

四轴线切割变锥度异面加工控制的探讨^{*}

袁立新, 朱国荣, 张超, 谭锡林

(南京师范大学物理科学与技术学院, 南京, 210097)

[摘要] 对现有四轴线切割锥度异面加工控制的模型进行了分析, 指出了它们的缺点, 指出全新的加工控制方案——双平面插补控制法, 并给出了此方案的实现方法, 从而大幅提高加工的精度和效率. 指出此加工方案能控制常规锥度切割, 同时也能加工复杂的变锥度异面工件.

[关键词] 线切割; 四轴锥度异面加工; 双平面插补控制法

[中图分类号] TG501.1; [文献标识码] B; [文章编号] 1008-1925(2001)01-0051-04

0 引言

随着市场经济的发展, 模具行业的发展十分迅速, 对带锥度模具的加工需求日益扩大, 对加工精度、加工效率等也提出了更高的要求, 由此电火花线切割机也获得了很大发展. 目前, 国内有多家线切割机制造厂已大量生产各种规格的带锥度的快走丝线切割机床, 其机械方面的技术水平大大提高, 甚至大锥度模具的切割精度也相当高. 所有这些, 给变锥度上下面异型切割提供了良好的硬件条件.

1 锥度加工的现状和问题

目前国内外锥度加工分常规锥度加工和上下异型锥度加工两种. 就加工控制的方法而言有如下 3 种:

1.1 “原地踏步角度随动法”

对常规锥度的加工, 此法目前最常用. 即首先按二维图形对工件进行描述, 加工时, 用二维联动插补控制 X 、 Y 轴, 并按一定的制约给定相应的 U 、 V 轴运动. 这种方法, 电极丝的运动始终垂直于加工曲线的法线, 且锥度角不变. 这种加工控制方法的缺点主要有: 无法加工尖锥度型面, 在加工指令中, 必须人为地在尖角处加入一过渡圆弧; 不能加工变锥度工件; 由于加入了过渡圆弧, 导致加工过程中有时会产生干涉现象, 将工件的第二平面割破. 所有这些, 限制了这一方法的使用范围.

1.2 “ UV 按比例随动法”

它是由第一种方法改进而成的. 加工前, 它不仅对 X 、 Y 轴二维图形进行描述, 同时也计算出了 U 、 V 轴随 X 、 Y 轴运动而相应运动的方向和比例. 加工时, 用二维联动插补控制 X 、 Y 轴, 而 U 、 V 轴则按一定的比例随动, 如图 1. 这种加工控制方法, 克服了“原地踏步角度随动法”的缺点, 不仅能加工尖锥度型面, 而且能加工变锥度型面工件.

* 收稿日期: 2000-10-31

基金项目: 江苏省自然科学基金资助(BK2000021)

作者简介: 袁立新, 1966-, 南京师范大学物理科学与技术学院工程师, 硕士, 主要从事应用电子方面的教学与研究.

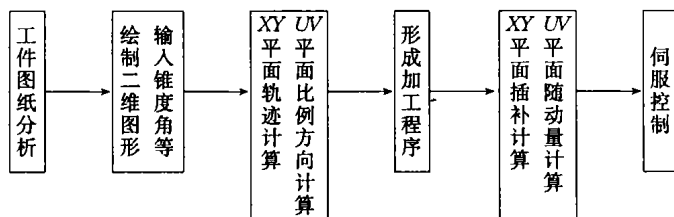


图1 UV按比例随动控制方法

以上2种方法,加工时能保证锥度工件上下表面的精度,便于实现常规锥度加工的高精度加工,但不能进行工件上下异型面的加工。

1.3 “四维轨迹线性联动控制法”

它是目前国内外最为先进的上下异型锥度曲面加工的方法,在国外低速走丝线切割机和国内快速走丝线切割机上加工异型工件时应用很多。用独立的二维轨迹分别描述工件的上下面,并标注轨迹间的对应关系,然后将上下面的两个轨迹合成,并把圆弧分成多段直线表示,且上下面的每段直线程序一一对应,成为线性的四维轨迹,再对每对应段进行四维联动控制,如图2。从图中可见,这一方法实际上是由“UV按比例随动控制方法”进一步发展而来,只是加工前的图形数据描述与处理不同,但加工控制的方法相同。

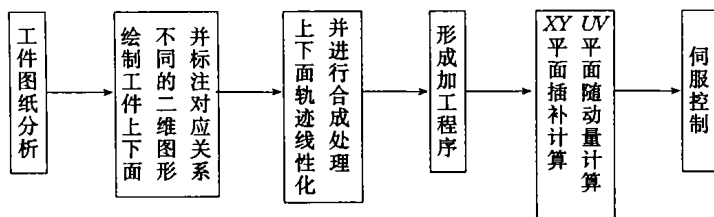


图2 四维轨迹线性联动控制方法

以上3种锥度的加工控制方法,其工作原理基本上是使用同一模型,即对 X 、 Y 平面进行插补控制, U 、 V 平面随动控制。另外,由图可见,第三种方案加工异型工件时,精度误差来源主要是对圆弧线性化计算。且线性化后的整个加工程序过大,不易提高加工精度和效率。要提高异型工件的加工精度和效率,我们还需从另一方面入手。常规锥度加工能获得较好的加工精度,其关键在于对工件的单面直接进行了插补计算。要提高异型工件上下面的加工精度,能否对上下面分别插补,由此我们提出了“双平面插补控制法”这一全新的加工方法。

2 双平面插补控制法的模型

双平面插补方法即直接对异型工件上下面进行分开但同时插补。其主要加工过程如下:异型工件上下面的轨迹分别编程;上下轨迹合成,标注对应关系;形成加工程序,计算上下相应段的插补步数;进行加工控制,对上下面分别插补计算,计算结果影射到上下导轮平面,并按一定比例进给。如图3所示。

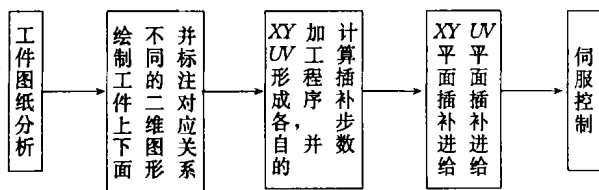


图3 双平面插补控制法

借助于常用的直角拖动锥度机床的结

构,来说明“双平面插补控制法”的加工模型。如图4(a)为上表面不动(O_1 为丝架运动的回转中心),对下表面进行插补一步(从A到B为 $1\mu\text{m}$)时,上下导轮相对运动情况(下导轮的运动即为工件运动的反向),图中, H_1 是上导轮到工件上表面的距离, H_2 为下导轮到工件下表面的距离, D 为工件厚度,上导轮平面的运动距离用 ΔU_1 表示,下导轮平面的运动距离用 ΔX_1 表示,根据图知:

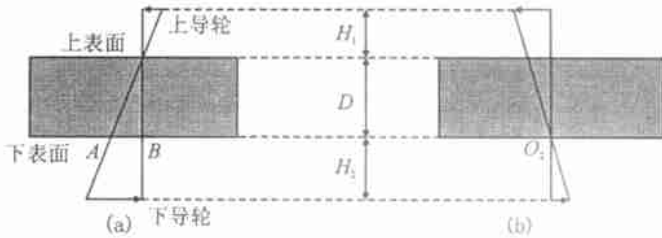


图4 双插补的加工模型

$$\frac{D}{D + H_2} = \frac{1}{\Delta X_1(\Delta Y_1)}, \quad \Delta X_1(\Delta Y_1) = (D + H_2)/D = (1 + H_2/D)$$

$$\frac{D}{H_1} = \frac{1}{\Delta U_1(\Delta V_1)}, \quad \Delta U_1(\Delta V_1) = (-H_1/D)$$

如图4(b)为下表面不动,对上表面进行插补一步(1)时,上下导轮相对运动情况,同理得:

$$\Delta U_2(\Delta V_2) = (1 + H_1/D), \quad \Delta X_2(\Delta Y_2) = (-H_2/D).$$

在图4的计算中, H_2/D 、 H_1/D 并非整数,具有小数点后的误差,为避免误差积累,可将这一误差累计至下一步进给,累计进给量可用 dx 、 dy 、 du 、 dv 表示。图5是X方向插补累计进给量 dx 的程序框图。

3 双平面插补过程控制的实现

在线切割加工过程中,为了使上下对应段的切割按比例进给,必须引入行程协调函数: $F = S_2S_1 - S_1S_2$, 其中 S_2 为上表面加工指令的总插补步数, S_1 为下表面加工指令的总插补步数,而 S_2 和 S_1 则分别为相应某一当前位置的插补步数。每当上表面插补一步,则 $S_2 = S_2 + 1$, $F = F - S_1$, 每当下表面插补一步时,则 $S_1 = S_1 + 1$, $F = F + S_2$ 。若 $F = 0$,下一步就插补上表面加工指令;若 $F < 0$,下一步插补下表面加工指令。这样就能保证上下轨迹的插补速度协调一致。图6为上表面加工的是直线,下表面加工的是圆弧时,上下表面插补的次序。

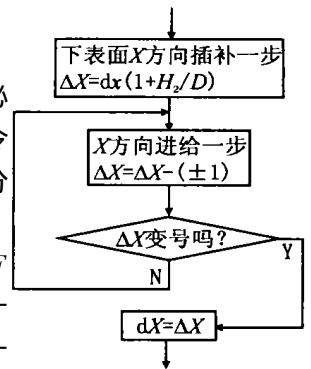


图5 X方向累计量的程序框图

另从图4中可见,上表面插补时上下导轮的进给方向,和下表面插补时上下导轮的进给方向是相反的,如按以上插补,大部分是上下表面交替插补,其结果必为上下导轮反复前进与后退,这样不仅影响加工速度,还影响加工精度。为此在实际插补进给时,如有上下同时插补进给的,则两次插补合并为一次进给,如图6中,上表面所加工的图形为一曲线,插补数有7步;下表面所加工的图形为一圆弧,插补数有13步,上下表面插补次序为(1) (20),对上表面插补(1)计算后,并不立即送出进给数 XY 、 UV ,而是判断下一插补是上表面还是下表面,如下一插

补仍为上表面,则送出进给 XY 、 UV 数据;如下一插补为下表面,则把下表面的插补数据与当前数据合并后进给。如图6中的插补数据合并后送出进给的为(1)和(2),(3)和(4),(6)和(7),(9)和(10),(12)和(13),(15)和(16),(18)和(19)(即为图中虚线相连点)。

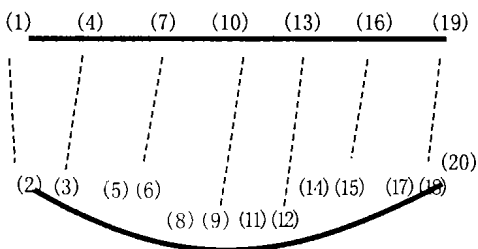


图6 插补合并进给

4 结论

与原有的“四维轨迹线性联动控制法”相比较,首先,“双平面插补控制法”因无需进行轨迹的线性化计算拟合,可使加工程序条数比前者减少几十至几百倍,大大缩小了数据文件的长度。其次,“四维轨迹线性联动控制法”由于每条程序加工长度较短,所以每条程序加工时间也较短,控制程序需不停反复地读入数据,从而导致加工时快时慢,影响了加工效率与精度;而本方法只需按正常情况读入数据,加工时较平稳,提高了加工的效率与精度。再次,“四维轨迹线性联动控制法”的加工精度主要由轨迹线性拟合的步长决定,步长越短,加工精度越高,但又不能过短,过短会导致加工程序条数非常多,影响加工效率,所以不可能取较小步长,也就无法进一步提高加工精度。而本方法的“双平面插补”,相当于把上下面的步长减小到最小值 $1\mu\text{m}$,这样就大大提高了上下异型锥度曲面的加工精度。另外,本方案同样能控制常规锥度切割,并能满足指定圆角、上下等圆、变锥加工、尖角加工等特殊加工的需要。上述双平面插补控制法,已在我们研制的DKS99型异面加工控制系统中实现,效果很好,并已实际加工出高精度、复杂工件的变锥度异面工件。

[参考文献]

- [1] 李天国,薛利生. 线切割直角拖动锥度结构的变锥度控制[J]. 电加工, 1998, (1): 34~37
- [2] 周坚. 四轴线切割微机数控研究[J]. 东南大学学报, 1993, (2): 33~36
- [3] 郇极,尹旭峰. 在开放式多用途数控系统上实现四坐标锥度线切割控制系统[J]. 机械工业自动化, 1998, (2): 42~46

The Study of Four-Axis-Wire-Cutting Control for Antarafacial Machining

Yuan Lixin, Zhu Guorong, Zhang Chao, Tan Xilin

(College of Physical Science and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing, 210097, PRC)

Abstract: After analyzing the models of four-axis-wire-cutting control for antarafacial machining, this article points out their defects and puts forward a new scheme, biplane-interpolation controlling method, discussing how to carry out this scheme to improve the precision and efficiency of processing. The scheme can control the conventional cutting as well as antarafacial machining of the complex work.

Key words: wire-cutting; four-axis machining control for antarafacial cutting; biplane-interpolation controlling method

[责任编辑: 严海琳]