



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111052016 B

(45) 授权公告日 2023.05.12

(21) 申请号 201880058101.0

乌韦·卢格林

(22) 申请日 2018.08.24

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111052016 A

专利代理师 杨靖 韩毅

(43) 申请公布日 2020.04.21

(51) Int.Cl.

(30) 优先权数据

G05B 19/4065 (2006.01)

102017120518.7 2017.09.06 DE

(56) 对比文件

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.03.06

CN 104750027 A, 2015.07.01

CN 105676778 A, 2016.06.15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2018/072847 2018.08.24

US 5895177 A, 1999.04.20

US 2013211573 A1, 2013.08.15

JP 2004252839 A, 2004.09.09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/048254 DE 2019.03.14

CN 103760820 A, 2014.04.30

马旭等. 数控机床刀具磨损监测方法研究.
《机械》. 2009, 第36卷(第06期), 70-73.

(73) 专利权人 高迈特德国有限公司
地址 德国贝西希海姆

朱彬. 基于LabVIEW的数控刀具磨损实时监控
系统.《机械》. 2008, 第25卷(第03期), 54-63.

(72) 发明人 扬-维尔姆·布林克豪斯
约阿希姆·伊米埃拉
托马斯·维特科夫斯基

审查员 杨明文

权利要求书3页 说明书6页 附图2页

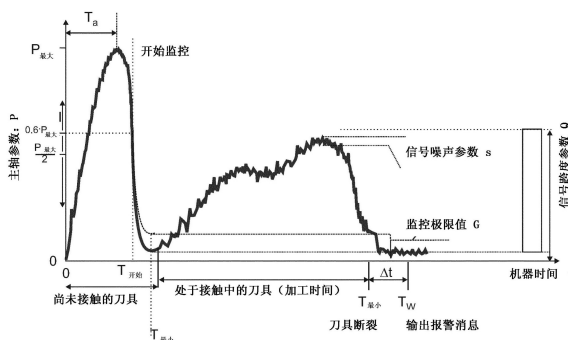
(54) 发明名称

用于对机床进行监控的方法

(57) 摘要

本发明涉及用于对机床(10)进行监控的监控方法,机床具有:(i)主轴(14)、(ii)至少一个第一机器轴(16)以及(iii)机器控制部(22),监控方法具有自动执行的步骤:(a)依赖于时间地检测描述主轴(14)的功率的主轴参数(P), (b)检测信号噪声参数(s)和/或信号跨度参数(Q), (c)在达到加工程序的预设的程序行之后,连续计算主轴参数最小值($P_{S,最小}$),从而获得当前的主轴参数最小值($P_{S,最小}(T)$), (d)从主轴参数最小值($P_{S,最小}(T)$)连续计算监控极限值($G(T)$), (e)当当前的监控极限值($G(T)$)小于所存储的监控极限值(G_{sp})时,则存储当前的监控极限值($G(T)$),并且(f)当主轴参数P在预设的时间区间(Δt)内持续在所存储的监控极限值(G_{sp})之下

时,则输出警告消息。



1. 用于对机床(10)进行监控的监控方法,所述机床具有:
 - (i) 主轴(14),
 - (ii) 至少一个第一机器轴(16),以及
 - (iii) 机器控制部(22),所述机器控制部被构造成用于驱控所述主轴(14)和所述第一机器轴(16)并且用于输出机器参数,所述监控方法具有以下自动执行的步骤:
 - (a) 在实施用于加工工件(12)的加工程序期间,依赖于时间地检测描述所述主轴(14)的功率的主轴参数(P),
 - (b) 检测
 - 信号噪声参数(s),所述信号噪声参数描述主轴参数测量值($P(\tau)$)的随机波动的强度,和
 - 信号跨度参数(Q),所述信号跨度参数给定其间存在有在加工所述工件(12)时的主轴参数测量值的区间(I)的宽度,
 - (c) 在达到所述加工程序的预设的程序行之后,连续计算所述主轴参数测量值($P(\tau)$)的主轴参数最小值($P_{S,最小}$),从而获得当前的主轴参数最小值($P_{S,最小}(\tau)$),
 - (d) 由所述主轴参数最小值($P_{S,最小}(\tau)$)、所述信号噪声参数(s)和所述信号跨度参数(Q)连续计算监控极限值($G(\tau)$),
 - (e) 当当前的监控极限值($G(\tau)$)小于所存储的监控极限值(G_{sp})时,则存储所述当前的监控极限值($G(\tau)$),并且
 - (f) 当所述主轴参数P在预设的时间区间(Δt)内持续在所存储的监控极限值(G_{sp})之下时,则输出警告消息。
2. 根据权利要求1所述的监控方法,其特征在于,所述监控极限值(G)至少相当于
 - 所述主轴参数最小值($P_{S,最小}(\tau)$)与
 - k倍的所述信号噪声参数(s)和L倍的信号跨度参数(Q)中的最小量,其中, $1 \leq k \leq 13$, $0.05 \leq L \leq 0.8$,的总和。
3. 根据权利要求2所述的监控方法,其特征在于,所述监控极限值(G)至少相当于
 - 所述主轴参数最小值($P_{S,最小}(\tau)$),
 - k倍的信号噪声参数(s),其中 $1 \leq k \leq 13$,和
 - L倍的信号跨度参数(Q),其中 $0.05 \leq L \leq 0.8$,的总和。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的监控方法,其特征在于具有以下步骤:
 - (a) 在开启所述监控方法时,依赖于时间地检测针对预设的学习时间(T_a)的主轴参数,
 - (b) 在步骤(c)之前存储位于所述主轴参数的平均值周围的区间(I)中的主轴参数最小值,其中,所述区间(I)具有区间宽度(B),所述区间宽度相当于所述学习时间(T_a)中的主轴参数的最大量与最小量之间的差的四分之三。
5. 根据权利要求1至3中任一项所述的监控方法,其特征在于,所述时间区间(Δt)
 - 为其间所述工件(12)用一个且同一刀具(26)进行加工的加工时间的0.3倍至0.8倍,并且/或者
 - 至少为0.5秒且至多为10分钟。
6. 根据权利要求1至3中任一项所述的监控方法,其特征在于,所述信号噪声参数在所

述主轴参数最大值的千分之一至千分之五十之间选择。

7. 根据前述权利要求1至3中任一项所述的监控方法,其特征在于,所述信号噪声参数(s)

-至少为所述主轴参数测量值与移动平均值(P)的偏差分布的标准偏差(σ)的两倍,并且/或者

-至多为所述主轴参数测量值与移动平均值(P)的偏差分布的标准偏差(σ)的五倍,

-其中,通过用一赫兹低通对所述主轴参数测量值 $P(\tau)$ 进行滤波来计算所述移动平均值(P)。

8. 根据前述权利要求1至3中任一项所述的监控方法,其特征在于,所述信号噪声参数(s)

-至少为所述主轴参数测量值与移动平均值(P)的偏差分布的标准偏差(σ)的两倍,并且/或者

-至多为所述主轴参数测量值与移动平均值(P)的偏差分布的标准偏差(σ)的四倍,

-其中,通过用一赫兹低通对所述主轴参数测量值 $P(\tau)$ 进行滤波来计算所述移动平均值(P)。

9. 根据前述权利要求1至3中任一项所述的监控方法,其特征在于,所述监控方法用于对机床(10)在刀具断裂方面进行监控。

10. 用于监控机床(10)的监控设备,所述监控设备具有:

(i) 评估单元(24)和

(ii) 用于将所述评估单元(24)与所述机床(10)的机器控制部(22)连接的设备,其特征在于,

(iii) 所述评估单元(24)被设立成用于自动执行具有以下步骤的方法:

(a) 在实施用于加工工件(12)的加工程序期间,依赖于时间地检测描述主轴(14)的功率的主轴参数(P),

(b) 检测

-信号噪声参数(s),所述信号噪声参数描述主轴参数测量值($P(\tau)$)的随机波动的强度,和

-信号跨度参数(Q),所述信号跨度参数给定其间存在有在加工所述工件(12)时的主轴参数测量值的区间(I)的宽度,

(c) 在达到所述加工程序的预设的程序行之后,连续计算所述主轴参数测量值的主轴参数最小值($P_{S,最小}$),从而获得当前的主轴参数最小值($P_{S,最小}(\tau)$),

(d) 由所述主轴参数最小值($P_{S,最小}(\tau)$)、所述信号噪声参数(s)和所述信号跨度参数(Q)连续计算监控极限值($G(\tau)$),

(e) 当当前的监控极限值($G(\tau)$)小于所存储的监控极限值(G_{sp})时,则存储所述当前的监控极限值($G(\tau)$),并且

(f) 当所述主轴参数(P)在预设的时间区间(Δt)内持续在所存储的监控极限值(G_{sp})之下时,则输出警告消息。

11. 机床(10),所述机床具有:

(i) 主轴(14),

- (ii) 至少一个第一机器轴(16), 以及
- (iii) 机器控制部(22), 所述机器控制部被构造成用于输出机器参数, 其特征在于包括:
 - (iv) 评估单元(24), 所述评估单元
 - 与所述机器控制部(22)连接, 用于检测至少一个形式为主轴参数的机器参数, 所述主轴参数描述所述主轴(14)的主轴转矩, 并且
 - 被设立成用于自动执行根据权利要求1至9中任一项所述的监控方法。

用于对机床进行监控的方法

技术领域

[0001] 用于对机床、尤其是在刀具断裂方面进行监控的方法,该机床具有(i) 主轴、(ii) 至少一个第一机器轴和(iii) 机器控制部,该机器控制部被构造成用于输出机器参数。根据第二方面,本发明涉及监控设备,该监控设备具有评估单元和用于将评估单元与机床的机器控制部连接起来的连接设备。根据另外的方面,本发明涉及机床,该机床具有主轴、至少一个机器轴和机器控制部,该机器控制部被构造成用于输出机器参数并且必要时被构造成用于驱控主轴和机器轴。

背景技术

[0002] 机床尤其被用于切削加工。尤其地,机床因此是切削机床。这种机床引导有刀具,利用该刀具来加工工件,尤其是切削加工。例如,机床指的是铣床。尤其是当必须加工大工件时,例如下沉件,还有当将机床用在批量生产时,有利的是,可以提前识别到刀具断裂。这防止了浪费机器主时间。

[0003] 每次监控的目的是如下方法,该方法识别具有很高的概率的刀具断裂并且少有地触发故障警报。尤其地,在所公知的方法中,故障警报的比率可能是相对较高的,这是不希望。这将导致,尤其是当必须监控大量机床时,必须提供仅从事识别故障警报并关闭它们的人员。这造成了相对较低的生产率和在人员方面的受挫。

发明内容

[0004] 本发明的任务是提出一种改进的监控方法。

[0005] 本发明通过如下监控方法来解决该问题,该监控方法具有以下步骤:(a) 在执行用于加工工件的尤其是存储在机器控制部中的加工程序期间,依赖于时间地检测描述主轴的功率的主轴参数 P , (b) 检测信号噪声参数 s ,它描述了主轴参数测量值 $P(\tau)$ 在随机波动中的强度, (c) 在达到加工程序的预设的程序行之后,尤其是在主轴加速结束之后并在开启刀具接触之前,连续计算主轴参数测量值 $P(\tau)$ 的主轴参数最小值 $P_{s,最小}$,从而获得当前的主轴参数最小值 $P_{s,最小}(\tau)$, (d) 根据主轴参数最小值 $P_{s,最小}(\tau)$ 或至少是信号噪声参数 s 连续计算监控极限值 $G(\tau)$, (e) 当当前的监控极限值 $G(\tau)$ 小于所存储的监控极限值 G_{sp} 时,存储当前的监控极限值 $G(\tau)$,并且当主轴参数在预设的时间区间内持续在所存储的监控极限值 G_{sp} 之下时,则输出警告消息。

[0006] 本发明还通过如下监控方法来解决该问题,该监控方法具有以下步骤:(a) 在执行用于加工工件的加工程序期间,依赖于时间地检测描述主轴的功率的主轴参数(P), (b) 检测信号跨度参数,该信号跨度参数给定在加工工件时主轴参数测量值所在的区间的宽度, (c) 在到达加工程序中的预设的程序行之后,连续计算主轴参数测量值的主轴参数最小值,从而获得当前的主轴参数最小值; (d) 根据主轴参数最小值和信号跨度参数(Q)连续计算监控极限值; (e) 当当前的监控极限值小于所存储的监控极限值时,则存储当前的监控极限值,并且(f) 当主轴参数在预设的时间区间内持续在所存储的监控极限值之下时,则输出

警告消息。

[0007] 根据第二方面,本发明通过如下监控设备来解决该问题,该监控设备的评估单元被设立成用于自动执行该方法。

[0008] 该方法有利的是,它既可以可靠地识别刀具断裂,又产生较少的故障警报。本发明尤其基于如下认知,即,在刀具断裂时发生两种不同的效果。首先,主轴的功耗下降,这是因为刀具无法再被驱动。但是由于即使没有刀具,主轴的功率也很少为零,这与多种其他因素有关。因此,通常无法给定始终有效的极限值,在低过该极限值时,可以假定工刀具已断裂。其次,在刀具断裂时,通常发生主轴参数测量值的波动的减小。即使当接收到大量的测量值并且因此担心仅仅由于随机的波动而偶尔超过预设的阈值时,主轴参数的较小的波动也并不导致发生这种情况。

[0009] 此外有利的是,该监控方法能用于多种加工类型,而不必事先知道以哪种方式加工工件。这意味着,特别有利的是,加工程序首先包括将主轴被带动到目标转速,其中,只有当主轴达到预设的转速时,才使刀具与工件置于接触中。但是当加工程序具有其他步骤时,也能使用监控方法。但是,加工程序通常均具有上述两个步骤。

[0010] 主轴被带动到目标转速将导致获得较大的主轴参数测量值,这是因为主轴通常以主轴的最大功率被加速。由此,主轴参数测量值首先急剧提升,并且然后再次降低,并且通常经过最小量。

[0011] 优选地,在达到最大量之后并且达到最小量之前,尤其是在主轴参数测量值小于最大的值的75%且大于最大值的25%的时间点时,关注主轴参数最小值。这导致的是,主轴参数最小值首先连续下降,直到主轴参数测量值经过最小量为止。

[0012] 此后,主轴参数测量值再次上升,这是因为刀具接触工件。但是,如果刀具断裂,则主轴参数测量值将下降到接近最小量的值,并且因此由于在所预设的时间区间内主轴参数测量值的波动较小且低过监控极限值,从而输出警报。

[0013] 在本说明书的范围内,主轴尤其被应理解为使刀具、尤其是诸如铣刀或钻刀的切削刀具转动的那个设备。

[0014] 机器轴被理解为结构组件,借助该结构组件使机器轴的一部分尤其是线性地引导。机器轴还包括驱动器以用于让两个部件自动的地彼此相对运动。优选地,机床具有第二并且至少还具有第三机器轴。尤其地,机床是四轴或五轴机床。当然也可能的是,机床具有附加的轴。

[0015] 机器控制部尤其应被理解为用于进行数字式数据处理的设备,该设备与至少一个机器轴和主轴连接用于驱控。

[0016] 尤其地,用于加工工件的加工程序被理解为可以保存在机器控制部中的NC程序。借助该NC程序驱控主轴和机床轴,使得工件被加工。

[0017] 与时间有关地检测主轴参数被理解为,在相继的时间点检测主轴参数。两个时间点之间的距离优选小于十分之一秒。

[0018] 主轴参数尤其被理解为如下参数,该参数依赖于主轴功率,尤其是结合该参数能够以明确的方式推断出主轴功率。在此仅指的是主轴功率本身、主轴的转矩、主轴的电动机的电枢电流或例如包含有主轴的转速和电枢电流与电枢电压之间的相移的向量。优选地,信号噪声参数s指的是依赖于标准偏差或噪声值的分布的方差的值。

[0019] 检测信号噪声参数 s 被理解为该值被保存在存储器中。可能但不是必需的是,信号噪声参数 s 依赖于时间地被检测。尤其可能的是,仅一次确定信号噪声参数 s 。也可能的是,在监控过程开始之前结合先前所检测到的数据来获知信号噪声参数 s ,并将其载入到输入掩码中,从那里将信号噪声参数用于执行监控方法。

[0020] 信号噪声参数 s 描述了主轴参数测量值的随机波动的强度的特征尤其被理解为,信号噪声参数 s 越大,分布的标准偏差就越大,该标准偏差描述了主轴参数测量值与移动平均值的偏差,该移动平均值例如通过使用一赫兹低通进行低通滤波来确定。用于计算频谱的时间上的区间可以例如是1秒。例如,信号噪声参数在刀具接触工件之前被确定。

[0021] 在达到加工程序的预设的程序行之后被连续计算主轴参数最小值的特征尤其应被理解为,可能但不必需的是,主轴参数最小值也已经预先被计算,但不使用。例如,当达到相应的程序行时,机器控制部发出信号。替选地,当满足所给定的附带条件时,则连续检测加工程序的各自的程序行,并开始计算和/或使用最小主轴参数值。又替选地可能的是,当达到当前的程序行时,从主轴参数测量值的变化曲线获知时间点。当达到主轴的目标转速时,主轴参数通常经过了时间上局部的最小量。因此,如果检测到经过了局部的最小量,则可以推断出,达到了目标主轴转速。如果预设的程序行涉及达到目标主轴转速,则可以从经过了最小量的事实推断出达到了预设的程序行和/或何时达到。

[0022] 连续计算作用极限值的特征尤其被理解为,监控极限值每秒至少计算一次、优选计算至少十次。

[0023] 从主轴参数最小值和信号噪声参数和/或信号跨度参数计算出监控极限值的特征尤其被理解为,使用包含有两个参数中的至少一个的公式。可能的是,包含有另外的参数、仅包含有两个参数、并且仅包含有尤其恰好其中一个参数。

[0024] 输出警告消息尤其被理解为,发送出人类可感知的或不可感知的信号,该信号例如可以是光学的、声学的或电的信号。尤其地,将警告信号发出给机器控制部,从而让该机器控制部停止加工程序。因此防止了那时被破坏的刀具的所保留的残余行进到工件中。

[0025] 在优选的实施方式中,监控极限值至少相当于主轴参数最小值与 k 倍的信号噪声参数(其中, $1 \leq k \leq 13$)和 L 倍的信号跨度参数 Q (其中, $0.05 \leq L \leq 0.8$,并且其中,信号跨度参数 Q 给定了区间的宽度,在该区间中存在有在加工工件时的主轴参数测量值)中的最小量的总和。应当指明的是,信号噪声参数和信号跨度参数具有与信号参数最小值相同的单位。当选择信号噪声参数 s 作为方差时,则该方差相当于主轴参数的区间的宽度。

[0026] 优选地,监控极限值至少等于主轴参数最小值、 k 倍的信号噪声参数 s 、 L 倍的信号余量参数 Q 的总和,其中,上述参数区间是有效的。

[0027] 优选地,该方法包括以下步骤:在开启监控方法时以及在根据步骤(c)达到预设的程序行之前,在预定的学习时间内进行对主轴参数的依赖于时间的检测,并且存储主轴参数最小值,该主轴参数最小值位于主轴参数平均值周围的区间中,其中,该平均值从主轴参数的绝对的最大量和主轴参数的绝对的最小量计算出,其中,该区间具有相当于学习时间中的主轴参数的最大量与最小量之间的差的一半的区间宽度。以这种方式实现了,将针对主轴参数最小值的开始值选择成不太小的值。

[0028] 时间区间优选为加工时间的0.3倍至0.8倍,在加工时间中,用同一个的刀具加工工件。替选或附加地,时间区间至少为0.5秒且至多为10分钟。可能的是,该开始值在执行加

工程序时检测并存储,其中,然后将该开始值用于使用相同的加工程序进行进一步的加工。

[0029] 优选地,时间区间 Δt 和检测主轴参数的采样频率 f_s 的乘积至少为300,优选至少为1000。优选地,该乘积小于100 000,尤其是小于50000。以该方式确保了意外超过监控极限值是很有可能。

[0030] 优选地,信号噪声参数在主轴参数最大值的或期望的主轴参数最大值的千分之一与千分之五十之间。优选地,该信号噪声参数通过如下方式被自动计算,即,即使在尚未监控加工时也检测主轴参数。在此形成最大量并作为主轴参数最大值来存储。如果第一次开启监控过程,则主轴参数最大值乘以固定因数,该因数落在上述区间内,优选为千分之十。

[0031] 替代地,信号噪声参数 s 位于主轴参数值与移动平均值的偏差的分布的标准偏差和两倍的标准偏差 σ 之间。优选地,通过使用一赫兹低通进行对主轴参数测量值的滤波来计算移动平均值。替代地或附加地,信号噪声参数 s 是该标准偏差 σ 的至多5倍、尤其至多4倍。

附图说明

[0032] 下面参考附图更详细地阐述本发明。其中:

[0033] 图1示出根据本发明的机床的示意性的视图;以及

[0034] 图2示出具有主轴参数测量值的曲线,结合该曲线来阐述根据本发明的监控方法。

具体实施方式

[0035] 图1示意性地示出了用于加工工件12的机床10,该机床具有主轴14,该主轴被紧固在第一机器轴16上。机床10还具有第二机器轴18和第三机器轴20,借助第三机器轴能使第二机器轴18纵向运动。主轴14可以借助第一机器轴16沿x方向运动,借助第二机器轴18沿z方向运动,并且借助第三机器轴20沿y方向运动。

[0036] 机床10具有示意性地绘制的机器控制部22,借助该机器控制部可以驱控机器轴16、18、20以及主轴14。

[0037] 在当前情况下,机器控制部22与评估单元24连接,评估单元可以与机床10分开,并且评估单元与机器控制部22连接以用于获得机器数据。

[0038] 在机器控制部22中存储有加工程序。该加工程序将主轴14的运动编码在三维的轨迹 $\vec{r}(t)$ 上。加工程序还可以编码容纳在主轴14中的刀具26.1相对于另一刀具26.2的变换,该另一刀具例如容纳在换刀器28中。

[0039] 机器控制部22与屏幕30和输入设备32、尤其是键盘连接,借助它们可以显示以及创建、开始和修改加工程序。

[0040] 在加工完工件12之后,机器控制部22检测加工参数,例如主轴转矩 M_s 。该主轴转矩表示主轴参数 P ,其描述了主轴14的依赖于时间的功率。评估单元24连续地从机器控制部22获得主轴参数测量值 $P(\tau)$ 。

[0041] 图2示出了主轴参数测量值 $P(\tau)$ 与机器时间 τ 的时间变化曲线。应指明的是,当使用实际的时间 t 代替机器时间 τ 时,评估不改变。

[0042] 在开启加工程序时,主轴14(参见图1)被带动到目标转动频率 $n_{\text{目标}}$,主轴参数 P 首先急剧上升,并且当达到目标转动频率 $n_{\text{目标}}$ 时然后降至最小量。在经过主轴参数最大值 $P_{s,\text{最大}}$ 并且主轴参数 P 下降了最大值 $P_{s,\text{最大}}$ 的至少0.4倍之后,开启监控方法。从在 $\tau=0$ 时开始加工程

序到超过最大值 $P_{S,最大}$ 的时间是学习时间 T_a 。

[0043] 当达到加工程序中的预设的程序行时,开始监控程序。在该程序行中优选包含有开始命令,该开始命令优选在主轴加速之后并且在接触工件之前。替选地,评估单元24计算在最大量 $P_{最大}$ 与最小值 $P_{最小}$ 之间的平均值,该最小值通常为零,并且当相应的参数 P 位于平均值 $P_{最大}/2$ 周围的区间 I 中时,开始监控程序。区间 I 具有区间宽度 B ,该区间宽度例如相当于最大量 $P_{最大}$ 和最小量 $P_{最小}$ 之间的差的一半,在此, $P_{最小}=0$ 。通常,区间宽度在百分之一到三分之二之间。

[0044] 在执行加工程序期间,主轴参数 P 被连续检测。另外,在学习时间 T_a 中确定信号噪声参数 s 。在当前情况下, $s=2\sigma$,其中,具有主轴参数测量值 $P(\tau)$ 与移动平均值 \bar{P} 的偏差的分布的标准偏差。通过使用一赫兹低通滤波器对相应的参数测量值 $P(\tau)$ 进行低通滤波来获得移动平均值 \bar{P} 。为了简单起见,信号噪声参数 s 在右侧被进一步绘制。

[0045] 此外,可以从先前使用相同的加工程序对其他工件进行的加工中得知信号跨度参数 Q 。该信号跨度参数是主轴参数测量值 $P(\tau)$ 的区间宽度,在此期间,刀具26.1(参见图1)与工件12处于接触中。

[0046] 在开始时间 $T_{开始}$ 时达到预设的程序行之后,连续计算主轴参数最小值 $P_{S,最小}$ 。在任意时间点计算较小的主轴参数最小值 $P_{S,最小}(\tau)$,直到主轴参数测量值 $P(\tau)$ 达到最小量时的时间点,即直到时间点 $P_{最小}$ 时,从主轴参数 $P_{S,最小}(\tau)$ 基于以下公式计算监控极限值 G ,并将其与所存储的监控极限值 G_{sp} 进行比较。

$$[0047] \quad G(\tau) = P_{S,最小}(\tau) + k*s + L*Q$$

[0048] 如果当前的监控极限值 $G(\tau)$ 小于所存储的监控极限值 G_{sp} ,则用所存储当前的监控极限值 $G(\tau)$ 来代替迄今的监控极限值。因此,在时间点 $t_{最小}$ 时存储了所绘制的监控极限值 G_{sp} ,其作为水平线绘制。由于后来计算的主轴参数最小值 $P(\tau)$ 直到刀具断裂的时间点 T_B 才低过该值,因此所存储的监控极限值 G_{sp} 保持不变。

[0049] 在时间点 T_B 时刀具断裂。由此,主轴参数测量值 $P(\tau)$ 下降。主轴参数最小值 $P_{S,最小}(\tau)$ 相应下降。尽管当前的监控极限值 $G(\tau)$ 也下降,从而使所存储的监控极限值 G_{sp} 下降,但是主轴参数测量值 $P(\tau)$ 仍全部保持在该新的存储的监控极限值 G_{sp} 以下。因此,在预设的时间区间 Δt 到期之后,在时间点 T_w 输出警告消息。然后,操作员可以停止加工程序、更换刀具并重新开始加工。

[0050] 在图2中,以任意选择的单位描述主轴参数。所描述的监控方法与所选择的单位无关地工作。

[0051] 附图标记列表

[0052]	10	机床	$\vec{r}(t)$	轨迹
[0053]	12	工件	M_S	主轴转矩
[0054]	14	主轴	$M_{目标}$	目标转动频率
[0055]	16	第一机器轴	s	信号噪声参数
[0056]	18	第二机器轴	Q	信号跨度参数
[0057]	20	第三机器轴	I	区间
[0058]	22	机器控制部	B	区间宽度
[0059]	24	评估单元	Δt	时间区间

[0060]	26	刀具	σ	标准偏差
[0061]	28	换刀器	\bar{P}	移动平均值
[0062]	30	屏幕	T_a	学习时间
[0063]	32	输入设备	T_w	报警消息的时间点
[0064]	$T_{\text{开始}}$	开始时间点		
[0065]	$T_{\text{最小}}$	最小量 $P(\tau)$ 的时间点		
[0066]	T_B	刀具断裂的时间点		
[0067]	G	监控极限值		
[0068]	G_{sp}	所存储的监控极限值		
[0069]	f_s	采样频率		
[0070]	P	主轴参数		
[0071]	$P_{S,\text{最小}}$	主轴参数最小值		
[0072]	$P_{S,\text{最大}}$	主轴参数最大值		
[0073]	n	主轴转动频率		

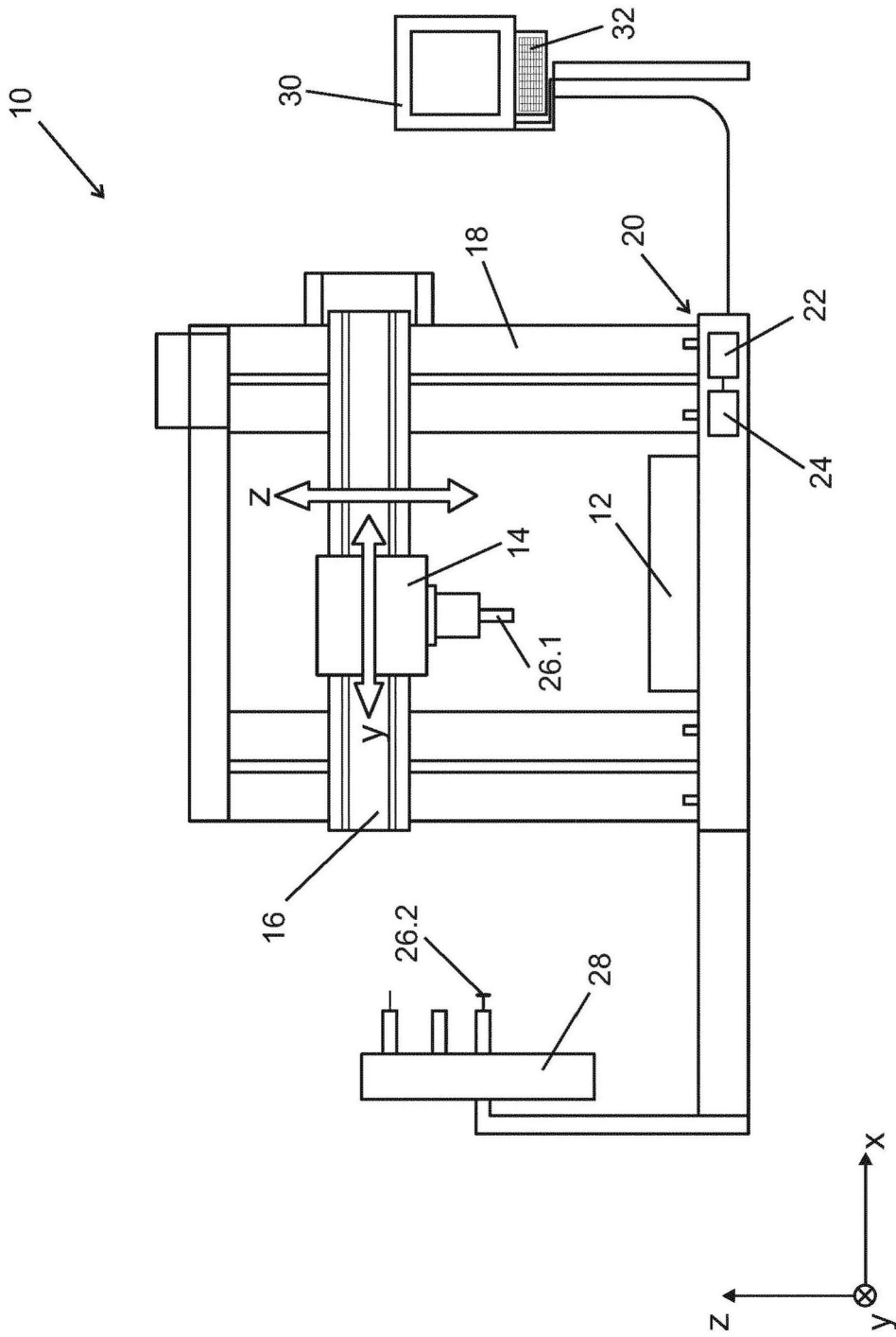


图1

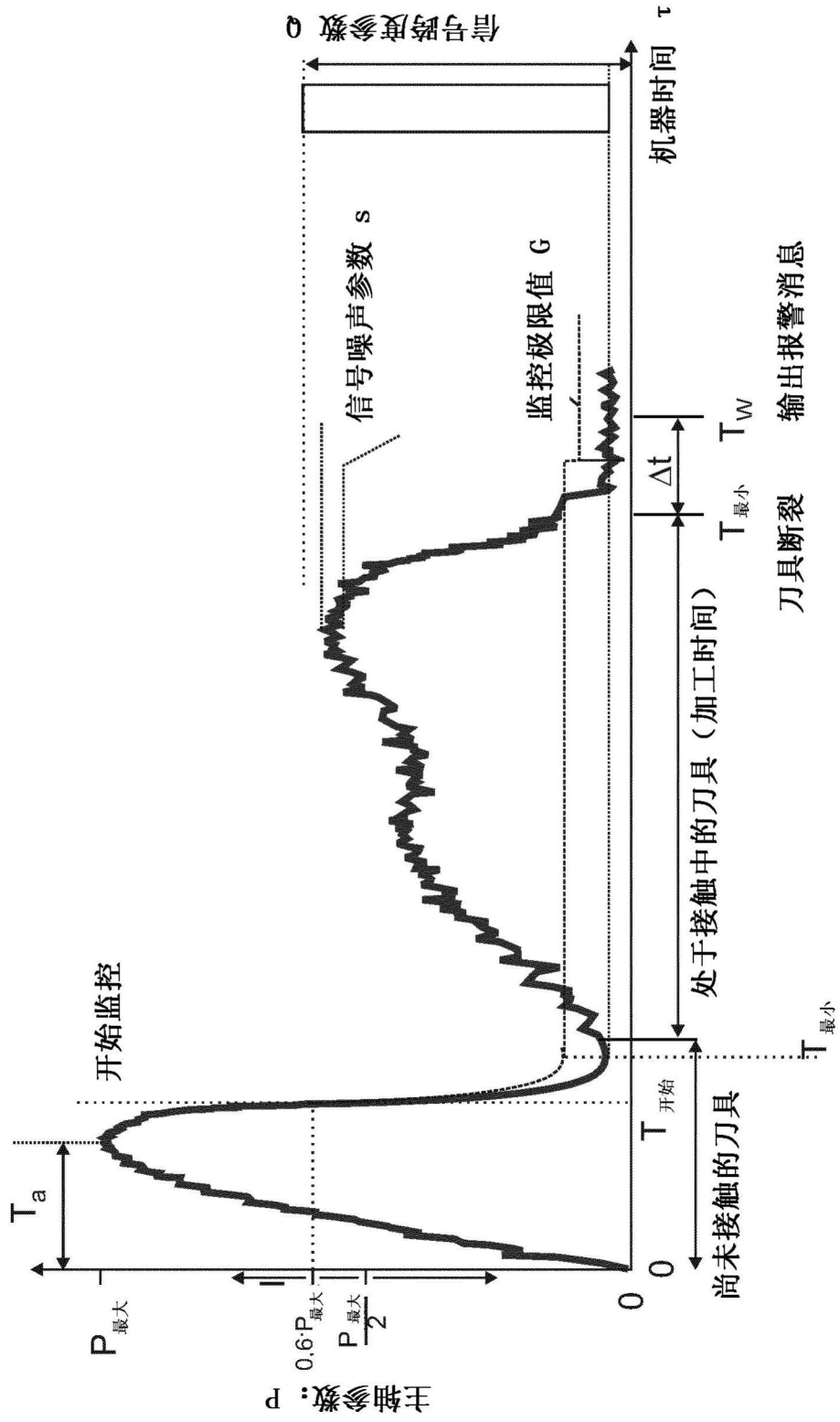


图2