

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101733486 A

(43) 申请公布日 2010.06.16

(21) 申请号 201010031366.7

(22) 申请日 2010.01.18

(71) 申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号

申请人 长沙机床有限责任公司

(72) 发明人 李佳 陈新春 李锡晗

(74) 专利代理机构 天津盛理知识产权代理有限公司 12209

代理人 董一宁

(51) Int. Cl.

B23F 17/00 (2006.01)

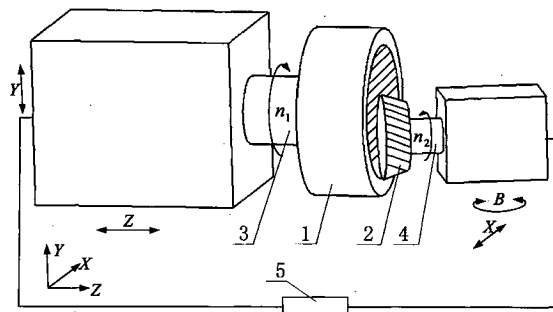
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

圆柱齿轮刷齿加工方法

(57) 摘要

本发明公开了一种圆柱齿轮刷齿加工方法。工件与刀具的各自转速分别为  $n_1$  和  $n_2$ ,  $n_1$  与  $n_2$  之比等于刀具齿数与工件齿数之比, 刀具相当于一个与工件啮合的齿轮。加工时使工件与刀具两主轴的轴线呈轴交角  $\alpha$ ,  $\alpha$  角为工件齿向螺旋角  $\beta$  与刀具齿向螺旋角  $\gamma$  的代数和。刀具的刃形设计成与工件齿形共轭形状, 用多轴运动控制器控制工件和刀具的旋转; 刀具的轴向进给径向进给。在切削点处, 切削速度  $V$  随切削点在刀刃上变化而改变, 形成刷削作用完成工件轮齿表面的切削成形。在无退刀槽条件下可完成非贯通渐开线内齿的加工, 是现有齿轮加工技术无法做到的, 本发明可以替代插齿和拉齿, 提高加工精度和效率, 大幅降低制造成本。



1. 圆柱齿轮刚齿加工方法,其特征是工件(1)的主轴(3)其转速为 $n_1$ ,刀具(2)的主轴(4)其转速为 $n_2$ , $n_1$ 与 $n_2$ 之比等于刀具齿数与工件齿数之比;加工时使工件主轴的轴线与刀具主轴的轴线呈轴交角 $\alpha$ , $\alpha$ 角为工件齿向螺旋角 $\beta$ 与刀具齿向螺旋角 $\gamma$ 的代数和;刀具(2)的刃形设计成与工件(1)齿形共轭形状;用多轴运动控制器(5)控制同时工件(1)和刀具(2)的旋转、刀具的轴向进给和径向进给;在切削点处,切削速度 $V$ 随切削点在刀刃上变化而改变,形成刚削作用,完成工件轮齿表面的切削成形。

2. 按照权利要求1所述的圆柱齿轮刚齿加工方法,其特征是所述工件(1)齿长方向的加工由多次轴向进给实现;工件(1)齿高方向的加工由多次经向进给实现,在保持工件与刀具旋转比例的同时作刀具的轴向进给或经向进给,在每一次轴向进给完毕的位置上,进行一个圆周的轮齿加工,整个齿面沿轴向加工完毕后作刀具的径向进给,重复与上述轴向进给相同的过程,完成齿高方向的加工。

## 圆柱齿轮刷齿加工方法

### 技术领域

[0001] 本发明属机械加工技术领域,具体涉及到一种圆柱齿轮的加工技术方法。

### 背景技术

[0002] 在机加工领域,由毛坯到圆柱齿轮轮齿表面成形的加工技术,在原理上分为基于展成法和成形法的两类加工技术。展成法加工包括滚齿、插齿,成形法加工包括铣齿、拉齿。这些加工方法已经发展得较为成熟,在齿轮加工业内得到广泛认同。然而随着技术的发展和进步,这些加工方法已经不能满足目前一些产品的工艺要求和精度要求。例如汽车自动变速器行星轮系齿套的内齿加工,由于受到空间限制,滚齿、铣齿工艺成为不可能;出于紧凑结构的考虑,内齿经常是不贯通的,内部也不设计空刀槽等工艺结构,因而也限制了插齿和拉齿工艺的实现;对于轴向贯通的内齿可以采用插齿或拉齿工艺,但插齿工艺效率和加工精度都不高,拉齿工艺精度低、成本高,尤其是大直径螺旋内齿加工,螺旋拉刀的成本令人难以接受。进入 21 世纪以后,国外个别企业采用加工内花键的方法加工内齿,获得初步效果但尚未形成成熟的技术。目前中国已经成为汽车产量最大的国家,对自动变速器齿轮的需求急剧增加,迫切需要相关的工艺技术和装备。本发明提出的圆柱齿轮加工技术与方法效率高、精度高,具有很强的创造性和实用性。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种圆柱齿轮刷齿加工的技术方法,使刀具在工件表面产生刷削作用,完成齿形加工。

[0004] 以下结合附图对本发明加工圆柱齿轮轮齿的技术原理进行说明。与滚齿、插齿类似,工件与刀具同时旋转,工件随其主轴的转速为  $n_1$ , 刀具随其主轴的转速为  $n_2$ ,  $n_1$  与  $n_2$  之比等于刀具齿数与工件齿数之比。刀具相当于一个与工件啮合的齿轮(如图 3 所示)。加工时使工件主轴的轴线与刀具主轴的轴线相对倾斜,形成轴交角  $\alpha$ , 该  $\alpha$  角根据工件齿向螺旋角和刀具齿向螺旋角而定,目的是使工件和刀具的齿向一致,以保证顺利切削。刀具的刃形设计成与工件齿形共轭形状。用多轴运动控制器,采用联动方式控制工件的旋转、刀具的旋转、刀具的轴向进给和刀具的径向进给。在这个过程中(如图 3 所示),工件和刀具的转动相当于滚齿或插齿的展成运动。多轴运动控制器的功能是对各个运动坐标进行插补运算,保证各个坐标同时到达预定位置。在切削点处(如图 4 所示),切削速度  $V$  随切削点在刀刃上变化而改变,形成刷削作用,完成工件轮齿表面的切削成形。具体为:刀刃上点的速度  $V_2$  分解到工件切向和轴向,切向速度分量为  $V_{2t}$ , 轴向速度分量为  $V_{2a}$ 。  $V_{2t}$  与工件上点的速度  $V_1$  的代数和形成切向相对速度  $V_t$ , 这个速度与  $V_{2a}$  合成切削速度  $V$ 。切削点在刀刃上不断变化,  $V$  也随之变化,从而形成刷削作用。

[0005] 采用多轴运动控制技术实现刷齿方法,进行圆柱齿轮内齿、外齿加工,不仅可以解决诸如汽车自动变速器行星轮系齿套螺旋内齿加工的难题,还可以替代拉齿和插齿工艺,大幅度提高效率、降低成本,同时对于齿轮机床制造业也会产生深远影响,在某种意义上

讲,将改变业界对齿轮加工工艺及加工机床的固有认识。

### 附图说明

- [0006] 附图 1 为内齿圆柱齿轮刷齿加工示意图。  
[0007] 附图 2 为刷齿加工径向投影示意图。  
[0008] 附图 3 为刷齿加工轴向观察示意图。  
[0009] 附图 4 为切削速度示意图。

### 具体实施方式

[0010] 以下结合附图 1 ~ 4 并通过实施例对本发明的原理作进一步的说明。在齿轮加工中,最常见的齿套内齿为渐开线齿形,齿线方向可以是直线,也可以是螺旋线(如图 1 所示)。本发明工件 1 的主轴 3 其转速为  $n_1$ , 刀具 2 的主轴 4 其转速为  $n_2$ ,  $n_1$  与  $n_2$  之比等于刀具齿数与工件齿数之比。加工时使工件主轴的轴线与刀具主轴的轴线呈轴交角  $\alpha$ ,  $\alpha$  角为工件齿向螺旋角  $\beta$  与刀具齿向螺旋角  $\gamma$  的代数和(如图 2)。刀具 2 的刃形设计成与工件 1 齿形共轭形状。多轴运动控制器 5 控制工件 1 与刀具 2 按照刀具与工件的齿数比做比例旋转运动,由于轴交角的存在,在切削点处,刀具与工件产生相对速度,形成刮削作用。

[0011] 工件全部轮齿表面成形是逐渐完成的,其中齿长方向的加工需要多次轴向进给实现,齿高方向的加工需要多次径向进给实现。刀具首先进给到工件靠近端面的轴向位置进行加工,在每一次轴向进给完毕的位置上,进行一个圆周的轮齿加工,在保持工件与刀具旋转比例(其中工件的转动包含由螺旋角加工引起的附加转动)的同时刀具作轴向进给。整个齿面沿轴向加工完毕后作刀具的径向进给。重复与上述轴向进给相同的过程,完成齿高方向的加工。做径向进给时也始终保持工件与刀具的比例旋转。该技术方法对于外齿圆柱齿轮轮齿表面的成形加工同样适用。

[0012] 以下选择某轿车自动变速器行星轮齿套内齿加工为具体实施例。工件的两个端面内部一侧无内齿无需加工,一侧有内齿需要加工,内齿参数如表 1 所示。以工件的无内齿端面和外圆定位,装夹在三爪卡盘上,刀具轴相对工件轴倾斜  $23^\circ$ , 刀具齿数 44, 刀具螺旋角  $0^\circ$ 。加工过程由多轴数控系统控制自动完成。根据工件齿数和刀具齿数的比例关系,设定工件主轴转速 1, 257rpm, 刀具主轴转速 2, 000rpm。首先刀具快速趋近工件,轴向到达距有内齿端面 1mm 处,径向到达切深 1mm 的位置,转为工进。采用三轴联动方式,在保持两个主轴旋转的同时,工件轴向进给 1mm(进给速度 60mm/min),其中为了使工件切削点能正确达到刀具切削点的位置,工件应在原有转动上附加一个转动,此时工件主轴转速为 1, 252. 2rpm,开始第一个轴截面上的齿形加工,两个主轴联动旋转加工,当工件转过一周,第一个截面上的齿形加工完毕,再做三轴联动进给 1mm,到达第二个轴截面继续加工,如此重复 10 次,完成 10mm 全齿宽的加工;采用三轴联动方式,保持两个主轴比例旋转不变,径向退刀 2mm(进给速度 100mm/min),然后轴向退刀返回到有内齿端面(进给速度 100mm/min),其中为了回复到起始圆周位置,需改变工件转速为 1, 265rpm,再改变工件转速为初始设定的 1, 257rpm,径向进刀 1mm,重复上述各个截面的齿形加工;再次返回有内齿端面,径向进刀 0. 99mm,重复各个截面的齿形加工。然后刀具先沿径向再沿轴向退回到安全位置,整个工件加工完毕。采用本发明方法加工的轮齿表面可达到 6 级精度,效率远远高于插齿,成本远

远低于拉齿。

[0013] 本发明的有益效果在于：在没有退刀槽的条件下，可以完成非贯通渐开线内齿的加工，这是现有齿轮加工技术无法做到的。对于齿向贯通的工件，可以替代插齿和拉齿，提高加工精度和效率，大幅降低制造成本。

[0014] 表 1 实施例零件参数

[0015]

齿数	法向模数	法向压力角	螺旋角	旋向	变位系数	分度圆直径	齿宽
70	1.33	20°	23°	左	1.15	93.1mm	10mm

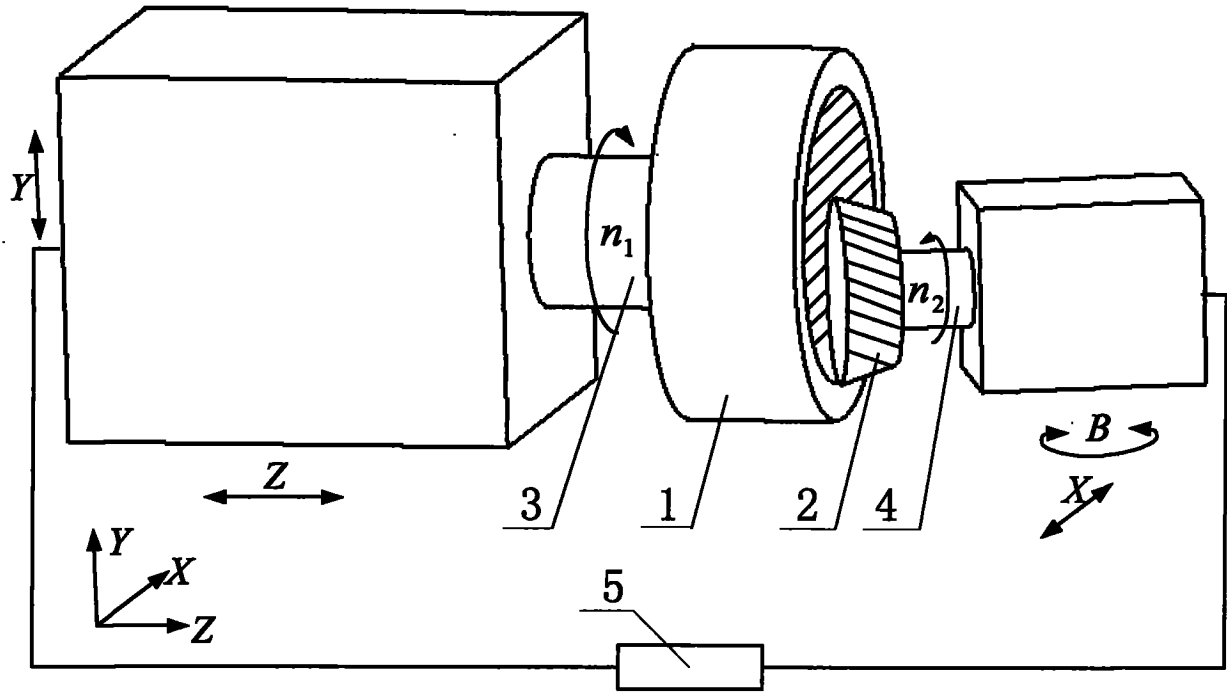


图 1

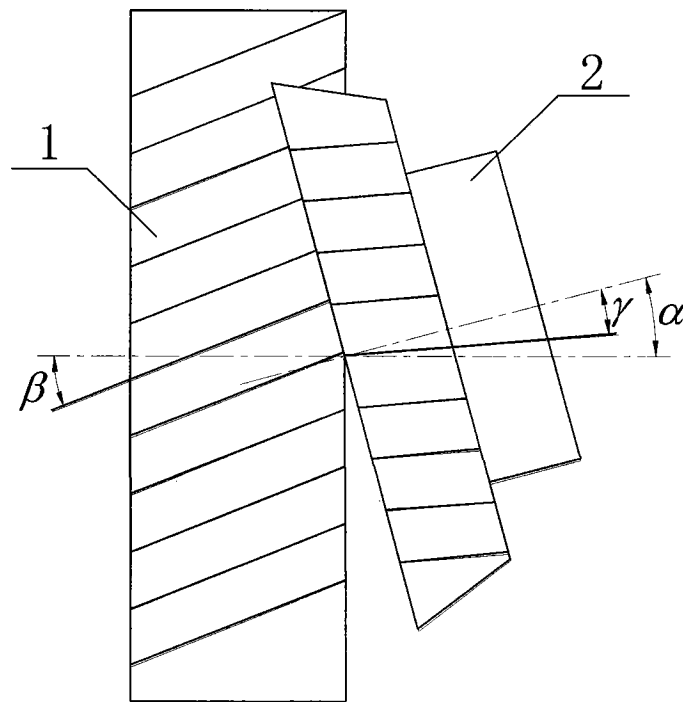


图 2

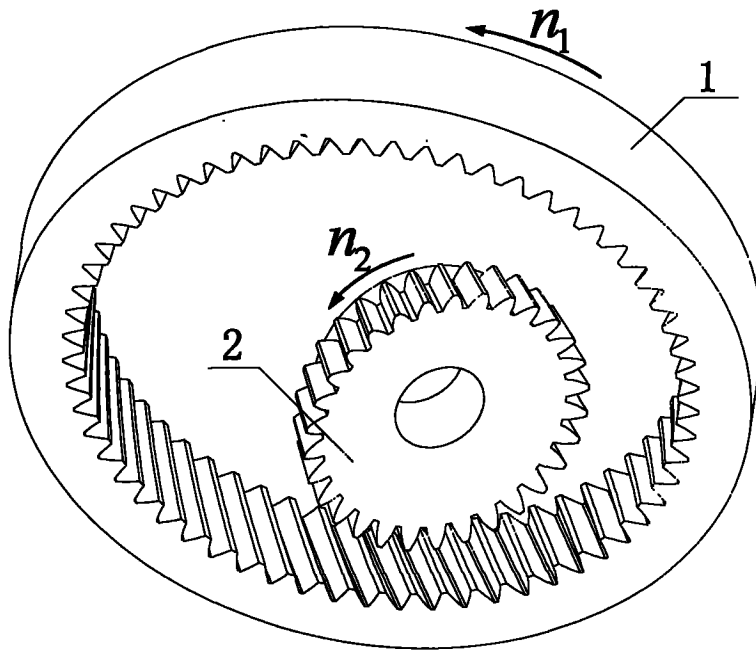


图 3

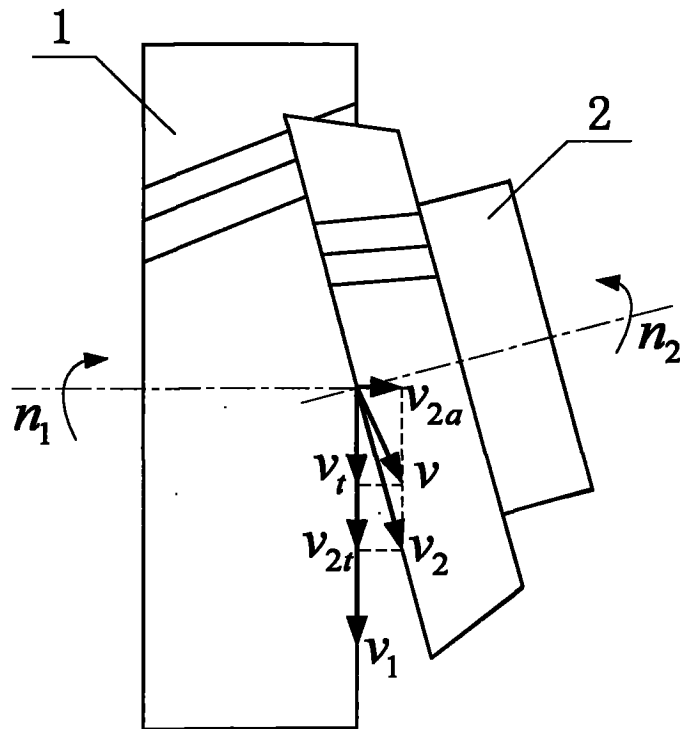


图 4