

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G05B 19/416 (2006.01)

B23Q 17/20 (2006.01)

B23Q 15/12 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580043734.7

[43] 公开日 2007 年 12 月 5 日

[11] 公开号 CN 101084475A

[22] 申请日 2005.12.20

[21] 申请号 200580043734.7

[30] 优先权

[32] 2004.12.20 [33] GB [31] 0427796.8

[32] 2004.12.21 [33] GB [31] 0427964.2

[86] 国际申请 PCT/GB2005/004890 2005.12.20

[87] 国际公布 WO2006/067398 英 2006.6.29

[85] 进入国家阶段日期 2007.6.20

[71] 申请人 瑞尼斯豪公司

地址 英国格洛斯特郡

[72] 发明人 戴维·罗伯茨·麦克默特里

若弗雷·麦克法兰

保罗·马克斯特德

[74] 专利代理机构 北京明和龙知识产权代理有限公司

代理人 郁玉成 邵毓琴

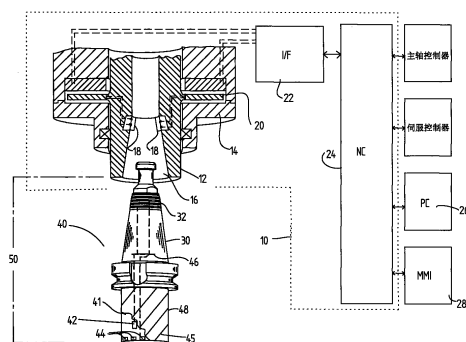
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 2 页

[54] 发明名称

机器和控制系统

[57] 摘要

公开了一种机床控制方法，该方法使用机床实现工件生产过程，所述机床具有用于根据工件生产过程加工工件的切割器具(40)，该切割器具(40)包括具有柄部(30)的第一部分和具有切割面(48)的第二部分；任选的刀架；设置在切割器具(40)的第二部分上的传感器设备(42, 44)，用于感测工件生产过程的至少一个条件；以及机器控制器(24)，该方法包括：在机器控制器(24)的控制下操作机器以启动工件生产过程；感测工件生产过程的至少一个条件；在工件生产过程中，依照感测的条件修改基于控制器或传感器的切割参数。在所述过程中切割器具(40)是可变化的。所述过程可以是单个切割操作。基于传感器的参数可以独立于机器控制器进行修改。



1、一种机床控制方法，该方法使用机床实现工件生产过程，所述机床具有用于根据工件生产过程加工工件的切割器具，该切割器具包括具有柄部的第一部分和具有切割面的第二部分；设置在切割器具的第二部分上的传感器设备，用于感测工件生产过程的至少一个条件；以及机器控制器，该方法包括具有任何合适顺序的如下步骤：

在机器控制器的控制下操作机器，以启动工件生产过程；

感测工件生产过程的至少一个条件；

在工件生产过程中，依照感测的条件修改切割参数。

2、根据权利要求1所述的方法，其中在工件生产过程中切割器具是可变化的。

3、根据权利要求1或权利要求2所述的方法，其中工件生产过程包括单个切割操作。

4、根据前面任意一项权利要求所述的方法，其中切割器具的第二部分进一步包括刀架。

5、根据前面任意一项权利要求所述的方法，其中切割参数是基于控制器的或者是基于传感器的。

6、根据权利要求5所述的方法，其中独立于机器控制器修改基于传感器的参数。

7、根据前面任意一项权利要求所述的方法，其中切割参数包括下面的任意一个或多个：主轴速率、馈送率、切割深度、加速度、切割器具位置、切割器具几何形状、切割面几何形状。

8、根据前面任意一项权利要求所述的方法，其中机床在机器控制器和切割器具之间包括反馈回路，使得能够修改工件生产过程。

9、根据权利要求8所述的方法，其中所述至少一个感测的条件实时地传送到控制器。

10、根据前面任意一项权利要求所述的方法，其中所述传感器是应变计、热敏电阻、热电偶、压电元件、电容器、磁致伸缩元件、电致伸缩元件、光学转换器、电路，或加速度计。

11、一种依照前面任意一项权利要求的机床，其中所述传感器与所述切割器具的第二部分是一体的。

12、根据权利要求 10 所述的机床，其中在切割面上设置所述传感器，并且其中所述切割面是可替换的。

13、根据前面任意一项权利要求所述的方法，其中所感测的条件包括切割力。

14、一种机床控制器，与权利要求 1 到 13 所述的方法一起使用。

15、一种机床控制器，可以依照下面的方法步骤操作：

装载工件生产过程程序；

运行该程序以控制机器，包括以预选的旋转速率旋转主轴以及在机床的主轴和工件或切割器具之间产生预选矢量的相对运动；

向控制器提供有关工件生产条件的反馈；

其特征在于下面的步骤：

在工件生产过程期间依照传送到控制器的条件改变主轴的旋转速率或主轴相对于工件或切割器具的矢量。

16、根据权利要求 15 所述的方法，该方法能够实现自适应控制，其中在控制工件生产过程的同时，对指示所述条件的至少一个输入进行连续监测，并且在需要时基本上实时地更新工件生产过程。

17、根据权利要求 15 或权利要求 16 所述的方法，其中所述至少一个条件包括下列的一个或多个：

切割器具、工件或机器部件的振动强度、频率或其变化；

切割器具、工件碎片/碎屑或工件的温度；

施加在主轴或切割机各个齿上的扭矩或力；

机器、切割机或工件的部件上的应力或应变或其变化；

受激切割器具的幅度或频率的变化；

切割器具的电容、电阻、磁致伸缩或电致伸缩特性的变化；

切割器具的偏斜；以及

机床性能的误差。

18、根据权利要求 15 所述的方法，其中经由从切割器具开始穿过机器主轴到达控制器的路径，将所述至少一个条件传送到机器控制器。

19、根据权利要求 18 所述的方法，其中所述路径包括位于主轴处且位于切割器具与机床之间的接口处的触点，并且包括位于主轴与机床固定部分之间的可旋转连接，例如感应式连接。

20、根据权利要求 15 到 17 中任意一项所述的方法，其中使用设置在切割器具的切割面处或刀架上的传感器感测至少一个条件。

21、根据权利要求 20 所述的方法，其中所述切割器具是可旋转的，并且可以在切割器具旋转和/或切割的同时进行条件的感测。

机器和控制系统

本发明涉及一种例如通过切割材料来生产工件的机器以及控制这种机器的系统。

所谓的计算机数字控制在现代机器控制中占有优势。该系统使用程序代码，程序代码指示机器相对于工件在各种方向上移动以切割金属，并且发出进一步的指令，例如主轴速率或者开启冷却液流等。该程序被装入通常称为“NC”的机器的控制器中并且被运行。仅通过停止程序并从例如单独的个人计算机(PC)的某处请求变量就能够改变程序中的这些变量。

在使用转动切割器具或工件成型设备的机器上，加工或其它工件处理操作中可能出现問題。例如，切割器具可能造成工件或机床的振动，这是不可预测的。振动的发生点以及其剧烈程度高度可变。剧烈的振动将导致表面光洁度不可接受。热变化也能够造成工件变形并导致工件尺寸不准确。

目前对于发明人来说，已知的方案都无法圆满地克服上面提到的问题。目前可以在工件处监测振动和/或温度，但无法立刻改变机器的操作。而是，目前需要完成程序指令行、请求新的参数，例如切割机的速率和馈送，然后继续下一行程序。已知可以通过发出警报来实现加工过程的紧急停止或者提醒操作者，但过程的停止造成停机时间并且需要操作者干涉以排除警报原因。

此外，即使不存在故障问题，仍然可能希望要求增加机床的生产率。同样，不可能瞬间、即实时地提供这样的增加，并且如果没有能力在出现上述类型问题时立刻撤消要求，则要求增加生产率是相当危险的。应当能够反复地做出这种增加生产率的要求。

本发明提供一种机床控制方法，该方法使用机床实现工件生产过程，所述机床具有用于根据工件生产过程加工工件的切割器具，该切割器具包括具有柄部的第一部分和具有切割面的第二部分；设置在切割器具的第二部分上的传感器设备，用于感测工件生产过程的至少一个条件；以及机器控制器，该方法包括具有任何合适顺序的如下步骤：

在机器控制器的控制下操作机器，以启动工件生产过程；

感测工件生产过程的至少一个条件；

在工件生产过程中，依照感测的条件修改切割参数。

本发明相对于现有技术的优势在于，在工件生产过程中修改切割参数，而不是如现有技术所公开的停止该过程以改变切割器具或者允许在过程停止后调查起因，从而本发明允许在过程中当条件改变时，例如当切割器具磨损时，变化切割参数。这样的变化是工件生产过程的渐进式调整，与现有方法相比导致生产率增加并且机器故障时间减少。

工件生产过程既包括单个的切割或加工操作，还包括许多不连续的切割或加工操作。

切割器具的第二部分常常还包括刀架，例如当以插入物的形式提供切割面时。刀架位于切割面和柄部之间并且仍然在切割器具的第二部分上设置传感器，即在切割面处或者刀架上。切割面是切割器具执行工件生产过程即从工件上移除材料的那个部分。在整体器具中，切割面直接和固定到机床主轴的柄部相连接。其它类型的切割器具在可以是插入物的切割面和柄部之间具有刀架部分，所述刀架部分将这两个部件分离。

优选地，机床在机器控制器和切割器具之间包括反馈回路，使得能够改变工件生产过程。

优选地，切割器具是可变化的，并且有利地是可以在工件生产过程中自动变化。

优选地，工件生产过程的感测条件包括切割力(包括加速度)。工件生产过程的变化或者修改包括改变切割器具相对于工件的位置。

本发明提供用于和上述方法一起使用的机床控制器。

本发明进一步提供机床控制器，其可以根据下面的方法步骤进行操作：

装载工件生产过程程序；

运行该程序以控制机器，包括以预选的旋转速率旋转主轴以及在机床的主轴和工件或切割器具之间产生预选矢量的相对运动；

向控制器提供有关加工条件的反馈；

其特征在于下面的步骤：

在工件生产过程期间依照传送到控制器的条件改变主轴的旋转速率或

主轴相对于工件或切割器具的矢量。

如果机器是铣床，则该相对运动存在于主轴和工件之间。如果机器是车床，则相对运动存在于主轴和切割器具之间。

优选地，机床控制器能够通过控制工件生产过程的同时连续地(例如每隔一毫秒)监测指示所述条件的至少一个输入并且当需要时基本上实时地更新工件生产过程来进行自适应控制。

除了位于切割器具第二部分上的至少一个传感器之外，可以设置附加的传感器以监测工件处或机床上的条件。例如，如果测量到切割器具上和主轴处的特性，那么在通常情况下可以预期这些数值之间的相关性，例如如果主轴的特性增强则可以预期切割器具的特性也增强。这种相关特性的一个例子是切割器具的力和主轴扭矩。背离这一相关性可能表明存在例如切割器具损坏、破损或磨损的问题。

优选地，前面提到的至少一个条件包含下面所述的一个或多个：

切割器具、工件或机器部件的振动强度、频率或其变化；

切割器具、工件碎片/碎屑或工件的温度；

施加在主轴或切割机各个齿上的扭矩或力；

机器、切割机或工件的部件上的应力或应变或其变化；

受激切割器具的幅度或频率的变化；

切割器具的电容、电阻、磁致伸缩或电致伸缩特性的变化；

切割器具的偏斜；以及

机床性能的误差。

优选地，通过从切割器具穿过机器主轴到控制器的路径传送所述至少一个条件到机器控制器。优选地，所述路径包括位于主轴处且位于切割器具与机床之间的接口处的触点，并且包括位于主轴与机床固定部分之间的可旋转连接，例如感应式连接。

作为替代方案，该路径包括掩埋在机器主轴内的滑环，所述滑环提供到达切割器具的电源线。或者，可以为切割器具提供电池、发射器和接收器，在切割器具和位于机床上或靠近机床的通信发射器和接收器之间使用电磁传输。

优选地，使用安装到切割器具第二部分上的传感器来感测所述的至少一

个条件。切割器具可以是可旋转的，在切割器具旋转和/或切割的同时可以进行条件的感测。

将传感器定位在切割器具上是有利的，因为和远离切割器具的、例如位于机床或者工件上的传感器相比，这提供更加准确的传感器读数。此外，可以探测参数的微小变化。这样的传感器没有增加机器和切削刃之间的装载路径长度，这是有利的，因为造成切削刃相对于主轴发生位移的任何因素都会降低系统的稳定性，从而使工件生产过程的准确度和可重复性降低。

本发明还提供了切割器具，其具有内置的或者一体的传感器，例如嵌入、集成、或附着在器具表面的应变仪。

这样的内置传感器可以设置为切割面或刀架的一部分。优选地，传感器是磨损或损坏时能够更换的切割面的一部分。在这种情况下，可以通过切割面及其在切割器具上的装配架(mounting)以及机器控制器之间的电连接提供来自和到达机器控制器的电源和信号路径，其中通过感应连接、滑环或电磁传输来激励机器控制器。

作为替代方案，所述内置传感器可以独立于机器控制器任选地改变有关切割器具的切割参数，然而至少需要电源路径来便于进行所述改变。

下面借助附图进一步对本发明进行解释，其中：

图 1 展示了 CNC 机器的元件，所述 CNC 机器适于执行本发明的方法；

图 2 展示了根据本发明的切割器具；以及

图 3 展示了根据本发明的替代性切割器具。

CNC 机床 10 具有可由电机(未示出)驱动的主轴 12。机床具有固定部分 14，其不相对于主轴转动。主轴是转动的，通常将切割器具 40 安装在切割器具容纳区 16 内。切割器具 40 具有第一部分或者柄部 30，用于安装在互补的切割器具容纳区 16 内。

装载路径长度 50 是当切割器具固定在主轴上时切割面和主轴近端之间的距离。

在这个实施方案中，切割器具的第二部分或者切割面 48 具有传感器 42 和 44，其显示在部分切除截面 41 中。传感器 42 是用于测量振动的加速度计，传感器 44 是用于测量靠近切割器具的齿 45 的温度的温度传感器。这些传感器通过中间电路 46 连接到触点 32。使用时，将柄部 30 放置于区域 16 中，

触点 32 和主轴 12 处的互补触点 18 相邻接。

在机器 10 的操作中,来自传感器 42/44 的信号通过触点 32/18 到达感应连接 20,然后到达外部接口 22。在这个实施方案中,这些信号被送入 NC 24。作为替代方案,这些信号可以由接口 22 处理,但是通常主轴的运动由使用来自 NC 的指令的接口控制并且传感器数据由 NC 处理,处理所述数据后,NC 将主轴运动所必需的变化传送到接口。

NC 24 以新的方式工作以便基本连续地监测来自接口 22 的输入。在实践中,NC 执行常规的程序语言行,每隔一毫秒对来自接口的输入进行监测。在 NC 中连续运行算法并且计算输入值。

处理输入,使得特定的输入触发对此时被执行的程序行的修改。这一修改可以改变程序行起动前设定的参数。在这种情况下,过度的切割器具温度或振动造成程序行执行过程中馈送率或切割器具切割速率的下降。过低的温度或振动能够引起馈送率或切割器具切割速率增加。因此,加工程序是实时改变的。

此外,输入可以被进一步预处理(被 NC 24、接口 22、在 pc 26 内,或者由 MMI 28 处的操作者干涉中的任一个预处理),从而可以获得最佳的工件生产参数。例如,如果已知特定的条件造成特定的不良后果,例如工件以特定的频率自然振动,那么当将要达到这些条件时可以预发地修改工件生产过程的程序。

若控制器响应被认为是实时的,通常意味着响应在 10mS 或更短时间内出现。例如,设置变换器以便测量插入过程中铣刀的偏斜,并且监测和处理刀具偏斜,实时地将结果应用到机器控制器路径。因此铣磨过程中刀具尖端的路径被修改从而偏离预定的路径,这样产生所期望的切割几何形状。不再需要为了获得良好的零件而停止生产过程并修改机器程序以改变切割参数。

作为替代方案,控制器以规则的时间间隔或者在加工部件程序中的预定点监测来自接口的输入。因此,在本发明的这个实施例方案中,虽然本质上不是实时的,但是在加工过程中仍会修改切割参数。在这种情况下,在接口中收集和處理数据。在预定时间或所述部分程序的预定点,控制器检查来自接口的处理值,将其和期望值比较并且执行后续操作以修正过程中的任何与期望的偏差。例如,当使用转换器测量插入过程中的刀具偏斜时,接口计算

并存储特征位置或尺寸误差。在程序中的预定点，例如所述部分程序的下一行，或者将特征尺寸和期望特征尺寸比较并且计算误差或者读取误差；将误差与容差进行核对，如果超出容差，则执行宏指令以用新路径命令对特征进行再加工，从而产生正确尺寸的特征。

因此，切割器具馈送率、切割器具速率，以及切割器具/工件路径，这些参数可以实时被更新，而与此时间运行的程序行无关。

控制器还可以用于在操作中基于来自传感器的历史数据或其它输入修改参数。目前不能修正切割器路径的形式(例如圆形路径)，因此，尽管这种路径的中心和半径可以改变，但是如果机床不准确地切割圆形路径，则将产生不准确的形式。本发明的控制器可以在切割操作期间工作以接收输入，从而通过修改切割器具路径来校正几何误差。这个实例中感测的条件是所存储的数据，所述数据有关机床准确度、以及在固有的固定机床不准确度下生产准确工件所需的校正路径。

图2展示了切割器具140，其具有第一部分或者柄部130、以及包括切割面148a(其是切割插入物)和刀架148b的第二部分148。传感器142和144位于刀架148b上邻近或者接近切割面148a处。

在这个例子中，传感器142、144包括下列的一个或多个：应变计、热敏电阻、热电偶、压电元件、电容器、磁致伸缩元件、电致伸缩元件、光学转换器(PSD、编码器、照相机)、加速度计、电路、扩声器。

这些传感器可以测量许多不同的条件或参数。例如，温度与切割器具和工件之间的摩擦成比例，由热敏电阻、热电偶、双金属片、或红外测量对温度进行测量以指示切割面的磨损。

能够造成切割器具粗切削的振动或颤动可以由压电元件、内部光学转换器、应变计或加速度计进行测量。主轴或主轴轴承的振动或不平衡可以影响机器部件例如轴承的磨损，可以使用加速度计测量所述振动或不平衡。

切割器具上的力过大时可以造成切割器具偏斜或折断，可以由压电元件、测力计或加速度计对所述力进行测量。

切割器具的偏斜导致切割面的位置误差，所述偏斜与作用在切割器具上的力成比例，因而可以用于评估这一条件，能够使用内部光学转换器、压电元件、应变计、或电容器测量所述偏斜。

声发射能够指示切割器具的折断或碎裂，可以由压电元件或扩声器来测量声发射。

位于切割面上的电路的阻抗能够指示切割器具的磨损。

神经网络可以用于组合来自一个或多个传感器的数据，这些传感器总共测量一个以上的参数，当刀具可能发生破损时翻译和插入数据，并且在该情况出现前停止过程或改变刀具以防止发生破损时对工件/机器的损害。

在加工过程中可以操纵或动态地改变一些条件或参数。例如，切割器具或工件的温度可以通过使用例如液氮进行内部或外部低温冷却进行控制。在加工过程中可以改变冷却液的馈送率以维持温度条件。

例如为了减轻切割器具的谐振频率效应，可以通过改变切割器具的物理特性(其改变谐振频率)或改变主轴速率(其改变振动频率，从而将切割器具移出谐振频率范围)来控制振动、颤动或工件的不稳定性。主轴或主轴轴承的振动或不平衡可以通过操纵伺服驱动权重(servo drive weighting)或者压电元件来控制。

对切割器具的供电使得切割器具具有额外的功能，例如允许其相对于主轴运动。这样的功能性在许多情况下是有利的，所述情况包括加工阀座和回转刀架(facing head)以及使用单点镗床主头(single point boring head)。可独立运动的切割器具的另一个应用是用作智能深度加工器具。切割器具的独立运动使得能够准确地测量孔的深度和直径(小于或相当于切割器具相对于主轴的行程)。

本发明还提供旋转切割器具。其可以高速旋转以在加工过程中起到协助作用，或者低速旋转，例如以圆形切割面低速旋转，此时，当切割面磨损时使切割器具旋转，这延长了在刀具需要改变操作之前加工过程能够持续的时间长度。例如，对于圆形表面而言，旋转可以是连续的，或者，对于三角形切割面而言旋转可以是不连续的。在切割面具有三个或更多个侧面的情况下，可以设置执行装置，例如压电元件。这里，可以设置自动切割插入物标引。借此，压电元件在整个加工过程中以预定时间间隔提升插入物，使得插入物能够旋转且能够随后将插入物重新放置在切割位置。

还能够自动更换刀具而无需手动干涉或者甚至无需刀具变换器。在一个例子中，在切割器具中设置一堆切割面或插入物，当使用中的那个磨损时，

由例如所设置的压电元件或活塞机械地将其从切割器具上顶出，以使新的切割面暴露于工件。作为替代方案，设置分段的切割插入物，借此当使用中的那段磨损时，其与相邻段之间的较弱连接点发生破裂，例如通过降低分段切割插入物的位置直到连接点和主轴面平齐并使切割插入物敲击表面以折断连接点，从而使下一段切割面呈现于工件。

此外，本发明能够使用内部最小量润滑系统。在邻近切割器具处或者与切割器具一体地设置冷却液的贮存器，引导润滑剂使其在切割面处被释放。作为替代方案或者额外方案，可以通过刀具柄部抽吸冷却液。取而代之，可以经过刀具柄部提供压缩的或冷却的空气，在切割面处排出。

切割参数包括基于控制器的参数，例如主轴速率、馈送率、切割深度、加速度，以及基于传感器的参数，例如切割器具位置、切割器具几何形状、切割面几何形状。所有这些参数可以由 NC 或者外部接口监测。此外，基于传感器的参数可以独立于 NC 予以监测和修改，即在切割器具内使用 MEMS 或者部分或全部集成的基于切割器具的接口予以监测和修改。

在一个例子中，感测的条件可以是切割力。可以在切割器具处或旁边通过多种方式测量这个力，例如通过机床主轴上的扭矩；切割器具或工件、刀架或其它机器部分的应力或应变；或者切割器具处的速率变化来测量。

由特定力引起的切割器具的偏斜可以通过下面的方式确定，例如通过进行切割并测量相对于有效切割深度的切割力，或者通过离线切割器具的预校准。

如果已知每单位切割力数值的偏斜，那么当工件生产中感测到切割力并在 NC 处输入时，可以修改切割程序以改变切割器具的切割路径从而产生更加准确的切割。如果切割器具路径改变，则切割器具的偏斜还可以用于改进切割效率，例如适当情况下可以连续应用最大切割力。作为替代方案，可以应用降低的切割速率、馈送和/或深度，以延长切割器具寿命。

图 3 展示了切割器具 240，其切割面 248 具有一体式应变计 250。向应变计 250 供电，从应变计提取的信号通过电路 260，该电路 260 结束 262 于柄部 230 内的触点 232，当切割器具插入到刀具柄部或机床的刀具模块时，所述触点接触主轴处的互补触点(图 1)。

一体式应变计可以指示切割器具上的偏斜和力。高度偏斜意味着加工过

程可能超出容差，切割器具上的力可以用于判断是否正在使用最佳切割速率。此外，切割面或刀架的重量、平衡或速率由加速度计监测，当出现显著变化时反馈到机器控制器，因为这种变化能够指示切割面的损坏。

有利的是，可以设置一体式传感器作为智能刀具系统，从而传感器不必为了改变切割条件而反馈给机器控制器。在这个实施方案中，传感器是切割面或刀架内小型电路的一部分，所述小型电路例如包括微电机系统或 MEMS。小型电路可以包含外部接口的全部或部分功能。任何基于传感器的参数都可以通过使用集成接口或 MEMS 在内部改变。任何基于控制器的参数即外部参数都可以使用 NC 或外部接口予以修改。

可以监测切割面或刀架的各种特性。例如，如果使用一体式压电元件并且切割器具上的力过大，则小型电路引起压电元件变化以减小切割深度。切割面可以旋转或跳动以改进磨损的均匀度并增大加工速率。取决于所加工工件的表面的角度，可以使用压电元件来改变切割面的前角和/或后角或者凹槽的牵伸以再次优化加工过程。

有利的是，可以为切割器具设置传动装置，所述传动装置响应于来自机器控制器和/或智能刀具的信号。例如，如果应变计或光学转换器所测量的切割器具的力或者偏斜超出容差，那么传动装置例如切割器具的压电元件改变切割器具的直径以引起切割力/偏斜的变化并且使这个参数回到容差以内。同样，如果设置能够相对于切割器具位置对工件表面进行定位的传感器，可以通过改变切割器具的直径来解决与所期望位置的偏差。这样的传动装置对于在研磨机上使用剥孔机的情况同样是有用的。由于没有直径可沿其长度变化的剥孔机，可以使用较短的剥孔机并且在研磨过程中使用前述的传动装置来伸展它。可以使用这种类型的切割器具来替代目前昂贵的具有可调整形式的刀具。

另一种自适应刀具是一种长度可变的刀具。例如，当必须加工深孔时，惯例是使用合适尺寸的刀具，然而随着刀具长度的增加，刀具变得更加不稳定并且更加难于控制切割的准确度。此外，对主轴的供电使得可以为切割器具提供可变长度。因此，在钻孔开始时使用短且硬的刀具。然后这种初始的切割引导刀具逐渐延长，这使得钻孔过程更快且钻的孔更准确。

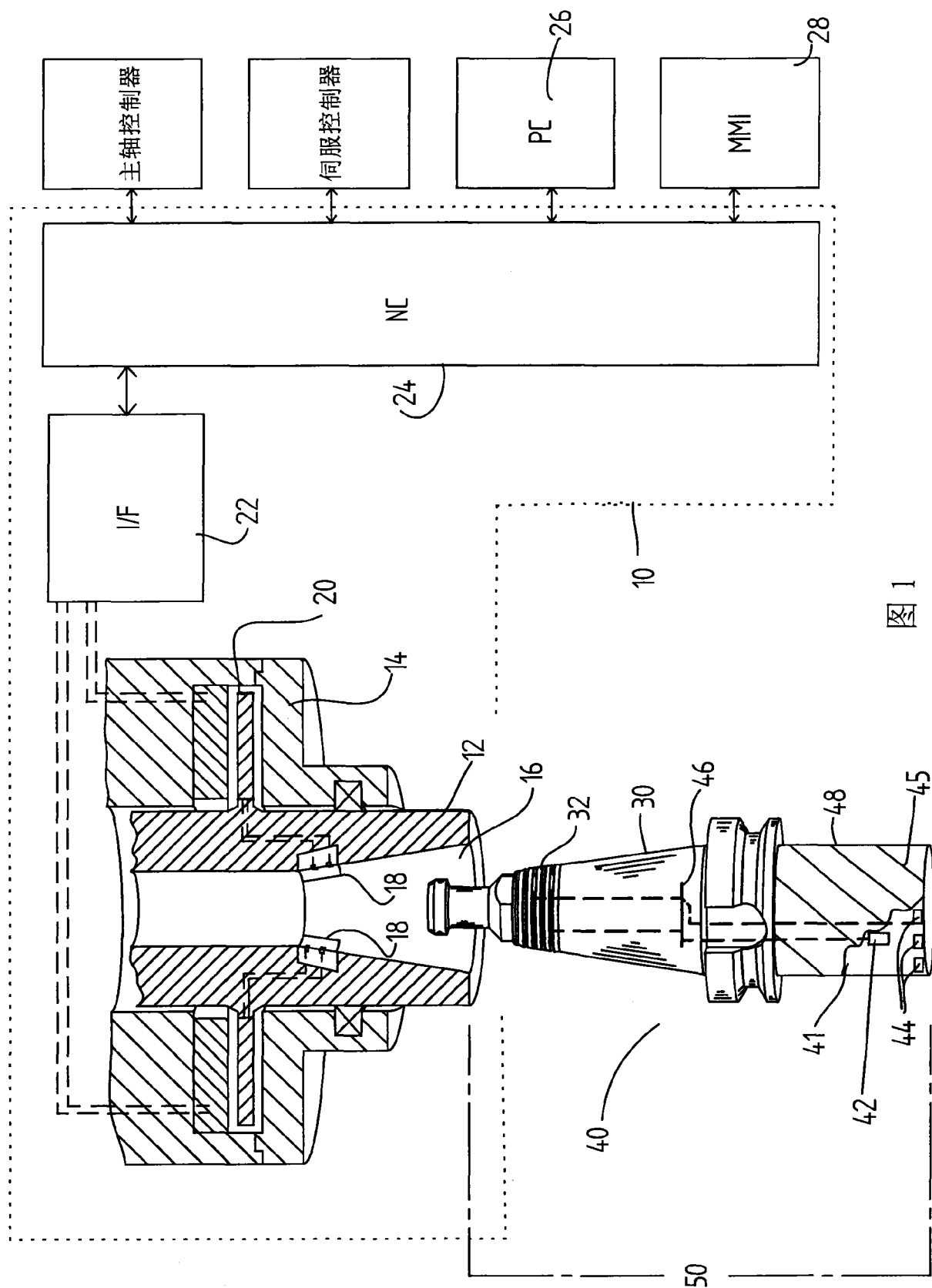
在另一个例子中，可以修改 NC 程序从而当感测到预定的条件时发送信

号到切割器具。在一个具体的例子中，切割器具在所述或每个可退出的切割点装配有压电元件。激励的程度可以由 NC 控制。因此，例如，如果需要去除大量材料，则可以增加激励的程度。作为替代方案，如果在切割器具处检测到振动，可以使用激励抵消该振动。作为替代方案，可以通过改变切割器具的激励来改变切割器具的有效位置。

更一般地，任何可以改变工件生产过程的来自 NC 的反馈都是可行的。附图所示的实施方案中，这个反馈将通过上面描述的路径发送，并且将例如改变切割的模式或改变其它工件生产条件。尤其是，所述反馈可以用于校正机床的不准确度。

本发明适用于使用单个切割器具的车床类型的机器，以及通常使用具有多个齿的旋转切割器的铣床类型的机器。

已经参照机床切割材料对本发明进行了描述，但是使用本发明进行任何类型的机床工件生产都是可能的，例如研磨、激光材料去除以及放电加工。



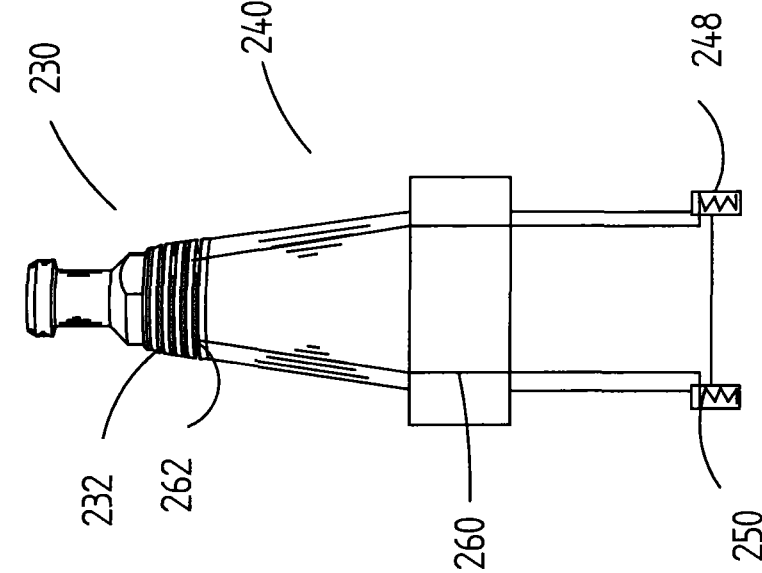


图 3

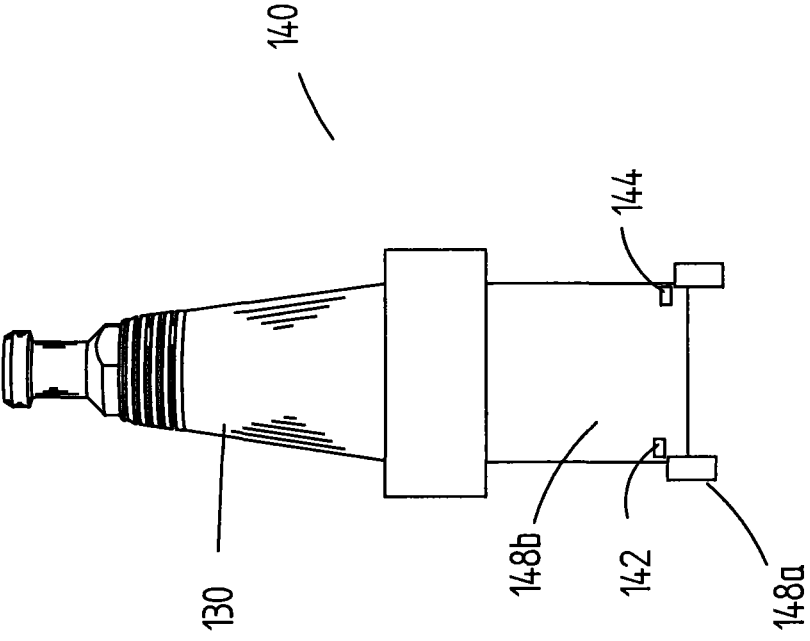


图 2