



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102470466 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 12

(21) 申请号 201080034944. 0

B23F 23/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2010. 08. 03

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

61/230, 785 2009. 08. 03 US

EP 0330289 A1, 1989. 08. 30,

EP 0330289 A1, 1989. 08. 30,

US 4565474 A, 1986. 01. 21,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 02. 01

US 4981402 A, 1991. 01. 01,

WO 98/02268 A1, 1998. 01. 22,

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/044215 2010. 08. 03

US 5716174 A, 1998. 02. 10,

US 6712566 B2, 2004. 03. 30,

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/017301 EN 2011. 02. 10

US 6951501 B2, 2005. 10. 04,

审查员 王雪庆

(73) 专利权人 格里森工场

地址 美国纽约州

(72) 发明人 H·J·斯塔德菲尔德

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 顾峻峰

(51) Int. Cl.

B23F 5/02 (2006. 01)

B23F 5/06 (2006. 01)

B23F 5/20 (2006. 01)

B23F 15/06 (2006. 01)

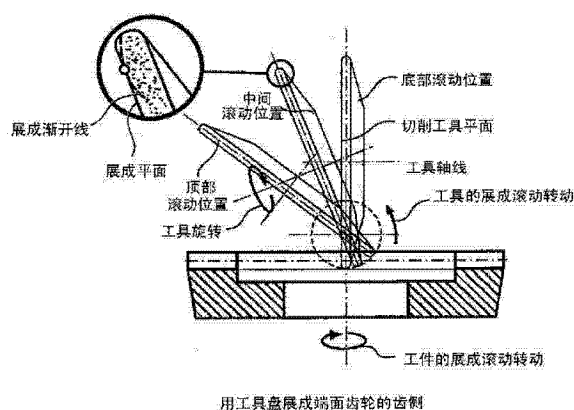
权利要求书2页 说明书6页 附图10页

(54) 发明名称

用于制造端面齿轮的方法及工具

(57) 摘要

一种切削盘, 该切削盘具有在其周缘上定向的切削刀片, 刀片的切削刃垂直于切削盘的转动轴线定向, 由此表现一平面, 该平面能以等于匹配端面齿轮组的小齿轮的压力角的角度相对于工件 (例如, 端面齿轮) 定向并能绕虚拟小齿轮轴线转动, 以在工件上展成一个齿侧。



1. 一种制造端面齿轮的方法,所述端面齿轮具有多个齿槽,每个齿槽包括第一齿表面和第二齿表面,所述方法包括:

提供具有转动轴线的端面齿轮工件;

提供具有周缘和转动轴线的盘形工具,所述工具具有定位在所述周缘上的一个或多个去除工料表面,而所述去除工料表面垂直于工具的转动轴线定向并限定展成平面;

使所述工具和所述工件相对于彼此定位,以在所述工件上展成所述第一齿表面或第二齿表面中的一个;

使所述工具绕所述工具的转动轴线转动并将所述工具相对地进给到所述端面齿轮工件内;

通过使所述工具和所述工件相对于彼此运动而在所述工件上展成所述第一齿表面或第二齿表面中的一个;

其中,所述展成包括使所述工件绕其转动轴线转动并使所述工具绕与所述端面齿轮工件啮合的虚拟小齿轮的转动轴线转动,所述工具和所述展成平面描述展成滚动,所述展成滚动模仿在所述展成过程中与所述端面齿轮工件啮合转动的所述虚拟小齿轮的齿的滚动运动,其中,所述工具没有沿虚拟小齿轮轴线方向横过端面齿轮的面宽的进给运动,

所述展成滚动包括预定数目的展成滚动增量,且所述端面齿轮工件在所述展成滚动增量中的每个展成滚动增量过程中转过附加的预定量,以使所述工具定位成具有与以所述展成滚动增量形成的所述齿表面的公共线。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括使所述工具和所述工件相对于彼此重新定位并在所述工件上展成所述第一齿表面或第二齿表面中的另一个,所述展成包括使所述工件绕其转动轴线转动并使所述工具绕与所述端面齿轮工件啮合的虚拟小齿轮的转动轴线转动,所述工具和所述展成平面描述展成滚动,所述展成滚动模仿在所述展成过程中与所述端面齿轮工件啮合转动的所述虚拟小齿轮的齿的滚动运动。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述工具绕所述小齿轮的转动轴线的所述转动和所述端面齿轮工件的所述转动以相对于彼此的一定时间关系来实施。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述一定时间关系是按照所述端面齿轮的齿数和所述虚拟小齿轮的齿数的。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述工具的所述一个或多个去除工料表面是平直的。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述工具的所述一个或多个去除工料表面呈与所述虚拟小齿轮的齿侧形状匹配的形状。

7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述虚拟小齿轮包括呈渐开线形式的齿侧表面。

8. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在展成齿侧表面之后,所述工具从齿槽撤回并且所述端面齿轮工件分度到另一齿槽位置,且对于所述齿槽位置重复所述展成方法,为所述端面齿轮工件上的所有齿槽重复撤回、分度和展成的步骤。

9. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述进给包括使所述工具切入所述端面齿轮工件内的齿底部位置,随后通过沿起始于所述齿的底部位置并沿朝向所述齿的顶部方向开始的展成路径的所述展成滚动来展成齿表面。

10. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述进给包括在所述齿的顶部处与所述齿接触,随后通过沿起始于所述齿的顶部并沿朝所述齿的齿底部位置的方向开始的展成路径的所述展成滚动来展成齿表面。

用于制造端面齿轮的方法及工具

[0001] 本申请要求 2009 年 8 月 3 日提交的美国临时专利申请第 61/230785 号的权益,其全部内容以参见的方式纳入本文。

技术领域

[0002] 本发明涉及齿轮的制造,并具体地涉及用于制造端面齿轮的方法和工具。

背景技术

[0003] 端面齿轮是带有等于端面齿轮与其匹配构件之间的轴交角的齿面角(和齿根角)的环齿轮(ring gear)。匹配构件是常见的圆柱正齿轮或螺旋小齿轮。标准的端面齿轮具有 90° 的齿面角,该齿面角对应于也是 90° 的轴交角(这种 90° 的齿轮也被称为“冠状”齿轮)。

[0004] 迄今为止,制造端面齿轮的方法已变得复杂,而专门的工具专用于用在通常是变位圆柱齿轮制造机的机床上的单种设计。用于制造端面齿轮的这种方法包括:

[0005] ●滚铣,在圆柱滚齿机上使用任务专用的专门滚刀,该滚刀被修正以允许在滚齿工具的最下面的周向部段处进行切削(垂直的滚齿机工作台轴线)。

[0006] ●成型,使用表现匹配圆柱小齿轮的成型刀具以及成型机,该成型机具有(相对于常见的圆柱齿轮成型机)转过端面齿轮组的齿根角(通常为 90°)的工作台。

[0007] ●通用铣削方法,在 5 轴机加工中心上使用端铣刀。

[0008] ●从实心磨削,使用在下面的硬精加工部分中提及的磨削方法。

[0009] ●

[0010] 目前已知的用于硬精加工端面齿轮的方法包括:

[0011] ●连续磨削,使用具有螺纹基准轮廓的螺纹磨削轮,该轮廓与具有一般为 1.5 到 2.5 螺纹转数的小宽度的大直径轮上的端面齿轮组的小齿轮齿廓相同(参见 WO 98/02268、US 6,390,894 和 US 6,951,501,其公开内容以参见方式纳入本文)。

[0012] ●借助于与端面齿轮组的小齿轮齿廓相同的轮的轮廓进行单分度展成磨削。

[0013] ●刮削,使用成型刀具或专门滚刀。

[0014] ●刮削,在 5 轴机加工中心上使用端铣刀。

[0015] ●珩磨,使用在齿表面上具有研磨层的变位小齿轮。

[0016] 目前,端面齿轮软机加工方法取决于任务专用的专门工具,这些工具是昂贵的并且在考虑到它们用于其它任务或用于优化方面不灵活。端面齿轮的机加工时间一般比类似的圆柱或锥形环齿轮的切削时间长得多。

[0017] 两种更常见的端面齿轮硬精加工方法使用难以修整并需要较长修整时间(螺纹轮磨削)的非常复杂的工具几何形状或与沿齿宽方向的进给运动结合的复杂和耗时的展成滚动(单分度展成磨削)。

[0018] 用由碳材料制成的专门滚刀或成型刀具的刮削提供合理的切削时间,但需要昂贵又不易获得或根本不可得的工具。

[0019] 端面齿轮珩磨例如需要经热处理、经磨削和涂敷有 CBN 的小齿轮,该小齿轮既贵又不灵活,并且取决于相当大的小齿轮偏置(等同于端面齿轮和匹配圆柱小齿轮之间所要求的偏置)以良好地去除切屑,这限制了具有这种较大偏置的端面齿轮组的应用。

发明内容

[0020] 本发明涉及一种切削盘,该切削盘具有在其周界上定向的切削刀片,刀片的切削刃垂直于切削盘的转动轴线定向,由此表示能以与匹配端面齿轮组的小齿轮的压力角相等的角度相对于工件(例如,端面齿轮)定向并可绕虚拟小齿轮轴线转动以在工件上展成齿侧的平面。

附图说明

[0021] 图 1 示出端面齿轮及其匹配的圆柱正小齿轮的二维剖视图。

[0022] 图 2A 和 2B 分别示出球形滚齿工具和圆柱滚齿机。

[0023] 图 3 示出将图 1 中的小齿轮替换为成型刀具时的端面齿轮。

[0024] 图 4 示出螺纹磨削轮的三维视图,该磨削轮修整成它在轴向平面截面上复制图 2A 的滚齿工具的轮廓。

[0025] 图 5 示出具有复制与端面齿轮匹配的齿廓的磨削轮廓的周缘盘磨削轮。

[0026] 图 6 示出端面齿轮和磨削轮的二维剖视图(端面齿轮轴线位于横截面平面内,而横截面平面垂直于虚拟小齿轮轴线)。图 6 还包含磨削轮周缘的分解图。

[0027] 图 7 示出处于底部(起始)、中间和顶部(结束)滚动位置的磨削(或切削)盘。

[0028] 图 8 示出二维图示(左侧)以及工具盘处的视图(右侧),该图还示出虚拟小齿轮轴线的位置和代表底部、中间和顶部滚动位置的三条接触线。

[0029] 图 9 示出端面齿轮和工具盘的三维视图。工具盘借助于处于底部、中间和顶部滚动位置的外廓来表示。

[0030] 图 10A 和 10B 分别示出三角形矢量图的前视图和俯视图,这些图以其坐标系统和矢量与摇台型锥齿轮展成机直接相关联。

[0031] 图 11 示出 6 轴自由型机器中刀具盘与端面齿轮之间的设置。

[0032] 图 12 示出端面齿轮的最深齿根线如何由工具盘的周缘来形成。

具体实施方式

[0033] 在对本发明的任何特征和至少一种构造进行详细说明之前,应理解的是,本发明并不局限于将其应用至下面说明书所述或附图中所示的构造细节和部件布置。本发明能呈其它构造,并能以各种方式被实践或实施。还有,应理解的是,这里所用的措词和术语是为了说明的目的,而不应被认作为是限制性的。

[0034] 在此使用“包括”、“具有”和“包含”及其变型意味着包含了下文所列的物件及其等效物以及附加的物件。使用字母来识别方法或过程的元素仅仅为了识别,并不意味着指示各元素应以特定次序来进行。

[0035] 尽管下文在描述附图时可参照诸如上、下、向上、向下、向后、底部、顶部、前、后等的方向,但出于方便可相对于附图(如通常所示)来进行参照。

[0036] 这些方向并不意在按文字上来取或以任何定向或形式来限制本发明。此外,诸如“第一”、“第二”、“第三”等的术语在此用于描述的目的,而并不意在指示或暗示重要性或意义。

[0037] 用于某些应用场合的端面齿轮的利用很大程度上取决于高效率的和经济的制造过程的利用率。迄今为止,没有用于端面齿轮的、经济的软机加工或硬精加工的工艺。

[0038] 图 1 示出端面齿轮及其匹配的圆柱形正小齿轮的二维剖视图。端面齿轮轴线和小齿轮轴线之间的轴交角在此例中是 90° 。大于 90° 的轴交角将使端面齿轮变成内环齿轮。在轴交角为 0° 的特殊情况下,端面齿轮对转变成圆柱环齿轮。

[0039] 图 2A 示出球形的滚齿工具。由于滚刀的切削刀片(切削齿)围组在圆柱小齿轮本体周围(在由三齿构成的部段内),它们代表正小齿轮的齿。图 2B 还示出具有修正滚刀架的圆柱滚齿机,该滚刀架允许在滚刀的底部部段上切削端面齿轮的齿。通常使用对于滚刀每转一圈将需要工件转动一个齿距的单头滚刀。滚刀从端面齿轮的外侧进给到内侧。在工具进给过程中,必须考虑工件转动基于工具导程角的补偿量。

[0040] 图 3 示出将图 1 中的小齿轮替换为成型刀具时的端面齿轮。成型刀具具有等同于端面齿轮的匹配小齿轮(也等同于虚拟小齿轮)的多个切削齿。垂直于成型刀具轴线的平面内的切削轮廓精确地复制虚拟小齿轮的齿面轮廓。当成型刀具与端面齿轮啮合转动时,为了去除切屑的动作需要沿刀具轴向的行进运动。

[0041] 图 4 示出螺纹磨削轮的三维视图,该磨削轮修整成它在轴向平面截面内复制图 1 的滚齿工具的轮廓。当该螺纹磨削轮转动时,磨削螺纹轮廓的弯曲定向在由磨削轮轴线与行进方向限定的平面的位置处近似于转动的虚拟小齿轮的轮廓。为了模拟虚拟小齿轮的整个宽度,磨削轮必须沿虚拟小齿轮轴线方向横过端面齿轮的面宽。在单螺纹磨削轮的情况下,磨削轮每转一圈,工件必须转动一个齿距。在横过过程中,工件转动附加了导程补偿值。

[0042] 图 5 示出周缘盘式磨削轮。磨削轮廓复制与端面齿轮匹配的小齿轮齿廓。该轮廓在磨削轮的每一侧上形成端面齿轮轮廓的一点(一个滚动位置和一个齿宽位置)。如果磨削轮沿虚拟小齿轮的方向行进,则形成虚拟小齿轮与端面齿轮之间的一条接触线(在展成轮廓的每一侧上)。为了形成整个端面齿轮齿廓,磨削轮(在行进时)必须绕虚拟小齿轮轴线转动。如果行进运动无限快且绕虚拟小齿轮的转动无限慢,则将展成数学上完美的一对端面齿轮齿侧。图 5 中的磨削轮位置表示在展成滚动过程中的中间滚动位置。

[0043] 图 6 示出端面齿轮的二维剖视图(端面齿轮轴线位于横截面平面内,且该横截面平面垂直于虚拟小齿轮的轴线)。该视图还涉及磨削轮的周缘,该磨削轮示出为不在如图 5 所示的中间滚动位置而是在起始和结束滚动位置。

[0044] 如上所讨论地,已指出的现有技术的用于端面齿轮的软和硬机加工方法取决于任务专用的、复杂和专门的工具,这些工具较贵且在它们用于其它任务或用于优化方面不灵活。附加地,加工和/或修整时间较长且复杂。

[0045] 发明人已发现一种工具盘(例如,切削或磨削),该工具盘具有在其周界上定向的切削刀片(或研磨材料)-刀片的切削刃垂直于切削盘的转动轴线定向-,并且该工具盘表示能以与匹配的端面齿轮组的小齿轮的压力角相等的角度相对于工件(端面齿轮)定向并且能绕虚拟小齿轮轴线转动的平面,同时在工件上展成一个端面齿轮的齿侧。图 7 示出处于底部(起始)、中间和顶部(结束)滚动位置的磨削(或切削)盘。盘在左侧表面上具有

研磨层（或切削刃），该左侧表面垂直于转动轴线（或略微倾斜）并位于外侧。盘的该表面是在中间滚动位置完美地表现虚拟小齿轮的齿距线的展成平面。在起始和结束滚动之间的每个滚动位置，工具和工件必须转过一定角度。工具盘必须绕虚拟小齿轮转过一角度来进入每个新的滚动位置，该角度由端面齿轮的齿数除以虚拟小齿轮的齿数乘以增量工件齿轮转动角加上较小的附加转动量计算出，这使盘放置成它在此特定的滚动位置具有与渐开线的公共线。

[0046] 图 9 示出端面齿轮和工具盘的三维视图。仅用处于底部、中间和顶部滚动位置的外廓来表示工具盘。所讨论的展成平面是在工具盘外廓之内的表面。在本发明的工艺情况下，没有横过的进给运动，这相对于需要横过进给运动的工艺会大幅减少机加工时间。

[0047] 虚拟小齿轮轴线可位于诸如在美国专利第 4, 981, 402 或 6, 712, 566 中所述的虚拟或理论的锥齿轮展成基本机中，这些专利的公开内容都以参见的方式纳入本文，以表现展成圆柱小齿轮（展成小齿轮），其中展成小齿轮和工件齿轮类似于端面齿轮及其匹配的圆柱小齿轮在它们的最终应用场合中（例如，齿轮箱）的关系。当刀具绕虚拟小齿轮轴线转动时，工件必须根据小齿轮和端面齿轮之间的比值而绕其轴线转动。

[0048] 由于切削刀片如上所述表现直边齿条的一个齿侧，它还未复制小齿轮齿侧的校正展成渐开线（图 7，展成渐开线比照展成平面）。这可通过将刀片的切削刃成型成和应与待制造的端面齿轮的齿侧匹配的原始小齿轮齿侧的渐开线相同来实现。允许使用简单且通用的直边切削工具的另一种可能性是在展成一个齿侧时引入非恒定的展成滚动关系（例如，修正滚动）或者使用诸如在美国专利 5, 580, 298 中所述的一种或多种主动机器设置，其中该专利的公开内容以参见方式纳入本文。四阶或更高阶的与展开角有关的系数与展成小齿轮和工件齿轮（端面齿轮）之间恒定的基本滚动比相乘，这将实现对虚拟展成小齿轮的渐开线的良好近似。

[0049] $Ra = Ra_0 + Ra_1 \cdot q + Ra_2 \cdot q^2 + Ra_3 \cdot q^3 + Ra_4 \cdot q^4 \dots (1)$

[0050] 其中：

[0051] $Ra \dots$ 滚动比（非恒定）

[0052] $q \dots$ 离滚动中心的展开角距离

[0053] $Ra_0 \dots$ 基本滚动比（恒定）

[0054] $Ra_1 \dots$ 第一阶系数，它与离滚动中心的展开角距离相乘

[0055] $Ra_2 \dots$ 第二阶系数，它与离滚动中心的展开角距离平方相乘

[0056] $Ra_3 \dots$ 第三阶系数，它与离滚动中心的展开角距离的三次方相乘

[0057] $Ra_4 \dots$ 第四阶系数，它与离滚动中心的展开角距离的四次方相乘

[0058] 渐开线曲率半径可以沿展成小齿轮轮廓的多个点来计算。第二阶系数 Ra_2 将基本上限定渐开线在节点处的曲率。第三阶系数 Ra_3 将考虑齿根与齿顶之间恒定的曲率变化。非恒定的渐开线曲率变化的最大部分可通过限定第四阶系数 Ra_4 来实现。计算最佳系数的较佳方法是使用回归计算，这种计算例如应用“最小平方误差法”来使校正渐开线与系数对滚动运动的影响之间的差异最小化，以通过非线性的滚动比来模拟渐开线形状。比 4 高的更高阶可用于改进渐开线的精度或者渐开线的数学函数可直接应用在机器运动学中。在图 8 中示出直线和渐开线之间的校正量的计算示例。

[0059] 图 8 左侧以二维图示出工具盘的视图，该图还示出虚拟小齿轮轴线的位置和代表

底部、中间和顶部滚动位置的三条接触线。在右侧示出处于中间滚动位置的工具盘周缘的视图。接触线在此图中以点示出。虚拟小齿轮的校正渐开线画在盘之内,渐开线与展成平面在中间滚动位置的接触点(接触线)接触。可用虚拟小齿轮的诸如压力角和节圆直径的信息来计算渐开线函数。盘的展成表面上的点可用圆来与渐开线连接,这些圆的起点在表示虚拟小齿轮轴线的位置的点处。仅在节点处(中间滚动位置),弧长为零。每个其它位置的弧表示较小的附加转动量(角度 $\Delta\varphi$)的精确值,该值用于限定修正滚动系数(方程 1)或在展成滚动过程中叠加到绕虚拟小齿轮轴线的工具盘的转动上。还可以使外侧轮廓精确地呈渐开线的形状而不是垂直于工具轴线的直线。在此情况下,不必应用校正转动。

[0060] 在轮直径相对于齿宽较小的情况下,会产生略扭曲的展成轮廓。换言之,仅在面宽的中心处,工具上的渐开线才垂直于理论的齿根线。然而,如果齿宽小于 $2 \cdot \sin 5^\circ \cdot (\text{直径}/2)$,则沿轮廓方向的轮廓误定位达 $(1 - \cos 5^\circ) \cdot \text{直径}/2$,这是工具盘半径的 0.38%,且在大多数情况下可忽略。 $\Delta\varphi$ 角(对于任何期望数目的轮廓点)可用作至今所述的虚拟小齿轮的较小的附加转动量(在平面齿轮盘的情况下)。

[0061] 尽管所述工序将仅展成一个槽的一个齿侧,但必须根据端面齿轮的齿数为端面齿轮的每个槽来重复该工序(单分度工艺)。为了实现如此,工具从端面齿轮槽撤回到分度位置,然后工件齿轮(端面齿轮)进行分度转动。

[0062] 分度角 = $360^\circ / (\text{端面齿轮的齿数})$ (2)

[0063] 在分度之后,工具通过适当的工具进给方法—诸如通过在美国专利 5,310,295 或 5,716,174 中所示的矢量进给—进给到工件内的全槽深度,这些专利的公开内容以参见的方式纳入本文。将工具进给过程部分(切入)的角度定向较佳地选择成齿根滚动位置。在工具顶端到达槽底部之后,展成滚动开始,在端面齿轮齿的齿根开始并在齿顶结束的展成滚动形成端面齿轮的齿侧轮廓(图 7)。

[0064] 替代地,工具可在分度之后定位在顶部滚动位置,且端面齿轮的齿廓可从齿顶向下展成到齿根而无须任何切入。

[0065] 在展成每个槽的第一齿侧之后,工具可在虚拟锥齿轮展成基本机内重新定位,以使它表现展成小齿轮的第二齿侧。为了展成每个端面齿轮齿的第二齿侧,可应用用于展成第一齿侧的相同工艺。对于第二齿侧的切削加工来说,槽从第一齿侧展成就已存在,由此允许应用关于表面速度和滚动运动的精加工参数。与此相对,第一槽切削有效地是粗精加工的组合。

[0066] 如果从齿根展成到齿顶,当仅较小量的材料在展成滚动开始之前被去除时,使工具从分度位置运动到底部滚动位置的进给运动可沿距离的大部分(例如,90%)快速进行(快进给)并在进给结束时减速。

[0067] 本发明的设置和运动学关系可以基于如上所述的虚拟锥齿轮展成基本机或也可应用的其它模型或工序。图 10A 和 10B 示出三角形矢量图,该图用其坐标系统和矢量与摇台型锥齿轮展成机直接相关联。图 10B 示出垂直于摇台轴线(相当于虚拟小齿轮轴线)的前视图。 R_M 从摇台轴线指向展成的端面齿轮槽的根部。 E_X 从摇台轴线指向工具盘起点(工具轴线基准点)。 $Y_{\text{切削}}$ 是工具盘轴线矢量。 R_W 从工具盘中心指向展成端面齿轮槽的根部。示出滚动位置的中心,其中 $Y_{\text{切削}}$ 具有等于虚拟小齿轮的压力角的角度但不倾斜地位于平面 X-Z 内。图 10A 示出三角形矢量图的俯视图。该视图从俯视图的角度证实矢量布置并与前

视图一起给出矢量图的单值定义。

[0068] 从虚拟基本机出发,可以将端面齿轮切削过程变成适当的机械设置。作为本发明的较佳实施例,还可以将虚拟基本机(或任何其它模型)转变成如图 11 中所示的自由型 5 或 6 轴机器(例如,美国专利 4,981,402 或 6,712,566)的轴线位置和 / 或运动的表格(table)。图 11 示出 6 轴自由型机器中刀具盘和端面齿轮之间的设置。图 10A 和 10B 中的矢量图加上展成滚动比表示所有信息以计算轴位置表格。技术人员将理解到较小的附加转动量 $\Delta\phi$ 必须叠加于工具的转动,以产生校正的齿侧形状。

[0069] 将虚拟基本机转变成直线自由型机器的位置(和 / 或运动)将第一和第二齿侧切削转变成在自由型机器内的上和下切削位置。在具有 90° 的齿面角和节面角的实际端面齿轮的情况下,需要在第一齿侧(例如上齿侧)展成之后将工件转动 180° ,以展成具有校正槽宽的相同槽的第二齿侧(例如下齿侧)。

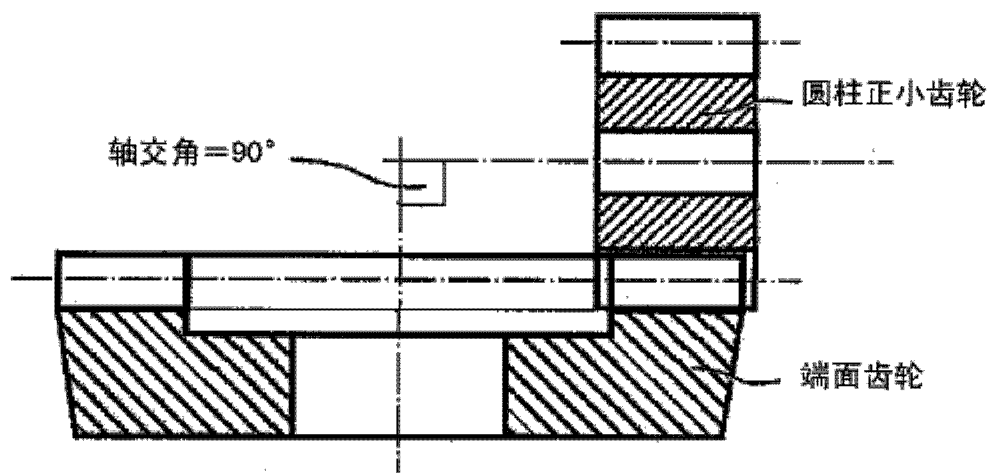
[0070] 在具有不等于 90° 的齿面角和节面角的端面齿轮中(在圆柱小齿轮和端面齿轮之间的轴交角不等于 90° 的情况下),可应用如在以参见方式纳入本文的美国专利 7,364,391 中所示的计算,以找出展成校正的槽宽度所需的工件相位角转动。

[0071] 在本发明的过程中,应考虑到由周向工具(例如刀具)半径限定的工具曲率,该曲率将产生不是直的而是弯曲的齿根线。端面齿轮齿的端部处的槽深度是校正的(从与端面齿轮匹配的圆柱小齿轮加上间隙得到),但在齿顶和齿根之间具有过度深度并通常在中间表面处最深。图 12 示出端面齿轮的最深齿根线如何由工具盘的周缘来形成。所得的齿根线将是连续的滚动位置的包络面。端面齿轮的内端和外端具有(如端面齿轮的左侧上所示的理论上平行的长齿的)理论深度。在两端之间产生过度深度,该深度一般是在中间面处最深。齿根线的曲率可由切削盘的直径来控制,但弯曲的齿根线未示出根据上述 US 7,364,391 来制造的直锥齿轮中的缺点。因此,这是对于给定的设计使用最大可能的切削盘的较佳实施例。

[0072] 本发明的方法的另一方面是切削盘仅在其轴向面上形成转动对称的表面。这允许对正小齿轮齿侧的渐开线的近似。斜齿轮的齿侧像螺线卷绕在小齿轮基圆柱周围。使用转动的切削盘不能近似螺线形状,这将本发明的方法限制于使用正小齿轮作为匹配构件的端面齿轮。具有非常小的螺旋角(例如小于 5°)的斜齿轮将仅示出微小的齿侧和齿根偏差,这些偏差可至少部分地被校正。

[0073] 根据本发明的方法,端面齿轮和匹配小齿轮之间的轴交角可在 0° (端面齿轮转变成圆柱齿轮)和大于 90° (端面齿轮变成内齿圈)之间。借助于本发明的方法也可实现端面齿轮与匹配小齿轮之间的轴偏置。

[0074] 尽管参照较佳实施例对本发明进行了描述,但应当理解,本发明并不限于其特定形式。本发明旨在包括对本发明所属领域的技术人员显而易见的各种改型,而不偏离所附权利要求书的精神和范围。



端面齿轮组的横截面

图 1

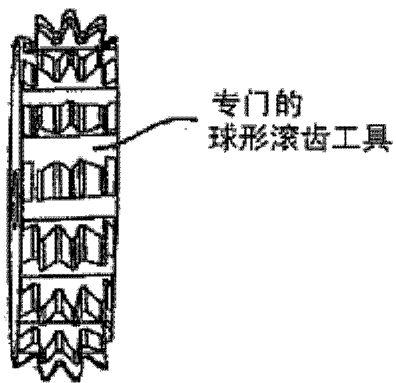


图 2A

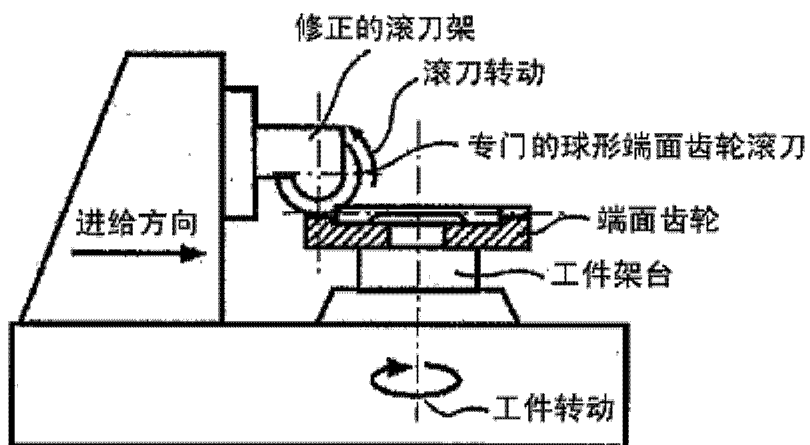


图 2B

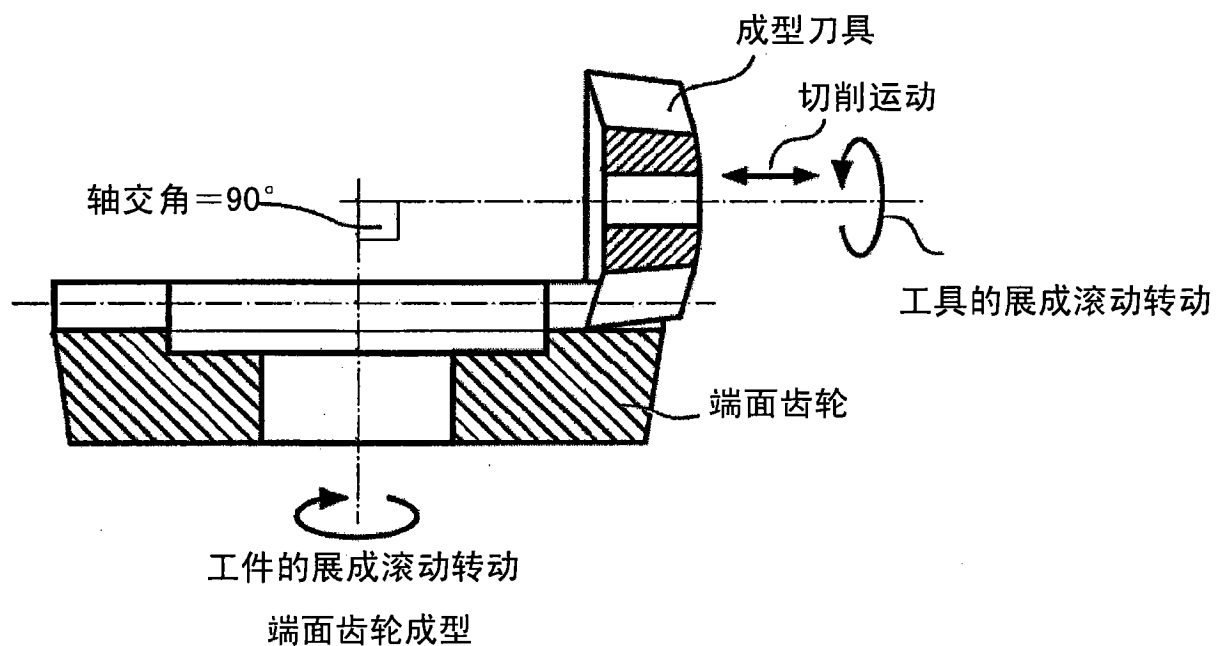


图 3

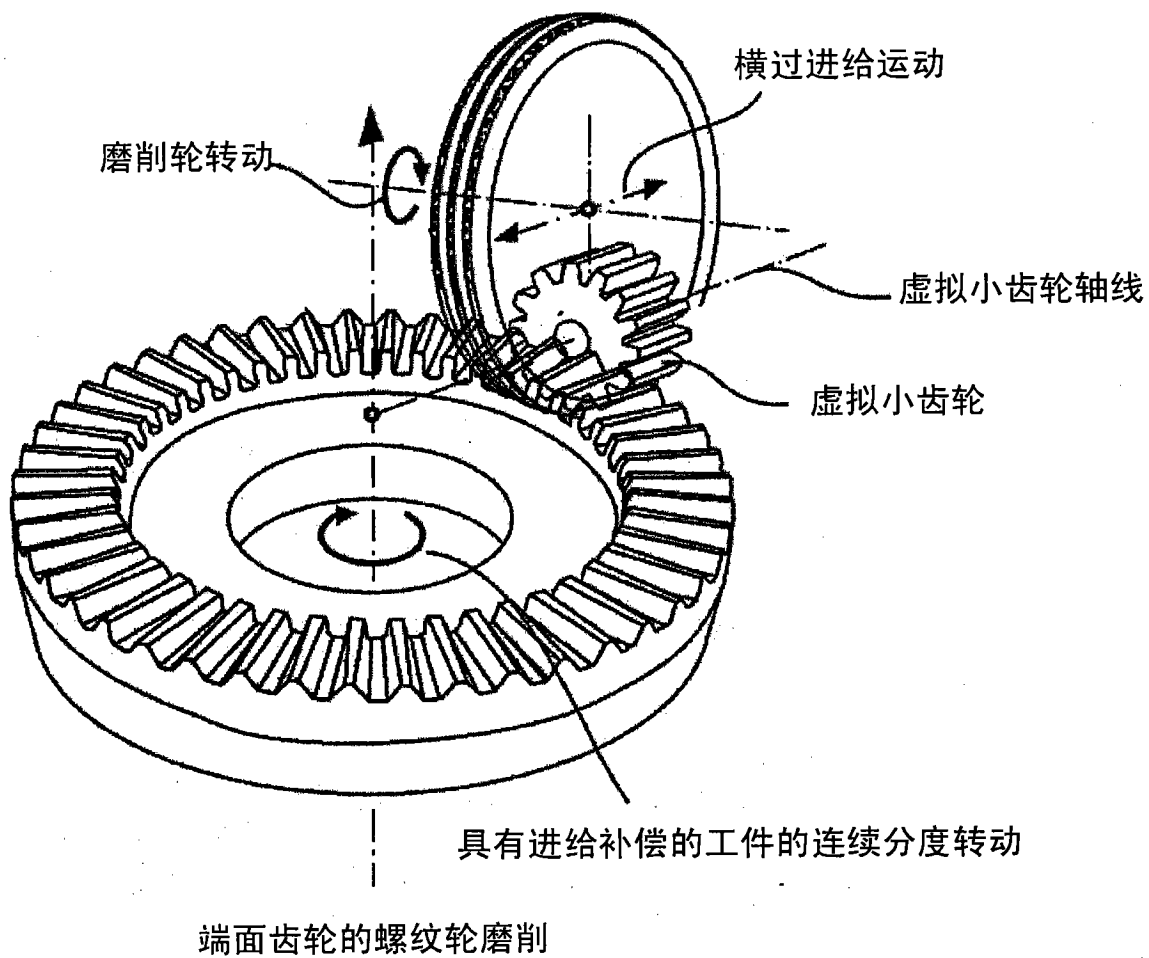
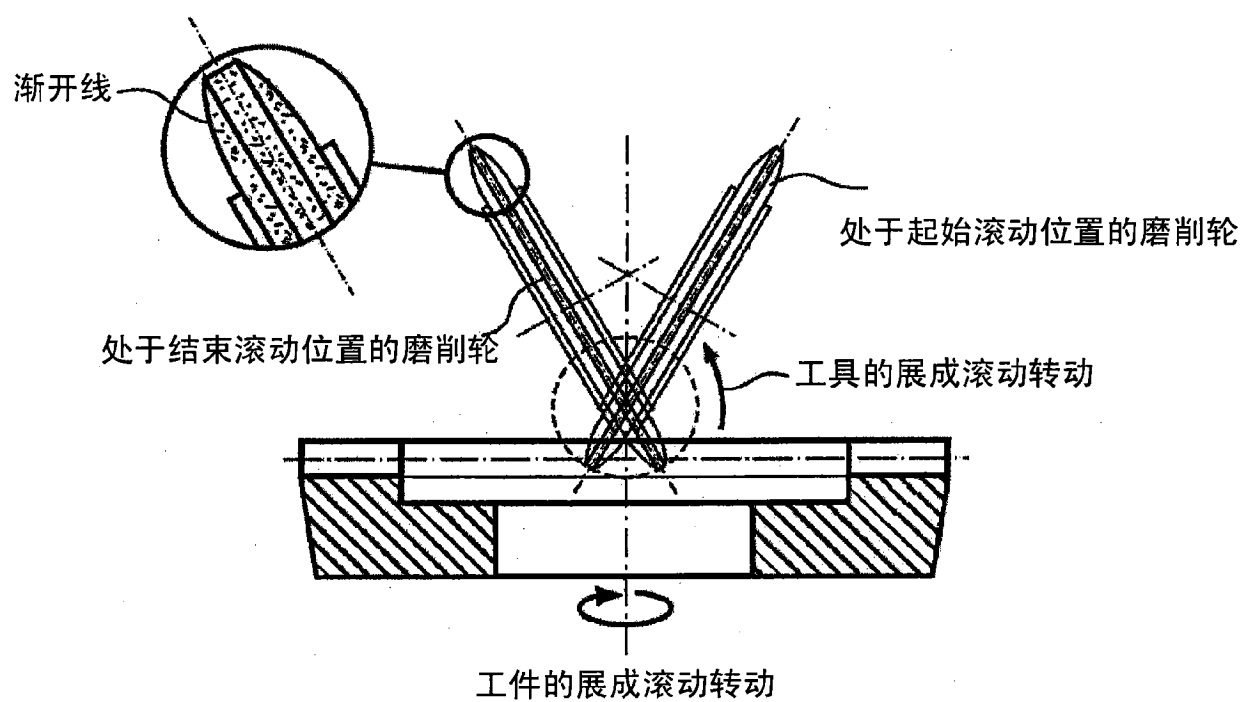
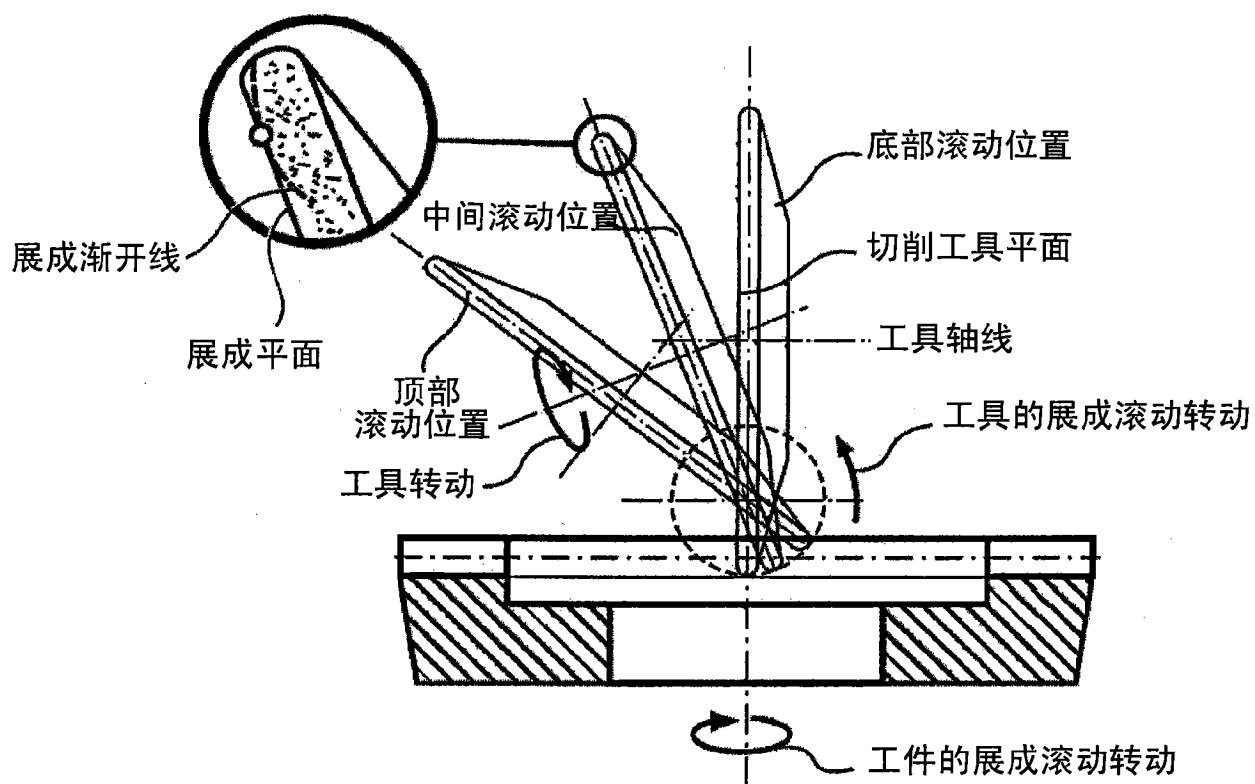


图 4



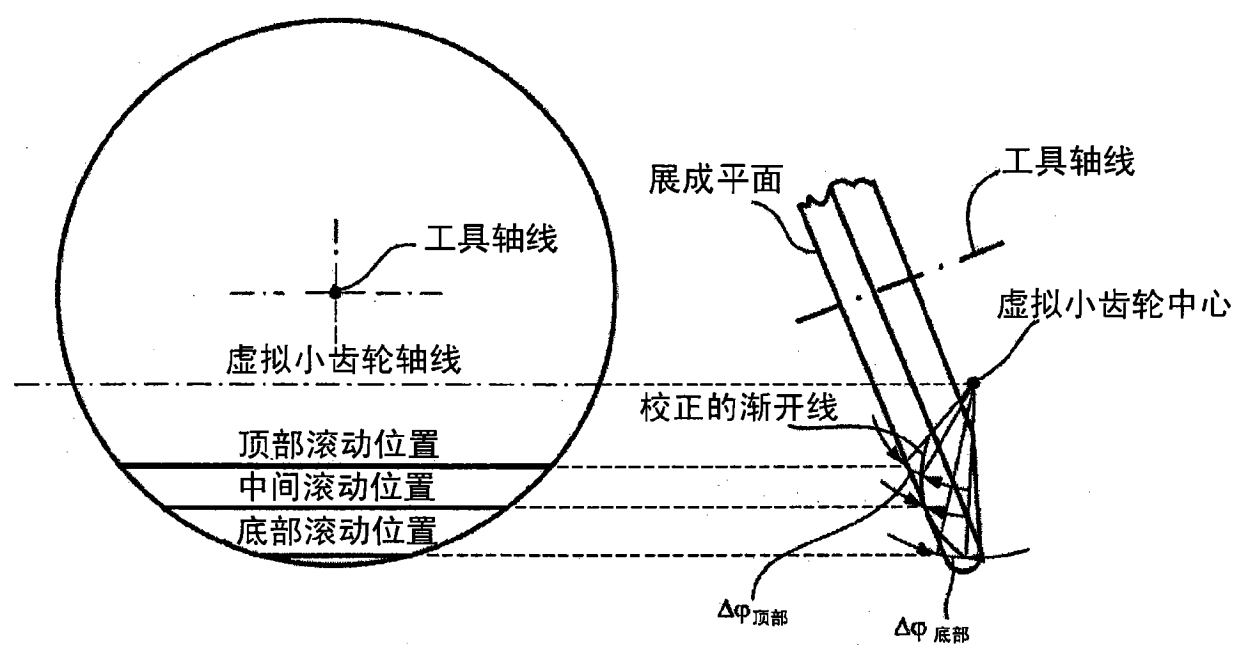
单分度展成磨削

图 6



用工具盘展成端面齿轮的齿侧

图 7



校正量的确定

图 8

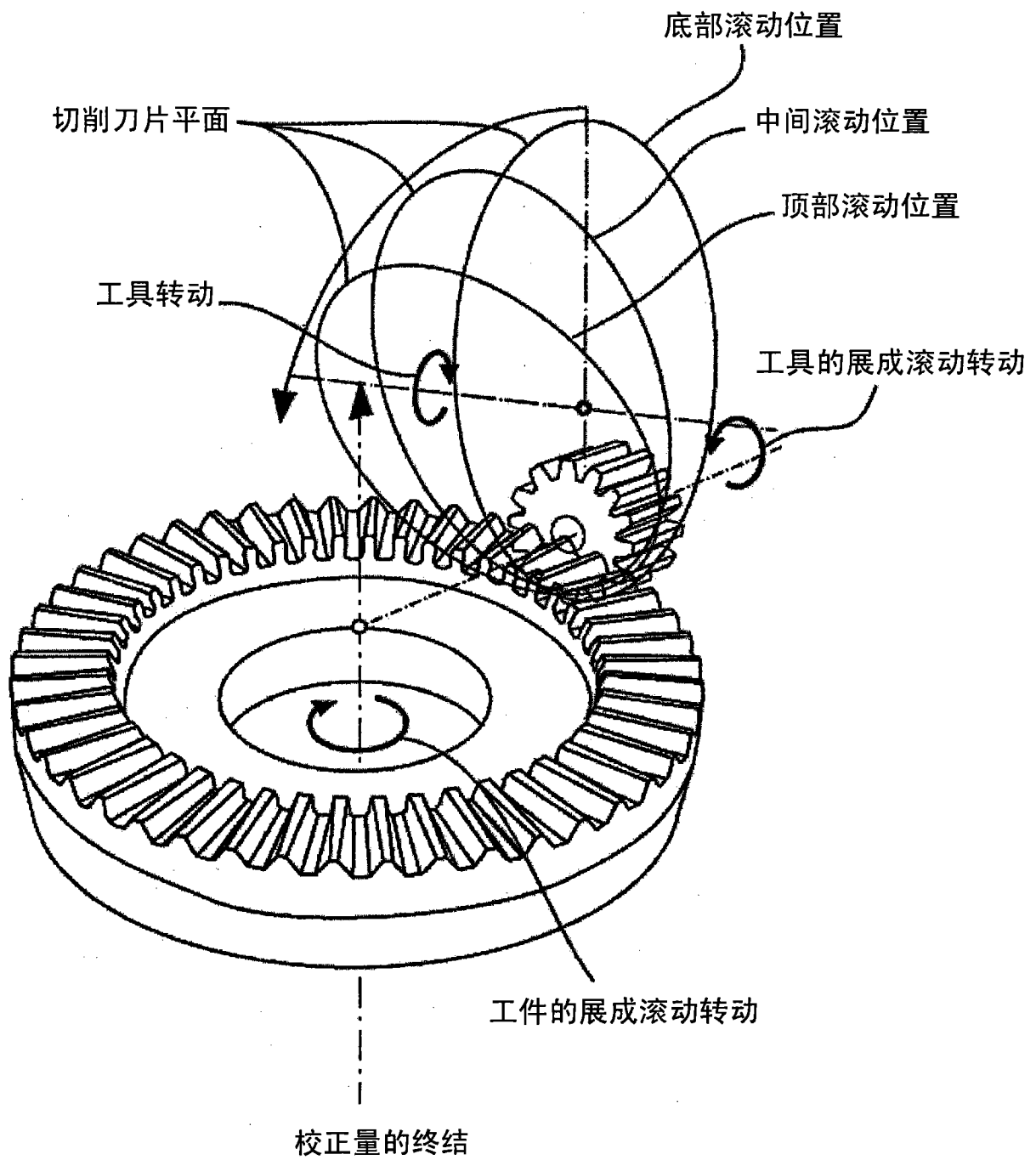


图 9

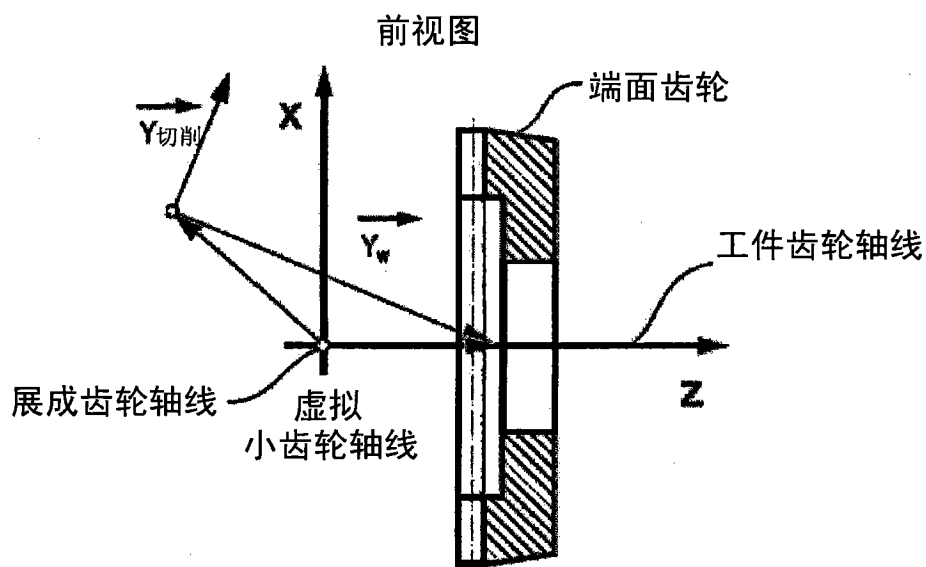


图 10A

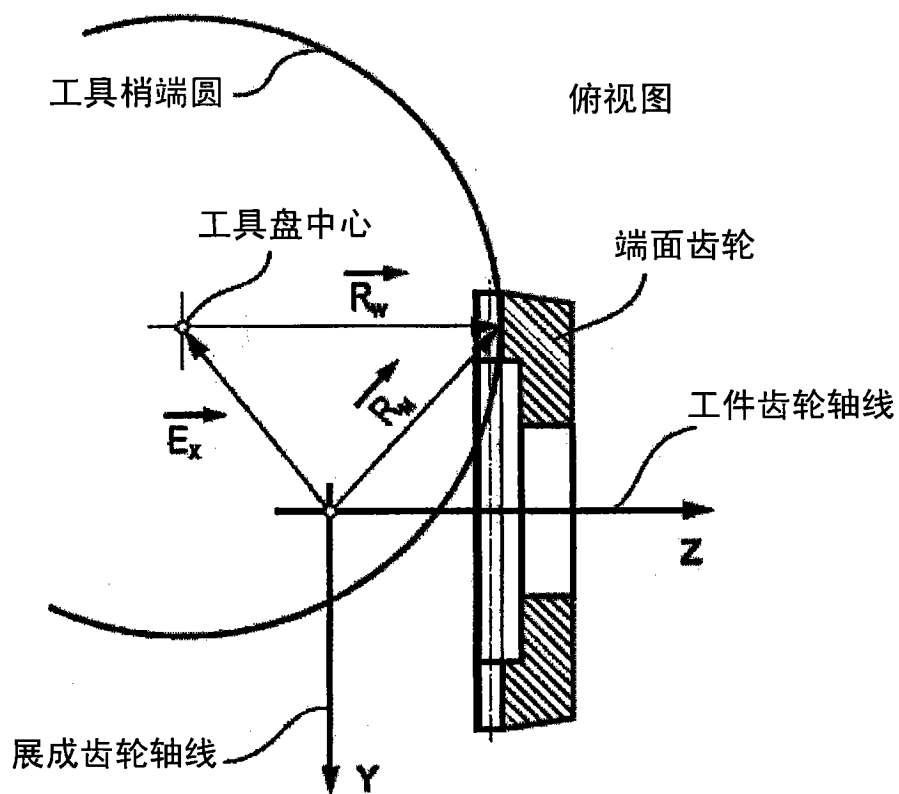
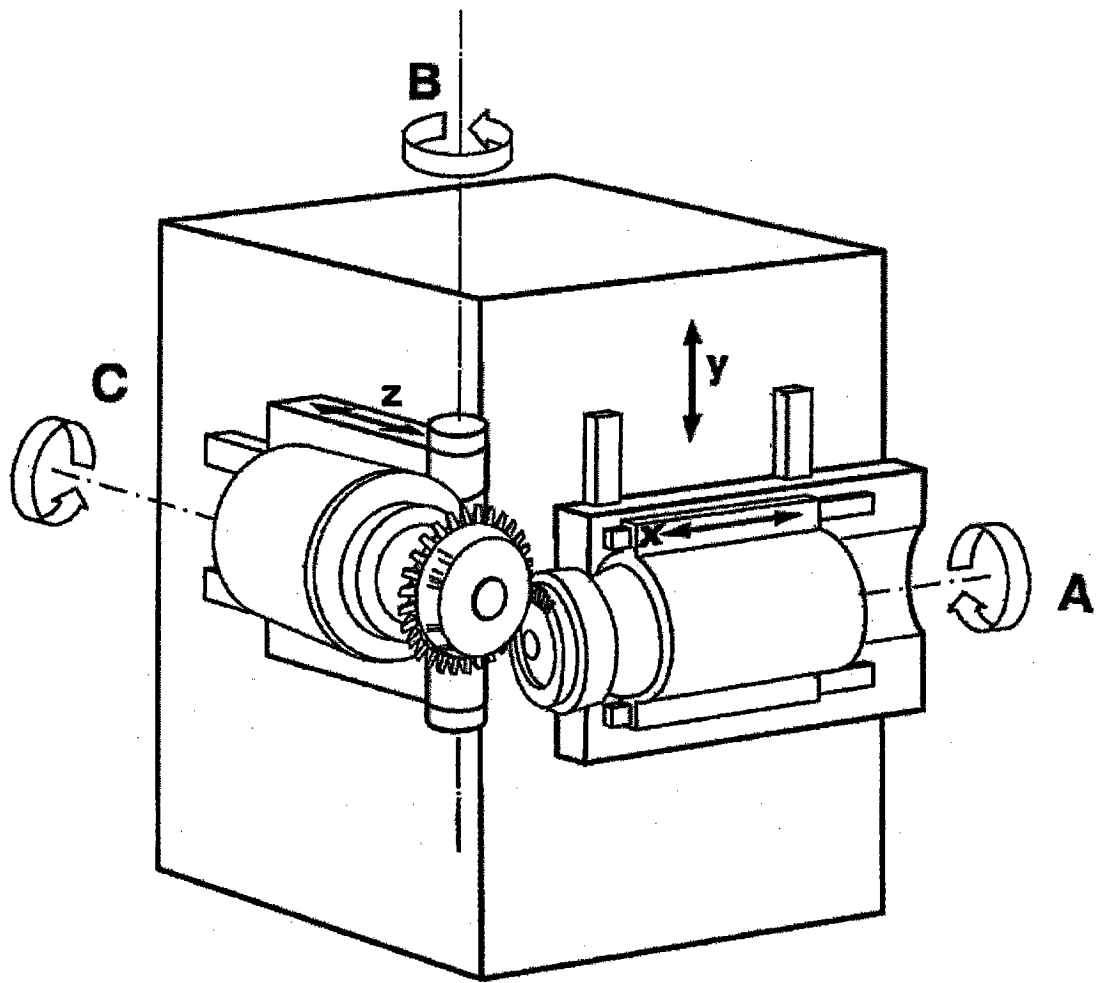
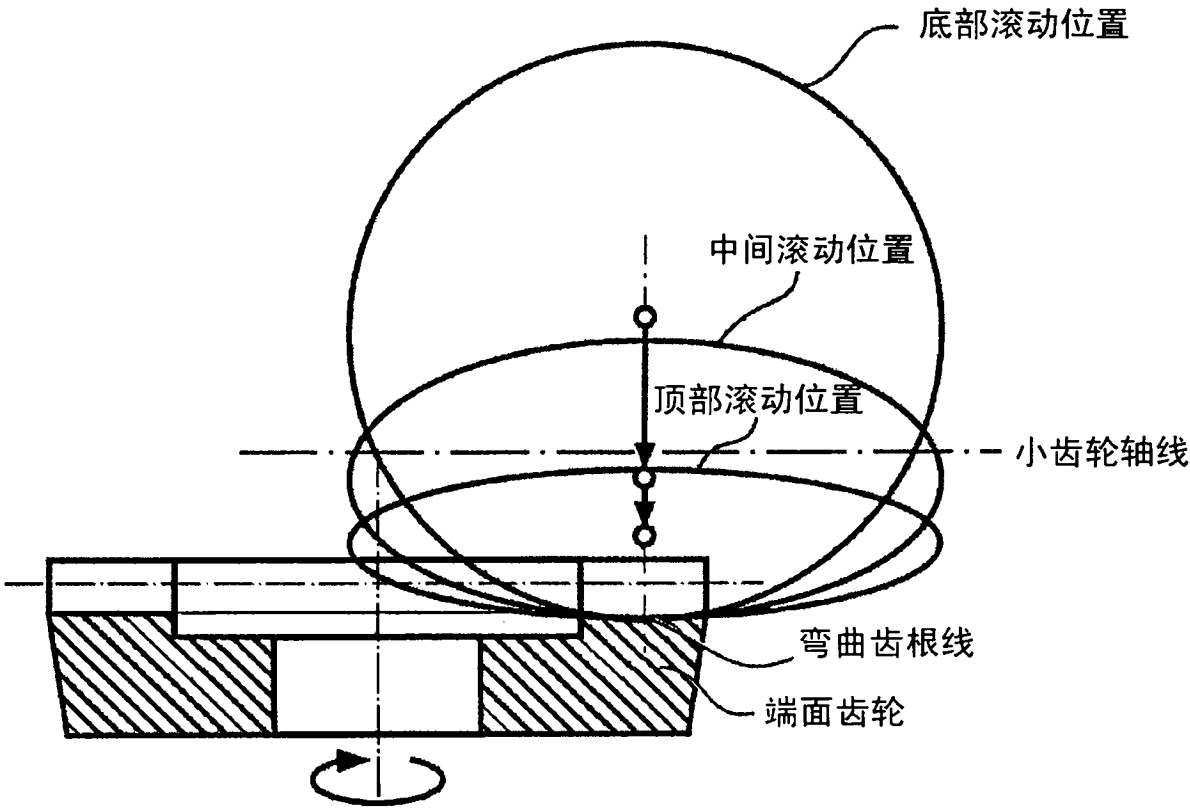


图10B 基本机构造



自由式切削机或磨削机

图 11



弯曲齿根线的展成

图 12