



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103231125 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 04

(21) 申请号 201310161209. 1

(22) 申请日 2013. 05. 04

(73) 专利权人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 石照耀 林家春 于渤

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

代理人 魏聿珠

(51) Int. Cl.

B23F 19/05(2006. 01)

审查员 陈友

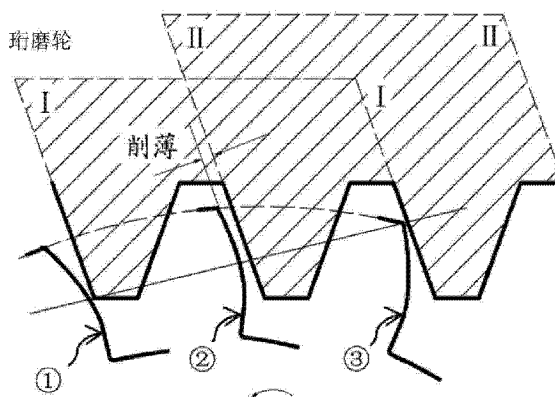
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种新型珩齿加工方法

(57) 摘要

本发明涉及一种新型的珩齿加工方法,属于超精密加工领域。本发明提出了一种新型珩齿加工方法,这种新方法很好的解决普通外啮合珩齿方法产生中凹齿形和珩磨轮精度保持时间短的缺点。该发明利用了一种特殊设计的珩磨轮,珩磨轮轴平面中同侧齿面的偶数齿面 II 相对奇数齿面 I 减薄,珩削时珩磨轮和被加工齿轮之间重合度小于或等于 1,保证珩磨每个齿面时,从齿顶到齿根切削力保持恒定,避免了普通外啮合珩齿中凹齿形的产生。



1. 一种新型珩齿加工方法,其采用特殊的珩磨轮,其特征是:珩磨的过程,所述的珩磨轮轴向齿形与齿条的齿形相同,珩磨轮与被加工齿轮同时回转,珩磨轮轴平面中同侧齿面的偶数齿面 II 相对奇数齿面 I 减薄,偶数齿面 II 被磨低,珩削加工过程全部由珩磨轮奇数齿面 I 来完成,减薄量为:

$$b = \frac{(z_1 \times \tan \alpha + \sqrt{h_a^2 + h_f^2})m\pi}{8q}$$

其中 z_1 为珩磨轮头数, m 为轴向模数, q 为直径系数, h_a 为齿顶系数, h_f 为齿根系数, α 为压力角。

2. 根据权利要求 1 所述的新型珩齿加工方法,其特征是:减薄多头珩磨轮的一头,珩削时珩磨轮和被加工齿轮之间重合度小于或等于 1。

3. 根据权利要求 1 所述的新型珩齿加工方法,其特征是:通过调整珩磨轮的转速和切削力,来调整被加工齿轮齿形中凸量。

4. 根据权利要求 1 所述的新型珩齿加工方法,其特征是:通过对珩磨轮进行修形控制被加工齿轮齿形形状和中凸量。

5. 根据权利要求 1 所述的新型珩齿加工方法,其特征是:该方法被用来加工齿轮或蜗轮副。

6. 根据权利要求 1 所述的新型珩齿加工方法,其特征是:所述的珩磨轮采用了电镀 CBN 颗粒,在珩磨过程中磨粒脱落后自锋利,获得连续恒定的加工质量。

一种新型珩齿加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种特殊的珩齿加工方法,属于超精密加工领域。

背景技术

[0002] 齿轮是一种重要的基础传动件,具有不可替代性,长期以来被作为工业化的象征。我国已成为齿轮制造大国,在 2012 年我国齿轮产品市场规模已突破 1958 亿元,居世界第二,但还不是齿轮制造强国。

[0003] 在实际应用中,为了实现齿轮的连续传动,要求齿轮重合度大于 1。重合度大于 1 意味着在一对轮齿尚未结束啮合时,下一对轮齿已进入啮合,从而保证了传动的连续性,如图 1 所示。在图 1 中第一阶段,在第 i 对齿刚进入啮合,第 $i-1$ 对齿尚未脱开啮合,两对齿参与传动;随着齿轮的转动,在图 1 中第二阶段,第 $i-1$ 对齿脱开啮合,第 $i+1$ 对齿尚未进入啮合,第 i 对齿独立传动;在图 1 第三阶段中,在第 $i+1$ 对齿已进入啮合,第 i 对齿尚未脱开啮合,两对齿参与传动。在整个啮合过程中,在啮合的起始和结束阶段,由两对齿参与传动,在啮合的中间阶段,由一对齿参与传动。因而,第 i 对齿所承受的啮合力也是变化的,在齿顶和齿根部位承受较小的啮合力,在齿中部承受较大的啮合力。在齿轮加工中,为了提高加工效率,重合度一般很大。

[0004] 但较大的重合度会引入额外的问题。以外啮合珩齿为例,外啮合珩齿加工相当于一对交错螺旋齿轮传动,重合度大于 1,加工过程中珩削力也是变化的。在齿顶和齿根部位承受较小的切削力,在齿中部承受较大的切削力。较大的切削力对应较大的切削量,因而在齿中部切削量大于齿根和齿顶部位,这就导致了外啮合珩齿加工中产生中凹齿形,如图 2 所示。

[0005] 珩齿相当于一对交错轴螺旋齿轮传动,适用于加工经滚齿、插齿、剃齿或磨齿后,齿面淬硬或非淬硬的直齿轮、斜齿轮、内外齿圆柱齿轮。珩齿可以消除热处理所产生的氧化皮,去除齿面毛刺和磕碰伤,在齿面形成网状的切削纹理,获得更好的表面质量,并能在一定程度上改善齿廓形状和螺旋线精度。因此,常作为硬齿面齿轮精加工的最后道工序。

[0006] 珩齿和磨齿通常是硬齿面齿轮的最终工序,与磨齿相比,珩齿加工具有能有效地改善齿面质量、效率高、成本低、齿面无烧伤、可降低齿轮噪声等诸多优点,应用正日益增多。珩齿加工在降低齿轮噪声方面具有更突出的优点,这主要得益于珩齿后齿面的特殊纹理。传统的珩齿技术珩轮和被加工齿轮是自由啮合,在外加珩削压力的作用下,珩轮上的磨粒切入金属层,磨下极细的切削,使被加工齿轮达到所要求的精度。这种加工方式可减小齿面粗糙度,从而降低齿轮噪声,但对齿轮的精度改善能力有限。

[0007] 目前,主流的珩齿技术是强力内齿轮珩齿,这是因为在内啮合珩齿过程中,由于内齿珩轮和被加工齿轮有更大重合度,修正能力比外齿珩轮要强,同时可用金刚石修正轮对齿轮齿形进行修形。但内齿珩齿设备价格非常高,在国内推广有一定的难度。外啮合珩齿机床结构简单、造价低,使用普遍,生产率高和切削速度较高,其应用不广的主要原因是有两个问题没得到很好的解决:第一,它不能提高齿形精度,并产生中凹齿形;第二,珩磨轮

保持精度时间很短。

发明内容

[0008] 本发明提出了一种新型珩齿加工方法,这种新方法很好的解决外啮合珩齿工艺中的缺点。该技术利用了一种特殊的珩磨轮,该珩磨轮轴平面中同侧齿面的偶数齿面 II 相对奇数齿面 I 减薄,珩削时珩磨轮和被加工齿轮之间重合度小于或等于 1,保证每个齿面切削时,从齿顶到齿根切削力基本相等,避免了传统外啮合珩齿中的中凹齿形的产生。

[0009] 珩齿切削过程用摩擦学理论来解释,珩磨轮和被加工齿轮的啮合被看成一对螺旋齿轮的啮合,它们之间存在着极大地相对滑移速度和一定范围的正压力,齿轮摩擦学研究表明,由于齿顶和齿根相对运动速度大,因此齿顶和齿根磨损大。在珩齿时,齿顶和根部切削量比齿高中部大,若珩齿前齿轮为渐开线,则珩后就自然变成了中凸齿形。可以看出,该珩齿技术无需进行砂轮的齿形修形,不但可以消除中凹现象,而且可以产生中凸齿形。

[0010] 一种新型珩齿加工方法,其采用特殊的珩磨轮,珩磨的过程,所述的珩磨轮轴向齿形与齿条的齿形相同,珩磨轮与被加工齿轮同时回转,珩磨轮轴平面中同侧齿面的偶数齿面 II 相对奇数齿面 I 减薄,偶数齿面 II 被磨低,珩削加工过程全部由珩磨轮奇数齿面 I 来完成。减薄量为:

$$[0011] \quad b = \frac{(z_1 \times \tan \alpha + \sqrt{h_a^2 + h_f^2}) m \pi}{8q}$$

[0012] 其中 z_1 为珩磨轮头数, m 为轴向模数, q 为直径系数, h_a 为齿顶系数, h_f 为齿根系数, α 为压力角。

[0013] 减薄多头珩磨轮的一头,珩削时珩磨轮和被加工齿轮之间重合度小于或等于 1。

[0014] 通过调整珩磨轮的转速和切削力,来调整被加工齿轮中凸量。

[0015] 通过对珩磨轮进行修形控制被加工齿轮齿形形状和中凸量。

[0016] 该方法被用来加工齿轮或蜗轮副。

[0017] 所述的珩磨轮采用了电镀 CBN 颗粒,在珩磨过程中磨粒脱落后自锋利,获得连续恒定的加工质量。

[0018] 本来珩磨轮奇数齿面 I 和被加工齿轮的第一个齿面①的珩磨在被加工齿面中部进行,该方法中偶数齿面 II 被磨低,珩磨轮奇数齿面 I 的齿顶刃仍和被加工齿轮的第一个齿面①接触,被加工齿轮转速降低。被加工齿轮的第三个齿面③的齿顶刃逐渐靠上珩磨轮的另一个奇数齿面 I (跳过被加工齿轮的第二个齿面②),直到第三个齿面③的齿顶刃和奇数齿面 I 接触为止,被加工齿轮转速增快。此时,被加工齿轮的第一个齿面①迅速与珩磨轮奇数齿面 I 脱离。从第三个齿面③的齿顶刃和奇数齿面 I 接触开始到第三个齿面③和奇数齿面 I 的正常啮合开始时,是被加工齿轮顶刃珩磨过程,从第三个齿面③和奇数齿面 I 的正常啮合结束到第三个齿面③和奇数齿面 I 的齿顶刃脱离是珩磨轮顶刃珩磨过程。

[0019] 正常珩磨作用的半径是齿轮的基圆半径,如果相邻一对齿不能接触上,那么啮合齿轮啮合点将离开啮合线,进行啮合线外啮合,这就是顶刃珩磨过程。被加工齿轮顶刃珩磨时,珩磨作用半径不再等于齿轮基圆,而是逐渐减小,距离正常啮合开始位置越远,啮合作用半径减小越快,被加工齿轮转速加快,齿轮与珩磨轮相对速度加快,齿顶磨损增大。珩磨

轮顶刃珩磨时,被加工齿轮转速逐渐减慢,距离正常啮合结束位置越远,转速降低越厉害,齿轮和珩磨轮的相对速度加快,齿根磨损增大。这样自然的产生中凸齿形。通过控制珩磨轮的转速和切削力的大小,控制被加工齿轮的齿形中凸量的大小。同时,对珩磨轮进行修形,将珩磨轮齿形修成中凹状,通过控制珩磨轮齿形的形状和修行量,进一步控制被加工齿轮齿形形状和中凸量的大小。以上两种方法实现对中凸量大小的控制,获得使用性能优异的被加工齿面。

[0020] 珩磨轮材料的硬度、强度和抗磨损能力直接影响着珩磨轮的寿命,决定了被加工齿轮的齿面质量和几何精度,因此珩磨轮采用电镀 CBN 颗粒,切削能力强,精度保持时间长,可实现珩齿工艺,在珩磨过程中磨粒脱落后可以自锋利,以获得连续恒定的加工质量。

[0021] 本发明的新型珩磨工艺有以下显著特点:

[0022] 1、珩齿过程中始终只有一个齿面参与啮合,避免了切削力的交替变化;

[0023] 2、避免传统珩齿过程中产生中凹齿形,自然产生中凸齿形;

[0024] 3、珩磨轮保持精度时间长;

[0025] 4、珩齿的切削速度高,珩削性能好;

[0026] 5、珩齿加工精度高,传动平稳;

[0027] 6、减小齿面粗糙度,从而降低齿轮噪声;

[0028] 7、该工艺被用来加工齿轮或蜗轮副;

[0029] 8、通过调整珩磨轮转速和切削力,来调整被加工齿轮中凸量;

[0030] 9、通过对珩磨轮进行修形控制被加工齿轮齿形形状和中凸量。

附图说明

[0031] 图 1 常规齿轮啮合过程

[0032] 图 2 普通珩齿加工中凹齿形

[0033] 图 3 新型珩齿原理

[0034] 图 4 新型珩齿加工过程

[0035] 图 5 珩磨轮与被加工齿轮的轴交角

具体实施方式

[0036] 以下结合具体加工实例对本发明进行说明:

[0037] 首先需要根据被加工齿轮参数选择珩磨轮。其采用特殊的珩磨轮,珩磨的过程,所述的珩磨轮轴向齿形与齿条的齿形相同,珩磨轮与被加工齿轮同时回转,珩磨轮轴平面中同侧齿面的偶数齿面 II 相对奇数齿面 I 减薄,偶数齿面 II 被磨低,珩削加工过程全部由珩磨轮奇数齿面 I 来完成。减薄量为:

$$[0038] \quad b = \frac{(z_1 \times \tan \alpha + \sqrt{h_a^2 + h_f^2}) m \pi}{8q}$$

[0039] 其中 z_1 为珩磨轮头数, m 为轴向模数, q 为直径系数, h_a 为齿顶系数, h_f 为齿根系数, α 为压力角。

[0040] 当被加工齿轮齿数为基数时,选择 2 头蜗杆珩磨轮;当被加工齿轮齿数为偶数时,

选择 3 头蜗杆珩磨轮；当被加工齿轮齿数被 6 整除时，2 头或 3 头蜗杆珩磨轮都无法直接完成珩磨，需要对被加工齿轮进行人工错齿，来完成珩磨。

[0041] 被加工齿轮参数为：模数 $m=6.3\text{mm}$ ，齿数 $z=31$ ，压力角 $\alpha=20^\circ$ ，螺旋角 $\beta=12^\circ$ ，齿宽 $B=40\text{mm}$ 。

[0042] 根据上述理论，我们选择 2 头跳牙蜗杆珩磨轮，珩磨轮其他参数为：轴向模数 $m=6.3$ ，分度圆直径 $d=63\text{mm}$ ，导程角 $\gamma=11^\circ 18' 36''$ ，直径系数 $q=10$ ，齿顶系数 $h_a=1$ ，齿根系数 $h_f=1.25$ ，所以减薄量 $b=0.58\text{mm}$ ，由珩磨轮和被加工齿轮的参数我们可以算出，中心距 $a=129\text{mm}$ ，传动比 $i=15.5$ 。

[0043] 接下来安装被加工齿轮和珩磨轮，外啮合珩齿加工相当于一对交错螺旋齿轮传动，计算两个轴的轴交角，如图 5 所示，轴交角 $\Sigma=90^\circ - \beta - \gamma=66^\circ 41' 24''$ 。

[0044] 珩磨轮并不能对整个齿面进行珩削，为了完成整个齿面的珩削，被加工齿轮具有附加轴向往复运动。

[0045] 如图 4 所示，对被加工齿轮轮齿标号 1、2、3、…、31。珩磨轮齿面 I 的齿顶刃仍和被加工齿轮的齿面 1 接触，被加工齿轮转速降低。被加工齿轮的齿面 3 的齿顶刃逐渐靠上珩磨轮的另一个齿面 I（跳过被加工齿轮的齿面 2），直到齿面 3 的齿顶刃和齿面 I 接触为止，被加工齿轮转速增快。此时，被加工齿轮的齿面 1 迅速与珩磨轮齿面 I 脱离。从齿面 3 的齿顶刃和齿面 I 接触开始到齿面 3 和齿面 I 的正常啮合开始时，是被加工齿轮顶刃珩磨过程，从齿面 3 和齿面 I 的正常啮合结束到齿面 3 和齿面 I 的齿顶刃脱离是珩磨轮顶刃珩磨过程。

[0046] 所选的 2 头跳牙蜗杆珩磨轮中的一头的左右齿面正常，另一头的左右齿面都被磨低，珩磨轮每旋转一周，只对一个齿进行珩削，但是被加工齿轮却要转过 2 个齿，这样使得每间隔一个齿，珩削加工一个齿，所以被加工齿轮旋转 1 周大约完成一半齿的珩削，转动 2 周才能对全部齿进行一次珩削。

[0047] 珩磨轮旋转第 1 周，完成对齿 1 的珩削，珩磨轮旋转第 2 周，完成对齿 3 的珩削，这样持续进行，当珩磨轮旋转第 16 周时，完成对齿 31 的珩削，接下来由于珩削过程会跳过 1 号齿，而对 2 号齿进行珩磨，这样剩下的偶数号齿的珩削就可以完成了。蜗杆珩磨轮旋转 31 周，就可完成一次对全部齿单齿面的珩磨。以上是 2 头跳牙蜗杆珩磨轮的加工过程，对于 3 头跳牙蜗杆珩磨轮来说，加工过程相似，只不过珩磨轮每旋转一周，被加工齿轮要转过 3 个齿，也就是说，每 3 个齿珩削加工一个齿。

[0048] 控制珩磨轮的旋转方向可以完成每个齿另一齿面的珩磨，从而完成整个齿轮的精加工。

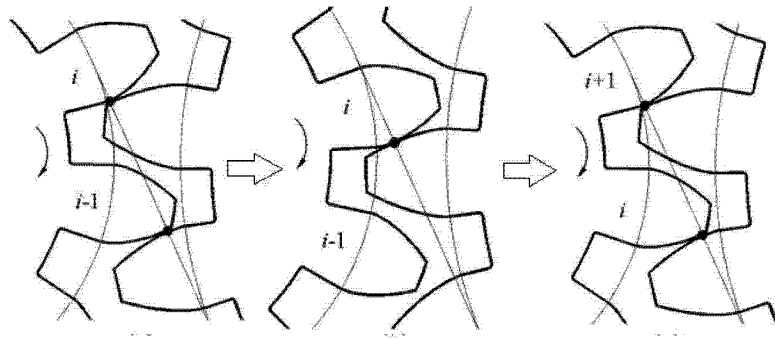


图 1

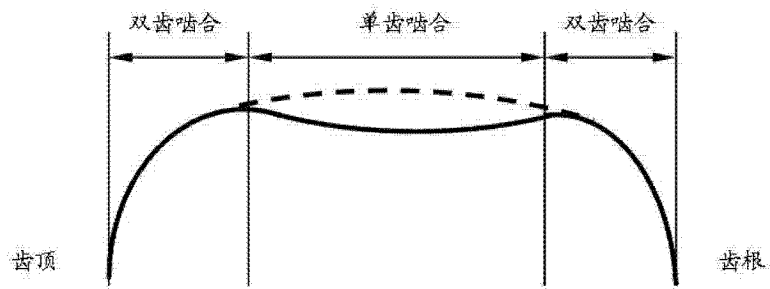


图 2

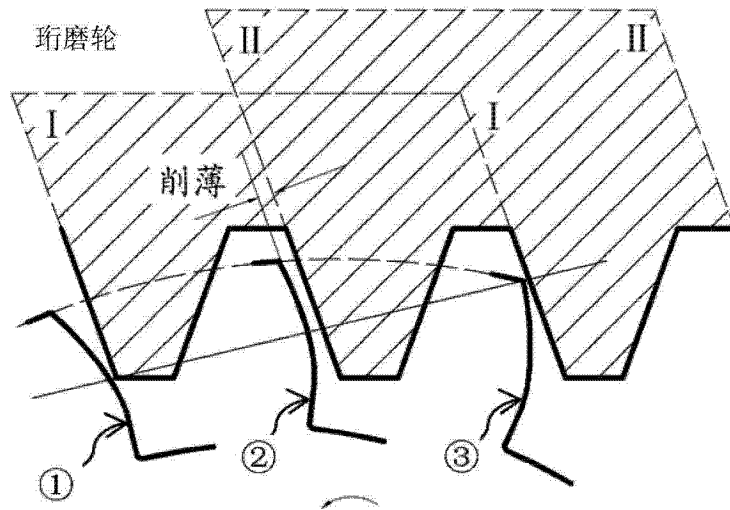


图 3

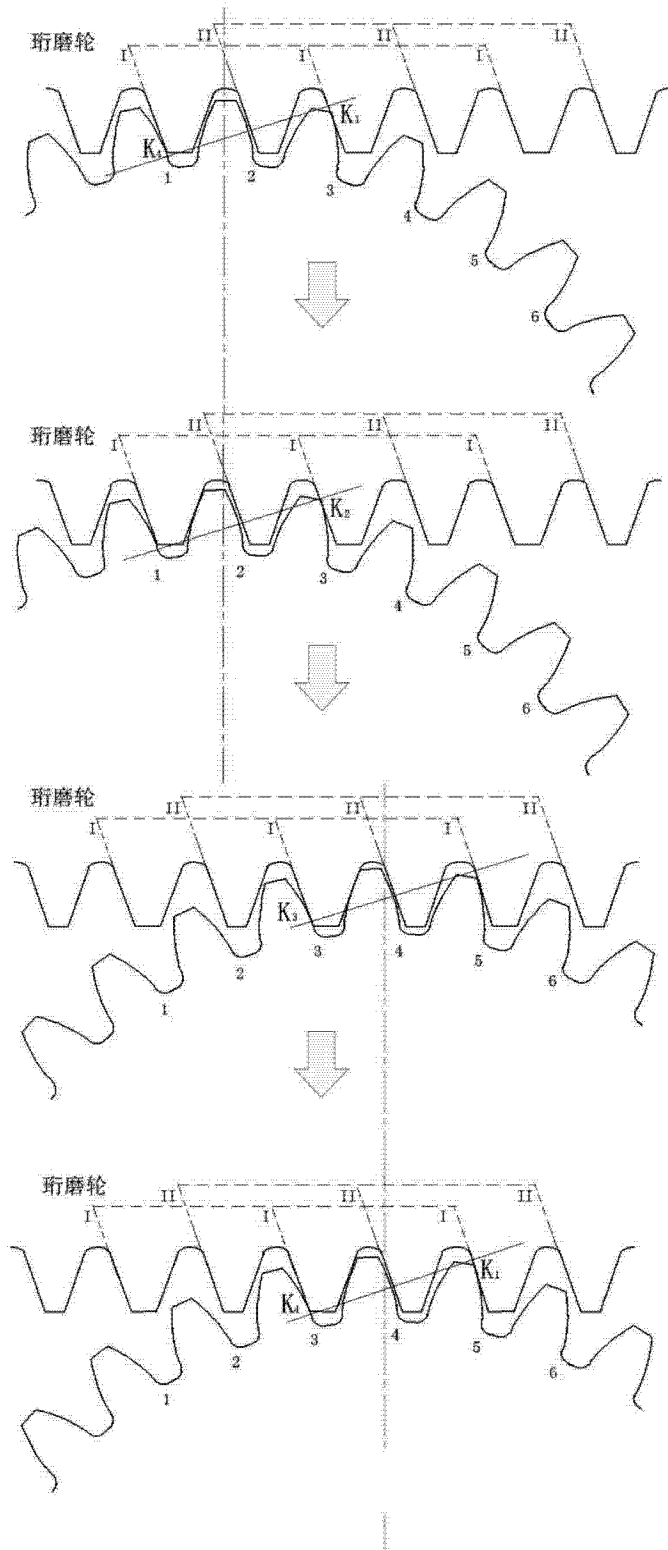


图 4

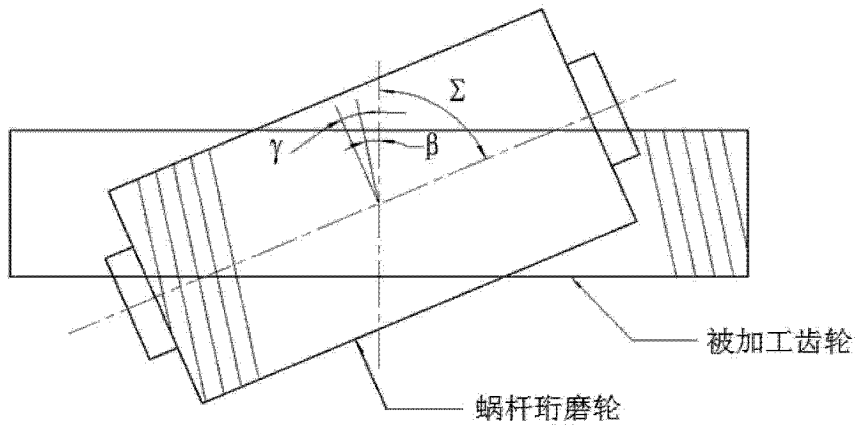


图 5