



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202490983 U

(45) 授权公告日 2012. 10. 17

(21) 申请号 201220102844. 3

(22) 申请日 2012. 03. 19

(73) 专利权人 李钊刚

地址 210019 江苏省南京市秦淮区来凤新村
50 号 302 室

(72) 发明人 李钊刚

(74) 专利代理机构 南京苏科专利代理有限责任
公司 32102

代理人 任利国

(51) Int. Cl.

B23F 21/16(2006. 01)

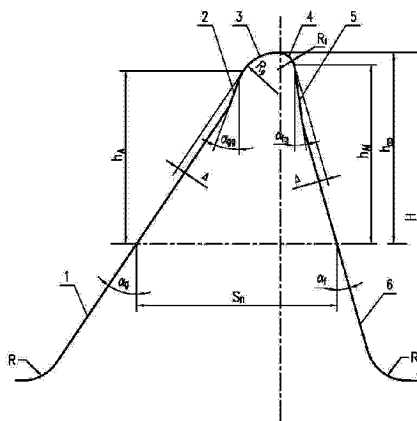
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 3 页

(54) 实用新型名称

非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀

(57) 摘要

本实用新型提供了一种非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀,该留磨滚刀的法向齿廓为非对称齿条齿廓,其中工作侧齿廓包括加工时包络生成轮齿工作侧渐开线的工作侧主刀刃、加工时生成轮齿工作侧齿根部位弧线的工作侧刀具齿顶圆弧及位于工作侧主刀刃与工作侧刀具齿顶圆弧之间的工作侧过渡刃;其中非工作侧齿廓包括加工时包络生成轮齿非工作侧渐开线的非工作侧主刀刃、加工时生成轮齿非工作侧齿根部位弧线的非工作侧刀具齿顶圆弧及位于非工作侧主刀刃与非工作侧刀具齿顶圆弧之间的非工作侧过渡刃;工作侧主刀刃的压力角范围为 $14^{\circ} \sim 40^{\circ}$,且工作侧主刀刃的压力角比非工作侧主刀刃的压力角大 $6^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 。该滚刀可以滚齿加工出非对称齿廓渐开线齿轮。



1. 一种非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀,其特征在于,所述滚刀的法向齿廓为非对称齿条齿廓,其中工作侧齿廓包括加工时包络生成轮齿工作侧渐开线的工作侧主刀刃、加工时生成轮齿工作侧齿根部位弧线的工作侧刀具齿顶圆弧及位于所述工作侧主刀刃与所述工作侧刀具齿顶圆弧之间的工作侧过渡刃;其中非工作侧齿廓包括加工时包络生成轮齿非工作侧渐开线的非工作侧主刀刃、加工时生成轮齿非工作侧齿根部位弧线的非工作侧刀具齿顶圆弧及位于所述非工作侧主刀刃与所述非工作侧刀具齿顶圆弧之间的非工作侧过渡刃;所述工作侧主刀刃的压力角范围为 $14^{\circ} \sim 40^{\circ}$,且所述工作侧主刀刃的压力角比所述非工作侧主刀刃的压力角大 $6^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 。

2. 根据权利要求1所述的非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀,其特征在于,所述工作侧刀具齿顶圆弧的半径大于所述非工作侧刀具齿顶圆弧的半径。

3. 根据权利要求1所述的非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀,其特征在于,所述工作侧齿廓及非工作侧齿廓的齿顶高 h_a 与所加工齿轮的模数 m 之间的关系为 $1.0m \leq h_a \leq 1.45m$ 。

4. 根据权利要求1或2或3所述的非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀,其特征在于,所述工作侧齿廓和所述非工作侧齿廓都留有挖根量。

5. 根据权利要求1或2或3所述的非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀,其特征在于,所述工作侧齿廓和所述非工作侧齿廓的挖根量为零。

非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种齿轮留磨滚刀,尤其涉及一种非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀,属于齿轮刀具技术领域。

背景技术

[0002] 传统渐开线齿轮的轮齿两侧的齿廓是完全对称的,基本参数有压力角、齿顶高系数、顶隙系数、齿顶圆角系数等。为了刀具的统一,国内外都制订有渐开线齿轮基本齿廓的标准。如 h_a —齿顶高, $h_a = h_{an}^* \cdot m$,其中 m —模数,对斜齿轮为法向模数; h_{an}^* —齿顶高系数。

[0003] 对于绝大多数齿轮来说,正反转时的载荷是不同的,有的只是单一方向运转,有的虽是双向运转,但反向运转的时间和载荷都要比正向低得多。完全对称的齿廓设计,造成主承载面因为参数限制使得性能受到制约,而反面则因为不适用、少使用或轻载使用而造成浪费。

[0004] 近年来,非对称齿廓渐开线齿轮已经从研究逐渐步入应用阶段。公开号为 CN201851630U 的中国实用新型即涉及一种非对称齿廓渐开线齿轮。由于非对称齿廓齿轮通过削弱非受载或受轻载侧的齿廓以增强主受载侧齿廓的途径,实现显著提高提高齿轮承载能力效果,具有很强的生命力和极好的应用前景。

[0005] 但是,受齿廓加工成形方法的限制,目前的非对称齿廓渐开线齿轮的应用主要还局限于采用模具成型齿轮的范围内,如塑料齿轮、铸造齿轮、粉末冶金齿轮和模锻齿轮等。而能采用机械加工生产的非对称齿廓渐开线齿轮的方法很少,已见报道的有线切割齿轮,这种方法受加工成本、效率和精度的限制,很难在各工业领域获得大规模的推广应用。

[0006] 另一方面,渗碳淬火磨齿的硬齿面齿轮已在现阶段齿轮产品中占据的主导地位。由于这种齿轮是经热处理后才磨齿,所用滚刀必须是带有一定挖根量的留磨滚刀(也称凸头滚刀或磨前滚刀),在磨齿时把留磨量部分磨掉,才能保证磨齿后所磨得的齿廓能和不需要磨也不应该磨的齿根部位弧线部分有良好的过度,不产生磨齿台阶,不伤齿根。同时,为了减小应力集中,在保证渐开线生成长度能满足齿轮啮合要求的条件下,齿轮齿根部位弧线的半径(齿根部位弧线和滚刀刀头的圆角部分共轭生成)越大越好,即滚刀刀头的圆角 R 越大越好,这一点,现在许多标准的对称齿廓齿轮的滚刀也没能完全做到。

[0007] 严格来说,渐开线齿轮留磨滚刀的法向齿廓应该包括三个部分:主刀刃(其压力角等于所加工齿轮的压力角,加工时包络生成轮齿两侧的渐开线)、滚刀刀头的圆弧(加工时生成轮齿齿根的圆弧和过度曲线)和过度刃(其压力角小于所加工齿轮的压力角,加工时包络生成轮齿留磨量终点组成的渐开线)。如果要设计非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀,其法向齿廓也同样要包括上述三部分,也同样要满足齿轮齿根部位弧线的半径 R 尽可能大的要求。

实用新型内容

[0008] 本实用新型的目的在于,克服现有技术中存在的问题,提出一种非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀,可以加工出非对称齿廓渐开线齿轮。

[0009] 为解决以上技术问题,本实用新型所提供的一种非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀,所述滚刀的法向齿廓为非对称齿条齿廓,其中工作侧齿廓包括加工时包络生成轮齿工作侧渐开线的工作侧主刀刃、加工时生成轮齿工作侧齿根部位弧线的工作侧刀具齿顶圆弧及位于所述工作侧主刀刃与所述工作侧刀具齿顶圆弧之间的工作侧过渡刃;其中非工作侧齿廓包括加工时包络生成轮齿非工作侧渐开线的非工作侧主刀刃、加工时生成轮齿非工作侧齿根部位弧线的非工作侧刀具齿顶圆弧及位于所述非工作侧主刀刃与所述非工作侧刀具齿顶圆弧之间的非工作侧过渡刃;所述工作侧主刀刃的压力角范围为 $14^\circ \sim 40^\circ$,且所述工作侧主刀刃的压力角比所述非工作侧主刀刃的压力角大 $6^\circ \sim 18^\circ$ 。

[0010] 相对于现有技术,本实用新型取得了以下有益效果:该滚刀可以滚齿加工出非对称齿廓渐开线齿轮,其中工作侧主刀刃和非工作侧主刀刃可以对应切出轮齿的工作侧渐开线和非工作侧渐开线,工作侧刀具齿顶圆弧和非工作侧刀具齿顶圆弧可以对应切出轮齿的工作侧齿根部位弧线和非工作侧齿根部位弧线;采用该齿廓的滚刀,可解决两侧压力角 $14^\circ \sim 40^\circ$ 范围内的非对称齿廓齿轮的滚齿加工,实现磨齿后齿根圆滑过渡。

[0011] 作为本实用新型的优选方案,所述工作侧刀具齿顶圆弧的半径大于所述非工作侧刀具齿顶圆弧的半径。可达到比它的压力角小 10° 的标准对称齿廓滚刀的 R 值,提高所加工齿轮的齿根的抗弯强度。

[0012] 作为本实用新型的优选方案,所述工作侧齿廓及非工作侧齿廓的齿顶高 h_a 与所加工齿轮的模数 m 之间的关系为 $1.0m \leq h_a \leq 1.45m$ 。所加工齿轮可以是长齿廓,也可以是短齿廓。

[0013] 作为本实用新型的优选方案,所述工作侧齿廓和所述非工作侧齿廓都留有挖根量。可保证磨齿后不磨到齿根。

[0014] 作为本实用新型的另一种优选方案,所述工作侧齿廓和所述非工作侧齿廓的挖根量为零。挖根量为零作为带挖根量的特例,可以用于不带留磨量的非对称齿廓渐开线齿轮的滚齿。

附图说明

[0015] 下面结合附图对本实用新型作进一步的说明。

[0016] 图 1 为本实用新型非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀的法向齿廓。

[0017] 图中:1—工作侧主刀刃,2—工作侧过渡刃,3—工作侧刀具齿顶圆弧,4—非工作侧刀具齿顶圆弧,5—非工作侧过渡刃,6—非工作侧主刀刃, h_{a0} —刀具齿顶高, Δ —挖根量, H —刀具齿全高, S_n —刀具中线齿厚, α_g —工作侧压力角, R_g —工作侧刀具齿顶圆弧半径, α_{gg} —工作侧过渡刃压力角, h_A —工作侧 $\Delta=0$ 的 α_g 压力角线和刀具齿顶圆角切点 A 的高度, R —刀具齿根圆角半径, α_f —非工作侧压力角, R_f —非工作侧刀具齿顶圆弧半径, α_{fg} —非工作侧过渡刃压力角, h_{Af} —非工作侧 $\Delta=0$ 的 α_g 压力角线和刀具齿顶圆角切点 A 的高度。注:本说明书以大压力角侧为工作侧,以小压力角侧为非工作侧。

[0018] 图 2 为非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀的法向齿廓求解参考图。

[0019] 图中:和图 1 相同的符号不再赘述,仅对图 1 没出现过的符号说明如下:

- [0020] A、 A_f —工作侧、非工作侧压力角线和刀具齿顶圆角的切点；
- [0021] C、 C_f —工作侧、非工作侧过渡刃和刀具齿顶圆角的切点；
- [0022] B、 B_f —工作侧、非工作侧主刀刃和过渡刃的交点， h_B 、 h_{Bf} —为相应高度；
- [0023] Δ_0 —刀具中线上 $\pi m_n/2$ 点（无侧隙齿厚）到主刀刃 Δ 方向的距离；
- [0024] Δ_1 —齿厚上偏差到主刀刃在 Δ 方向的距离，S、 S_f —工作侧、非工作侧齿厚上偏差线和过度刃的交点， h_S 、 h_{Sf} —为 S、 S_f 点的相应高度，该点即是决定磨齿磨到齿厚上偏差时渐开线的起始点的点。如果磨齿磨到齿厚上偏差时渐开线的起始点能够满足齿轮啮合要求，则磨齿磨到其它位置时就全都能满足齿轮能够啮合要求（齿厚下偏差时渐开线的起始点就更能够满足齿轮的啮合要求），故除特别需求外，刀具设计时一般仅求出 S、 S_f 点及相应高度即可。
- [0025] 图中其它点和线为求解作图的辅助线和生成的点，将在实施例中说明，此处不再赘述。
- [0026] 图 3 为非对称外齿轮齿部主要参数示意图。
- [0027] 图中： d_j —尖圆直径， d_a —齿顶圆直径， d —分度圆直径， d_{bg} 、 d_{bf} —齿轮工作齿面、非工作齿面的基圆直径；
- [0028] α_{jg} 、 α_{jf} —工作齿面、非工作齿面尖角，S—分度圆弧厚度；
- [0029] E_g 、 E_f —工作齿面、非工作齿面啮合起始点， d_{Eg} 、 d_{Ef} —齿轮工作齿面、非工作齿面啮合起始圆直径；
- [0030] F_g 、 F_f —工作齿面、非工作齿面加工生成的渐开线起始点， d_{Fg} 、 d_{Ff} —齿轮工作齿面、非工作齿面加工生成的渐开线起始圆直径。

具体实施方式

[0031] 如图 1 所示，本实用新型的非对称齿廓渐开线齿轮留磨滚刀，滚刀的法向齿廓为非对称齿条齿廓，其中工作侧齿廓包括加工时包络生成轮齿工作侧渐开线的工作侧主刀刃 1、加工时生成轮齿工作侧齿根部位弧线的工作侧刀具齿顶圆弧 3 及位于工作侧主刀刃 1 与工作侧刀具齿顶圆弧 3 之间的工作侧过渡刃 2；其中非工作侧齿廓包括加工时包络生成轮齿非工作侧渐开线的非工作侧主刀刃 6、加工时生成轮齿非工作侧齿根部位弧线的非工作侧刀具齿顶圆弧 4 及位于非工作侧主刀刃 6 与非工作侧刀具齿顶圆弧 4 之间的非工作侧过渡刃 5；工作侧主刀刃 1 的压力角范围为 $14^\circ \sim 40^\circ$ ，且工作侧主刀刃 1 的压力角比非工作侧主刀刃 6 的压力角大 $6^\circ \sim 18^\circ$ 。

[0032] 工作侧齿廓及非工作侧齿廓的齿顶高 ha 与所加工齿轮的模数 m 之间的关系为 $1.0m \leq ha \leq 1.45m$ 。所加工齿轮可以是长齿廓，也可以是短齿廓。

[0033] 工作侧齿廓和非工作侧齿廓都留有挖根量，可保证磨齿后不磨到齿根。挖根量为零作为带挖根量的特例，可以用于不带留磨量的非对称齿廓渐开线齿轮的滚齿。

[0034] 设计顺序参考图 2、图 3：

[0035] 1，根据齿轮参数确定刀具的齿顶高 h_{a0} ，计算两轮的工作侧和非工作侧的啮合起始圆直径 d_{Eg} 、 d_{Ef} ，最终加工生成渐开线起始圆 d_{Fg} 、 d_{Ff} 必须满足要求。

[0036] 2，确定挖根量 Δ 、公法线长度留磨量 ΔW 、 $\pi m_n/2$ 点相对于刀具的位置（ Δ_0 的量）。两侧的取值应相同。

[0037] 3, 按 $\pi M_n/2$, 加上 $(\Delta - \Delta_0)/\cos \alpha_g$ 和 $(\Delta - \Delta_0)/\cos \alpha_f$ 为中线底边长, 以 $(90 - \alpha_g)$ 、 $(90 - \alpha_f)$ 为两底角作三角形, 得三顶点 I、II、III。过顶点 I 作底边的垂线。用正弦定理求出另两边的边长。

[0038] 4, 以刀具的齿顶高 h_{a0} 为高作底边 II—III 的平行线, 分别交三角形两边于 P、N 点, 过大压力角侧边的 P 点作 $\angle APN$ 的角平分线 P— O_1 。

[0039] 5, 初定大压力角侧滚刀齿顶圆弧半径 R_g 的最大值, 以 $h_{a0} - R_g$ 为高作底边 II—III 的另一条平行线, 与 $\angle APN$ 的角平分线 P— O_1 交于 O_1 点, 过 O_1 作底边的垂线交线段 P—N 于 M 点。以 O_1 点为圆心以 MO_1 为半径作圆弧与大压力角边 I—II 切于 A 点。M 点为刀具齿顶的最高点。

[0040] 6, 过 N 点作 $\angle PN$ III 的角平分线 N— O_2 交线段 M— O_1 于 O_2 点, 以 O_2 点为圆心以 MO_2 为半径作圆弧与边 I—III 切于 A_f 点, 则 MO_2 为小压力角侧滚刀齿顶圆弧半径 R_f 的最大值。

[0041] 7, 给定两侧过度刃压力角, 分别作两侧滚刀齿顶圆弧的过度刃切线。判断大、小压力角侧滚刀齿顶圆弧 R_g 和 R_f 能否满足要求、按齿厚上偏差磨齿时 (刀具过度刃上的 S 和 S_f 点生成的渐开线起始圆) 能否满足啮合要求, 如果不能满足要求, 则可用调整刀具的齿顶高 h_{a0} 或减小大压力角侧滚刀齿顶圆弧 R_g 值的办法来重新设计。

[0042] 8, 作出主刀刃线, 算出主刀刃和过度刃交点的高度。算出刀具中线的齿厚。

[0043] 9, 当所加工的非对称齿轮两侧的变位系数不同时, 用修正一侧刀具齿厚的办法来设计刀具, 使得达到按非修正侧齿轮的变位系数加工齿轮时, 修正侧刀刃加工出来的齿面就是按原来设计的变位系数加工出来的齿面。按修正一侧的刀具齿厚修改该侧的主刀刃, 并重新计算因修正引起的尺寸变化。

[0044] 10, 确定齿根高度和齿根圆角等尺寸, 完成齿廓设计。

[0045] 现以设计加工一对 $M_n=10\text{mm}$ 的非对称齿轮为例, 具体说明分别设计加工大小齿轮的非对称齿轮留磨滚刀的方法。

[0046] 实施例一

[0047] 非对称齿轮参数如下 (参考图 3):

[0048] 小齿轮齿数 21、大齿轮齿数 92; 工作侧压力角 $\alpha_g=34^\circ$, 非工作侧压力角 $\alpha_f=16^\circ$; 螺旋角 13.8° , 中心距 585.5mm ; 顶隙 $C_n^*=0.25$;

[0049] 小齿轮齿顶圆直径 $d_{a1}=243.0\text{mm}$, 分度圆直径 $d_1=216.242\text{mm}$, 工作侧变位系数 $x_{g1}=0.3187$, 非工作侧变位系数 $x_{f1}=0.3187$, 尖圆直径 $d_{j1}=247.549\text{mm}$, 工作侧尖角 $\alpha_{jg}=44.15524^\circ$, 非工作侧尖角 $\alpha_{jf}=33.0941^\circ$, 工作侧啮合起始圆直径 $d_{E1g}=201.795\text{mm}$, 非工作侧啮合起始圆直径 $d_{E1f}=207.751\text{mm}$; 跨 3 齿测量时的公法线长度 $W_3=81.405\text{mm}$, 上偏差 -0.089mm 、下偏差 -0.136mm ;

[0050] 大齿轮齿顶圆直径 $d_{a2}=971.0\text{mm}$, 分度圆直径 $d_2=947.346\text{mm}$, 工作侧变位系数 $x_{g2}=0.0543$, 非工作侧变位系数 $x_{f2}=0.0651$, 尖圆直径 $d_{j2}=978.886\text{mm}$, 工作侧尖角 $\alpha_{jg}=37.3577^\circ$, 非工作侧尖角 $\alpha_{jf}=21.84952^\circ$, 工作侧啮合起始圆直径 $d_{E2g}=930.788\text{mm}$, 非工作侧啮合起始圆直径 $d_{E2f}=936.776\text{mm}$; 跨 10 齿测量时的公法线长度 $W_{10}=304.615\text{mm}$, 上偏差 -0.164mm 、下偏差 -0.24mm ;

[0051] 设计可按以下步骤 (参考图 2):

[0052] 加工大、小齿轮的刀具要分别设计。

[0053] 设计加工小齿轮的刀具：

[0054] 1, 根据齿轮参数按普通刀具的设计方法确定刀具的齿顶高 $h_{a0}=13.808\text{mm}$, 取 $h_{a0}=14.00\text{mm}$ 。

[0055] 计算齿轮的工作侧和非工作侧的啮合起始圆直径, 工作侧 $d_{E1g}=201.795\text{mm}$, 非工作侧啮合起始圆直径 $d_{E1f}=207.751\text{mm}$; , 最终加工生成渐开线起始圆 d_{F1g} 、 d_{F1f} 必须满足要求。

[0056] 2, 取挖根量 $\Delta=0.35\text{mm}$ 、 $\Delta_0=0.222\text{mm}$, 则 $\Delta_1=0.222+$ 公法线长度上偏差 $0.089/2=0.2665\text{mm}$, $\Delta-\Delta_0=0.35-0.222=0.128\text{mm}$, 公法线长度留磨量 $\Delta W=0.58\text{mm}$, 两侧的取值相同。

[0057] 留磨滚刀挖根量和留磨量的取值原则是：滚小齿轮的滚刀的挖根量小, 滚大齿轮的滚刀的挖根量大; 滚小齿轮的留磨量大, 滚大齿轮的留磨量小。 Δ_0 则是由 ΔW 决定的。由于这些量的数值在国内尚未有统一的标准, 理解和认识有差异, 实际执行比较混乱。比如对公法线长度留磨量的理解就不一样, 往往造成制造和使用间存在一定的偏差。本实施例的留磨量是按公法线长度的中差计算的。因此, 挖根量和留磨量的具体数值主要是根据齿轮参数和热处理的控制水平按设计经验确定, 是留磨滚刀设计的一般原则。

[0058] 3, 按 $L_{IIIII}=\pi Mn/2+(\Delta-\Delta_0)/\cos\alpha_g+(\Delta-\Delta_0)/\cos\alpha_f=\pi\times 10/2+0.128/\cos 34^\circ+0.128/\cos 16^\circ=15.9956\text{mm}$ 为中线底边长, 以 $(90-\alpha_g)=90-34=56^\circ$, $(90-\alpha_f)=90-16=74^\circ$ 为两底角作三角形, 得三顶点 I、II、III。过顶点 I 作底边的垂线,

[0059] 用正弦定理求出另两边的边长 $L_{I II}=20.0718\text{mm}$, $L_{I III}=17.3109\text{mm}$ 。三角形高 $h_I=16.6403\text{mm}$ 。

[0060] 4, 以刀具的齿顶高 $h_{a0}=14\text{mm}$ 为高作底边 II—III 的平行线, 分别交两边于 P、N 点, 过大压力角侧边的 P 点作 $\angle APN$ 的角平分线 P— O_1 。

[0061] 5, 初定大压力角侧滚刀齿顶圆弧 R_g 的最大值 $R_g=3\text{mm}$; , 以 $h_{a0}-R_g=14-3=11\text{mm}$ 为高作底边 II—III 的另一条平行线, 与两边分别交于 P 点和 N 点, 与 $\angle APN$ 的角平分线 P— O_1 交于 O_1 , 过 O_1 作底边的垂线交线段 P—N 于 M 点。以 O_1 点为圆心以 $MO_1=3\text{mm}$ 为半径作圆弧与大压力角边 I—II 切于 A 点。M 点为刀具齿顶的最高点。

[0062] $\angle APO_1=\angle MPO_1=(180-56)/2=62^\circ$,

[0063] 线段 $L_{PN}=(h_I-h_{a0})/h_I\times L_{IIIII}=(16.6403-14)/16.6403\times 15.9956=2.538\text{mm}$,

[0064] $L_{PM}=L_{MO1}\times \tan(\angle PO_1M)=3\times \tan(90-62)=1.5951\text{mm}$,

[0065] $L_{MN}=L_{PN}-L_{PM}=2.538-1.5951=0.9429\text{mm}$

[0066] 6, 过 N 点作 $\angle PN III$ 的角平分线 N— O_2 交线段 M— O_1 于 O_2 点, 以 O_2 点为圆心以 MO_2 为半径作圆弧与边 I—III 切于 A_f 点, 则线段 MO_2 的长度就是小压力角侧滚刀齿顶圆弧半径 R_f 的最大值。

[0067] $\angle MNO_2=\angle A_fNO_2=(180-74)/2=53^\circ$,

[0068] $L_{MO2}=L_{MN}\times \tan(\angle MNO_2)=0.9429\times \tan 53^\circ=1.251\text{mm}$,

[0069] $R_f=L_{MO2}=1.251\text{mm}$ 。因为该侧为非工作面, 齿根圆角部分受的力是压应力, R 稍小不会明显影响齿根弯曲强度, R_f 可以满足要求。

[0070] 7, 给定大压力角侧过度刃压力角 $\alpha_{gg}=15^\circ$, 小压力角侧过度刃压力角 $\alpha_{fg}=8^\circ$, 分别作两侧滚刀齿顶圆弧的过度刃切线, 按公法线长度的上偏差 ($\Delta_1=0.2665\text{mm}$) 作两边的平行线, 分别与两边过度刃交于 S 和 S_f 点, 按相关公式计算出两点到刀具中线的高度:

[0071] $h_s = 12.05\text{mm}$, $h_{sf} = 12.499\text{mm}$ 。

[0072] 以该高度值作为齿条的齿顶高分别和该齿轮的两侧齿面相啮合所得的啮合起始点圆即是按上偏差磨齿时所得到的渐开线起始圆,其直径分别为:

[0073] 大压力角侧 $d_{F1g} = 200.03\text{mm} < d_{E1g} = 201.795\text{mm}$,

[0074] 小压力角侧 $d_{F1f} = 207.40\text{mm} < d_{E1f} = 207.751\text{mm}$;

[0075] 采用该参数滚刀滚齿后,即使按上偏差磨齿,所生成的渐开线起始点也可以满足齿轮啮合要求(按其它偏差磨齿,都可以满足齿轮啮合要求)。

[0076] 如果不能满足要求,则可用调整刀具的齿顶高 ha_0 或减小大压力角侧滚刀齿顶圆弧 R_g 值的办法来重新设计。

[0077] 8,作出主刀刃线,算出主刀刃和过度刃交点 B 和 B_f 点的高度,

[0078] $h_b = 11.223\text{mm}$, $h_{bf} = 10.519\text{mm}$ 。

[0079] A 和 A_f 点的高度, $h_A = 12.678\text{mm}$, $h_{Af} = 13.094\text{mm}$ 。

[0080] 计算刀具中线齿厚(两侧主刀刃间长度)

[0081] $S = L_{II} - III - \Delta / \cos \alpha_g - \Delta / \cos \alpha_f = 15.9956 - 0.35 / \cos 34^\circ - 0.35 / \cos 16^\circ = 15.209\text{mm}$

[0082] 9,因为该小齿轮的两侧的变位系数相同,滚齿时两侧可以同时滚到尺寸,不需要用修正一侧的刀具齿厚的办法来设计刀具。

[0083] 10,经计算,要加工出该齿轮的两侧齿顶圆处的齿廓,分别需要刀具的齿根有效高度为 8.93mm 和 6.07mm ,考虑的余量和齿根圆角等因素,取全齿高 $H = 2.6m_n = 26\text{mm}$, 刀具齿根圆角 $R = 0.15m_n = 1.5\text{mm}$, 完成滚刀齿廓设计。

[0084] 加工大齿轮的刀具和加工小齿轮的刀具的设计顺序和方法基本相同,几个区别点:

[0085] 1,如前所述,加工大齿轮的刀具的挖根量要比加工小齿轮的刀具的量小,留磨量要比加工小齿轮的刀具的量小。因为大齿轮的渐开线起始圆直径更容易保证,所以加工大齿轮的刀具的齿顶圆角半径可以比比加工小齿轮的刀具的值取得大。

[0086] 2,本实施例的大齿轮两侧的变位系数不同,必须用修正一侧的刀具齿厚的办法来设计刀具,使得达到按非修正侧齿轮的变位系数加工齿轮时,修正侧刀刃加工出来的齿面就是按原来设计的变位系数加工出来的齿面。按修正一侧的刀具齿厚修改该侧的主刀刃,并重新计算相关参数变化后的值。

[0087] 大齿轮滚刀计算结果如下:

[0088] 1,刀具的齿顶高 $h_{a0} = 14.00\text{mm}$

[0089] 齿轮的工作侧和非工作侧的啮合起始圆直径,工作侧 $d_{E1g} = 930.788\text{mm}$, 非工作侧啮合起始圆直径 $d_{E1f} = 936.776\text{mm}$ 。

[0090] 挖根量 $\Delta = 0.5\text{mm}$ 、 $\Delta_0 = 0.105\text{mm}$, 则 $\Delta - \Delta_0 = 0.395\text{mm}$, $\Delta_1 = 0.187\text{mm}$, $\Delta W = 0.45\text{mm}$, 两侧的取值相同。

[0091] 滚刀齿顶圆弧半径,大压力角侧 $R_g = 3.6\text{mm}$; 小压力角侧 $R_f = 1.624\text{mm}$ 。

[0092] 过度刃压力角,大压力角侧 $\alpha_g = 15^\circ$, 小压力角侧 $\alpha_f = 8^\circ$,

[0093] S 和 S_f 点的高度: $h_s = 10.993\text{mm}$, $h_{sf} = 10.67\text{mm}$ 。

[0094] 渐开线起始圆直径分别为:

- [0095] 大压力角侧 $d_{F1g} = 926.628\text{mm} < d_{E1g} = 930.778\text{mm}$,
- [0096] 小压力角侧 $d_{F1f} = 928.594\text{mm} < d_{E1f} = 936.776\text{mm}$;
- [0097] 渐开线起始点可以满足齿轮啮合要求。
- [0098] A 和 A_f 点的高度, $h_A = 12.413\text{mm}$, $h_{Af} = 12.824\text{mm}$ 。
- [0099] B 和 B_f 点的高度, $h_B = 10.430\text{mm}$, $h_{Bf} = 9.157\text{mm}$ 。
- [0100] 刀具中线齿厚 $S = 15.472\text{mm}$
- [0101] 全齿高 $H = 2.6m_n = 26\text{mm}$, 刀具齿根圆角 $R = 0.15m_n = 1.5\text{mm}$ 。
- [0102] 2, 对刀具齿厚的修正
- [0103] 齿轮工作侧变位系数 $x_{g2} = 0.0543$, 非工作侧变位系数 $x_{f2} = 0.0651$ 。
- [0104] 非工作侧比工作侧变位系数大 $\Delta x = x_{f2} - x_{g2} = 0.0651 - 0.0543 = 0.0108$,
- [0105] 滚齿时非工作侧比工作侧径向要少滚的深度为 $\Delta h = \Delta x \cdot m_n = 0.0108 \times 10 = 0.108\text{mm}$ 。
- [0106] 如果齿轮按非工作侧变位系数 $x_{f2} = 0.0651$ 加工, 则非工作侧齿面加工到位后, 刀具还要二次进刀 $\Delta h = 0.108\text{mm}$ 才能把工作侧齿面加工到位; 为了避免再二次进刀, 可以对工作侧刀的齿厚加厚 $\Delta S_g = \Delta h \cdot 2 \cdot \tan \alpha_g = 0.108 \times 2 \times \tan 34^\circ = 0.1457\text{mm}$ 。
- [0107] 也可以按齿轮工作侧变位系数 $x_{g2} = 0.0543$ 加工, 则工作侧齿面加工到位时, 非工作侧齿面已经超深进刀了 $\Delta h = 0.108\text{mm}$, 这时必须对非工作侧刀的齿厚减薄 $\Delta S_f = \Delta h \cdot 2 \cdot \tan \alpha_f = 0.108 \times 2 \times \tan 16^\circ = 0.0619\text{mm}$, 才能保证工作侧齿面加工到位时, 非工作侧齿面也同时加工到位。
- [0108] 两种修正齿厚的方法可随意选择, 本实施例采用按齿轮工作侧变位系数 $x_{g2} = 0.0543$ 加工, 非工作侧刀的齿厚减薄 $\Delta S_f = 0.0619\text{mm}$ 的办法对刀具进行修正。
- [0109] 同时, 还要把非工作侧刀的齿顶圆角半径减小 $\Delta S_f \cdot \cos \alpha_f = 0.0619 \times \cos 16^\circ = 0.0595\text{mm}$ 。
- [0110] 修正后刀具非工作侧刀的齿顶圆角半径 $R_f = 1.624 - 0.0595 = 1.5645\text{mm}$ 。
- [0111] 修正后刀具齿厚 $S = 15.472 - 0.0619 = 15.41\text{mm}$ 。
- [0112] 重算非工作侧 B_f 点的高度, $h_{Bf} = 9.204\text{mm}$; A_f 点的高度, $h_{Af} = 12.867\text{mm}$ 。
- [0113] 用本实施例所要加工的齿轮两侧的压力角差高达 18° , 具有很大的加工难度, 采用本实施例设计的滚刀不但可以完成其加工, 而且可保证所加工的齿轮经热处理后磨齿时不磨到齿根, 实现齿根圆滑过度。本实施例把加工小齿轮滚刀 34° 大压力角侧的齿顶圆角半径设计成 $3\text{mm} = 0.3m_n$, 已达到 25° 压力角对称齿留磨滚刀的齿顶圆角半径 $\sim 0.3m_n$ 的极限值; 把加工大齿轮滚刀 34° 大压力角侧的齿顶圆角半径设计成 $3.6\text{mm} = 0.36m_n$, 已接近 20° 压力角对称齿留磨滚刀的齿顶圆角半径 $\sim 0.4m_n$ 的常用值; 可明显提高齿根的抗弯强度。同时, 虽然本实施例所要加工的大齿轮两侧齿廓的变位系数不同, 采用本实施例所设计的滚刀, 可以做到一次进刀后同时完成两侧齿面加工, 为此类齿轮的加工提供了方便和简捷。
- [0114] 总之, 本实用新型提出了一种打破传统规范的非对称齿廓齿轮留磨滚刀, 采用该形式齿廓的滚刀, 不仅可解决两侧压力角 $14^\circ \sim 40^\circ$ 的范围内的非对称齿廓齿轮的滚齿加工, 实现磨齿后齿根圆滑过度; 还可以较大幅度地加大大压力角侧的齿根圆角半径, 明显提高齿根的抗弯强度; 加工两侧齿廓的变位系数不同的齿轮时, 可以做到一次进刀后同时完成两侧齿面加工, 加工方便和简捷。

[0115] 以上所述仅为本发明之较佳可行实施例而已,非因此局限本发明的专利保护范围。除上述实施例外,本发明还可以有其他实施方式,例如两侧压力角的差值在特殊需要时可突破 $6^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 范围。凡采用等同替换或等效变换形成的技术方案,均落在本发明要求的保护范围内。

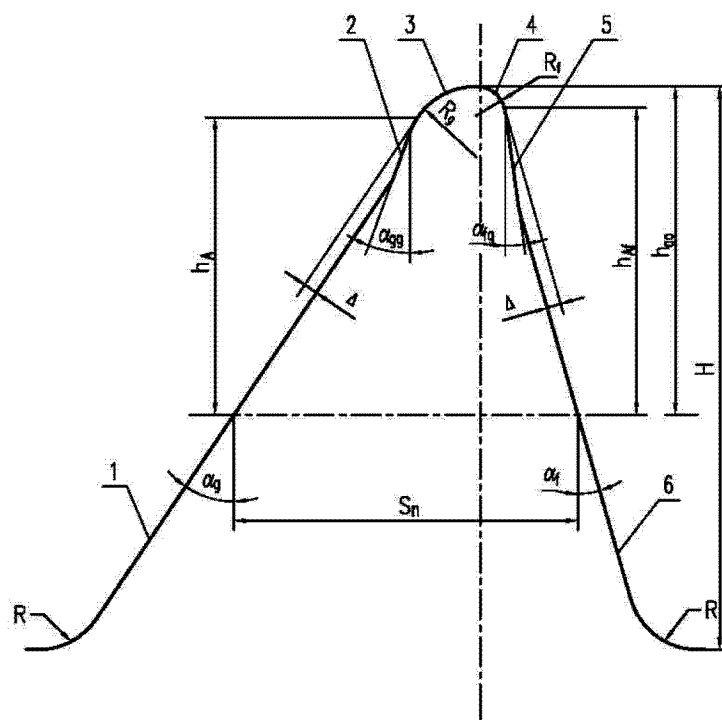


图 1

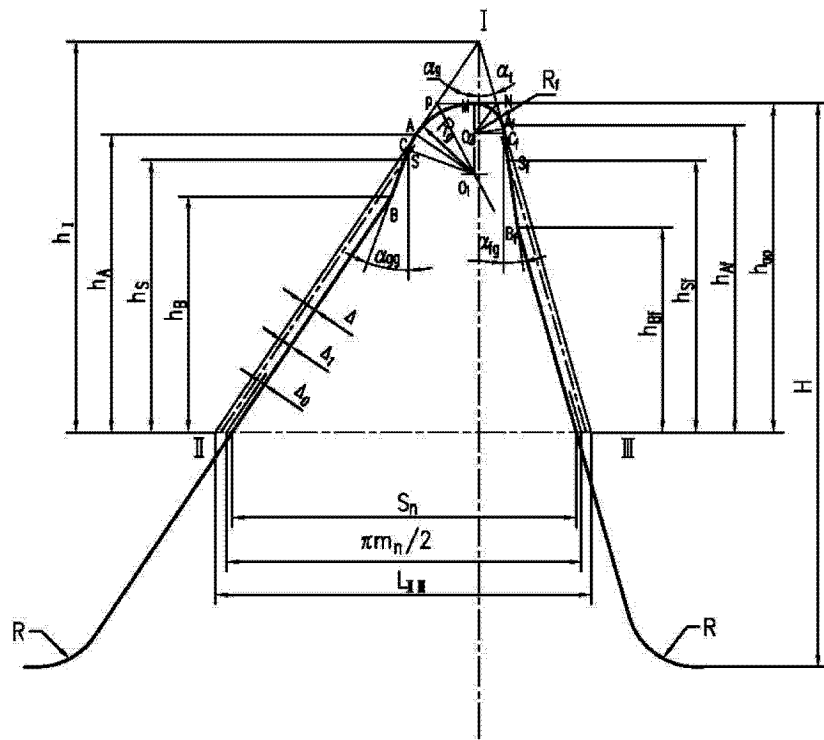


图 2

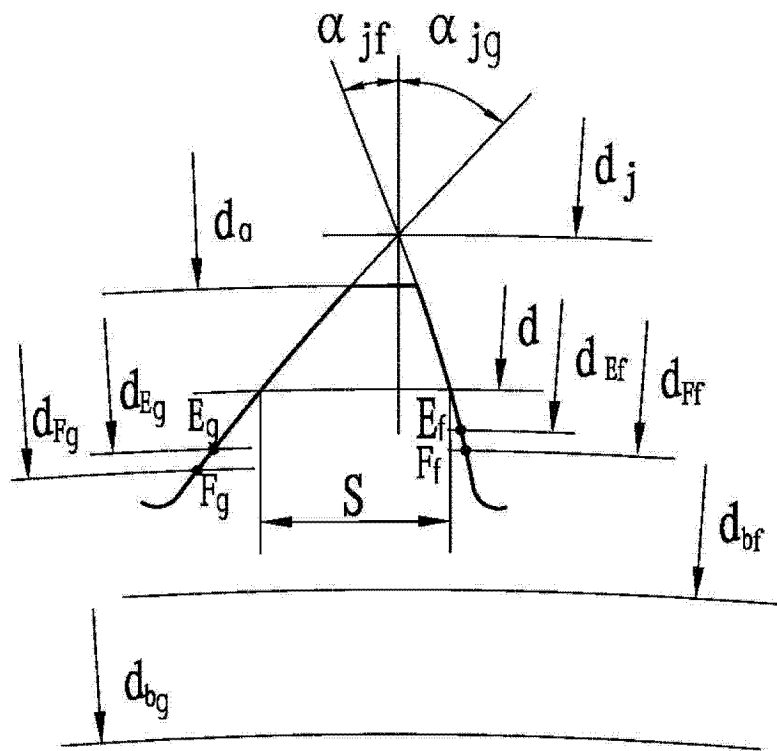


图 3