



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104551265 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 29

(21) 申请号 201310464718. 1

(22) 申请日 2013. 10. 09

(71) 申请人 唐进元

地址 410083 湖南省长沙市岳麓区麓山南路  
932 号中南大学新校区机电工程学院  
办公室

(72) 发明人 唐进元 李武俊 尹凤

(51) Int. Cl.

B23F 15/06(2006. 01)

B23F 21/02(2006. 01)

B23F 21/14(2006. 01)

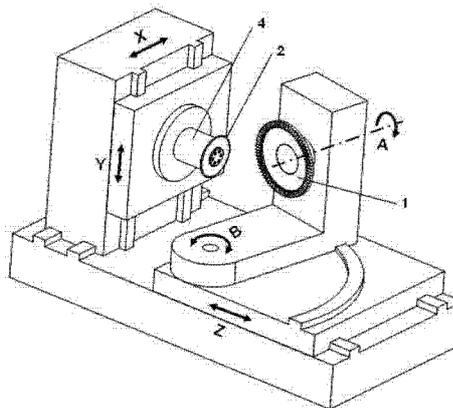
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

## (54) 发明名称

一种盘形刀具加工面齿轮的方法

## (57) 摘要

一种盘形刀具加工面齿轮的方法,包括:面齿轮1、盘形刀具2、直齿轮3。其特征是:采用与直齿轮3齿廓相同的渐开线刃或近似渐开线刃的盘形刀具2,使之模拟直齿轮3单个齿与面齿轮1的啮合运动来包络加工面齿轮,并向该面齿轮1的径向进行切削运动,以精确加工整个面齿轮齿廓。该方法可在现有数控机床上实现面齿轮铣齿和高精度磨齿加工,无需另行设计制造面齿轮专用加工机床,大大降低了生产成本,缩短了开发周期。



1. 一种盘形刀具加工面齿轮的方法,包括:面齿轮 1、盘形刀具 2、直齿轮 3,其特征是:采用与直齿轮 3 齿廓相同的渐开线刃或近似渐开线刃的盘形刀具 2,使之模拟直齿轮 3 单个齿与面齿轮 1 的啮合运动来包络加工面齿轮,并向该面齿轮 1 的径向进行切削运动,以精确加工整个面齿轮齿廓。

2. 根据权利要求 1 所述的加工方法,其特征是:盘形刀具 2 的轴向横截面轮廓与直齿轮 3 的轴向轮廓完全相同,为渐开线刃或近似渐开线刃。

3. 根据权利要求 1 所述的加工方法,其特征是:加工过程中,面齿轮 1 绕  $z_f$  的转速  $C$  与盘形刀具 2 绕  $z_s$  的转速  $B$  之间的转速比是恒定的,并且

$$C/B = N_s/N_f$$

其中  $N_s$  与  $N_f$  分别为直齿轮 3 与面齿轮 1 的齿数。

4. 根据权利要求 1 所述的加工方法,其特征是:盘形刀具 2 每绕  $z_s$  摆动一个微小的角度,就在面齿轮 1 的径向进行一次往返进给运动,以切削面齿轮齿长方向齿廓,如此反复摆动和径向进给直到切削整个齿槽。

5. 根据权利要求 1 所述的加工方法,其特征是:在加工完一个完整的齿槽后,盘形刀具 2 退出面齿轮 1 齿槽,面齿轮 1 工作台进行分度运动,以加工下一个齿槽。

6. 根据权利要求 1 所述的加工方法,可在现有机床上实现面齿轮的加工,其特征是:将面齿轮 1 安装于机床的工作台上,加长砂轮座 4 安装于机床主轴顶端,盘形刀具 2 安装于加长砂轮座 4 顶端,在加工过程中,面齿轮 1 随机床 A 旋转轴绕自身轴线旋转,同时面齿轮 1 随机床 B 旋转轴摆动,盘形刀具 2 随主轴绕自身轴线高速旋转,同时盘形刀具 2 在面齿轮的径向进行往返进给运动。

## 一种盘形刀具加工面齿轮的方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于齿轮制造方法中的面齿轮数控铣齿、磨齿加工这一领域。

### 背景技术

[0002] 面齿轮传动是指圆柱齿轮与锥齿轮相啮合实现空间相交或交错轴之间的传动。与锥齿轮相比较,面齿轮传动具有重合度大、承载能力强、稳定性强、振动小、占空间小等优点。随着航空航天事业的发展,面齿轮传动在飞行器的动力装置中得到了广泛应用,占有重要的地位。

[0003] 面齿轮加工方法是面齿轮研究的主要任务之一,但目前在国内对面齿轮的加工方法大多为插齿加工,加工出的面齿轮精度较低,承载能力较差,使得面齿轮的应用只能停留在低速、轻载的场合,并不能满足航空器械的传动要求,为了提高面齿轮的综合传动性能,必须实现面齿轮的高精度制造。要使面齿轮的传动性能进一步提高,一般需对面齿轮进行热处理,而热处理将对面齿轮齿面产生热胀变形,影响面齿轮的精度和传动性能,由于热处理后齿面硬度很高,采用一般的加工方法不易加工,必须研究面齿轮加工方法才能解决。

[0004] 在美国专利 US006146253(A) 中公开了一种采用蜗杆砂轮磨削加工面齿轮的方法,该方法采用蜗杆连续展成的原理对面齿轮进行加工,具有较高的加工效率,但是其蜗杆砂轮齿面存在奇异性,设计与制造相对困难,且该方法需要设计专门的加工设备,成本较高。

[0005] 在日本专利 JP2002011615A 中公开了一种面齿轮加工方法,该方法采用直线刀刃形状或接近于直线刀刃形状的刀具,并通过调节刀具使之与面齿轮的压力角成一个正确的数值,并向该面齿轮的径向进行切削运动来实现制造面齿轮。该方法由于无需在径向做往复运动,具有较高的加工效率,但是由于面齿轮的齿廓属于变截面齿廓,采用此加工方法只能近似逼近所加工的面齿轮齿面,不能得到精确的面齿轮齿廓,具有一定的原理误差。

[0006] 本专利发明了一种用盘形刀具加工面齿轮的新方法,该方法可在现有机床上,利用盘形刀具实现面齿轮铣齿和高精度磨齿加工,可以达到精确加工面齿轮的效果,消除了加工原理误差,无需另行设计制造面齿轮的专用加工设备,大大降低了生产成本,提高了加工精度。

### 发明内容

[0007] 本专利解决的技术问题是:针对市场上面齿轮加工精度低、传动性能差等缺陷,发明了现有数控机床上,利用盘形刀具实现面齿轮铣齿和高精度磨齿的加工方法。该方法可以同时对面齿轮进行铣齿和热处理后的面齿轮进行磨齿加工,实现面齿轮的粗精加工一体化,降低成本。

[0008] 本专利发明的面齿轮加工方法,包括:面齿轮 1、盘形刀具 2、直齿轮 3。其特征是:采用与直齿轮 3 齿廓相同的渐开线刃或近似渐开线刃的盘形刀具 2,使之模拟直齿轮 3 单个齿与面齿轮 1 的啮合运动来包络加工面齿轮,并向该面齿轮 1 的径向进行切削运动,以精确

加工整个面齿轮齿廓。

[0009] 所述加工方法可在现有机床上实现面齿轮的加工,其特征是:将面齿轮 1 安装于机床的工作台上,加长砂轮座 4 安装于机床主轴顶端,盘形刀具 2 安装于加长砂轮座 4 顶端。在加工过程中,面齿轮 1 随机床 A 旋转轴绕自身轴线旋转,同时面齿轮 1 随机床 B 旋转轴摆动。盘形刀具 2 随主轴绕自身轴线高速旋转,同时盘形刀具 2 在面齿轮的径向进行往返进给运动。加工完一个完整的齿面后,面齿轮进行分度运动,以加工下一个齿面,直到加工完整个面齿轮齿面。

[0010] 在加工过程中,为了避免面齿轮 1 与机床 Y 轴碰撞,设计了加长砂轮座 4 安装于机床主轴顶端,再将盘形刀具 2 安装于加长砂轮座 4 顶端,并且加长砂轮座 4 的长度应大于面齿轮 1 的外圆半径。

[0011] 由面齿轮 1、盘形刀具 2 及直齿轮 3 之间的啮合规律可知,要达到精确创成面齿轮齿廓,所利用的盘形刀具 2 的轴向横截面轮廓应与直齿轮 3 的轴向轮廓完全相同。在加工过程中,面齿轮 1 随机床 A 旋转轴绕自身轴线旋转和随机床 B 旋转轴摆动的转速比是恒定的,并且

$$A/B = N_c / N_f \quad (1)$$

其中  $N_c$  与  $N_f$  分别为直齿轮 3 与面齿轮 1 的齿数。

[0012] 盘形刀具 2 在加工过程中,为了达到切削齿坯余量、提高切削表面微观形貌的目的,盘形刀具 2 随机床主轴绕其自身轴线作高速旋转,其转速通常是恒定的。

[0013] 在加工过程中,面齿轮 1 每绕 B 旋转轴摆动一个微小的角度,盘形刀具 2 就在面齿轮 1 的径向进行一次往返进给运动,以达到切削整个齿面的效果。

[0014] 在加工过程中,由于受机床 B 旋转轴行程限制,采用单面加工方式,先在工位 1 加工面齿轮的右齿面,加工完一个完整的右齿面后,面齿轮进行分度运动,以加工下一个齿的右齿面,直到加工完整个面齿轮右齿面,然后再换至工位 2 加工面齿轮 1 的左齿面,直到加工完整个面齿轮的所有齿面。

[0015] 所述加工方法,可同时实现对面齿轮 1 进行铣齿和高精度磨齿加工,刀具和工件的相对运动关系不变。铣齿加工时,盘形刀具 2 为铣刀,磨齿加工时,盘形刀具 2 为砂轮。

[0016] 所述直齿轮 3 是虚拟的,在现实的加工过程中,直齿轮 3 是不存在的,在图中将其画出只是为了更好的说明加工原理。同时在现实加工面齿轮 1 的齿面在磨齿加工前一般都需要先进行热处理,以提高材料的综合性能。

[0017] 本发明具有如下优点和效果:

(1) 所提出加工方法以直齿轮与面齿轮的啮合原理为理论依据,消除了加工原理误差,可达到对面齿轮的高精度制造。

[0018] (2) 所提出的加工方法可在同一台机床上实现面齿轮铣齿和高精度磨齿加工一体化,无需另行设计制造面齿轮的专用加工设备,大大降低了生产成本,提高了加工精度。

## 附图说明

[0019] 图 1 为利用盘形刀具 2 加工面齿轮 1 的加工原理示意图。

[0020] 图 2 为利用盘形刀具 2 加工面齿轮 1 的加工原理示意图俯视图。

[0021] 图 3 为数控机床加工原工件时机床安装示意图。

[0022] 图 4 为数控机床加工面齿轮 1 时机床安装示意图。

[0023] 图 5 为工位 1、2 加工位置示意图。

### 具体实施方式

[0024] 面齿轮铣齿加工实施方式

1. 参见图 4, 将面齿轮齿坯安装于机床工作台上, 加长砂轮座 4 安装于机床主轴顶端, 盘形铣刀 2 安装于加长砂轮座 4 顶端。

[0025] 2. 参见图 5, 将盘形铣刀 2 移至工位 1 加工位置, 当盘形铣刀 2 移至加工位置后, 盘形铣刀 2 绕主轴做高速旋转, 同时面齿轮 1 随机床 A 旋转轴和 B 旋转轴以恒定的转速比摆动一个微小的角度, 然后盘形铣刀 2 随机床 Y 轴往面齿轮 1 的径向往返进给一次, 如此反复摆动和进给, 直到切削完整个齿的右齿面。

[0026] 3. 在加工完一个完整的右齿面后, 盘形铣刀 2 退出面齿轮齿槽, 机床工作台进行分度运动, 以加工下一个齿槽。如此反复, 直到加工完整个面齿轮的所有右齿面。

[0027] 4. 将盘形铣刀 2 移至工位 2 加工位置, 当盘形铣刀移至加工位置后, 盘形铣刀 2 绕主轴做高速旋转, 同时面齿轮 1 随机床 A 旋转轴和 B 旋转轴以恒定的转速比摆动一个微小的角度, 然后盘形铣刀 2 随机床 Y 轴往面齿轮 1 的径向往返进给一次, 达到切削齿面的效果。如此反复摆动和进给, 直到切削完整个齿的左齿面。

[0028] 5. 在加工完一个完整的左齿面后, 盘形铣刀 2 退出面齿轮齿槽, 机床工作台进行分度运动, 以加工下一个齿槽。如此反复, 直到加工完整个面齿轮的所有左齿面。

[0029] 6. 若加工余量分几次工序分配, 则重复上述 1、2、3、4、5 的操作直至加工完成。

[0030] 面齿轮磨齿加工实施方式

1. 对面齿轮 1 预先进行热处理, 以提高材料的综合性能。参见图 4, 将面齿轮 1 安装于机床工作台上, 加长砂轮座 4 安装于机床主轴顶端, 盘形砂轮 2 安装于加长砂轮座 4 顶端。

[0031] 2. 将盘形砂轮 2 移至对刀位置, 进行对刀, 对刀完成后, 记录此时 A 旋转轴的值  $A_0$ 。

[0032] 3. 参见图 5, 将盘形砂轮 2 移至工位 1 加工位置, 当盘形砂轮 2 移至加工位置后, 盘形砂轮 2 绕主轴做高速旋转, 同时面齿轮 1 随机床 A 旋转轴和 B 旋转轴以恒定的转速比摆动一个微小的角度, 然后盘形砂轮 2 随机床 Y 轴往面齿轮 1 的径向往返进给一次, 达到切削齿面的效果。如此反复摆动和进给, 直到切削完整个齿的右齿面。

[0033] 4. 在加工完一个完整的右齿面后, 盘形砂轮 2 退出面齿, 1 齿槽, 机床工作台进行分度运动, 以加工下一个齿槽。如此反复, 直到加工完整个面齿轮 1 的所有右齿面。

[0034] 5. 将盘形砂轮 2 移至工位 2 加工位置, 当盘形砂轮 2 移至加工位置后, 盘形砂轮 2 绕主轴做高速旋转, 同时面齿轮 1 随机床 A 旋转轴和 B 旋转轴以恒定的转速比摆动一个微小的角度, 然后盘形砂轮 2 随机床 Y 轴往面齿轮 1 的径向往返进给一次, 达到切削齿面的效果。如此反复摆动和进给, 直到切削完整个齿的左齿面。

[0035] 6. 在加工完一个完整的左齿面后, 盘形砂轮 2 退出面齿轮 1 齿槽, 机床工作台进行分度运动, 以加工下一个齿槽。如此反复, 直到加工完整个面齿轮 1 的所有左齿面。

[0036] 7. 若加工余量分几次工序分配, 则重复上述 1、2、3、4、5、6 的操作直至加工完成。

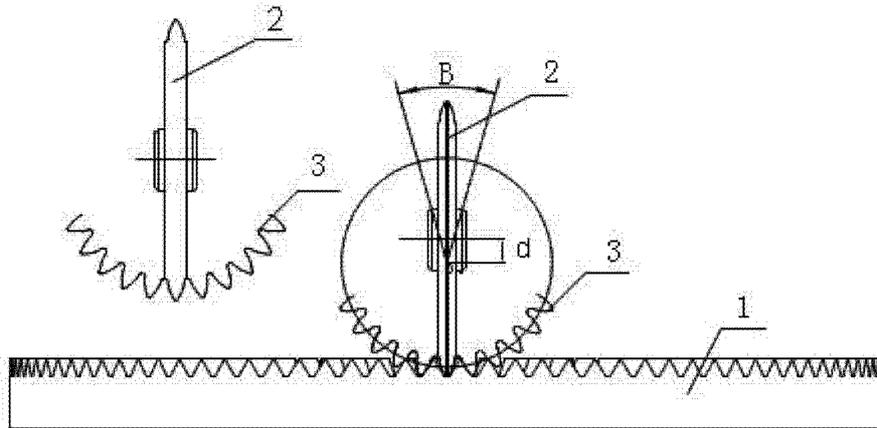


图 1

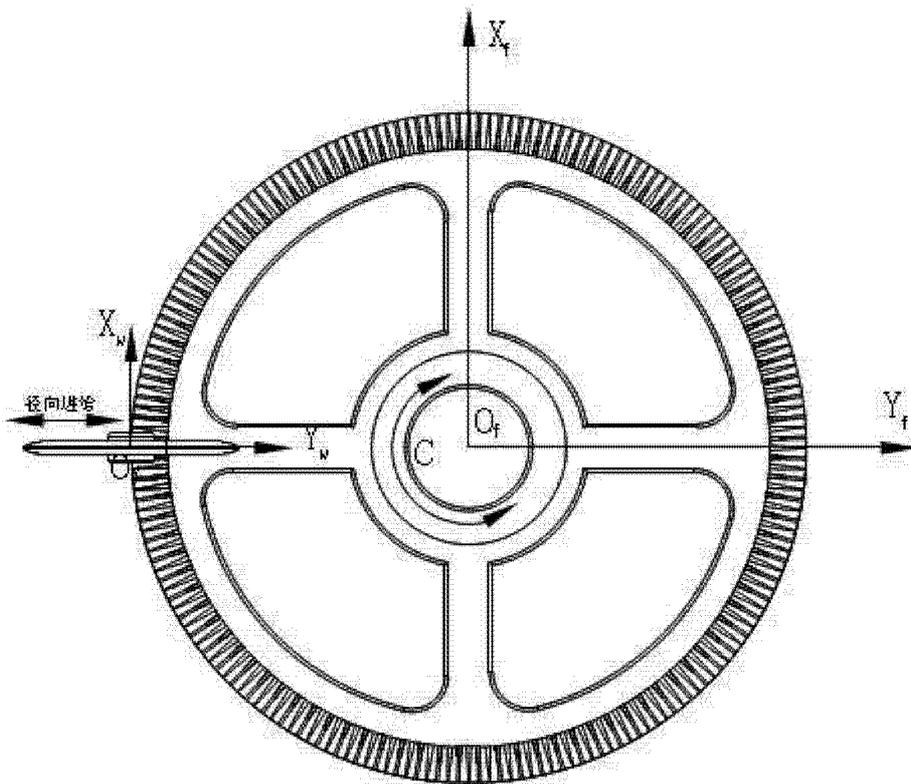


图 2

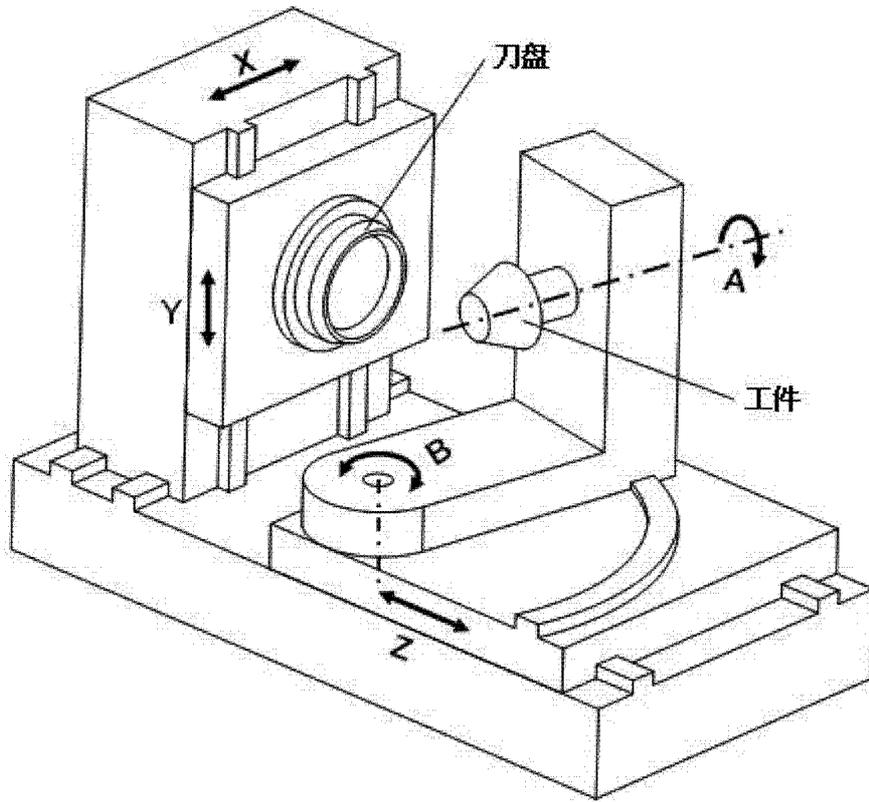


图 3

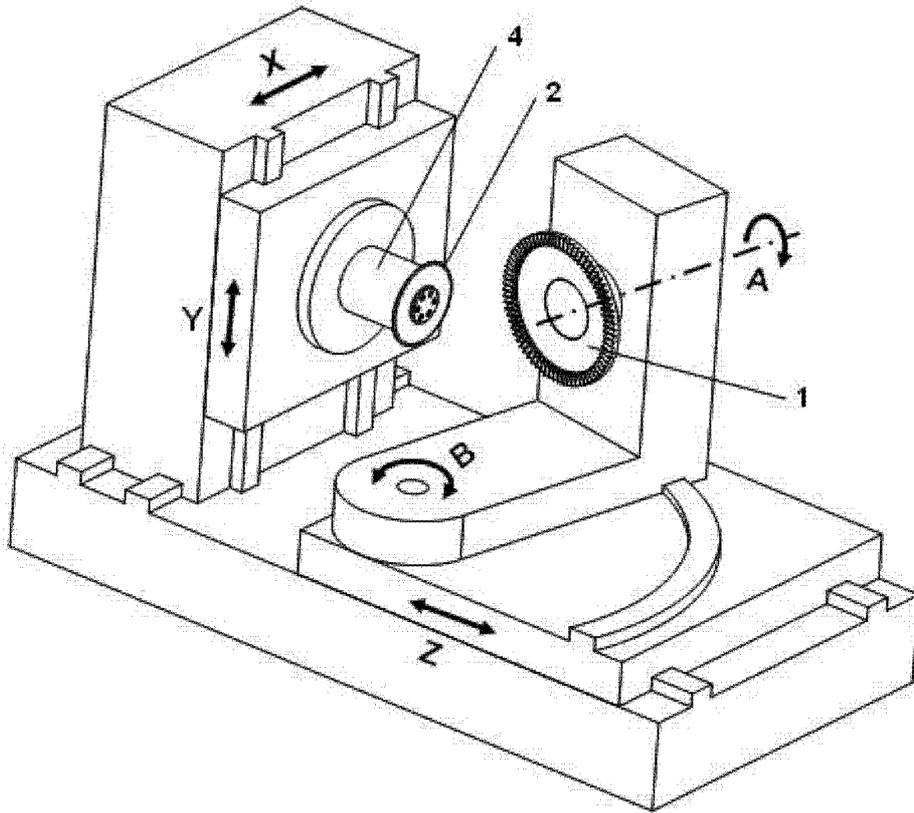


图 4

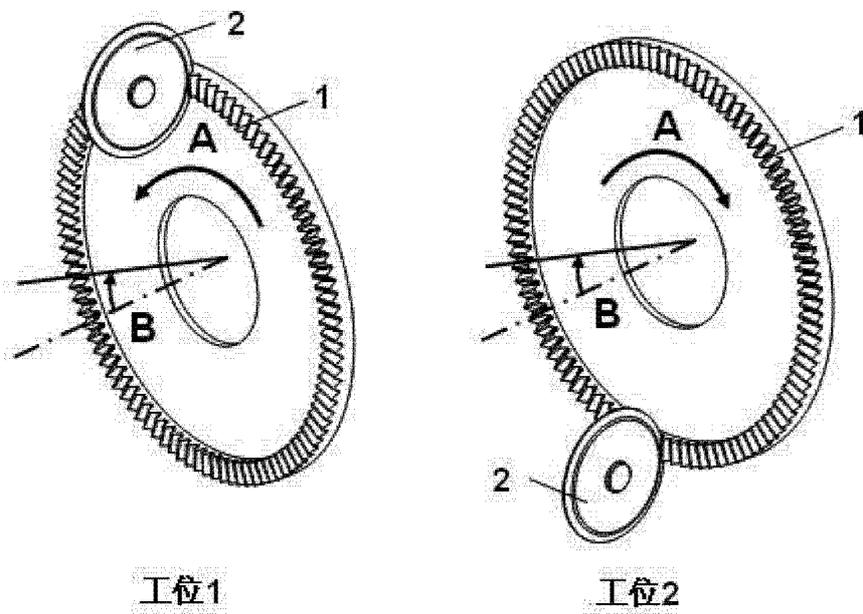


图 5