

电火花加工精密凹凸球面的新方法

哈尔滨第二工具厂 刘允环

哈尔滨工业大学 郭永丰 刘晋春

【摘要】 本文论述了电火花磨削加工精密凹、凸球面的新工艺，可用于制造凹、凸透镜的注塑模具和其它特殊需要。该方法可以采用电火花线切割机或小型丰床、铣床、工具磨床等经过简单的改装来实现。因此具有一定的应用前景和经济效益。

关键词： 电火花磨削 球面加工

1 前言

随着现代塑料工业和模具技术的发展，照相机和望远镜的凹、凸透镜以及各种眼镜片大都采用透明的聚碳酸脂等类塑料通过注塑机压铸而成。因此，如何提高这类凹凸球面模具的精度、光洁度和生产效率，已成为科研和生产中的关键技术难题。

以往为了加工凹、凸球面曾有过一些工艺方法，如双轴旋转展成法的“旋风切削”工艺以及采用碗状或筒状成型砂轮代替“旋风刀头”的磨削工艺等，但均存有诸多不可克服的缺点。近年来，随着电火花加工技术的进展，南京江南光学仪器厂研制了电火花同步共轭回转加工新技术和电火花双轴回转展成加工球面新工艺，并已设计出相应的精密、高效、专用的新机床。

本文在借鉴上述技术的基础上，利用普通线切割机稍加改装而成为电火花双轴磨床，也已加工出精密的凹、凸球面。

2 电火花双轴旋转加工球面新方法的原理

图1所示为电火花双轴旋转加工凹、凸球面新

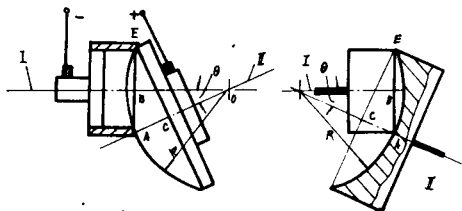


图1 电火花加工凹、凸球面原理图

方法的原理（俯视图）。其中，图1-a为加工凸球面；图1-b为加工凹球面。

图中，I轴为旋转的工具轴，该工具是一个空心的薄壁铜管或铜套，通以直流脉冲电源的负极；II轴为旋转的工件轴，通以电源的正极。加工时II轴与I轴间有一偏转夹角 θ 并交于O点，而且工件轴II必须通过工具管壁的端面A处。利用工件轴II偏转方向的不同，可以加工出凸球面或凹球面。

随着夹角 θ 的改变，可以加工出曲率半径R不同的球面。其间的定量关系推导如下：

在图示的直角 $\triangle OAB$ 中，AB为工具套、管的半径 $d/2$ ，O点为球面的球心，OA为球面的曲率半径R，由图可得

$$\sin \theta = \frac{AB}{OA} = \frac{d/2}{R} = \frac{d}{2R}$$

所以球面曲率半径 $R = \frac{d}{2\sin \theta}$

式中，d为工具的直径（中径）； θ 为工具与工件间的夹角。

由此可见，只要调整不同的夹角 θ 即可以加工出不同曲率半径的凸球面或凹球面。

同理，在 $\triangle ACD$ 中，可推导出球面（球台）的直径D为：

$$D = 2CE = 2d \cos \theta$$

应指出，实际的球面直径，不一定非等于D，也可以小于D。

3 电火花双轴旋转加工球面新方法的特点

本文所介绍的电火花加工球面新方法的本质是用空心铜管对旋转的工件进行电火花磨削加工。经实践考核，与其它加工球面工艺相对比，该新方法具有以下突出特点：

(1) 可以加工任何硬度的金属材料（包括淬火钢

和硬质合金)、模具可以先淬火后加工;

(2) 加工过程中基本上没有切削力、机床改装容易。只要保证两个轴有较高的回转精度、避免振动即可。不必象切削、磨削过程中要考虑主轴有很高的转速和很高的强度、刚度;

(3) 采用空心铜管、铜套作工具电极、比较容易实现、成本也较低;

(4) 工具电极在加工中的损耗可借进给获得有效补偿、不会影响球面的成型精度;

(5) 工件一次装夹后可先后采用粗、中、精、光的电火花磨削规准加工、既保证有足够的生产率、最终又可得到微米级的球面尺寸精度和 $Ra < 0.2 \mu m$ 的表面粗糙度;

(6) 具有很广的工艺适应性和“柔性”。不必更改结构、装置等硬件、只要改变工具与工件间的夹角 θ 即可很方便地加工出不同 R 曲率半径的凹、凸球面。该曲率半径可小于 10 mm, 也可大于 1000 mm, 甚至可加工出 $R = \infty$ 的曲率半径 ($\theta \rightarrow 0$, 球面趋近于平面)、也可加工出半球头。

4 实现双轴旋转电火花磨削的机床改装方案及效果

本方案的关键是要有两个能旋转的主轴、它们必须位于同一平面内(水平面或垂直面)、并能调节成任一夹角 θ 。为了补偿工具损耗和调整工具与工件的相对位置、工具或工件之一应在轴向和径向

(x、y 方向)能作进给运动(手动进给即可)。

本文中的方案是在普通线切割机床上实现的(也可用小型车床、铣床、工具磨床等一般设备。增加一个旋转轴附件、进行简单的机床改装而不破坏原设备的结构和功能)。用两个小型直流电机分别驱动工具和工件回转轴。其中、工具的回转轴固定在线切割机床的丝架上、它与工作台 X 轴向的 T 形槽平行;工件的回转轴与 X 轴向偏转一个 θ 角、固定在工作台 T 形槽内。固定前两轴用垫块调整到位于同一水平面内。加工时、手动调整工件轴心线穿过并始终保持在工具管壁端面范围之内。利用原线切割机床数控工作台单步点动等的数控功能、可使工具沿 X 方向作一步 1 个 μm 的断续进给、以补偿工具电极的端面损耗和控制电火花磨削时的火花放电量大小。此外、可以直接利用线切割加工的直流脉冲电源、通过电刷将正、负极分别接到工件和工具轴上。

精加工时的电规准: 脉宽 40 μs 、平均短路电流 5A、平均工作电流约 4A; 精、光加工时用分组脉冲、脉宽、脉间为 2 μs 、平均电流由 1A 逐步减小到 0.1A。由于电火花磨削精微加工时单个脉冲能量极小、火花放电间隙仅 1 μm 左右、所以可加工出尺寸精度在微米级、表面粗糙度 $Ra < 0.2 \mu m$ (V_g 以上)的凹、凸球面。

参考文献(略) (编辑 松柳)

(上接 12 页)

$$\omega_{b_1} > 0 \quad \omega_{a_1} > 0$$

$$M_{b_1} \omega_{b_1} > 0; M_{a_1} \omega_{a_1} > 0$$

对于差动轮系 D_1 、 $a_1 b_1$ 为输入、H 为输出、

如图 5 所示。

图 5

$1 - i_{H_1 a_1} > 0$ 、 $1 - i_{H_1 b_1} < 0$ 、故在转化机构里、 a_1 为输入、 b_1 为输出。(2)式里 η_0 的指数应取 +1、整个机构的功率平衡方程为:

$$M_A i_{a_1 H_1} \eta + M_{H_1} = 0 \quad (7)$$

对行星轮系 E_2 、有功率平衡方程:

$$M_A - M_{a_1} - M_{b_1} i_{b_1 a_1} / \eta_{a_2 H_2}^{(c_2)} = 0 \quad (8)$$

令 (1)(2)(7)(8) 系数行列式为 0:

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & i_{a_1 b_1}^{H_1} \eta_0 & 1 & 0 \\ \eta i_{a_1 H_1} & 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & -i_{b_1 a_1} / \eta_{a_2 H_2}^{(c_2)} & 0 \end{vmatrix} = 0$$

$$\eta = \frac{1 - i_{a_1 b_1}^{H_1} \eta_0}{1 - i_{a_1 b_1}^{H_1} i_{b_1 a_1} \eta_0 / \eta_{a_2 H_2}^{(c_2)}} \cdot i_{H_1 A}$$

$$i_{b_1 a_1} = \frac{1}{1 - i_{a_2 b_2}^{H_2}} = \frac{1}{1 + 1.903} = 0.344471236$$

$$\eta_{a_2 H_2}^{(c_2)} = \frac{1 - i_{a_2 b_2}^{H_2} \eta_0}{1 - i_{a_2 b_2}^{H_2}} = \frac{1 + 1.903 \times 0.95}{1 + 1.903}$$

$$= 0.967223561$$

$$\eta = \frac{1 + 2.81 \times 0.95}{1 + 2.81 \times 0.344471236 \times 0.95 / 0.967223561}$$

$$\times 0.51652603$$

$$= 0.971633578$$

当下制动时、I 档效率可视为两个简单周转轮系的串联、故不赘述。(编辑 毛丽青)