



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107580535 B

(45)授权公告日 2020.07.17

(21)申请号 201680026416.8

(73)专利权人 克林格伦贝格股份公司

(22)申请日 2016.03.23

地址 瑞士苏黎世

(65)同一申请的已公布的文献号

(72)发明人 J·韦伯 K-M·里贝克

申请公布号 CN 107580535 A

H·布拉斯伯格

(43)申请公布日 2018.01.12

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

(30)优先权数据

代理人 闫娜

102015104289.4 2015.03.23 DE

(51)Int.CI.

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

B23Q 15/22(2006.01)

2017.11.07

G05B 19/404(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

审查员 王跃琪

PCT/EP2016/056310 2016.03.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/150986 DE 2016.09.29

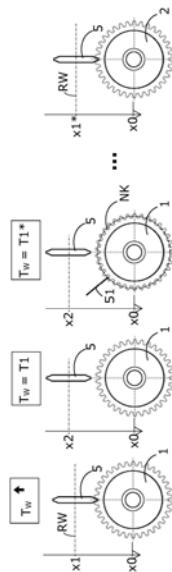
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

用于运行齿轮加工机床的方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于运行齿轮加工机床的方法，其具有以下步骤：——在机床中对第一工件(1)进行加工，其中，所述第一工件(1)由于所述加工而加热；——在已加热状态下确定在所述第一工件(1)上的至少一个特征工件参数，其中，使用机床的测量装置用于所述确定；——借助第一工件(1)的所述至少一个特征工件参数以及参照工件的至少一个特征工件参数确定补偿，其中，——在机床中在达到稳定工况温度之后确定所述参照工件的特征工件参数；——在所述确定补偿的范围内确定至少一个补偿值；——在考虑所述至少一个补偿值的情况下调整机床设定；——在机床中对其他工件进行加工。



1. 用于运行齿轮加工机床(100)的方法,其具有以下步骤:

——在机床(100)中对第一工件(1)进行加工,其中,所述第一工件(1)由于所述加工而加热,

——在已加热状态中确定在所述第一工件(1)上的至少一个特征工件参数,其中,使用作为机床(100)的一部分的测量装置(50)用于所述确定,

——借助所述第一工件(1)的所述至少一个特征工件参数以及参照工件(R)的至少一个特征工件参数确定补偿,其中

• 在机床(100)达到稳定工况温度(T_{vh})之后在机床(100)中确定所述参照工件(R)的所述特征工件参数,

• 在所述确定补偿的范围内确定至少一个补偿值,

——在考虑所述至少一个补偿值的情况下调整机床设定,

——在机床(100)中对其它工件(n)进行加工。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述参照工件(R)涉及在中断之前在机床(100)中加工的工件中的一个工件。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,在机床(100)中直接在中断之后对第一工件(1)进行加工并且确定至少一个特征工件参数。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述稳定工况温度(T_{vh})是机床(100)的温度,该温度在持续运行中出现在机床(100)上或在机床中。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,借助所述测量装置(50)的探针(51)确定所述特征工件参数,其中,该测量装置(50)是机床(100)的部件并且在确定所述特征工件参数时相应的工件不被重新夹紧。

6. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述中断出于以下原因之一发生:

——由于断电引起的机床(100)的停工状态,

——由于维修或修理引起的机床(100)的停工状态,

——由于改装引起的机床(100)的停工状态。

7. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述中断持续至少15分钟。

8. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,当在机床(100)上或机床中测量的温度小于在持续运行中出现在机床(100)上或机床中的稳定工况温度(T_{vh})超过10%时,机床(100)的停工状态属于中断。

9. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,在对所述第一工件(1)进行加工之前在另一工件上进行下面的步骤:

——在机床(100)中对所述另一工件进行加工,其中,所述另一工件在所述加工期间加热,

——在已冷却状态下确定所述另一工件的一个或多个特征参数,以确定所述特征参数是否等于理论值。

用于运行齿轮加工机床的方法

技术领域

[0001] 本发明的主题是一种用于运行齿轮加工机床的方法。尤其是涉及一种用于在齿轮加工机床中进行温度补偿的方法。

背景技术

[0002] 存在有各种各样用于切削加工齿轮的方法。相应设计的机床在此称为齿轮加工机床。

[0003] 已知的是，基于在齿轮加工机床中的不同过程，机床的温度随着时间增加。在机床的持续运行中，所述温度达到所谓的稳定工况温度。该稳定工况温度在热稳定状态中得到。在所述状态中机床的温度热振荡。因此，随着时间出现热流的稳定化，这导致所述停工状态。

[0004] 也已知的是，由于热膨胀过程可能在加工过程中出现误差。这尤其是因为机床的各种各样的元件随着温度增加而发生热膨胀。在冷却时出现相应的热收缩。一方面在机床的温度升高时各个机床元件的尺寸改变。因为在机床中大量的元件互相连接，所以由于不同的膨胀系数而导致应力(夹紧)，其显现在机床的非线性的且不能准确计算的膨胀性能方面。

[0005] 机床的热性能受热源和热耗的作用的影响。该热作用分为内部影响和外部影响。例如电机的热量释放视为内部影响。另一个内部影响由刀具与工件的切削相互作用产生，因为在此机械能被转化为热量。外部影响例如是在机床厂房中的环境温度。

[0006] 可直接看出，例如在一侧例如与机座连接的悬臂的长度随着温度增加而增大。这样的悬臂经历沿纵向方向的线性膨胀。在复杂的机床元件和较复杂的几何结构、如主轴轴承中，所述关系明显更复杂。

[0007] 切削机床的加工精度基本上取决于，在刀具和工件之间的三维空间中的运动可以被实施得有多精确。最后，由于所有由温度引起的效果在刀具相对于工件运动时导致相对偏差。所述相对偏差导致在工件上的偏差。

[0008] 生产率和精度是机床的重要方面。鉴于有关生产精度的需求急剧增加，机床的热精度也越来越重要。特别是在生产批量小以及因此机床订单交替的情况下，不能实现热稳定状态。在连续使用的机床中，所述精度尤其是在中断之后是重要的。此外期望减少通常在中断之后直到机床再次差不多达到所述稳定工况温度产生的废料。因此，除精度外也涉及经济性的问题。

[0009] 通用的措施是，将机床和周围环境保持在一个恒定的温度水平。通过保持不变的温度能够避免机床的变形。为此，一方面机床厂房必须被空气调节并且另一方面机床被持久地运行。费用支出和能量消耗相应地是高的。

[0010] 另一个措施是通过集成的传感器监控机床的变形。借助进一步处理所述传感器的数据的数学模型，用于大致预测的基础可能引起在工件上出现的误差。如果所述误差是已知的，则机床可以相应地调整所述加工并且补偿误差。在此，所述花费也是大的。此外，至今

没有满足高精度要求的技术措施。

发明内容

[0011] 考虑到上述各实施方案提出下面的任务。为此涉及找到一种措施,该措施能够实现补偿机床的由温度引起的变化。尤其是涉及直接在中断之后提高在机床中加工过程的精度,以便因此减少废料。优选超过15分钟的停顿被称作中断。

附图说明

[0012] 接下来借助实施例并且参考附图说明本发明的其它细节和优点。

[0013] 图1示出可以使用按照本发明的方法的齿轮机床的示意性前视图;

[0014] 图2A示出可以使用按照本发明的方法的、示例性的、具有测量装置的齿轮机床的一部分的透视图,其中,在所示时刻一个工件正被加工;

[0015] 图2B示出图2A的齿轮机床的一部分的透视图,其中,在所示时刻正使用机床的测量装置(在此涉及带有探针的结构,该结构在测量之前被参照);

[0016] 图3A示出一种示例性的具有测量装置的齿轮机床的刀具和工件的俯视图,其中,在所示时刻该工件正利用该刀具加工;

[0017] 图3B示出图3A的刀具和工件的俯视图,其中,在所示时刻该刀具相对于该工件被移除;

[0018] 图3C示出图3A的刀具和工件的俯视图,其中,在所示时刻正使用机床的测量装置;

[0019] 图3D示出刀具和第二工件的俯视图,其中,在所示时刻该第二工件正利用刀具加工。

具体实施方式

[0020] 就本发明而言使用也在相关出版物和专利中使用的术语。本发明的保护范围在解释时不应受具体选择的术语的限制。本发明能够容易地转移到其它的概念系统和/或专业领域。这些术语在其它专业领域中类似地适用。

[0021] 在图1中示出按照本发明装备的(齿轮)机床100的示意性视图。所述机床100是一种齿轮机床。实际上的加工室位于例如可以设置有观察窗12的挡板11之后,齿轮(相应的坯件4在右边的工件输送装置10的区域中示出)在所述加工室中被加工。(CNC)控制器41可以放置在相同机床100的壳体中或放置在单独的壳体40中。

[0022] 所述机床100尤其是设计用于切削加工(例如磨削或铣削)齿轮的齿面。因为在此主要涉及齿轮的批量生产,所以接下来谈及第一工件1、第二工件2和第三工件3。在此使用数词,以便预先给定时间顺序。所述第一工件1按照时间次序在第二工件以及任何其它工件之前被加工。第二工件2在第一工件1之后并且在第三工件3之前被加工。就本发明而言应重点注意的是,所述第二工件2不是直接在第一工件1之后并且所述第三工件3不是直接在第二工件2之后必须被加工。

[0023] 在图2A和图2B中示出机床100的工作区域的示例性细节。在所示示例中涉及机床100,该机床包括蜗杆砂轮作为刀具5并且该机床设计用于滚动磨削正齿轮。本发明也可以在其它机床中(例如在用于磨削锥齿轮的机床中)使用。所述刀具5的旋转驱动器(主轴驱动

器)用附图标记6标记。在图2A中示出利用刀具5切削加工工件1。在所示时刻,刀具5与工件1作用连接。

[0024] 从图2A和图2B中可知,机床100具有夹紧器件,该夹紧器件用于夹紧待加工的工件(例如坯件4)。在图2A和图2B中,所述工件1夹紧在工件主轴7上。所述夹紧器件不能直接看到。此外,机床100包括刀具夹紧器件,该刀具夹紧器件用于夹紧用于切削加工工件1的齿面的齿轮刀具5(例如磨削刀具或铣削刀具)。所述刀具夹紧器件在附图中不能看到,因为该刀具夹紧器件安装在刀具5与旋转驱动器6之间的区域中。

[0025] 附加地,机床100包括测量装置50,如在图2A和图2B中以极示意性的形式示出的那样。所述测量装置50在所有的实施形式中是机床100的组成部分,也就是说该测量装置50固定在机床100上。根据图2A和图2B的测量装置50这样设计,使得该测量装置可以被参照。尽管存在由温度引起的改变,所述改变也可能涉及测量装置50,但是所述参照能够实现在工件1上尽可能准确的测量。

[0026] 优选地,所述测量装置50在所有实施形式中这样设计,使得该测量装置是可运动离开的,以便在利用刀具5加工工件1时没有损坏。在图2A和图2B中示例性示出测量装置50可以具有伸缩结构。在图2A中所述伸缩结构收缩并且实际的传感器51翻转开或偏转开。在图2B中该伸缩结构移出并且传感器51翻转或偏转到齿间隙中。

[0027] 优选地,机床100在所有实施形式中具有参照点或参照面13,其在图2A和2B中标示地示出。所述参照点或参照面13设计成温度稳定的或温度中性的,以便在机床100内提供不受由温度引起的偏移或改变影响的参照。在此,从参照点或参照面13获得参照参数被称为参照。

[0028] 优选地,为了不会基于温度变化得到歪曲的测量结果,在所有实施形式中测量装置50也设计成温度中性的。

[0029] 所述测量装置50优选在所有实施形式中尽可能靠近工件主轴7并且不定位在刀具5的区域中(关于其相对于工件1的相对位置是温度中性的)或测量装置50应该在测量之前被参照(参见图2A和2B)。否则在测量时在停顿(冷却)之后被错误地测量。

[0030] 优选地,测量装置50在所有实施形式中包括温度中性的且弯曲刚性的结构,以便测量装置即使在不同的温度影响下也保持稳定。测量装置50的主要元件例如可以由碳纤维复合材料和陶瓷(为了最小的重量以及高的弯曲刚度)的组合物构成。所使用的测量标准例如可以由温度中性的陶瓷制成。附加地或替代地,测量装置50可以温度补偿地(例如利用有源动态温度补偿)实施。

[0031] 在装备有参照点或参照面13的机床100中,测量装置50在参照时可以获得空间参考,其方式为例如传感器51探测参照点或参照面13。因此,参照点或参照面13的坐标值例如可以在随后的计算中用作计算参考。

[0032] 基于切削加工得出工件温度 T_w ,该工件温度达到在图2A中给出的值T1。在加工结束之后,在机床100中实施相对运动,以便将刀具5与工件1分开。相应的状态在图2B中示出。工件1缓慢地冷却。得出工件温度 T_w ,该工件温度采用在图2B中给出的值T1*。在此适用如下表达式:T1>T1*。

[0033] 现在使用测量装置50,如在图2B中所示。借助该测量装置50确定工件1的至少一个特征工件参数W.1。按照本发明,这尽可能直接在加工工件1之后发生。也就是说,工件1在确

定特征工件参数W.1时一直还是热的。

[0034] 接下来给出一些示例性的在实践中的数值。另外，机床100的稳定工况温度 T_{vh} 与环境温度相关。通常，例如在铣削时在刚开始运行的机床与已运行加热的机床之间存在20°至超过30°的温度差。在铣削加工之后工件1的温度可以升高至60°C，也就是说该工件的温度由于加工提高大约40°C。在磨削机床上的温度变化明显低于所述值。

[0035] 因为坯件4或工件1在机床100中被加工，该坯件或工件是旋转部件，所以例如其圆周面(正齿轮的圆柱体外周面或锥齿轮的截锥面)不是精确尺寸稳定的。因此，即使测量装置50在温度改变时精确工作或温度补偿地测量，利用测量装置50探测圆周面不能得到可用的工件参数。因此，根据本发明，优选在所有实施形式中，在机床100中正被加工的面或点上确定特征工件参数W.1。在图2B的示例中，传感器51进入到齿间隙中，以便在那里例如探测间隙宽度。所述间隙宽度例如可以在工件1的齿节圆NK上探测并且作为特征工件参数W.1供应用于再加工。

[0036] 接下来借助在运行齿轮加工机床100时实施的方法步骤说明本发明的其它方面。按照本发明的机床100的特征在于，该机床设计用于实施下面详细说明的方法。优选地，合适的机床100除需要的轴、夹紧器件和驱动器之外也包括所提及的测量装置50。此外使用如下软件，该软件安装在机床100中或安装在可与该机床100连接的系统中。

[0037] 该方法优选包括以下步骤：

[0038] ——在机床100中对第一工件1进行加工(参见图2A)，其中，该第一工件1由于加工而加热。所述工件1达到 $T_w=T_1$ 的温度。

[0039] ——然后在已加热状态下确定在所述第一工件1上的至少一个特征工件参数W.1(在此 $T_w=T_{1*}$)，其中，使用机床100的传感器51用于所述确定。相应的快照在图2B中示出。

[0040] ——然后进行所谓的确定补偿。这借助第一工件1的至少一个特征工件参数W.1并且借助参照工件R的至少一个特征工件参数W.R实现。在之前提到的示例中，例如第一工件1的间隙宽度在 $T_w=T_{1*}$ 时与参照工件R的间隙宽度进行比较。在此注意，也已在热状态下确定参照工件R的至少一个特征工件参数W.R。优选地，也已在大致等于温度 T_{1*} 的温度时确定参照工件R的特征工件参数W.R。优选地，在所有实施形式中在机床100中在达到稳定工况温度 T_{vh} 之后确定参照工件R的特征工件参数W.R。也就是说，在机床100较长时间地运行之后并且因此处于热振荡状态中之后确定所述特征工件参数W.R。在所述确定补偿的范畴内确定至少一个补偿值。在所述的示例中例如可设想下面的情况。由于机床100的温度在对第一工件1进行加工时还低于稳定工况温度 T_{vh} ，工件1具有与参照工件R略不同的尺寸。在所说明的示例中，例如参照工件R的间隙宽度略大于第一工件1的间隙宽度。在确定补偿的范畴内计算两个间隙宽度的差值(即两个特征工件参数W.R和W.1的差值)。由此可确定补偿值用于在机床100中对下一个工件2进行加工。在完成方法(Completing-Verfahren)中(在该方法中刀具5的轮廓预先给定在工件上的齿间隙的形状)，补偿值可以被预先给定，以致在对下一个工件2进行加工时刀具5必须更深地进入到待加工的齿间隙中一段距离。

[0041] ——现在借助补偿值调整至少一个机床设定。在所述的示例中，例如在考虑补偿值的情况下改变进入深度。

[0042] ——然后在机床100中例如对第二工件n=2进行加工。由此，之前在工件1上确定为过小的间隙宽度在工件2上得到补偿。

[0043] 借助图3A至3D进一步说明所述示例。在这些附图中示出正齿轮作为第一工件1。在完成方法的范畴内使用砂轮作为刀具5。刀具5的轮廓确定在工件1上的齿间隙的形状。

[0044] 在图3A至3D中分别在左边标绘位置固定的坐标轴x。所述坐标轴x单纯用于说明所述关系。

[0045] 刀具的旋转轴RW在图3A至3D中位于图平面中。在图3A中可看出，刀具5在其旋转轴RW到达位置x1的情况下进入到工件1的齿间隙中。工件1的旋转轴RA垂直于图平面并且在此固定处于位置x=x0。

[0046] 在工件1被加工之后，工件1和刀具5相对彼此分开。该步骤在图3B中示出。在所示示例中，工件1保持在之前的位置x=x0中，并且刀具5的旋转轴RW连同刀具5运动返回(在此从位置x1到位置x2)。现在确定第一工件1的特征工件参数W.1。为此目的，传感器51进入到工件1的齿间隙中并且朝齿间隙的左、右齿面运动。这可例在齿节圆NK上进行。现在(优选以计算方式借助软件)实施所述确定补偿，以便确定第一工件1的间隙宽度是否并且以何种程度偏离于参照工件R的用作参考参数W.R的间隙宽度。

[0047] 在所说明的示例中，例如参照工件R的间隙宽度略小于第一工件1的间隙宽度。在确定补偿的范畴内计算两个间隙宽度的差值(即两个特征工件参数W.R和W.1的差值)。

[0048] 在后续的方法步骤中(如在图3D中示出)另一个工件被加工。在所示出的示例中涉及第二工件2。因为在热的工件1上所测量的间隙宽度大于在热的参照工件R上所测量的间隙宽度，所以现在在图3D的步骤中刀具5进到工件2的材料中的深度必须小于在图3A的情况中的深度。例如值x1*可以被确定为补偿值。在值x1与值x1*之间的差值(平行于x轴)由转换计算得出。也就是说值x1*现在这样被确定，使得(如果机床100和工件2的温度与在图3A中的一样)尽管存在由温度引起的偏差，但所述刀具5略少地进入。因此，现在在图3D中制造工件2，其有关温度误差的值被补偿。在图3D中适用： $|x_0-x_{1*}| > |x_0-x_1|$ 。

[0049] 按照本发明，在机床100继续加热期间，可以不时地重复确定特征工件参数。因此，例如第三工件3和第四工件至第十工件可以以相同的补偿值制造，如结合图3D说明的那样。第十工件可以重新(如之前第一工件1那样)在热的状态下被测量(如在图3C中示出)。补偿值则可以被确定用于第十一工件。该第十一工件然后在使用所述补偿值的情况下被加工。因此，直到达到稳定工况温度T_{VH}可以确保，在间隔时间中被加工的工件是相对精确形状稳定的。

[0050] 为了在中断之后排除误差(例如因为错误的刀具被夹紧)，可以在对第一工件1进行加工之前在另一工件上实施以下的步骤：

[0051] ——在机床100中对所述另一工件进行加工，其中，所述另一工件在加工期间加热，

[0052] ——在已冷却状态下确定所述另一工件的一个或多个特征参数，以确定所述另一工件是否等于理论值。

[0053] ——如果所述另一工件等于理论值，则可以开始对第一工件1进行加工，如所述那样。如果所述另一工件应该不等于理论值，则必须进行检查(例如通过机床100的操作者)。

[0054] 这可以在单独的测量机床中进行，该测量机床能够通过闭环回路与机床100连接。

[0055] 附图标记

[0056]

第一工件	1
第二工件	2
第三工件	3
坯件	4
刀具	5
旋转驱动器	6
工件主轴	7
工件输送装置	10
挡板	11
观察窗	12
参照点/参照面	13
单独的壳体	40
(CNC) 控制器	41
测量装置	50
传感器	51
机床	100
其它工件	n
齿节圆	NK

[0057]

参照工件	R
工件的旋转轴	RA
第一工件的特征工件参数	W.1
第二工件的特征工件参数	W.2
参照工件的特征工件参数	W.R
刀具的旋转轴	RW
加工温度	T1
加工之后不久的温度	T1*
稳定工况温度	T _{VH}
工件温度	T _W
坐标轴	x
坐标轴上的值	x0、x1、x2
坐标轴上的更正值	x1*

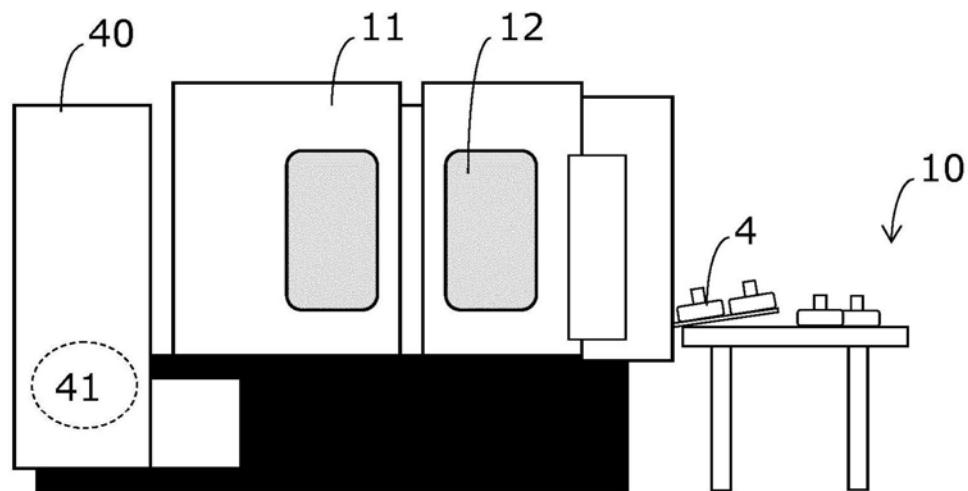
100

图1

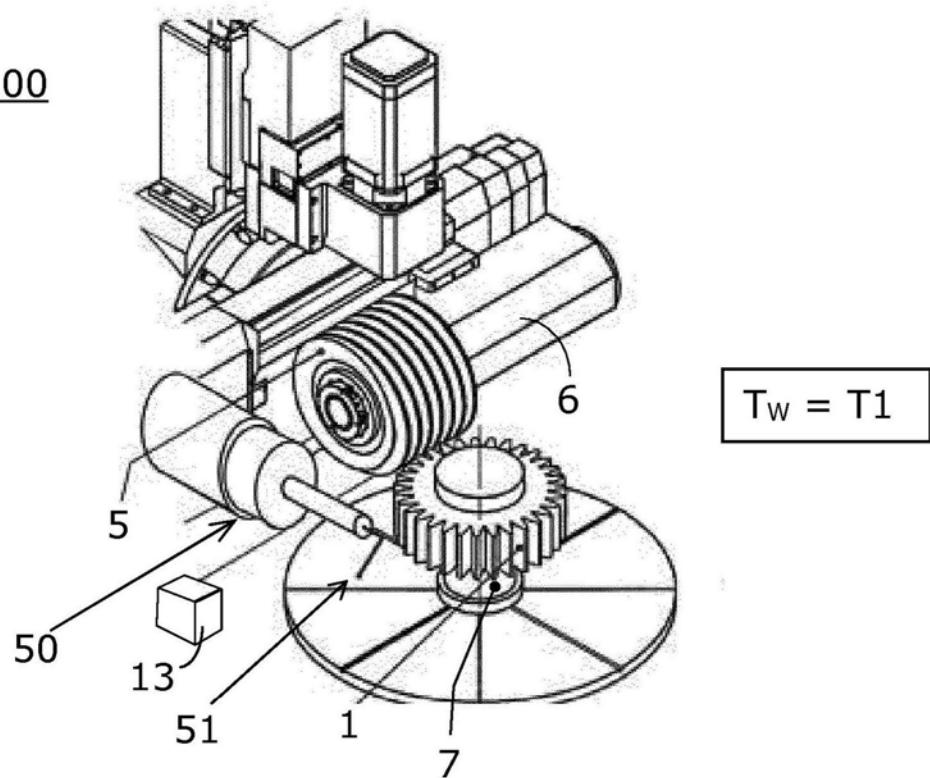
100

图2A

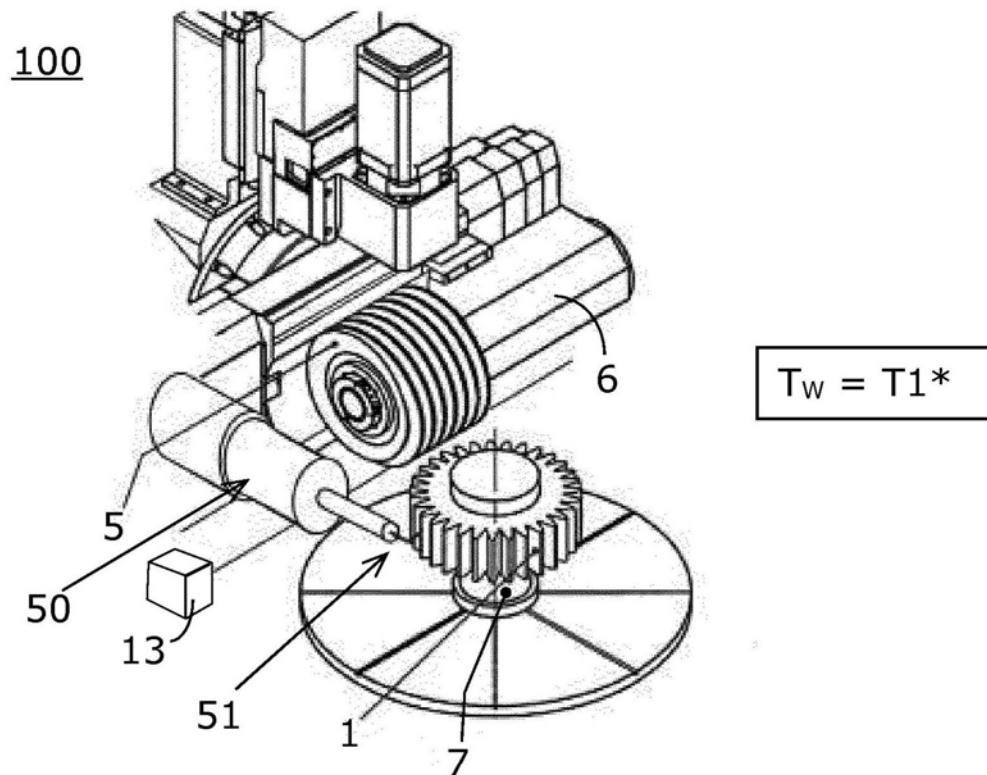


图2B

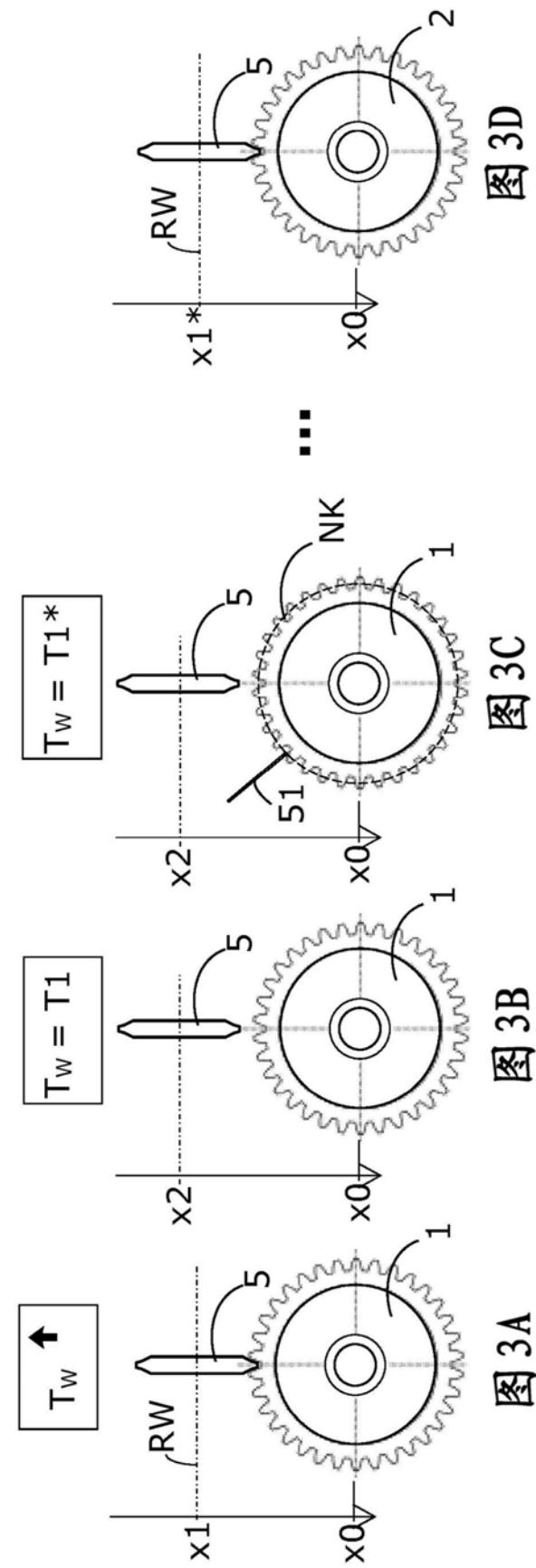


图 3A

图 3B

图 3C

图 3D