



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118159822 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 07

(21) 申请号 202280071751.5

(22) 申请日 2022.10.26

(30) 优先权数据

102021128314.0 2021.10.29 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.04.25

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/079892 2022.10.26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/072995 DE 2023.05.04

(71) 申请人 德国波龙科技有限公司

地址 德国格林克劳特

(72) 发明人 N·默尔施 S·黑费勒

M·克卢格 O·施特恩

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

专利代理师 张世俊

(51) Int.Cl.

G01M 1/22 (2006.01)

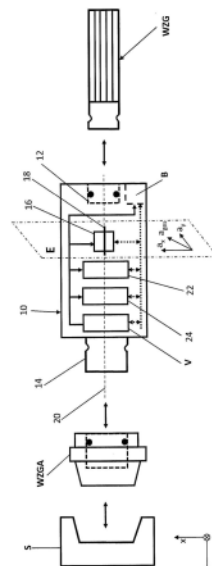
权利要求书7页 说明书40页 附图23页

(54) 发明名称

针对待在空中旋转的刀具的同轴度监控模块和同轴度监控方法

(57) 摘要

描述用于对在运行中旋转的刀具进行同轴度监控的装置和方法。监控模块(10)包括用于容纳刀具的刀具接口(12)和用于置入刀柄的刀柄接口(14)。监控模块具有传感器单元(16),其中监控模块的旋转轴穿过传感器单元延伸。当监控模块与刀具/刀柄一起旋转时,传感器单元在垂直于监控模块的旋转轴的平面中检测若干代表加速度的量。监控模块的计算单元(22)接收由传感器单元检测的若干代表加速度的量,据此确定总加速度,将总加速度与阈值进行比较,并且在总加速度大于阈值的情况下确定待旋转的刀具、监控模块和/或刀柄存在同轴度误差。监控模块的通信单元(24)与计算单元连接,并且向机床/加工中心发出信号以表明是否存在同轴度误差。



1. 一种针对在运行中旋转的刀具 (WZG) 的同心度监控模块 (10), 包括:
 - 刀具接口 (12), 其被配置成容置所述待旋转的刀具 (WZG);
 - 刀柄接口 (14), 其被配置成置入特别是机床 (WZM) 或者加工中心 (BA) 的刀柄 (WZGA);
 - 传感器单元 (16), 其与所述同心度监控模块 (10) 对应, 使得同心度监控模块 (10) 的旋转轴 (20) 穿过所述传感器单元 (16) 延伸, 其中, 所述传感器单元 (16) 被配置成在同心度监控模块 (10) 特别是与所述待旋转的刀具 (WZG) 和/或与所述刀柄 (WZGA) 一起旋转的情况下, 在大体垂直于同心度监控模块 (10) 的旋转轴 (20) 的平面 (E) 中检测若干代表加速度的量 (a_x, a_y);
 - 计算单元 (22), 其被配置成:
 - 接收所述由传感器单元 (16) 检测的若干代表加速度的量 (a_x, a_y);
 - 基于所述检测的若干代表加速度的量 (a_x, a_y) 确定总加速度 (ages);
 - 将所述总加速度 (ages) 与一个取决于同心度监控模块 (10) 在检测所述若干代表加速度的量 (a_x, a_y) 期间的转速的阈值 (SW) 进行比较; 并且
 - 在所述总加速度 (ages) 大于所述阈值 (SW) 的情况下确定待旋转的刀具 (WZG)、同心度监控模块 (10) 和/或刀柄 (WZGA) 存在同心度误差; 以及
 - 通信单元 (24), 其与所述计算单元 (22) 建立起通信连接, 并且被配置成向机床 (WZM)/加工中心 (BA) 发出信号, 以表明待旋转的刀具 (WZG)、同心度监控模块 (10) 和/或刀柄 (WZGA) 是否存在同心度误差。
2. 一种针对在运行中旋转的刀具 (WZG) 的同心度监控刀柄模块 (26), 包括:
 - 刀具接口 (12), 其被配置成容置所述待旋转的刀具 (WZG);
 - 刀柄 (WZGA), 其被配置成置入机床 (WZM) 或者加工中心 (BA) 的主轴 (S);
 - 传感器单元 (16), 其与所述同心度监控刀柄模块 (26) 对应, 使得同心度监控刀柄模块 (26) 的旋转轴 (20) 穿过所述传感器单元 (16) 延伸, 其中, 所述传感器单元 (16) 被配置成在同心度监控刀柄模块 (26) 特别是与所述待旋转的刀具 (WZG) 和/或与所述主轴 (S) 一起旋转的情况下, 在大体垂直于同心度监控刀柄模块 (26) 的旋转轴 (20) 的平面 (E) 中检测若干代表加速度的量 (a_x, a_y);
 - 计算单元 (22), 其被配置成
 - 接收所述由传感器单元 (16) 检测的若干代表加速度的量 (a_x, a_y);
 - 基于所述检测的若干代表加速度的量 (a_x, a_y) 确定总加速度 (ages);
 - 将所述总加速度 (ages) 与一个取决于同心度监控刀柄模块 (26) 在检测所述若干代表加速度的量 (a_x, a_y) 期间的转速的阈值 (SW) 进行比较; 并且
 - 在所述总加速度 (ages) 大于所述阈值 (SW) 的情况下确定待旋转的刀具 (WZG) 和/或刀柄 (WZGA) 存在同心度误差; 以及
 - 通信单元 (24), 其与所述计算单元 (22) 建立起通信连接, 并且被配置成向机床 (WZM)/加工中心 (BA) 发出信号, 以表明待旋转的刀具 (WZG) 和/或刀柄 (WZGA) 是否存在同心度误差。
3. 一种同心度监控刀具模块 (28), 包括:
 - 待在运行中旋转的刀具 (WZG);
 - 刀柄 (WZGA), 其被配置成置入机床 (WZM) 或者加工中心 (BA) 的主轴 (S);

-传感器单元(16),其与所述同心度监控刀具模块(28)对应,使得同心度监控刀具模块(28)的旋转轴(20)穿过所述传感器单元(16)延伸,其中,所述传感器单元(16)被配置成在同心度监控刀具模块(28)特别是与所述主轴(S)一起旋转的情况下,在大体垂直于同心度监控刀具模块(28)的旋转轴(20)的平面(E)中检测若干代表加速度的量(ax, ay);

-计算单元(22),其被配置成

-接收所述由传感器单元(16)检测的若干代表加速度的量(ax, ay);

-基于所述检测的若干代表加速度的量(ax, ay)确定总加速度(ages);

-将所述总加速度(ages)与一个取决于同心度监控刀具模块(28)在检测所述若干代表加速度的量(ax, ay)期间的转速的阈值(SW)进行比较;并且

-在所述总加速度(ages)大于所述阈值(SW)的情况下确定同心度监控刀具模块(28)存在同心度误差;以及

-通信单元(24),其与所述计算单元(22)建立起通信连接,并且被配置成向机床(WZM)/加工中心(BA)发出信号,以表明同心度监控刀具模块(28)是否存在同心度误差。

4. 一种机床(WZM)或者加工中心(BA),包括:

-待在所述机床(WZM)/所述加工中心(BA)的运行中围绕旋转轴(D)旋转的主轴(S),所述主轴被配置成容置根据权利要求1所述的同心度监控模块(10)的刀柄接口(14)、根据权利要求2所述的同心度监控刀柄模块(26)的刀柄(WZGA)和/或根据权利要求3所述的同心度监控刀具模块(28)的刀柄(WZGA),并且与这些组件共同协作;

-通信单元(30),其被配置成接收根据权利要求1所述的同心度监控模块(10)的通信单元(24)的信号、根据权利要求2所述的同心度监控刀柄模块(26)的通信单元(24)的信号和/或根据权利要求3所述的同心度监控刀具模块(28)的通信单元(24)的信号;以及

-控制器(32),其与所述机床(WZM)/所述加工中心(BA)的通信单元(30)连接并且被配置成:

-接收由根据权利要求1所述的同心度监控模块(10)的传感器单元(16)、根据权利要求2所述的同心度监控刀柄模块(26)的传感器单元(16)和/或根据权利要求3所述的同心度监控刀具模块(28)的传感器单元(16)检测的,若干代表加速度的量(ax, ay);

-基于所述检测的若干代表加速度的量(ax, ay)确定总加速度(ages);

-将所述总加速度(ages)与一个取决于主轴(S)在检测所述若干代表加速度的量(ax, ay)期间的转速的阈值(SW)进行比较;并且

-在所述总加速度(ages)大于所述阈值(SW)的情况下,确定根据权利要求1所述的同心度监控模块(10)、根据权利要求2所述的同心度监控刀柄模块(26)和/或根据权利要求3所述的同心度监控刀具模块(28)存在同心度误差。

5. 一种同心度监控信号接口(SGS),包括:

-通信单元(36),其被配置成接收根据权利要求1所述的同心度监控模块(10)的通信单元(24)的信号、根据权利要求2所述的同心度监控刀柄模块(26)的通信单元(24)的信号和/或根据权利要求3所述的同心度监控刀具模块(28)的通信单元(24)的信号,并且被配置成将信号发送至根据权利要求4所述的机床(WZM)/加工中心(BA)的通信单元(30);以及

-计算单元(38),其与所述同心度监控信号接口(SGS)的通信单元(36)连接并且被配置成:

-接收由根据权利要求1所述的同心度监控模块(10)的传感器单元(16)、根据权利要求2所述的同心度监控刀柄模块(26)的传感器单元(16)和/或根据权利要求3所述的同心度监控刀具模块(28)的传感器单元(16)检测的,若干代表加速度的量(a_x, a_y);

-基于所述检测的若干代表加速度的量(a_x, a_y)确定总加速度(ages);

-将所述总加速度(ages)与一个取决于主轴(S)、同心度监控模块(10)、同心度监控刀柄模块(26)或者同心度监控刀具模块(28)在检测所述若干代表加速度的量(a_x, a_y)期间的转速的阈值(SW)进行比较;并且

-在所述总加速度(ages)大于所述阈值(SW)的情况下,确定根据权利要求1所述的同心度监控模块(10)、根据权利要求2所述的同心度监控刀柄模块(26)和/或根据权利要求3所述的同心度监控刀具模块(28)存在同心度误差,其中

所述同心度监控信号接口(SGS)的通信单元(36)被配置成向机床(WZM)/加工中心(BA)发出信号,以表明待在运行中旋转的刀具(WZG)、同心度监控模块(10)、同心度监控刀柄模块(26)和/或同心度监控刀具模块(28)是否存在同心度误差。

6.一种针对在运行中在机床(WZM)或加工中心(BA)中旋转的刀具(WZG)的同心度监控方法,包括以下步骤:

(i)将待在运行中旋转的监控模块(10;26;28),或者将待在运行中旋转的监控模块(10;26)和待旋转的刀具(WZG)插入所述机床(WZM)/所述加工中心(BA)的主轴(S),其中,所述待旋转的监控模块(10;26;28)包括传感器单元(16),所述传感器单元与待旋转的监控模块(10;26;28)对应,使得待旋转的监控模块(10;26;28)的旋转轴(20)穿过传感器单元(16)延伸;

(ii)使得所述机床(WZM)/所述加工中心(BA)的主轴(S)以预设的转速旋转;

(iii)在所述待旋转的监控模块(10;26;28)以预设转速旋转期间,在大体垂直于待旋转的监控模块(10;26;28)的旋转轴(20)的平面(E)中接收和/或检测若干代表加速度的量(a_x, a_y);

(iv)基于所述检测的若干代表加速度的量(a_x, a_y)确定总加速度(ages);

(v)将所述总加速度(ages)与一个取决于待旋转的监控模块(10;26;28)在检测所述若干代表加速度的量(a_x, a_y)期间的转速的阈值进行比较;以及

(vi)在所述总加速度(ages)大于所述阈值(SW)的情况下,确定待旋转的监控模块(10;26;28)和/或待旋转的刀具(WZG)存在同心度误差。

7.一种计算机程序产品,包括指令,其使得:

-根据权利要求4所述的机床(WZM)/加工中心(BA)实施根据权利要求6所述的方法步骤(i)至(vi);以及/或者

-根据权利要求1所述的同心度监控模块(10)、根据权利要求2所述的同心度监控刀柄模块(26)或者根据权利要求3所述的同心度监控刀具模块(28)实施根据权利要求6所述的方法步骤(iii)至(vi);以及/或者

-根据权利要求5所述的同心度监控信号接口(SGS)实施根据权利要求6所述的方法步骤(iii)至(vi)。

8.根据权利要求1所述的同心度监控模块(10),或者根据权利要求2所述的同心度监控刀柄模块(26),或者根据权利要求3所述的同心度监控刀具模块(28),还包括另一传感器单

元(B),其与所述旋转轴(20)间隔一定径向距离并且被配置成以与检测所述若干代表加速度的量(a_x, a_y)大体同步的方式,在大体垂直于旋转轴(20)的平面(E)中检测其他代表加速度的量;且其中,所述计算单元(22)还被配置成接收由所述另一传感器单元(B)检测的其他代表加速度的量;并且根据所述其他代表加速度的量确定所述同心度监控模块(10)/同心度监控刀柄模块/同心度监控刀具模块在检测所述若干代表加速度的量(a_x, a_y)期间的转速;以及/或者,其中所述另一传感器单元(B)包括两个相对的、与旋转轴间隔一定径向距离的加速度传感器(B1,B2),所述加速度传感器设置在垂直于旋转轴的平面(E)中,其中,所述加速度传感器(B1,B2)具有测量轴,所述测量轴处于包含旋转轴(20)的与平面(E)正交的平面中或与其对齐,其中,加速度传感器(B1,B2)优选提供测量值,据此求得所述其他代表加速度的量的平均值;或者,其中所述通信单元(24)被配置成将所述其他代表加速度的量传输至根据权利要求4所述的机床(WZM)/加工中心(BA)以及/或者根据权利要求5所述的同心度监控信号接口(SGS)。

9.根据权利要求1或8所述的同心度监控模块(10),或者根据权利要求2或8所述的同心度监控刀柄模块(26),或者根据权利要求3或8所述的同心度监控刀具模块(28),其中,所述计算单元(22)被配置成:在所述同心度监控模块(10)/所述同心度监控刀柄模块(26)/所述同心度监控刀具模块(28)的旋转轴(20)在检测所述若干代表加速度的量(a_x, a_y)的过程中大体水平定向的情况下,基于在检测所述若干代表加速度的量(a_x, a_y)的过程中的信号频率,确定同心度监控模块(10)/同心度监控刀柄模块(26)/同心度监控刀具模块(28)在检测所述若干代表加速度的量期间的转速。

10.根据权利要求1、8或9中任一项所述的同心度监控模块(10),或者根据权利要求2、8或9中任一项所述的同心度监控刀柄模块(26),或者根据权利要求3、8或9中任一项所述的同心度监控刀具模块(28),还包括光敏单元(PE),所述光敏单元具有位于所述同心度监控模块(10)/所述同心度监控刀柄模块(26)/所述同心度监控刀具模块(28)的外周上的光敏面(50),其中,所述光敏单元(PE)被配置成在检测所述若干代表加速度的量(a_x, a_y)期间检测亮度差,其中,所述计算单元(22)被配置成在检测所述若干代表加速度的量(a_x, a_y)前不久、在此之后和/或在此期间,基于所述亮度差的频率确定同心度监控模块(10)/同心度监控刀柄模块(26)/同心度监控刀具模块(28)的转速。

11.根据权利要求1或权利要求8至10中任一项所述的同心度监控模块(10),或者根据权利要求2或权利要求8至10中任一项所述的同心度监控刀柄模块(26),或者根据权利要求3或权利要求8至10中任一项所述的同心度监控刀具模块(28),其中,至少所述传感器单元(16)设置在传感器板(40)上并且所述另一传感器单元(B)优选也设置在所述传感器板上,其中,所述传感器板(40)与板支架(42)连接,且其中,所述板支架(42)的位置是可通过所述同心度监控模块(10)/所述同心度监控刀柄模块(26)/所述同心度监控刀具模块(28)的调节构件(44)垂直于所述旋转轴(20)调整。

12.根据权利要求1或权利要求8至11中任一项所述的同心度监控模块(10),或者根据权利要求2或权利要求8至11中任一项所述的同心度监控刀柄模块(26),或者根据权利要求3或权利要求8至11中任一项所述的同心度监控刀具模块(28),其中,

-所述传感器单元(16)包括中央凹口,所述凹口近乎与所述旋转轴(20)同轴并且包括两个加速度传感器(B1,B2),其中,所述第一加速度传感器设置在y-z平面上并且包括与y-z

平面正交的灵敏轴,以及,所述第二加速度传感器设置在x-z平面上并且包括与x-z平面正交的灵敏轴。

13. 根据权利要求1或权利要求8至12中任一项所述的同心度监控模块(10),或者根据权利要求2或权利要求8至12中任一项所述的同心度监控刀柄模块(26),或者根据权利要求3或权利要求8至12中任一项所述的同心度监控刀具模块(28),还包括供能单元(V),所述供能单元被配置成:优选作为对唤醒信号的响应,从节能或待机模式进入监控模式,以及/或者,优选作为对唤醒信号的响应,使得所述传感器单元(16)、所述另一传感器单元(B)、所述计算单元(22)和/或所述通信单元(24)从节能或待机模式进入监控模式。

14. 根据权利要求13所述的同心度监控模块(10),或者根据权利要求13所述的同心度监控刀柄模块(26),或者根据权利要求13所述的同心度监控刀具模块(28),其中,所述唤醒信号是以下信号或者由以下信号触发的信号:

-一旦所述其他代表加速度的量超出唤醒阈值,便立即由所述另一传感器单元(B)产生的信号;或者

-通过所述通信单元(24)从根据权利要求4所述的机床(WZM)/加工中心(BA)以及/或者从根据权利要求5所述的同心度监控信号接口(SGS)接收的信号;或者

-当所述供能单元(V)所产生的能量超出预设程度时产生的信号。

15. 根据权利要求13或14所述的同心度监控模块,或者根据权利要求13或14所述的同心度监控刀柄模块,或者根据权利要求13或14所述的同心度监控刀具模块,其中,所述供能单元(V)包括用于储存的储能器或者用于产生电能的发电机单元。

16. 根据权利要求15所述的同心度监控模块(10),或者根据权利要求15所述的同心度监控刀柄模块(26),或者根据权利要求15所述的同心度监控刀具模块(28),其中,所述发电机单元包括定子(60),所述定子直接或间接地与所述同心度监控刀柄模块(26)的刀柄(WZGA)/所述同心度监控刀具模块(28)的刀柄耦合,或者能够直接或间接地与根据权利要求1所述的刀柄(WZGA)耦合,且其中,所述发电机单元还包括转子(64),所述转子以一定方式与所述同心度监控模块(10)/同心度监控刀柄模块(26)/同心度监控刀具模块(28)对应,从而与所述定子(60)共同起作用,使得发电机单元在存在同心度监控模块(10)/同心度监控刀柄模块(26)/同心度监控刀具模块(28)围绕所述旋转轴(20)的旋转加速度的情况下产生电能。

17. 根据权利要求1或权利要求8至16中任一项所述的同心度监控模块(10),或者根据权利要求2或权利要求8至16中任一项所述的同心度监控刀柄模块(26),或者根据权利要求3或权利要求8至16中任一项所述的同心度监控刀具模块(28),其中,所述传感器单元(16)被配置成以时间上独立于发生所述同心度监控模块(10)/所述同心度监控刀柄模块(26)/所述同心度监控刀具模块(28)特别是与所述主轴(S)一起旋转的正常运行的方式,在一个大体恒定的转速下或者在数个不同的大体恒定的转速下,在所述大体垂直于旋转轴(20)的平面(E)中检测代表加速度的初始量($a_{x_initial}$, $a_{y_initial}$),且其中,所述计算单元(22)被配置成将所述代表加速度的初始量($a_{x_initial}$, $a_{y_initial}$)与对应的转速一起存储在同心度监控模块(10)/同心度监控刀柄模块(26)/同心度监控刀具模块(28)的存储器中,以及/或者,其中所述通信单元(24)被配置成将所述代表加速度的初始量($a_{x_initial}$, $a_{y_initial}$)优选与对应的转速一起传输至根据权利要求4所述的机床(WZM)/加工中心(BA)

和/或根据权利要求5所述的同心度监控信号接口 (SGS)。

18. 根据权利要求1或权利要求8至17中任一项所述的同心度监控模块 (10), 或者根据权利要求2或权利要求8至17中任一项所述的同心度监控刀柄模块 (26), 或者根据权利要求3或权利要求8至17中任一项所述的同心度监控刀具模块 (28), 其中, 所述计算单元 (22) 还被配置成: 在特定的、优选介于50ms与200ms之间的时间窗内, 以数据包的形式对所述由传感器单元 (16) 检测的若干代表加速度的量 (a_x, a_y)、以及/或者所述代表加速度的初始量 ($a_{x_initial}, a_{y_initial}$)、以及/或者由所述另一传感器单元 (B) 检测的其他代表加速度的量、以及/或者所述同心度监控模块 (10)/所述同心度监控刀柄模块 (26)/所述同心度监控刀具模块 (28) 在检测所述若干代表加速度的量 (a_x, a_y) 期间的转速进行处理, 其中, 所述处理通过诸如信号滤波、求平均值的运算和/或针对每个时间窗测定频谱来进行; 以及, 在处理后将所述数据包传输至根据权利要求4所述的机床 (WZM)/加工中心 (BA) 和/或根据权利要求5所述的同心度监控信号接口 (SGS)。

19. 根据权利要求1或权利要求8至18中任一项所述的同心度监控模块 (10), 或者根据权利要求2或权利要求8至18中任一项所述的同心度监控刀柄模块 (26), 或者根据权利要求3或权利要求8至18中任一项所述的同心度监控刀具模块 (28), 其中, 所述计算单元 (22) 还被配置成: 在所述同心度监控模块 (10) 特别是与所述待旋转的刀具 (WZG) 和/或与所述刀柄 (WZGA) 一起旋转的情况下, 或者在所述同心度监控刀柄模块 (26) 特别是与所述待旋转的刀具 (WZG) 和/或与所述主轴 (S) 一起旋转的情况下, 或者在所述同心度监控刀具模块 (28) 特别是与所述主轴S一起旋转的情况下, 对至少另一过程参数进行监控, 其中, 所述至少一个过程参数包括振动、温度、冷却剂压力、冷却剂流量、切削力和/或转矩。

20. 根据权利要求19所述的同心度监控模块 (10), 或者根据权利要求19所述的同心度监控刀柄模块 (26), 或者根据权利要求19所述的同心度监控刀具模块 (28), 其中, 所述计算单元 (22) 被配置成: 基于将所述代表加速度的初始量 ($a_{x_initial}, a_{y_initial}$) 从对应的所述若干代表加速度的量 (a_x, a_y) 中减去来确定所述总加速度 (a_{ges})。

21. 根据权利要求1或权利要求8至20中任一项所述的同心度监控模块 (10), 或者根据权利要求2或权利要求8至20中任一项所述的同心度监控刀柄模块 (26), 或者根据权利要求3或权利要求8至20中任一项所述的同心度监控刀具模块 (28), 其中, 所述计算单元 (22) 被配置成在存在同心度误差的情况下, 确定同心度误差的绝对值和/或同心度误差的方向; 且其中, 所述通信单元 (24) 被配置成将所述同心度误差的绝对值和/或方向传输至根据权利要求4所述的机床 (WZM)/加工中心 (BA) 和/或根据权利要求5所述的同心度监控信号接口 (SGS); 以及/或者, 其中所述通信单元 (24) 被配置成在所述同心度监控模块 (10)/所述同心度监控刀柄模块 (26)/所述同心度监控刀具模块 (28) 特别是与所述主轴 (S) 一起旋转期间, 在存在同心度误差的情况下, 向根据权利要求4所述的机床 (WZM)/加工中心 (BA) 和/或根据权利要求5所述的同心度监控信号接口 (SGS) 发出信号以表明存在同心度误差。

22. 根据权利要求1或权利要求8至21中任一项所述的同心度监控模块 (10), 或者根据权利要求2或权利要求8至21中任一项所述的同心度监控刀柄模块 (26), 或者根据权利要求3或权利要求8至21中任一项所述的同心度监控刀具模块 (28), 所述模块均被配置成: 在所述同心度监控模块 (10)/所述同心度监控刀柄模块 (26)/所述同心度监控刀具模块 (28) 特别是与所述主轴 (S) 一起通过所述机床 (WZM)/所述加工中心 (BA) 从主轴起始位置运动至工

件加工位置的时间段内,检测所述若干代表加速度的量(a_x, a_y)、检测所述其他代表加速度的量、确定所述总加速度(a_{ges})、确定是否存在同心度误差、以及发出信号以表明是否存在同心度误差,且其中,所述时间段特别是小于5秒并且优选小于3秒。

23. 根据权利要求1或权利要求8至22中任一项所述的同心度监控模块(10),或者根据权利要求2或权利要求8至22中任一项所述的同心度监控刀柄模块(26),或者根据权利要求3或权利要求8至22中任一项所述的同心度监控刀具模块(28),其中,所述模块被配置成借助预定义的转速曲线识别待由所述模块执行或者待在其他模块或组件中触发的功能,其中,所述预定义的转速曲线至少包括所述机床的主轴的(i)转速,(ii)预定义的转速(序列)的持续时间,(iii)从一个转速级改变至下一转速级的斜率,以及/或者(iv)从一个转速级改变至下一转速级的持续时间,特别是通过评估发电机电压测得,且其中,所述功能特别是可包括“实施训练或配对过程”、“实施校准过程”、“产生唤醒信号”、“进入监控或测量模式”和/或“进入深度睡眠或待机模式”。

24. 根据权利要求1或权利要求8至23中任一项所述的同心度监控模块(10),或者根据权利要求2或权利要求8至23中任一项所述的同心度监控刀柄模块(26),或者根据权利要求3或权利要求8至23中任一项所述的同心度监控刀具模块(28),其中,所述模块被配置成:当达到定义的转速时,才开始检测所述若干代表加速度的量(a_x, a_y)、检测所述其他代表加速度的量、确定所述总加速度(a_{ges})、确定是否存在同心度误差、以及发出信号以表明是否存在同心度误差,其特征在于,在评估时间期间,主轴转速大体恒定,或者在至多10%转速的范围内变化。

针对在运行中旋转的刀具的同心度监控模块和同心度监控方法

技术领域

[0001] 在此描述针对在运行中旋转的刀具的一种同心度监控模块、一种同心度监控刀柄模块和一种同心度监控刀具模块。还描述一种机床/一种加工中心和一种同心度监控信号接口,其与所述同心度监控模块/所述同心度监控刀柄模块/所述同心度监控刀具模块共同协作,以对待在运行中旋转的刀具的同心度进行监控。还描述一种针对在机床/加工中心中旋转的刀具的同心度监控方法,所述方法由所述同心度监控模块/所述同心度监控刀柄模块/所述同心度监控刀具模块实施,视情况而定通过与所述机床/所述加工中心和/或与所述同心度监控信号接口的协作实施。一种计算机程序产品包括若干指令,这些指令引起对所述同心度监控方法的方法步骤的实施。

背景技术

[0002] 在此对用于监控待在运行中旋转的刀具的同心度的各监控模块进行描述。其中,刀具容置在工件加工机械中。工件加工机械例如可以是(数控)机床(NC机床)、(多轴)加工中心、(多轴)铣床、灵活加工单元或诸如此类。在下文中也用机床和加工中心概念来表示这些或这类机器。

[0003] 这种机床具有(主)主轴,在工件加工过程中待使用的刀具(如钻头、铣刀等)或者工件自身被置入此主轴。主轴可采用固定定位,或者例如可以在机床的工作腔内沿X、Y、Z三个正交方向运动。此外,可以对主轴进行驱动,使其围绕X轴、Y轴和Z轴旋转。在现代的加工中心中,在加工单个工件期间时常需要更换刀具。这通常通过自动换刀实现,其中,将位于主轴中的刀具替换成位于机床的刀库中的另一刀具。在换刀期间,主轴的夹紧装置为了接收刀具而在机器的工作腔中曝露。对于刀具和视情况预安装在刀具上的刀柄而言同样如此。因此,在主轴的夹紧装置上和/或在刀具上可能(因切屑和其他污物而)发生积聚。就现代的机床而言,夹紧装置通常实施为圆锥接口,并且特别是使用快速释放锥柄(SK)或者空心锥柄(HSK)来将刀具置入。如果切屑例如在换刀期间积聚在圆锥接口上和/或HSK/SK上,则不再确保刀具或其刀柄的面接触/完全缩回,因为切屑卡在圆锥接口与刀柄之间。如果刀具随后随主轴旋转,则发生某种晃动,原因是因缺少面接触/因未完全缩回而造成的不平衡。如果晃动超出允许的程度,则称刀具具有同心度误差。如果未注意到同心度误差并且未采取应对措施,则在工件加工中在刀具旋转的情况下发生径向跳动,这导致加工结果不精确、表面质量缺陷和刀具不平衡。此外,同心度误差对刀具自身造成负荷,因为同心度误差可能导致磨损增大,进而导致刀具受损(乃至刀具破损)。即使在换刀期间例如通过输入(冷却)润滑剂或者加压空气对刀具和主轴进行清洁的情况下,也可能出现同心度误差。同心度误差的另一原因可能是主轴自身的损伤。因此,重要之处在于,在旋转式刀具的运行中快速地检测同心度误差并对其进行精确评估,从而实现令人满意的加工结果和稳定的加工环境。

[0004] 现有技术

[0005] 一种探测刀具在机床主轴中的有误的面接触的方案是借助加压空气进行面接触监控。其中,在机床的圆锥接口的区域中以一定方式施加加压空气,使得在面接触有误的情况下,加压空气在主轴与刀柄之间逸出。通过探测该压力损失,推断出有误的面接触。

[0006] OTT-JAKOB Spanntechnik GmbH,D-87663Lengenwang的Planko传感系统通过查询数个陶瓷传感器(谐振器)来确定刀具在机床上的面接触。该系统的基础是由谐振器、线缆与插式连接器构成的紧凑的无源电子组件,其集成至主轴鼻端中。通过在旋转期间依序查询谐振器来确定面接触。在读头中,将当前测量结果与预先定义的、保存在内部存储器中的参考值进行比较。如果存在相对于参考值的偏差,则通过比较器信号检测测量数据并传输至机器控制系统。此外还存在至少部分地集成在机床主轴中的、用于监控面接触的测量系统,其例如在评估中使用力传感器、电磁信号或者激光。就此而言,例如进一步参阅DE 10 2013 201 328 A1、DE 10 2018 201 427 A1、E 103 51 347 A1、EP 3 360 642 A1、DE 10 2013 100 975 B3和EP 3 581 328 A1。

[0007] 另一监控旋转式刀具上的同心度误差的方案是激光测量系统,如Blum-Novotest GmbH,DE-88287 Grünkraut的LC50-DIGILOG。此系统识别旋转式刀具上的例如因刀座的接触面污染而造成的同心度误差。其中,每个刀具均需要特定的刀具数据,并且测量取决于期望的测点。在学习过程中首先测定基本同心度误差,其为刀具的最长刀刃与最短刀刃的差。在刀具的圆柱形杆部上进行测量,并与刀刃上的影响进行比较,确定当前测得的同心度误差比保存的基本同心度误差更大还是更小,以此判断因接触面上的污染造成的同心度误差。在此情形下,计算由NC程序实施,其中特别是将最长刀刃的半径变化作为磨损值考虑在内。

[0008] 此外,存在用于在加工中对各过程量进行监控的智能刀具。据此,例如在W0 2021/029 404 A1中,借助数个相对于刀具旋转轴对称地安设在刀杆上的加速度传感器来测定可旋转的刀具的振动。类似地,依据W0 2021/029 099 A1测定振动,这些振动是用来自从外部安设在(例如滚压刀或者铣刀的)杆部上的加速度传感器和应变片的信号确定。W0 2019/122 375 A1描述过一种例如针对切削刀具的、用于旋转式刀柄的传感器模块,用以实时地、可靠地检测运行状态或系统状态。为此,在所述刀柄中,包含用于检测传力、温度和加速度(振动)的传感机构的传感器模块有利地定位在旋转轴中,并且,利用构造以围绕此位置的方式引导冷却剂流。传感器模块的这个定位用于将不平衡最小化,并且简化传感器模块的插入。优选通过无线电借助发送器和天线将检测到的测量信号传输至机床的接收器。机床中的调节装置实现对尚非稳态的不稳定状态的ad-hoc响应。这通过对加工参数(如进给率、转速等)的实时适配实施,其中,根据过程状态(如振动或刀具上的施力)实施适配。在W0 2021/033 670 A1、EP 2 103 379 A1、US 10 828 740 B2、US 10 828 739 B2、EP 3 808 503 A1、US 2021/026 322 A1和JP 5 089 342 B2中也揭示过具有过程量监控的刀具系统。

[0009] 依据传统方案,述及的刀具系统例如借助电池运行。但有些刀具系统自身具有用于以能量收集(Energy Harvesting)形式产生能量的装置,用于为含集成电子装置在内的刀具系统自身供电。据此,在EP 3 539 717 A1中描述过一种具有发电机单元的加工刀具。第一组件固定地与加工刀具的主体连接,第二组件以可动的方式与主体连接。在有流体流至第二组件上的情况下,通过第二组件相对于第一组件的相对运动产生电能。EP 2 112 461 B1描述过一种具有电流发生器的测头,其中,一个飞轮以可旋转的方式与该测头连接。

电流发生器的转子具有永磁体并且与该飞轮连接,而包含感应绕组的定子则固定在测头的壳体内。如果使测头的壳体的旋转运动加速,则飞轮因其高转动惯量而不立即跟随壳体运动。基于这个运动差异(只要其存在)将动能转换成电能。该飞轮配备有自由轮。在沿第一旋转方向跟随壳体旋转期间,该自由轮能够仅沿与该第一旋转方向相反的第二旋转方向自由旋转,从而产生电能。DE 10 2016 223 199 A1、US 2015/0 125 230 A1、EP 1 742 011 B1和TW I491463 B也揭示过其他采用能量收集原理的刀具系统。

[0010] 述及的用于对刀具进行同心度监控的装置和方法依据不同的检测原理工作;但特别是就刀具而言,在同心度监控的可靠性以及面接触的识别速度方面仍有改进余地。就系统成本削减而言也存在改进需求。

[0011] 据此,例如在前文述及的借助加压空气进行面接触监控的过程中,在面接触有误的情况下,压力并非保持不变,而随着时间推移,逸出的空气增多。因此,借助加压空气进行的监控仅提供有局限性的结果。此外,当切屑在面接触处直接积聚在出气口处且进而将此出气口封闭时,这个系统无法识别出有误的面接触。OTT-JAKOB Spanntechnik GmbH, D-87663 Lengenwang的Planko传感系统需要以复杂的方式集成至主轴鼻端中,这造成高昂的系统成本。此外,根据这个传感系统,通过查询数个陶瓷传感器来确定正确的面接触。在此情形下,磨碎和/或压碎的铝屑特别是可能附着在陶瓷传感器上。这导致传感器系统完全失效,其不再能识别同心度误差,故需要更换传感器,而这复杂且又昂贵。即使如EP 3 360 342 A1那样在主轴鼻端中集成有力传感器,也涉及到复杂的集成以及高昂的系统成本。此外,就这些系统而言,数据采集和数据评估较为困难。

[0012] 就利用激光测量系统工作的同心度监控装置而言,确定同心度通常较为耗时,因为(不考虑相对较长的持续测量)需要将主轴精确地定位在测量区域中或测点上。

[0013] 尽管目前已有配备不同传感器的刀具,其例如通过温度传感器、力传感器和加速度传感器工作,但这些刀具用于检测诸如振动或切削力的过程参数。而这些刀具中的任何一个均无法探测夹紧误差;尚不存在集成于旋转式刀具中的同心度监控功能。EP 2 208017A2涉及一种调节位于机器的位置测量系统中的发送/接收装置的发送功率的技术,此发送/接收装置以低能耗实现稳固并且对时间要求严苛的数据传输,并且能够快速建立连接。在此情形下,以第一发送功率发送第一发送功率消息,并且以第二发送功率发送第二发送功率消息,其中,在作为对发送的第一发送功率消息的应答接收到一个发送功率确认消息的情况下,则第二发送功率小于第一发送功率,且其中,在未接收到作为对发送的第一发送功率消息的应答的发送功率确认消息的情况下,第二发送功率大于第一发送功率。借助这些发送功率消息,确定以当前发送功率能否在发送/接收装置与基站之间实现无线电通信。根据空中接口的传输条件,即在受到其他信号干扰的情况下,对发送/接收装置的发送功率进行后续调节。这样便能测定发送功率下限,从而避免以过高的发送功率进行持续发送。借此在发送/接收装置中节省能量。发送/接收装置将发送功率消息信号发送至与该发送/接收装置连接的基站。在将发送功率消息发出后,发送/接收装置等待接收发送功率确认消息。如果该发送功率消息被与发送/接收装置连接的基站接收,则基站发送一个发送功率确认消息。根据该发送功率确认消息的接收,发送/接收装置获知是否能够在发送/接收装置与基站之间建立无线电连接。根据这个信息,发送/接收装置能够针对后续发送功率消息增大或减小发送功率。

[0014] 在第二发送功率消息后,可以以第三发送功率发送第三发送功率消息。如果第二发送功率消息的发送功率小于第一发送功率消息的发送功率,并且接收到针对第二发送功率消息的发送功率确认消息,则该第三发送功率小于第二发送功率。如果第二发送功率消息的发送功率小于第一发送功率消息的发送功率,并且未接收到针对第二发送功率消息的发送功率确认消息,则该第三发送功率大于第二发送功率。如果第二发送功率消息的发送功率大于第一发送功率消息的发送功率,并且接收到针对第二发送功率消息的发送功率确认消息,则该第三发送功率等于第二发送功率。如果第二发送功率消息的发送功率大于第一发送功率消息的发送功率,并且未接收到针对第二发送功率消息的发送功率确认消息,则该第三发送功率大于第二发送功率。

发明内容

[0015] 待解决的问题

[0016] 在此提出的解决方案的目的在于,提供用于对(在运行中)旋转的刀具的同心度进行监控的方法和装置。

[0017] 在此提出的解决方案

[0018] 这些装置中的一个独立于机床的、集成有刀具的同心度监控模块,其能够在旋转中确定同心度误差(或者这个同心度误差所基于的数据),并且视情况将一或数个对应的状态信号和/或测量信号特别是通过通信接口发送至(同心度监控)信号接口的控制器或者机床的控制器。其中,所述装置和方法在面接触识别的准确性和速度方面(且进而在同心度验证方面)改进现有解决方案,且其制造快速、简便并且成本低廉(与主轴集成的系统相比甚至大幅降低成本)。此外也易于集成至现有机床中,或易于与可购得的刀具或刀具系统相互组合。这样便能根据需求,轻松地将针对特定任务的刀具与同心度监控功能相结合。

[0019] 根据第一方面,本发明用以达成上述目的的解决方案为一种针对待运行中旋转的刀具的同心度监控模块。所述同心度监控模块包括刀具接口,其被配置成容置所述待旋转的刀具,并且包括刀柄接口,其被配置成置入特别是机床或者加工中心的刀柄。所述同心度监控模块还包括传感器单元,其与该同心度监控模块对应,使得同心度监控模块的旋转轴穿过传感器单元延伸,其中,所述传感器单元被配置成在同心度监控模块(特别是与待旋转的刀具和/或与刀柄一起)旋转的情况下,在大体垂直于同心度监控模块的旋转轴的平面中检测若干代表加速度的量。所述同心度监控模块的计算单元被配置成:接收所述由传感器单元检测的代表加速度的量,基于所述检测的若干代表加速度的量确定总加速度,将所述总加速度与一个取决于该同心度监控模块在检测若干代表加速度的量期间的转速的阈值进行比较,并且在总加速度大于该阈值的情况下确定待旋转的刀具、同心度监控模块和/或刀柄存在同心度误差。所述同心度监控模块的通信单元与所述计算单元建立起通信连接,并且被配置成向机床/加工中心发出信号,以表明待旋转的刀具、同心度监控模块和/或刀柄是否存在同心度误差。

[0020] 所述刀具接口例如可以是ABS柄(ABS系统)或者ABS适配器(ABS连接),其可供待旋转的刀具或者待旋转的刀具的对应的ABS适配器置入。这个ABS系统例如可以是Ceratizit S.A.公司的ABS系统。作为替代方案,所述刀具接口可以配备筒夹夹头,其可供待旋转的刀具置入。最后,所述刀具接口可以具备能够以任何其他适当的方式与该待旋转的刀具稳定

并且同心连接的特性。

[0021] 类似地,所述刀柄接口可以构建为ABS适配器,以便置入例如同样构建为ABS柄的刀柄。这个刀柄可以预安装在机床/加工中心上,或者被与同心度监控模块一起,以位于同心度监控模块与主轴之间的方式置入机床。作为替代方案,所述刀柄接口也可具备能够以任何其他适当的方式与刀柄稳定并且同心连接的特性。

[0022] 这样一来,同心度监控模块在机床主轴与待旋转的刀具之间建立具有同心度监控功能的可调整的连接。这样便提供模块化的同心度监控模块的一种结构,其适用于任何常见的机床接口(如SK、SK-FC、BT、BT-FC、HSK-A、PSC和HSK-E),故在不损失同心度监控功能的情况下提供尽可能高的灵活度,因为可以将具有不同主轴接口的不同刀具相互组合来加工工件。

[0023] 第二方面涉及一种针对在运行中旋转的刀具的同心度监控刀柄模块。所述同心度监控刀柄模块包括刀具接口,其被配置成容置所述待旋转的刀具,并且包括刀柄,其被配置成置入机床或者加工中心的主轴。所述同心度监控刀柄模块还包括传感器单元,其与该同心度监控刀柄模块对应,使得同心度监控刀柄模块的旋转轴穿过传感器单元延伸,其中,所述传感器单元被配置成在同心度监控刀柄模块(特别是与待旋转的刀具和/或与主轴一起)旋转的情况下,在大体垂直于同心度监控刀柄模块的旋转轴的平面中检测若干代表加速度的量。所述同心度监控刀柄模块的计算单元被配置成:接收所述由传感器单元检测的若干代表加速度的量,基于所述检测的代表加速度的量确定总加速度,将所述总加速度与一个取决于该同心度监控刀柄模块在检测代表加速度的量期间的转速的阈值进行比较,并且在总加速度大于该阈值的情况下确定待旋转的刀具和/或刀柄存在同心度误差。所述同心度监控刀柄模块的通信单元与所述计算单元建立起通信连接,并且被配置成向机床/加工中心发出信号,以表明待旋转的刀具和/或刀柄是否存在同心度误差。

[0024] 所述刀具接口例如可以是ABS柄(ABS系统)或者ABS适配器(ABS连接),其可供待旋转的刀具或者待旋转的刀具的对应的ABS适配器置入。作为替代方案,所述刀具接口可以配备筒夹夹头,其可供待旋转的刀具置入。

[0025] 所述刀柄可以构建为ABS柄,并且特别是可实施为HSK或者实施为SK,其用于将同心度监控刀柄模块置入机床/加工中心的主轴。

[0026] 据此,所述同心度监控刀柄模块可以包括中央壳体,在所述壳体中容置有传感器单元、计算单元和通信单元,并且该壳体与刀柄固定连接。这样一来,在主轴与待旋转的刀具之间建立连接的同心度监控刀柄模块能够在不损失同心度监控功能的情况下,将不同的刀具灵活地用于工件加工。

[0027] 第三方面涉及一种同心度监控刀具模块。所述同心度监控刀具模块包括待在运行中旋转的刀具和刀柄,被配置成置入机床或者加工中心的主轴。所述同心度监控刀具模块还包括传感器单元,其与该同心度监控刀具模块对应,使得同心度监控刀具模块的旋转轴穿过传感器单元延伸,其中,所述传感器单元被配置成在同心度监控刀具模块(特别是与主轴一起)旋转的情况下,在大体垂直于同心度监控刀具模块的旋转轴的平面中检测若干代表加速度的量。所述同心度监控刀具模块的计算单元被配置成:接收所述由传感器单元检测的若干代表加速度的量,基于所述检测的若干代表加速度的量确定总加速度,将所述总加速度与一个取决于该同心度监控刀具模块在检测若干代表加速度的量期间的转速的阈

值进行比较,并且在总加速度大于该阈值的情况下确定该同心度监控刀具模块存在同心度误差。所述同心度监控刀具模块的通信单元与所述计算单元建立起通信连接,并且被配置成向机床/加工中心发出信号,以表明该同心度监控刀具模块是否存在同心度误差。

[0028] 据此,所述刀柄可以是所述待旋转的刀具与机床主轴之间的机械接口。所述刀柄可以构建为ABS柄,并且特别是可实施为HSK或者实施为SK,其用于将同心度监控刀具模块置入机床/加工中心的主轴。

[0029] 所述在主轴与待旋转的刀具之间建立连接的同心度监控刀具模块例如由刀具制造商作为一个单元来制造。这样便不再设置可分离的接口,例如根据第一方面的刀具接口和刀柄接口(进而避免对精确的面接触造成阻碍的污物或积聚物的根源)。借此便能提供具有进一步改进的同心度监控功能的不同刀具,而这正是高精度应用所需的。

[0030] 当下文描述“模块”或者“监控模块”的特征时,这些特征特别是可能分别涉及根据第一方面的同心度监控模块、根据第二方面的同心度监控刀柄模块、以及根据第三方面的同心度监控刀具模块。这尤其适用于对包含在根据第一至第三方面的模块中的组件(如计算单元、传感器单元和通信单元)进行描述的情形。

[0031] 所述监控模块的计算单元可以被包含在数据处理单元中。这个数据处理单元还可包括(中间)存储器。这样便可在数据处理单元中处理由传感器单元检测的量并将其暂存,或者将这些量作为数据传输至机床或者同心度监控信号接口。所述数据处理单元、所述传感器单元和所述通信单元(也作数据传输单元)可被一个电子单元包括。

[0032] 在发出信号以表明待旋转的刀具是否存在同心度误差的情况下,可以将数字IO信号(IO:正常,或者NIO:不正常)作为1位信号传输至机床。此传输特别是可以(同监控模块与机床之间的其他通信一样)以无线方式进行。

[0033] 所述传感器单元可以包括加速度传感器。所述加速度传感器可以是压电加速度传感器或者基于弹簧-质量系统。作为替代方案,可以使用应变片或者通过磁感应工作的加速度传感器。

[0034] 所述传感器单元的加速度传感器可以是二轴加速度传感器,其例如被配置成在相互正交的x方向和y方向上测量加速度。作为替代方案,所述加速度传感器可以是两个特别是结构相同的加速度传感器,其例如交叠地或者并排地并且以相对其灵敏轴(测量加速度时沿着的惯性轴)相互错开90°的方式设置,故仍然能够在相互正交的x方向和y方向上测量加速度。作为替代方案,也可使用三轴加速度传感器,以便额外地在与x方向及y方向正交的z方向上检测诸如振动的过程量。

[0035] 所述监控模块的旋转轴可以以至少近乎处于中心的方式穿过传感器单元的主体延伸,但无需穿过加速度传感器自身延伸(尽管当然也可采用这个方案)。换言之,所述传感器单元可以以一定方式设置在监控模块内,使得传感器单元的至少一个惯性轴,特别是在公差距离内,以与监控模块的旋转轴至少近似同轴的方式定向。这个惯性轴可以是加速度传感器的z轴(即使在采用被配置成在x方向和y方向上测量加速度的二轴加速度传感器的情况下也是如此)。换言之,这个惯性轴无需如三轴加速度传感器那样与传感器单元的灵敏轴重合(这也适用于传感器单元包括两个单轴加速度传感器的情形)。

[0036] 如果使用二轴或三轴加速度传感器,则这个加速度传感器可以包括两个或三个相互间隔最小空间距离的测量芯片(针对两个或三个不同的测量反向)。为了在同心度完美的

情况下获得接近零的加速度值,所述传感器单元可以以一定方式设置在监控模块中,使得二轴或三轴加速度传感器的x测量芯片(其在x方向上测量加速度值)的定向与监控模块的y-z平面一致,并且使得二轴或三轴加速度传感器的y测量芯片(其在y方向上测量加速度值)的定向与监控模块的x-z平面一致。在这些变体中,传感器单元的惯性轴(其特别是在公差距离内与监控模块的旋转轴至少近似同轴)并非测量芯片自身中的一者的灵敏轴,而是传感器单元的主体的惯性轴。

[0037] 其中,由于x测量芯片与y测量芯片采用相互分隔开的空间布局,沿传感器单元的主体的z惯性轴并且在各测量芯片之间,例如可以有一个圆形凹口穿过传感器单元的主体延伸。

[0038] 所述公差距离尤其可以是从监控模块的旋转轴出发至传感器单元的惯性轴的径向距离,其处于至多达 $\pm 10\mu\text{m}$ 的范围内。

[0039] “传感器单元的惯性轴与监控模块的旋转轴至少近似同轴”是指,在该惯性轴与该旋转轴之间可以存在至多 $\pm 3^\circ$ 的最大角度误差(角度偏差)。

[0040] 原则上,所述传感器单元可以以一定方式设置在监控模块中,使得在存在给定的同心度误差的情况下,在已知转速下,相对于特别是通过预先校准已知的位置,传感器单元存在位置或方位变化。据此便能推断出监控模块在机床的刀柄(主轴)上的面接触有误。

[0041] 据此,在将传感器单元安装在监控模块中时,特别是可使加速度传感器尽可能理想地设置在旋转轴中。这样便能在垂直于该旋转轴(其沿z方向延伸)延伸的x-y平面中检测所述若干代表加速度的量,因为将监控模块的旋转轴的例如因切屑卡住或主轴损坏而造成的倾斜和/或侧移作为(径向)x-y平面中的加速度变化加以探测。优选地,这个变化可基于在校准过程中测定的参考加速度值,进而基于“学习的”参考设备。

[0042] 据此,在选择传感器单元的定时,可使得加速度传感器在尽可能小的倾斜/偏心度条件下提供尽可能大的偏移,借此,加速度传感器能够可靠地识别随(监控模块相对于主轴或相对于机床主轴的旋转轴的)倾斜度增大而提升的同心度误差。

[0043] 即使在转速相对较高的情况下,精确地设置在监控模块的旋转轴中的加速度传感器也测出等于零的离心加速度(加速度传感器与监控模块的径向距离 $r=0$)。例如因夹紧误差而偏离中心($r \neq 0$)则导致加速度传感器在旋转期间经历离心加速。为了监控刀具同心度,特别是可以在x-y平面(旋转平面)中检测这个离心加速度,作为所述若干代表加速度的量。在选择加速度传感器在监控模块中的位置时,如果使得在将监控模块置入机床的情况下,这个加速度传感器相对于机床的刀柄尽可能处于中心处,则特别是能够确保:作用于加速度传感器的离心力在尽可能小的同心度误差条件下发生尽可能大的改变。

[0044] 以下适用于离心加速度 a : $a = \omega^2 * r$,其中 $\omega = 2 * \pi * n$,因而 $a = 4 * \pi^2 * n^2 * r$,其中 n =监控模块的转速(因而等于传感器单元的转速),单位为1/s, ω =角速度,并且 r =加速度传感器与监控模块的旋转轴的径向距离。

[0045] 在这个离心加速度计算中包含了转速的平方。因此,对于检测(离心加速度的测定)而言重要之处在于,特别是精确地知道进行检测时的转速。这个(检验)转速例如可在整个检测过程中具有大体恒定的值,或者替代性地处于一个预设转速值的至多 $\pm 10\%$ 的公差范围内。

[0046] 可以在特定评估时间(也作检测持续时间)内借助传感器单元检测所述若干代表

加速度的量。其中,所述评估时间可以是数秒(例如0.1秒至5秒)的时间窗。但作为替代方案,所述评估时间尤其可以是(监控模块以及机床中的刀具的)特定转数,在此转数范围内检测所述若干代表加速度的量。评估时间例如可以是4或8或16或32或64转,但本公开案并不局限于此。除非另有说明,否则这个“评估时间”也适用于所有其他待由监控模块检测的量。

[0047] 在检测前,中心偏移(偏心度)的方向并非已知,故特别是可借助二轴加速度传感器或者借助三轴加速度传感器(在旋转平面中)在x方向和y方向上检测加速度值,并将其换算成(总)加速度矢量。据此,可依据 $a_{ges} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$,根据所述由传感器单元检测的若干代表加速度的量测定总加速度值。如果这个总加速度值超出为检测过程中的转速规定的阈值,则机床能够报告错误(NIO)。作为替代或补充方案,可以计算出中心偏移,并将其作为值传输至机床。

[0048] 对总加速度的计算,以及其他在本公开案的范围内描述的、以由传感器单元检测的量为基础的计算,均可基于由加速度传感器输出的加速度值进行。作为替代方案,可利用(数字)转换器值(原始数据)来进行这类计算,这些转换器值由与加速度传感器对应的转换器产生。

[0049] 所述监控模块的数据处理单元(计算单元)可以通过数字通信接口或者通过模拟通信接口与所述传感器单元连接。在此例如在传感器单元与数据处理单元之间采用SPI或I²C接口。也可以在传感器单元的输出端上提供加速度值,并且随后在数据处理单元中借助模拟数字转换器(ADC)检测这些模拟加速度值。

[0050] 第四方面涉及一种机床或者加工中心。所述机床/所述加工中心包括待在机床/加工中心的运行中围绕旋转轴旋转的主轴,所述主轴被配置成容置根据第一方面的同心度监控模块的刀柄接口、根据第二方面的同心度监控刀柄模块的刀柄以及/或者根据第三方面的同心度监控刀具模块的刀柄,并且与这些组件共同协作。所述机床/所述加工中心的通信单元被配置成接收根据第一方面的同心度监控模块的通信单元的信号、根据第二方面的同心度监控刀柄模块的通信单元的信号和/或根据第三方面的同心度监控刀具模块的通信单元的信号。所述机床/所述加工中心的控制器与机床/加工中心的通信单元连接,并且被配置成接收由根据第一方面的同心度监控模块的传感器单元、根据第二方面的同心度监控刀柄模块的传感器单元、根据第三方面的同心度监控刀具模块的传感器单元检测的若干代表加速度的量,基于所述检测的若干代表加速度的量确定总加速度,将所述总加速度与一个取决于主轴在检测若干代表加速度的量期间的转速的阈值进行比较,并且在总加速度大于该阈值的情况下确定所述根据第一方面的同心度监控模块、所述根据第二方面的同心度监控刀柄模块和/或所述根据第三方面的同心度监控刀具模块存在同心度误差。

[0051] 所述机床/加工中心的主轴特别是可被配置成与诸如快速释放锥柄或者空心锥柄的刀柄共同协作。

[0052] 通过所述通信单元(其也可实现数据传输单元的功能,并且可以是机床侧接口的一部分)能够将监控模块所接收的若干代表加速度的量作为过程数据传输至机床的控制器。作为替代方案,可以通过单独的数据传输单元将所述若干代表加速度的量传输至机床的控制器,所述控制器特别是可被配置成从监控模块无线传输数据和信号/将数据和信号无线传输至监控模块,以及特别是可被配置成从机床有线传输数据和信号/将数据和信号

有线传输至机床。其中,针对无线传输,优选可以采用基于无线电的传输技术或者借助红外信号进行传输。

[0053] 此外,所述控制器可被配置成:在检测所述若干代表加速度的量的过程中,使得主轴以特定转速旋转,以及/或者将这个转速传输至监控模块。如果不存在同心度误差,则监控模块的中心轴能够以大体与待旋转主轴的旋转轴同轴的方式延伸。此外,机床/加工中心可被配置成使得监控模块自动置入机床的主轴。此外,机床/加工中心可被配置成例如通过通信单元向监控模块发出信号,表明应开始检测所述若干代表加速度的量。举例而言,可以在机床向监控模块发出(在此为所述若干代表加速度的量的)数据采集就绪信号后,才将这个针对检测的开始指令传输至监控模块。

[0054] 如果机床/加工中心的控制器确定监控模块不存在同心度误差,则机床/加工中心还可被配置成:特别是在确定不存在同心度误差后,立即为待由机床加工的工件释放工件加工。在此情形下,无需换刀便可直接开始加工。

[0055] 如果机床/加工中心的控制器确定存在同心度误差,则机床/加工中心还可被配置成:阻止待处理的工件加工,将主轴停止并且使整个机床进入安装状态,以及/或者例如通过机床/加工中心的显示器和/或扬声器输出光学和/或声学故障信号。在采取这些措施中的一个或数个之前,机床/加工中心可被配置成:将监控模块和/或刀具从主轴换出,以及将监控模块和/或刀具重新换入主轴。与此同时,可以用加压气流吹扫主轴(圆锥接口),以对其进行清洁。仅在将监控模块重新换入后仍存在同心度误差的情况下,才采取对应的措施。

[0056] 第五方面涉及一种同心度监控信号接口。所述同心度监控信号接口具有通信单元,其配置成从根据第一方面的同心度监控模块的通信单元、根据第二方面的同心度监控刀柄模块的通信单元和/或根据第三方面的同心度监控刀具模块的通信单元接收信号,以及将信号发送至根据第四方面的机床/加工中心的通信单元。所述同心度监控信号接口还包括计算单元,其与同心度监控信号接口的通信单元连接,并且被配置成接收由根据第一方面的同心度监控模块的传感器单元、根据第二方面的同心度监控刀柄模块的传感器单元、根据第三方面的同心度监控刀具模块的传感器单元检测的若干代表加速度的量,基于所述检测的若干代表加速度的量确定总加速度,将所述总加速度与一个取决于主轴、同心度监控模块、同心度监控刀柄模块或者同心度监控刀具模块在检测若干代表加速度的量期间的转速的阈值进行比较,并且在总加速度大于该阈值的情况下确定该根据第一方面的同心度监控模块、该根据第二方面的同心度监控刀柄模块和/或该根据第三方面的同心度监控刀具模块存在同心度误差。所述同心度监控信号接口的通信单元被配置成向机床/加工中心发出信号,以表明待在运行中旋转的刀具、同心度监控模块、同心度监控刀柄模块和/或同心度监控刀具模块是否存在同心度误差。

[0057] 包含计算单元(数据处理单元)和通信单元组件的同心度监控信号接口能够与所述监控模块通过通信单元或者通过单独的数据传输单元进行通信。这个数据传输单元特别是可用于监控模块与同心度监控信号接口之间的无线的数据及信号传输,以及特别是用于同心度监控信号接口与机床之间的有线的数据及信号传输。其中,针对无线传输,优选可以采用基于无线电的传输技术或者借助红外信号进行传输。

[0058] 因此,在监控模块将对应的被测变量(在此为所述若干代表加速度的量)传输至同心度监控信号接口的情况下,借助同心度监控信号接口能够实施与监控模块相同的计算。

在实施完这些计算后,除了以信号表明是否存在同心度误差(I/O或者NIO信号)以外,也可将计算出的结果(如总加速度)和/或计算所基于的被测变量传输至机床的控制器。如果传输的数据量较大,则可在同心度监控信号接口与机床之间以数据字的形式进行传输,其中,特别是可将数字总线系统用于传输。优选地,为此可使用诸如Profibus、Profinet、Ethercat或者Ethernet的现场总线系统。

[0059] 此外,所述同心度监控信号接口可被配置成:在监控模块测定所述若干代表加速度的量前,将监控模块激活,即使其进入监控模式(测量模式)。此外,同心度监控信号接口还可被配置成确定在检测被测变量过程中的转速,并将其传输至监控模块和/或传输至机床/加工中心。作为替代或补充方案,可通过机床的控制器预设检测过程中的转速,或者通过监控模块确定此转速并传输至同心度监控信号接口。

[0060] 所述同心度监控信号接口可被配置成:特别是为了激活监控模块,等待监控模块的信号,监控模块通过该信号表明数据采集就绪。在数据采集完成后,同心度监控信号接口可被配置成将监控模块重新去激活,即使其进入无法进行同心度监控的状态。这样便能在各同心度测量之间节省能量。作为替代方案,监控模块的激活以及去激活可由监控模块自身或者由机床/加工中心进行。同心度监控信号接口可被配置成:将是否存在同心度误差这一结果借助检验信号(I/O或者NIO)传输至机床的控制器,使得机床的控制器能够视情况采取前述措施(阻止加工,显示错误等)。

[0061] 第六方面涉及一种针对在机床中或在加工中心中在运行中旋转的刀具的同心度监控方法。所述同心度监控方法包括以下步骤:(i)将待在运行中旋转的监控模块,或者将待在运行中旋转的监控模块和待旋转的刀具自动地插入机床/加工中心的主轴,其中,所述待旋转的监控模块包括传感器单元,所述传感器单元与该待旋转的监控模块对应,使得待旋转的监控模块的旋转轴穿过传感器单元延伸;(ii)使得机床/加工中心的主轴以预设的转速旋转;(iii)在待旋转的监控模块以预设的转速旋转期间,在大体垂直于待旋转的监控模块的旋转轴的平面中接收和/或检测若干代表加速度的量;(iv)基于所述检测的若干代表加速度的量确定总加速度;(v)将所述总加速度与一个取决于该待旋转的监控模块在检测若干代表加速度的量期间的转速的阈值进行比较,以及(vi)在总加速度大于所述阈值的情况下确定待旋转的监控模块和/或待旋转的刀具存在同心度误差。

[0062] 其中,“旋转的监控模块”特别是指根据第三方面的、已集成有刀具的同心度监控刀具模块。“待在运行中旋转的监控模块和待旋转的刀具”则特别是指根据第一方面的同心度监控模块和根据第二方面的同心度监控刀柄模块,在加工工件前将待旋转的刀具置入此模块。

[0063] 其中,所述同心度监控方法或其各个步骤可由不同组件实施或者至少由不同组件引起,如监控模块(其总是负责借助传感器单元检测所述若干代表加速度的量),机床/加工中心和/或同心度监控信号接口。据此,在一个变体方案中提出,所述同心度监控方法的所有步骤均由机床实施。在此情形下,步骤(iii)特别是包括从监控模块和/或从同心度监控信号接口接收所述若干代表加速度的量。

[0064] 在特定变体方案中,机床也可以仅实施所述同心度监控方法的步骤(i)和(ii)。在此情形下,步骤(iii)至(vi)可由监控模块或者由同心度监控信号接口实施,其中,在最后一情形下,步骤(iii)特别是包括通过同心度监控信号接口接收所述若干代表加速度的量。随

后可进行其他步骤,如通过向同心度监控信号接口(在步骤(iii)至(vi)由监控模块实施的情况下)或者向机床(在步骤(iii)至(vi)由同心度监控信号接口实施的情况下)发出信号表明是否存在同心度误差。

[0065] 在步骤(iii)至(vi)由监控模块实施的情况下,可在作进一步处理前将检测的若干代表加速度的量暂时存储在模块的数据处理单元中或者另一模块存储器中,以便随后(优选在将在校准中为若干代表加速度的量测定的初始变量考虑在内的情况下)确定总加速度。随后将这个总加速度与阈值进行比较,从而判断是否超出或者至少达到预设的公差阈值。

[0066] 在步骤(iii)至(vi)由机床或同心度监控信号接口实施的情况下,在测量过程(检测所述若干代表加速度的量)期间可将所述若干代表加速度的量特别是连续地传输至机床/同心度监控信号接口。在此情形下,(如若存在)也可将若干代表初始加速度的量传输至机床/同心度监控信号接口。可以通过同心度监控信号接口的计算单元/通过机床的控制器进行评估、滤波、用初始值换算、计算总加速度、并且将总加速度与阈值进行比较。

[0067] 所述阈值表示待在运行中旋转的刀具的允许的偏心度范围,因此,在所有前述情形下,这个值均为监控模块的计算单元、机床的控制器和/或同心度监控信号接口的计算单元所知,或者(被其他组件中的一者)告知所述计算单元及控制器。其中,所述阈值可以以模拟值或数字值形式存在,单位例如为微米(μm)。所述阈值可以是可设置的。例如可通过适当的构件直接在监控模块上进行设置。据此,例如可借助磁性笔和SET/MODE在监控模块上输入阈值。作为替代方案,可以在机床/加工中心的控制器中输入阈值,随后视情况通过同心度监控信号接口将阈值传输至监控模块。在所述同心度监控方法的步骤(iii)至(vi)由监控模块实施的情况下,特别是采用此方案。

[0068] 而如果在机床中/在同心度监控信号接口中评估所述若干代表加速度的量,则优选可直接在机床上输入阈值,以及(在同心度监控信号接口中进行评估的情况下)将阈值传输至机床并且存储在存储器中。

[0069] 所述同心度监控方法可包括另一可选的激活监控模块的步骤,使得监控模块在测定所述若干代表加速度的量前进入监控模式(测量模式)。因此,这个额外的步骤在时间上至少先于步骤(iii)。紧随该激活步骤可以设有一个步骤,在该步骤中等待达到所述在检测代表加速度的值的过程中的转速(即检验转速)。

[0070] 所述同心度监控方法可包括另一可选的步骤,在该步骤中,为了激活监控模块,视情况等待监控模块的信号,监控模块通过该信号表明数据采集就绪。此外,在所述同心度监控方法的另一可选步骤中,可以将所述监控模块重新去激活,即使其进入不发生同心度监控的状态。最早在根据步骤(iii)完成对量的检测后,实施这个可选步骤。

[0071] 在所述同心度监控方法的另一可选的方法步骤中,例如可通过监控模块确定在检测被测变量过程中的转速,并将其传输至同心度监控信号接口和/或传输至机床/加工中心。在方法步骤(iii)至(vi)由监控模块实施的情况下,特别是无需实施此可选步骤。作为替代或补充方法,可以通过机床的控制器预设该在检测过程中的转速。

[0072] 可以为单独一个预设的、在检测所述若干代表加速度的量的过程中的转速实施所述同心度监控方法。作为替代或补充方案,可以为不同的转速重复实施方法步骤(iii)至(vi)。其中,特别是可在各不相同的转速下进行一至五次重复,但本公开案并不局限于具体

的重复次数。如果重复实施,则这些不同的转速均在步骤(ii)中设置。在此情形下,所述可选的向机床/同心度监控信号接口发出信号表明是否存在同心度误差的步骤例如可针对所有(检验)转速实施一次,或者可以针对每个检验转速单独实施,其中,可分别额外传输对应的检验转速。

[0073] 特别是在重复实施方法步骤(iii)至(vi)的情况下,可通过监控模块或者至少基于由监控模块检测的被测变量(如其他代表加速度的量)来确定检验转速。

[0074] 所有前述方面的共同之处在于,在确定总加速度前,例如可使用低通滤波器或者带通滤波器来对所述若干代表加速度的量(即监控模块以及与监控模块对应的传感器单元的x-y平面中的径向加速度)进行滤波。此外,所有述及的计算单元和控制单元均可与适合的存储器对应,可以将在本公开案的范围内描述的和以任何方式与同心度监控关联的、接收的信号以及待传输的信号(暂)存在所述存储器中。

[0075] 第七方面涉及一种计算机程序产品,包括若干指令,这些指令使得第四方面的机床/加工中心实施根据第六方面的方法步骤(i)至(vi),以及/或者使得第一方面的同心度监控模块、第二方面的同心度监控刀柄模块或者第三方面的同心度监控刀具模块实施根据第六方面的方法步骤(iii)至(vi),以及/或者使得第五方面的同心度监控信号接口实施根据第六方面的方法步骤(iii)至(vi)。

[0076] 所述计算机程序产品可以包括其他指令,这些指定使得对应的组件(监控模块、机床和/或同心度监控信号接口)实施就所述同心度监控方法描述的可选步骤。

[0077] 原则上,为了在确定同心度误差时确保准确性,重要之处在于,监控模块/机床/同心度监控接口准确地知道在检测所述若干代表加速度的(初始)量过程中的检验转速,以便精确地判断待在运行中旋转的刀具的同心度是否尚且低于规定的阈值。

[0078] 其中,所述机床的控制器能够将精确的检验转速告知所述同心度监控信号接口的计算单元/所述监控模块。在此情形下,这个检验转速被视作给定值,无需在转速校准方面作进一步验证。

[0079] 在特定的变体方案中,所述监控模块还可包括另一传感器单元,其与所述旋转轴间隔一定径向距离,并且被配置成以大体与对所述代表加速度的量的检测同时进行的方式,在一个大体垂直于旋转轴的平面中检测其他代表加速度的量。所述计算单元还被配置成:接收由该另一传感器单元检测的其他代表加速度的量,并且根据所述其他代表加速度的量来确定同心度监控模块/同心度监控刀柄模块/同心度监控刀具模块在检测代表加速度的量期间的转速。作为替代方案,在一些变体方案中,所述通信单元可以被配置成将所述其他代表加速度的量传输至根据第四方面的机床/加工中心和/或传输至根据第五方面的同心度监控信号接口。

[0080] 所述另一(第二)传感器单元可以就灵敏度以及可能的检测方向而言与(第一)传感器单元相似或者相同。据此,所述另一传感器单元也可以是两轴加速度传感器,其被以一定方式配置并且设置在监控模块中,从而能够在x-y平面中并且垂直于监控模块的旋转轴检测其他代表加速度的量。作为替代方案,所述另一(第二)传感器单元特别是可包括一个单轴加速度传感器,其灵敏轴沿径向设置,即以使得这个单轴加速度传感器能够在x-y平面中以及垂直于监控模块的旋转轴检测所述其他代表加速度的量的方式设置。如果将单轴加速度传感器应用在所述另一传感器单元中,则“所述其他代表加速度的量”通常仅包括单独

一个“代表加速度的量”。出于此原因,在本公开案的范围,除非在相应位置另有说明或技术内容存在抵触,否则“若干代表加速度的量”与“代表加速度的量”概念具有相同含义。

[0081] 在一个变体方案中,所述另一传感器单元也可包括两个相对的、与旋转轴间隔一定径向距离的加速度传感器,其设置在一个垂直于旋转轴的平面中。在此,所述加速度传感器分别具有若干测量轴,这些测量轴处于一个包含旋转轴并且与上述平面正交的平面中,或者与其对齐。优选地,所述加速度传感器提供测量值,根据所述测量值求得所述其他代表加速度的值的平均值。上文描述的借助仅一个传感器测定的转速可能受到可能存在的同心度误差影响,而通过设置两个相对的传感器能够将这个影响减至最小,甚至于完全消除。在存在同心度误差的情况下,与第一加速度传感器的径向距离例如有所增大,而第二加速度传感器的径向距离则以相同的程度减小。亦即,借助两个相对的加速度传感器测得的加速度的平均值与可能存在的同心度误差无关。转速计算也可以在计算单元中进行。

[0082] 如果将所述其他代表加速度的量传输至机床/同心度监控信号接口,便可通过机床的控制器/通过同心度监控信号接口的计算单元基于这些量来确定转速。

[0083] 所述另一传感器单元例如可以与所述监控模块的内周面相邻,以及/或者贴靠在所述内周面上。这个周面可以是大体呈圆柱形的周面。所述另一传感器单元特别是可以(偏心)布置在中心位置以外,从而与所述传感器单元间隔一定径向距离,并且使得监控模块的旋转轴不穿过该另一传感器单元延伸。

[0084] 以此种方式设置的偏心的加速度传感器(作为所述另一传感器单元)提供所述其他代表加速度的量(作为加速度值或者作为转换器值)。随后用这些代表所述另一传感器单元的离心加速度的量计算出转速。

[0085] 在一些变体方案中,所述监控模块的计算单元可被配置成:在监控模块的旋转轴在检测所述若干代表加速度的量的过程中大体采用水平定向的情况下,基于在检测所述若干代表加速度的量的过程中的信号频率,确定监控模块在检测所述若干代表加速度的量期间的转速。

[0086] 在监控模块仅需要采用水平定向,或者至少在检验同心度时仅需要采用水平定向的应用中,上述方案尤其有利,因为这样便无需为了确定转速而在监控模块中增设更多传感器单元。借此特别是能够节约成本。因为在监控模块采用水平定向的情况下,在检测所述若干代表加速度的量的过程中,一个因重力加速度引起的正弦信号被叠加至这些量。这个正弦信号可在监控模块的计算单元中单独评估,并且提供至少近似对应于重力加速度(1g)的振幅。此正弦信号的频率对应于检测过程中的转速,即检验转速。这个转速确定方式特别高效,因为无需对其进行校准。

[0087] 在一些变体方案中,所述监控模块还可包括光敏单元,其具有位于监控模块的外周上的光敏面,其中,所述光敏单元被配置成在检测所述若干代表加速度的量期间检测亮度差,其中,所述计算单元被配置成在检测所述若干代表加速度的量期间基于所述亮度差的频率确定监控模块的转速。

[0088] 因此,这可以是光学检验转速识别,其中,所述光敏单元可以具有光电探测器、例如光电二极管,其可以使得光敏面径向向外的方式集成在监控模块中。在此情形下,在转速识别期间,可以探测在监控模块旋转期间因光照条件而产生的光信号。通过敏感差异的序列产生一个光图案,其被光敏单元转换成电压。这个光图案以及电压起伏图在每一转中反

复出现。据此,通过使用对应的信号评估便能测定光图案的基频。光图案的这个基频对应于检验转速。

[0089] 在某些变体中,可以将IR光电二极管应用在所述光敏单元中。如果采用这个方案,则不探测环境光,而是探测例如由IR-LED辐射的具有处于红外范围内的频率的光束,所述IR-LED与机床对应,并且特别是以一定方式设置在机床上或机床中,使得在监控模块位于机床的主轴中的情况下,IR-LED能够辐照监控模块的光敏面。这样一来,特别是能够在不利(昏暗)的光照条件下可靠地确定检验转速。这个光学检验转速识别方式也特别高效,因为无需对其进行校准。

[0090] 在所述监控模块的一些变体方案中,至少所述传感器单元设置在传感器板上,并且所述另一传感器单元优选也设置在该传感器板上,其中,所述传感器板与板支架连接,且其中,所述板支架的位置是可通过监控模块的调节构件垂直于旋转轴调整。

[0091] 在一个变体方案中,所述传感器板固设在该板支架上。此外,在一个变体方案中,所述板支架采用浮动式悬挂(支承),以及在一个变体方案中,所述板支架通过所述调节构件精确地定位在监控模块的(旋转)中心处。为此,例如径向安设在监控模块的板支架上的螺纹销用于对板支架且进而对传感器单元进行侧向微调。在一个变体方案中,精调特别是由制造商进行,但本公开案并不局限于此。

[0092] 与所述用于微调板支架的螺纹销有区别,并且特别是用于供使用者对监控模块进行精确平衡的其他螺纹销可以具有不同的重量,以及/或者被构建成容置附加质量块。通过位于监控模块的周边上的螺纹孔,特别是能够在换刀后借助这些螺纹销对监控模块进行精确平衡。

[0093] 在某些变体方案中,所述监控模块还可包括供能单元,其被配置成优选作为对唤醒信号的响应从节能或待机模式进入监控模式,以及/或者优选作为对唤醒信号的响应,使得所述传感器单元、所述另一传感器单元、所述计算单元和/或所述通信单元从节能或待机模式进入监控模式。

[0094] 上文描述的将同心度监控模块激活例如可以是借助唤醒信号激活。

[0095] 在节能模式中,所述监控模块的电子单元的计算单元(数据处理单元)、传感器单元和通信单元(也作数据传输单元)可以待机并且消耗相对较少的能量。在监控模式(也作测量模式)中,电子单元可以处于标准运行中,在此情形下可以实施所有在本公开案的范围内描述的测量。与节能模式相比,电子单元会消耗较多能量。

[0096] 在一些变体方案中,所述供能单元可以包括用于储存电能的储能器。在一些变体方案中,所述供能单元还可包括用于产生电能的发电机单元。据此,所述供能单元可以承担产生和/或储存电子单元的所有组件的供电电压,以及优选也承担对此供电电压的处理。其中,供能单元能够为电子单元的组件供应储存于至少一个电池或者至少一个蓄电池中的能量。在此情形下,可以不设发电机单元,并且电池/蓄电池可以具有相对较高的容量和/或能量密度。作为替代或补充方案,可以通过发电机单元在监控模块中自行发电,为此例如可使用机床的旋转主轴的能量或者处于压力下的介质的能量。可以通过发电机单元将这些不同的能量形式转换成电能。在这些情形下,为了进行储能,(特别是与用蓄电池供能相比)可以使用容量和/或能量密度有所减小的相对较小的储能器,例如一或数个较小的电池和/或一或数个较小的电容器。其中,所述发电机单元例如可以具有第一部分,其包括三个相互错开

120°设置的感应线圈。发电机单元的能够相对于该第一部分旋转的第二部分例如可以包括一或数个永磁体。作为替代方案,也可以是第一部分具有永磁体,第二部分具有线圈。当第一部分相对于第二部分旋转时,产生交流电压,其相位相互错开120°。但本公开案并不局限于发电机单元的这个具体的技术方案。也可采用包含六个感应线圈的变体方案,其中例如将感应线圈以每两个一组的方式串联,或者可以采用包含九个感应线圈的变体方案,其中例如将感应线圈以每三个一组的方式串联。在这些情形下,在第二部分中也设有更多永磁体,亦即,永磁体的数目特别是随感应线圈数目的增多而增多。所述供能单元还可包括整流器,其将在发电机单元中产生的交流电压转换成直流电压,并对其进行平滑。

[0097] 在所述监控模块的某些变体方案中,该唤醒信号可以是以下信号或者由此信号触发的信号:一旦所述其他代表加速度的量超出唤醒阈值便立即由该另一传感器单元产生的信号,通过通信单元从根据第四方面的机床/加工中心和/或根据第五方面的同心度监控信号接口接收的信号,或者在供能单元所产生的能量超出预设程度的情况下产生的信号。

[0098] 据此,在一个变体方案中,所述另一传感器单元可设置成在达到或者超出设置的唤醒阈值的情况下产生唤醒信号。通过这个唤醒信号,能够使监控模块的计算单元和通信单元从节能模式切换至监控模式。为了确保尽可能安全地激活监控模块或其组件,进而避免误激活,可采用以下流程(激活流程)。

[0099] 首先将监控模块换入(插入)机床的主轴(例如参阅根据第六方面的步骤(i))。随后使得监控模块在主轴中旋转(参阅根据第六方面的步骤(ii)),从而使所述另一传感器单元经历离心加速度并且生成唤醒信号。所述另一传感器单元的唤醒信号将监控模块的电子单元激活。该电子单元能够如上所述检查监控模块是否实际具有转速。如果监控模块实际上在旋转,则电子单元留在监控模式中。在一个变体方案中,监控模块(在主轴内或单独地,即在从主轴取出的情况下)不旋转。在此情形下,电子单元仍能检查监控模块是否实际具有转速。如果监控模块实际上不旋转,则电子单元切换回节能模式。借此便能确保监控模块在必要时留在监控模式中,但时间尽可能短。这样一来,最终节约为电子单元的组件或整个监控模块供应的能量。

[0100] 如果唤醒信号由机床/同心度监控信号接口接收,则机床的控制器/同心度监控信号接口的计算单元通过其对应的通信单元将激活信号(唤醒信号)发送至监控模块,该监控模块随即切换至监控模式。如果在功能单元所产生的能量超出预设程度的情况下产生唤醒信号,则首先依照根据第六方面的步骤(i)将监控模块换入机床的主轴。一旦监控模块依照根据第六方面的步骤(ii)旋转,发电机单元便立即开始产生能量。在达到特定程度的情况下,电子单元自动地得到供能并且进入监控模式。作为对所有激活(即使得监控模块进入监控模式)方案的补充方案,可记录冲击事件,如撞击地面或者与机器内腔中的物体发生碰撞。可将记录的事件存储在模块中,以及/或者将其传输至机床和/或同心度监控信号接口。上述激活流程既可实施也可不实施,并且与采用的激活监控模块的方案无关。在一些变体方案中,所述发电机单元包括定子,其直接或间接地与监控模块的刀柄耦合,或者能够直接或间接地与根据第一方面的刀柄耦合,且其中,所述发电机单元还包括转子,其与监控模块对应,从而与所述定子共同起作用,使得发电机单元在存在监控模块围绕旋转轴的旋转加速度的情况下产生电能。其中,所述旋转加速度可以是在增大或减小主轴转速时产生的正旋转加速度以及负旋转加速度。作为替代方案,定子可以直接或间接地与监控模块耦合。所

述定子可以是发电机单元的前述第一部分。在此情形下,所述转子可以是发电机单元的前述第二部分。作为替代方案,所述定子可以是发电机单元的前述第二部分。在此情形下,所述转子可以是发电机单元的前述第一部分。其中,转子可以是具有永磁体的飞轮。定子可以配设有一或数个感应线圈。所述感应线圈可以是例如具有锰-锌-铁氧体芯部的线圈,其通过电路板相互连接。此外,所述线圈可以设置在线圈保持架的对应凹部中以及/或者与这个线圈保持架粘合。这样一来,在高加工转速下仍确保高稳定性。在机床的主轴围绕旋转轴加速(或随后重新制动)的情况下,因飞轮的转动惯量而在定子与转子(即飞轮)之间产生转速差。这样便在感应线圈中感生电压,其被直接输送至用电设备(即电子模块自身的组件,特别是当此电子模块正好位于监控模块中的情况下),或者被储存在监控模块的储能器中。这样一来,在主轴转速变化的情况下一直产生电压,直至飞轮达到(新的)主轴转速,即直至不再存在负加速度或正加速度。在主轴转速变化的情况下,理论上能够提供的机械能(转动能)的计算方式如下: $E_{rot} = 1/2 * I * (\omega_2 - \omega_1)^2$ 其中,得到围绕对称轴旋转的空心圆柱体的转动惯量 $I: I = m((r_1^2 + r_2^2)/2)$ 。由于飞轮的质量和半径均已知,在给定了角频率($\omega = 2\pi f$)的情况下能够计算出转动能,其中,在此既不将摩擦损耗以及涡流损耗,也不将电气侧(感应线圈中、整流器中、电阻器中等)的损耗考虑在内。

[0101] 一个同心度监控周期(即激活电子单元、检测所述若干代表加速度的量、检测其他代表加速度的量以及视情况检测转速、确定总加速度、确定是否存在同心度误差、以及发出信号以表明是否存在同心度误差)的时间需求特别是可介于一秒与两秒之间。为了覆盖这个时间段的能量需求,在主轴以及待旋转刀具提升至针对工件的常见加工转速过程中能够通过发电机单元产生的能量即已足够。如果能量在某些情形下不足(例如由于加工转速非常小),则可通过反复改变转速来生成额外的能量。据此,例如可以在相对较短的时间段(例如2至3秒)内将主轴加速至1000rev/min,且随后将主轴制动至500rev/min的加工转速,其中,在加速过程中以及在制动过程中能够产生能量。在一些变体方案中,所述监控模块还可包括流体通道,其以流体密封的方式在监控模块的两个沿旋转轴的轴线方向间隔开的外侧之间延伸。在一些变体方案中,所述发电机单元可以具有包含涡轮叶轮(其设置在该流体通道内)的涡轮单元,并且包括集成在涡轮单元中的发电机,其被配置成在流体流经涡轮叶轮的情况下产生电能。这样便能实现前文提及的处于压力下的介质(例如应用在机床中的冷却剂和/或润滑剂)的能量转换。其中,可以将主轴中的可用介质通过进入监控模块内部的流体通道和/或冷却剂管道引导至涡轮。

[0102] 介质的流过导致涡轮叶轮旋转,使得通过集成发电机感生电压,此电压又被输送至监控模块自身或其充当用电设备的组件,或者被储存在监控模块的储能器中。所述涡轮叶轮尤其可以是上述发电机单元(发电机)的第二部分。所述永磁体特别是可以安设在涡轮叶轮的下表面上,或者在该处置入此涡轮叶轮中。在此情形下,包含感应线圈的定子可以在监控模块中在涡轮叶轮下方固定地设置在电路板上。为了对这个能量产生形式的运作进行监控,当在监控模块中判断出即使在机床主轴正加速或负加速的情况下也未获得能量时,可以通过监控模块例如将错误输出至机床/同心度监控信号接口。

[0103] 由于所述传感器可以精确地设置在监控模块(的旋转轴)的(旋转)中心处,可能需要引导通常在冷却剂通道中央穿过的介质在传感器板旁经过。为此,在监控模块中可以设有分配器,其引导介质流在传感器板旁以及在传感器单元旁经过,并且同时能够为待旋转

的刀具供应介质。

[0104] 通过自行发电(自行产生能量),能够不间断地为监控模块供电。特别是在需要在工件的加工过程期间通过所述传感器单元或者通过所述另一传感器单元连续地记录数据并传输至外部评估单元(如同心度监控信号接口)或机床的情况下,上述方案尤其有利。在监控模块的一些变体方案中,所述传感器单元被配置成以时间上独立于正常运行(此时监控模块特别是与主轴一起旋转)的方式,在一个大体恒定的转速下或者在数个不同的大体恒定的转速下,在大体垂直于旋转轴的平面中检测代表加速度的初始量,其中,所述计算单元被配置成将所述代表加速度的初始量与对应的转速一起存储在监控模块的存储器中,以及/或者,所述通信单元被配置成将所述代表加速度的初始量优选与对应的转速一起传输至根据第四方面的机床/加工中心和/或传输至根据第五方面的同心度监控信号接口。特别是可以在校准运行(校准)中以独立于正常运行(其中机床能够对工件进行加工)的方式检测所述代表加速度的初始值。这个校准特别是可在以下条件下进行:机床、主轴、换刀装置、机床的工作腔、同心度监控信号接口和监控模块(传感器单元在此特别是尽可能正确地中心对准)处于无错误工作状态。在校准运行中特别是实现刀柄在主轴中的尽可能理想的面接触,其中,在主轴和刀柄的区域中无切屑或其他污物。这可视情况由制造商和/或由使用者加以监控。

[0105] 在安装时将传感器单元精确定位在中心处(即监控模块的旋转轴中)可能(首先因制造公差和安装公差而)极其复杂,因此,特别是可进行校准,其特别是可由制造商进行。同样由于存在一定的公差,也不能总是期望将监控模块精确地夹紧在主轴中心处(从而使得监控模块的旋转轴与主轴精确地同轴延伸)。这样便会产生传感器单元的“偏心”,在此情形下,传感器单元的惯性轴(例如z轴,无需是灵敏轴)(或者传感器单元的加速度传感器的惯性轴)特别是在上述公差距离内与监控模块的旋转轴间隔一定的径向距离,并且遵循上述介于监控模块的旋转轴与传感器单元的惯性轴之间的角度误差。这个偏心可能导致偏移值,其可能将原本的代表加速度的量歪曲。

[0106] 出于这个原因,可以在校准中测定所述偏移值作为代表加速度的初始量,并且在计算总加速度时将这些偏移值考虑在内。因此,校准是指对应监控模块的用于确定代表加速度的初始量的“学习过程”。校准可在校准模式中进行,在校准模式中为一个检验转速或者为数个检验转速测定代表加速度的初始量。其中,检验转速自身可如上文所述预设和/或测定。如果使用所述另一传感器单元来测定检验转速,则同样由制造商或者通过在已知转速下的校准过程对此转速测定进行校准。

[0107] 随后可以计算出所述代表加速度的初始量的与检验转速相关的函数。可以将这个与转速相关的函数存储在监控模块的存储器中,以及/或者将其传输至同心度监控信号接口。随后,校准所需的计算可由机床/同心度监控信号接口实施。

[0108] (类似于检测所述若干代表加速度的量)可在特定的评估时间内检测所述代表加速度的初始量,此评估时间特别是可以体现为主轴的特定转数(例如介于4转与100转之间)。在评估时间内,转速可以大体恒定,或者在转速的至高10%的范围内波动,以便尽可能准确地测定初始加速度量。其中,可以在达到所述转速时,即处于将主轴提升至对应转速的启动阶段以外时,才开始检测所述代表加速度的初始量。这也适用于测定所述若干代表加速度的量的情形。如果在大体相同的转速下已知所述代表加速度的初始量和所述若干代表

加速度的量,则能够将总加速度(最终得到的总加速度)作为这些量的函数加以测定。如同根据第六方面的方法,校准可至少部分地由不同的前述组件(如监控模块、同心度监控信号接口、机床)实施,以及/或者通过这些组件的共同协作实施。

[0109] 如果校准完全由监控模块自身实施,则监控模块能够向机床/同心度监控信号接口发出校准就绪信号。随后可对所述代表加速度的初始量进行检测、滤波和存储,其中,特别是可在在检测持续时间内稳定的转速下进行检测。如果为数个转速实施校准,则在检测期间还可测定相应的转速。随后可视情况改变转速,并且为改变后的转速重新对所述代表加速度的初始量进行滤波和测定。由此产生述及的转速相关的函数,或者(在以单独一个转速进行校准的情况下)由检验转速与初始加速度值构成的值对,其可存储在监控模块中。当这个流程完成时,监控模块能够像机床/同心度监控信号接口发出信号以表明校准完成。作为替代或补充方案,监控模块可以传输一个信号(I/O或者NI/O),以向机床/同心度监控信号接口表明校准过程成功完成或者表明出错。

[0110] 作为替代方案,对所述代表加速度的初始量的滤波和存储也可以在机床中/在同心度监控接口中进行。在此情形下,刀具模块也可视情况应机床/同心度监控信号接口的请求将校准就绪信号传输至这些组件。随后便可在在检测持续时间内稳定的转速下检测所述代表加速度的初始量。例如可将检测的值连续地传输至机床/同心度监控信号接口,直至达到检测持续时间。随后,在需要为数个转速实施校准的情况下,可以改变转速。随后在新设置的转速下检测和传输所述代表加速度的初始值,直至重新达到检测持续时间。当为所有检验转速检测并传输了初始加速度值时,例如可通过机床/同心度监控信号接口的信号结束校准。随后可在机床/同心度监控信号接口中对所述初始加速度值进行滤波,并将其与校准中的转速一起特别是作为初始加速度值的转速相关的函数存储。

[0111] 在所述监控模块的一些变体方案中,所述计算单元还可被配置成:在特定的、优选介于50ms与200ms之间的时间窗内,以数据包的形式对由所述传感器单元检测的若干代表加速度的量、以及/或者所述代表加速度的初始量、以及/或者由所述另一传感器单元检测的其他代表加速度的量、以及/或者监控模块在检测所述若干代表加速度的量期间的转速进行处理,其中,所述处理通过诸如信号滤波、求平均值的运算和/或针对每个时间窗测定频谱来进行,以及,在处理后将所述数据包传输至根据第四方面的机床/加工中心和/或根据第五方面的同心度监控信号接口。

[0112] 在此情形下可以采用连续传输过程数据的方案,其中将监控模块的传感器单元和/或其他单元(例如光敏单元)所检测的所有的量连续地传输至机床/同心度监控信号接口。这在以下情形下尤为重要:对嵌入有所述监控模块/机床/同心度监控模块的复杂制造过程进行监控和调节。特别是在要求高时间分辨率的情况下(例如当也需要基于传感器单元所检测的量实施振动测量时),或者在需要从监控模块同时传输大量检测的量的情况下,此连续传输可能需要高带宽。其中,监控模块与机床/同心度监控信号接口之间的无线数据传输可能是瓶颈所在,进而对数据传输造成限制。在这些情形下,可在监控模块中对传感器单元所检测的量进行部分评估,以便实现可靠并且完整的基于无线电的数据传输。在这个变体方案中,监控模块特别是可优选在工件的整个加工周期(或者至少是加工周期的利用对应的监控模块实施的部分)期间,连续地对待在运行中旋转的刀具的同心度进行监控。为此,机床/同心度监控信号接口能够视情况应请求等待监控模块的数据采集就绪信号。随

后,监控模块特别是能够连续地将所述若干代表加速度的量和所述其他代表加速度的量作为过程参数加以检测,并且在时间窗内或者在时间窗的末尾,将包含这些过程参数并且视情况包含其他过程参数(如冷却剂流量和/或冷却剂压力或者测定的振动)传输至机床/同心度监控信号接口。可将检测的过程参数和/或数据包暂存在监控模块的存储器中。

[0113] 在对数据包形式的过程数据进行处理(并非必需操作,但特别是对于诸如振动的复杂过程参数而言有意义)的过程中,例如可测定在时间窗范围内检测的量的RMS值。此外,数据包可包括在时间窗内出现的峰值,以及针对每个时间窗检测的量的通过FFT测定的频谱。据此,可针对每个时间单元,将包含在相应时间窗中测定的过程量的汇总的数据包传输至机床/同心度监控信号接口。

[0114] 在这些情形下,可以在机床中/在同心度监控信号接口中评估数据包以及确定转速、对过程参数或检测的加速度量进行滤波、测定加速度值、确定总加速度以及/或者将其与阈值进行比较。如果在同心度监控信号接口中进行评估,则同心度监控信号接口随后能够向机床发出信号,以表明监控模块是否存在同心度误差。

[0115] 在所述监控模块的一些变体方案中,所述通信单元还被配置成:当监控模块的缓存至少接近装满时,将由所述传感器单元检测的若干代表加速度的量、以及/或者所述代表加速度的初始量、以及/或者由所述另一传感器单元检测的其他代表加速度的量、以及/或者监控模块在检测所述若干代表加速度的量期间的转速、以及/或者所述数据包传输至根据第四方面的机床/加工中心和/或根据第五方面的同心度监控信号接口。

[0116] 例如特别是可以将这个变体方案与将针对每个时间窗检测的过程量传输至机床/同心度监控信号接口的变体方案(针对此变体方案描述的实施方案酌情适用)组合。其中,可首先将检测的过程量暂存在监控模块中,以及,一旦监控模块的存储器装满或者90%或80%或70%被占用,便立即开始传输过程量。可维持此传输,直至达到预设的检测持续时间,或者直至监控模块的存储器重新接近清空(例如仅30%或20%或10%被占用)或者完全清空。

[0117] 在所述监控模块的一些变体方案中,所述计算单元可被配置成:基于将所述代表加速度的初始量从对应的若干代表加速度的量中减去来确定所述总加速度。

[0118] (在并非根据第六方面的所有步骤均由监控模块实施的情况下)当然也可通过机床/同心度监控信号接口来进行这个确定总加速度的操作。

[0119] 据此,所述总加速度值可以是在将所述代表加速度的初始量(也作初始值 $a_{x_initial}$, $a_{y_initial}$)考虑在内的情况下最终得到的所述若干代表加速度的量(a_x , a_y)的值。如果在大体对应的转速下已知这些量,则可依据 $a_{ges}=a_{resultierend}=\sqrt{((a_x-a_{(x,initial)})^2+(a_y-a_{(y,initial)})^2)}$ 计算出总加速度(最终得到的总加速度)。当在本公开案的范围内提及“最终得到的总加速度”时,则表示在任何情况下均将初始值 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$ 考虑在内,而针对总加速度的表述 a_{ges} 既涵盖考虑到初始值的情况也涵盖不考虑初始值的情况。

[0120] 所述用于与总加速度进行比较以确定监控模块是否存在同心度误差的阈值尤其可以是:基于所述若干代表加速度的量与初始值的偏差的阈值。据此,这个阈值可以表示待旋转刀具的尚且允许的偏心度范围(即与理想的同心度有偏差,但尚不存在本公开案范围内的同心度误差)。据此,当总加速度超出该阈值时,监控模块便存在同心度误差(向机床/

同心度监控信号接口发出NIO信号)。其中,所述(转速相关的)阈值例如可作为数字值或作为模拟值以及例如作为 μm 值预设。

[0121] 在所述监控模块的一些变体方案中,所述计算单元可被配置成在存在同心度误差的情况下确定同心度误差的绝对值和/或同心度误差的方向。在此情形下,所述通信单元可被配置成将所述同心度误差的绝对值和/或方向传输至根据第四方面的机床/加工中心或者传输至根据第五方面的同心度监控信号接口。作为补充或替代方案,所述通信单元可被配置成:在监控模块(特别是与主轴一起)旋转期间,当存在同心度误差时,向根据第四方面的机床/加工中心和/或根据第五方面的同心度监控信号接口发出信号以表明存在同心度误差。

[0122] 借此特别是能够(优选在通过机床加工工件前)快速并且高效地向机床/同心度监控信号接口发出信号以表明监控模块存在同心度误差,以便通过机床迅速地采取应对措施。同心度误差的绝对值和同心度误差的方向例如可作为数字值(例如:110°下的30 μm)传输。其中,在将 $a_{\text{resultierend}}$ 和检测过程中的转速 n 考虑在内的情况下,依据 $r = a_{\text{resultierend}} / (4 * \pi^2 * n^2)$ 计算出同心度误差的绝对值 r 。在确定同心度误差的方向时,通过监控模块的计算单元确定最大同心度偏差的角度 α 。其中,在计算时区分方向矢量所处象限。可大体依据下表,在将 a_y 、 $a_{y_initial}$ 、 a_x 和 $a_{x_initial}$ 考虑在内的情况下,通过正切函数来确定最大同心度偏差的方向角 α 。

	$a_x - a_{x_initial}$	$a_y - a_{y_initial}$	象限	计算
[0123]	> 0	> 0	QI	$\alpha = \arctan((a_y - a_{y_initial}) / (a_x - a_{x_initial}))$
	= 0	> 0	-	$\alpha = 90^\circ$
	< 0	> 0	QII	$\alpha = \arctan((a_y - a_{y_initial}) / (a_x - a_{x_initial})) + 180^\circ$
[0124]	< 0	< 0	QIII	$\alpha = \arctan((a_y - a_{y_initial}) / (a_x - a_{x_initial})) + 180^\circ$
	= 0	< 0	-	$\alpha = 270^\circ$
	> 0	< 0	QIV	$\alpha = \arctan((a_y - a_{y_initial}) / (a_x - a_{x_initial})) + 360^\circ$

[0125] 在一些变体方案中,所述监控模块被配置成:在监控模块(特别是与主轴一起)通过机床/加工中心从主轴起始位置运动至工件加工位置的时间段内,检测所述若干代表加速度的量、检测所述其他代表加速度的量、确定总加速度、确定是否存在同心度误差、以及发出信号以表明是否存在同心度误差,且其中,这个时间段特别是小于5秒并且优选小于3秒。该时间段例如可介于一秒与两秒之间。因此,不同于许多其他触觉式同心度监控方法(或者采用激光测量系统的方法),能够以大体与主要时间并行的方式,即在待旋转的刀具逼近加工点期间,实施包含结果传输在内的整个同心度验证。在一些变体方案中,所述监控模块还包括至少一个天线单元,其包含至少一个天线和至少一个天线盖,其中,所述天线设置在监控模块内,并且(从旋转轴向外视之)所述天线盖将天线遮盖,其中,天线盖在旋转轴的轴线方向上的延伸长度大于天线。

[0126] 所述天线特别是可用于与机床/同心度监控信号接口进行无线数据传输和通信。

在所述天线单元中也可设有另一天线或者另外两个(视情况三个或三个以上)天线。作为替代方案,也可以设有两个、三个或三个以上的天线单元,其分别具有一个天线和一个天线盖。在一些变体方案中,可以不设天线盖。这样便能实现更佳的圆形辐射特性,并且特别是在监控模块快速旋转的情况下改善数据传输质量。

[0127] 所有前述方面的共同之处在于,特别是在通过具有监控模块的机床加工工件期间,能够检测出现的振动。为此,特别是可以对由所述传感器单元检测的若干代表加速度的量和/或由所述另一传感器单元检测的其他代表加速度的量进行分析。其中,特别是可对检测的量的、谐振分量的振动宽度(峰-峰值)、均方根值(RMS值)、以及谐振分量的RMS值进行分析。优选地,也可例如借助FFT来分析检测的量的频谱。

[0128] 如果所述传感器单元/所述另一传感器单元包括三轴加速度传感器,则可在所有三个轴线方向(X、Y和Z)上观察加速度量;就两轴加速度传感器而言,能够在两个轴线方向(X和Y)上观察加速度量。作为替代方案,也可基于沿所述三个或两个轴线方向中的单独一个轴线产生的加速度来分析振动。在这些情形下,特别是可观察产生最大加速度的轴线方向。

[0129] 对振动的分析可在监控模块中进行。在此情形下,当振动达到或超出定义的公差阈值时,监控模块将误差信号传输至机床/同心度监控信号接口。作为替代方案,可以仅将振动分析所基于的原始数据(即所述若干代表加速度的量和/或所述其他代表加速度的量)传输至机床/同心度监控信号接口,在该处对其进行评估并且与定义的公差阈值进行比较。如果超出公差阈值,则机床可以修改加工参数和/或停止加工,并且机床进入安全状态。通过在工件加工期间对振动以及其他过程参数进行测量和分析,除了监控同心度以外,特别是能够对整个切削过程、刀具的状态(磨损、刀具破损)和主轴轴承状态进行监控,从而在出现问题的情况下进行快速响应。

[0130] 据此,在一些变体方案中,所述监控模块的计算单元被配置成:在监控模块特别是与待旋转的刀具和/或与刀柄和/或与主轴一起旋转的情况下,对至少另一过程参数进行监控,其中,所述至少一个过程参数包括振动、温度、冷却剂压力、冷却剂流量、切削力和/或转矩。如果这些参数中的一者超出或者低于特定阈值,则监控模块将对应的错误以信号发送至同心度监控信号接口/机床。

[0131] 监控模块中的每一个均可为此额外地具有更多的传感机构。其中例如包括用于特别是在通过插入有监控模块的机床加工工件期间监控刀具温度的温度传感器。此外,在监控模块上/在监控模块中可以设有DMS传感器和/或压电传感器,以便测定在工件加工中出现的量,如力(例如切削力)和转矩。此外,监控模块可以与流量传感器对应。这样一来,例如能够连续地检验是否有足够的介质流经涡轮叶轮,从而借助涡轮单元产生能量。

[0132] 所述流量传感器可以包括设置在监控模块内的流量传感器单元。作为替代方案,可以通过涡轮叶轮的转速来测定介质流量。作为补充和/或替代方案,在监控模块中可以设有压力传感器,其测量流体通道/冷却剂管中的介质的压力。在存在压降的情况下,可以推断出介质流量不足,进而推断出在通过涡轮单元产能的过程中存在问题。在此情形下,同心度监控信号接口和机床可被配置成:接收由监控模块以信号发出的错误(就机床而言视情况通过同心度监控信号接口进行),并且采取相应的应对措施。

[0133] 为了进一步节能,在另一变体方案中,在“唤醒”之前,所述监控模块可以完全保持

在“深度睡眠”中。在此情形下,可以通过(分别)持续预定义的时间(序列)的预定义的转速(序列)来建立运行就绪状态,也可以借助输入设备通过手动激活来建立。这不同于已确立的无线电传输系统,就后者而言,终端设备定期地从深度睡眠中唤醒并且询问是否需要通信,或者定期地发送其状态。就在此提出的变体方案而言,监控模块仅能针对特定事件发送事件信号。接收单元通过确认信号来确认接收到信号,例如如在EP 2 208017A2中所描述的那样。该确认信号也可包含命令。这些命令可以包含在无线电传输中切换运行方式,使得监控单元不再发送事件信号,而是切换至双向数据传输。

[0134] 在一个变体方案中,可以通过转速级曲线来选择运行方式。在一个变体方案中,可以以例如在EP 2 208 017 A2中阐释的方式来在监控模块与接收基站之间建立通信。在一个变体方案中,通过训练或配对过程来使基站获知监控模块的存在。在一个变体方案中,监控模块实施训练过程,具体方式为,机床的主轴实施预定义的转速模式或者预定义的第一转速曲线。监控模块被配置成:例如借助其加速度传感机构或者通过评估发电机电压来识别所述曲线,并据此切换至“实施训练或配对过程”运行模式。借助更多预定义的转速曲线,能够通过监控模块实施更多功能,例如“实施校准过程”。在此情形下,监控模块自动记录校准值。在校准成功完成后发送确认信号。在一个变体方案中,将机床主轴的(i)转速、(ii)预定义转速(序列)的持续时间、(iii)从一个转速级改变至下一转速级的斜率、以及/或者(iv)从一个转速级改变至下一转速级的持续时间作为转速曲线的参数。特别是通过评估发电机电压来检测这些曲线的各参数。这种转速曲线的一个示例为:200rpm持续1秒,随后400rpm持续0.5秒,随后200rpm持续1秒。这种转速曲线的另一示例为:200rpm持续1秒,随后以0.5秒过渡至500rpm(变化斜率: $\Delta \text{upm} / \Delta t = 300 / 0.5 = 600$),随后500rpm持续0.5秒,随后以0.5秒过渡至300rpm(变化斜率: $\Delta \text{upm} / \Delta t = 200 / 0.5 = 400$),随后300rpm持续1秒。当然,该序列可以具有数个不同的、或长或短的转速级。这也适用于转速变化的持续时间。

[0135] 除了“实施训练或配对过程”、“实施校准过程”这些功能以外,也借助机床主轴的这类预定义转速或转速序列,将“产生唤醒信号”、“进入监控或测量模式”、“进入深度睡眠或待机模式”以及其他功能从机床的控制器传输至同心度监控系统。

[0136] 在一个变体方案中,所述同心度监控模块、所述同心度监控刀柄模块或者所述同心度监控刀具模块被配置成:当达到定义的转速时,才开始检测所述若干代表加速度的量、检测所述其他代表加速度的量、确定总加速度、确定是否存在同心度误差、或者发出信号以表明是否存在同心度误差,其中,在评估时间期间,主轴转速大体恒定,或者在至多10%转速的范围内变化。

[0137] 所述机床(或其控制器)、所述同心度监控信号接口和所述监控模块(即根据第一方面的同心度监控模块、根据第二方面的同心度监控刀柄模块和根据第三方面的同心度监控刀具模块)可以被一个同心度监控系统包括。这种同心度监控系统可以具有所有在上文结合各组件描述的特征。其中,所述同心度监控信号接口特别是可用作监控模块与机床之间的通信接口(机器接口)。其中,对由监控模块检测的量的评估可至少部分地在机器接口(同心度监控信号接口)中进行,或者,待从监控模块传输至机床的数据可仅由机床接口转发,以便在机床自身中实施对应的评估。其中,监控模块与机器接口之间的通信和数据传输特别是可以采用无线方式,并且优选是基于无线电的传输或者IR传输。机器接口与机床之间的通信和数据传输可以采用有线方式,并且例如借助I/O状态信号进行(当在机器接口中

进行评估时)。作为替代方案,可以在机器接口与机床之间通过数字总线系统(例如诸如Profibus、Profinet、Ethercat或Ethernet的现场总线系统)传输数据字(在待传输数据的数目较大的情况下,例如在连续的过程数据监控中)。申请人保留针对这种同心度监控系统主张独立权利要求的权利。

[0138] 通过上述方面提供用于改进对待在运行中旋转的刀具的同心度监控的模块化解决方案。其中,当在机床上已安装有特别是包含基于无线电的通信接口的测量系统时,不产生额外的安装成本。故改装较为容易,这(除却监控模块的基本结构以外)使得成本比传统的主轴集成的系统大幅降低;集成于主轴中的传感器的复杂结构以及在机床中的深度集成导致这些主轴集成的系统较为昂贵,并且改装涉及对机床结构的大幅干预。

[0139] 模块化也使灵活度提升,因为监控模块并不与机器绑定,而是可应用在各种机床中。这样便能视具体需要而定,以较小的花费将针对特定任务的刀具与同心度监控相结合。即使在调整整个生产线的情况下,也能将监控模块与其他切削刀具灵活组合。

[0140] 与触觉式同心度验证或者采用激光测量系统的同心度测量相比,根据上述方面的同心度监控能够更加快速地、并且特别是以至少近乎与主要时间并行的方式在刀具逼近加工点期间实施,因为所述同心度监控模块在非常短的时间内提供必要的测量结果。

[0141] 对于本领域技术人员而言显而易见的是,可以针对待在机床/加工中心中在运行中旋转的刀具,将上述方面及特征(特例是仅就监控模块描述的结构组件所涉及的特征)在监控模块中、在同心度监控信号接口中、在机床中、在同心度监控系统中以及/或者在同心度监控方法中任意组合。

附图说明

[0142] 从下文结合附图对非限制性实施例以及变体方案的描述,可得到进一步的目标、特征、用途和可能的变型。凡在说明书中述及或在附图中示出的单项特征或特征组合,均体现在此揭示的标的。在附图中示意性示出的组件的尺寸和比例在此并非按实际比例绘示。相同或者等效的组件是用同一附图标记表示。但凡在本公开案中述及取值范围,则范围上限和范围下限均被包含在该范围中。需要指出的是,本公开案中的所有计算以及附图中的数值展示均基于例如加速度传感器的数字输出值(作为原始数据)。作为替代方案,所有计算特别是可基于对应的加速度传感器的模拟输出值。如果在下文中结合特定附图对方法(子)步骤进行了描述,并且在另一附图中存在相同的方法(子)步骤,则除非另有说明,结合该特定附图所作的描述也适用于该另一附图。如果为装置的结构单元(监控模块等)使用到诸如“大体”或“大约”的表述,则“大体”或“大约”表述表示的是在相应制造方法的技术公差界限内产生的技术特性。

[0143] 图1根据特定实施例示出同心度监控模块。

[0144] 图2根据特定实施例示出同心度监控刀柄模块。

[0145] 图3根据特定实施例示出同心度监控刀具模块。

[0146] 图4根据特定实施例示出与监控模块协作的机床/加工中心。

[0147] 图5根据特定实施例示出与机床/加工中心、并且与监控模块协作的同心度监控信号接口。

[0148] 图6根据特定实施例示出同心度监控方法的流程图。

[0149] 图7根据特定实施例示出传感器板、板支架、针对板支架的调节构件、包含天线盖的天线、以及光敏单元在监控模块内的布局。

[0150] 图8根据特定实施例示出由监控模块的传感器单元在不同转速下检测的若干代表加速度的量。

[0151] 图9A示意性示出:如何根据特定实施例测定监控模块的同心度误差的绝对值和角度。

[0152] 图9B根据特定实施例针对传感器单元的不同位置示出随转速变化的总加速度。

[0153] 图10根据特定实施例示出随转速变化的代表加速度的量、代表加速度的初始量、总加速度和阈值。

[0154] 图11示出在监控模块水平对准的情况下以及在不同转速下,被叠加至由传感器单元检测的量的正弦信号。

[0155] 图12示出在监控模块水平对准的情况下以及在不同转速下,被叠加至由传感器单元检测的量的正弦信号。

[0156] 图13A根据特定实施例示出监控模块的流体通道以及其他可选组件的布局和技术方案。

[0157] 图13B根据特定实施例示意性示出传感器板和包含流体通道的传感器单元。

[0158] 图14根据特定实施例示出用于在监控模块中自行产生能量的涡轮单元。

[0159] 图15根据特定实施例示出用于在监控模块中自行产生能量的飞轮。

[0160] 图16根据特定实施例示出在监控模块中进行评估的校准过程的流程。

[0161] 图17根据特定实施例示出在同心度监控信号接口中/在机床中进行评估的校准过程的流程。

[0162] 图18根据特定实施例示出在单独一个检验转速下对待在运行中旋转的刀具进行同心度监控的检验流程,其中在监控模块中进行评估。

[0163] 图19根据特定实施例示出在数个检验转速下对待在运行中旋转的刀具进行同心度监控的检验流程,其中在监控模块中进行评估。

[0164] 图20根据特定实施例示出在数个检验转速下对待在运行中旋转的刀具进行同心度监控的流程,其中在同心度监控信号接口/机床中进行评估。

[0165] 图21根据特定实施例示出将过程数据连续地传输至同心度监控信号接口/机床的流程。

[0166] 图22根据特定实施例示出在通过I0信号与监控模块/同心度监控信号接口进行通信的情况下,机床上的流程。

具体实施方式

[0167] 图1示出同心度监控模块10(下文也称作监控模块10),其用于对待在运行中旋转的刀具WZG的同心度进行监控。同心度监控模块10包括大体旋转对称的空心体,在所述空心体中容置有同心度监控所需的所有供应单元、测量单元、计算单元和通信单元。

[0168] 刀具WZG是待在(用以加工工件的)运行中旋转的刀具WZG,其在此例示性地实施为铣刀。此外,在图1中示出刀柄WZGA和机床的主轴S,这些组件在同心度监控中与同心度监控模块10协作。在此,在主轴S外部示出刀柄WZGA,但是在为了监控刀具WZG的同心度而将同心

度监控模块10置入机床主轴S的情况下,所述刀柄也可已集成在主轴S中。在监控模块10与主轴S以及与用于加工工件的刀具WZG一起旋转的情况下,对监控模块10的同心度、且进而对刀具WZG的同心度(或由监控模块10、刀柄WZGA和刀具WZG构成的组合的同心度)进行监控。如果存在同心度误差,则表示:例如由于附着在主轴S中的切屑,特别是刀柄WZGA且进而同心度监控模块10在主轴S中的面接触或锥面接触有误。

[0169] 如在图1中以同心度监控模块10的剖视图示出的那样,同心度监控模块10具有大体呈圆柱形的主体,所述主体可以相对于其旋转轴20旋转对称。同心度监控模块10包括刀具接口12,其被构建成容置刀具WZG。在本示例中,刀具接口12包括容置部,其与刀具WZG的对应的对配件相互匹配(在图1中通过位于接口12与刀具WZG之间的双向箭头表示)。

[0170] 类似地,同心度监控模块10具有刀柄接口14,其与刀柄WZGA的对应的容置部相互匹配(在图1中通过位于接口14与刀柄WZGA之间的双向箭头表示)。亦即,通过接口12、14,(制造商或是操作人员)能够将同心度监控模块10与刀柄WZGA以及与刀具WZG耦合。当随后在安装完毕状态下将同心度监控模块10、刀柄WZGA和刀具WZG一起置入机床的主轴S(在图1中通过位于主轴S与刀柄WZGA之间的双向箭头表示)时,刀柄WZGA、同心度监控模块10和刀具WZG共同地围绕同心度监控模块10的旋转轴20旋转,以对工件进行加工。其中,转速由旋转的主轴S预设。

[0171] 在监控模块10内设有电子单元,其包括第一传感器单元16、可选的第二传感器单元B、计算单元22、通信单元24和供能单元V。如图1以从供能单元V通向对应组件的箭头示出的那样,功能单元V为第一传感器单元16、第二传感器单元B、计算单元22和通信单元24供应必要的能量,以便实施在本公开案中描述的、为了对刀具WZG进行同心度监控而必需的测量、计算和通信操作。

[0172] 在同心度监控模块10内,在计算单元22、第一传感器单元16、第二传感器单元B与通信单元24之间通过在图1中以虚线箭头示出的通信线进行通信,所述通信线在此示例性地实施为SPI总线。

[0173] 为了监控同心度监控模块10的同心度,进而监控刀具WZG的同心度,在同心度监控模块10围绕旋转轴20旋转期间(在加工工件前、在加工后和/或在加工期间),借助第一传感器单元16在旋转平面E中观察离心加速度。为此,第一传感器单元16包括一个两轴加速度传感器,其以在大体垂直与旋转轴20的x-y平面(旋转平面E)中检测加速度的方式设置在同心度监控模块10中。在图1中以穿过同心度监控模块10延伸的方式示出旋转平面E。

[0174] 为了实现这种加速度检测方式,第一传感器单元16以使得同心度监控模块10的旋转轴穿过传感器单元16延伸的方式设置在同心度监控模块10的旋转中心处。如图1所示,在理想情形下,旋转轴20与第一传感器单元16的加速度传感器的惯性轴18大体同轴延伸。由于传感器单元16的该惯性轴沿z方向设置,传感器单元16的其他惯性轴以大体与旋转轴20正交的方式沿x方向和沿y方向延伸,故可在平面E中测量加速度。在本示例中,传感器单元16仅具有两个灵敏的惯性轴,即沿x方向和沿y方向的惯性轴。在本示例中,第三惯性轴、即沿z方向的惯性轴并非灵敏轴(不沿此轴检测加速度),并且特别是用于使传感器单元16与旋转轴20精确对准。但在其他示例中,传感器单元16可以构建成也能在z方向上测量加速度。

[0175] 以下适用于离心加速度 a : $a = \omega^2 * r$,其中 $\omega = 2 * \pi * n$,因而 $a = 4 * \pi^2 * n^2 * r$,其中 $n =$

同心度监控模块10的转速(因而等于传感器单元16的转速),单位为1/s, ω = 角速度,并且 r = 传感器单元16与监控模块10的旋转轴20的径向距离。据此,作用于传感器单元16的离心加速度随主轴S的转速的提升而提升,其中,使用转速的平方。

[0176] 但如果传感器单元16的惯性轴与监控模块10的旋转轴20精确重合,并且旋转轴20还以与主轴S的旋转轴D(另见图4)同轴的方式延伸,则即使在主轴S的转速相对较高的情况下,离心加速度也为零,因为径向距离为零($r=0$)。在传感器单元16最优对准并且不存在同心度误差的情况下便是如此。

[0177] 但如果存在例如刀柄WZGA在主轴S中的夹紧误差(例如由于在将刀柄WZGA置入主轴S时有切屑卡入),则监控模块10以及传感器单元16相对于主轴S的旋转轴D错移。在此情形下,径向距离不再为零($r \neq 0$),故在旋转期间有离心加速度作用于传感器单元16。在此情形下,传感器单元16在旋转中检测若干代表x方向上的加速度和代表y方向上的加速度的量 a_x 、 a_y ,并且将这些量特别是以数字传感器值的形式传输至计算单元22,这些传感器值体现相应方向上的加速度的特征或能够在计算单元22中换算成相应方向上的加速度。随后基于所述若干在x方向和y方向上代表加速度的量 a_x 、 a_y ,通过计算单元22测定总加速度值 $a_{ges} = \sqrt{(a_x^2 + a_y^2)}$ 并与阈值进行比较。如果总加速度大于阈值,则监控模块10存在同心度误差。

[0178] 所述可选的另一传感器单元B例示性地实施为单轴加速度传感器,其灵敏轴以与旋转轴(20)正交的方式沿径向设置,并且所述单轴加速度传感器被配置成检测至少另一代表加速度的量(在下文中也称作另一加速度量)。但本发明并不局限于此。作为替代方案,所述可选的传感器单元B可以如第一传感器单元B那样实施,即实施为两轴加速度传感器,其被配置成在两个相互正交的方向上检测其他代表加速度的量(在下文中也称作其他加速度量)。所述另一传感器单元B可以实施为单轴或两轴加速度传感器,其测量另一个或另两个代表加速度的量,因此,在本公开案的范围,除非在相应位置另有说明或技术内容存在抵触,否则“另一代表加速度的量”与“其他代表加速度的量”表述具有相同含义。

[0179] 所述另一传感器单元B与旋转轴(20)间隔一定径向距离,并以一定方式设置在同心度监控模块10中,从而同样在垂直于监控模块的旋转轴20的平面E中检测所述另一/其他加速度量(即将其作为离心加速度检测)。根据这些其他加速度量,特别是能够测定在检测所述若干代表加速度的量 a_x 、 a_y 期间的转速,具体方式例如为,在角速度已知的情况下,基于公式 $a = 4 * \pi^2 * n^2 * r$ 通过转置成 n 计算出转速 n 。在转速发生改变的情况下,所述另一传感器单元B的偏心位置导致(所述(若干)代表加速度的量的)信号显著变化。就所述另一传感器单元B的半径位置(与旋转轴20的径向距离)而言,监控模块10、26、28的同心度误差仅引起非常小的半径变化,故同心度误差对转速测定的精度的影响可以忽略不计。

[0180] 图2示出同心度监控刀柄模块26(下文也称作监控模块26),其用于对待在运行中旋转的刀具WZG的同心度进行监控。同心度监控刀柄模块26包括大体旋转对称的空心体,其优选构建为空心圆柱体并且在其中容置有同心度监控所需的所有供应单元、测量单元、计算单元和通信单元。

[0181] 刀具WZG是待在(用以加工工件的)运行中旋转的刀具WZG,其在此例示性地实施为铣刀。此外,在图2中示出机床的主轴S(另见图4),其在此同心度监控中与同心度监控刀柄模块26协作。在同心度监控刀柄模块26与主轴S以及与用于加工工件的刀具WZG一起旋转的情

况下,对刀具WZG的同心度进行监控。如果刀具WZG存在同心度误差,则表示:同心度监控刀柄模块26在主轴S中的面接触例如因附着在主轴S中的切屑而有误。

[0182] 同心度监控刀柄模块26还包括刀柄WZGA,其用于将同心度监控刀柄模块26置入机床的主轴S。刀柄WZGA在此例示性地实施为空心锥柄(HSK)并且与同心度监控刀柄模块26固定耦合。

[0183] 除此以外,同心度监控刀柄模块26同样包括第一传感器单元16(具有沿z方向的非灵敏惯性轴18)、可选的第二传感器单元B、计算单元22和通信单元24这些组件。这些组件在同心度监控刀柄模块26中的功能与在同心度监控模块10中的功能相同,并且以相同的方式设置以及(为了实现通信和供能而)相互作用性连接,故就此而言参照对图1的叙述(包含对在平面E中观察离心加速度的叙述)。

[0184] 图3示出同心度监控刀具模块28(下文也称作监控模块28),其用于对待在运行中旋转的刀具WZG的同心度进行监控。同心度监控刀具模块28包括大体旋转对称的空心体,其优选构建为空心圆柱体并且在其中容置有同心度监控所需的所有供应单元、测量单元、计算单元和通信单元。

[0185] 刀具WZG是待在(用以加工工件的)运行中旋转的刀具WZG,其在此例示性地实施为铣刀。此外,在图3中示出机床的主轴S(另见图4),其在同心度监控中与同心度监控刀具模块28协作。在同心度监控刀具模块28与主轴S一起旋转以对工件进行加工的情况下,对刀具WZG的同心度进行监控。如果刀具WZG存在同心度误差,则表示:同心度监控刀具模块28在主轴S中的面接触例如因附着在主轴S中的切屑而有误。

[0186] 类似于如图2所示的同心度监控刀柄模块26,同心度监控刀具模块28还包括刀柄WZGA,其用于将同心度监控刀具模块28置入机床的主轴S。刀柄WZGA在此例示性地实施为空心锥柄(HSK)并且与同心度监控刀具模块28固定耦合。

[0187] 不同于如图1和图2所示的监控模块10和26,同心度监控刀具模块28包括刀具WZG。刀具WZG与同心度监控模块28是固定地相互耦合,并且被作为连同刀柄WZGA在内的完整单元置入主轴S。除此以外,同心度监控刀具模块28同样包括第一传感器单元16(具有沿z方向的非灵敏惯性轴18)、可选的第二传感器单元B、计算单元22和通信单元24这些组件。这些组件在同心度监控刀具模块28中的功能与在同心度监控模块10中的功能相同,并且以相同的方式设置以及(为了实现通信和供能而)相互作用性连接,故就此而言参照对图1的叙述(包含对在平面E中观察离心加速度的叙述)。

[0188] 参照图4对机床WZM进行说明,所述机床例示性地实施为多轴加工中心BA。借助机床WZM,以与监控模块10、26或28中的一者协作的方式,对待在运行中旋转的刀具WZG的同心度进行监控。结合同心度监控刀具模块28对图4中的示例进行阐释。但需要指出的是,同心度监控刀具模块28在此仅代表监控模块10、26、28中的一者,机床WZM能够以相同的方式与同心度监控模块10以及与同心度监控刀柄模块26在运行中协作。

[0189] 图4的机床WZM包括主主轴S,其能够在机床WZM的工作腔内例示性地沿三个正交的方向X、Y、Z运动以及围绕Z轴旋转。通常在通过机床WZM加工工件时,机床WZM的主轴S进行这种围绕旋转轴D(其在图4的绘图平面中沿z方向延伸)的旋转。

[0190] 此外,所述机床包括控制器32、通信单元30和换刀装置(在图中未示出),所述换刀装置被配置成至少容置监控模块10、26和28。这样一来,通过机床WZM的控制器32,在加工工

件前或在此之后,能够随时将监控模块10、26、28(监控模块10和26在此情形下特别是已与刀具WZG耦合)换入主轴S,以便特别是在后续加工步骤期间检验刀具WZG的同轴度。

[0191] 为此,机床WZM的控制器32还被配置成设置主轴S的转速。此外,控制器32被配置成控制通过通信单元30与监控模块28进行的通信。为此,机床WZM的通信单元30以有线方式与数据传输单元34进行通信。数据传输单元34通过无线电连接与监控模块28的通信单元24耦合,并且被配置和指定为:从监控模块28的通信单元24接收信号和数据,如 a_x 、 a_y 和其他在本公开案的范围内的量,并将其传输至机床WZM,更确切言之传输至机床的通信单元30。

[0192] 在图4未示出的一个替代性变体方案中,数据传输单元34的功能被机床WZM的通信单元30涵盖。故无需设有物理单元形式的数据传输单元34。在这些情形下,在机床WZM与监控模块28之间直接地、优选借助无线电信号或红外信号传输数据和信号。

[0193] 为了监控同轴度,监控模块28的传感器单元16如结合图1描述的那样检测所述若干代表加速度的量 a_x 、 a_y 。随后通过通信单元24将量 a_x 、 a_y (根据图4通过数据传输单元34和通过机床WZM的通信单元30)传输至机床WZM的计算单元32。计算单元32根据所述量 a_x 、 a_y 求得总加速度 a_{ges} ,以便随后将这个总加速度与阈值进行比较。如果总加速度 a_{ges} 高于阈值,则机床WZM确定监控模块28存在同轴度误差。

[0194] 图5示出包含通信单元36和计算单元38的同轴度监控信号接口SGS。同轴度监控信号接口SGS被配置成与机床WZM(例如图4中的机床)以及与监控模块10、26、28中的一者共同协作,以对待在运行中旋转的刀具WZG的同轴度进行监控。结合同轴度监控刀具模块28对图5中的示例进行阐释。但需要指出的是,同轴度监控刀具模块28在此仅代表监控模块中的一者,同轴度监控信号接口SGS能够以相同的方式与同轴度监控模块10以及与同轴度监控刀柄模块26在运行中协作。

[0195] 同轴度监控信号接口SGS的计算单元38被配置成控制通过通信单元36与监控模块28进行的通信。为此,同轴度监控信号接口SGS的通信单元36以有线方式与数据传输单元34进行通信。数据传输单元34通过无线电连接与监控模块28的通信单元24耦合,并且被配置和指定为:从监控模块28的通信单元24接收信号和数据,如 a_x 、 a_y 和其他在本公开案的范围内的量,并将其传输至同轴度监控信号接口SGS,更确切言之传输至同轴度监控信号接口的通信单元36。

[0196] 在图5未示出的一个替代性变体方案中,数据传输单元34的功能被同轴度监控信号接口SGS的通信单元36涵盖。故无需设有物理单元形式的数据传输单元34。在这些情形下,在同轴度监控信号接口与监控模块28之间直接地、优选借助无线电信号或红外信号传输数据和信号。

[0197] 此外,同轴度监控信号接口SGS的计算单元38被配置成控制通过通信单元36的有线通信接口与机床WZM进行的通信。在图5中以位于同轴度监控信号接口SGS的通信单元36与机床WZM的通信单元30之间的实线双向箭头示出这个在此例示性地实施为现场总线系统的“通信连接”。

[0198] 同轴度监控信号接口SGS被配置成通过通信单元36接收由监控模块28在平面E中检测的若干代表加速度的量 a_x 、 a_y 。同轴度监控信号接口SGS的计算单元38还被配置和指定为根据所述从监控模块28接收的量 a_x 、 a_y 确定总加速度 a_{ges} 。随后将总加速度 a_{ges} 与阈值

进行比较。如果总加速度 a_{ges} 高于阈值,则同心度监控信号接口SGS确定监控模块28存在同心度误差。

[0199] 同心度监控信号接口SGS的计算单元38还被配置和指定为:向机床WZM发出信号以表明是否存在同心度误差。此举通过同心度监控信号接口SGS的通信单元36与机床WZM的通信单元30之间的有线通信连接进行,借此,同心度监控信号接口SGS借助检验信号(I0/NIO)告知机床WZM是存在同心度误差(NIO)还是不存在同心度误差(I0)。

[0200] 结合图6描述针对在运行中在机床WZM中旋转的刀具的同心度监控方法。其中,所有方法步骤均可由结合图4描述的机床WZM实施。作为替代方案,所述方法步骤中的一部分可由监控模块10、26、28实施,以及/或者,所述方法步骤中的一部分可由同心度监控信号接口SGS实施。确定总加速度 a_{ges} 、将总加速度与阈值进行比较、以及确定是否存在同心度误差(在下文中也将这三个步骤称作“评估”)特别是既可由监控模块10、26、28,也可由同心度监控信号接口SGS,也可由机床WZM实施。

[0201] 如图6所示,所述同心度监控方法具有第一步骤(i),在该步骤中将待运行中旋转的监控模块10、26、28,或者将待运行中旋转的监控模块10、26和待旋转的刀具WZG自动插入机床WZM的主轴S。其中,特别是使得机床WZG的换刀装置逼近主轴S,从而将包含在换刀装置中的监控模块10、26、28换入主轴S。其中,如果涉及的是监控模块10或者监控模块26,则这些监控模块通常已与刀具WZG和刀柄WZGA耦合(监控模块10)或已与刀具耦合(监控模块26)。

[0202] 在第二步骤(ii)中,使得机床WZM的主轴S以预设的转速旋转。这个转速(也作检验转速)由机床(或机床的使用者)设置,并且当评估在监控模块10、26、28中或在同心度监控信号接口SGS中进行时,机床将此转速(视情况通过同心度监控信号接口SGS)传输至监控模块10、26、28或者直接传输至同心度监控信号接口SGS。

[0203] 在第三步骤(iii)中,在待旋转的监控模块10、26、28以预设转速旋转期间,在大体垂直于待旋转的监控模块10、26、28的旋转轴20的平面E中检测所述若干代表加速度的量 a_x 、 a_y 或者接收这些量。如结合图1描述的那样,特别是借助监控模块10、26、28中的一者来实施这个检测步骤。因此,就图1所作的对应叙述在此也适用。如果机床WZM或者同心度监控信号接口SGS实施所述同心度监控方法,则在第三步骤中将所述加速度量 a_x 、 a_y 作为原始数据从监控模块10、26、28传输至机床/同心度监控信号接口SGS,并在该处接收。

[0204] 随后在步骤(iv)至(vi)中实施上述评估,其中,在第四步骤(iv)中基于所述检测的若干代表加速度的量 a_x 、 a_y 确定总加速度 a_{ges} ,在第五步骤(v)中将总加速度 a_{ges} 与一个取决于待旋转的监控模块10、26、28在检测所述若干代表加速度的量 a_x 、 a_y 期间的转速的阈值进行比较,并且在第六步骤(vi)中,在总加速度 a_{ges} 大于所述阈值的情况下,确定待旋转的监控模块10、26、28和/或待旋转的刀具WZG存在同心度误差。

[0205] 特别是在在监控模块10、26、28中或者在同心度监控信号接口SGS中进行评估(步骤(iv)至(vi))的情况下,随后可实施可选的步骤(vii),在该步骤中,监控模块10、26、28或者同心度监控信号接口SGS通过描述的通信单元24和/或36(另见图5)向机床WZM发出信号,以表明监控模块10、26、28以及刀具WZG是否存在同心度误差。

[0206] 本公开案也涉及一种具有指令的计算机程序产品(在图中未示出),这些指令导致实施特别是结合图6描述的方法步骤(i)至(vi)、以及可选的方法步骤(vii)、以及下文描述

的其他步骤。其中,根据一个示例,所述计算机程序产品包括若干指令,这些指令导致(如结合图4描述的)机床实施所述同心度监控方法的方法步骤(i)至(vi)。根据另一示例,所述计算机程序产品包括若干指令,这些指令导致监控模块10、26、28实施所述同心度监控方法的方法步骤(iii)至(vi)。根据另一示例,所述计算机程序产品包括若干指令,这些指令导致同心度监控信号接口(SGS)实施所述同心度监控方法的方法步骤(iii)至(vi)。可以将这些不同的变体方案组合在单独一个计算机程序产品中。

[0207] 下面结合图7至图22描述监控模块10、26、28的其他可选特征和技术方案、所述同心度监控方法在检测和/或评估所述若干代表加速度的量 a_x 、 a_y 的过程中的其他方法(子)方面、以及其他与同心度监控相关的过程量。其中,就所述同心度监控方法的其他可选步骤描述的特征也适用于监控模块10、26、28,反之亦然。但凡在对图7至图22的描述中提及第一传感器单元16(具有沿z方向的惯性轴18)、第二传感器单元B、供能单元V、计算单元22或者通信单元24,则这些描述涉及任何监控模块10、26和28的组件。

[0208] 图7为在夹紧情况下,即在主轴S将监控模块10、26、28从换刀装置换入主轴前不久,监控模块10、26、28,刀柄WZGA以及机床WZM(另见图4)的主轴S的剖视图。在该剖视图中示出第一传感器单元16和所述可选的另一传感器单元B,其设置在传感器板40上。传感器板40在此例示性地通过竖直支柱与板支架42连接。板支架42浮动式支承监控模块10、26、28中,因此,在图7中未示出确切的悬挂方式。此外,在图7中示出两个螺纹销44,其用作针对浮动式悬挂的板支架42的调节构件并且直接压至板支架42上。此外,如图7所示,监控模块10、26、28包括两个可选的天线盖46以及两个可选的天线48(为清楚起见,附图标记46、48在图7中仅列出一次)。最后,监控模块10、26、28包括光敏单元PE,其具有位于监控模块10、26、28的外周上并且径向向外的光敏面50。

[0209] 天线48与天线盖46共同构成天线单元。其中,天线盖46在此例示性地直接设置在监控模块10、26、28的外周上,并且例如可包括独立于监控模块10、26、28的其余主体制造的主体,以及/或者构成监控模块10、26、28的由另一材料制成的分段。天线48是在监控模块10、26、28内设置在天线盖46与旋转轴20之间,其中,天线48的如图7所示的水平位置仅为示例,所述天线也可进一步朝向旋转轴20设置。在此,天线盖46沿旋转轴20的轴线方向的延伸度为天线48的四倍。在其他变体方案中,天线盖46沿旋转轴20的轴线方向的延伸度可为两倍至十倍,其中,所有整数中间值均作为其他可能的范围界限包含在内。因此,天线盖46将天线48与外部隔绝,从而对其进行保护,以免其受损、污染以及受冷却润滑剂影响。天线盖46可至少主要或完全地由非导电材料构成,以免对无线电波的传播造成负面影响。天线盖例如可由塑料、玻璃、陶瓷和/或灌封材料构成。

[0210] 通过螺纹销44,将浮动式悬挂的板支架42、以及将传感器单元16或者如本示例中那样将传感器单元的z惯性轴18直接设置在监控模块10、26、28的中心处。因此,螺纹销44用于传感器单元16的平衡。其中,使得传感器单元16或其z惯性轴以至少近乎与监控模块10、26、28的旋转轴20同轴的方式对准。较佳在制造监控模块10、26、28的过程中即已进行过这个定心操作。

[0211] 其他螺纹销45能够通过图7中未示出的、位于监控模块10、26、28的主体的周边上的径向螺纹孔置入监控模块,进而实现对传感器单元16的微调,这特别是也可由使用者执行。所述径向螺纹孔可被构建成容置大量不同重量的螺纹销45(在图7中,螺纹销45的不

同重量通过其不同尺寸表示),并且,所有这些螺纹销均能容置附加质量块。这样一来,针对每个监控模块10、26、28,均能根据使用的可选组件以及监控模块10、26、28(中)的由此产生的重量条件,抑或在更换刀具WZG后(这特别是涉及根据图1和图2的监控模块10和26)进行精确平衡。

[0212] 从图7还可看出,同样设置在传感器板40上的所述另一传感器单元B与传感器单元16间隔一定径向距离。其中,介于所述另一传感器单元B与传感器单元16之间的垂直于旋转轴20的距离约为监控模块10、26、28的半径的75%。但本公开案并不局限于此。所述距离也可介于3%与90%之间(其中所有整数中间值均作为其他可能的范围界限包含在内)。重要之处仅在于,所述另一传感器单元B不与旋转轴20同轴,因为在这个位置处不再能可靠地确定转速。

[0213] 参照图8结合实际测量数据更加详细地阐释为所述同心度监控使用的测量原理。其中,为了进行阐释,在两个图表中分别示出传感器单元16在x方向(ax,上图)和y方向(ay,下图)上的、在不同转速下随测得值的数目变化的(绝对)数字输出值。

[0214] 在如图8所示的测量过程中,监控模块10、26、28竖向设置于主轴S中,故监控模块10、26、28的旋转轴20遵循垂线,并且传感器单元16在垂直于该垂线的平面E中,即在监控模块10、26、28的水平旋转平面中检测所述若干代表加速度的量(传感器的输出值)。检验转速例如为500rpm、1000rpm、1500rpm和2000rpm,并且,图8中的图表的展示传感器单元16在这些检验转速下的输出值的对应区段是通过虚线垂线分隔开。在此,传感器单元16的例示性测量范围为 $\pm 2g$,传感器单元16的例示性分辨率(灵敏度)为每g 1024个数字值(对应于10位),并且(同样仅作示例的)扫描速率为0.5kHz。

[0215] 图8中的这些图表的区别特别是在于,在上图中显示的是传感器单元16在x方向上的输出值(ax),而下图显示的是传感器单元16在y方向上的输出值(ay)。此外,针对每个轴示出三个不同的曲线。其中,实线曲线展示的是在传感器单元16的z惯性轴18尽可能与监控模块10、26、28的旋转轴20同轴对准的情况下,传感器单元16的输出值。虚线曲线展示的是在z惯性轴18因监控模块10、26、28的倾斜/偏心而与旋转轴20间隔约 $10\mu\text{m}$ 径向距离的情况下,传感器单元16的输出值。最后,点划线曲线展示的是在z惯性轴18因监控模块10、26、28的倾斜/偏心而与旋转轴20间隔约 $30\mu\text{m}$ 径向距离的情况下,传感器单元16的输出值。

[0216] 从图8中的上图可以看出,传感器单元16在x方向上实际以与监控模块10、26、28的旋转轴20至少近乎同轴的方式设置,传感器16的制造过程中的公差,以及监控模块10、26、28的安装和制造公差已导致实现此方案较为困难。这样一来,即使转速增大,x方向上的加速度也不提升。据此,直至约2000rpm的转速为止,加速度值ax保持恒定,故无法测出有所提升的加速度ax。而图8中的上图中的虚线曲线和点划线曲线则展示了在传感器单元在x方向上与旋转轴20间隔 $10\mu\text{m}$ 或 $30\mu\text{m}$ 的情况下,加速度值ax的特性。在500rpm的转速下,在间隔 $10\mu\text{m}$ 以及 $30\mu\text{m}$ 的条件下,加速度值ax小幅变化。随后,尤其是在传感器单元16在x方向上的中心偏移为 $30\mu\text{m}$ 的情况下(点划线曲线),加速度值ax随着每次转速提升而大幅提升,使得在约2000rpm的转速下,ax值已高于2200,这对应于超过1g的附加加速度(在本示例中约为 1.3m/s^2)。如图8中的下图所示,在沿y方向的中心偏移为 $10\mu\text{m}$ (虚线曲线)以及 $30\mu\text{m}$ (点划线曲线)的情况下,在y方向上的加速度曲线的特性与x方向上的中心偏移测量近乎相同,故在此参照对图8中的上图的描述。图8中的下图中的实线曲线表示的是由传感器单元16检测的

在y方向上的加速度值。在约500rpm的相对较低的转速下,这些 a_y 值仍近乎恒定地接近零(2050的传感器值对应于约0g),而随着转速提升至约2000rpm,这些值提升至近2100,这对应于约 0.5m/s^2 。这是相对较小的加速度值,但其表示传感器单元16在测量过程中并非与旋转轴20精确同轴。

[0217] 在工件加工领域中的高精度应用中,正确的同心度格外重要,因此,可对这种因传感器单元16相对于旋转轴20的轻微径向偏移和/或角度偏移(其尚且处于对应的公差界限内)而造成的传感器单元16的“不平衡”进行补偿,例如通过校准实现。在这个校准中,借助安装在监控模块10、26、28中的传感器单元16测量代表加速度的初始量 a_x 、 a_y (在下文中也称作初始(加速度)量)。在检测所述代表加速度的初始量 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$ 时,原则上可以采用与检测所述若干代表加速度的量 a_x 、 a_y 时相同的方式(为此另见对图1的描述)。在检测完毕后,在此例示性地将初始量 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$ 与检测过程中的检验转速一起存储在监控模块10、26、28的存储器中。作为替代方案,可以将初始量 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$ 通过监控模块10、26、28的通信单元24传输至同心度监控信号接口和/或机床WZM,并在该处存储在本地存储器中。

[0218] 在主轴S已启动的情况下,即在检验转速大体恒定或者相对于预设检验转速的偏差不超过10%的情况下,以时间上独立于正常运行(在此期间在机床WZM中加工工件)的方式,为一个或数个检验转速实施校准。如果针对不同的转速实施数个校准,则由此产生初始量 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$ 的与转速相关的函数,其被存储在监控模块10、26、28和/或同心度监控信号接口SGS和/或机床WZM的存储器中。

[0219] 此外,在此例示性地在由制造商监控的理想条件下实施校准,其中,主轴S和监控模块10、26、28是洁净的,并且在这些组件的作用区中无切屑,故监控模块10、26、28理想地平贴在主轴S上。

[0220] 随后,在确定形式为偏移值的总加速度 a_{ges} 时将测定的初始量 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$ 考虑在内。作为最终得到的总加速度 $a_{resultierend}$,总加速度值 a_{ges} 的计算方式如下:

$$[0221] \quad a_{ges} = a_{resultierend} = \sqrt{((a_x - a_{x_initial}))^2 + (a_y - a_{y_initial})^2}$$

[0222] 图9A阐释了如何根据加速度分量 a_x 、 $a_{x_initial}$ 、 a_y 和 $a_{y_initial}$ 得出总加速度 $a_{resultierend}$,以及如何根据总加速度 $a_{resultierend}$,即在初始加速度值 $a_{x_initial}$ 和 $a_{y_initial}$ 考虑在内的情况下,确定同心度误差的绝对值 r 和角度。其中,在图9A中示出划分成四个象限的单位圆,旋转轴20以从主轴S朝向刀具WZG的视向穿过该单位圆的圆心延伸。

[0223] 在将检测所述加速度量的过程中的转速 n 考虑在内的情况下依据 $r = a_{resultierend} / (4 * \pi * 2 * n^2)$ 确定同心度误差的绝对值 r (单位: μm),而同心度误差的角度的绝对值与总加速度 $a_{resultierend}$ 的方向矢量所处于的象限相关。根据下表借助正切函数计算出同心度偏差的方向角 α 。

	ax - ax_initial	ay - ay_initial	象限	计算
	> 0	> 0	QI	$\alpha = \arctan((a_y - a_{(y_initial)}) / (a_x - a_{(x_initial)}))$
	= 0	> 0	-	$\alpha = 90^\circ$
[0224]	< 0	> 0	QII	$\alpha = \arctan((a_y - a_{(y_initial)}) / (a_x - a_{(x_initial)})) + 180^\circ$
	< 0	< 0	QIII	$\alpha = \arctan((a_y - a_{(y_initial)}) / (a_x - a_{(x_initial)})) + 180^\circ$
	= 0	< 0	-	$\alpha = 270^\circ$
	> 0	< 0	QIV	$\alpha = \arctan((a_y - a_{(y_initial)}) / (a_x - a_{(x_initial)})) + 360^\circ$

[0225] 在图9B中示出在传感器单元16的z惯性轴18相对于监控模块10、26、28的定位不同的情况下,随转速变化的经校准的传感器单元16的总加速度ages (作为输出值)。传感器单元16的例示性测量范围仍为±2g,传感器单元16的例示性分辨率(灵敏度)仍为每g 1024个数字值(对应于10位),并且(同样仍仅作示例的)扫描速率为0.5kHz。图9B所基于的所有计算均结合通过监控模块10、26、28/主轴S的八转求平均的量ax、ay、ax_initial和ay_initial实施。

[0226] 图9B的(自下而上的第一个)实线曲线示出当传感器单元16处于“偏心10μm”位置时的总加速度ages。图9B的(自下而上的第二个)虚线曲线示出当传感器单元16处于“偏心30μm”位置时的总加速度ages。图9B的(自下而上的第三个)点划线曲线示出当传感器单元16处于“中心10μm”位置时的总加速度ages。图9B的(自上而下的第一个)双点划线曲线示出当传感器单元16处于“中心10μm”位置时的总加速度ages。总加速度的计算结果汇总在下表中。

[0227]	转速	中心10μm	偏心10μm	中心30μm	偏心30μm
	500rpm	3	1	11	3
	1000rpm	14	3	50	6
	1500rpm	33	4	114	15
	2000rpm	60	8	206	26

[0228] 将该表格与图9B相结合可以看出,在“中心30μm”位置处,总加速度特别是在1500rpm的转速范围中提升至114的值,并且在2000rpm下提升至206,这大致对应于0.2g。

[0229] 从图9B还可看出,总加速度ages随转速的提升而提升,与传感器单元16的确切定位或中心偏移无关。因此,用于与总加速度ages进行比较以验证监控模块10、26、28是否存在同心度误差的阈值也并非静态阈值,而是随转速提升而提升的动态阈值。

[0230] 这在图10中示出,在该图中例示性地示出随监控模块10、26、28的转速变化的加速度量ax、ay、ax_initial、ay_initial、ages (对应于aresultierend) 以及阈值SW。其中,从图10还可看出,每当转速提升,所有这些量均提升。所述代表加速度的初始量ax_initial、ay_initial的加速度值均小于依据灵敏度方向对应的代表加速度的量ax、ay,这例如是因为与校准相比,在测量ax、ay的过程中,在监控模块10、26、28中的一者中,传感器单元16发生了一定程度的(较大幅度的)偏心/倾斜。然而,在所有转速下,计算出的总加速度ages(对应于

aresultierend) 均低于阈值SW,即处于可容许的范围内,故在评估中不存在同心度误差,监控模块10、26、28的同心度正常(I0)。如果在监控模块10、26、28中实施这种评估,则可将结果作为检验信号I0传输至机床WZM和/或同心度监控信号接口SGS。作为替代方案,可将被测变量 a_x 、 a_y 、 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$ 的原始数据传输至机床WZM和/或同心度监控信号接口SGS,并在该处进行评估。

[0231] 在测定 a_x 、 a_y 、 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$ 的过程中使用转速的平方,故重要之处在于,实施评估的组件已知测定这些量时的确切转速。为此,在本公开案的范围内提供数个方案。

[0232] 第一个方案在于,根据其他加速度量(或者另一加速度量)确定所述转速,所述加速度量由该另一传感器单元B在检测所述若干代表加速度的量 a_x 、 a_y 期间(以及在校准中在检测初始量 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$ 期间)测定。结合图1描述了通过该另一传感器单元B检测转速的原理,该处的叙述亦适用于此处。

[0233] 结合图11和图12阐释第二个方案,其中无需使用所述另一可选的传感器单元B来检测转速。其中,传感器单元16的测量范围为 $\pm 2g$,分辨率为每g 1024个数字值。扫描速率为1kHz。在如图11和图12所示的测量中,监控模块10、26、28采用水平定向。这样一来,由于在测量过程中作用于监控模块10、26、28的重力加速度,一个正弦信号被叠加至原本待测量的量(例如 a_x 、 a_y 、 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$)。

[0234] 图11示出这种信号叠加,其中在此示出在不同转速下,传感器单元16在x方向上的输出值(a_x)。类似地,图12示出这种信号叠加,其中在此示出在不同转速下,传感器单元16在y方向上的输出值(a_y)。被叠加至被测变量的正弦振动的振幅大致对应于重力加速度。在约1000rpm的转速下尤其是这样,因为在此情形下(参阅图11和图12)的振幅为约1000,这大致对应于约1g的重力加速度。从图11也可看出,正弦信号的平均值随转速的提升而增大。据此,在约1000rpm下,就数字传感器值而言,平均值为2075,而在约1500rpm下,平均值提升至2115的数字传感器值,在约2000rpm下,平均值提升至约2155的数字传感器值。

[0235] 此外从图11和图12还可看出,所述正弦信号的频率随转速的提升而改变。据此,频率与转速相关,频率尤其是与转速对应。因此,根据在监控模块10、26、28水平对准的情况下被叠加至原本的被测变量的正弦振动的频率,通过已知的计算方法便能推算出监控模块在检测原本的被测变量过程中的转速。

[0236] 另一确定检测加速度量 a_x 、 a_y 、 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$ 期间的转速的方案使用结合图7描述的具有光敏面50的光敏单元PE。其中涉及利用在检测期间产生的天然光图案进行的光学转速识别。这个光图案因监控模块10、26、28的旋转而产生,并且被监控模块10、26、28的计算单元22转换成在每一转中反复出现的电压图案。随后测定电压图案或基于的光图案的基频。这个基频对应于监控模块10、26、28的在通过传感器单元16检测加速度量 a_x 、 a_y 、 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$ 过程中的转速。在监控模块10、26、28的应用情形中的环境光不足的情况下,光敏单元PE是IR光电二极管。在此情形下不探测环境光,而是探测红外辐射,据此便能测定转速。这个红外辐射由机床WZM的针对红外线的发送及接收模块发射。其中,发送器包括IR-LED。

[0237] 最后,机床WZM也可通过其通信单元30将精确的检验转速(如通过控制器32为主轴S预设的转速)以信号形式提供给监控模块10、26、28和/或同心度监控信号接口SGS。此举尤

其适用于以下情况：在监控模块10、26、28中或者在同心度监控信号接口SGS中对同心度监控进行评估。

[0238] 图13A为具有可选的流体通道K的监控模块10、26、28的一个示例的剖视图。在图13A所额外示出的主轴S和刀柄WZGA组件的中心处也示出此流体通道。刀具WZG,尤其监控模块28的刀具也可具有这种流体通道。能够与监控模块10、26耦合的刀具WZG也可具有这种流体通道。通过这些流体通道,将在工件加工中所必需的冷却剂和/或润滑剂穿过主轴S、监控模块10、26、28和刀具WZG导引至加工点,从而例如避免刀具WZG和工件受损,并且改善加工结果。

[0239] 如果传感器单元16如本示例中那样至少近乎与监控模块10、26、28的旋转轴20同轴,则在根据图13A的示例中,冷却润滑剂流并非在监控模块10、26、28正中穿过。如图13A所示,流体通道FK最初居中地从监控模块10、26、28的面向主轴S的表面出发,并且在传感器单元16前不远处被冷却润滑剂分配器划分成流体通道FK的两个分段。这样便能在通过具有监控模块10、26、28的机床WZM加工工件的过程中,将冷却润滑剂导入流体通道FK的两个分段,借此使得冷却润滑剂围绕传感器单元16或使其在传感器单元16旁经过。其中,流体通道FK及其分段被构建成:不对从机床WZM至刀具WZG的冷却润滑剂流造成负面影响。

[0240] 在一个如图13B所示的替代性变体中,尽管传感器单元16(为清楚起见在图13B中仅示出其壳体)至少近乎与监控模块10、26、28的旋转轴20同轴,仍以处于监控模块10、26、28中央的方式导引冷却润滑剂流。为此,传感器板40和传感器单元16分别包括(在此例示性地呈圆形的)中央凹口。如图13B所示,这些中央凹口重叠,并且,监控模块10、26、28的旋转轴20穿过这些凹口的圆心延伸。所述凹口在监控模块10、26、28的运行中用作流体通道FK,因此,所述流体通道居中地穿过监控模块10、26、28延伸。在这个变体方案中,在传感器单元16内可以使用两个相互错开 90° 设置的单轴的加速度传感器Sensor X和Sensor Y。在此情形下,传感器单元16的中央凹口可以近乎与旋转轴20同轴并且包括两个加速度传感器SX、SY。其中,第一加速度传感器SX设置在y-z平面上,并且具有与y-z平面正交的灵敏轴。第二加速度传感器SY设置在x-z平面上,并且具有与x-z平面正交的灵敏轴。这样一来,即使传感器X、Y因居中延伸的流体通道而相互间隔一定距离,也能实施同心度监控。基于传感器X在YZ平面中的空间布局,在不存在倾斜的情况下,无离心加速度作用于该传感器。在沿X方向倾斜的情况下,根据转速和X方向上的同心度误差,一个切向加速度相应地起作用。这类似地适用于Y方向上的情形。如上所述,两个加速度由两个传感器依据绝对值和方向(矢量)按比例检测。通过评估该切向加速度,旋转不影响加速度值。

[0241] 在运行中需要为监控模块10、26、28供应电能。为此,在监控模块10、26、28中设有结合图1描述的供能单元V。这个供能单元V包括储能器,在最简单的情况下,这个储能器由可更换或可充电的电池或者蓄电池构成。结合图14和图15对用于在监控模块10、26、28中自行产生能量的方案进行描述。在这些情形下,供能单元V的储能器也可以包括容量相对较小的电池或者电容器,产生的能量被暂存于其中。为此需要发电机单元,例如用以将转动能转换成电能。随后通过整流电路将这个电能输送至储能器。可通过可选的电压调节器,将从储能器提取的能量调节至运行监控模块10、26、28所需的额定电压。

[0242] 图14示出涡轮单元TE在(以剖视图示出的)监控模块10、26、28的流体通道中的布局。所述涡轮单元充当用于自行发电的发电机单元。其中,通过涡轮叶轮52利用冷却(润滑)

剂流。具有永磁体54(在图14中例示性地示出两个永磁体)的涡轮叶轮52因这个冷却(润滑)剂流而旋转。涡轮叶轮52相对于电路板49旋转,在该电路板上,若干感应线圈56(例如三个相互错开 120° 设置的线圈,但在图14中为清楚起见仅标示出其中的两个线圈56)设置在线圈保持架中并且相互耦合。涡轮叶轮52与电路板49以一定方式相对彼此设置和对准,使得通过涡轮叶轮52与感性线圈56之间的相对旋转运动,在感应线圈56中感生电压,所述电压被存储在供能单元V的储能器中。

[0243] 图15示出飞轮驱动器在(以剖视图示出的)监控模块10、26、28中的布局。所述飞轮驱动器充当用于自行发电的发电机单元。其中,电路板51用作定子,故其直接与监控模块10、26、28耦合。根据其他示例,作为替代方案,电路板51可以间接地与监控模块10、26、28耦合。

[0244] 在根据图15的电路板51上设有包含感应线圈62的线圈保持架60。为了确保在高加工转速下的稳定性,线圈62(在线圈保持架60的对应凹部中)固定地与这个线圈保持架粘合(这也适用于结合图14描述的线圈56)。线圈62在此例示性地具有锰-锌-铁氧体芯部,并且通过电路板51相互耦合。

[0245] 以可通过数个滚珠轴承66(为清楚起见在图15中仅标示出一个附图标记66)旋转的方式设置在监控模块内部的飞轮64具有若干永磁体68(为清楚起见在图15中同样仅标示出一个附图标记68)。在主轴S以及监控模块10、26、28(正向或负向)加速的情况下,因飞轮64的转动惯量而在飞轮62与电路板51之间产生转速差。飞轮64与电路板51以一定方式相对彼此设置和对准,使得在监控模块10、26、28加速度的情况下通过飞轮64与感性线圈68之间的这个转速差在感应线圈68中感生电压,所述电压被存储在供能单元V的储能器中。

[0246] 结合图16至图22,对可通过监控模块10、26、28,通过同心度监控信号接口SGS和/或通过机床WZM实施的方法流程和子方法流程进行描述。其中,在先前的附图说明中未描述过的方法步骤特别是为针对同心度监控和/或针对校准的可选的方法步骤。这些可选的方法步骤特别是可以与结合图6描述的方法步骤,以及与其他在本公开案的范围内描述的方法步骤(特别是那些涉及校准的方法步骤)组合。

[0247] 在图16中示出针对一或数个检验转速进行校准的流程,用以在监控模块10、26、28中评估同心度。根据图16,在监控模块10、26、28中的校准过程开始后,向机床WZM和/或同心度监控信号接口SGS发出信号,以表明监控模块10、26、28针对初始量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$ 的检测就绪。在此情形下,监控模块10、26、28处于校准模式中。在主轴S旋转的情况下,例如通过机床WZM监控:预设的检验转速在检测期间是否稳定。检测的持续时间为主轴S的预设转数,在此例如为八转。但本公开案并不局限于这个针对检测持续时间(也作评估时间)的确切的转数。

[0248] 如果被监控的检验转速大幅偏离预设的检验转速,例如偏差大于10%,则不通过传感器单元16检测加速度量。在转速稳定的情况下,则为第一(或唯一)检验转速检测加速度值 $ax_initial$ 、 $ay_initial$ 。在后续步骤中,对由传感器单元16检测的初始量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$ 进行滤波。此外,根据上述变体方案中的一个来确定检测期间的确切的检验转速。为此,例如可通过所述另一传感器单元B来确定其他x方向上和/或y方向上的加速度量,随后同样可对这些加速度量进行滤波。随后,根据图16中的示例,求得量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$ 在转数(即检测持续时间)范围内的平均值。

[0249] 随后可改变(例如提升)检验转速。在图16中通过“改变转速”步骤的虚线边框表示这个步骤是可选的。随后如图16所示,为提升后的检验转速重新检测初始量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$ 。如果为所有检验转速检测了初始加速度量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$,则将初始量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$ (特别是其平均值)分别指定给检测期间的确切的检验转速,从而测定初始量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$ 的与检验转速相关的函数。随后将这个函数存储在监控模块10、26、28的存储器中,因此,当通过监控模块10、26、28监控刀具WZG的同心度时,可使用这个函数来计算总加速度 $ages$ 。为了退出校准模式,监控模块10、26、28向机床WZM和/或同心度监控信号接口SGS发出信号表明校准结束(“完成”)。

[0250] 在图17中示出针对一或数个检验转速进行校准的子流程,用以在机床WZM(参阅图4)中或者在同心度监控信号接口SGS(参阅图5)中评估在校准中检测的初始量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$ 。其中,一些步骤与图16中的步骤相同,故参照图16中的同样适用于图17的流程的步骤,而不再赘述。

[0251] 根据图17,机床WZM或者同心度监控信号接口SGS特别是能够利用监控模块10、26、28中的一者触发、即启动校准。在监控模块10、26、28发出“就绪”消息后,将在稳定转速下检测的初始量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$ 传输至机床WZM/同心度监控信号接口SGS。这一直持续,直至达到检测持续时间。随后停止初始量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$ 的传输,并且(在为数个检验转速进行校准的变体方案中)改变转速。在稳定转速下重新检测和传输初始量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$,直至再度达到检测持续时间。如果为所有检验转速执行了这个流程(在机床WZM/同心度监控信号接口SGS已针对所有预设检验转速接收了初始加速度量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$ 的情况下便是如此),则机床WZM/同心度监控信号接口SGS结束校准过程。

[0252] 图18示出在单独一个校验转速下在监控模块10、26、28中检验同心度的流程。其中,监控模块10、26、28与机床WZM的主轴S以及与刀具WZG一起旋转,例如用以加工工件。

[0253] 首先激活监控模块10、26、28。此举通过唤醒信号实现,其使得监控模块10、26、28从节能模式(待机模式)切换至监控模式(也作测量模式)。在本示例中,所述唤醒信号由机床WZM或者由同心度监控信号接口SGS传输至监控模块10、26、28。但本发明并不局限于此。在其他变体方案中,当x方向和/或y方向上的所述其他代表加速度的量超出唤醒阈值时,通过所述另一传感器单元B产生唤醒信号。此外,可以在功能单元V所产生的能量超出预设程度的情况下产生唤醒信号。在此情形下,当能够在监控模块10、26、28中自行发电时,才使监控模块10、26、28进入监控模式。除了激活以外,监控模块10、26、28还记录潜在的冲击事件,如撞击地面或者碰撞,并且将这些事件存储在监控模块10、26、28的存储器中。

[0254] 监控模块10、26、28在监控模式中检验在监控模块10、26、28上是否实际存在转速。如果不存在转速,则监控模块10、26、28切换回节能模式。而如果在监控模块10、26、28上实际存在转速,则监控模块留在监控模式中并且向机床WZM/同心度监控信号接口SGS发出信号以表明数据采集就绪(为此另见对图16的描述)。在主轴S旋转的情况下,例如通过机床WZM监控:预设的检验转速在检测期间是否稳定。检测的持续时间为主轴S的预设的X转数(参阅图18),在此例如为八转。但本公开案并不局限于这个针对检测持续时间的确切的转数。

[0255] 如果被监控的检验转速大幅偏离预设的检验转速,例如偏差大于10%,则不通过

传感器单元16检测加速度量。在转速稳定的情况下,则在检验转速下检测所述若干代表加速度的量 ax 、 ay 。随后对由传感器单元16检测的加速度量 ax 、 ay 进行滤波。此外,在检测和滤波前、在此之后或者在此期间(这也适用于本公开案的其他具有对应步骤的实施例),测定所述代表加速度的初始量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$,例如通过读入根据图16的校准中检测的初始量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$ 实现。确定总加速度 $ages$ 并将其与阈值 SW (另见图10)进行比较。如果总加速度低于阈值 SW ,则向机床WZM/同心度监控信号接口SGS发出信号表明不存在同心度误差(I0)。而若总加速度 $ages$ 等于或大于阈值 SW ,则向机床WZM/同心度监控信号接口SGS发出信号表明存在同心度误差(NI0)。随后将监控模块去激活,使得监控模块10、26、28重新切换至节能模式。在此,例示性地基于机床WZM/同心度监控信号接口SGS的对应信号进行去激活。作为替代方案,通常(即根据所有在此描述的示例)也可由监控模块10、26、28自动进行去激活,例如当在特定的时间段内完全未测定加速度量、进而表明监控模块10、26、28当前未被使用时。

[0256] 图19示出在数个校验转速下在监控模块10、26、28中检验同心度的流程。其中,监控模块10、26、28与机床WZM的主轴S以及与刀具WZG一起旋转,例如用以加工工件。

[0257] 图19的流程与图18的流程的区别仅在于,为数个检验转速检测加速度量 ax 、 ay ,对所述加速度量进行滤波,检测初始量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$,确定总加速度 $ages$,以及将总加速度与阈值 SW 进行比较。因此,一些步骤与图18中的步骤相同,故参照图18中的同样适用于图19的流程的步骤,而不再赘述。

[0258] 不同于图18,根据图19,针对每个检测流程(检测加速度量等),根据上述方案中的一个确定在检测所述若干代表加速度的量 ax 、 ay 期间的确切的检验转速 n 。在各检测流程之间改变(例如提升)检验转速。在提升检验转速后,重新为提升后的转速检测所述若干代表加速度的量 ax 、 ay ,检测确切的检验转速,对加速度量 ax 、 ay 进行滤波,测定初始加速度量 $ax_initial$ 、 $ay_initial$,确定总加速度 $ages$ 以及将其与阈值 SW 进行比较,直至为所有检验转速检测了加速度量 ax 、 ay 。

[0259] 可以在向机床WZM/同心度监控信号接口SGS发出信号表明是否存在同心度误差前,提升检验转速。换言之,例如可以借助单独一个数据包向机床WZM/同心度监控信号接口SGS表明:在检验转速中的一者下存在同心度误差(NI0),或者不存在同心度误差(I0)。作为替代方案,可以针对每个检验转速单独地将这些结果传输至机床WZM/同心度监控信号接口SGS。

[0260] 图20示出在单独一个检验转速下以及在不同的检验转速下,在机床WZM(参阅图4)中或者在同心度监控信号接口SGS(参阅图5)中检验刀具WZG的同心度的流程。其中,监控模块10、26、28中的一者与机床WZM的主轴S以及与刀具WZG一起旋转,例如用以加工工件。

[0261] 在通过机床WZM/同心度监控信号接口SGS启动同心度验证后,等待监控模块10、26、28发出针对加速度测量的就绪信号。随后(例如如结合图19描述的那样)检测所述若干代表加速度的量 ax 、 ay (在图20中未示出)。通过机床WZM/同心度监控信号接口SGS或是(如图20所示)连续地接收,或是当监控模块10、26、28中的检测完成时接收这些加速度量 ax 、 ay ,并将其存储在机床WZM/同心度监控信号接口SGS的存储器中。一旦接收到所有检测的加速度量 ax 、 ay 以及视情况接收到附属的检验转速,便立即在机床WZM/同心度监控信号接口SGS中开始评估。其中,确定检测期间的(若干)检验转速,并且对所述若干代表加速度的量

a_x 、 a_y 进行滤波。此外,例如以从机床WZM/同心度监控信号接口SGS的存储器读取的方式,测定所述代表加速度的初始量 $a_{x_initial}$ 、 $a_{y_initial}$ (在有数个检验转速的情况下形式为与检验转速相关的函数)。为每个检验转速确定总加速度 a_{ges} ,并且与取决于检验转速的阈值 SW 进行比较。如果在同心度监控信号接口SGS中进行此评估,则同心度监控信号接口随后能够向机床WZM发出信号,以表明刀具WZG存在同心度误差(NIO)还是不存在同心度误差(IO)。当在机床WZM中进行评估时,则无需进行这个在图20中以虚线边框表示的可选步骤。随后,机床WZM/同心度监控信号接口SGS获知刀具WZG在对应检验转速下的同心度特性,并且机床WZM/同心度监控信号接口SGS中的同心度检验结束。

[0262] 图21示出在机床WZG(参阅图4)中或者在同心度监控信号接口SGS(参阅图5)中检验刀具WZG的同心度的子流程。其中,监控模块10、26、28中的一者与机床WZM的主轴S以及与刀具WZG一起旋转,例如用以加工工件。就监控模块10、26、28的激活和去激活,将“就绪”状态传输至机床/同心度监控信号接口(在图21中以缩写WZM/SGS表示),以及检验转速在检测期间的稳定性这些步骤而言,详细叙述例如参照针对图18的对应描述,其在此同样适用。

[0263] 图21中的流程是一个变体方案,在其中将被测变量连续地传输至机床WZM/同心度监控信号接口SGS。在图20中的流程后,可对传输的被测变量进行评估(在图21中未示出)。

[0264] 在就转速是否稳定进行监控期间,通过监控模块10、26、28中的一者的传感器单元16检测若干代表加速度的量 a_x 、 a_y ,并将其连续地传输至机床WZM/同心度监控信号接口SGS。此举可如图21所示紧随对各加速度量 a_x 、 a_y 的检测进行。可选地(通过图21的步骤的虚线边框表示,在此步骤中检验模块存储器是否已满),也可将加速度量 a_x 、 a_y 一直存储在监控模块10、26、28中的存储器中,直至这个存储器至少接近装满,或者直至达到定义的数据量。作为替代方案,可以将通过持续时间定义的包含所述数个加速度量 a_x 、 a_y 的数据包暂存在模块存储器中,并且在这个持续时间结束后将数据包传输至机床WZM/同心度监控信号接口SGS。如果达到检测持续时间,则检测的加速度量 a_x 、 a_y 的传输结束。在这个变体方案中连续地对加速度量 a_x 、 a_y 进行监控,因此,检测持续时间例如可以是工件的整个加工周期或者至少是其一部分,特别是当使用相同的监控模块10、26、28和相同的刀具WZG实施这个(部分)加工周期时。作为替代方案,所述检测持续时间可以根据一或数个待通过刀具WZG实施的加工步骤(钻削、铣削等)的持续时间调整。特别是在检测持续时间已知的情况下,模块存储器可以具备一定规格,从而能够将将在检测持续时间期间检测的所有值容纳。根据图21的这个变体方案的能耗较高,因此,监控模块10、26、28特别是可以配备结合图14或图15描述的用于自行产生能量的发电机单元。

[0265] 图22示出从机床WZM的角度视之的、在监控模块10、26、28中的一者中或者在同心度监控信号接口SGS中对刀具WZG进行同心度检验(评估)的子流程。其中,监控模块10、26、28中的一者与机床WZM的主轴S以及与刀具WZG一起旋转,例如用以加工工件。

[0266] 首先,机床WZM使得监控模块10、26、28被换入机床WZM的主轴S,并且使得主轴S以要求的检测转速旋转(对此另见对图6的步骤(i)和(ii)的描述)。随后等待,直至监控模块10、26、28通过信号表明其针对数据采集就绪。针对此步骤的详细叙述例如参照针对图18的、在此同样适用的描述。当监控模块10、26、28就绪时,通过监控模块10、26、28检索所述若干代表加速度的量 a_x 、 a_y 。可如图18和图19所示在监控模块10、26、28中,或者如图20所示在同心度监控信号接口SGS中实施评估(在图22中未示出)。

[0267] 机床WZM一直等待,直至存在有关刀具WZG的同心度误差的信息。将这些信息从实施评估的单元,即从监控模块10、26、28或者同心度监控信号接口SGS传输至机床WZM。如果刀具WZG存在同心度误差(NIO),则机床WZM使得监控模块10、26、28从主轴S换出,并且用加压气流吹扫来加以清洁(在图22中未示出这些步骤)。随后,机床WZM使得监控模块10、26、28被重新换入主轴,并且再度等待,直至存在有关刀具WZG的同心度误差(根据所述变体方案中的一个重新检验同心度)的信息(在图22中也未示出这个步骤)。如果仍存在同心度误差,则机床WZM首先阻止工件加工,例如以免生产更多尺寸不精确的工件(次品)。此外使得主轴S停止旋转,从而使机床WZM和安装有刀具WZG的监控模块10、26、28进入安全状态。此外,例如在机床WZM的显示器上显示错误,以及/或者以声学方式输出一个误差信号。这三个步骤可大体同步进行。如果不存在同心度误差(NIO),则机床WZM释放工件加工。

[0268] 随后,当然可以使用安装有刀具WZG的监控模块10、26、28,机床WZM和/或同心度监控信号接口,视情况在由所述计算机程序产品引发的情况下,重新实施在本公开案的范围内描述的用于校准和/或用于验证同心度等目的(子)方法中的一个。

[0269] 可以理解的是,前述例示性实施方式和变体方案并不详尽,并且不对在此公开的标的构成限制。对于本领域技术人员而言尤其显而易见的是,在不偏离在此公开的标的前提下,可以将不同实施方式和变体方案的特征相互组合,以及/或者将实施方式和变体方案的不同特征略去。

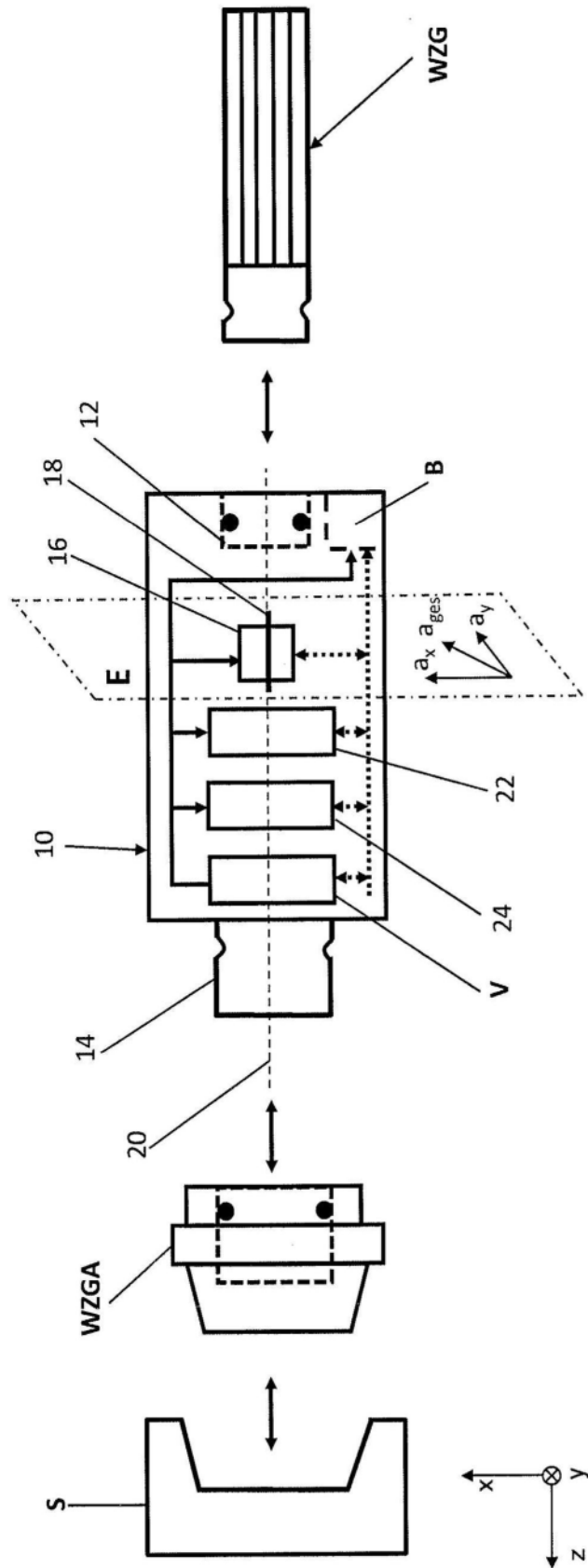


图1

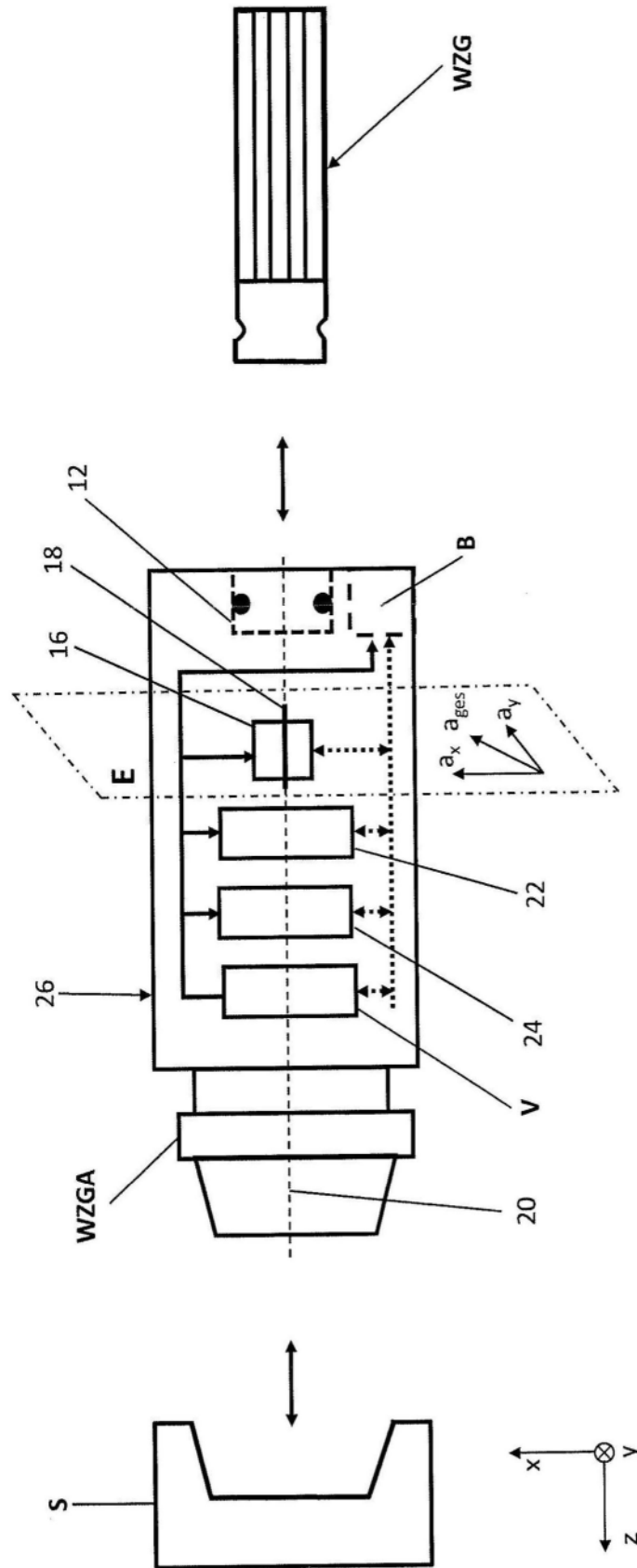


图2

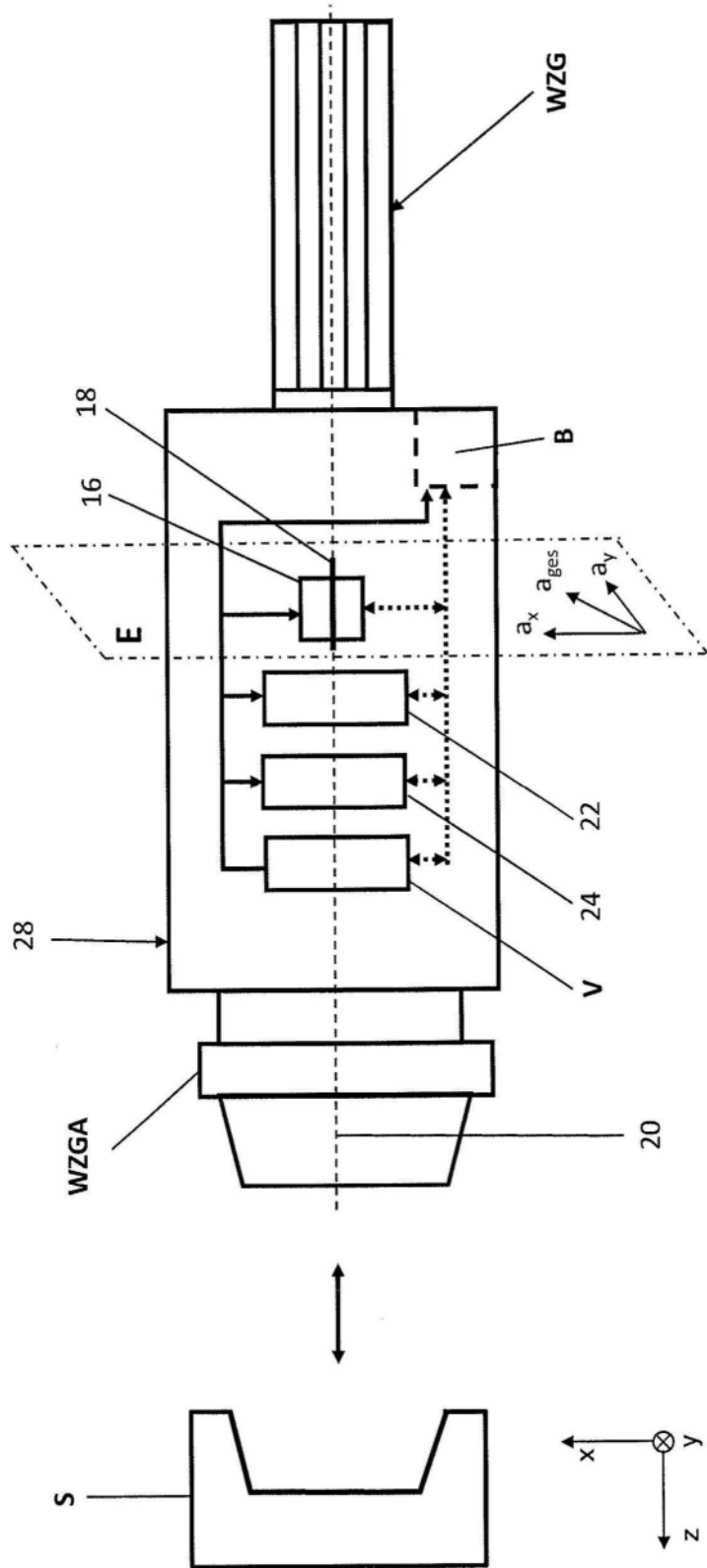


图3

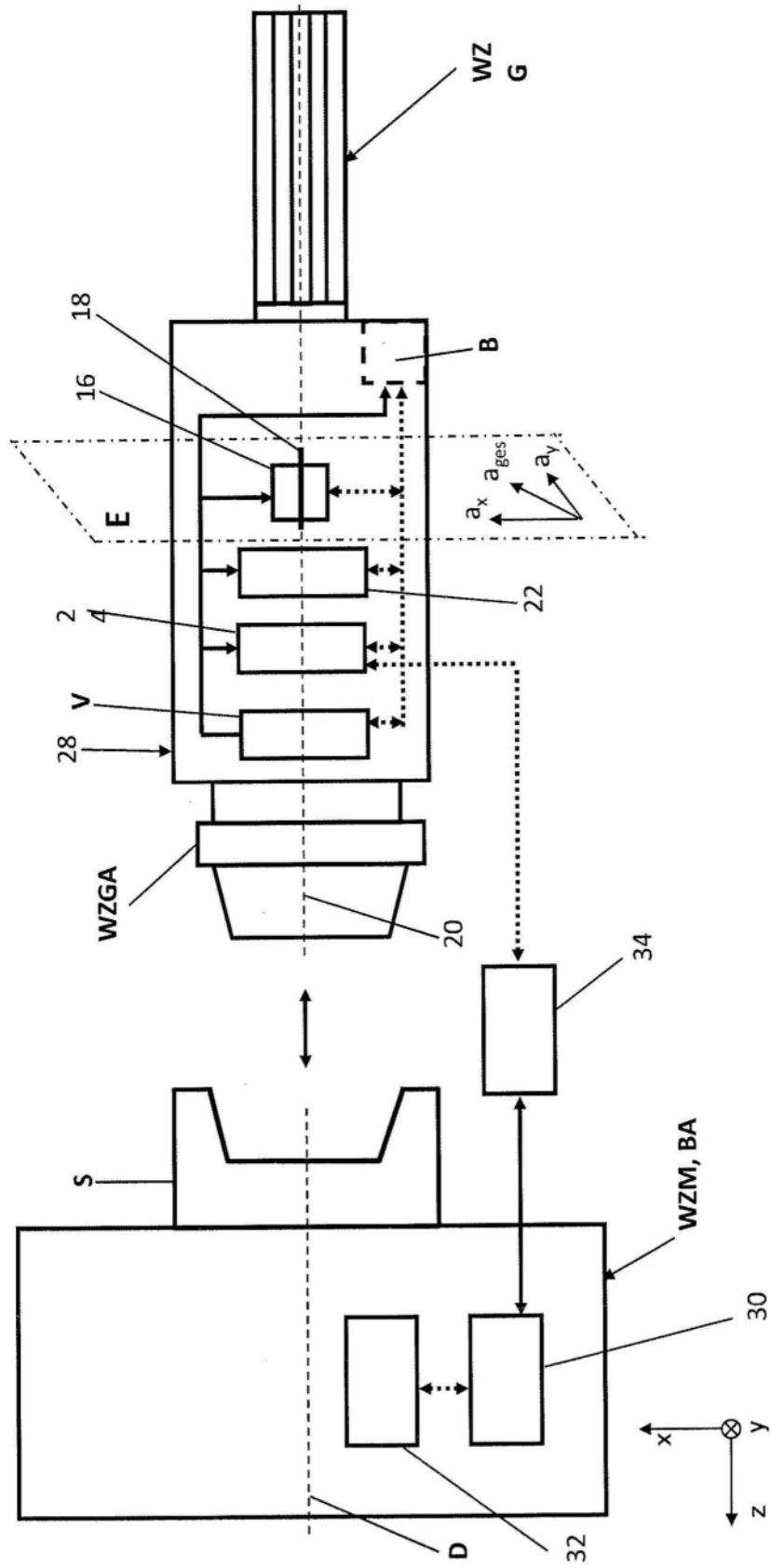


图4

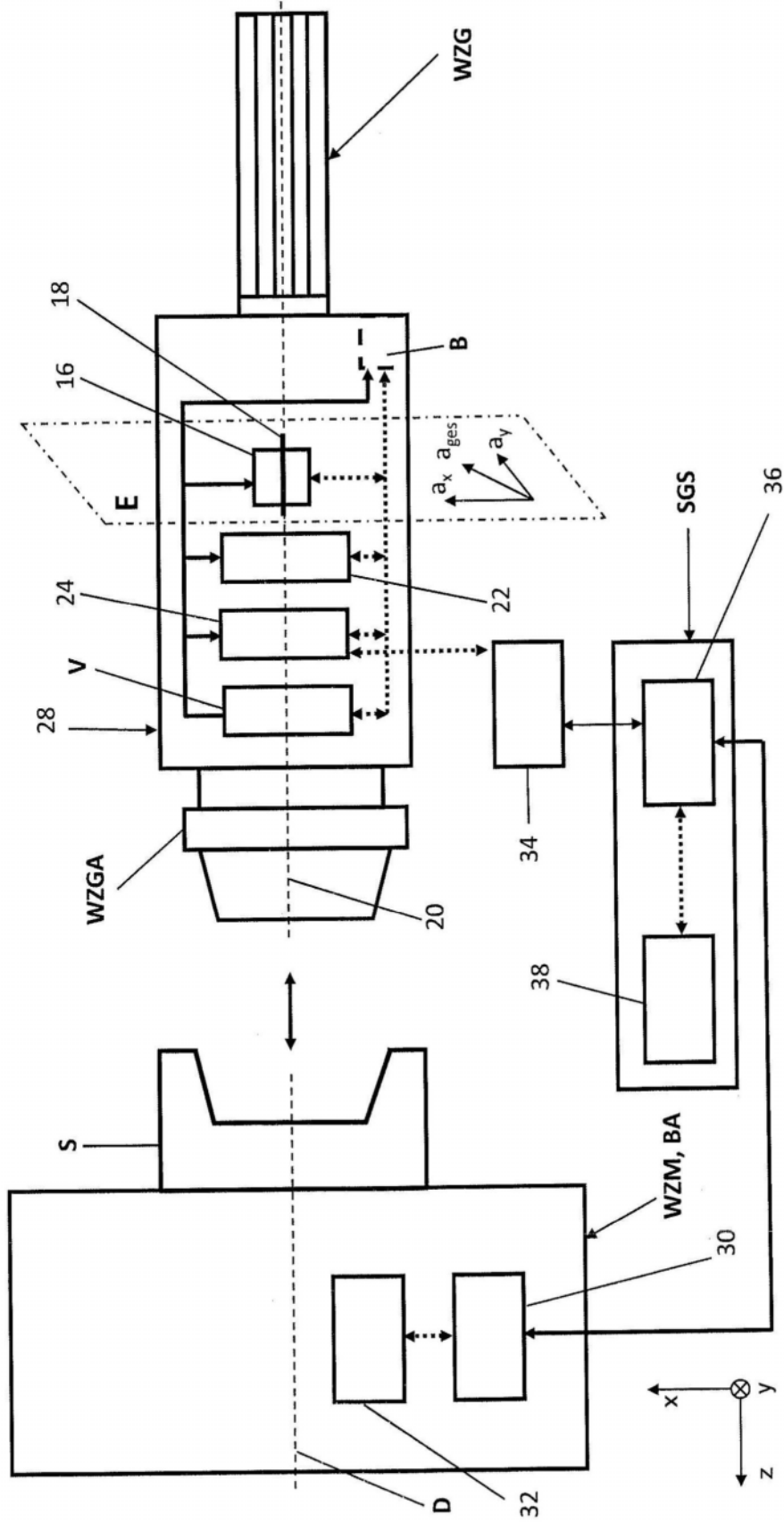


图5

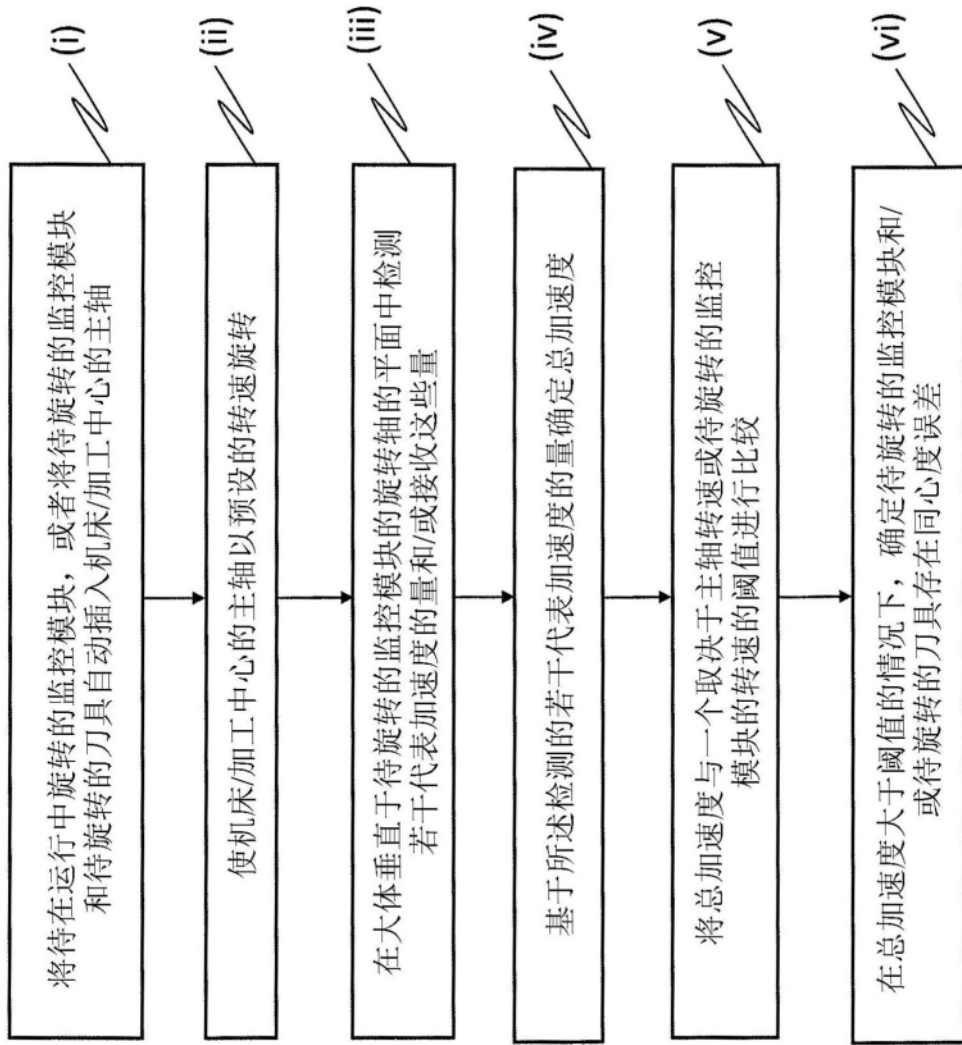


图6

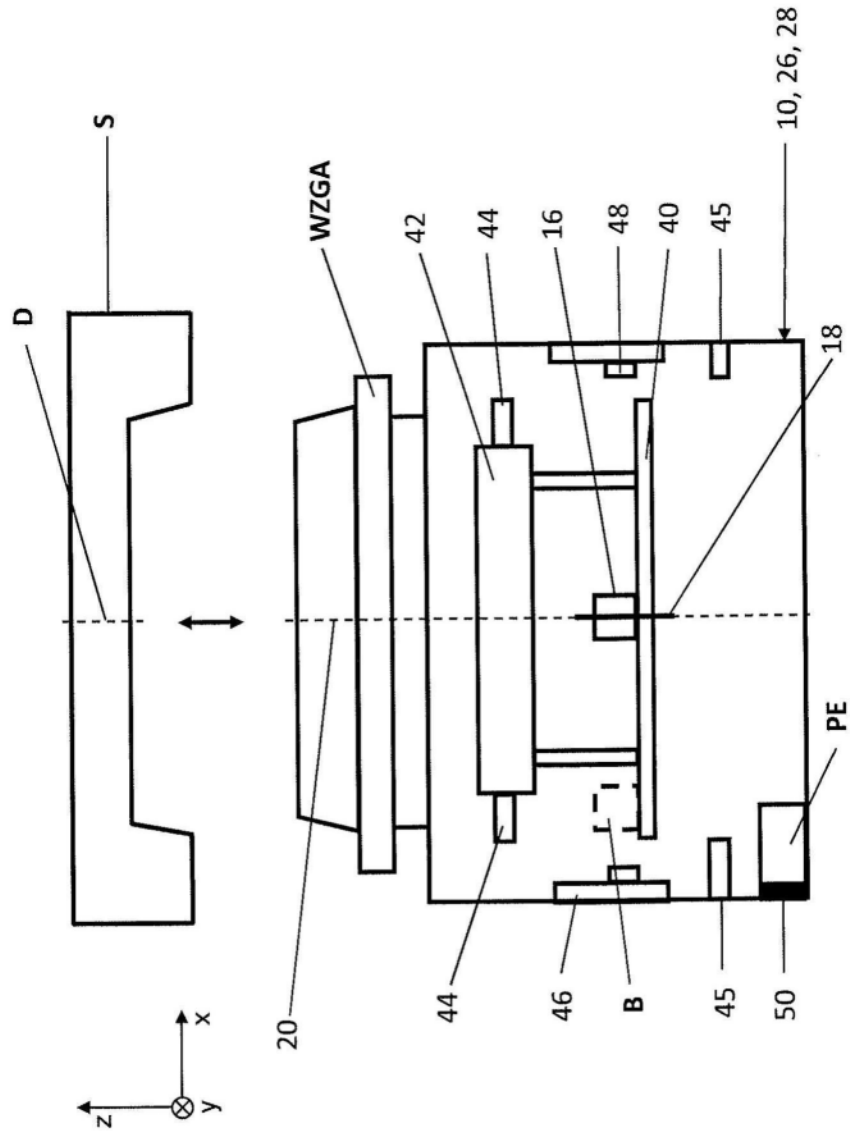


图7

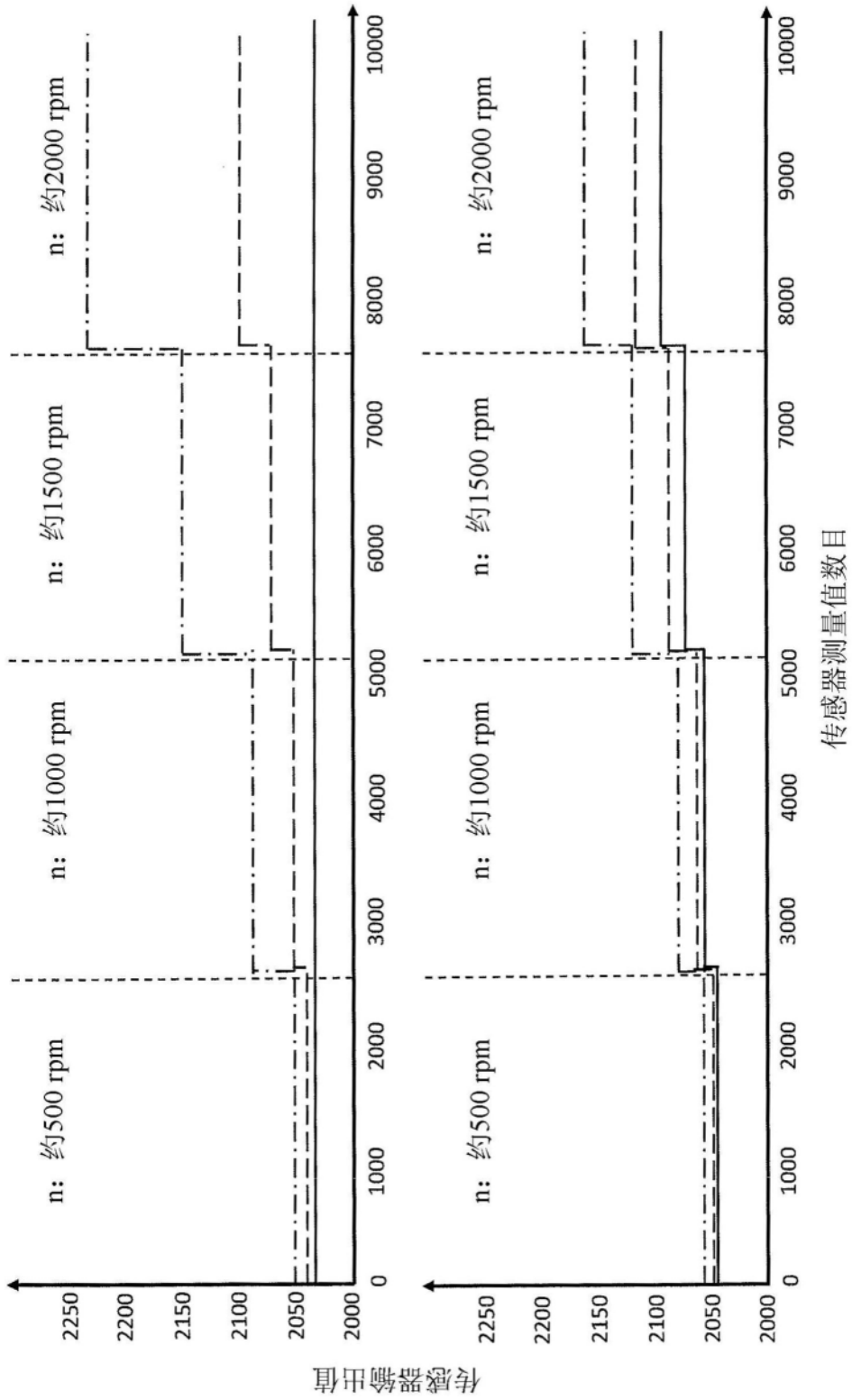


图8

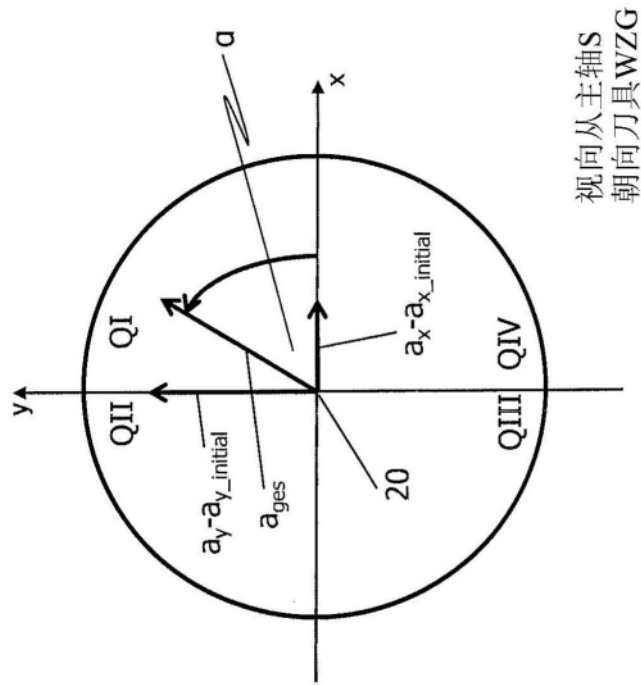


图9A

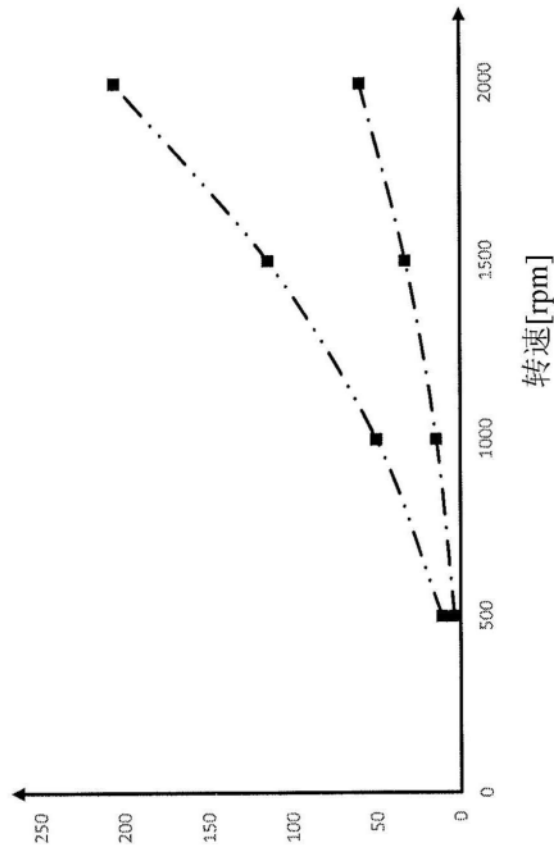


图9B

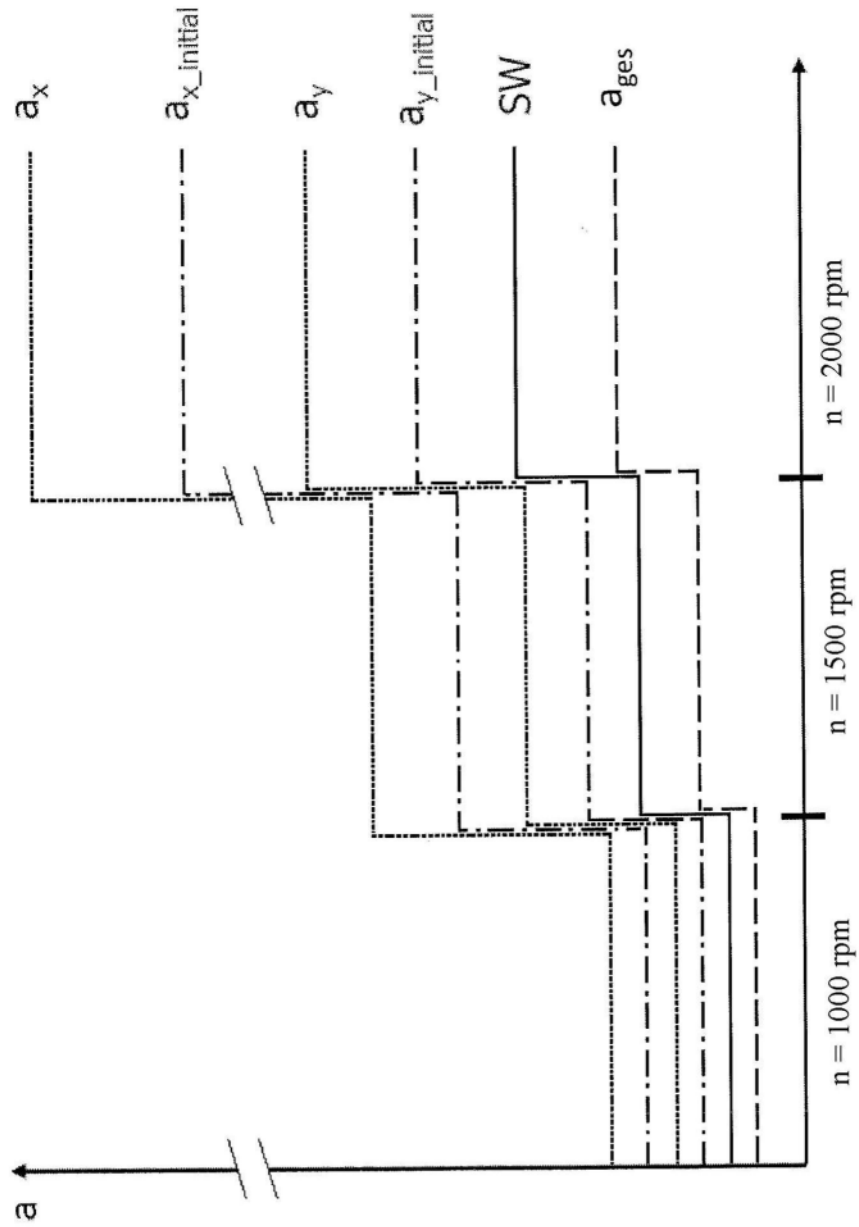


图10

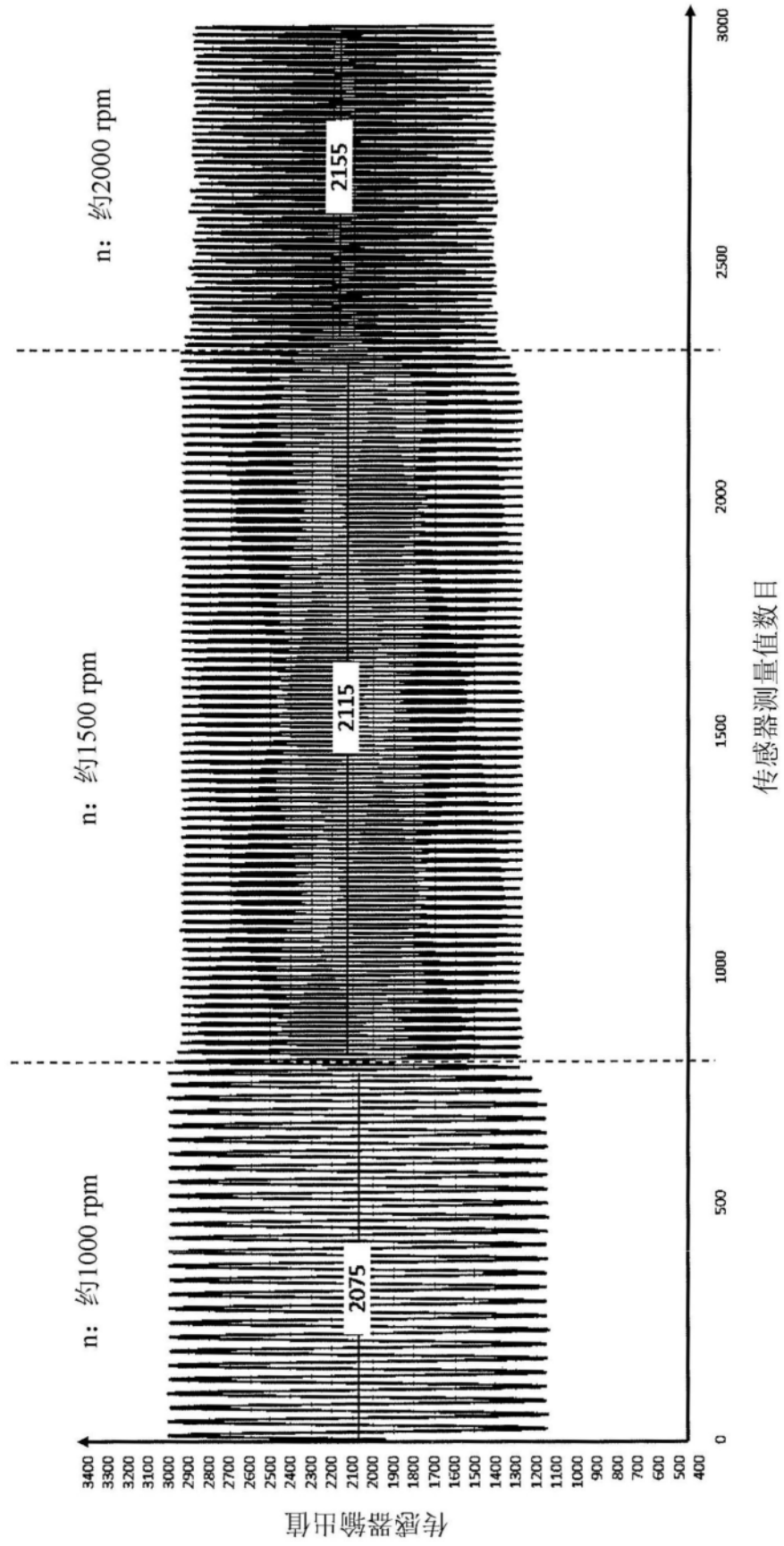


图11

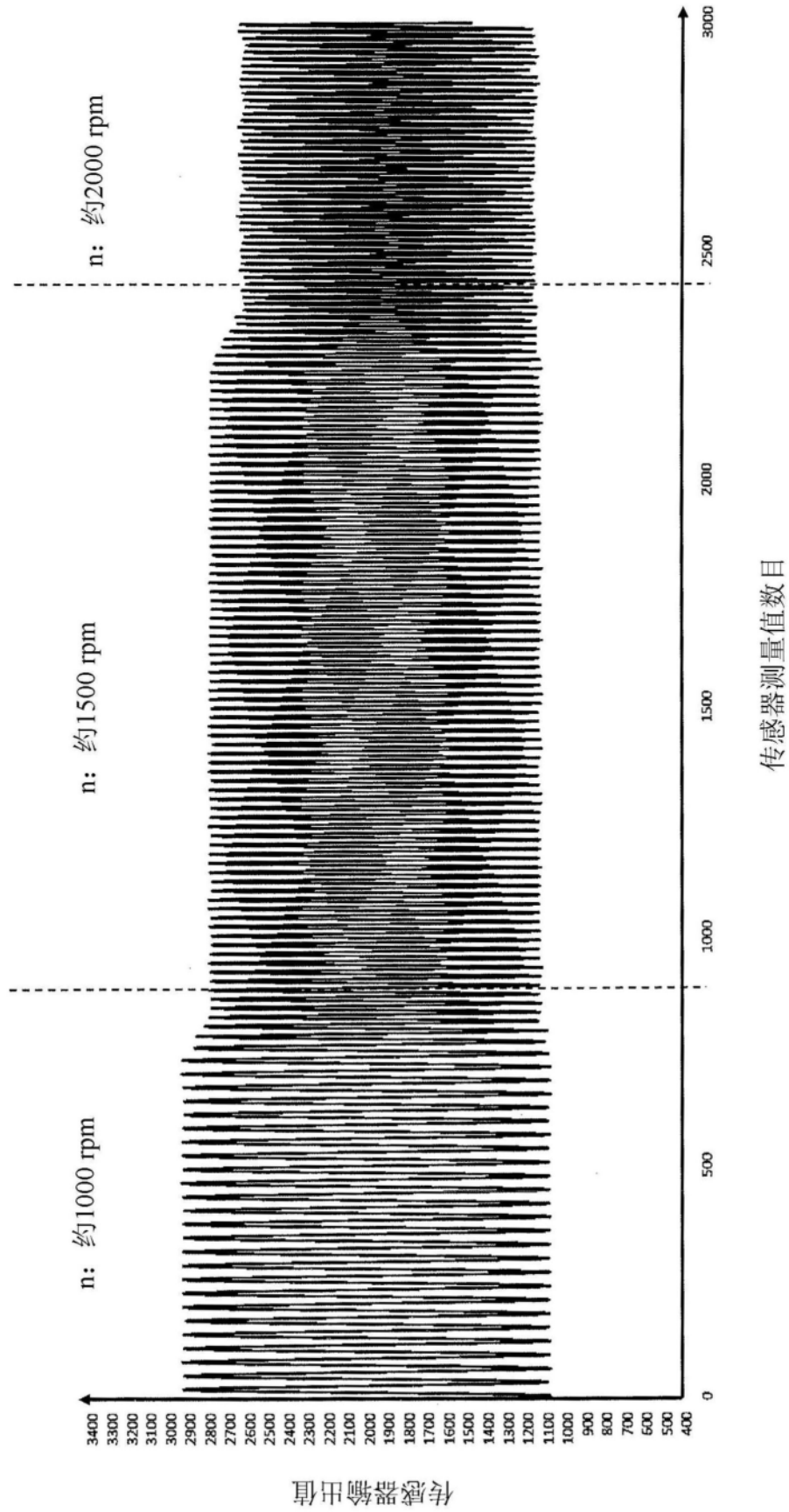


图12

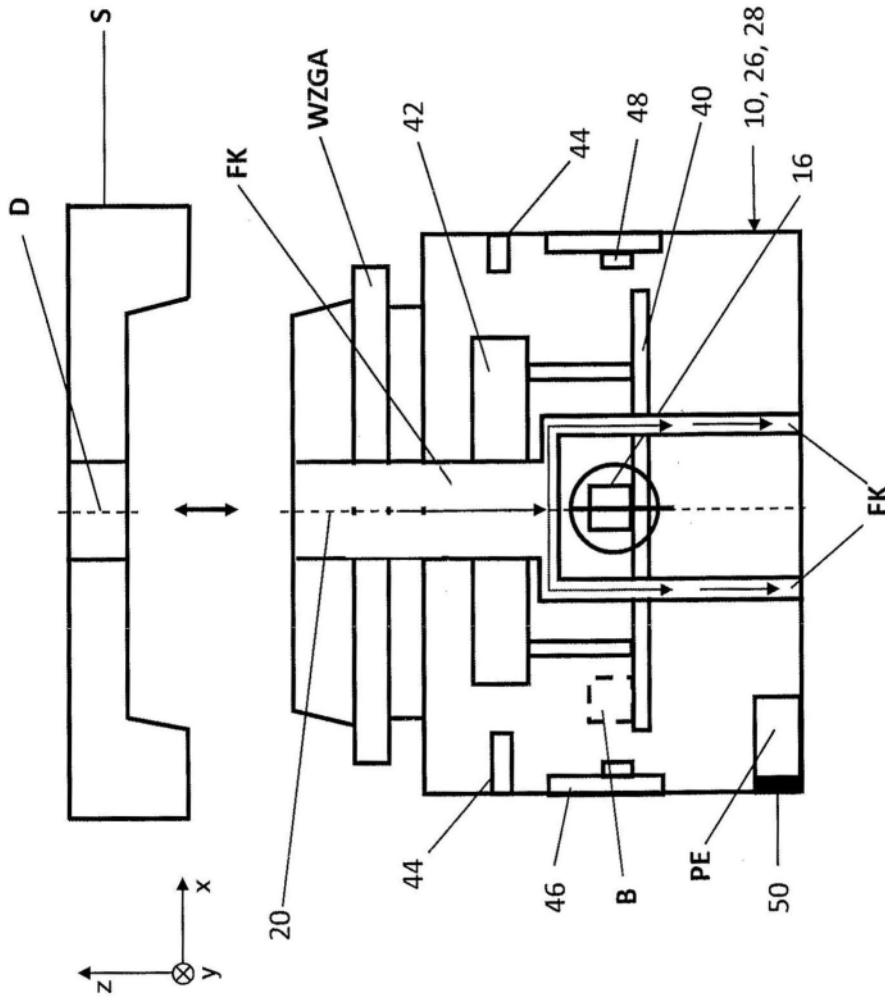


图13A

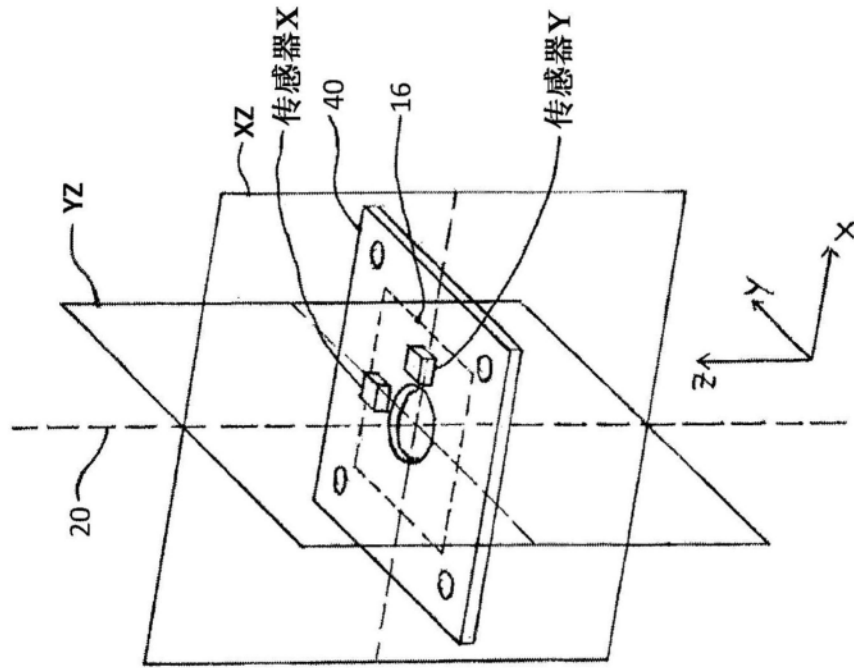


图13B

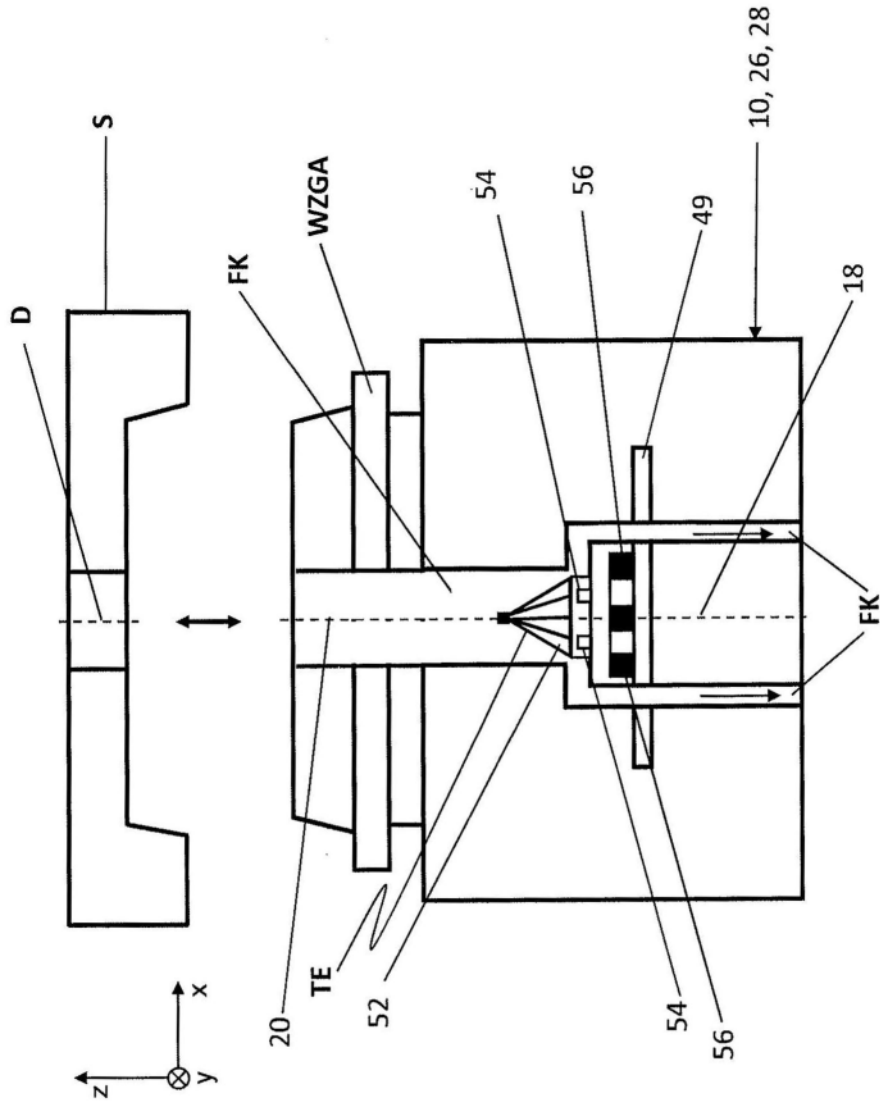


图14

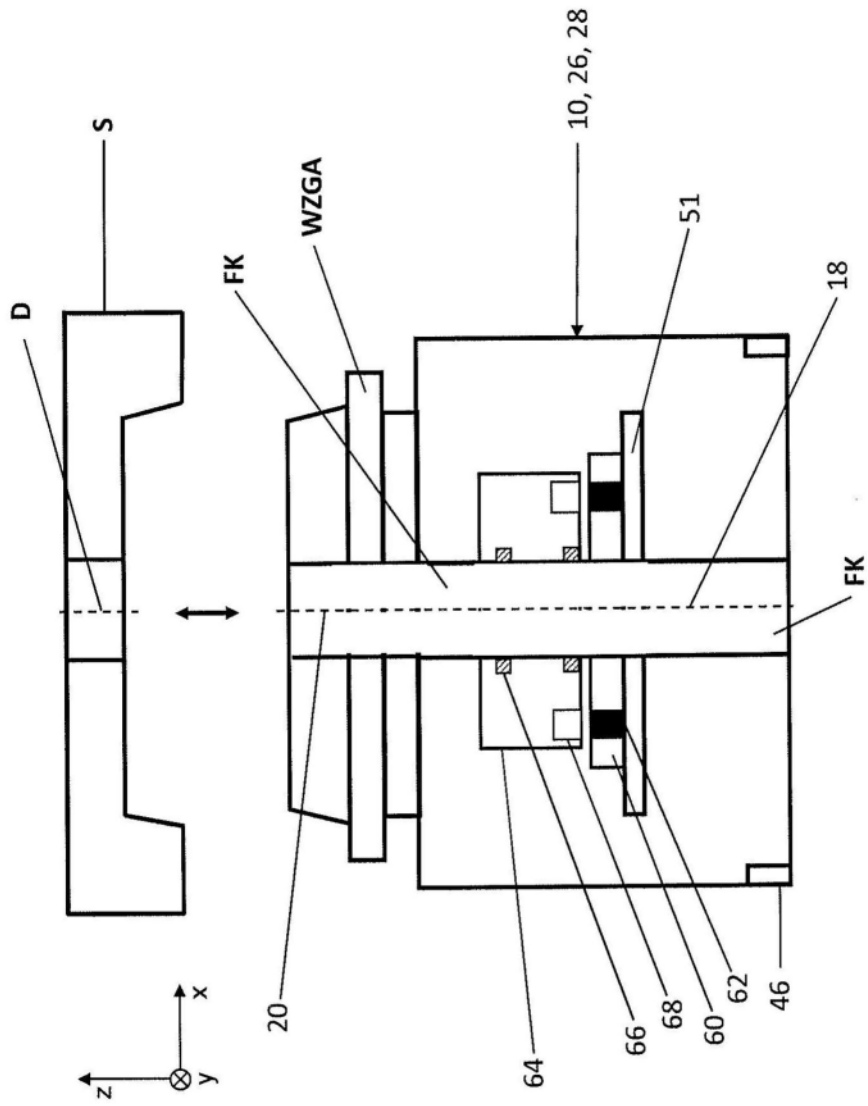


图15

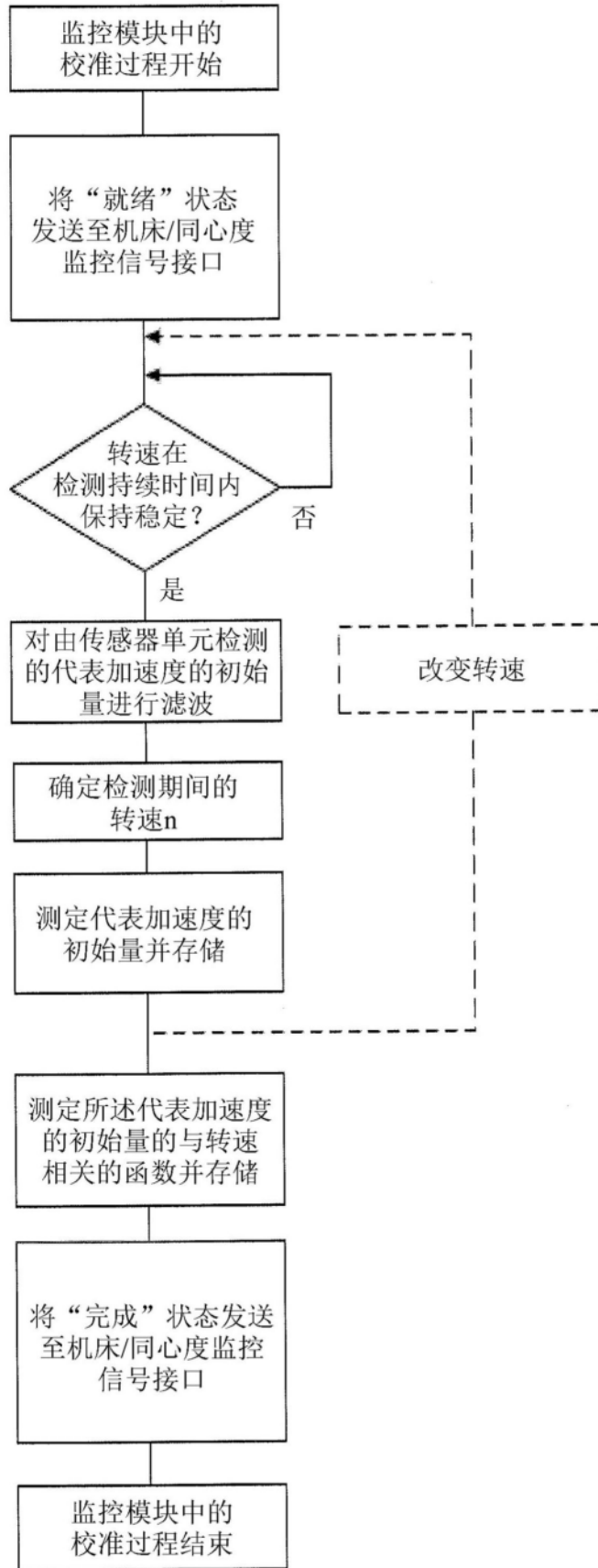


图16

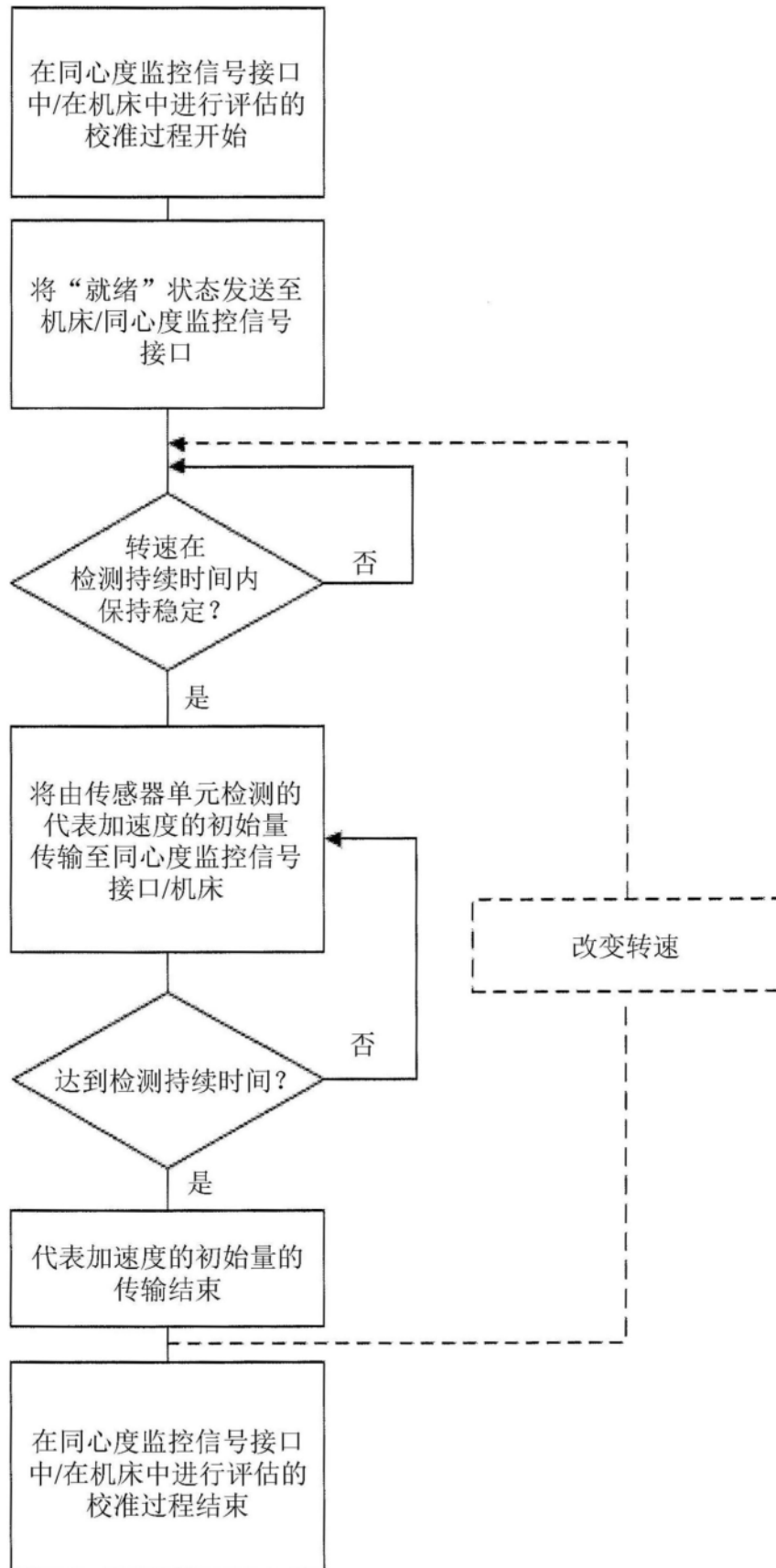


图17

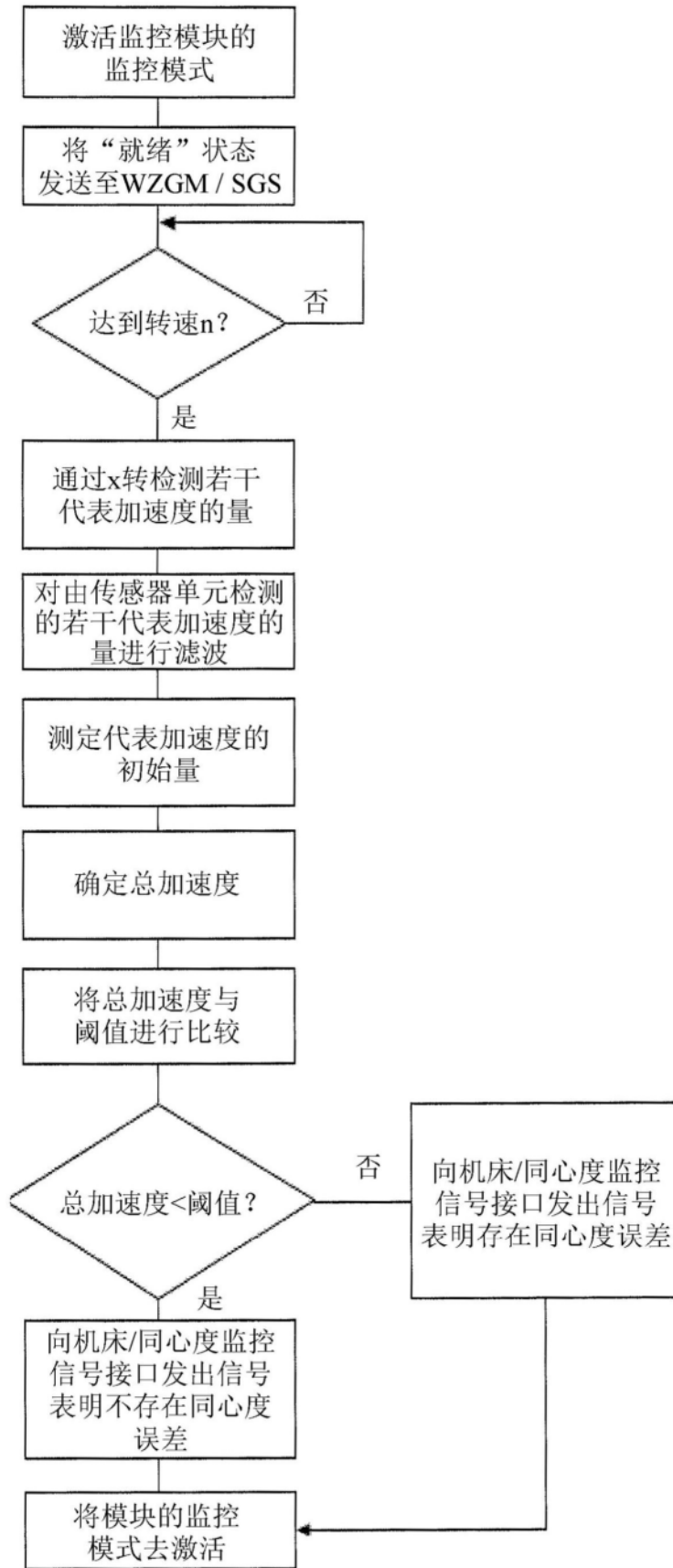


图18

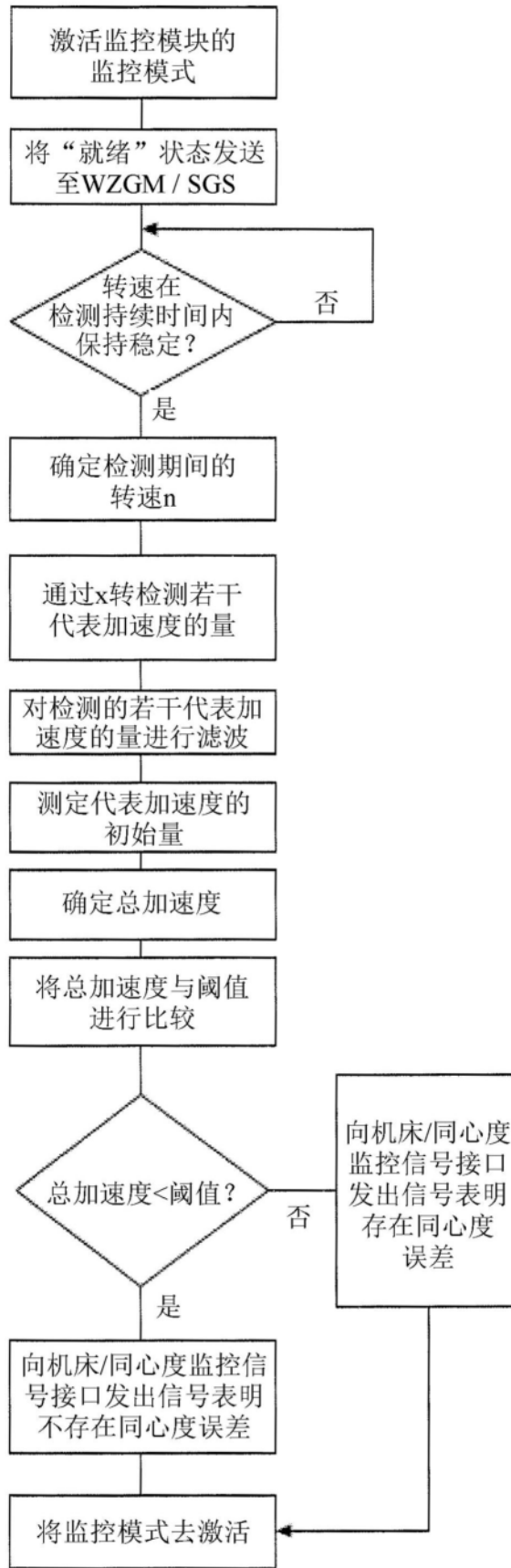


图19

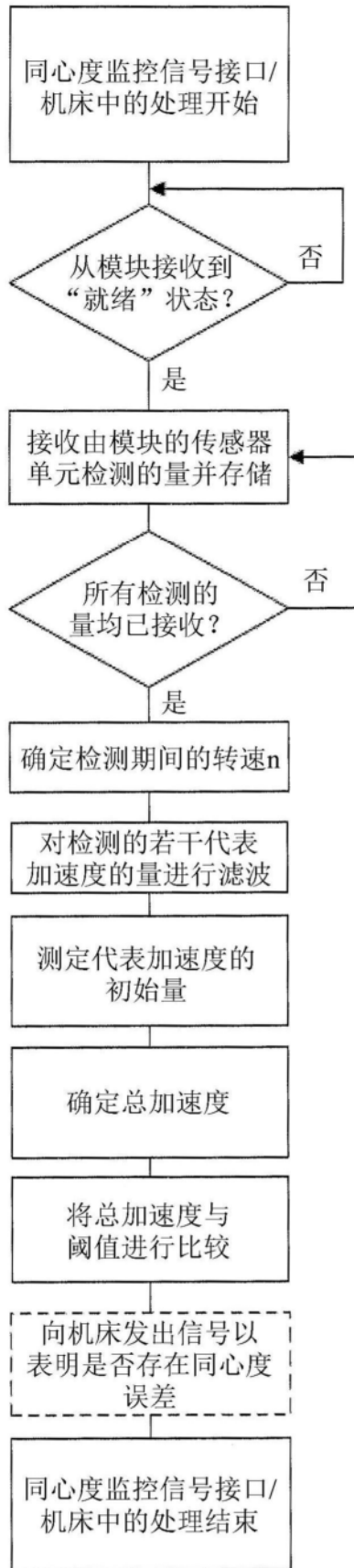


图20

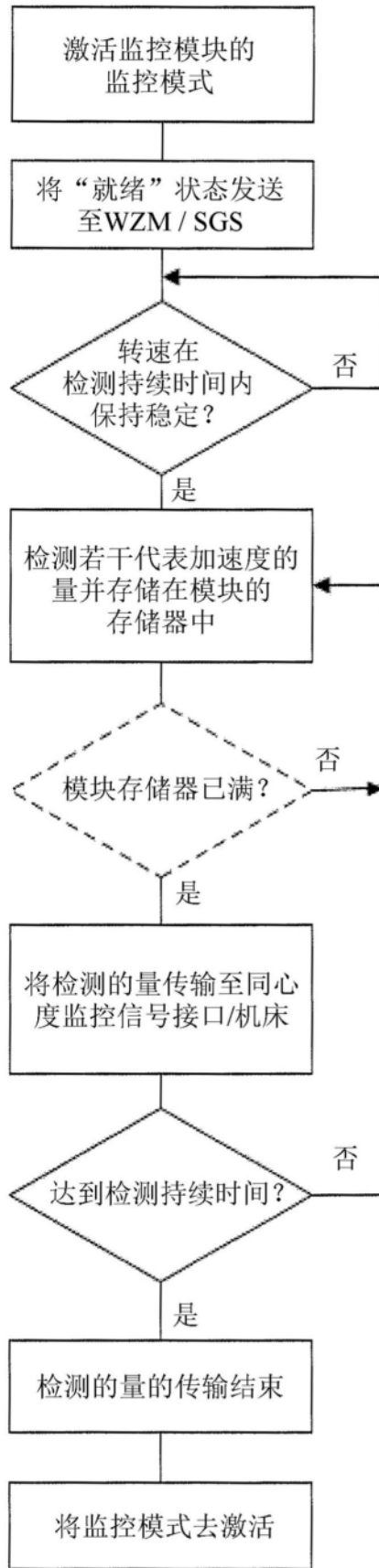


图21

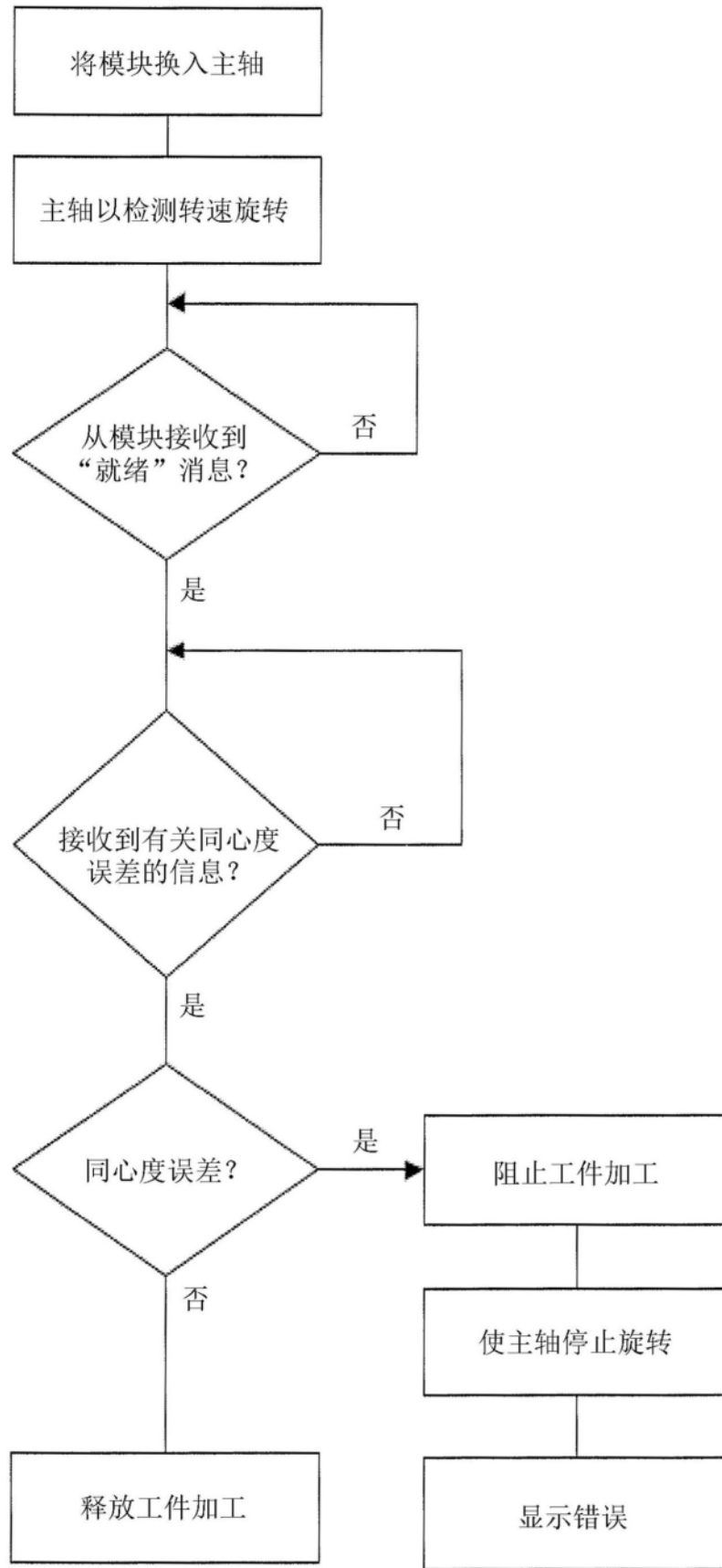


图22