

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02806275.2

[51] Int. Cl.

B23Q 11/00 (2006.01)

B23Q 1/70 (2006.01)

B23Q 17/22 (2006.01)

G01B 5/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2006 年 11 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1283415C

[22] 申请日 2002.11.5 [21] 申请号 02806275.2

[30] 优先权

[32] 2001.11.9 [33] DE [31] 10155078.2

[86] 国际申请 PCT/DE2002/004099 2002.11.5

[87] 国际公布 WO2003/039810 德 2003.5.15

[85] 进入国家阶段日期 2003.9.9

[71] 专利权人 沃尔特机器制造有限责任公司

地址 德国蒂宾根

[72] 发明人 T·恩格尔弗里德

审查员 王冬杰

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 苏娟 赵辛

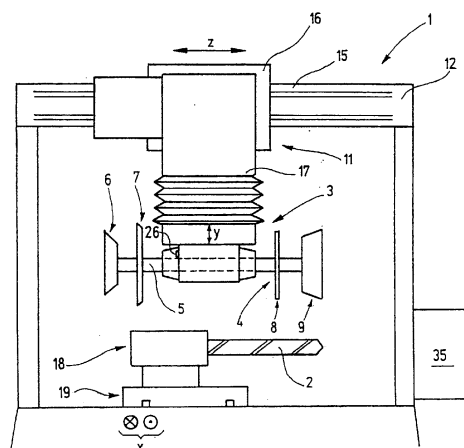
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

具有温度补偿的工作主轴的机器

[57] 摘要

用于加工工件的带有至少一个旋转或转动工具的机器，具有一个带轴(5)的工作主轴，通过至少一个温度传感器(26)监视轴(5)的温度。传感器(26)可以无接触式进行检测。可取的是传感器(26)是对辐射敏感的传感器，其检测轴(5)输出的温度辐射。在启动定位驱动机构时，机器(1)的控制单元(35)考虑轴温度变化产生的轴(5)的温度膨胀。定位驱动机构用于相对工件(2)定位由轴(5)支撑的工具(6)。这样获得的加工精度与机器(1)的整体温度和温度变化无关，与冷却润滑剂的温度变化无关，与工具(6)和轴(5)的温度变化无关，这些温度变化都可由加工点的能量转换造成。



1、用于加工工件(2)的带有至少一个旋转或转动工具(6)的机器(1),

具有一个工作主轴(4),该主轴(4)包括一个轴(5),该轴(5)
5 在底托架(21)中被可旋转地支撑和驱动旋转;

具有一个夹紧装置(18),其布置为保持工件(2);

具有一个定位装置(11),借此工作主轴(4)和夹紧装置(18)
可彼此相对定位和移动;

具有一个非接触式温度检测装置(26,31),该装置产生的信号
10 体现轴(5)在至少一个点(28)的温度;

具有一个控制单元(35),其根据从预定值确定的控制值至少控
制定位装置(11),并且连接在温度检测装置(26,31)上以获得体
现温度的信号并根据信号将控制值转换成预定值,温度检测装置(26,
31)有至少一个温度传感器(26),其检测轴(5)输出的热辐射。

15 2、根据权利要求1中所述的机器,其特征在于,温度传感器(26)
具有一个空间检测区域(27),在该区域内热辐射被检测,温度传感
器(26)这样布置,即轴部分(28)位于检测区域(27)内。

3、根据权利要求2中所述的机器,其特征在于,检测区域(27)
内的轴部分(28)位于由轴(5)支撑的操作工具(6)和轴承装置(24)
20 之间。

4、根据权利要求2中所述的机器,其特征在于,检测区域(27)
中的轴部分(28)位于支撑轴(5)的两个轴承装置(24,25)之间。

5、根据权利要求1中所述的机器,其特征在于,为支撑轴(5),
配备了一个固定轴承(24)和一个固定轴承(25),其中轴承(24)
25 不允许轴(5)轴向移动,轴承(25)允许轴(5)轴向移动。

6、根据权利要求1中所述的机器,其特征在于,检测装置有两个
温度传感器(26,31)。

7、根据权利要求6中所述的机器,其特征在于,固定轴承(24)
布置在温度传感器(26,31)之间。

30 8、根据权利要求2中所述的机器,其特征在于,至少在检测区域
(27)中的轴部分(28)附近,轴(5)具有低反射表面。

9、根据权利要求8中所述的机器,其特征在于,轴(5)备有带

涂层表面。

10、根据权利要求6中所述的机器，其特征在于，轴（5）是烧蓝的。

5 11、根据权利要求1中所述的机器，其特征在于，定位装置（11）包括一个位置传感器装置，借此可检测夹紧装置（18）和工作主轴（5）的相对位置，该传感器装置可产生实际位置信号。

12、根据权利要求11中所述的机器，其特征在于，通过轴向不可移动的轴承装置（24）的位置确定工作主轴（5）的位置。

10 13、根据权利要求11中所述的机器，其特征在于，控制单元（35）根据控制值和实际位置信号控制工作主轴（5）。

14、根据权利要求12中所述的机器，其特征在于，控制单元（35）通过把根据测量到的已经温度补偿的轴承装置（24）和工具（6）之间的轴部分尺寸，以及工具（6）的尺寸加到测量到的轴承装置（24）的位置上来确定实际的位置信号。

15 15、根据权利要求14中所述的机器，其特征在于，控制单元（35）另外对工具（6）的尺寸温度补偿。

16、根据权利要求1中所述的机器，其特征在于，机器（1）包括一个机架和连接在控制单元上的温度传感器。

20 17、根据权利要求1中所述的机器，其特征在于，工作主轴（4）带有至少一个磨削工具（6）。

18、根据权利要求1中所述的机器，其特征在于，工作主轴（4）带有至少一个腐蚀工具（9）。

具有温度补偿的工作主轴的机器

本发明涉及用于加工工件的带有旋转或转动工具的机器。

- 5 为精密加工工件，例如进行磨削，有必要使保持在工作主轴上的磨削工具的定位精度与希望的产品精度一致。通常，工作主轴通过一个或多个定位装置支撑在机架上。定位装置检测工作主轴的位置。为防止机架温度变化导致定位不准，有时为机架配备了温度传感器，用于启动定位驱动机构的控制单元将传感器的信号考虑在内。但是，这不能检测由于工具，例如磨削工具的接合点与工作主轴固定轴承之间的温度变化所产生的误差。因此在这些情况下，常常有必要用测量探针接近磨削工具以重新校准机器。这是花费加工时间的。

基于上述内容，本发明的目的在于创造用于加工工件的带有旋转或转动工具的机器，其能够提高加工精度和/或改善对时间的利用。

- 15 该目的是通过一种用于加工工件的带有至少一个旋转或转动工具的机器来实现，其具有一个工作主轴，该主轴包括一个轴，该轴在底托架中被可旋转地支撑和驱动旋转；具有一个夹紧装置，其布置为保持工件；具有一个定位装置，借此工作主轴和夹紧装置可彼此相对定位和移动；具有一个非接触式温度检测装置，该装置产生的信号体现轴在至少一个点的温度；具有一个控制单元，其根据从预定值确定的控制值至少控制定位装置，并且连接在温度检测装置上以获得体现温度的信号并根据信号将控制值转换成预定值，温度检测装置有至少一个温度传感器，其检测轴输出的热辐射。根据本发明，该机器具有非接触式温度检测装置，它产生的信号体现了轴的温度。沿轴至少在一个点上检测温度。这样在定位工具或工件时，控制单元可考虑导致工作主轴长度变化的工作主轴的轴温度变化。在产生轴温度交替变化的加工操作中，这是特别重要的。例如在工作过程中交替使用不同的能量转换时。例如，如果机器已经设置好，并且磨削操作时间较短并一再为测量目的被中断，那么主轴温度波动较大并且平均起来趋向于保持较低。相反地，如果在制造中机器全速运行，则主轴温度可升高。温度相差可超过 10K。这些温度变化导致的轴长度变化在微米范围内。控制单元检测这些长度的变化并通过在用控制值形成预定值时考虑长

度的变化来修正它们。例如，如果检测到了温度升高，该温度升高导致轴长度增加了 1 微米，则工作主轴在其纵向定位的预定值反向修正同样的量，即 1 微米，例如减少 1 微米。例如可以几十毫秒的间隔连续进行，不断重复该操作。这样，即使短暂的温度变化也可检测到并在产生作用之前将其排除。这样在控制操作过程中进行对轴的温度补偿。通过在控制单元的存储装置中的真值表，将测量到的温度转换成长度的变化值。真值表可根据工具变化以便还能够检测起源于工具的长度变化。代替真值表，还可使用计算公式，其从测量到的温度增加或温度变化计算出长度的增加或变化。

该创造性构思基本适用于任何对工件进行切割加工的机器。其特别有利地适用于还进行电腐蚀加工的研磨机。虽然电腐蚀加工以较低的每分钟转数进行，例如 200 转每分钟，并在工具上仅产生较少的热，但磨削操作以相当高的转速进行，例如 3000 转每分钟，并且工具与工件之间直接接触，从而产生较大的热量。在这种情况下，检测和补偿轴的温度可获得特别高的加工精度。

可取的是以非接触方式通过对辐射敏感的温度传感器检测轴温度。非接触式检测使得即使在机器操作过程中也能快速且精确地测量温度。传感器最好这样定向，即轴的一部分完全占据其检测区域。因此，对辐射敏感的传感器检测轴圆柱形部分的平均温度。可取的是由传感器检测的轴部分位于加工工具和确定轴的轴向位置的轴承装置之间。其结果是，传感器恰好检测轴的这样区域，即该区域的长度变化如果不进行补偿就会影响加工精度。

在一个有利的实施例中，提供了至少两个温度传感器，它们在轴向固定轴承装置的两侧检测轴温度。该实施例具有这样的优点，即轴两边都可带有至少一个工具，并且不同长度的两个轴部分都可进行温度膨胀补偿。还有这样的优点，即如果两个传感器显示不同的温度，则可得到结论，即在轴上存在温度分布，从而使得可以更精确地补偿长度变化。在最简单的情况下，这可通过例如线性近似进行。如果两个传感器显示相同的温度，则认为整个轴处于均匀（上升）的温度。基于这种假设，然后利用测量到的温度值计算或另外确定发生且需要补偿的长度增加。但是，如果例如一个传感器显示较高的温度，而另一个传感器显示较低的温度，则可认为在轴上存在温度下降，该温度

下降例如是恒定的，从而可根据该温度下降计算或确定长度的变化。

已经发现，有利的是至少在位于检测区域的轴部分之一设置低反射面，例如带涂层的表面。例如，轴可以烧蓝。这避免了产生干扰的光反射并保证了对温度的可靠检测。还可以烧蓝或者圆柱形区域或者
5 整个轴，以及仅在某些区域为轴提供无光泽的，变黑的，烧蓝的或用其它方法上涂层的表面。例如，可在轴上附着纵向条，当轴旋转时，这些条穿过传感器的视野（检测区域）。

这具有这样的优点，即传感器输出交变信号，信号振幅是温度的测量值。这样就以简单的方式过滤掉了由于老化或传感器本身温度变化
10 产生的直接分量和漂移效应。

此外，在机架上可为机器设置温度传感器，以检测和补偿机架的温度变化。通过对轴进行温度补偿，可获得特别高的精度。

从附图，说明书中可以获知本发明的其它细节。在附图中示出了本发明的一个示例性实施例：

15 图 1 是加工工件的机器示意性正视图；
图 2 是图 1 机器工作主轴的示意性剖面图；
图 3 是图 1 机器控制单元的示意图；
图 4 示出了图 1 机器上的待加工工具，在该情况下其形成工件；
图 5，6 示出了各个加工阶段的图 4 工具；
20 图 7 示出了在加工过程中带和不带温度补偿的工作主轴长度随时间的变化，供比较用。

在图 1 中，示出了实施为研磨机的机器 1，其用于加工工具 2，例如钻头，铣刀，及类似物。这样在当前情况下，工具 2 是工件。为对其进行加工，在这里作为例子示出的机器中，使用了组合磨削和腐蚀
25 头 3，其具有工件主轴 4。带有工具 6，7，8，9 的轴 5 属于工作主轴。工具 6，7，8，9 可以是磨削工具，腐蚀工具或类似物。

磨削和腐蚀头 3 通过定位装置 11 保持在机架 12 上。作为例子，定位装置 11 包括一个水平定位装置 14，其包括一个由水平导向装置
15、支撑在导向装置上的托架 16 和相应的驱动装置形成。水平定位装置 14 用于在 Z 方向上定位磨削和腐蚀头 3。
30

托架 16 带有垂直定位装置 17，定位装置 17 包括一个导向装置和一个驱动机构以及相应的位置传感器。装置 17 用于在 Y 方向上定位磨

削和腐蚀头 3。

供工具 2 用的夹紧装置 18 也支撑在机架上。夹紧装置 18 可通过另一个水平定位装置 19 在 X 方向上保持定位。此外，可设置其它的摆动或旋转定位装置（未示出）以使得能够将磨削和腐蚀头 3 和工具 2 在三个直线轴向 X, Y, Z, 以及在一个，两个或三个摆动方向上相互定位。

图 2 以剖面分开示出了腐蚀和磨削头 3。其底托架 21 具有两个轴承座 22, 23, 其分别保持一个轴承装置 24, 25。轴承装置 24 是滚柱轴承，其支撑的轴 5 可旋转但不能轴向移动。轴承装置 25 是滚柱轴承，其支撑的轴可旋转但至少可轴向稍稍移动。这些轴承通过密封装置（未示出）与外界密封。作为选择，该装置还可包括用于供应阻塞气体的装置，供应阻塞气体的装置产生向外的气流。这可以使底托架 21 和轴承装置 24, 25 保持比轴 5 温度低。

在操作过程中，通常向磨削工具供应冷却润滑剂，其用于防止磨削工具被过度加热。在一天的操作中，冷却润滑剂温度的变化可能非常显著，通常在磨削工具和其它机器零件中有较大的温度梯度或温度差。其结果是，轴 5 与轴承 24, 25 和底托架 21 的温度差别可能非常明显。如果打开或关闭或者甚至仅仅改变冲击磨削工具以及轴的冷却润滑剂流，这都可使轴 5 产生较短的温度变化。

底托架 21 带有对辐射敏感的温度传感器 26，其检测区域 27 在图 2 以虚线示出。温度传感器 26 检测其检测区域 27 内的温度辐射并从而检测轴部分 28 发出的热辐射。温度传感器 26 是这样布置的，即位于检测区域 27 的轴部分 28 位于轴承装置 24 和工具 6 或 7 之间。通过直接检测旋转轴的温度，即使由冷却润滑剂产生的轴 5 的瞬时温度改变也可被检测到，并随后进行分析，立即抵销掉。

如果需要，在底托架 21 上可提供另外一个温度传感器 31，其检测区域 32 由轴部分 33 占据。温度传感器 33 可这样布置，即其检测轴承装置 24, 25 之间的轴温度，或如图所示，检测轴承装置 25 和与其相邻的工具 8 之间的温度。

此外，可设置用于检测底托架温度的温度传感器 34。在机架 12 上还可安装其它的温度传感器以使得能够检测其温度的变化，从而可检测其尺寸变化。

机器 1 受控制单元 35 的控制, 控制单元 35 示意性示出在图 3 中。通过输入接口 36, 控制单元 35 接收有关磨削和腐蚀头 3 所进行的运动的数据。这些数据例如以机器控制指令的形式提供, 其中包括了有关定位装置 11, 17 和 19 的移动距离和目标的信息。

5 在输出侧, 控制单元 35 控制定位装置 14, 17 和 19 的驱动机构 37。这些定位装置分别设有传感器 38, 传感器 38 检测可用的定位位置并通过实际值接口 39 将其报告给控制单元。

控制单元 35 包括一个处理框 41, 所有的温度信号通过温度信号接口 62 传递给该处理框。特别地, 温度信号接口 42 连接在温度传感器 10 26 和温度传感器 31 上。

处理框 41 包括至少一个真值表 43 或相应的计算模块, 其将检测到的轴部分 28 的温度值转换成轴承装置 24 和工具 6 或 7 之间整个轴端的相关温度膨胀。换句话说, 真值表 43 从检测到的轴部分 28 的温度值确定由温度造成的工具 6 和工具 7 的移动。相应地, 真值表 43 从 15 温度传感器 31 提供的温度信号可计算或确定由温度造成的轴承装置 24 和工具 8 或 9 之间的轴部分的膨胀。如此确定的轴 5 可用轴部分长度变化和通过输入接口 36 获得的控制值进入处理框 41, 并带上正确的符号加到 Z 定位值上。这样, 处理框 41 把从输入接口 36 接收到的控制值转换成代表修正的控制值的预定值。然后在比较器框 44 中将预定值与传感器 38 测量到的位置进行比较。相应的偏差 $\Delta(X, Y, Z)$ 输入给启动框 45, 该启动框启动驱动机构 37。

图 2 示出了工具 7 的间隔 l_1 在温度从温度 θ_1 到温度 θ_2 变化 $\Delta\theta$ 时的变化。轴 5 的长度变化 Δl 同时也是间隔从 l_1 到 l_2 的变化。在最简单的情况下, 控制单元 35 假定长度变化 Δl 和温度变化 $\Delta\theta$ 之间为 25 线性关系:

$$\Delta l = l_2 - l_1$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

$$\Delta l \sim l_1 \cdot \Delta\theta$$

通过与材料有关的比例常数 α , 适用下面的方程式:

30 $\Delta l \sim l_1 (\theta_2 - \theta_1) = \alpha$, 并且

$$l_2 = l_1 (1 + \alpha \cdot \Delta\theta).$$

至此, 所述机器 1 如下工作:

为展示本发明措施的有效性，假定在图 4 中示意性示出的工具 2 被支撑以进行电腐蚀和磨削。在其活动区域，工具 2 具有菱形碳形成的薄板 46。该板固定在工具钢做的工具主体 47 上。这种工具 2 是精密工具，其刀口必须制造到微米精度。板 46 不能以希望的精度固定到工具主体 47 上。因此，需要用机器 1 进行后加工。为了展示，在图 5 和 6 中放大示出了工具 2，方向为指向其顶端，即平行于其对称轴线 48。

在图 5 中，板 46 最开始具有过大尺寸，用点划线 49 表示。该过大尺寸不能通过磨削去除，至少不能以合理的努力和费用通过磨削去除。从而，磨削和腐蚀头以这样的方式靠接板 46 的扁平侧，即腐蚀工具，例如工具 9 定位在与板 46 扁平侧稍稍有一定间隔处。现在进行去除材料的电腐蚀处理，其中工具 9 低速旋转，例如 200 转每分钟，并且相应的电流在工具 2 和工具 9 之间通过。为展示本发明，首先假定没有进行借助传感器 26, 31 的温度补偿。如图 7 中通过曲线 I 所示，由于轴 5 的旋转和通常转换成机器 1 热量的能量，轴 5 的温度使轴 5 长度增加。只要持续进行腐蚀加工 - 该加工可持续几个小时 - 该值就不会有太大变化。

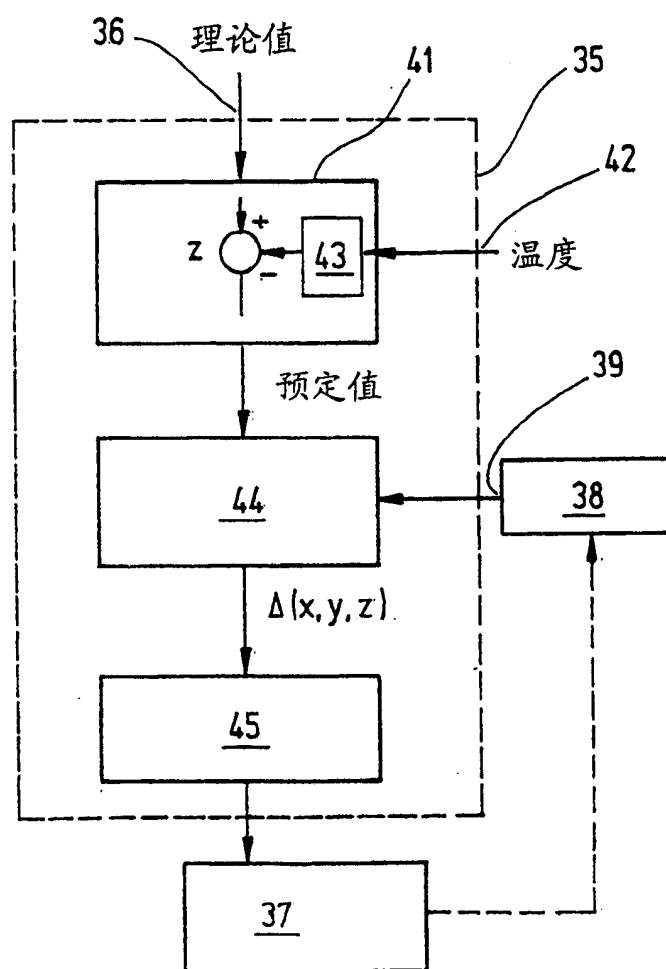
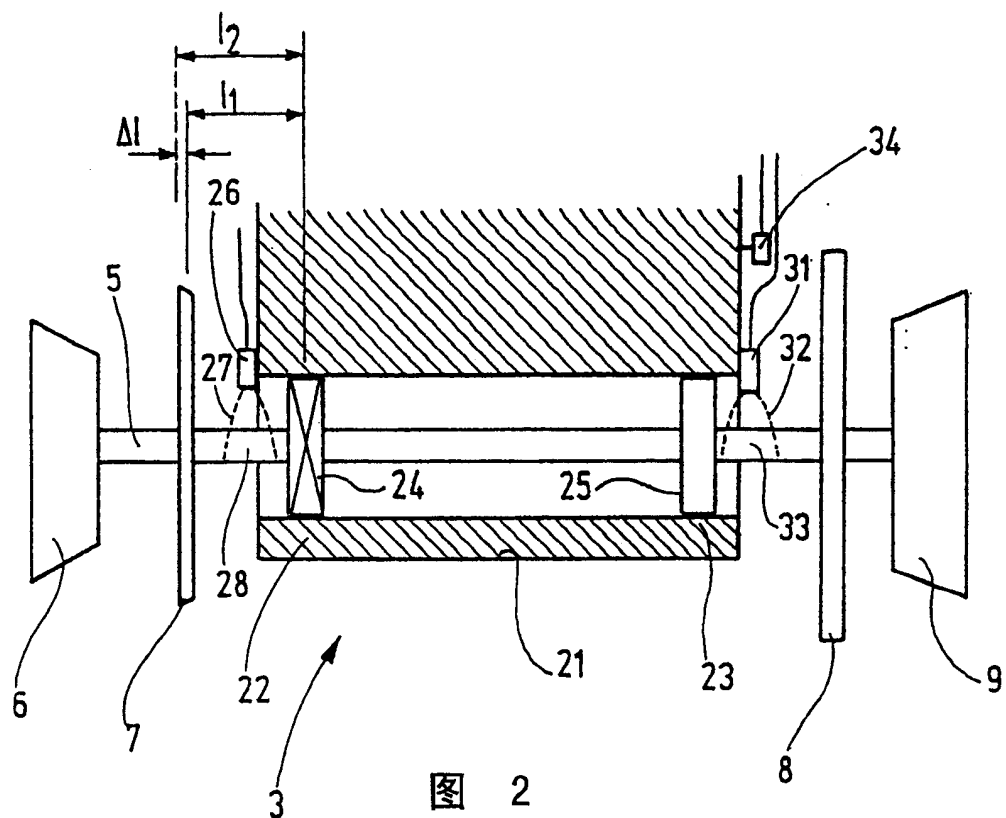
一旦腐蚀加工结束，板 46 具有图 6 中所示的粗糙表面。现在必须通过磨削操作使其平滑。为此，磨削和腐蚀头 3 的轴 5 加速到例如 3000 转每分钟的速度，磨削工具，例如工具 6 与板 46 的扁平侧接合以进行磨削操作，该操作例如持续几分钟。如图 7 中时间段 A, B 之间所示（曲线 II），由于能量转换，Z 方向上的纵向膨胀增加。

一旦进行完磨削操作，如曲线 III 所示，轴 5 的温度再次下降。

轴 5 长度在 Z 方向上的这些变化导致工具 2 精度下降。因此，用传感器 26, 31 检测轴 5 的温度。在腐蚀加工操作的时间段中，其中只有很小的纵向膨胀 $\Delta Z1$ ，在腐蚀加工的整个时间段上以恒定值补偿该膨胀。如果开始磨削操作，则在通过时刻 A 后，检测轴的温度，并使控制值增加或减少适当的修理量。其结果是，避免了温度造成的工具移动，工具的定位保持不变。这在图 7 中以直线 IV 表示。

与前述基于组合的磨削和腐蚀机器的示例性实施例不同，本发明还可应用于只进行磨削的机器。在这种情况下，它也具有这些主要优点，因为在较长时间段上冷却润滑剂温度变化肯定会导致机器温度变化，而这种变化被补偿了。

- 用于加工工件的带有至少一个旋转或转动工具的机器，具有一个带轴 5 的工作主轴，通过至少一个温度传感器 26 监视轴 5 的温度。这里温度可以无接触式获得。可取的是传感器 26 是对辐射敏感的传感器，其检测轴 5 输出的温度辐射。在启动定位驱动机构时，机器 1 的
- 5 控制单元 35 考虑轴温度变化产生的轴 5 的温度膨胀。定位驱动机构用于相对工件 2 定位由轴 5 支撑的工具 6。这样获得的加工精度与机器 1 的整体温度和温度变化无关，与冷却润滑剂的温度变化无关，与工具 6 和轴 5 的温度变化无关，这些温度变化都可由加工点的能量转换造成。



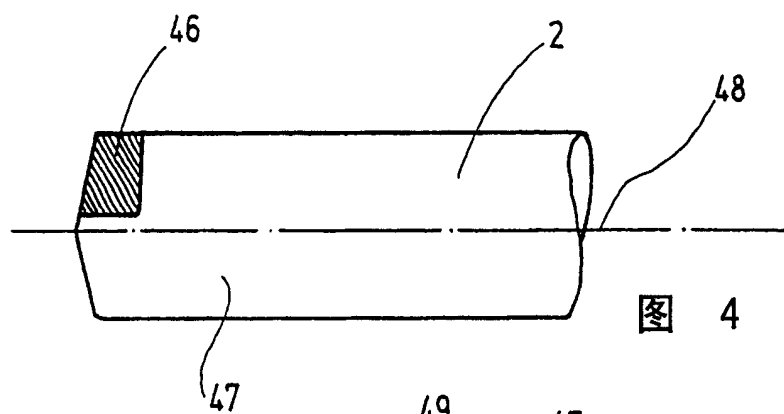


图 4

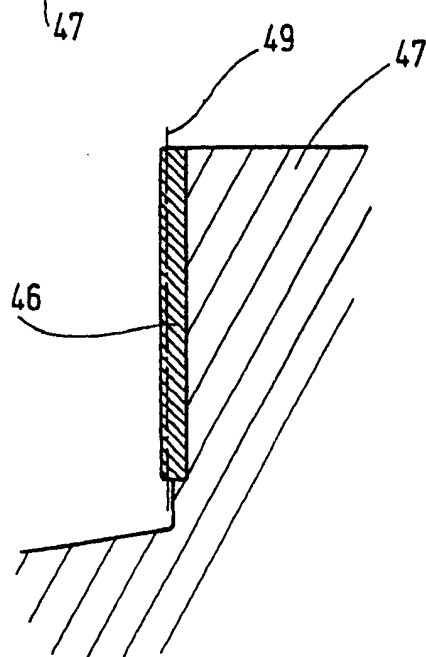


图 5

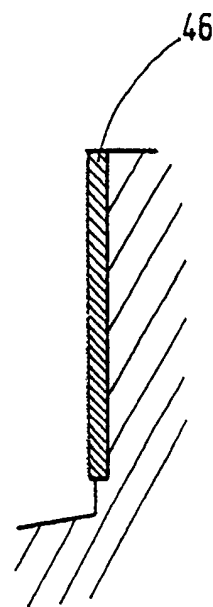


图 6

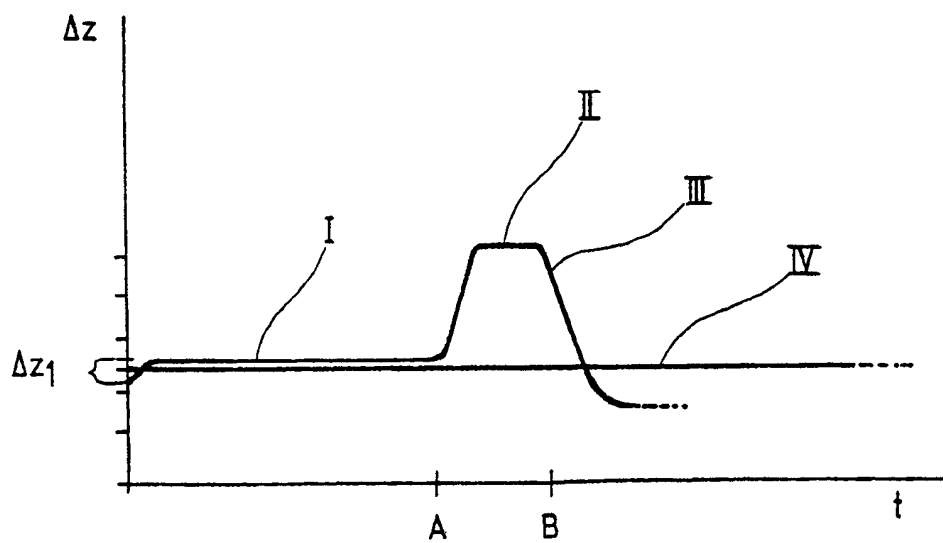


图 7