



(21)申请号 201510296878.9

审查员 肖丽华

(22)申请日 2015.06.02

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104942380 A

(43)申请公布日 2015.09.30

(73)专利权人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙正街174号

(72)发明人 李国龙 何坤 张汐 张薇

(74)专利代理机构 重庆信航知识产权代理有限公司 50218

代理人 穆祥维

(51)Int.Cl.

B23F 13/04(2006.01)

B23F 21/02(2006.01)

B24B 53/075(2006.01)

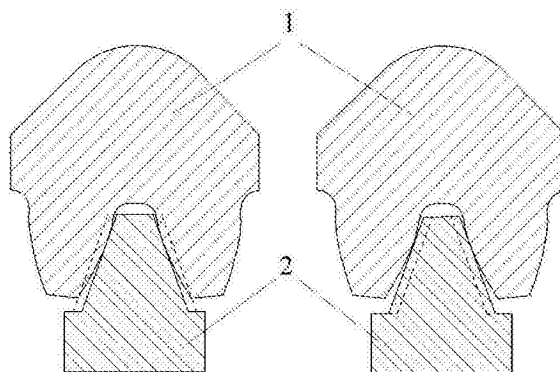
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

蜗杆砂轮磨齿面扭曲补偿方法

(57)摘要

本发明属于齿轮的制造领域,涉及一种蜗杆砂轮磨齿面扭曲补偿方法,解决带有齿向修形斜齿轮磨削过程中的齿面扭曲问题。区别于标准的蜗杆砂轮修整过程,本发明中的修整运动需附加金刚滚轮的偏转运动,并改变砂轮的轴向导程及螺旋角。首先根据齿轮的磨削工艺,将蜗杆砂轮在宽度方向上划分为粗磨区、精磨区及中间过渡区,利用对角磨削原理,选取合适的磨削对角比,使得齿轮宽度方向的截面与蜗杆砂轮宽度方向截面呈严格的映射关系。再根据被加工齿轮各截面上的左右齿面扭曲量,通过组合偏转滚轮和改变砂轮轴向导程两种方法实现任意齿面扭曲的补偿。由于金刚滚轮的偏转中心存在偏移量,因此在滚轮发生偏转时,需对其齿形位置变化量进行计算及补偿。



1. 蜗杆砂轮磨齿面扭曲补偿方法, 其特征在于, 在蜗杆砂轮修整过程, 其修整运动附加金刚滚轮的偏转运动, 并改变蜗杆砂轮的轴向导程及螺旋角;

在磨齿机床上附加金刚滚轮偏转运动轴, 金刚滚轮的旋转轴位置在偏转运动轴的前端, 实现金刚滚轮在绕自身轴线旋转的同时能够进行偏转运动;

将蜗杆砂轮在宽度方向上划分为粗磨区、精磨区及中间过渡区, 利用对角磨削原理, 选取合适的磨削对角比, 使得齿轮宽度方向的截面与蜗杆砂轮宽度方向截面呈严格的映射关系, 实现对齿轮各截面上不同扭曲量的精确补偿, 其中中间过渡区的长度为啮合时的接触线沿轴线的长度, 粗磨区、精磨区的长度由其对应的对角比及磨削冲程长度 L 决定:

$$L_{P2P3} = LD_1$$

$$L_{P3P4} = LB_1B_2 \cos \lambda_b$$

$$L_{P4P5} = LD_2$$

其中, L_{P2P3} 为粗磨区长度, L_{P3P4} 为中间过渡区长度, L_{P4P5} 为精磨区长度, LB_1B_2 啮合线长度, D_1 为粗磨区对角比, D_2 为精磨区对角比, λ_b 为蜗杆砂轮基圆导程角。

2. 根据权利要求1所述的蜗杆砂轮磨齿面扭曲补偿方法, 其特征在于, 中间过渡区的长度为啮合时的接触线沿轴线的长度, 粗磨区的长度长于精磨区, 三个区间的长度和等于蜗杆砂轮的整体宽度。

3. 根据权利要求1所述的一种蜗杆砂轮磨齿面扭曲补偿方法, 其特征在于, 根据被加工齿轮各截面上左右齿面扭曲量, 分别计算对应蜗杆砂轮截面处金刚滚轮的偏转量及蜗杆砂轮的轴向导程, 并通过移动和偏转蜗杆砂轮的方式实现齿面扭曲补偿;

金刚滚轮偏转角度 $\Delta \alpha$ 与左右齿面扭曲量间的关系为:

$$\Delta \alpha = \arctan \left(\frac{\Delta \alpha_l - \Delta \alpha_r}{2L_c} \right)$$

式中, $\Delta \alpha_l$ 、 $\Delta \alpha_r$ 分别表示左右齿面扭曲量, L_c 表示齿轮齿廓长度;

蜗杆砂轮轴向导程变化量 ΔL 与左右齿面扭曲量间的关系为:

$$\Delta L = \frac{(\Delta \alpha_l + \Delta \alpha_r)L_d \sin \alpha_n}{2L_c}$$

式中, $\Delta \alpha_l$ 、 $\Delta \alpha_r$ 分别表示左右齿面扭曲量, L_c 表示齿轮齿廓长度, L_d 表示蜗杆砂轮的轴向导程。

4. 根据权利要求1所述的一种蜗杆砂轮磨齿面扭曲补偿方法, 其特征在于, 金刚滚轮的偏转中心存在偏移量, 因此当金刚滚轮发生偏转后, 其初始节线宽度中心点会发生偏移, 修整蜗杆砂轮时为保证蜗杆砂轮齿形, 需对金刚滚轮节线宽度中心点位置误差进行补偿, 将金刚滚轮的偏转看做是刚体的旋转, 建立位置误差计算模型:

$$r = \sqrt{(x_0 + r_1)^2 + y_0^2}$$

$$\theta_1 = \arctan \left(\frac{x_0 + r_1}{y_0} \right)$$

$$\theta_2 = \theta_1 - \Delta \alpha$$

$$\Delta x_1 = r (\sin \theta_2 - \sin \theta_1)$$

$$\Delta y_1 = r (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)$$

式中： r 为金刚滚轮节线宽度中心点的偏转半径， θ_1 为金刚滚轮偏转前的偏转半径与Y轴夹角， θ_2 为金刚滚轮偏转后的偏转半径与Y轴夹角， x_0 表示金刚滚轮X轴偏移量， y_0 表示金刚滚轮Y轴偏移量， $\Delta \alpha$ 表示偏转值， r_1 表示金刚滚轮节圆半径， Δx_1 、 Δy_1 分别表示位置误差值；

最后采用逆向运动的方式完成对X和Y轴的误差补偿，补偿值分别为 Δx_1 、 Δy_1 。

5. 根据权利要求4所述的一种蜗杆砂轮磨齿面扭曲补偿方法，其特征在于，对金刚滚轮节线宽度中心点位置误差补偿方法后，还必须对金刚滚轮的位置进行二次补偿，保证金刚滚轮在当前偏转姿态下，其当前节线与左右齿面的交点重合于未进行偏转前的交点，建立金刚滚轮齿形及节线的偏转模型，根据几何关系，计算金刚滚轮当前节线宽度中心点的位置误差二次补偿量：

$$\Delta x_2 = (x'_0 - x_0) \cos \Delta \alpha$$

$$\Delta y_2 = (x'_0 - x_0) \sin \Delta \alpha + \frac{l_1 - l_2}{2}$$

$$l_1 = x'_0 \tan \alpha_n [\cos \Delta \alpha + \sin \Delta \alpha \tan (\alpha_n + \Delta \alpha)]$$

$$l_2 = x'_0 \tan \alpha_n [\cos \Delta \alpha - \sin \Delta \alpha \tan (\alpha_n - \Delta \alpha)]$$

$$x_0 = \frac{\pi m_n}{4 \tan \alpha_n}$$

$$x'_0 = \frac{\pi m_n}{2 \tan \alpha_n [2 \cos \Delta \alpha + \sin \Delta \alpha [\tan (\alpha_n + \Delta \alpha) - \tan (\alpha_n - \Delta \alpha)]]}$$

式中， m_n 表示齿轮法向模数， α_n 表示齿轮法向压力角， x_0 、 x'_0 分别表示金刚滚轮偏转前后节线宽度中心点的位置， l_1 、 l_2 分别表示偏转后的节线段长度， Δx_2 、 Δy_2 表示金刚滚轮位置在X、Y轴上的二次补偿量；

最终采用逆向移动蜗杆砂轮的方式对X和Y轴的误差补偿，补偿值分别为 Δx_2 、 Δy_2 。

蜗杆砂轮磨齿面扭曲补偿方法

技术领域

[0001] 本发明属于齿轮制造领域,尤其是高精度齿向修形斜齿轮的制造领域,涉及一种蜗杆砂轮磨齿面扭曲补偿方法。

背景技术

[0002] 大量理论和实践表明,齿向修形能减小齿轮传动中啮入和啮出的冲击,改善载荷沿轮齿接触线不均匀分布的现象,减小振动和动载荷,提高齿轮传动精度、承载能力和使用寿命。孙建国等利用ANSYS软件建立齿轮动力接触有限元模型进行分析,得出齿轮修形后啮入啮出冲击得到明显改善的结论;魏延刚等通过仿真证实了齿向修形可有效避免边缘效应,大大降低齿轮传动中的最大应力。齿轮修形特别是齿向修形技术已得到越来越多的应用。

[0003] 在齿向修形中,鼓形齿向修形因其实现方法简单、补偿受载变形效果好而被广泛采用。然而,由于滚齿、蜗杆砂轮磨等连续展成法制齿工艺在加工齿向修形齿轮时,原理上存在几何误差,使齿面产生扭曲现象,并且扭曲会随着鼓形量及齿轮螺旋角的加大而越来越严重。当前,一般只在某一高度(通常为齿高中间位置)测量齿向误差,结果不能反映齿面扭曲状况,故实际生产中齿面扭曲往往被忽略。

[0004] 齿面扭曲会引起齿侧间隙变大、振动冲击增大、传动精度减小等问题,导致齿轮啮合效果变差、啮合噪声增加。随着汽车、风电等行业对齿轮精度要求的进一步提高,一些精密传动系统明确提出了齿面扭曲的控制要求。郭二廓等建立了成形磨齿齿向修形误差的数学模型,提出调整砂轮安装角以优化接触线的方法来改善齿面扭曲,但这种方法并不适用于蜗杆砂轮磨削;Tran VT.等提出磨削鼓形齿时增加一个齿轮的附加转角来减小齿向扭曲的方法,虽然效果较好,但是对机床的要求极高。目前国外的研究集中于几大主要磨齿机生产厂商,通过修整出特定形状的蜗杆或增大磨削时的对角比来实现扭曲控制。

发明内容

[0005] 针对蜗杆砂轮磨削带有齿向修形斜齿轮时出现的齿面扭曲问题,本发明提供了一种蜗杆砂轮磨齿面扭曲补偿方法,将蜗杆砂轮沿宽度方向分为粗磨区、精磨区及中间过渡区,根据合适的磨削对角比建立齿轮截面与砂轮截面间的严格映射关系。采用偏转金刚滚轮和改变砂轮轴线导程的方式完成砂轮修整,并补偿滚轮偏转后的位置误差,最终达到补偿齿轮各截面上不同齿面扭曲量误差的目的。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明采用了如下技术方案:

[0007] 蜗杆砂轮磨齿面扭曲补偿方法,在蜗杆砂轮修整过程,其修整运动附加金刚滚轮的偏转运动,并改变砂轮的轴向导程及螺旋角。

[0008] 作为本发明的一种优选方案,在磨齿机床上附加滚轮偏转运动轴,滚轮的旋转轴位置在偏转轴的前端,实现滚轮在绕自身轴线旋转的同时能够进行偏转运动。

[0009] 作为本发明的另一种优选方案,将蜗杆砂轮在宽度方向上划分为粗磨区、精磨区

及中间过渡区,利用对角磨削原理,选取合适的磨削对角比,使得齿轮宽度方向的截面与蜗杆砂轮宽度方向截面呈严格的映射关系,实现对齿轮各截面上不同扭曲量的精确补偿,其中中间过渡区的长度为啮合时的接触线沿轴线的长度,粗磨区、精磨区的长度由其对应的对角比及磨削冲程长度L决定:

$$[0010] \quad L_{P2P3} = LD_1$$

$$[0011] \quad L_{P3P4} = L_{B1B2} \cos \lambda_b$$

$$[0012] \quad L_{P4P5} = LD_2$$

[0013] 其中, L_{P2P3} 为粗磨区长度, L_{P3P4} 为中间过渡区长度, L_{P4P5} 为精磨区长度, L_{B1B2} 啮合线长度, D_1 为粗磨区对角比, D_2 为精磨区对角比, λ_b 为砂轮机圆导程角。

[0014] 作为本发明的又一种优选方案,中间过渡区的长度为啮合时的接触线沿轴线的长度,粗磨区的长度长于精磨区,三个区间的长度和等于砂轮的整体宽度。

[0015] 作为本发明的一种改进方案,根据被加工齿轮各截面上左右齿面扭曲量,分别计算对应砂轮截面处滚轮的偏转量及砂轮的轴向导程,并通过移动和偏转砂轮的方式实现齿面扭曲补偿;

[0016] 滚轮偏转角度 $\Delta \alpha$ 与左右齿面扭曲量间的关系为:

$$[0017] \quad \Delta \alpha = \arctan \left(\frac{\Delta \alpha_l - \Delta \alpha_r}{2L_c} \right)$$

[0018] 式中, $\Delta \alpha_l$ 、 $\Delta \alpha_r$ 分别表示左右齿面扭曲量, L_c 表示齿轮齿廓长度;砂轮轴向导程变化量 ΔL 与左右齿面扭曲量间的关系为:

$$[0019] \quad \Delta L = \frac{(\Delta \alpha_l + \Delta \alpha_r) L_d \sin \alpha_n}{2L_c}$$

[0020] 式中, $\Delta \alpha_l$ 、 $\Delta \alpha_r$ 分别表示左右齿面扭曲量, L_c 表示齿轮齿廓长度, L_d 表示蜗杆砂轮的轴向导程。

[0021] 作为本发明的另一种改进方案,滚轮的偏转中心存在偏移量,因此当滚轮发生偏转后,其初始节线宽度中心点会发生偏移,修整砂轮时为保证砂轮齿形,需对滚轮节线宽度中心点位置误差进行补偿,将滚轮的偏转看做是刚体的旋转,建立位置误差计算模型:

$$[0022] \quad r = \sqrt{(x_0 + r_1)^2 + y_0^2}$$

$$[0023] \quad \theta_1 = \arctan \left(\frac{x_0 + r_1}{y_0} \right)$$

$$[0024] \quad \theta_2 = \theta_1 - \Delta \alpha$$

$$[0025] \quad \Delta x_1 = r (\sin \theta_2 - \sin \theta_1)$$

$$[0026] \quad \Delta y_1 = r (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)$$

[0027] 式中: r 为滚轮节线宽度中心点的偏转半径, θ_1 为滚轮偏转前的偏转半径与Y轴夹角, θ_2 为滚轮偏转后的偏转半径与Y轴夹角, x_0 表示滚轮X轴偏移量, y_0 表示滚轮Y轴偏移量, $\Delta \alpha$ 表示偏转值, r_1 表示滚轮节圆半径, Δx_1 、 Δy_1 分别表示位置误差值;

[0028] 最后采用逆向运动的方式完成对X和Y轴的误差补偿,补偿值分别为 Δx_1 、 Δy_1 。

[0029] 作为本发明的经一步改进方案,对滚轮节线宽度中心点位置误差补偿方法后,还

必须对滚轮的位置进行二次补偿,保证滚轮在当前偏转姿态下,其当前节线与左右齿面的交点重合于未进行偏转前的交点,建立滚轮齿形及节线的偏转模型,根据几何关系,计算滚轮当前节线宽度中心点的位置误差二次补偿量:

$$[0030] \quad \Delta x_2 = (x'_0 - x_0) \cos \Delta \alpha$$

$$[0031] \quad \Delta y_2 = (x'_0 - x_0) \sin \Delta \alpha + \frac{l_1 - l_2}{2}$$

$$[0032] \quad l_1 = x'_0 \tan \alpha_n [\cos \Delta \alpha + \sin \Delta \alpha \tan (\alpha_n + \Delta \alpha)]$$

$$[0033] \quad l_2 = x'_0 \tan \alpha_n [\cos \Delta \alpha - \sin \Delta \alpha \tan (\alpha_n - \Delta \alpha)]$$

$$[0034] \quad x_0 = \frac{\pi m_n}{4 \tan \alpha_n}$$

$$[0035] \quad x'_0 = \frac{\pi m_n}{2 \tan \alpha_n [2 \cos \Delta \alpha + \sin \Delta \alpha [\tan (\alpha_n + \Delta \alpha) - \tan (\alpha_n - \Delta \alpha)]]}$$

[0036] 式中, m_n 表示齿轮法向模数, α_n 表示齿轮法向压力角, x_0 、 x'_0 分别表示滚轮偏转前后节线宽度中心点的位置, l_1 、 l_2 分别表示偏转后的节线段长度, Δx_2 、 Δy_2 表示滚轮位置在X、Y轴上的二次补偿量;

[0037] 最终采用逆向移动砂轮的方式对X和Y轴的误差补偿,补偿值分别为 Δx_2 、 Δy_2 。

[0038] 本发明的技术效果:本发明将蜗杆砂轮沿宽度方向分为粗磨区、精磨区及中间过渡区,根据合适的磨削对角比建立齿轮截面与砂轮截面间的严格映射关系。采用偏转金刚滚轮和改变砂轮轴线导程的方式完成砂轮修整,并补偿滚轮偏转后的位置误差,最终达到补偿齿轮各截面上不同齿面扭曲量误差的目的。

附图说明

[0039] 图1为金刚滚轮运动机构示意图;

[0040] 图2为蜗杆砂轮宽度方向上磨削分区;

[0041] 图3为滚轮偏转示意图;

[0042] 图4为滚轮齿形与节线偏转示意图;

[0043] 图5为滚轮位置一次补偿后砂轮修整效果示意图;

[0044] 图6为滚轮位置二次补偿后砂轮修整效果示意图;

[0045] 图7为变导程砂轮与齿轮的啮合示意图。

具体实施方式

[0046] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细地描述。

[0047] 按本发明用于修整蜗杆砂轮的金钢滚轮,根据其运动应包括旋转和偏转两个运动,且滚轮的旋转轴位置应在偏转轴的前端,其具体结构如图1所示。图中,1表示滚轮偏转轴,2表示滚轮旋转轴,3表示金刚滚轮,4表示滚轮节线。

[0048] 蜗杆砂轮磨削工艺一般分为粗磨、精磨,其中粗磨的磨削余量大于精磨,因此将蜗杆砂轮在宽度方向上划分为粗磨区、精磨区及中间过渡区(如图2所示),利用对角磨削原理,选取合适的磨削对角比,使得齿轮宽度方向的截面与蜗杆砂轮宽度方向截面呈严格的映射关系。在砂轮的整体宽度上根据粗磨、精磨时的对角比及其与齿轮啮合时的接触线沿

轴线的长度进行分区。其中中间过渡区 (P3-P4) 的长度为啮合时的接触线沿轴线的长度,粗磨区 (P2-P3)、精磨区 (P4-P5) 的长度由其对应的对角比D及磨削冲程长度L决定。为了使滚轮偏转变化量在砂轮宽度方向得到充分体现,对砂轮的宽度要求尽量长,因此对应的对角比要求尽量大。粗磨的磨削余量大于精磨,因此粗磨区的长度大于精磨区,选取精磨区的对角比D₂为1.2-1.5,再根据长度关系计算粗磨区的对角比D₁。

[0049] 图2中,N表示两条啮合线,B1、B2分别表示啮合线的两端,P表示两条啮合线的交点。则砂轮各段长度计算公式为:

$$[0050] \quad L_{P1P2} = L_{PB2} \cos \lambda_b$$

$$[0051] \quad L_{P5P6} = L_{PB1} \cos \lambda_b$$

$$[0052] \quad L_{P3P4} = L_{P1P2} + L_{P5P6}$$

$$[0053] \quad L_{P4P5} = LD_2$$

$$[0054] \quad L_{P2P3} = LD_1$$

[0055] 式中: λ_b 表示砂轮的基圆导程角。

[0056] 根据上述的砂轮截面与齿轮截面的严格对应关系,利用各齿轮截面上左右齿面扭曲量计算出滚轮的偏转值和砂轮位置及姿态调整值。针对左右齿面扭曲量的不同情况分别采用两种扭曲补偿方式,第一种为偏转滚轮的方式,用于左右齿面扭曲量呈相反数的情况;第二种为改变砂轮轴向导程的方式,用于左右齿面扭曲量相同的情况。

[0057] 下面分别对两种方式进行说明:

[0058] 1. 第一种齿面扭曲补偿方法——偏转滚轮

[0059] 采用第一种齿面扭曲补偿方法,在砂轮修整过程中,通过偏转金刚滚轮的角度,使砂轮的左右齿面相反地附加正向或负向扭曲,以补偿齿轮磨削时产生的扭曲。当滚轮向右偏转一定角度时,砂轮的左齿面会产生负向扭曲,齿轮的右齿面会相应产生绝对值相同的正向扭曲;当滚轮向左偏转一定角度时,砂轮左齿面产生正向扭曲量,右齿面产生绝对值相同的负向扭曲。因此可得滚轮偏转角度 $\Delta\alpha$ 与左右齿面扭曲量间的关系。

$$[0060] \quad \Delta\alpha_1 = \frac{\Delta\alpha_l - \Delta\alpha_r}{2}$$

$$[0061] \quad \Delta\alpha = \arctan\left(\frac{\Delta\alpha_1}{L_c}\right)$$

[0062] 式中, $\Delta\alpha_l$ 、 $\Delta\alpha_r$ 分别表示左右齿面扭曲量, L_c 表示齿轮齿廓长度。

[0063] 由图1中的滚轮运动机构可看出,滚轮的偏转中心存在偏移量,因此当滚轮偏转角度 $\Delta\alpha$ 后,其初始节线宽度中心点会发生偏移(如图3所示,图中,O表示偏转中心,A表示偏转前节线宽度中心点,B表示偏转后节线宽度中心点, x_0 表示滚轮X轴偏移量, y_0 表示滚轮Y轴偏移量, $\Delta\alpha$ 表示偏转值, r_1 表示滚轮节圆半径, Δx_1 、 Δy_1 分别表示位置误差值),修整砂轮时为保证砂轮的导程及螺旋角不发生改变,需对滚轮节线宽度中心点位置误差进行补偿,将滚轮的偏转看做是刚体的旋转,建立位置误差计算模型,最后采用移动砂轮的方式完成位置误差补偿。

$$[0064] \quad r = \sqrt{(x_0 + r_1)^2 + y_0^2}$$

$$[0065] \quad \theta_1 = \arctan \left(\frac{x_0 + r_1}{y_0} \right)$$

$$[0066] \quad \theta_2 = \theta_1 - \Delta \alpha$$

$$[0067] \quad \Delta x_1 = r (\sin \theta_2 - \sin \theta_1)$$

$$[0068] \quad \Delta y_1 = r (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)$$

[0069] 按上述方法进行第一次位置误差补偿后,可使节线宽度中心点A、B重合。但还须对滚轮的位置进行二次补偿,保证滚轮在当前偏转姿态下,其节线与左右齿面的交点重合于未进行偏转前的交点。使得偏转后的滚轮位置满足两个条件:

[0070] (1) 滚轮偏转后节线处齿宽等于偏转前节线处齿宽;

[0071] (2) 偏转后节线与左右齿面的交点到齿宽中心点距离相等。

[0072] 建立滚轮齿形及节线的偏转模型(如图4所示,图中,线1表示偏转前滚轮节线,线2表示偏转后滚轮节线, P_1 、 P_3 分别表示偏转前后节线与左齿面的交点, P_2 、 P_4 分别表示偏转前后节线与右齿面的交点, α_n 为标准压力角, P_0 、 P'_0 分别表示偏转前后节线处齿宽中心点,如图4(d)中所示),根据几何关系,计算滚轮当前节线宽度中心点的位置误差二次补偿量。

[0073] 根据图4中的几何关系计算位置误差二次补偿量,其计算公式如下:

$$[0074] \quad l = \frac{\pi m_n}{4}$$

$$[0075] \quad x_0 = \frac{\pi m_n}{4 \tan \alpha_n}$$

[0076] 式中, m_n 表示齿轮法向模数, α_n 表示齿轮法向压力角。为求 l_1 、 l_2 的长度,需作垂直于线2的辅助线,如图4(b)、4(c)所示。

$$[0077] \quad \alpha_1 = \alpha_n + \Delta \alpha$$

$$[0078] \quad \alpha_2 = \alpha_n - \Delta \alpha$$

[0079] 假设节线2沿竖直方向的移动量为 Δx ,则有

$$[0080] \quad x'_0 = x_0 + \Delta x$$

$$[0081] \quad l_1 = x'_0 \tan \alpha_n [\cos \Delta \alpha + \sin \Delta \alpha \tan (\alpha_n + \Delta \alpha)]$$

$$[0082] \quad l_2 = x'_0 \tan \alpha_n [\cos \Delta \alpha - \sin \Delta \alpha \tan (\alpha_n - \Delta \alpha)]$$

[0083] 根据滚轮位置调整条件(1)可知,需满足 $l_1 + l_2 = 2l$,可求出值 x'_0 。

$$[0084] \quad x'_0 = \frac{\pi m_n}{2 \tan \alpha_n [2 \cos \Delta \alpha + \sin \Delta \alpha [\tan (\alpha_n + \Delta \alpha) - \tan (\alpha_n - \Delta \alpha)]]}$$

[0085] 最终可得滚轮位置二次补偿量:

$$[0086] \quad \Delta x_2 = (x'_0 - x_0) \cos \Delta \alpha$$

$$[0087] \quad \Delta y_2 = (x'_0 - x_0) \sin \Delta \alpha + \frac{l_1 - l_2}{2}$$

[0088] 从图5和图6可以看出,当滚轮偏转某一角度对齿面扭曲进行补偿时,经过对滚轮位置误差的两次补偿后,能够保证在不改变砂轮齿形前提下,精确地实现齿轮各截面不同扭曲量的误差补偿。

[0089] 2. 第二种齿面扭曲补偿方法——改变砂轮轴向导程

[0090] 正常的蜗杆砂轮修整时,砂轮每转一圈的同时沿自身轴线方向(Y轴方向)移动的距离等于蜗杆砂轮的轴向导程 L_d ,此时砂轮的螺旋角及轴向导程主要由分度圆直径 d 决定。

$$[0091] \quad \beta = 90 - \arcsin\left(\frac{m_n z}{d}\right)$$

$$[0092] \quad L_d = \frac{\pi d}{\tan \beta}$$

[0093] 采用第二种齿面扭曲补偿方法,在砂轮修整过程中,通过改变砂轮的轴向导程,使砂轮的左右齿面同时附加正向或负向扭曲,以补偿齿轮磨削时产生的扭曲。当增大蜗杆砂轮轴向导程时,砂轮轴向齿厚相应增大(如图7(a)所示),对应被加工齿轮的左右齿面均产生相同数值的负向扭曲;当减小蜗杆砂轮轴向导程时,砂轮轴向齿厚相应减小(如图7(b)所示),对应被加工齿轮的左右齿面均产生相同数值的正向扭曲。基于这种原理,可根据齿轮扭曲量计算砂轮轴向导程变化量。

$$[0094] \quad \Delta\alpha_2 = \frac{\Delta\alpha_l + \Delta\alpha_r}{2}$$

$$[0095] \quad \Delta L = \frac{\Delta\alpha_2 L_d \sin \alpha_n}{L_c}$$

$$[0096] \quad L_{d1} = L_d - \Delta L$$

$$[0097] \quad \beta_1 = \arctan\left(\frac{\pi d}{L_{d1}}\right)$$

[0098] 式中, $\Delta\alpha_l$ 、 $\Delta\alpha_r$ 分别表示左右齿面扭曲量, L_c 表示齿轮齿廓长度, ΔL 表示砂轮轴向导程变化量, L_{d1} 、 β_1 分别为扭曲补偿后砂轮的轴向导程、螺旋角。

[0099] 由以上公式可知,当齿面扭曲量发生变化时,蜗杆砂轮的轴向导程及螺旋角也会改变,这种改变是通过在正常砂轮修整方式的基础上附加运动实现,附加运动应包括沿砂轮轴线(Y轴)方向的运动及砂轮轴线的偏转运动(A轴)。

[0100] 此外,通过以上的分析,第一种齿面扭曲补偿方法是针对齿轮左右齿面扭曲量呈相反数的情况,第二种齿面扭曲补偿方法是针对齿轮左右齿面扭曲量相同的情况。因此,可以将两种齿面扭曲补偿方法组合起来,能够实现左右齿面任意扭曲量的补偿。

[0101] 本发明的优点在于,采用这种砂轮磨齿面扭曲补偿方法,能够直接、有效地解决带有齿向修形斜齿轮磨削过程中的齿面扭曲问题,能减小齿轮传动中啮入和啮出的冲击,改善载荷沿轮齿接触线不均匀分布的现象,减小振动和动载荷,提高齿轮传动精度、承载能力和使用寿命。

[0102] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

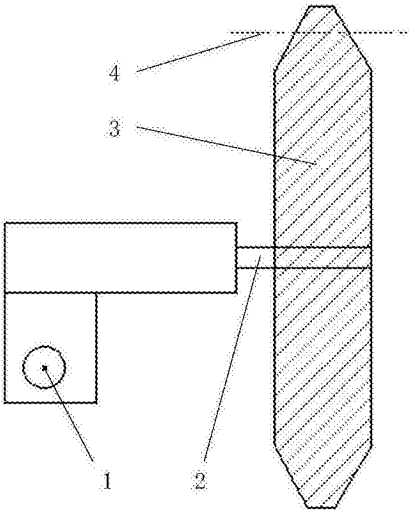


图1

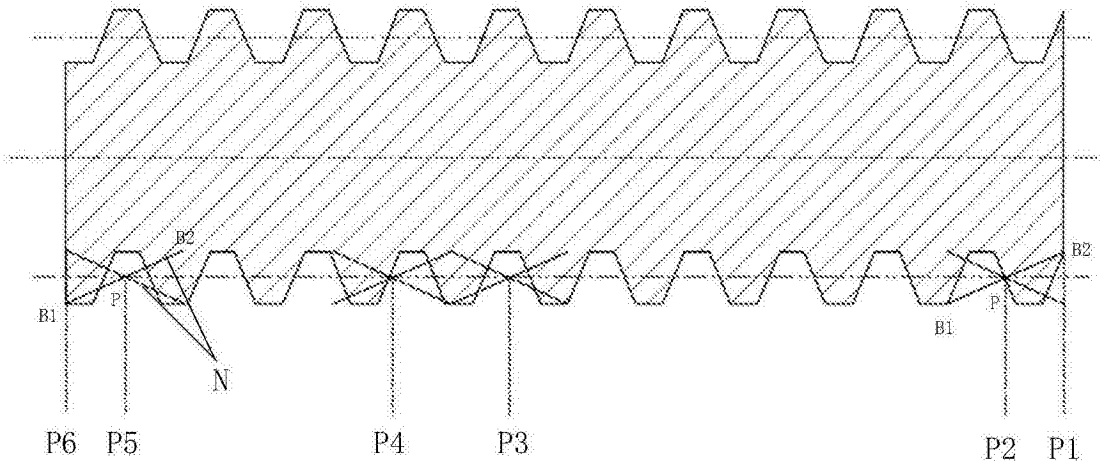


图2

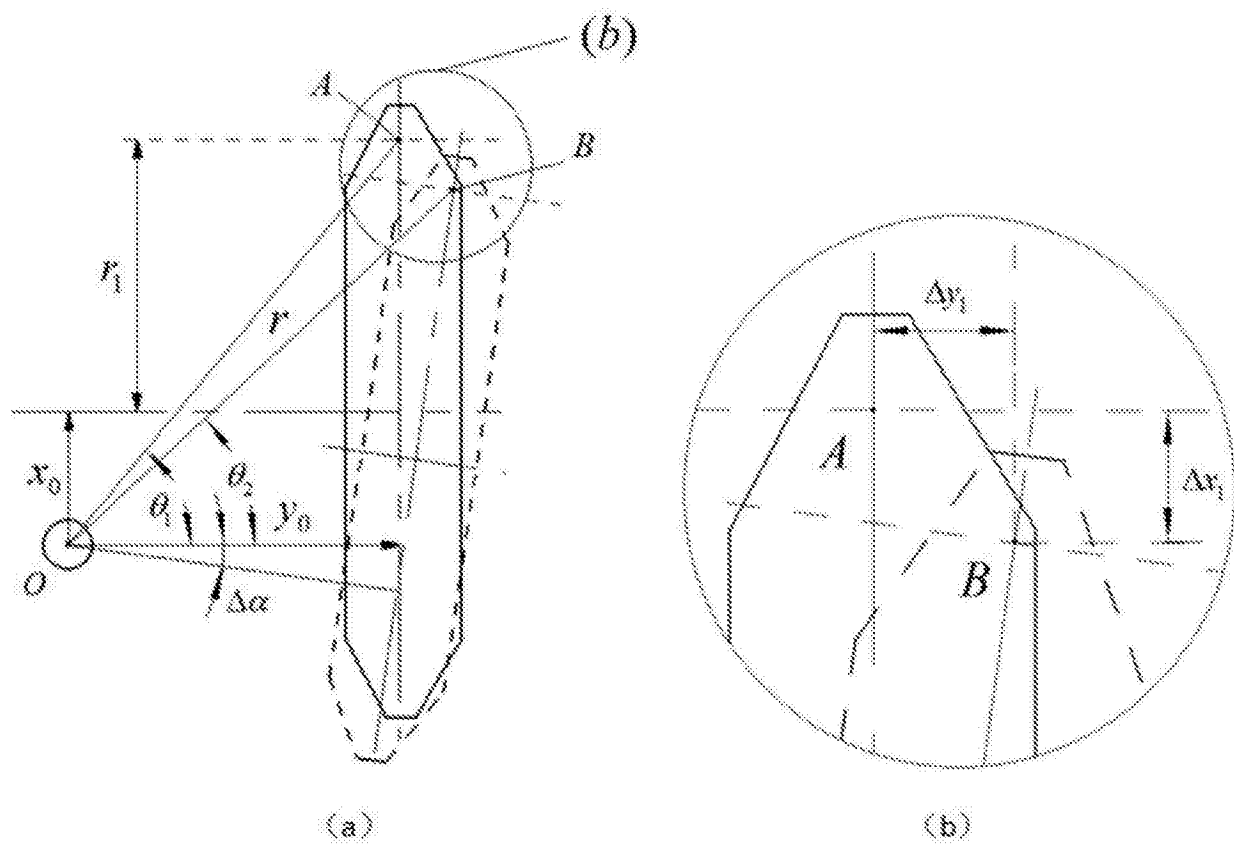


图3

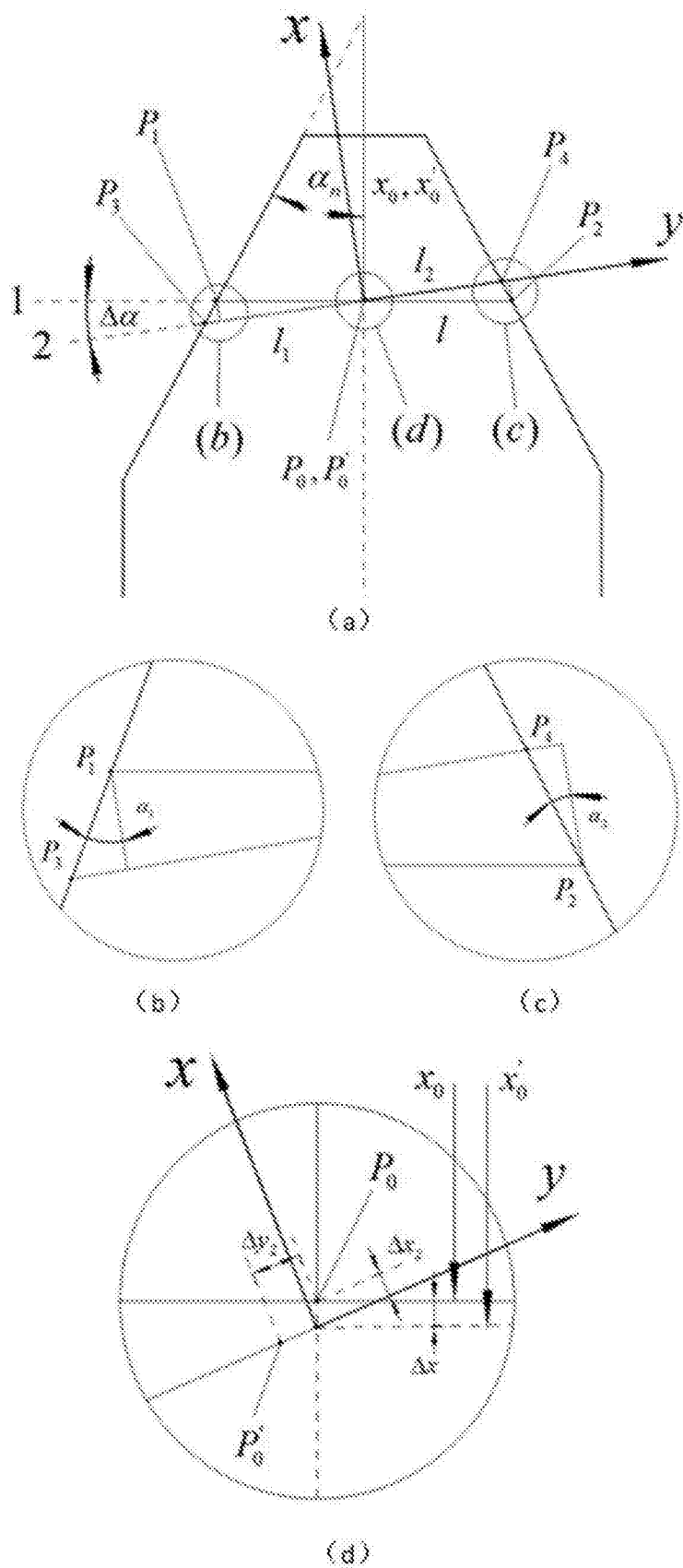


图4

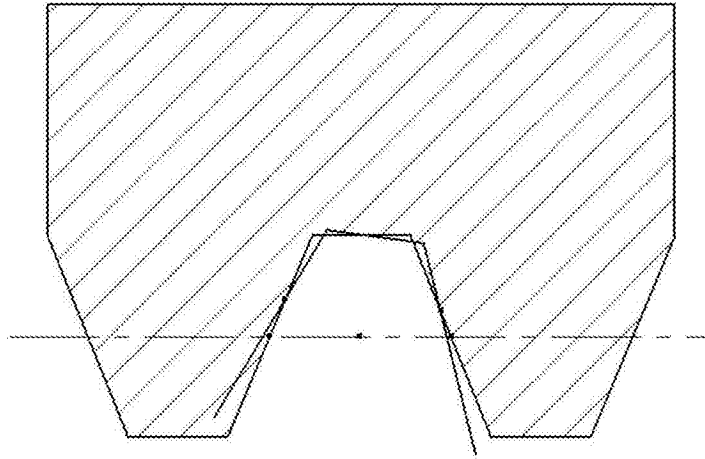


图5

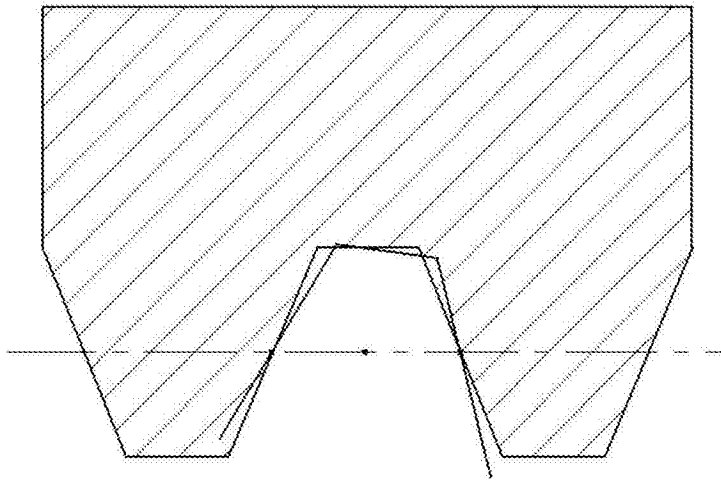


图6

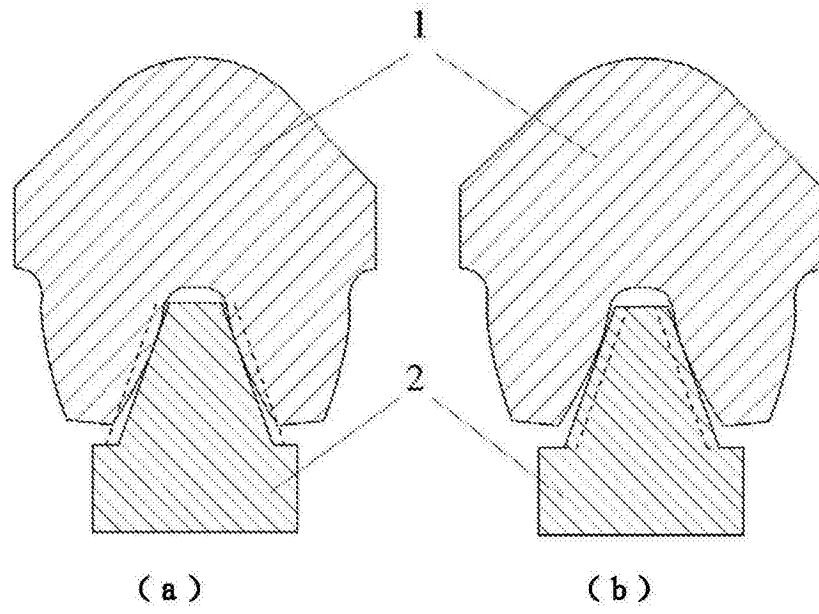


图7