



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112108946 A

(43) 申请公布日 2020.12.22

(21) 申请号 202010769293.5

(22) 申请日 2020.08.03

(71) 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

(72) 发明人 郭文超 毛世民 何子明

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200

代理人 李红霖

(51) Int. Cl.

B24B 3/58 (2006.01)

B24B 1/00 (2006.01)

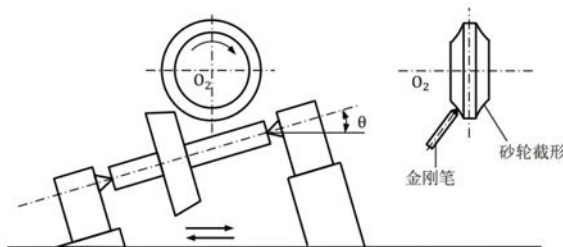
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法

(57) 摘要

本发明公开了一种插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法,属于插齿刀具加工领域。本发明包括:(1)确定插齿刀各截面的加工中心距;(2)在忽略前角时,对于插齿刀齿的第j个截面根据插齿刀与被加工齿廓的啮合关系,得到所述截面内的侧刃离散点;引入插齿刀轴线方向的刃磨厚度,得到侧刃离散矩阵;引入前角对厚度方向进行修正,得到插齿刀理论侧后刀面离散矩阵;(3)基于单参数柱面投影法对插齿刀理论侧后刀面离散矩阵进行逼近,得到最优拟合柱面;(4)设计双面磨削砂轮廓形;(5)进行插齿刀分齿磨削。本发明采用单参数双面磨削,无需附加铲磨运动,机床调整简单,加工效率高。



1. 一种插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 根据被加工工件的基本参数与插齿刀的基本参数确定插齿刀各截面的加工中心距;

所述截面与插齿刀轴线相垂直;

(2) 在忽略前角时,对于插齿刀齿的第j个截面根据插齿刀与被加工齿廓的啮合关系,得到所述截面内的侧刃离散点;

引入插齿刀轴线方向的刃磨厚度,得到侧刃离散矩阵;

引入前角对厚度方向进行修正,得到插齿刀理论侧后刀面离散矩阵;

(3) 基于单参数柱面投影法对插齿刀理论侧后刀面离散矩阵进行逼近,得到最优拟合柱面;

(4) 根据所述插齿刀侧后刀面,设计双面磨削砂轮廓形;

(5) 进行插齿刀分齿磨削。

2. 根据权利要求1所述的插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法,其特征在于,所述基本参数包括:被加工工件齿数 z 、压力角 α_{n0} 、插齿刀、工件传动比 i_{n0} 和被加工工件齿形。

3. 根据权利要求1所述的插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法,其特征在于,插齿刀轴线为 z 轴建立右手正交坐标系 S_{xyz} ,将步骤(2)得到的插齿刀理论侧后刀面离散矩阵绕 x 轴旋转一个角度 θ ;

之后将若干个刃磨截面的刃形投影到 xoy 平面内,得到系列投影点,利用曲线拟合所述投影点;

调整旋转角度,直至各刃磨截面内的廓形误差最小,得到最优旋转角度和最优拟合曲线;

以所述最优拟合曲线为准线,以 z 轴线方向为母线进行移动,得到最优拟合柱面,作为插齿刀侧后刀面。

4. 根据权利要求3所述的插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法,其特征在于,步骤(3)中曲线拟合的具体过程为:

以旋转后的第j个截面为基准面,将侧刃形在 xoy 平面内进行投影,得到投影点;

对基准截面插齿刀的投影点进行参数曲线拟合,设插值曲线为 l_j ,插值函数为 $f(x_j)$;

对于 z 轴方向的若干重磨面的系列投影点,分别求其到插值曲线的距离 e_{ij} ,记 e_{ij} 为各投影点的单参数柱面拟合误差,得到误差矩阵 E :

$$E = \begin{bmatrix} e_{11} & \cdots & e_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{N1} & \cdots & e_{Nn} \end{bmatrix}$$

设数组 E 中元素最大值为 e_{\max} ,则 e_{\max} 为转角 θ 下的最大齿形误差;

求解最大齿形误差 e_{\max} 的最小值,得到最优旋转角度和对应的插值曲线,所述插值曲线为最优拟合曲线。

5. 根据权利要求3所述的插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法,其特

征在于,在步骤(4)中,双面磨削砂轮的轴截面廓形为最优拟合柱面的准线,此时砂轮中间轴截面为插齿刀齿槽对称面。

6.根据权利要求1所述的插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法,其特征在于,在步骤(5)中,磨削运动为砂轮沿柱面投影方向的往复运动,进给运动为磨削运动垂直方向。

7.根据权利要求6所述的插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法,其特征在于,采用跨齿分度磨削,跨齿数为质数,所述质数与插齿刀齿数无公约数。

一种插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法

技术领域

[0001] 本发明属于插齿刀具加工领域,尤其是一种插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法。

背景技术

[0002] 齿轮以及链轮、凸轮、花键、棘轮等有齿形结构的部件,其具有传动比恒定、传递功率大、工作可靠、结构紧凑等优点,在现代工业和机械产品中广泛应用,这些产品中有很一部分都需要或必须依靠插齿刀来加工。

[0003] 在机械加工领域,用插齿刀按展成法或成形法加工内、外齿轮或齿条等的齿面的过程称为插齿。除加工普通圆柱齿轮外,插齿刀可以做一些其它刀具做不了或者不太容易做成的工作,如内齿轮、少齿数齿、人字齿轮、多联齿轮等,特形插齿刀还可加工各种其他廓形的工件,如凸轮、内花键、链轮等。虽然它们不是齿轮,但因为具有齿形结构,同样可以通过齿轮啮合原理进行展成法加工,所以可用插齿刀加工。

[0004] 19世纪末,美国的E.R.费洛斯创造了用大平面砂轮展成磨削插齿刀的方法,该方法的特点是精度高,效率低及机床运动复杂。为提高插齿刀的加工效率,提出了用成形法加工插齿刀的方法。随着刀具材料性能的不不断提高、涂层技术与设备的改进以及数控技术的发展,插齿刀的使用效率大大提高,使其与滚齿的技术上的差距进一步缩小。

[0005] 在插齿刀插齿加工的过程中,其后角带来的重磨误差是影响插齿加工精度的主要因素之一,也是设计插齿刀的难点所在。在插齿刀的加工方法中,常用的有展成法与成形法,而成形砂轮的廓形计算是的一个重要技术,可以一次性磨削齿轮修形、齿顶倒角、全弧齿顶刀具、带凸头的插齿刀等有特殊要求的齿形工件或刀具。

[0006] 针对插齿刀的成形加工方法,从原理上主要分为两类,一是插齿刀的铲磨制造,二是基于曲面逼近成形磨削。前者是采用成形砂轮,在成形运动的基础上增加一个径向的形成后角的铲齿运动,这样磨出的新插齿刀和刃磨后插齿刀的齿形相同,旧刀实际齿形与按变位原理求出的旧刀应有齿形不一致,导致齿形误差。后者是采用椭圆柱面、螺旋面、锥面或锥面螺旋面等进行插齿刀侧后刀面逼近设计,以一种可加工曲面代替插齿刀后刀面再采用成形磨削加工,常用的是椭圆柱面。造成这一问题的原因是插齿刀侧后刀面是一个非解析曲面,现有工艺方法无法精确加工。曲面逼近是将这一难加工的非解析的理论曲面用一个与理论曲面相接近的可加工曲面代替,然而如何确定这一可加工且易加工的曲面成为高效率制造高精度插齿刀的核心问题。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于克服现有的插齿刀侧后刀面为非解析曲面无法精确加工的缺点,提供一种插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法。

[0008] 为达到上述目的,本发明采用以下技术方案予以实现:

[0009] 一种插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法,包括以下步骤:

[0010] (1) 根据被加工工件的基本参数与插齿刀的基本参数确定插齿刀各截面的加工中心距；

[0011] 所述截面与插齿刀轴线相垂直；

[0012] (2) 在忽略前角时,对于插齿刀齿的第j个截面根据插齿刀与被加工齿廓的啮合关系,得到所述截面内的侧刃离散点；

[0013] 引入插齿刀轴线方向的刃磨厚度,得到侧刃离散矩阵；

[0014] 引入前角对厚度方向进行修正,得到插齿刀理论侧后刀面离散矩阵；

[0015] (3) 基于单参数柱面投影法对插齿刀理论侧后刀面离散矩阵进行逼近,得到最优拟合柱面；

[0016] (4) 根据所述插齿刀侧后刀面,设计双面磨削砂轮廓形；

[0017] (5) 进行插齿刀分齿磨削。

[0018] 进一步的,所述基本参数包括:被加工工件齿数 z 、压力角 α_{n0} 、插齿刀、工件传动比 i_{n0} 和被加工工件齿形。

[0019] 进一步的,插齿刀轴线为 z 轴建立右手正交坐标系 S_{xyz} ,将步骤(2)得到的插齿刀理论侧后刀面离散矩阵绕 x 轴旋转一个角度 θ ；

[0020] 之后将若干个刃磨截面的刃形投影到 xoy 平面内,得到系列投影点,利用曲线拟合所述投影点；

[0021] 调整旋转角度,直至各刃磨截面内的廓形误差最小,得到最优旋转角度和最优拟合曲线；

[0022] 以所述最优拟合曲线为准线,以 z 轴线方向为母线进行移动,得到最优拟合柱面,作为插齿刀侧后刀面。

[0023] 进一步的,步骤(3)中曲线拟合的具体过程为：

[0024] 以旋转后的第j个截面为基准面,将侧刃形在 xoy 平面内进行投影,得到投影点；

[0025] 对基准截面插齿刀的投影点进行参数曲线拟合,设插值曲线为 l_j ,插值函数为 $f(x_j)$ ；

[0026] 对于 z 轴方向的若干重磨面的系列投影点,分别求其到插值曲线的距离 e_{ij} ,记 e_{ij} 为各投影点的单参数柱面拟合误差,得到误差矩阵 E ：

$$[0027] \quad E = \begin{bmatrix} e_{11} & \cdots & e_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{N1} & \cdots & e_{Nn} \end{bmatrix}$$

[0028] 设数组 E 中元素最大值为 e_{\max} ,则 e_{\max} 为转角 θ 下的最大齿形误差；

[0029] 求解最大齿形误差 e_{\max} 的最小值,得到最优旋转角度和对应的插值曲线,所述插值曲线为最优拟合曲线。

[0030] 进一步的,在步骤(4)中,双面磨削砂轮的轴截面廓形为最优拟合柱面的准线,此时砂轮中间轴截面为插齿刀齿槽对称面。

[0031] 进一步的,在步骤(5)中,磨削运动为砂轮沿柱面投影方向的往复运动,进给运动为磨削运动垂直方向。

[0032] 进一步的,采用跨齿分度磨削,跨齿数为质数,所述质数与插齿刀齿数无公约数。

[0033] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果：

[0034] 本发明的插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法,针对插齿刀侧后刀面是难加工的非解析曲面,首先根据被加工工件齿形进行了插齿刀理论侧后刀面设计,从刀具高精高效加工角度出发,基于曲面逼近原则和柱面投影原理提出了单参数柱面投影逼近方法,得到易于磨削的柱面后刀面,结合砂轮参数进一步得到砂轮廓形,从而实现插齿刀侧后刀面的单参数双面磨削;采用单参数双面磨削,无需附加铲磨运动,机床调整简单,加工效率高。本发明的插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法,既适用于齿轮插齿刀磨削,又适用于花键、链轮等特殊齿形类零件的插齿刀磨削加工,具有广阔的推广应用前景和极大的效益空间。

[0035] 进一步的,采用单参数柱面投影逼近插齿刀理论侧后刀面,所得逼近柱面的准线为一条插值曲线,不是传统方法预设的柱面曲线;柱面准线为逼近离散点的插值曲线,进一步拓展了插齿刀廓形设计自由度,使齿类零件齿形设计更为灵活,极大拓宽了插齿刀加工范围。

附图说明

[0036] 图1为本发明的插齿刀磨削示意图;

[0037] 图2为本发明的柱面投影原理图;

[0038] 图3为本发明的单参数柱面投影坐标系;

[0039] 图4为本发明的单参数双面磨削及砂轮修整模型。

[0040] 其中,1为磨削砂轮,2为插齿刀。

具体实施方式

[0041] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护的范围。

[0042] 需要说明的是,本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0043] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述:

[0044] 插齿刀后刀面成形磨削的砂轮与刀具相对位置如图1所示,砂轮1沿插齿刀2轴线方向移动进行磨削运动,沿插齿刀径向移动实现磨削进给;砂轮1在一个齿槽完成一个或多个往复磨削运动,进行插齿刀旋转分度。

[0045] 在此基础上,一种插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影双面成形磨削方法,包括以下步骤:

[0046] 获取被加工工件和插齿刀参数:被加工工件齿数 z 、被加工工件齿形角 α_{n0} 、插齿刀与工件的传动比 i_{n0} 、插齿刀允许最大刃磨厚度 h 、顶刃后角 α_a 、磨削前角 γ ;

[0047] (1) 根据被加工工件与插齿刀基本参数:被加工工件齿数 z 、压力角 α_{n0} 、插齿刀与工件传动比 i_{n0} 以及工件齿形,确定插齿加工中心距 a ,具体过程如下:

[0048] 首先确定被加工工件的最小节圆直径 d_{pmin} ,再根据插齿刀允许最大刃磨厚度 h 及顶刃后角 α_a ,确定插齿刀不同截面加工的中心距,具体过程如下:

[0049] 101) 根据被加工齿形不存在啮合界限点的原则,故被加工工件最小节圆直径 d_{pmin} 不小于与齿廓各点法线相切的同心圆直径的最小值 D_{amin} ,通常 $d_{pmin}=D_{amin}$;

[0050] 102) 设 n 为允许重磨厚度内的插齿刀轴向齿形计算次数,则第 j 个截面的中心距为:

$$[0051] \quad a_j = \frac{(i_{n0} + 1)d_{pmin}}{2} + \frac{n-j}{n-1} h \tan \alpha_e \quad (1 \leq j \leq n)$$

[0052] 当 $j=1$ 时,对应新刀,中心距最大;

[0053] (2) 插齿刀理论侧后刀面设计计算过程如下:

[0054] 201) 以被加工工件轴线 z 轴建立右手正交坐标系 S_{XYZ} ,以插齿刀轴线为 z 轴建立右手正交坐标系 S_{xyz} ;

[0055] 在无前角插齿刀第 j 个截面内,与被加工齿廓任一点 (X, Y) 啮合的刀具刃形点 (x_{ij}, y_{ij}) 满足:

$$[0056] \quad \begin{cases} x_{ij} = X \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + Y \sin(\varphi_1 + \varphi_2) + a_j \sin \varphi_1 \\ y_{ij} = -X \sin(\varphi_1 + \varphi_2) + Y \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + a_j \cos \varphi_1 \end{cases}$$

[0057] 其中, i 表示齿廓离散点的序号, $1 \leq i \leq N$, N 为齿廓离散点个数; φ_1 为被加工工件转角, φ_2 为插齿刀转角,两者满足 $\varphi_2 = i_{n0} \cdot \varphi_1$;

[0058] 考虑插齿刀轴线方向的刃磨厚度,插齿刀侧后刀面矩阵的计算方程为:

$$[0059] \quad \begin{cases} x_{ij} = X \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + Y \sin(\varphi_1 + \varphi_2) + a_j \sin \varphi_1 \\ y_{ij} = -X \sin(\varphi_1 + \varphi_2) + Y \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + a_j \cos \varphi_1 \\ z_{ij} = h(j-1)/(n-1) \end{cases}$$

[0060] 2) 引入插齿刀前角的齿面修正:引入前角 γ ,刀刃应在圆锥面上,由于插齿运动沿轴线方向,故刀刃的 x_{ij} 、 y_{ij} 不变,只需修正 z_{ij} ;

[0061] 设在插齿刀第 j 个截面内插齿刀外径为 r_{gj} ,任一刃形点半径为 s_{rj} ,则插齿刀轴截面内前刀面截线方程为

$$[0062] \quad \begin{cases} x = s_{rj} \\ z = (r_{gj} - s_{rj}) \tan \gamma \end{cases}$$

[0063] 前角引起的轴线 z 方向移动量:

$$[0064] \quad \Delta z_{ij} = \left(r_{gj} - \sqrt{x_{ij}^2 + y_{ij}^2} \right) \tan \gamma$$

[0065] 3) 插齿刀理论侧后刀面离散矩阵计算式:

$$[0066] \quad \begin{cases} x_{ij} = X \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + Y \sin(\varphi_1 + \varphi_2) + a_j \sin \varphi_1 \\ y_{ij} = -X \sin(\varphi_1 + \varphi_2) + Y \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + a_j \cos \varphi_1 \\ z_{ij} = \frac{(j-1)}{(n-1)} h + \left(r_{gj} - \sqrt{x_{ij}^2 + y_{ij}^2} \right) \tan \gamma \end{cases}$$

[0067] (3) 基于单参数柱面投影法的插齿刀侧后刀面逼近

[0068] 将步骤(2)得到的理论侧后刀面旋转一个角度,如图2所示,沿插齿刀重磨方向离散理论侧后刀面,将各截面沿与旋转前刀具轴线方向投影,得到各截面刀具刃形投影曲线,以各刃磨截面内的廓形误差最小为目标进行旋转角度优化,得到最优拟合柱面,具体过程如下:

[0069] 301) 建立插齿刀旋转关系如图3所示,以插齿刀轴线为z轴,以齿槽对称线为y轴,则x轴为柱面投影旋转轴;以插齿刀第j个截面为基准面,则旋转 θ 角后该截面的刀具刃形点在xoy面内的投影方程:

$$[0070] \quad \begin{cases} x_{ij}' = x_{ij} \\ y_{ij}' = y_{ij} \cos \theta - z_{ij} \sin \theta \end{cases}$$

[0071] 302) 对基准截面插齿刀刃形进行参数曲线拟合,设插值曲线为 l_j ,插值函数为 $f(x_j)$;对于不同重磨平面(z方向)的各截形的投影系列点,分别求其到插值曲线的距离 e_{ij} ,记 e_{ij} 为各投影点的单参数柱面拟合误差,可得到误差矩阵E:

$$[0072] \quad E = \begin{bmatrix} e_{11} & \cdots & e_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{N1} & \cdots & e_{Nn} \end{bmatrix}$$

[0073] 设数组E中元素最大值为 e_{\max} ,则 e_{\max} 为转角 θ 下的最大齿形误差;

[0074] 以最大齿形误差为最小可得最优值 θ^* 和对应的插值曲线, θ^* 作为磨齿加工中的调整参数;

[0075] 以所述插值曲线为准线,以插齿刀轴线方向的直线为母线进行移动,得到最优拟合柱面,作为插齿刀侧后刀面。

[0076] (4) 侧后刀面的单参数双面磨削砂轮的廓形设计

[0077] 单参数双面磨削砂轮廓形(轴截形),即为步骤(3)中确定的投影柱面的准线,此时砂轮中间轴截面为插齿刀齿槽对称面;设砂轮名义半径为 r_c ,以砂轮轴线为 x_c 轴,则砂轮在 x_c - o - y_c 截面内的廓形可表示为

$$[0078] \quad \begin{cases} x_c = x_{ij}' \\ y_c = y_{ij}' - \frac{i_{n0} d_{p\min}}{2} - r_c \end{cases}$$

[0079] (5) 插齿刀单参数双面磨削调整如图4所示,磨削运动为砂轮沿柱面投影方向的往复运动(左右),进给运动为磨削运动垂直方向;

[0080] 采用跨齿分度磨削,跨齿数一般为质数,且与插齿刀齿数无公约数。

[0081] 实施例:

[0082] 按上述方法针对一矩形花键进行插齿刀后刀面的单参数双面磨削加工计算。

[0083] 矩形花键参数: 齿数 $z=8$, 键宽 $B=8\text{mm}$, 顶圆直径 $d_a=45.5\text{mm}$, 根圆直径 $d_f=38.5\text{mm}$;

[0084] 插齿刀参数: 齿数 $z_0=12$, 插齿刀名义节圆半径 $r_0=33.302\text{mm}$, 前角 $\gamma=5^\circ$, 径向后角 $\alpha_e=6^\circ$, 允许用重磨厚度 $h=5\text{mm}$;

[0085] 砂轮参数: 半径 $r_c=100\text{mm}$, 中心距 $P=133.54\text{mm}$ 。

[0086] 具体实施如下:

[0087] (1) 计算矩形花键插齿加工中心距:

[0088] 矩形花键节圆直径 $d_p=44.3\text{mm}$

[0089] 插齿刀插齿中心距 $a_0=55.9\text{mm}$

[0090] 第 j 个截面中心距 $a_j = 55.375 + 0.525 \frac{n-j}{n-1} (1 \leq j \leq n)$

[0091] (2) 插齿刀理论后刀面设计计算:

[0092] 201) 矩形花键齿廓(齿右侧)方程:
$$\begin{cases} X = B/2 \\ Y = t_i \end{cases}$$

[0093] 202) 插齿刀理论后刀面(槽右侧)离散矩阵方程:

[0094]
$$\begin{cases} x_{ij} = \frac{B}{2} \cos(2.5\varepsilon_i) + t_i \sin(2.5\varepsilon_i) + a_j \sin(1.5\varepsilon_i) \\ y_{ij} = -\frac{B}{2} \sin(2.5\varepsilon_i) + t_i \cos(2.5\varepsilon_i) + a_j \cos(1.5\varepsilon_i) \\ z_{ij} = 5 \frac{(j-1)}{(n-1)} + 0.613 \left(r_{gj} - \sqrt{x_{ij}^2 + y_{ij}^2} \right) \end{cases}$$

[0095] 其中, ε_i 为矩形花键齿廓 i 点啮合时的转角;

[0096] (3) 插齿刀侧后刀面的单参数柱面投影逼近

[0097] 以插齿刀重磨时的中间截面为基准截面, 进行单参数柱面投影优化, 得到调整参数 θ 为 3.848° , 最大齿形误差为 0.00598mm , 齿形设计精度达到AA级, 侧后刀面逼近柱面的准线方程为, 母线平行于 z 轴:

[0098]
$$\begin{cases} x_{ij}' = x_{ij} \\ y_{ij}' = y_{ij} \cos(3.848^\circ) - z_{ij} \sin(3.848^\circ) \end{cases}$$

[0099] (4) 单参数双面磨削砂轮廓形设计

[0100] 以插齿刀齿槽对称面为砂轮中间轴截面, 以砂轮轴线为 x_c 轴, 则砂轮在 x_c-o-y_c 截面内的廓形可表示为:

[0101]
$$\begin{cases} x_c = x_{ij}' \\ y_c = y_{ij}' - 155.375 + \Delta r_c \end{cases}$$

[0102] 其中, Δr_c 为砂轮修整引起的半径减少量;

[0103] (5) 插齿刀单参数双面磨削: 采用跨齿分度磨削, 跨齿数5, 磨齿次序: 1、6、11、4、9、2、7、12、5、10、3、8。

[0104] 以上内容仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明权利要求书的保护范围之内。

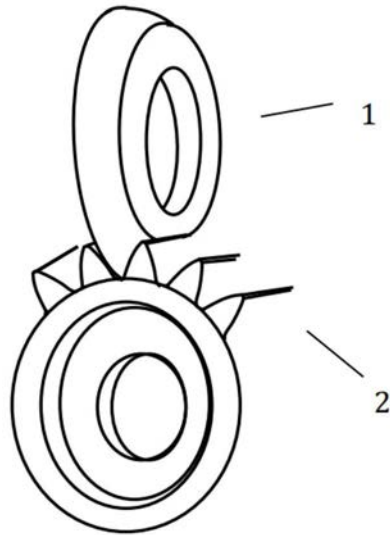


图1

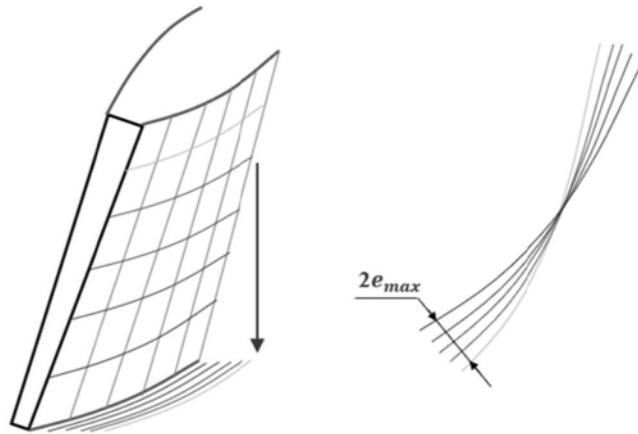


图2

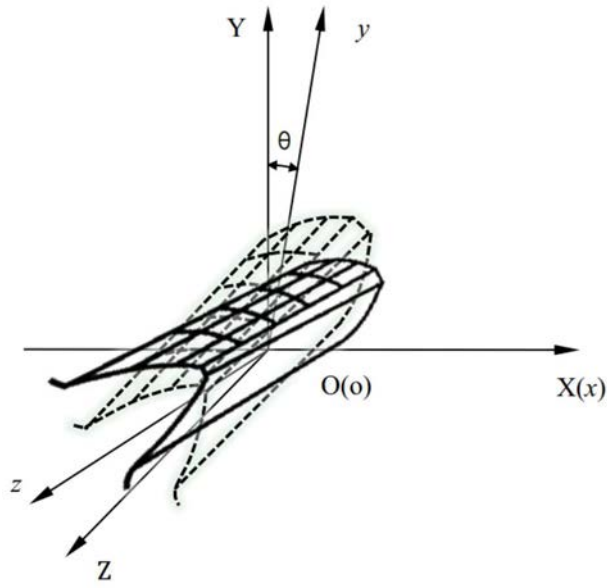


图3

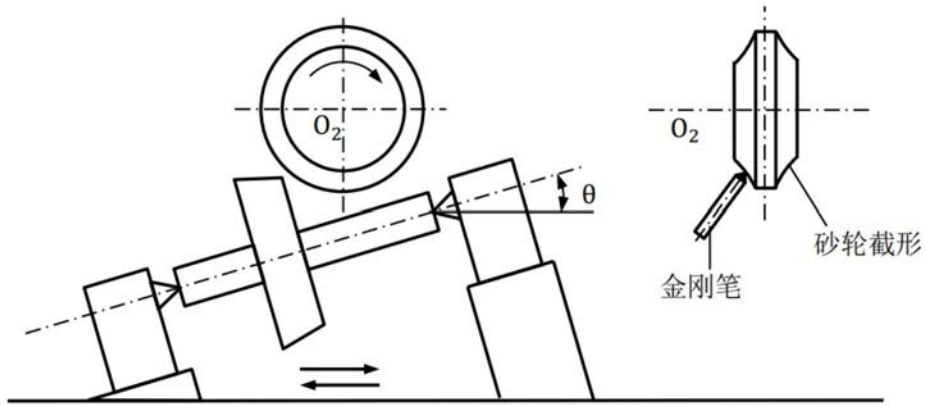


图4