣削】命令。系统弹出“串连选项”对话框, 单击“√”确定按钮。③系统弹出“平面铣削”对话框, 打开“刀具管理器”对话框选择直径为12mm圆倒角1mm的平底铣刀, 单击“√”确定按钮返回。④切换到“刀具参数”选项卡, 选中“旋转轴”复选框。⑤单击“旋转轴”按钮, 进入图7所示的“旋转轴的设定”对话框。



图7 “旋转轴的设定”对话框

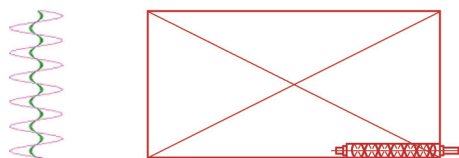


图8 左旋螺旋线槽加工刀具路径

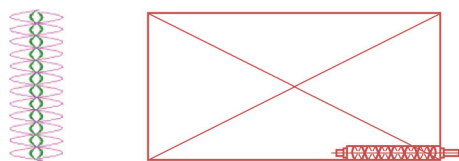


图9 右旋螺旋线槽刀具路径

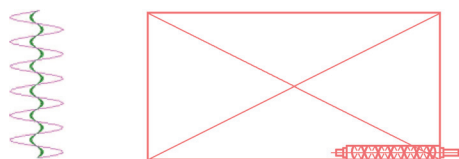


图10 左、右旋螺旋线槽刀具路径

6) 在“旋转轴的设定”对话框的“旋转形式”区域点选“轴的取代”复选框, 在“轴的取代”区域点选“取代X轴”复选框, 在“旋转方向”区域点选“逆时针”复选框, 在“旋转轴的直径”输入框中输入“40”。

7) 单击“√”确定按钮返回, 切换到“铣削参数”选项卡, 设置旋转槽加工深度为8mm, 选中“P分层铣深”复选框并单击该按钮设置深度分层切削, 单击“√”确定按钮返回。

8) 对话框中其余参数按照工艺规定设置, 完成设置后单击“√”确定按钮, 生成的左旋螺旋线槽加工刀具路径如图8所示。

9) 生成右旋螺旋线槽刀具路径。参照操作步骤5), 按照工艺规定进行设置, 完成设置后单击“√”确定按钮, 生成的右旋螺旋线槽加工刀具路径如图9所示。

10) 选中左、右旋螺旋线槽刀具路径进行操作, 单击按钮, 刀具路径如图10所示。

11) 铣削加工过渡圆弧。采用“外形铣削”加工形式, 将左、右两条螺旋线槽连接贯通。加工完成零件实物如图11所示。



图11 零件实物

3 喷砂加工

热喷涂技术是利用热源将喷涂材料加热至熔化或半熔化状态, 并以一定的速度喷射沉积到经过预

处理的基体表面形成涂层的方法。热喷涂技术在普通材料的表面上，制造一个特殊的工作表面，使其达到防腐、耐磨、减摩、抗高温、抗氧化、隔热、绝缘、导电及防微波辐射等多种功能，达到节约材料、能源目的。

单旋双向循环移动螺杆采用金属陶瓷砂喷砂工艺，优先采用此工艺的原因如下。

- 1) 陶瓷砂硬度大，除锈效果好。
- 2) 喷砂处理是较彻底、较通用、较迅速、效率较高的清理方法。
- 3) 陶瓷砂喷砂处理可以在不同表面粗糙度之间任意选择，而其他工艺无法实现。
- 4) 化学溶剂清理过的表面过于光滑不利于涂层粘接，手工打磨可以打出毛面但速度太慢。

喷砂工艺是利用压缩空气动力，把喷砂磨料陶瓷砂、铁砂等喷射在金属需要处理的表面上，让金属表面发生一定的变化。在这种冲击作用下，会让金属表面产生不同的表面粗糙度与清洁度，让金属性能发生改变，从而提高金属工件抗疲劳能力、附着力，延长耐久性。不同零件热喷涂喷砂时采用的压缩机压力、温度关系如图12所示。

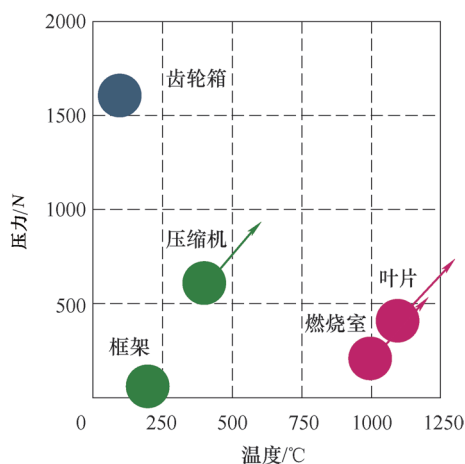


图12 压缩机压力、温度关系

根据喷砂工艺的特点，单旋双向循环移动螺杆进行喷砂工艺加工步骤如下。①将首尾相连，正反旋向的沟槽形状表面喷火加热至一定温度。②采用压缩空气将直径 $1\sim 1000\mu\text{m}$ 的陶瓷沙粒（如 Al_2O_3 、 Cr_2O_3 、 ZrO_2 、 TiO_2 等）高速喷射到喷涂表面，使其得到一定厚度的涂层。③扁平化时间 $1\mu\text{s}$ ，凝固时间 $2\sim 5\mu\text{s}$ ，同一位置两个沉积粒子间隔时间 1ms 。④工件表面发生变化，磨料对工件表

面的冲击和切削作用，使工件的表面获得一定的清洁度和不同的表面粗糙度。⑤工件表面的力学性能得到改善，因此提高了工件的抗疲劳性，增加了它和涂层之间的附着力，延长了涂膜的耐久性。能有机地把金属材料的强韧性、易加工性和陶瓷材料的耐高温、耐磨和耐腐蚀等特性结合起来。

4 结束语

四轴联动加工目前在制造业的应用越来越广泛，在任何机加工操作中，切屑控制都是需要考虑的问题，切槽工艺是车削操作的重要组成部分，由于这些工艺的切削区较为狭窄，因此必须仔细考虑基本刀具形状、槽形、刀片材料，以及设置细节和切削参数。但在狭窄的空间中，如果切削作业产生的切屑较薄且难以折断，则切屑控制就变得更加关键。山高刀具已开发出了切屑控制槽形，可帮助解决这一问题。

借助山高 JETI（集成 Jetstream）刀具进行切槽加工，能够优化加工工艺，从而最大限度地提高生产率。采用热喷涂工艺为正反旋向的沟槽进行喷砂加工，可以在单旋双向循环移动螺杆旋转工作时，提高抗疲劳、抗蠕变、抗磨损、抗脆性断裂、抗过载及抗高温腐蚀能力，是近年来国内外比较先进的制作工艺。

参考文献：

- [1] 葛文军. Mastercam自动编程加工入门到提高[M]. 2版. 北京：机械工业出版社，2019.
- [2] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京：化学工业出版社，2010.
- [3] 蔡宏图，江涛，周勇. 热喷涂技术的研究现状与发展趋势[J]. 装备制造技术，2014（6）：28-32.
- [4] 姜超，丁洁，李爱国. Al_2O_3 与 ZrO_2 复合涂层的组织形貌分析金属热处理[J]. 金属热处理，2005，30（12）：58-60.
- [5] 邱英洁，张建新，阎殿然，等. 等离子喷涂纳米 Al_2O_3 与 TiO_2 涂层耐磨性的研究[J]. 金属热处理，2005，30（5）：4-7.
- [6] 徐滨士，王海军，朱胜，等. 高效能超音速等离子喷涂技术的研究与开发应用[J]. 制造技术与机床，2003（2）：30-33.