

分区型复合旋转锉的成型原理与数控加工

刘鹤然¹, 赵东富¹, 楼少敏¹, C. Y. Chan²

(1. 浙江科技学院 机电系, 浙江 杭州 310012; 2 香港理工大学)

摘要: 研究了分区型旋转锉, 这种反映国际特种刀具研究新方向和前沿的新一代特种回转面刀具的刃线布置方法, 大大改善了顶部刀刃的切削条件。

关键词: 分区型; 旋转锉; 数控

中图分类号: TH721 文献标识码: B 文章编号: 1671-5276(2005)04-0066-02

The Forming Theory and NC Machining of the Rotary Burs with Special Cutting Edges

LIU Hu-ran¹, ZHAO Dong-fu¹, LOU Shao-min¹, C. Y. CHAN²

(1. Department of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Science

and Technology, ZJ Hangzhou 310012, China; 2. The Hong Kong Polytechnic University, China)

Abstract: This paper researched the rotary burs with special cutting edges which is the newest lay out of such tools, it represents the international trend of development and advanced situation. So that the cutting condition of the cutter has been improved.

Key words: accrose edge; rotary burs; NC machining

0 引言

对于轮廓母线与回转轴有交点的特种回转面刀具, 如各种球头和尖头的旋转锉, 刀刃必然汇交于顶点。在顶点, 刀槽齿深理论上为零, 在顶点附近, 刀槽很浅, 而刀齿却很密, 容屑空间很小, 切削条件很差。为改善顶点的切削条件, 笔者提出了分区型旋转锉的刃线布置方案。分区型是指在顶点附近, 将刀刃分成两种, 一种与普通刀刃一样仍通过顶点, 称为主刃, 另一种刀刃走向不汇聚于顶点, 称为分刃。可以每隔一个分刃安排一个主刃, 也可以每隔若干个分刃安排一个主刃。在顶点附近, 仅依靠主刃参与切削, 而分刃不参与切削, 从而大大增加顶点附近的容屑空间, 大大改善了顶点附近的切削条件。

1 分区型复合刀刃曲线

对于分区型复合刀刃曲线(图1), 在普通刀刃与分区型刀刃两种刀刃曲线连接处($x = x_g$), 除了仍应满足相邻两刀刃线对应点所夹圆心角应等于分度角以外, 还应满足两种刀刃的光滑连接条件。即对应各平面互不平行。设第 i 个平面与轴线的夹角为 β_i 则

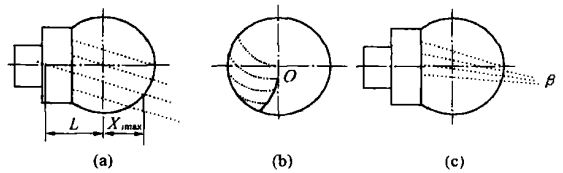


图1 分区型复合型刀刃曲线

$$\sin \varphi_i = -\frac{L_i - x}{r} \tan \beta_i \quad (1)$$

$$\cos \varphi_i \frac{d\varphi_i}{dx} = \frac{r + (L_i - x) \frac{dr}{dx}}{r^2} \tan \beta_i$$

$$\frac{d\varphi_i}{dx} = \frac{1}{r \cos \varphi_i} \left[\tan \beta_i - \frac{dr}{dx} \sin \varphi_i \right]$$

$$\tan \beta_i = \frac{r}{\sqrt{1 + \left(\frac{dr}{dx}\right)^2}} \frac{d\varphi_i}{dx} = \frac{\tan \beta_i - \frac{dr}{dx} \sin \varphi_i}{\sqrt{1 + \left(\frac{dr}{dx}\right)^2 \cos^2 \varphi_i}} \quad (2)$$

式中, β 为刀刃上任一点的螺旋角。为了在两种刀刃连接处, 等于给定的螺旋角 β_i , 应有:

$$\tan \beta_i = \tan \beta_0 \sqrt{1 + \left(\frac{dr_g}{dx}\right)^2 \cos^2 \varphi_{ig} + \frac{dr_g}{dx} \sin \varphi_{ig}} \quad (3)$$

由式(3)求得 β_i 后, 再代入式(1)求 L_i

$$L_i = -\text{ctn} \beta_i \sin \varphi_i r_g + x_g \quad (4)$$

而式(4)应改为

$$\begin{aligned} x_i^2 (1 + \tan^2 \beta_i) - 2L_i \tan^2 \beta_i x_i + \\ (L_i^2 \tan^2 \beta_i - R^2) = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

2 分区型旋转锉的成型原理

加工分区型旋转锉的情形示于图2, 共有4个

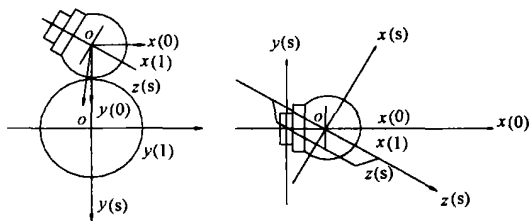


图2 加工坐标系

坐标系: 1) 固定坐标系: 原点设在工件球头球心, $s^{(0)}$ 轴分别沿工作台纵向和横向移动方向; 2) $s^{(1)}$ 与回转工作台固连的活动坐标系, 原点 $O^{(1)}$ 与 $O^{(0)}$ 重合, $z^{(1)}$ 与 $z^{(0)}$ 夹角; 3) $s^{(d)}$ 与工件固连的动坐标系: $x^{(d)}$ 相对应 $s^{(d)}$ 转过 φ 角; 4) 砂轮坐标系 $s^{(s)}$: 原点 $O^{(s)}$ 取在砂轮底平面中心, 该坐标系只随砂轮中心移动。 $Y^{(x)}$ 轴与 $y^{(o)}$ 轴平行, $x^{(s)}$ 轴与 $x^{(o)}$ 轴夹 $\pi/Z - \Sigma$ 角。砂轮中心在固定坐标系中的坐标用 $x_c y_c$ 表示, 各坐标系的变换矩阵如下:

$$M_{os} = \begin{bmatrix} \sin \Sigma & 0 & \cos \Sigma & x_c \\ 0 & 1 & 0 & y_c \\ -\cos \Sigma & 0 & -\sin \Sigma & z_c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$M_{o1} = \begin{bmatrix} \cos \tau & -\sin \tau & 0 & 0 \\ \sin \tau & \cos \tau & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

由图3可求得砂轮锥面上任一点的 M_B 坐标:

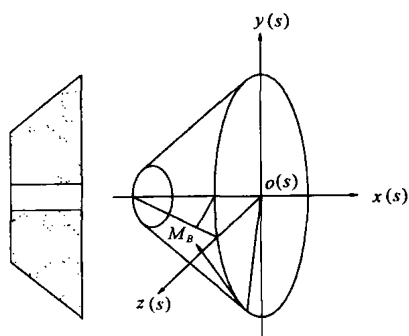


图3 砂轮锥面

$$\left. \begin{aligned} x_{M_B}^{(s)} &= -(R - \tau_{m_B} \tan \alpha_B) \\ y_{M_B}^{(s)} &= \tau_{m_B} \cos \theta_B \\ z_{M_B}^{(s)} &= \tau_{m_B} \sin \theta_B \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

式中: τ_{m_B} —— 砂轮底面半径为 M_B 点的回转半径;

径;

θ_B —— 该点的位置参数。

M_B 点的法向矢量为:

$$\bar{n}_{M_B}^{(s)} = (-\cos \alpha_B, -\sin \alpha_B \cos \theta_B, \sin \alpha_B \sin \theta_B) \quad (9)$$

变换到固定坐标系:

$$\left. \begin{aligned} x_{M_B}^{(o)} &= -(R - \tau_{m_B}) \tan \alpha_B \sin \Sigma + \\ &\tau_{m_B} \sin \theta_B \cos \Sigma + x_c \\ y_{M_B}^{(o)} &= -\tau_{m_B} \cos \theta_B + y_c \\ z_{M_B}^{(o)} &= (R - \tau_{m_B}) \tan \alpha_B \cos \Sigma + \\ &\tau_{m_B} \sin \theta_B \sin \Sigma + z_c \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

$$\bar{n}_{M_B}^{(o)} = (-\cos \alpha_B \sin \Sigma + \sin \alpha_B \sin \theta_B \cos \Sigma - \sin \alpha_B \cos \theta_B, \cos \alpha_B \cos \Sigma + \sin \alpha_B \sin \theta_B \sin \Sigma) \quad (11)$$

砂轮底面上任一点 M_A 在砂轮坐标系中表示:

$$x_{M_A}^{(s)} = 0; y_{M_A}^{(s)} = -r_{m_A} \cos \theta_A \quad (12)$$

$$z_{M_A}^{(s)} = r_{m_A} \sin \theta_A; \bar{n}_{M_A}^{(s)} = (1, 0, 0) \quad (13)$$

变换到固定坐标系:

$$\left. \begin{aligned} x_{M_B}^{(o)} &= r_{m_B} \sin \theta_A \cos \Sigma + x_c \\ y_{M_B}^{(o)} &= -r_{m_B} \sin \theta_A + y_c \\ z_{M_B}^{(o)} &= r_{m_B} \sin \theta_A \sin \Sigma + z_c \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$\bar{n}_{M_B}^{(o)} = (\sin \Sigma, 0, \cos \Sigma) \quad (15)$$

3 算例

球型分区型旋转锉, 基本参数如下:

球直径: $d = 13\text{mm}$;

刃长: $l = 10\text{mm}$;

螺旋角: $\beta = 20^\circ$;

齿数: $z = 24$;

分成6个区, 每区4齿。

砂轮大圆直径: $D = 100\text{mm}$;

砂轮锥底角: $\alpha_B = 50^\circ$ 。

加工的分形刃旋转锉如图4所示。

(下转第71页)

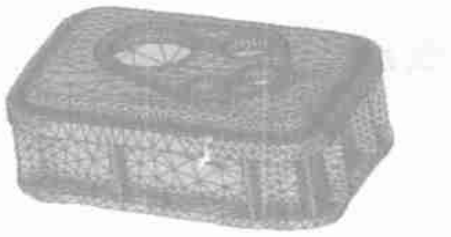


图8 第4阶振型



图9 第6阶振型



图10 第9阶振型

的振型主要表现为上箱体在 y 向振幅较大, 下箱体没明显变化; 第3阶固有频率对应的振型主要表现为箱体周边绕 y 轴的轻微摆动, 以箱体肋板的摆动最明显; 第4阶固有频率对应的振型主要表现为箱体在 x 向的摆动, 振幅较大; 第5阶固有频率对应的振型主要表现为上下箱体中部呈波动状态; 第6阶固有频率对应的振型主要表现为箱体绕 y 轴做扭摆, 还有 y 向振动; 第7阶固有频率对应的振型主要表现为纵向波动; 第8阶固有频率对应的振型主要为箱体绕 x 轴摆动; 第9阶固有频率对应的振型主要表现为箱体在 xy 面内折弯; 第10阶固有频率对应的振型主要表现为箱体做横向波动, 上箱体的振幅最大。

4 结论

运用 ANSYS 分析软件, 对箱体进行有限元分析, 在有限元分析计算过程中, 简化了上下箱体的

连接和部分过渡小圆角、小台阶等不会对计算结果产生很大影响的细小部位, 在有限元网格划分时, 对关键加载部位进行了细化。在保证计算结果正确的同时也避免了有限元模型过于庞大和计算机运算能力有限的矛盾。得到了关于减速箱在静载荷作用下的应力和位移, 以及由模态分析所得到的箱体各阶频率和振型。从得到的数据中可以看出, 该减速箱的设计较为合理, 可以在箱体尺寸上做进一步改进, 在保证安全可靠的同时节约材料。

参考文献:

- [1] 杨超, 刘常宝, 等. 抽油机减速器壳体的有限元分析[J]. 大庆石油学院学报, 2001, 4(25).
- [2] 文占科, 马彪, 等. 履带车辆综合传动装置箱体有限元分析[J]. 兵工学报, 1999, 4.
- [3] 王勳成, 邵敏, 等. 有限单元法基本原理和数值方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.
- [4] 常山, 尹逊民. 传动齿轮箱体的振动模态分析[J]. 舰船科学技术, 2000, 5.

收稿日期: 2005-01-12

(上接第67页)

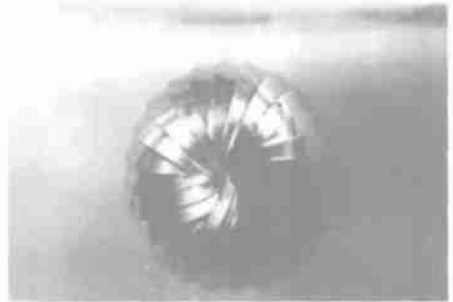


图4 引起巨大反响的分区型刀具(照片)

参考文献:

- [1] 刘鹤然. 五坐标联动数控工具磨床与旋转锉的成形原理[J]. 制造技术与机床, 1998, (1): 4-8.
- [2] 刘鹤然. 特种回转面刀具的刃刀曲线[J]. 工具技术, 1994, (8): 20-25.
- [3] 刘鹤然. 特种回转面刀具的计算机仿真[J]. 系统仿真学报, 2002, (3): 1-5.

收稿日期: 2004-11-10