



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101970164 B

(45) 授权公告日 2012. 06. 27

(21) 申请号 200980108872. 7

(22) 申请日 2009. 03. 16

(30) 优先权数据

61/069, 413 2008. 03. 14 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 09. 10

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/001645 2009. 03. 16

(87) PCT申请的公布数据

W02009/114203 EN 2009. 09. 17

(73) 专利权人 格里森工场

地址 美国纽约州

(72) 发明人 H·J·斯塔特费尔德 J·A·考特尼

G·J·科密特

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 朱立鸣 丁晓峰

(51) Int. Cl.

B23F 23/10 (2006. 01)

B23F 23/12 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1214778 A, 1999. 04. 21,

DE 3831347 A1, 1989. 04. 27,

DD 265823 A1, 1989. 03. 15,

CN 1457279 A, 2003. 11. 19,

CN 2485081 Y, 2002. 04. 10,

审查员 刘文镐

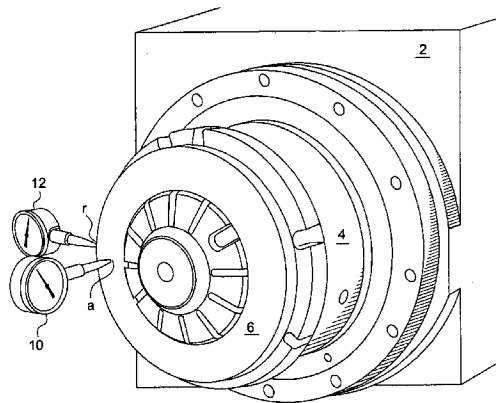
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

在机床上的跳动补偿

(57) 摘要

一种确定当加工齿轮过程中由于工件夹具的轴向和 / 或径向跳动以及对此跳动的补偿, 其中, 在加工各个单个齿槽过程中, 实施轴向和 / 或径向补偿。



1. 一种对于设置在齿轮制造机的工件心轴上的工件夹具的跳动进行补偿的方法,所述齿轮制造机包括多个计算机控制的运动轴线,所述方法包括:

确定所述工件夹具的所述跳动;

确定所述跳动相对于所述工件心轴的角度定向;

确定待加工的齿轮工件的各个齿槽位置的补偿量,所述各个齿槽位置的所述补偿量基于所述跳动和所述齿轮工件的齿槽在所述心轴上的旋转位置,所述补偿量是在加工所述各个齿槽的过程中、所述齿轮工件沿一个或多个所述运动轴线的相对运动量,从而一个齿槽接一个齿槽地对工件夹具在所述工件上的跳动进行补偿。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述确定所述工件夹具的所述跳动包括:测量轴向跳动和径向跳动中的至少一个。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述确定所述工件夹具的所述跳动包括:识别最大跳动量和最小跳动量。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,基于所述最大跳动量和所述最小跳动量以及所述齿轮工件的齿槽在所述心轴上的旋转位置来确定所述各个齿槽位置的所述补偿量,所述各个齿槽位置的所述补偿量是在加工所述齿轮工件的过程中、所述齿轮工件沿一个或多个所述运动轴线的相对运动量,从而一个齿槽接一个齿槽地对工件夹具在所述工件上的跳动进行补偿。

5. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,确定在所述最大跳动量和最小跳动量之间的角度差,将所述角度差与预定差值限度进行比较,如果所述角度差小于所述预定差值限度,则所述方法无效。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述确定所述跳动包括:以至少一个测量指示器测量所述跳动。

7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述确定所述跳动包括:以至少一个机器内置式测量探头测量所述跳动。

8. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述测量在所述工件夹具上的8点钟位置和10点钟位置之间发生。

9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述测量在所述工件夹具上的9点钟位置处发生。

10. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述最大跳动量和所述最小跳动量通过乘以一比值进行调整,所述比值是平均工件半径除以工件夹具半径的比值。

11. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在为齿轮工件的各个齿槽确定补偿之后,通过单变位工艺加工多个工件,其中,对各个工件反复进行补偿运动。

12. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在为齿轮工件的各个齿槽确定补偿之后,通过连续变位工艺加工多个工件,其中,对所述工件的各次旋转反复进行补偿运动。

13. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述齿轮工件包括环齿轮和小齿轮中的一种。

14. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述跳动表现为正弦函数。

15. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在为齿轮工件的各个齿槽确定补偿之后,通过展成工艺或非展成工艺中的一种加工多个工件。

在机床上的跳动补偿

[0001] 本申请要求 2008 年 03 月 14 日提交的美国临时专利申请第 61/069, 413 号的权益, 其全部内容以参见的方式纳入本文。

技术领域

[0002] 本发明涉及确定当加工齿轮时由于工件夹具在机器中尤其是齿轮制造机中的跳动, 并涉及对此跳动的补偿。

背景技术

[0003] 在齿轮生产中, 尤其是锥齿轮的生产中, 通常使用两种类型的工艺, 即展成工艺和非展成工艺。

[0004] 展成工艺可分成两个种类, 平面铣齿 (间断变位) 和平面滚齿 (连续变位)。在平面铣齿的展成工艺中, 将转动工具在工件中进给至预定深度。一旦达到该深度, 工具和工件就以预定的相对滚动一起滚动, 称作展成滚动, 如同工件与理论展成齿轮啮合地转动那样, 该理论展成齿轮的齿由工具的棒料去除表面来表示。齿的外形通过展成滚动过程中工具和工件的相对运动来形成。

[0005] 在平面滚齿展成工艺中, 工具和工件以定时的关系转动, 将工具进给至一深度, 由此在工具的单次插入中就形成所有齿槽。在达到完全深度之后, 开始展成滚动。

[0006] 在非展成工艺中, 无论是间断变位还是连续变位, 工件上齿的外形由工具上的外形直接形成。将工具进给入工件, 并将工具上的外形赋予工件。尽管没有采用展成滚动, 但是呈理论“冠齿轮”形式的理论展成齿轮的概念可应用于非展成工艺中。该冠齿轮是如下的理论齿轮: 在非展成工艺中, 其齿面与工件的齿面互补。因此, 当在非展成工件上形成齿面时, 工具上的切削刀片表示理论冠齿轮的齿。

[0007] 在齿轮制造机上, 可执行一次或多次补偿以消除齿的间距偏差。间距偏差可由工具磨损、工具、工件和机器零件的温度变化所导致。这会影响到工具和工件之间的关系, 在此, 它们分组在三个种类中 (仅适用于平面铣齿, 即间断变位):

[0008] 短期效应 - 影响在齿轮上的齿槽总数 (例如, 35 个齿槽) 的仅仅开始几个齿槽 (例如, 开始三个齿槽);

[0009] 中期效应 - 在齿轮旋转一周过程中, 将影响所有齿槽; 以及

[0010] 长期效应 - 在制造过程改变的情况下, 将影响工件的齿槽间距特征。

[0011] 由于工件通过工件夹具以非旋转定向的方式连接于机器工件心轴, 心轴跳动和工件夹具与机器工件心轴之间的跳动对上文所述的间距误差具有随机关系。这是由于在齿轮制造机中工件心轴的旋转停止位置一般是随机的。如果在 9 点钟位置、在切削机上切削锥齿轮的第一齿槽, 则任何间距补偿基于在该位置中的绝对心轴定向。通常, 绝对工件心轴的旋转角将各不相同。针对短期效应、中期效应和 / 或长期效应的间距偏差的补偿将不会影响由心轴跳动或工件夹具跳动所产生的分量。与此相反, 心轴跳动或工件夹具跳动将影响间距误差补偿的结果。

[0012] 可将跳动限定为：当旋转通过 1 个旋转周期（360 度）时，与部件表面的理想形状或定向的偏差。两种类型的跳动通常是指：(1) 径向跳动，该跳动是指沿垂直于诸如工件或工具的本体的旋转轴线的方向的偏差，以及 (2) 轴向跳动，该跳动是指诸如工件或工具的本体沿其旋转轴线相对于平面的偏差量。

[0013] 如果在每个部件的加工过程开始时，机器工件心轴总是定向在相同旋转位置，则对于已加工齿轮的测量能获得一部分径向跳动和轴向跳动。然而，例如在干式切削中，这会导致由从第一齿到最后齿的一阶斜坡函数所补偿（基于这样的假设：中期效应由从齿槽到齿槽逐渐增加的工作温度所导致，并且基于这样的事实：具有最高温度的最后齿槽靠近第一齿槽，第一齿槽在切削剩余齿槽的过程中具有冷却时间）。如此对于温度效应以及心轴跳动和工具夹紧跳动的混合作用的复合校正，仅仅是部分成功的，且在多数情况中不能显著减少齿的间距误差。

[0014] 在齿轮磨削中，间距误差补偿通常在两个坡度（与轴向工作位置和径向工作位置重合）中针对短期效应和中期效应。该补偿使磨削轮在两个磨削刃之间的磨损的影响最小化。加工温度补偿一般基于各个机器的设计独立进行并针对对应的机器轴线。所描述的磨削轮磨损的补偿不适合用于工具夹紧跳动和心轴跳动的补偿。

[0015] 在非定向的心轴和工具夹紧设置的情形中，需考虑到的是，每次移除工件夹具和将工件夹具安装回工件心轴上时，在工件夹具和心轴之间的定向是不同的，这将会导致在心轴和工件夹具之间的旋转定向中的相移，这种相移会对试图应用预先为源作业推导的间距误差补偿产生影响。

[0016] 在定向心轴的情形中，即工件夹具相对于机器工件心轴的位置是定向的（键住的），应考虑到的是，每次将工件夹具移除以及重新安装工件夹具时，工件夹具在机器工件心轴的锥体中的定位都是不同的。这种差异甚至在工件夹具的位置是定向的（键住的）情形中增加。仅仅几微米的小差异将不利地影响齿距结果。一些齿距误差补偿使用单个或多个斜坡函数，或对于每个齿槽被个别推导。

[0017] 工件跳动将正弦齿距误差（径向跳动）从第一齿槽传递到最后的齿槽，或者将正弦齿槽深度偏差（轴向跳动）从第一齿槽传递到最后的齿槽。

[0018] 将工件夹具安装到齿轮制造机之后，用指示器测量跳动值（大多为径向）。在很多情形中，工件夹具旋转大约 90° 或 180° 以寻找相对于工件心轴的较优相对角，从而抵消一些或全部的跳动。现今的间距误差补偿方法既不适合于获取两种类型的跳动，也不适合于减少或消除这两种类型的跳动。

发明内容

[0019] 本发明涉及在加工齿轮过程中确定工件夹具的轴向和 / 或径向跳动并补偿这种跳动的方法，其中，在加工各个单个齿槽过程中以这种方法进行轴向和 / 或径向跳动补偿。

附图说明

[0020] 图 1 示出在机器上的工件夹具的 9 点钟位置处的轴向跳动指示器和径向跳动指示器。

[0021] 图 2 示出对于工件夹具旋转一周测得轴向跳动的实例。

- [0022] 图 3 示出图 2 的测得轴向跳动到理想正弦函数的变换。
 [0023] 图 4 示出对于工件夹具旋转一周测得径向跳动的实例。
 [0024] 图 5 示出图 4 的测得径向跳动到理想正弦函数的变换。

具体实施方式

- [0025] 现将参照仅示例地示出表示本发明的附图对本发明的较优实施例进行讨论。
- [0026] 将工件夹具安装到齿轮制造机的工件心轴之后,通常使用机械指示器进行径向和平面(轴向)跳动检查。在不可接受的径向跳动的情形中,较优的是,拆除连接螺栓、将工件夹具从锥体中松开并且使工件夹具旋转 180° (或基于螺栓孔式样旋转大约 180°)。再次对保持螺栓合适地施加扭矩之后,重复进行跳动检查。在没有产生满意的结果的情形中,再次拆除螺栓并从锥体中松开工件夹具、然后使工件夹具顺时针或逆时针旋转 90° (基于螺栓孔式样),以寻找在机床心轴和工具夹具单元之间的最佳组合。
- [0027] 发明人发现,这种直观地减少跳动的方法的时间耗费是显著的,而且尽管耗费显著的时间,结果也仅是部分有效。此外,平面跳动通常不受上文所述的程序影响。
- [0028] 参照示出诸如齿轮切削机或磨削机的机器的、具有工件心轴 4 和工件夹具 6 的工件心轴外壳 2 的附图 1,发明人提出一旦将工件夹具组装到心轴,就较佳地在 9 点钟位置处:
 (1) 利用指示器 10 或机器内置式测量探头获取轴向跳动测量值和 / 或 (2) 利用指示器 12 或机器内置式测量探头获取径向跳动测量值。9 点钟位置是在切削或磨削中对大多数非展成锥环齿轮实施材料削除的位置。展成小锥齿轮和锥齿轮具有在 9 点钟位置处或非常接近于 9 点钟位置的中心滚动位置(图 1)。虽然示出两个指示器 10、12,还考虑能定位于合适的测量位置的单个指示器。
- [0029] 由于在展开工艺中从开始滚动到结束滚动的位置范围覆盖从 8 点钟位置到 10 点钟位置的角度段,因而例如,对于展成锥齿轮还适合于将跳动测量基于滚动范围的接近 9 点钟位置的中心。然而,较佳的是,确定并使用滚动的切削范围的实际中心,而非是接近 9 点钟的位置。
- [0030] 在轴向跳动的情形中(指示器 10 位于“a”处),由于实际跳动将引起正弦的指示器读数,因而将发现基于旋转角度的高低点。如果使用指示器人工地进行测量,则测量点应当在锥齿轮或小锥齿轮的表面宽度的中心处。机器心轴较佳地以诸如慢动的设置模式或类似方式旋转。在最高指示器读数的点(图 2 中的 A_{\max})处,心轴停止旋转并记录工件心轴的绝对角位置 $\alpha_{c_{\max}}$ 。类似地,在最低指示器读数的点(图 2 中的 A_{\min})处,心轴停止旋转并记录工件心轴的绝对角位置 $\alpha_{c_{\min}}$ 。
- [0031] 将最大振幅和最小振幅的指示器读数与它们的对应的工件心轴角位置一起代入机器控制程序中。控制程序的子程序处理输入值:
- [0032] A_{\max} = 最大指示器读数
- [0033] A_{\min} = 最小指示器读数
- [0034] $\alpha_{c_{\max}}$ = 在 A_{\max} 点处的工件心轴角位置
- [0035] $\alpha_{c_{\min}}$ = 在 A_{\min} 点处的工件心轴角位置
- [0036] 为建立具有 360° 周期的正弦函数,首先进行检查以确定高点和低点的对应角度

之间的角度差减去 180° 是否低于一定限度, $\left(\frac{\Delta T_m}{2}\right)_{\text{lim}}$, (例如 $\Delta T_m = 30^\circ$, 因此 $\Delta T_m/2 = 30/2 = 15^\circ$)。

[0037]

$$\left| \alpha_{C \min} - \alpha_{C \max} - 180^\circ \right| = \frac{\Delta T_m}{2} \quad (1)$$

[0038] 在此, $\frac{\Delta T_m}{2} =$ 测得跳动函数的半个周期的角度差减 180° 。

[0039] 假如 $\frac{\Delta T_m}{2} \geq \left(\frac{\Delta T_m}{2}\right)_{\text{lim}}$ → 补偿不适用 (2)

[0040] 假如 $\frac{\Delta T_m}{2} < \left(\frac{\Delta T_m}{2}\right)_{\text{lim}}$ → 进行补偿 (3)

[0041] 图 2 示出实际轴向跳动函数。图 3 中的函数是由实际跳动函数变换到的理想正弦函数。图 3 的图表中的横坐标在 A_{\max} 和 A_{\min} 的中间。工件旋转角 (α_{CO}) 在图 3 的坐标系的原点处的角度值具有下列公式:

[0042]

$$\alpha_{CO} = \frac{\alpha_{C \min} + \alpha_{C \max}}{2} - 180^\circ \quad (4)$$

[0043] 计算轴向补偿函数 ΔA_{axial} :

[0044] $\Delta A_{\text{axial}} = a \sin(b + c \alpha_{ci})$ (5)

[0045] 其中:

[0046] $a = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{2}$ (6)

[0047] A_{\max} = 最大指示器读数

[0048] A_{\min} = 最小指示器读数

[0049] $b = -\alpha_{CO}$ (相移) (7)

[0050] $c = 1$ (每 360° 一个周期) (8)

[0051] α_{ci} = 相对 A 轴的齿槽角位置

[0052] 虽然上述方法可较佳地建立正弦函数, 还可实施其它的建立正弦函数的方法, 例如实施最小均方误差法以限定在测得调和函数和精确正弦函数之间的最佳近似。

[0053] 为改进此种校正的精确度, 测量 (由工件夹具给出) 的半径可与工件 (环式齿轮或环式小齿轮) 的平均半径相关, 由以下给出:

[0054] $A^*_{\max} = [R_{\text{mean gear}}/R_{\text{workholding}}] \times A_{\max}$ (9)

[0055] $A^*_{\min} = [R_{\text{mean gear}}/R_{\text{workholding}}] \times A_{\min}$ (10)

[0056] 在此:

[0057] $R_{\text{mean gear}}$ = 工件的平均半径; 以及

[0058] $R_{\text{workholding}}$ = 工件夹具的平均半径。

[0059] 可将由方程 (9) 和 / 或 (10) 得出的结果代入上述的方程 (6) 中。

[0060] 此种逼近使测得函数不失真, 这能在仅具有两个测量值的情况下进行槽间补偿。在加工齿槽的过程中实施该补偿, 从而对于每个齿槽的中心滚动位置 (展成) 或插入位置

(非展成),将工件轴向角度位置 α_{ci} 代入公式 (5),藉此,使用合适的正负号将结果 ΔA_{axial} 加到沿轴向工件心轴方向(例如在 US 专利号 6712566 中所示的 X 轴线)定向的机器轴线中。在不同机器构造的情形中,补偿值可分成两个或多个分量,以获得沿轴向工件轴线方向的补偿。

[0061] 从这样的观点来看,使测得函数不失真的此种逼近也是非常有用的:例如,如果工件夹具的表面或径向支持面具有失真的正弦形状,则由于将工件轴向夹到工件夹具上,较佳地是平坦的(并且具有无穷刚度)工件能使不准确度平均并使函数不失真。无穷刚度的工件将引起夹紧的正弦跳动函数。因此,不同于不失真正弦函数的函数会减小跳动校正的意义和准确性。

[0062] 较优的是,分别对每个齿槽进行计算并加取校正值 ΔA 。在定向的工件心轴位置(在开始加工时)的情形中,每个变位的校正值 ΔA 可在加工之前预先计算并存储,这将节省在加工过程中的实时处理器时间。

[0063] 使用位于图 1 中的“r”处的指示器 12 用于径向跳动补偿。心轴以慢动模式旋转,且记录指示器最大读数(高点)以及对应的工件心轴旋转角,最大读数可显示在控制屏上。此外,记录指示器最小读数(低点)以及对应的工件心轴旋转角。

[0064] 图 4 示出在整个工件心轴的角度位置中,测得的实际径向跳动。为建立具有 360° 周期的正弦函数,首先进行检查以确定高点和低点的对应角度之间的角度差减去 180° 是否低于一定限度,

$\left(\frac{\Delta T_m}{2}\right)_{lim}$, (例如 $\Delta T_{mr} = 30^\circ$, 因此 $\Delta T_{mr}/2 = 30/2 = 15^\circ$, 通常与上文所述的限度 $\left(\frac{\Delta T_m}{2}\right)_{lim}$ 相同,即,在本实例中为 15°)。

[0065]

$$\left| \alpha_{cr \min} - \alpha_{cr \max} - 180^\circ \right| = \frac{\Delta T_{mr}}{2} \quad (11)$$

[0066] 在此, $\frac{\Delta T_{mr}}{2}$ = 半个周期的测得跳动函数的角度差减 180° 。

[0067] 假如 $\frac{\Delta T_{mr}}{2} \geq \left(\frac{\Delta T_{mr}}{2}\right)_{lim}$ → 补偿不适用 (12)

[0068] 假如 $\frac{\Delta T_{mr}}{2} < \left(\frac{\Delta T_{mr}}{2}\right)_{lim}$ → 进行补偿 (13)

[0069] 计算在图 5 中示出的实际正弦函数:

$$\Delta R_{radial} = d \sin(e + f \alpha_{cri}) \quad (14)$$

[0071] 在此:

$$d = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{2} \quad (15)$$

[0073] R_{\max} = 最大指示器读数

[0074] R_{\min} = 最小指示器读数

[0075] $e = -\alpha_{c0}$ (相移) (16)

[0076]

$$\alpha_{cro} = \frac{\alpha_{cr\ min} + \alpha_{cr\ max}}{2} - 180^\circ \quad (17)$$

[0077] $f = 1$ (每 360° 一个周期) (18)

[0078] α_{cri} = 相对 A 轴的齿槽角位置

[0079] 在双重正弦函数的情形中或在模糊的指示器读数的情形中 (无法清楚地重现每个工件心轴旋转一个周期), 手动测量不适用于适当的补偿 (径向以及轴向)。

[0080] 在加工齿槽的过程中实施该补偿, 从而对于每个齿槽的中心滚动位置 (展成) 或插入位置 (非展成), 将工件轴向角度位置 α_{cri} 代入公式 (14), 藉此, 使用合适的正负号将结果 ΔR_{radial} 加到沿水平的、径向工件心轴方向 (例如在 US 专利号 6712566 中所示的 Z 轴线) 定向的机器轴线中。在不同机器构造的情形中, 补偿值可分成两个或多个分量, 以获得沿水平的径向工件轴线方向的补偿。

[0081] 较优的是, 分别对每个齿槽进行计算并加取校正值 ΔR 。在定向的工件心轴位置 (在开始加工时) 的情形中, 每个变位的校正值 ΔR 可在加工之前预先计算并存储, 这将节省在加工过程中的实时处理器时间。

[0082] 在具有可用于棒料分割、棒料测绘或侧面形状测量的测量探头的机器中, 可完全自动地测量径向跳动和轴向跳动, 并且使数百或甚至数千的跳动读数与工件心轴角度位置相关, 从而建立图 2 和图 4 的图表并将它们以一定阵列的方式存储。在定向工件心轴位置 (在开始加工时) 的情形中, 仅需要存储各个齿槽的轴向校正值和径向校正值。

[0083] 在自动测量的情形中, 跳动函数的种类 (例如正弦或其它) 和周期的长度 (工件心轴旋转 360° 或多个 360°) 是可接受的, 并且对跳动校正的精确度和功能没有影响。

[0084] 本发明方法可适用于小齿轮和环形齿轮。在连续变位 (平面滚齿) 的情形中, 还可根据上文所述, 使用调和定相正弦函数计算轴向补偿。图 3 和图 5 的函数应用于合适的机器轴线并且对于工件的每次旋转重复。现在, 高动态控制系统能校正此补偿直到控制系统的 RPM 极限。

[0085] 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主题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。

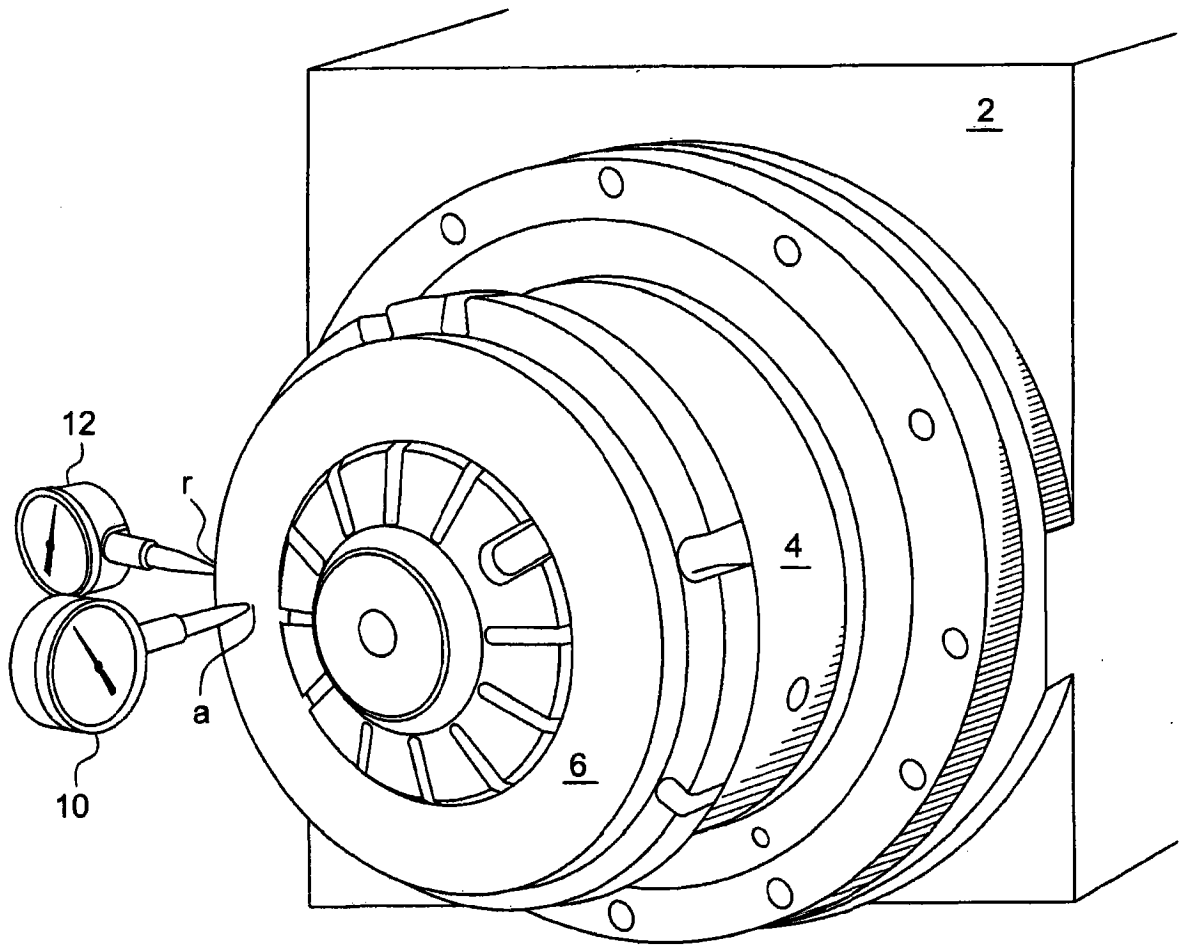


图 1

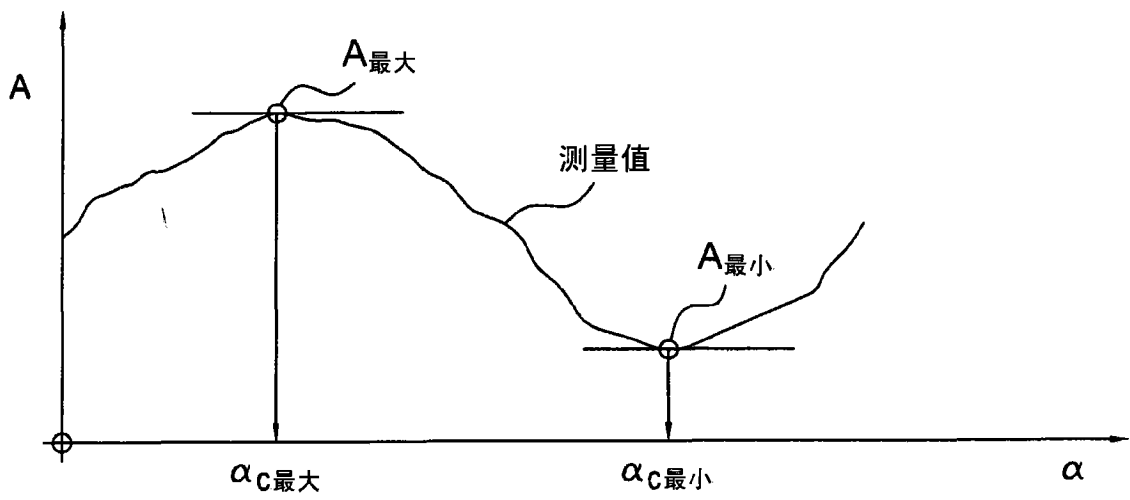


图 2

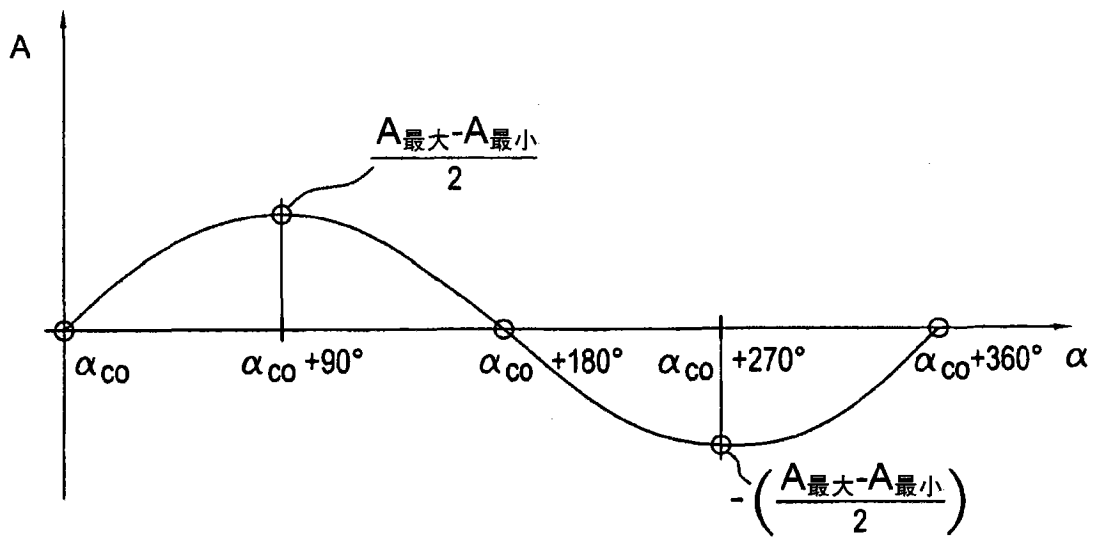


图 3

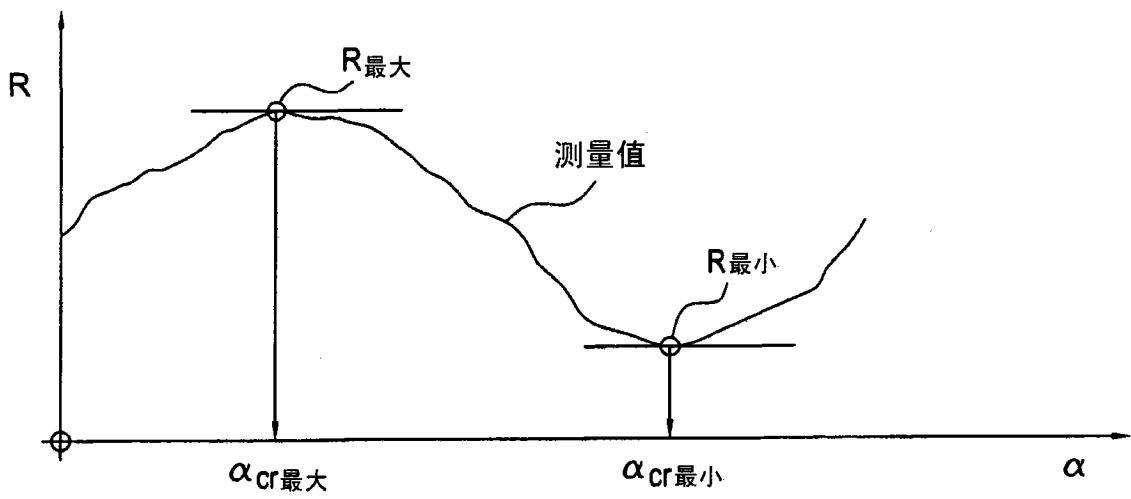


图 4

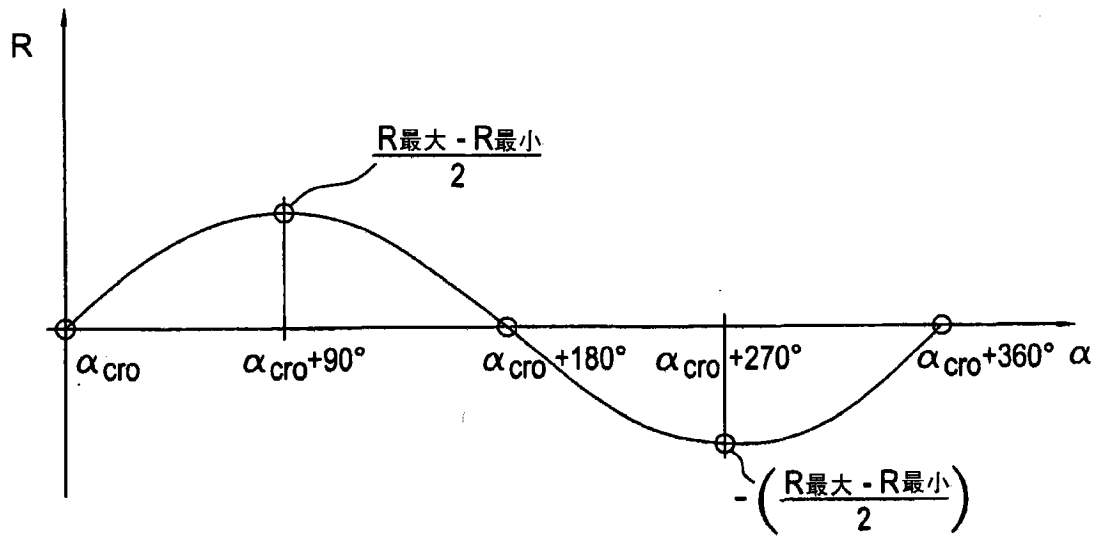


图 5