



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102554711 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 11

(21) 申请号 201110412096. 9

(22) 申请日 2011. 12. 07

(30) 优先权数据

102010054393. 4 2010. 12. 07 DE

(71) 申请人 巨浪有限公司

地址 德国图特林根市

(72) 发明人 德克·普斯特

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 吴敬莲

(51) Int. Cl.

B23Q 23/00 (2006. 01)

B23Q 3/155 (2006. 01)

B23Q 17/22 (2006. 01)

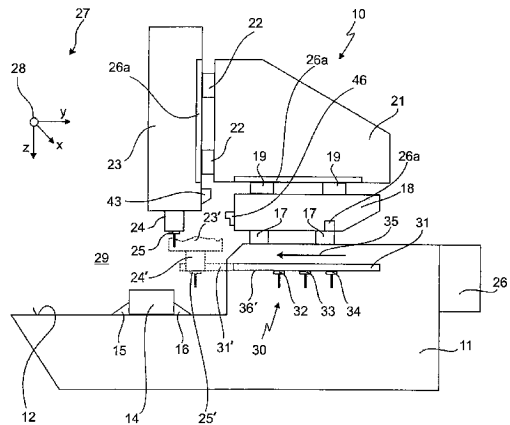
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

用于确定工具位置的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种机床 (10), 具有能够通过机器控制装置 (26) 和对应的测量系统 (26a) 相对于工件支架 (12) 在具有坐标原点 (28) 的坐标系 (27) 中移动的主轴 (24) 以及带有用于工具 (25、32、33、34、39、41) 的存储位置 (30、38) 的工具仓 (31), 其中, 主轴 (24) 被移入工具更换位置中, 在所述工具更换位置中以新的待使用的工具 (32) 更换使用过的工具 (25)。设置一种单独的测量系统 (43、46), 其说明是否主轴 (24) 结合工具更换已占据了测量位置 (50), 在所述测量位置中通过机器控制装置 (26) 和对应的测量系统 (26a) 确定和应用主轴 (24) 相对于坐标原点 (28) 的相对位置, 由此计算出至少一个修正值 (Δy 、 Δz)。在该机床 (20) 上实施一种用于平衡热位移的方法。



1. 一种用于平衡机床 (10) 上的热位移的方法, 所述机床具有能够通过机器控制装置 (26) 和对应的测量系统 (26a) 相对于工件支架 (12) 在具有坐标原点 (28) 的坐标系 (27) 中移动的主轴 (24) 以及带有用于工具 (25、32、33、34、39、41) 的存储位置 (30、38) 的工具仓 (31), 其中, 主轴 (24) 被移入工具更换位置中, 在所述工具更换位置中以新的待使用的工具 (32) 更换使用过的工具 (25), 其特征在于, 优选结合工具更换, 借助于单独的测量系统 (43、46) 将主轴 (24) 移入测量位置 (50) 或经过测量位置 (50) 移动, 在所述测量位置中通过机器控制装置 (26) 和对应的测量系统 (26a) 确定主轴 (24) 相对于坐标原点 (28) 的相对位置且由此计算出至少一个修正值 (Δy 、 Δz)。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述单独的测量系统 (43、46) 间接地或直接地在主轴 (24) 和测量地点之间起作用, 所述测量地点在至少一个坐标方向 (y 、 z) 上相对于工件支架 (12) 是地点固定的。

3. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 所述单独的测量系统 (43、46) 具有至少一个测量面 (44、45) 和至少一个测量探头 (47、48), 其中, 或者测量面 (44、45) 或者测量探头 (47、48) 与主轴 (24) 连接, 并且测量探头 (47、48) 或者说测量面 (44、45) 设置在测量地点。

4. 根据权利要求 2 或 3 所述的方法, 其特征在于, 将主轴 (24) 至少一直朝测量位置 (50) 的方向 (51、52) 移动, 直至与单独的测量系统 (43、46) 一致。

5. 按照权利要求 1 至 4 中任一项所述的方法, 其特征在于, 主轴 (24) 将使用过的工具 (25) 在空的存储位置 (38) 中放下且从装备好的存储位置中取出新的待使用的工具 (32)。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 主轴 (24) 在将使用过的工具 (25) 在空的存储位置 (38) 中放下之后驶向测量位置 (50) 或经过测量位置 (50)。

7. 根据权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 在主轴 (24) 驶入测量位置 (50) 时, 工具仓 (31) 以装备了新的待使用的工具 (32) 的存储位置更换搁置有使用过的工具 (25) 的存储位置 (38)。

8. 一种机床, 其具有能够通过机器控制装置 (26) 和对应的测量系统 (26a) 相对于工件支架 (12) 在具有坐标原点 (28) 的坐标系 (27) 中移动的主轴 (24) 以及带有用于工具 (25、32、33、34、39、41) 的存储位置 (30、38) 的工具仓 (31), 其中, 主轴 (24) 被移入工具更换位置中, 在所述工具更换位置中以新的待使用的工具 (32) 更换使用过的工具 (25), 其特征在于, 设置单独的测量系统 (43、46), 其说明是否主轴 (24) 优选结合工具更换已占据了测量位置 (5), 在所述测量位置中通过机器控制装置 (26) 和对应的测量系统 (26a) 确定且应用主轴 (24) 相对于坐标原点 (28) 的相对位置, 用以计算出至少一个修正值 (Δy 、 Δz)。

9. 根据权利要求 8 所述的机床, 其特征在于, 所述单独的测量系统 (43、46) 间接地或直接地在主轴 (24) 和测量地点之间起作用, 所述测量地点在至少一个坐标方向 (y 、 z) 上相对于工件支架 (12) 是地点固定的。

10. 根据权利要求 9 所述的机床, 其特征在于, 所述单独的测量系统 (43、46) 具有至少一个测量面 (44、45) 和至少一个测量探头 (47、48), 其中, 或者测量面 (44、45) 或者测量探头 (47、48) 与主轴 (24) 连接, 并且测量探头 (47、48) 或测量面 (44、45) 设置在测量地点。

11. 根据权利要求 10 所述的机床, 其特征在于, 所述测量探头 (47、48) 是测量电键 (47、48)。

12. 根据权利要求 8 至 11 中任一项所述的机床,其特征在于,工具仓(31)以捡起方法实现工具更换。

用于确定工具位置的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于平衡机床上的热位移的方法,该机床包括通过机器控制装置和对应的测量系统可相对于工件支架在具有坐标原点的坐标系中行驶的主轴和具有用于工具的存储位置的工具仓,其中,主轴被移入工具更换位置中,在工具更换位置中以新的待使用的工具替换使用过的工具。

[0002] 本发明还涉及一种机床,其包括通过机器控制装置和对应的测量系统可相对于工件支架在具有坐标原点的坐标系中行驶的主轴和具有用于工具的存储位置的工具仓,其中,主轴被移入工具更换位置中,在工具更换位置中以新的待使用的工具替换使用过的工具。

背景技术

[0003] 申请人从实践中已知了此类方法和机床。

[0004] 在已知的机床中,加工的精度尤其受到热位移的影响,该热位移主要在主轴和在测量系统上出现,利用测量系统确定主轴相对于坐标原点的相对位置。热位移的主要原因是电机、滚珠丝杠、直线导向装置以及主轴轴承的膨胀。

[0005] 另一方面由于不同的机器部件的不均匀受热而产生的变形也影响加工精度。

[0006] 热位移的原因是内部和外部的热源,其中,外部热源可通过机床的调温空间和布置抑制,即使其不直接被阳光暴晒。

[0007] 内部热源主要是产热的机器部件,它们的自加热在到达工作温度前可产生不同的影响。这里包括主轴枢转、内部摩擦以及主要还有切削过程本身以及随之产生的热金属屑和输入的冷却润滑剂。

[0008] 所有这些因素都影响机床的热性能且必须被减少,用以实现相应的加工精度。

[0009] 此外这些因素可以或者在设计上减少或者通过控制技术平衡,为此采用直接和间接的方法。

[0010] 对于设计上减少由于热性能引起的精度问题的例子在 DE10343320A1 中描述,其中对特定的结构元件进行调温。

[0011] 针对直接的平衡而言,在分开的测量系统上测量主轴的真实的、也就是说实际位置并且与通过控制装置分别在当前预设的额定位置进行比较。计算出的偏差被应用到控制装置中,用以修正跟踪控制命令。

[0012] 此类的方法比如从 DE10330915A1 中公开。

[0013] 在已知的方法中在机床的工作区设置以激光光栅形式的单独的测量系统,其倾斜于主轴头的直线的移动轴设置。在主轴头中在特定的时间点夹住测量工具,之后利用测量工具将光栅平行于移动轴线驶入且当光栅被中断时确定主轴头的位置。将这样测量到的实际值与利用由控制装置预设的额定值进行比较且由此计算出修正值,控制装置在预设新的额定值时考虑该修正值。

[0014] 虽然该方法非常精确,但为了测量必须中断制造过程,因此该测量不是主时间平

行地完成。另一个问题在于,制造过程在一定的制造步骤中是无法中断的。只要制造步骤长时间持续,那么在该时间间隔内就无法实现平衡。

[0015] 从 DE10251829B4、DE102005060104B4 以及 DE3836263C1 中公开了其他的用于平衡机床中的热位移的方法。所有这三种方法都需要将测量工具夹紧到主轴中且之后将主轴朝生成测量值的测量点移动,这些测量值显示出现的热位移。这些方法也是费时的且无法主时间平行地实施。

[0016] 对于间接平衡而言借助于数学模型从测量到的辅助量比如在机床中的不同点上的温度计算出在主轴相对于工件的位置中由热引起的偏差,并且应用在控制装置中以进行平衡。

[0017] 该方法比如从 DE10344903A1 中公开。

[0018] 这些测量虽然可以在主时间上平行,但需要用于确定进入数学模型的参数的大规模测量。此外该数学模型常常只不完全地形成实际的参数状态,因此该方法不如上述直接平衡那样精确。

[0019] 到此描述的现有技术的主要缺点在于,这些测量不够精确且不能快速地实施且常常无法主时间平行地完成。

[0020] 所有这些导致一如既往地需求新式机床和新的方法,以便能够精确地确定工具相对于工件的位置,该精度不会受到热位移的影响。

发明内容

[0021] 在该背景下本发明的目的在于,改进文章开头所述类型的方法以及文章开头所述类型的机床,使得能够以设计上简单的方式快速地探测和平衡热位移,无需中断或过度延迟制造过程。

[0022] 该目的通过文章开头所述的用于平衡机床上的热位移的方法如下实现,优选结合工具更换,借助于单独的测量系统将主轴移入或经过测量位置,在该测量位置中通过机器控制装置以及对应的测量系统确定主轴相对于坐标原点的相对位置并且由此计算出至少一个修正值。

[0023] 该目的通过文章开头所述的机床如下实现,设置单独的测量系统,其说明是否主轴(优选结合工具更换)占据这样一个测量位置,即在该测量位置中通过机器控制装置和对应的测量系统确定主轴相对于坐标原点的相对位置且应用于确定至少一个修正值。

[0024] 本申请的发明人认识到,特别是主轴的工具更换位置实现了快速地以及设计上简单地确定用于热位移的修正值。

[0025] 在按照捡起方法(Pick-up Verfahren)的工具更换期间,主轴无论如何都必须从工件上撤离并且将到目前为止采用的工具搁置到工具仓的空的存储位置中。之后该工具仓必须由搁置的工具自由移动且随后或者驶入工具仓中的新的存储位置或等待直到工具仓被分配,驶入带有已经移入过渡位置的、作为需下一次使用的工具的存储位置。

[0026] 现在根据本发明利用该等待时间或转移时间,用以利用主轴驶入或经过一个测量位置,之后针对该测量位置完成该占据的位置的额定值实际值之间的比较。之后从比较中计算出修正值,机器控制装置在预设新的额定值时考虑该修正值。此外单独的测量系统向机器控制装置提供是否主轴到达测量位置的信息,然后机器控制装置借助于为了主轴的移

动总归要设置的测量系统确定主轴的实际位置。这时将实际位置与额定位置进行比较,如果不存在热位移则主轴占据额定位置且额定位置存储在机器控制装置中。此外主轴可以或者直接在测量位置中进入静止状态或者继续移动,因为其或者在驶向另一个位置时仅经过该测量位置,从而对应的测量系统所谓地“飞速 (on the fly)”探测到实际值,或者因为其由于惯性和控制延迟在经过测量位置之后才进入静止状态。

[0027] 如果利用工具更换器或者甚至在随动的工具仓上实现了工具更换,则同样得出根据本发明可以利用的等待时间或转移时间。

[0028] 根据本发明通过单独的测量系统探测测量位置的到达,该测量系统直接与主轴或安置主轴的主轴头配合作用。因此无需将单独的测量工具更换到主轴中或者在主时间内驶向单独的测量位置。而是在某个时间点确定主轴优选结合工具更换的当前位置,在该时间点本来就无法加工工件。

[0029] 以这种方式实现了在每次工具更换期间探测以及必要时修正主轴头架的热位移。发明人已认识到,对于绝大多数的应用情况而言,在工具更换的时间点完成热位移的平衡就足够,无需经常进行修正。但利用根据本发明的方法可以实现,在更具更换之外的时间也可以驶向或经过测量位置,前提是为了精度伴随而来的产量的损失是可接受的。

[0030] 因此本发明的目的以这种方式完全实现。

[0031] 此外优选的是,单独的测量系统间接地或直接地在主轴和测量地点之间作用,该测量地点在至少一个坐标方向上相对于工件支架位置固定,其中,单独的测量系统优选具有一个测量面和至少一个测量探头、优选测量电键,其中,或者测量面或者测量探头与主轴连接,测量探头或者说测量面设置在测量地点。

[0032] 该措施实现了价廉物美的以及设计简单的单独的测量系统,此外其快速以及可靠地工作、特别是在单独的测量系统中采用测量电键时,即采用切换的测量系统时,该测量系统按照是/否-决定的类型说明是否主轴已占据测量位置。

[0033] 在这一点上对于新方法而言优选的是,将主轴至少一直朝测量位置的方向移动,直到单独的测量系统响应。

[0034] 这里有利的是,能够快速以及可靠地占据测量位置。此外可以在低速行程中移动主轴。

[0035] 总而言之优选的时,主轴将使用过的工具搁置到空的存储位置中且从装备好的存储位置中取出新的需使用的工具,其中,优选主轴在将使用过的工具搁置到空的存储位置之后驶向或经过测量位置,且还优选工具仓以装配有新的需使用的工具的存储位置来更换搁置有使用过的工具的存储位置,而主轴驶入测量位置,其中,工具仓能够在捡起方法中实现工具更换。

[0036] 这里有利的是,在不损失或至少近似不损失主时间的前提下,在驶向测量位置的同时分配工具仓。

[0037] 其他的优点从说明书和附图中给出。

[0038] 显而易见,前述的和下面还将阐述的特征不仅可以在各个给出的组合中使用,而且可以在其他组合中或单独使用,不会脱离本发明的范畴。

附图说明

[0039] 下面在附图中展示本发明的实施例且在下文中详细进行描述。其中：

[0040] 图 1 示出了新式机床的示意性侧视图，其中，虚线示出工具仓和主轴头架的工具更换位置；

[0041] 图 2 示出了图 1 的工具仓的示意性俯视图的一部分；

[0042] 图 3 示出了图 1 的机床的另一种实施例在主轴的区域中以及在工具更换期间的示意性和放大的部分视图；

[0043] 图 4 示出了在工具更换的稍后阶段中的图 3 的视图；以及

[0044] 图 5 示出了在工具更换的再后来的阶段中的图 3 的视图，其中分配了工具仓且同时确定了主轴头架的位置。

具体实施方式

[0045] 在图 1 中展示了机床 10 的示意性侧视图，该机床被设计成竖直操作台机器。该新式机床也可以作为水平操作台机器以龙门架构造方式或以其他常见的构造方式中的一种存在，这里竖直操作台机器仅用于阐述本发明。

[0046] 机床 10 包括基座 11，其可由加固的腹杆 (Stabwerk) 或聚合物混凝土、由钢或铸铁制成。在基座 11 上设计有示意性示出的作为工件支架 12 的工件台，在其上在图 1 中可见工件 14，该工件通过夹紧装置 15 和 16 在工件台 12 上夹紧。

[0047] 在基座 11 上通过直线导向装置 17 设置 x 滑座 18，其可以驶入附图的绘图平面或从绘图平面中驶出，这与机床 10 的 x 轴一致。

[0048] 在 x 滑座 18 上设置导靴 19，立柱 21 可以在导靴中垂直于 x 方向、即在 y 方向上相对于基座 11 移动。

[0049] 立柱 21 在其正面承载导向装置 22，在导向装置上主轴头架 23 可以垂直于 x 方向以及垂直于 y 方向、即在 z 方向上相对于基座 11 移动。

[0050] 主轴头架 23 以已知的方式承载旋转驱动的主轴 24，用于加工工件 14 的工具 25 以已知的方式夹紧到主轴中。

[0051] 直线导向装置 17、x 滑座 18、导靴 19、立柱 21、导向装置 22 和主轴头架 23 都是结构元件，它们配有自身的驱动装置和直线标度或其他测量系统，用以借助于以 26 示出的机器控制装置使工具支架 24 能够有目的地相对于工件支架 12 移动且能够调节各结构元件的位置。在图 1 中以 26a 示出对应的测量系统。

[0052] 以到此为止所描述的方式和方法可以将工具 25 相对于工件 14 在三个彼此正交的轴中移动，如通过以 27 示出的坐标交叉所示。坐标交叉 27 定义了坐标原点 28，工件 14 相对于该坐标原点的位置是已知的以及在机器控制装置 26 的控制下且借助于测量系统 26a 使工具 25 在工作区 29 中移动，用以加工工件 14。

[0053] 在图 1 中还示出了工具仓 31，其具有多个用于可以代替工具 25 更换到主轴中的工具 32、33、34 的存储位置 30。在图 1 中仅展示了 3 个存储位置，其中，该数量可以为直至 60 个或更多的存储位置。

[0054] 为了更换工具将工具仓 31 沿箭头 35 相对于基座 11 移动，工具仓以其前端部 36（在前端部上具有空的存储位置）到达基座的工作区 29。工具仓 31 的调整在图 1 中以虚线示出且以 31' 表示。

[0055] 现在移动主轴头架 23,使得主轴 24 可以将工具 25 在工具仓 31 的空的存储位置中放下。主轴头架 23 的工具更换位置以 23' 表示。主轴 24 和工具 25 的位置以 24' 和 25' 表示。

[0056] 在将工具 25 在工具仓 31 的空的存储位置中放下之后,主轴头架 23 向上移动,即在 z 方向上,用以将工具 25 从主轴 24 上释放。然后工具仓 31 将新的工具 33、34 或 35 移到其前端部 36 处,在这里由主轴 24 接纳。

[0057] 这种工具更换的方式被称作捡起 (Pick-up) 方法并且作为此类方法在现有技术中充分公开。

[0058] 为了清晰起见,在图 2 中再次部分地在示意性俯视图中展示了工具仓 31。该工具仓 31 可以具有用于工具的马蹄铁形或闭合的传送轨 37。在其前端部 36 示出了空的存储位置 38,其在上述的工具更换的过程中从主轴 24 中接纳工具 25。

[0059] 除了已经在图 1 中展示的工具 32、33、34 之外还示出了其他的工具 39、41,它们可沿传送轨 37 来回移动,如通过箭头 42 所示。以这种方式可以将各工具 32、33、34、39、41 移到前端部 36 且在那里更换到主轴 24 中。此类的工具仓也被称作链式仓。

[0060] 在更换工具之后工具仓 31 逆着图 1 中箭头 35 的方向再次从工作区 29 中驶出且继续利用新的工具加工工件 14。

[0061] 这里为了完整性起见,新式机床也可以设计有带有以捡起方法实现的工具更换的固定工具仓或设计有其他工具仓,在其他的工具仓中工具更换不是以捡起方法而是借助于对应的工具更换设备完成。这里链式仓仅用于阐述本发明。

[0062] 在机床 10 的工作中出现如文章开头提到的热位移。该热位移导致工具 25 相对于坐标原点 28 的额定位置与实际的、借助于测量系统 26a 确定的实际位置偏离,从而使工件 14 的加工无法以所需的精度和可重复性实现。为了平衡该位移,根据本发明在工具更换期间确定主轴头架 23 相对于坐标原点 28 的位置,为此机床 10 配有单独的测量系统。

[0063] 在图 3 中展示了图 1 的机床 10 在主轴 24 的区域中的示意性和放大的部分视图,该主轴位于其工具更换位置中,在该工具更换位置中主轴将工具 25 搁置到工具仓 31 的前端部 36 处的空的存储位置 38 中。在主轴头架 23 上设置具有两个测量面 44 和 45 的闸块 43,其以还将描述的方式与测量结构 46 配合。闸块 43 和测量结构 46 形成前面提到的用于平衡热位移的单独的测量系统。

[0064] 闸块 43 和测量结构 46 也在图 1 中示出,其中,在此可见测量结构 46 固着在 x 滑座 18 上。但测量结构 46 也可以直接固定在基座 11 上,如在图 3 至 5 的实施例中的情况。

[0065] 回到图 3 可见,测量结构 46 具有两个与机器控制装置 26 连接的、以测量电键 47 和 48 的形式的测量探头,它们与水平延伸的、即位于 x/y 平面中的测量面 44 或竖直延伸的、即位于 x/z 平面中的测量面 45 配合。利用测量面 44 和测量电键 47 在 x 方向上探测闸块和主轴头架的位置以及利用测量面 45 和 48 在 y 方向上探测闸块和主轴头架的位置,如下文中还将详细描述。

[0066] 图 4 首先仍展示了在工具更换的稍后阶段中的状态,即主轴 24 已将工具 25 搁置到之前空的存储位置 38 中。这时主轴 24 必须释放工具 25,由此主轴头架 23 必须向上移动。然后工具仓 31 可以将工具 25 从前端部 36 驶出且同时将另一个工具驶向其位置,在图 5 中该另一个工具是工具 32。在工具仓 31 中的该运动流程也被称作“分配”。

[0067] 在工具仓 31 分配期间, 主轴头架 23 同时 (zeitgleich) 沿在图 4 中示出的箭头 51 和 52 移到以 50 表示的测量位置中, 由此将闸块 43 移入测量结构 46 的“测量角落”中。沿箭头 51 和 52 的该运动一直延续, 直到机器控制装置 26 识别到, 测量电键 47 接触测量面 44 以及测量电键 48 接触测量面 48。即单独的测量系统 43、46 识别到, 主轴 24 何时占据了测量位置 50。此外无需主轴 24 在测量位置中本身进入静止状态, 也可以比如在低速行程中经过测量位置, 其中, 如果单独的测量系统 43、46 报告已到达测量位置, 则机器控制装置 26 从对应的测量系统 26a 探测实际值。

[0068] 闸块 43 在到达测量位置 50 时在 y 轴和 z 轴中相对于坐标原点 28 占据的相对位置被机器控制装置 26 和测量系统 26a 探测到, 该相对位置与实际的、即主轴头架 23 的实际位置一致。然后将实际位置与额定位置进行比较, 如果闸块 43 以描述的方式驶入“测量角落”46 并且不出现热位移, 主轴头架 23 应占据额定位置且之后该额定位置应由测量系统 26a 探测到。该额定位置保存在机器控制装置 26 中。

[0069] 然后从额定位置 and 实际位置的偏离中计算出修正值 Δy 和 Δz , 它们对应于在 y 轴或 z 轴方向上的额定位置 and 实际位置之间的差别, 并且机器控制装置 26 在继续加工工件 14 时考虑该修正值, 其中, 机器控制装置以修正值 Δy 和 Δz 改变存储的、针对在继续加工工件 14 的过程中紧跟的、主轴 24 或工具 32 的额定位置的额定值。换句话说, 由机器控制装置在预设新的额定值时考虑修正值。

[0070] 如果工具 32 比如应占据相对于坐标原点 28 的一个相对位置 (x_1, y_1, z_1) , 则这时采用修正位置 $(x_1, y_1 + \Delta y, z_1 + \Delta z)$ 。

[0071] 以这种方式实现了在每次工具更换期间探测主轴头架 23 的热位置并且必要时进行修正。为此设置的由闸块 43 和测量结构 46 构成的额外的测量系统与机器控制装置 26 以及本来就存在的结构元件一起使用, 这些结构元件配有自身的驱动装置和测量系统, 用以借助于机器控制装置 26 有目的地移动主轴头架 23 并且确定通过“测量角落”预设的实际位置。此外单独的测量系统 43、46 仅用于向机器控制装置 26 报告, 主轴头架 24 或主轴头架 23 已到达测量位置 50。

[0072] 这仅需较少的额外的设计上和控制技术上的耗费, 其中, 在一个时间段内实现实际位置的确定, 在该时间段内主轴头架 23 原本会等待工具仓 31 已分配。因此该“工具更换时间平行的”地确定热位移不仅在设计上简单, 而且其也在相对于在没有根据本发明的热位移的平衡的情况下的工作而言没有、至少近似没有时间损失的情况下完成, 但提供了在加工精确度和可复制性方面的额外的优点。

[0073] 此外已证明, 为了平衡热位移确定在 y 方向和 z 方向上的偏离就足以, 因为机床相对于 y/z 平面对称地构建。换句话说, 不存在 x 方向上的倾翻力矩, 其中, 在 x 方向上的移动精度也比在 y 和 z 方向上的更精确, 因为 x 滑座 18 通过滚珠丝杠主轴移动, 该滚珠丝杠主轴通过玻璃标度来平衡。因此根据本发明仅平衡在 y 轴和 z 轴方向上的热位移。

[0074] 出于该原因测量结构 46 也可以安装在 x 滑座 18 上而不是仅安装在基座 11 上。重要的是, 所谓的形成测量地点的测量结构 46 在 y 方向和 z 方向上相对于工件支架 12 是位置固定的。

[0075] 当然类似于运动学上的相反过程也是可以的, 将闸块 43 固定在 x 滑座 18 上或基座 11、即测量地点上以及将测量结构 46 设置于主轴头架 23 上。

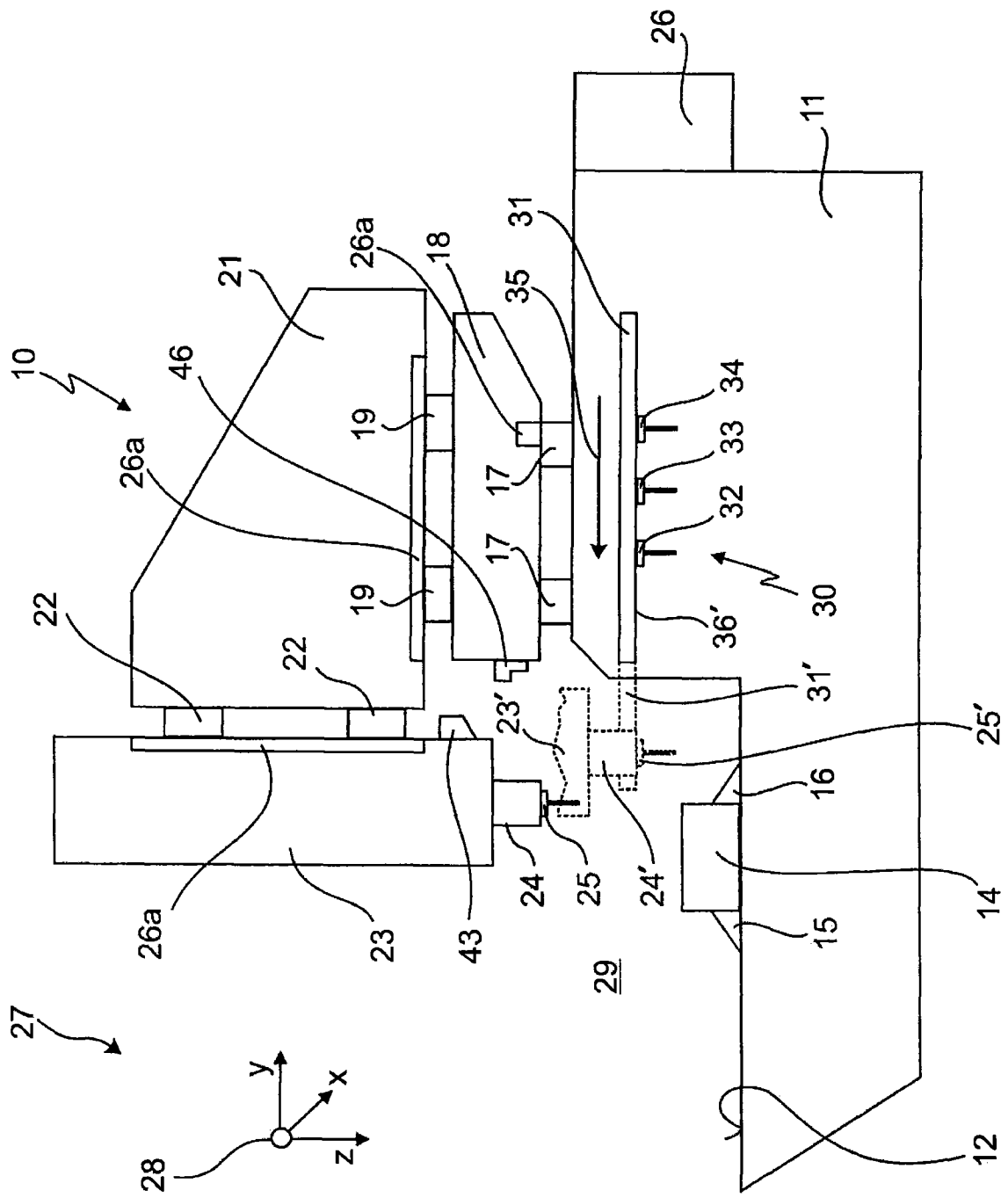


图 1

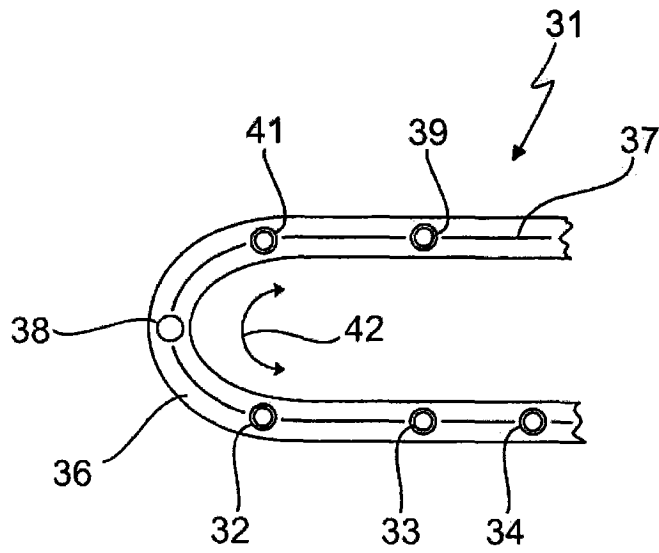


图 2

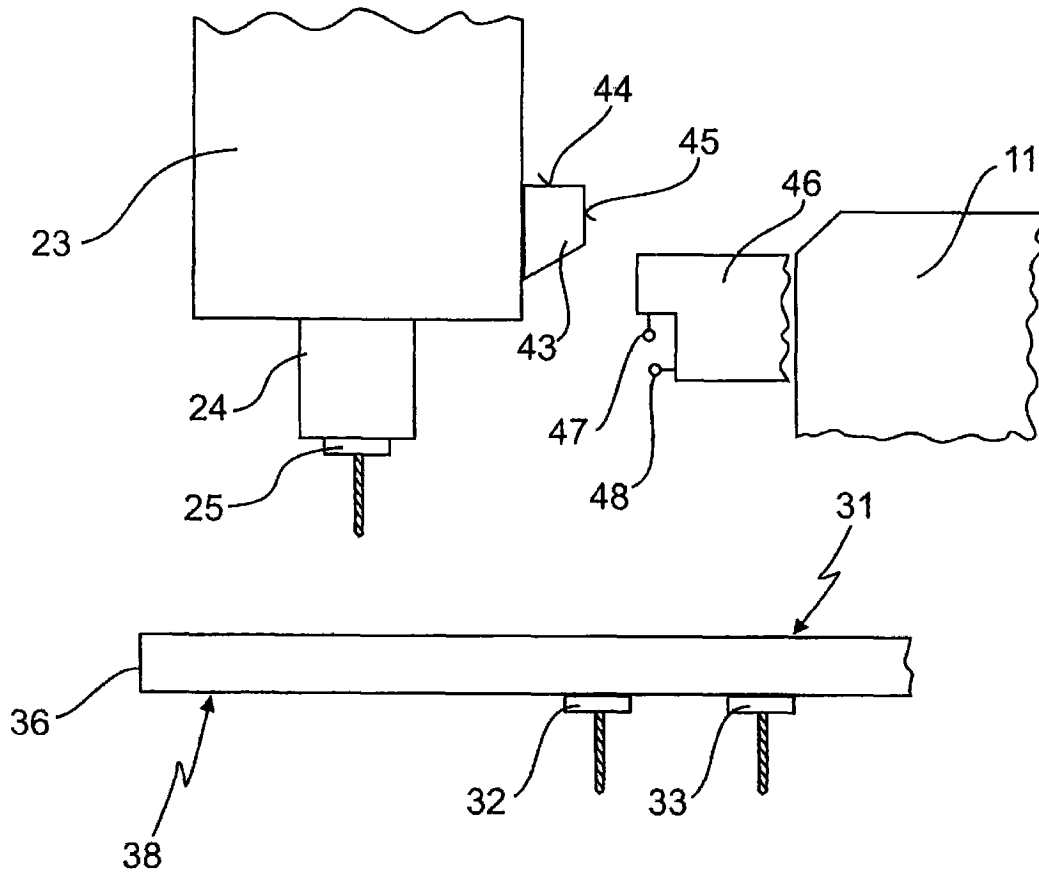


图 3

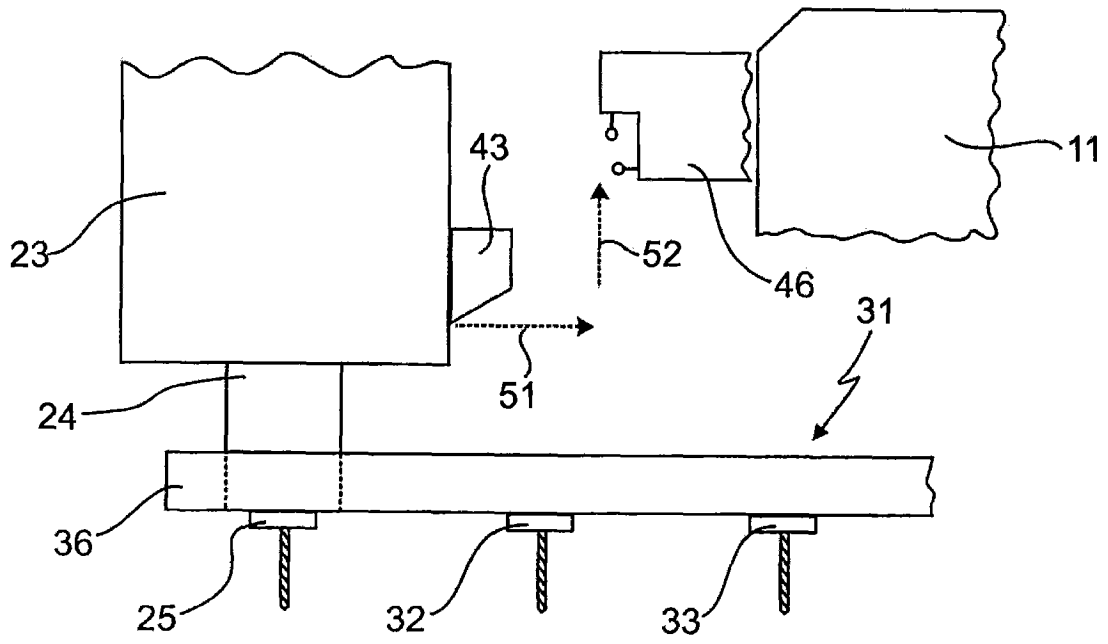


图 4

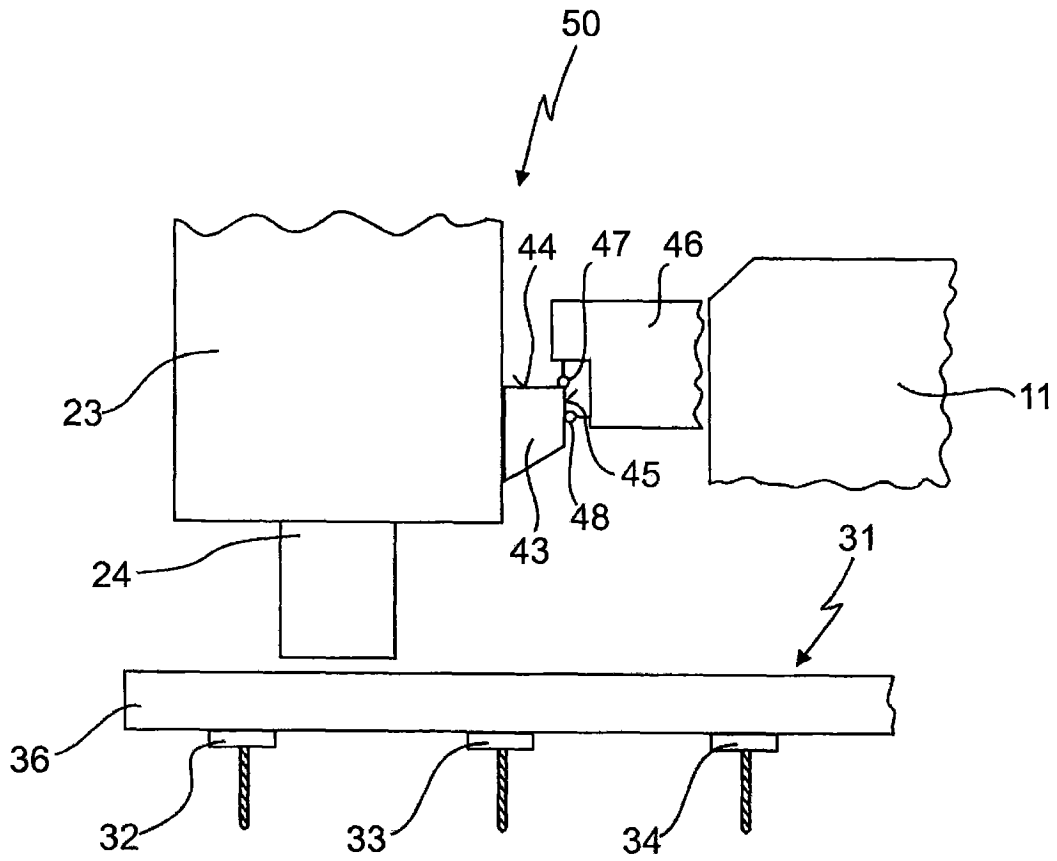


图 5