

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B23F 17/00

B23H 1/00

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95112710.1

[45] 授权公告日 2001年3月28日

[11] 授权公告号 CN 1063696C

[22] 申请日 1995.9.28 [24] 颁证日 2001.2.10

[21] 申请号 95112710.1

[73] 专利权人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市御道街29号

[72] 发明人 云乃彰

[56] 参考文献

CN88211057	1988. 8. 31	B23H7/22
CN88211057	2088. 8. 31	B23H7/22
DE3538523	1986. 7. 24	B23H7/22
DE3538523	1986. 7. 24	B23F21/16
EPO357772	1990. 3. 14	B23F21/00
SU1407715	1988. 7. 7	B23H7/32

审查员 23 54

[74] 专利代理机构 南京航空航天大学专利事务所

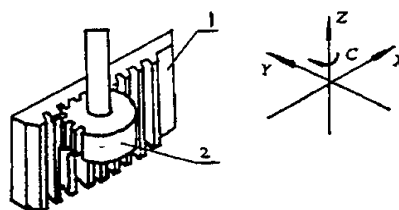
代理人 谢振龙

权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图页数 1 页

[54] 发明名称 小模数渐开线齿轮的电火花交错展成加工方法

[57] 摘要

一种小模数渐开线齿轮的电火花交错展成加工方法属小模数齿轮电火花加工方法。工艺流程为：设计电火花交错展成加工用齿条电极；用快速走丝线切割工艺制作齿条电极；机械加工齿轮毛坯；在数控电火花成形机上完成电极与工件安装及找正；编制数控电火花成形加工程序，以放电蚀除完成渐开线小模数齿轮的成形。该工艺由于齿条电极模数扩大，相应齿距也扩大，电极齿根部位移的线切割工艺条件大为改善，齿轮模数、压力角、齿数可按需要改有关程序。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种小模数渐开线齿轮的电火花交错展成加工方法,其特征在于:

(1)设计电火花交错展成加工用的齿条电极,包括确定交错展成比,计算电极齿形,其具体步骤为:

- (a)计算等效于传动用齿条的齿形 1;
- (b)计算等效于切削加工用齿条形刀具的齿形 2;
- (c)计算一般电火花展成加工用齿条电极的齿形 3;
- (d)计算电火花交错展成加工用齿条电极的齿形 4。

上述齿形 1 至 4 的齿形结构特征如下表所示:

项 目	齿形 1	齿形 2	齿形 3	齿形 4
齿顶高 h_a	$h_{a1} = h_a^* m_w$	$h_{a2} = (h_a^* + c^*) m_w$	$h_{a3} = h_{a2} - S_F$	$h_{a4} = h_{a2} - S_F$
齿根高 h_f	$h_{f1} = (h_a^* + c^*) m_w$	$h_{f2} = h_a^* m_w$	$h_{f3} = h_{f2} + S_F$	$h_{f4} = h_{f2} + S_F$
齿高 h	$h_1 = h_{a1} + h_{f1}$	$h_1 = h_{a2} + h_{f2}$	$h_3 = h_2 = h_1$	$h_4 = h_3$
齿距 P	$P_1 = m_w \pi$	$P_2 = m_w \pi$	$P_3 = p_2$	$P_4 = m_E \pi$
齿形角 α	$\alpha_1 = \alpha_w$	$\alpha_2 = \alpha_w$	$\alpha_3 = \alpha_w$	$\alpha_4 = \alpha_w$
节线齿厚 S	$S_1 = P_1 / 2$	$S_2 = P_2 / 2$	$S_3 = S_2 - 2S_F / \cos \alpha$	$S_4 = S_3$
齿顶齿厚 S_a	$S_{a1} = S_1 - 2h_{a1} \operatorname{tg} \alpha$	$S_{a2} = S_2 - 2h_{a2} \operatorname{tg} \alpha$	$S_{a3} = S_3 - 2h_{a3} \operatorname{tg} \alpha$	$S_{a4} = S_{a3}$
齿根齿厚 S_f	$S_{f1} = S_1 + 2h_{f1} \operatorname{tg} \alpha$	$S_{f2} = S_2 + 2h_{f2} \operatorname{tg} \alpha$	$S_{f3} = S_3 + 2h_{f3} \operatorname{tg} \alpha$	$S_{f4} = S_{f3}$

表中, m_w 为齿轮工件模数; h_a^* 为齿顶高系数; c^* 为顶隙系数; α_w 为齿轮压力角; S_F 为放电加工间隙; m_E 为齿条电极模数, 它等于 n 倍齿轮工件模数 m_w , n 为正整数;

(2)使用快速丝线切割工艺制作齿条电极, 电极的直线位移距离应等于齿轮工件分度圆周长的 n 倍, 工件转动一周, 其齿廓成形仅是交错分布的若干齿, 以后各周再对应去除另一些齿间余量, 直至 n 周后完成整个齿轮的加工;

(3)机械加工齿轮毛坯;

(4)在数控电火花成形机上完成电极与工件的安装及找正;

(5)编制数控电火花成形加工程序, 包括选择与变更电规准, 指定各轴运动方式, 以放电蚀除完成渐开线小模数齿轮的成形。

小模数渐开线齿轮的电火花交错展成加工方法

本发明的小模数渐开线齿轮的电火花交错展成加工方法属于小模数齿轮的电火花加工方法。

小模数渐开线齿轮常用机械加工方法为切削加工,适用大多数制造对象。但对于材料特硬或过软,被加工齿轮的模数、压力角不在标准系列、小批量或单件生产无相应刀具,以及齿轮结构特殊(如多连,不允许开退刀槽等)时无法应用。

电火花线切割在弥补上述不足时有良好作用,仍存在对特殊结构(如非贯通类齿轮、例双连、盲孔型内齿等)及很小模数时的使用限制,同时,齿表面粗糙度不够理想。

电火花展成加工克服了上述大部分工艺难点,但对微型齿形(较小模数)加工受电极制造时电极丝径制约,仍有不可加工范围。

本发明的任务在于扩大特种加工工艺在小模数齿轮制造的途径,提高加工柔性和效率,保证加工质量。

本发明的小模数渐开线齿轮的加工方法,采用电火花交错展成加工方法,其工艺是,在已知待制造齿轮的模数、齿数、压力角等基本参数的条件下,采用以下工艺流程:

1. 设计电火花交错展成加工用的齿条电极,包括确定交错展成比,计算电极齿形等;
2. 使用快速走丝线切割工艺制作齿条电极;
3. 机械加工齿轮毛坯;
4. 在数控电火花成形机上完成电极与工件的安装及找正;
5. 编制数控电火花成形加工程序,包括选择与变更电规准,指定各轴运动方式,以放电蚀除完成渐开线小模数齿轮的成形。

附图 1,就是电火花展成加工运动方式示意图。

图中 1—齿条状电极;2—齿轮毛坯;C—表示运动方向。

附图 2,交错成展示意图。

关于确定交错展成比以及电火花交错展成加工用电极的齿形与常规传动齿轮齿形的换算有如下推导:

说 明 书

在一般的机械加工电火花展成加工齿轮时,都必须满足工具或电极与被加工齿轮工件的模数相等。但在交错展成电火花加工中,齿条电极的模数则一定有下列的变化。即:

$$m_E = nm_w \quad (1)$$

$$J = Z_w/n \quad (2)$$

式中, m_E —齿条电极模数, mm;

m_w —齿轮工件模数, mm;

J —交错展成比, 必须为既约分数;

Z_w —齿轮工件齿数;

n —正整数。

表 1 齿条齿形尺寸计算

项 目	齿形 1	齿形 2	齿形 3	齿形 4
齿顶高 h_a	$h_{a1} = h_a^* m_w$	$h_{a2} = (h_a^* + c^*) m_w$	$h_{a3} = h_{a2} - S_F$	$h_{a4} = h_{a2} - S_F$
齿根高 h_f	$h_{f1} = (h_a^* + c^*) m_w$	$h_{f2} = h_a^* m_w$	$h_{f3} = h_{f2} + S_F$	$h_{f4} = h_{f2} + S_F$
齿高 h	$h_1 = h_{a1} + h_{f1}$	$h_1 = h_{a2} + h_{f2}$	$h_3 = h_2 = h_1$	$h_4 = h_3$
齿距 P	$P_1 = m_w \pi$	$P_2 = m_w \pi$	$P_3 = p_2$	$P_4 = m_E \pi$
齿形角 α	$\alpha_1 = \alpha_w$	$\alpha_2 = \alpha_w$	$\alpha_3 = \alpha_w$	$\alpha_4 = \alpha_w$
节线齿厚 S	$S_1 = P_1/2$	$S_2 = P_2/2$	$S_3 = S_2 - 2S_F/\cos\alpha$	$S_4 = S_3$
齿顶齿厚 S_a	$S_{a1} = S_1 - 2h_{a1}\text{tga}$	$S_{a2} = S_2 - 2h_{a2}\text{tga}$	$S_{a3} = S_3 - 2h_{a3}\text{tga}$	$S_{a4} = S_{a3}$
齿根齿厚 S_f	$S_{f1} = S_1 + 2h_{f1}\text{tga}$	$S_{f2} = S_2 + 2h_{f2}\text{tga}$	$S_{f3} = S_3 + 2h_{f3}\text{tga}$	$S_{f4} = S_{f3}$

关于电极齿形的计算,因在电火花成形加工中,电极与工件存在放电间隙,所以齿轮传动设计或齿轮机械加工时,齿条(电极)的计算公式,需进行必要的修改,方可应用(详见表 1)。

表中: h_a^* —齿顶高系数;

c^* —顶隙系数;

α_w —齿轮压力角;

S_F —放电加工间隙。

说 明 书

根据表 1, 齿条电极齿形的设计计算步骤为:

1. 计算等效于传动用齿条的齿形 1;
2. 计算等效于切削加工用齿条形刀具的齿形 2;
3. 计算一般电火花展成加工用齿条电极的齿形 3;
4. 计算电火花交错展成加工用齿条电极的齿形 4。

交错展成电火花加工的齿条电极由于模数扩大, 相应齿距也扩大, 当用电火花线切割工艺制作电极时, 电极齿根部位移的切割工艺条件大为改善, 即使模数很小, 也不再受电极丝径的限制。

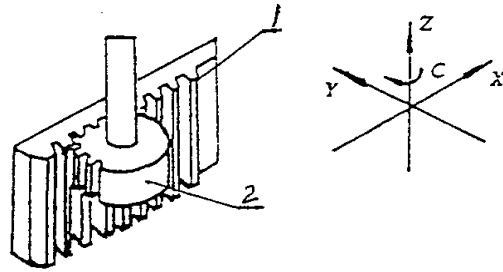
在电火花交错展成加工中, 考虑了放电间隙, 电极的直线位移距离应等于齿轮(毛坯)工件分度圆周长的 n 倍, 以实现准确的相对运动。工件转动一周, 其齿廓成形仅是交错分布的若干齿, 以后各周再对应去除另一些齿间余量, 直至 n 周后完成整个齿轮的加工。附图 2 显示的为 $n=2$ 时交错展成的示例。此图中的 3—为齿条电极, 4—为齿轮毛坯。根据公式(3), 此时 Z_w 一定为奇数。工件毛坯转动第一周第 1, 3, 5, …, $(N+1)/2$ 个齿成形, 第二周时, 才是第 2, 4, 6, …, $(N-1)/2$ 个齿成形, 即转动 $n=2$ 周后完成整个齿轮的齿廓加工。

交错展成运动可采用以下方式组成:

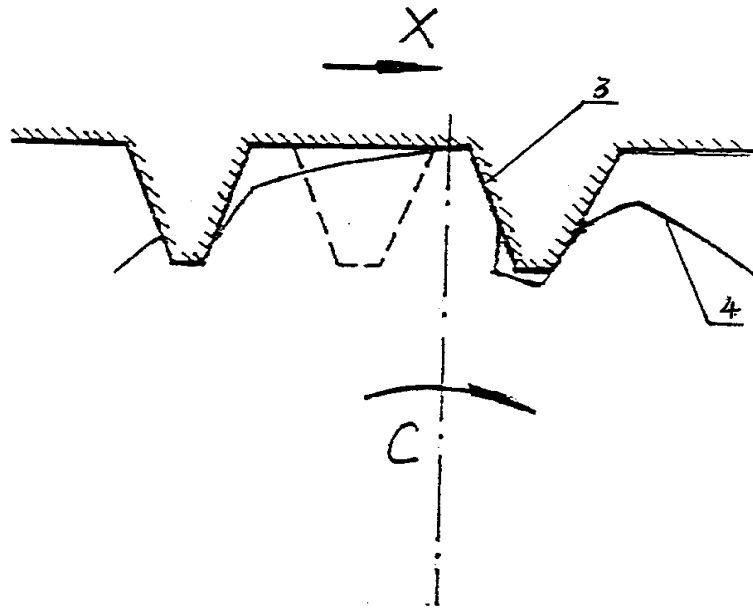
1. 依电规准的自粗至精, 齿条电极与齿轮工件毛坯的相对进给运动(Y 向), 每工步进给不同距离;
2. 完成 Y 向进给后, 电极作 X 向、工件作 C 向复合运动, 由 J 决定每工步电极进给距离, 及工件旋转周数。机床的精密数控位数系统, 保证了各轴同步运动精度。

小模数渐开线齿轮的交错展成电火花加工电极设计制造简捷、精确, 齿轮模数、压力角、齿数可按需要更改有关程序。该工艺具有良好的制造柔性。该工艺适合于微型齿形与非贯通齿形的加工。

说明书附图



附图 1



附图 2