



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 95191681.5

[43]公开日 1997 年 1 月 22 日

[11] 公开号 CN 1141014A

[22]申请日 95.10.23

[30]优先权

[32]94.10.31[33]EP[31]94203163.4

[86]国际申请 PCT/IB95/00909 95.10.23

[87]国际公布 WO96/13355 英 96.5.9

[85]进入国家阶段日期 96.8.19

[71]申请人 飞利浦电子有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72]发明人 A·范图伦 G·H·冯古尔

J·H·F·M·范李斯特

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 周备麟 蔡民军

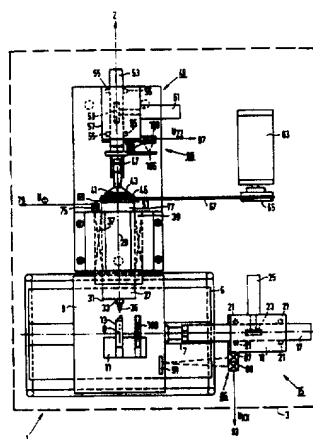
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 刀具相对工件的参考位置的测量方法及实现所述方法的机床

[57]摘要

一种测量刀具(13, 135)的参考位置的方法。此刀具相对一工件(35, 145), 固定在机床(1,131)的第一夹持器(11,133)内。工件(35, 145)用所述刀具(13,135)加工并固定在机床(1,131)的第二夹持器(33,143)内。按照本发明, 当第一夹持器(11,133)相对第二夹持器(33,143)在一预定的参考位置时刀具(13,135)在工件(35,135)上加工一识别记号(123,159)。然后, 识别记号(123,159)用传感器(109,153)检测,而刀具(13,133)相对工件(35,145)的参考位置从第一夹持器(11,133)相对第二夹持器(33,143)的位置来决定, 在这位置上识别记号(123,159)由传感器(109,153)检测到。在实现这一方法时, 刀具(13,135)和传感器(109,153)联接在彼此相对并相对第一夹持器(11,133)的固定不变的位置上。由此得到刀具(13, 135)相对工件(35, 145)参考位置能测量达到的精度唯一地取决于第一夹持器(11, 133)相对第二夹持器(33, 143)取位时能达到的精度, 因而工件(35, 145)用刀具(13, 135)加工时能达到的精度并不受刀具(13, 135)相对工件(35, 145)的参考位置被测量时的精度有

害的影响。在依照本发明的机床(1, 131)一特定实施例中, 传感器(109, 153)是一带聚焦误差检测器(119)的光学传感器。按照本发明机床(1)的另一实施例中, 带工件(35)的第二夹持器(33)能绕 Z 轴旋转, 带刀具(13)的第一夹持器(11)能平行于 x 轴移动, x 轴垂直于 Z 轴, 而识别记号是在工件(35)的垂直于 Z 轴伸展的表面(121)上的圆槽(123)。



(BJ)第 1456 号

权 利 要 求 书

1.一种方法,用来测量联接到机床第一夹持器中的刀具相对工件的参考位置,所述工件由所述刀具加工并由机床第二夹持器所夹紧,所述
5 两夹持器由一定位装置使彼此相对作位移,以这种方法在预先决定的定位装置的参考位置内用刀具在工件上加上一识别记号,然后一传感器与工件由定位装置使之彼此相对移动,刀具相对工件的参考位置由定位装置的位置所决定,在此位置上识别记号由传感器检测到,其特征在于在识别记号形成以前,刀具与传感器彼此相对并相对第一夹持器是联接在
10 固定不变的位置上的。

2.一种用刀具加工工件的方法,在这种方法中工件相对刀具的参考位置是用权利要求1中所说明的方法来测量的,其特征在于,为了加工工件的目的,定位装置被移位到顺序的若干位置上,每个位置都对应于一个供给定位装置的位置和定位装置的参考位置与测得的刀具相对工件
15 参考位置之差的和。

3.一种如权利要求1或2所述的方法,在此方法中第二夹持器绕一旋转轴线转动而第一夹持器相对第二夹持器平行于方向垂直于旋转轴线的X轴线由定位装置实现位移,特征在于工件有一垂直于旋转轴线延伸的表面,而识别记号是由刀具在所述表面上加工出的圆槽。

20 4.一种如权利要求3所述的方法,其特征在于刀具相对工件的参考位置是由传感器所测得的圆槽的直径所决定。

5.如权利要求3或4所述的方法,其特征在于用一光学检测器作为传感器,利用它圆槽的一侧墙被检测到。

6.一机床,具有为刀具用的第一夹持器;为用所述刀具加工的工件用的第二夹持器;用来使两夹持器能相对移位的定位装置,以及
25 用来控制定位装置的控制部分,定位装置能被控制部分所控制,为了测量刀具相对工件的参考位置的目的,遵照控制程序,刀具在工件上事先确定好的定位装置的参考位置作出一识别记号,就测定位装置使传感器相对工件移动,刀具相对工件的参考位置是由定位装置的位置来确定,在此位置中传感器检测到识别记号,特征在于刀
30 具与传感器是联接在彼此相对且相对于第一夹持器在操作时固定不

变的位置上的。

5 7.如权利要求 6 所述的机床,其特征在于,为了加工工件,定位装置可以遵照控制程序移位到相继的诸位置,这些位置各自对应于由机床使用者供给控制程序一个定位装置的位置与定位装置的参考位置和测得的刀具相对工件的参考位置之间的差的和。

8.如权利要求 6 或 7 所述的机床,特征在于传感器是光学检测器。

9.如权利要求 8 所述的机床,其特征在于光学检测器备有光源,用来把光源辐射的光聚焦到工件上的物镜系统,以及一聚焦误差探测器。

10 10.如权利要求 6、7、8 或 9 所述的机床,其中第二夹持器是绕转动轴线回转的而第一夹持器相对第二夹持器平行于方向垂直于旋转轴线的 X 轴由定位装置可以移位,其特征在于识别记号是一圆槽,是由刀具在垂直于回转轴线延伸的工件表面上加工出的。

15 11.如权利要求 10 所述的机床,其特征在于刀具相对工件的参考位置是由传感器所测得的圆槽直径确定的。

12.如权利要求 8 或 9 及权利要求 10 或 11 所述的机床,其特征在于光学检测器检测圆槽的一侧墙。

说明书

刀具相对工件的参考位置的测量方法 及实现所述方法的机床

5

本发明涉及一种测量一刀具的参考位置的方法，此刀具相对一由所述刀具加工的工件固定在所述机床的第一夹持器中，该工件则夹持在机床的第二夹持器中，所述两夹持器由一定位装置使它们相对移动，由这种方法，在定位装置预定好的参考位置上用刀具在工件上加
10 上一个识别记号，随后一传感器和工件由定位装置使彼此相对移动，刀具相对于工件的参考位置以传感器分辨出识别记号的定位装置的位置上加以确定。

本发明还涉及到一种用刀具制造工件的方法，在这种方法里工件相对于刀具的参考位置是根据本发明的一种方法测量的。

15 本发明还涉及到一种机床有利于刀具的第一夹持器，用于以所述刀具加工的工件的第二夹持器，一定位装置用来使两夹持器相对移位，以及一控制器用来控制定位装置，定位装置被控制器所控制，目的在于根据一控制程序来测量刀具相对于工件的参考位置，按照这程序在定位装置预定的参考位置上刀具在工件上加工出一识别记号，然后定位装置使
20 传感器与工件相对移位，刀具相对工件的参考位置从定位装置的一个位置确定，在此位置上传感器检测到识别记号。

上述为测量刀具相对于工件的参考位置的一种方法，上述用刀具加工工件的方法，以及上述的机床种类都是广为所知的。这种为实现已知方法的机床常常备有大量刀具的刀具库，第一夹持器夹持的刀具可以和
25 刀具库里的刀具之一用交换机构来交换。上述传感器，例如一机械探头也出现在这种机床的工具库里。

根据测量刀具相对工件的参考位置的常见的方法，机床的定位装置被移动到一预定的参考位置，在此第一夹持器与第二夹持器在一给定的彼此相对位置里。在这定位装置的参考位置里，一识别记号用夹持在第一
30 夹持器里的刀具加在夹持在第二夹持器里的工件上。如果这机床，譬如车床，它的第二夹持器和工件是围绕旋转轴旋转的，举例说识别记

号，是用刀具在旋转的工件上车出的刀痕。如果机床是铣床，其中第一夹持器带刀具回绕一旋转轴线回转，识别记号则是例如由回转刀具加工在工件上的凹口。这之后，刀具用交换机构换成所述传感器，传感器夹持到第一夹持器上。传感器和工件随后由定位装置使之彼此相对作位移，传感器对工件扫描。当传感器检测到识别记号的瞬间，定位装置所在的位置定义刀具相对工件的参考位置。举例来说，由于刀具相对于第一夹持器的位置不精确度，第一夹持器相对于定位装置的位置不精确度，定位装置相对于机床床身的位置不精确度，第二夹持器相对机床床的位置不精确度以及工件相对于第二夹持器的位置不精确度，刀具相对工件的这参考位置往往与定位装置的所述参考位置不同，在这所述参考位置中由刀具作出识别记号。对定位装置的参考位置算出一校正量，这样量得的刀具相对工件的参考位置和定位装置的所述参考位置相比较，使定位装置的参考位置对应于刀具相对工件的参考位置，而工件可以在精确在状态下由刀具加工制造，与以上提到的机床元件的相互位置的不精确无关。

刀具相对工件的参考位置，用已知的方法在已知的机床上通常可以量到微米的范围，即达到一到几个微米的精度，因而用刀具加工的工件的尺寸精度也是在微米范围内，只要定位装置有适当的定位精度。但是，在已知机床上用已知的方法，能够测量到的刀具相对工件的参考位置的精度对于制造在亚微米范围内的尺寸精度的工件都是不够的，这时刀具相对工件的定位精度必须在 $0.1 \mu m$ 或者更高的精度级。在已知机床中的所述精度事实上由交换机构的所谓传递误差所限制的，而这是由刀具与传感器用交换机构固定到第一夹持器中能达到的受限制的精度造成的。所述传递误差在相对于用来加工识别记号的刀具第一夹持器的位置与用来检测识别记号的传感器第一夹持器的位置之间造成偏差，同时在刀具相对于第一夹持器在加工识别记号时所占有的位置与此同一刀具相对第一夹持器在随后加工工件时所占有的位置之间也出现偏差。

本发明的一个目的是提供一种测量刀具相对工件的参考位置的方法，并提供一种开头一节中提到的那样的机床，这种机床上刀具相对工件的参考位置可以以亚微米级的精度来测量，因而给定定位装置适当的定位精度，用这刀具制造的产品的尺寸精度也在亚微米

范围内。

根据本发明，测量相对于工件的刀具参考位置的方法，为了这一目的具有这样的特点，即刀具与传感器在识别记号加工以前都是联接在彼此相对并对第一夹持器固定不变的位置上。

5 根据本发明，为此目的机床特征在于刀具与传感器彼此相对并相对于第一夹持器在操作时都是联接在固定不变的位置上。

因为刀具与传感器在加工和检测识别记号时都是联接在彼此相对并相对第一夹持器的固定不变的位置上的，刀具相对传感器的位置的精度决定于第一夹持器的机械刚度和热膨胀系数，而这精度相对于所制造的
10 工件所需的尺寸精度而言由于第一夹持器合理设计的结果是相当高的。刀具相对工件的参考位置能达到的精度，按本发明的方法测量并在按本发明的机床上相应地无例外地是由机床的定位装置的定位精度所决定的。因而，通过采用定位精度在亚微米范围的适当的定位装置，刀具相对工件的参考位置可以用本发明的方法并在本发明所规定的机床上以亚
15 微米范围的精度来测量。因而用刀具加工的工件的尺寸精度也在亚微米范围内。

根据本发明，一种用刀具制造工件的方法，在此法中，工件相对刀具的参考位置是用按照本发明的方法来测量的，其特征在于，为制造工件，定位装置被移位到顺序的多个位置中，这些位置各自对应供应给定
20 定位装置的一个位置和定位装置参考位置与刀具相对工件的参考位置之差的和。

根据本发明机床的一特殊实施例特征在于，为了制造工件，定位装置遵照控制程序被移到相继的位置上，这些位置各个对应于由机床使用者供给控制程序的定位装置的一个位置与定位装置参考位置与测得的刀
25 具相对工件的参考位置之间的差之和。

既然定位装置的相继的位置各自对应于供给到定位装置的一个位置与定位装置的参考位置与测得的刀具相对工件的参考位置之差的所述和，由此可知刀具是由定位装置带入相对于工件的一预期位置的，如果供给定位装置的位置等于刀具相对工件的预期位置。定位装置的相继的
30 位置就由使用者可以以清晰的形式提供。

按照本发明的另一种机床实施例，特征在于传感器是一光学测头，应用光学测头意味着刀具相对工件的参考位置的测量是以无接触方式实

现的，因而测量中不会由于机械摩擦或者传感器与工件间的滞后造成误差。

还有另一种按照本发明的实施例特点在于光学测头备有光源，物镜系统使光源辐射的光聚焦在工件上，还有一聚焦误差测头。光学测头的聚焦误差测头检测光源所辐射的并由工件表面反射的光的焦点是否在工件的表面上。当光击中加工好的识别记号时，聚焦误差测头将检测到聚焦误差，表明识别记号已检测到。这种聚焦误差测头灵敏度很高，即它能根据检测到的聚焦误差提供比较大的输出信号（例如聚焦误差为 $10\ \mu\text{m}$ 时输出电压 10V ）。这就表示识别信号只要比较小的尺寸，而且用聚焦误差测头实现的计量是特别精确的。

一种按照本发明方法用来测量刀具相对工件的参考位置的特殊实施例，和一种按照本发明为用刀具加工工件的方法的一种特殊实施例，在此方法中第二夹持器回绕一旋转轴转动而第一夹持器相对第二夹持器平行于方向垂直于回转轴的 X 轴用定位装置来移动，特征在于工件上有一垂直于回转轴延伸的表面，而识别记号是由刀具在所述表面上加工出的圆槽。

一种按照本发明的机床特殊实施例，其中第二夹持器能绕一回转轴线转动而第一夹持器相对第二夹持器平行于方向垂直于回转轴线的 X 轴由定位装置作移动，特征在于识别记号是圆槽，由刀具在工件表面上加工出，工件表面垂直于回转轴线延伸。

这种圆槽可以在简单的方式下并在较短的时间内用刀具来实现，而且也能在较短的时间内用传感器来检测出，这时后者（传感器）由定位装置平行所述工件表面移位。

按照本发明的一种测量刀具相对于工件的参考位置的方法的又一种实施例，以及按照本发明用刀具加工工件的方法的又一种实施例，特征在于刀具相对于工件的参考位置是由圆槽的直径来决定的，该直径用传感器测定。

按照本发明的机床的另一种实施例的特征在于刀具相对工件的参考位置由圆槽的直径决定，该直径用传感器测量。

在这些按照本发明的方法与机床的多种实施例中，由刀具相对工件回转轴所占的参考位置可以以一种简单、准确而快速的方式测量。当传感器在一与第二夹持器的回转轴线相交且平行于 X 轴线的直线中由定位

装置使之移位时，圆槽在两个径向相对的位置用传感器检测到。圆槽的直径可以用传感器测量，因为传感器检测到圆槽的定位装置的两个位置可以确定。于是刀具相对工件回转轴的参考位置就相当于测得直径的一半。

5 根据本发明为测量刀具相对工件的参考位置的方法的又一种实施例，以及根据本发明为用刀具加工工件的方法的又一种实施例，其特征在于采用一种光检测器作为传感器，用它检测圆槽的侧墙。

根据本发明的机床的又一种实施例，特征在于光学检测器检测圆槽的一侧墙。

10 所述圆槽的侧墙构成槽的台阶边界，用光检测器可以特别精确地检测到这台边界。此外，刀具工作点相对侧墙的位置能精确确定，因而刀具相对工件工作点的参考位置可以以特别精确的方式测量。

在“先进机械电子技术国际会议学报，1989年5月21-24，日本东京，pp.143-146”中的一篇论文“一种超精密加工方法或工件形状精度控制系统”中公开了一种有固定在公共Z向滑板上的钻石刀具及光传感器的机床。在这著名的机床上，切削刀具通过微致动器装在Z向滑板上，（微致动器没有任何细节描述）因此切削刀具与传感器在工作中彼此相对且相对Z向滑板并非联接在固定不变位置上。此论文中关于微致动器的机械刚度及滞后没有任何说明，因此在微致动器在某一给定位置时，刀具相对传感器和相对Z向滑板的位置的精度如何不得而知。此外，光传感器不是用来检测工件表面上存在的识别记号的，而是用来测量Z向滑板与工件的一个表面间的距离的，而且传感器构成控制系统的一部分，利用控制系统使所述距离保持不变。

下面参考图纸，将更详细的解释本发明。这些图中

25 图1示意地表示为实现根据本发明的方法的机床的第一实施例，图2表示图1机床的控制部分，

图3示意地表示图1机床的光学检测器，

图4a示意地表示用图1中表示的机床加工一工件，在此工件上用本发明的方法加上一识别记号，

30 图4b表示图4a中的识别记号的检测，

图5详细表明在图1中所表示的机床的刀具在应用图4中所表示的识别记号时，

图 6 示意地表示实现按照本发明的方法的机床的第二实施例，

图 7 表示属于图 6 机床上为工件用的夹持器，

图 8 示意地表示用图 6 所示的机床加工工件，在此工件上用按照本发明的方法加工一识别记号。

5 为了实现按照本发明的一种方法的机床 1 的第一实施例，如图 1 所示备有机座 3 可以放在基面上。机座 3 上有一导块 5，上有平行 X 轴的直导轨 7。机床 1 上有滑座 9 可以沿着导轨 7 由静压液体支承（图 1 中看不到）作位移。为工具例如切削刀具 13 用的第一夹持器 11 安排在滑座 9 上。滑座 9 用定位装置 15 可以沿导轨 7 移位。结果带切削刀具 13
10 的第一夹持器 11 平行于 X 轴可以移位。定位装置 15 包含有驱动杆 17 平行于 X 轴伸展并联接到滑座 9，此杆 17 在箱座 19 上引导，箱座 19 用若干个导轮 21 联接到机座 3，图 1 中导轮仅示意地表示。摩擦轮 23 在箱 19 中有它的转动的轴承并可由联接在箱体 19 上的电动机 25 驱动，在预拉伸条件下支承在驱动杆 17 上，因而滑座 9 可以用电动机 25 通过
15 驱动杆 17 及摩擦轮 23 平行于 X 轴移位。

图 1 还表明，机床 1 有主轴 27，平行于方向垂直于 X 轴的 Z 轴延伸，并回绕与 Z 轴重合的回转轴 29 转动。X 轴与 Z 轴在坐标系（X，Z）的原点 O 相交，位置在回转轴 29 上。靠近第一端 31，主轴 27 上具有第二夹持器 33 可以装工件 35。主轴 27 有一空心轴 37，在垂直于 Z
20 轴的方向用径向静压轴承 39 支承着，图 1 中仅示意地表示。主轴 27 通过轴向静压轴承 41（图 1 中没有表示出任何细节）并通过弹性变形联接件 47 联接到定位装置 49。所述轴向静压轴承 41 具有基本上垂直于回转轴线 29 的支承面 43 与 45。主轴 27 在平行于 Z 轴的方向内用轴向静压轴承 41 支承并加预载。由于采用了型号为 EP - A - 0 602 724 的联接
25 件 47，轴向静压轴承 41 可以相对支承面 43 及回转轴线 29 的交点 51 摆动，因而轴向静压轴承 41 的支承面 43 与 45 相对转动轴线 29 在垂直度方面的不准确性在主轴 27 绕回转轴线 29 转动时对主轴 27 平行 Z 轴的位置没有影响。

上面提到的定位装置 49 有一驱动杆 53 平行 Z 轴伸展且联接到
30 联接件 47 上。驱动杆 53 由若干个图 1 中仅示意表示的导轨 55 作引导，诸导轮在箱 57 中的转动轴承联接到机座 3 上。定位装置 49 还有一摩擦轮 59，它的转动轴承也是在箱 57 中并能由联接在箱 57 上

的电动机 61 所驱动。摩擦轮 59 带预紧靠在驱动杆 53 上，因而主轴 27 可以由电机 61 通过摩擦轮 59、驱动杆 53、联接件 47 以及轴向液压轴承 41 平行于 Z 轴实现移位。图 1 还表示，主轴 27 由另一个电动机 63 驱动，绕旋转轴线 29 转动，该电动机 63 也是安装在机座 3 上并通过带轮 65、绳 67、另一和空心轴 37 一体的带轮 69 联接到空心轴 37。绳 67 有足够的弹性来适应空心轴 37 及另一个带轮 69 平行于 Z 轴的位移。

工件 35 可以用第二夹持器 33 中的切削刀具 13 加工，这时工件 35 由电动机 63 驱动绕轴线 29 旋转，带刀具 13 的第一夹持器 11 由定位装置 15 带动以适当的方式平行 X 轴移动，而带着工件 35 的第二夹持器 33 由定位装置 49 带动以适当的方式平行 Z 轴移动。如果第二夹持器 33 连续的 Z 位置仅仅取决于第一夹持器 11 的 X 位置，工件 35 就得到一个相对于旋转轴线 29 旋转对称的表面。如果第二夹持器 33 连续的 Z 位置还取决于主轴 27 绕旋转轴线 29 的回转角，工件 35 的表面就不是旋转对称于旋转轴线 29。工件 35，举例说，可以是塑料透镜或隐形眼镜，就有旋转对称的球面的或非球面的，或者是旋转非对称散光表面，一种用复制法制造这种透镜的模，或者轴向动力槽支承的支承表面。

图 2 表示机床 1 的控制部分 71，利用它定位装置 15 与 49 就可控制。控制部分 71 包括有外形发生器 73，它根据事先规定好的程序发出第一信号 U_x ，对应于带着刀具 13 的第一夹持器 11 的一个要求的 X 位置，再发出第二信号 U_z 相当于带工件 35 的第二夹持器 33 的一个要求的 Z 位置。信号 U_z 是按照数学算法作为刀具 13 需要的 X 位置和主轴 27 绕旋转轴 29 测得的旋转角 ϕ 的函数由外形发生器 73 算得的。如图 1 所示，机床 1 为此目的包括有一种普通而本质上著名的光学转角传感器 75，装在靠近主轴 27 的第二端 77 处，而控制部分 71 有第一电输入 79，见图 2，用来接收第一电输入信号 U_ϕ 该信号对应主轴 27 回绕旋转轴线 29 的转角 ϕ ，由转角传感器 75 测定。

图 2 还表明，控制部分 71 包括有第一比较器 81，它把对应于带刀具 13 的第一夹持器 11 需要的 X 位置的第一信号 U_x 和第二电输入信号 U_{xx} 进行比较。第二电输入信号 U_{xx} 对应于第一夹持器 11 测得的 X 位

置，它由控制部分 71 的第二电输入 83 所接收。第二电输入信号 U_{xx} 由一第一光学位置传感器 85 供给，该光学传感器是普通而本质上著名的，在图 1 中仅示意地表示，备有光源 87 和光检测器 89 联接到定位装置 15 的箱子 19，还有一装在定位装置 15 的滑座 9 上的反射面 91。如图 2 所示，第一比较器 81 供应一个差分信号 $U_{cx} = U_{xx} - U_x$ 送到普通而本质上著名的第一控制器 93 这信号供给定位装置 15 的电动机 25，使差分信号成为零 $U_{cx} = 0$ ，而带刀具 13 的第一夹持器 11 的测得的与需要的 X 位置成为相等。

图 2 还表示，控制部分 71 还有第二比较器 95 对第二信号 U_z 与第三电输入信号 U_{zz} 进行比较。第二信号 U_z 对应带工件 35 的第二夹持器 33 需要的 Z 向位置，由外形发生器 73 计算出，第三信号 U_{zz} 对应于测得的第二夹持器 33 Z 向位置，由控制部分的第三电输入口 97 所接收。第三电输入信号 U_{zz} 由普通而本质上著名的第二光学位置传感器 99 供给，在图 1 中再一次仅示意地表示，有一光源 101 及一光学检测器 103，都固定在定位装置 49 的箱体 57 上，而且还有一反射面 105 联接在定位装置 49 的驱动杆 53 上。图 2 表示，第二比较器 95 供应一差分信号 $U_{cz} = U_{zz} - U_z$ ，它被送到普通而本质上著名的第二控制器 107，它向定位装置 49 的电动机 61 供电，使差分信号消失 $U_{cz} = 0$ ，即，装工件 35 的第二夹持器 33 测得的 Z 向位置与需要的 Z 向位置相等。

因为定位装置 15、49 的摩擦轮 23、59 靠在驱动杆 17、53 上带有预应力，而滑座 9 和主轴 27 是用静压轴承相对机座 3 引导移动的，第一夹持器 11 与第二夹持器 33 用定位装置 15、49 彼此相对运动时基本上是无摩擦、无窜动、无滞后的。由于这点，以及由于控制部分 71 的控制器 93、107 的适当的设计，结果第一夹持器 11 与第二夹持器 33 彼此相对定位时定位精度可达亚微米范围，亦即定位精度达到 $0.1 \mu m$ 或更高的水平。由于工件 35 可以达到的尺寸精度是由刀具 13 相对工件 35 的定位精度决定的，还由于刀具 13 相对工件 35 的位置取决于第一夹持器 11 相对第二夹持器的位置，还取决于刀具 13 相对工件 35 的参考位置。工件 35 有一也是在亚微米范围内的尺寸精度，只要所述刀具 13 相对工件 35 的参考位置能以亚微米范围的精度来测量。

机床 1 的控制部分 71 的轮廓发生器 73 有一控制程序，用此程序
刀具 13 相对工件 35 的参考位置就以下面详细说明的方式进行测量。
为此目的，机床 1 上也有一传感器 109，图 3 中示意地表出并如图 1
所示联接到第一夹持器 11 上。传感器 109 是光盘机上的本质上著名的
5 光学检测器，传感器在光盘机上用在控制系统里把光学测读元件聚焦
在被读光盘的带信息的面上，并使光读元件定位在光盘面信息道的垂
直方向内，该信息道将由光读元件跟踪的。如图 3 所示，传感器 109
包括一光源 111，一半透明板 113，一物镜系统 115 用来将光源 111
所辐射的光聚焦到工件 35 的表面上，一圆柱透镜 117，以及一细分为
10 四个象限的聚焦误差检测器 119。这种传感器的操作在 G.Bouwuis
等人所写的“光盘系统原理”（“Principles of Optical Disc System”
Adam Hilger Ltd, Bristol, ISBN 0-85274-785-3.）一书中有说明。传感
器 109 的聚焦误差检测器 119 检测由光源 111 所辐射并工件 35 的表面
及射回的光的焦点 F 是否仍在工件 35 的表面上。这种聚焦误差检测器
15 119 供给一电输出信号，和被检测的聚焦误差相比这是相当强的，例如
10 μm 的聚焦误差输出电压为 10V，就是说它有高灵敏度。

刀具 13 与传感器 109 联接成彼此相对并相对第一夹持器 11 固定
不变的位置关系。刀具 13 与传感器 109 为此目的联接在第一夹持器 11
上，举例来说，采用普通而且熟知的带联接，图 1 中没有表明任何细
20 节。因为刀具 13 与传感器 109 是在固定不变的彼此相对位置并相对第
一夹持器 11 联接在固定不变的位置上的，刀具 13 相对传感器 109 的
位置精度取决于第一夹持器 11 的机械刚度和热膨胀系数。这是由第一
夹持器 11 适当的设计和切削刀具 13 及传感器 109 固定到第一夹持器
11 上的位置恰当的选择来达到的，使刀具 13 相对传感器 109 的位置有
25 一精度相对工件 35 需要的精度要高得多。

根据控制部分 71 的所述控制程序，刀具 13 相对工件 35 的参考位置
是如下测量的。首先转动的工件 35 上准备有一如图 4a 中示出的表面 121
垂直于旋转轴线 29 伸展而刀具 13 用定位装置 15 在预先定好的第二夹持
器 33 的参考位置 $Z_{\text{参}}$ 内平行 X 轴移动。结果，工件 35 上由刀具 13 加工
30 出圆槽 123，如图 4a 中所示，过程如下：第一夹持器 11 与刀具 13 由定
位装置 15 被移动到定位装置 15 的一预定的第一参考位置 $X_{\text{参}1}$ ，然后由
第二夹持器 33 平行于 Z - 轴作适当的位移使刀具 13 切入旋转的工件 35

到预定的切深 d ，然后由定位装置 15 使第一夹持器 11 和刀具 13 平行于 X 轴移位到预定的定位装置 15 第二参考位置 $X_{参2}$ 。如图 4a 所示，当第一夹持器 11 分别是在第一和第二参考位置 $X_{参1}$ 及 $X_{参2}$ 时，刀具 13 相对工件 35 分别是在第一参考位置 $X'_{参1}$ 和第二参考位置 $X'_{参2}$ 里，因而圆槽 123 的内直径 $D_{内}$ 等于 $2XZ'_{参1}$ ，而圆槽 123 内外径 $D_{外}$ 等于 $2XX'_{参2}$ 。

圆槽 123 形成工件 35 的识别记号，由传感器 109 根据所述控制程序进行检测。如图 4b 所示，为此目的，依照控制程序通过第二夹持器 33 适当的位移，传感器 109 聚焦在工件 35 的表面 121 上。接着，由定位装置 15 使传感器 109 平行于 X 轴沿着与第二夹持器 33 的回转轴 29 相交的直线作位移，而带工件 35 的第二夹持器 33 的 Z 向位置保持不变。当传感器 109 在这时经过圆槽 123 的内侧墙 125 或外侧墙 127，所述内侧墙 125 或外侧墙 125 就被传感器 109 所检测到，因为这时传感器 109 不再聚焦在工件 35 的表面 121 上，而聚焦误差检测器 119 则检测到一聚焦误差。如图 4b 所示，圆槽 123 的内侧墙 125 与外侧墙 127 在传感器 109 平行于工件 35 的表面 121 作位移时各自被传感器 109 两次检测到。传感器 109 检测到圆槽 123 的内侧墙 125 时第一夹持器 11 和定位装置 15 的 X 位置分别叫作 X'_2 与 X'_3 ，而传感器 109 检测到圆槽 123 的外侧墙 127 第一夹持器 11 和定位装置 15 的 X 位置叫作 X'_1 与 X'_4 。控制程序然后从圆槽 123 的内侧墙 125 的直径 $D_{内}$ 来确定刀具 13 相对工件 35 的第一参考位置 $X'_{参1}$ ，其中 $D_{内} = X'_3 - X'_2$ ，而 $X'_{参1} = D_{内}/2 = (X'_3 - X'_2)/2$ ，同时控制程序从圆槽 123 的外侧墙 127 的直径 $D_{外}$ 来确定刀具 13 相对工件 35 的第二参考位置 $X'_{参2}$ ，其中 $D_{外} = X'_4 - X'_1$ 而 $X'_{参2} = D_{外}/2 = (X'_4 - X'_1)/2$ 。因为传感器 109 和刀具 13 在这测量过程中是相对第一夹持器 11 并相互相对联接在固定不变的位置，而且由定位装置 15 平行于 X 轴使之移位的，刀具 13 相对工件 35 的参考位置 $X'_{参1}$ 和 $X'_{参2}$ 的测量精度由定位装置 15 的定位精度决定，如前所述，后一种精度在亚微米范围。

由于刀具 13 相对第一夹持器 11，第一夹持器 11 相对定位装置 15，定位装置 15 相对机床 1 的机架 3 之间位置以及第二夹持器 33 相对机床 1 的机架 3 位置的偏差本质上是定常的，测得的刀具 13 相对工件 35 的参考位置 $X'_{参1}$ 和 $X'_{参2}$ 偏离定位装置 15 的参考位置 $X_{参1}$ 与 $X_{参2}$ ，其中圆

槽 123 的内侧墙 125 与外侧墙 127 分别是刀具 13 加工的。当工件 35 被刀具 13 加工时, 带刀具 13 的第一夹持器 11 由定位装置 15 移到顺序的 X 位置 X', 而带工件 35 的第二夹持器 33 则由定位装置 49 移到顺序的 Z 位置 Z', 这些 X 和 Z 位置 X' 和 Z' 由外形发生器 73 决定。根据控制程序, 顺序的 X 位置 X' 因而各自对应于一要求的定位装置 15 的第一夹持器 11 的 X - 位置的 X 由机床 1 的使用者输入控制程序和定位装置 15 的第一夹持器 11 的参考位置 $X_{参}$ 与刀具 13 相对工件 35 测得的参考位置 $X'_{参}$ 间的差 $\delta X_{参}$ 之和。这样, 定位装置 15 的第一夹持器 11 的参考位置 $X_{参}$ 是所述第一与第二参考位置 $X_{参1}$ 和 $X_{参2}$ 的平均值; $X_{参} = (X_{参1} + X_{参2}) / 2$, 而刀具 13 相对工件测量得的参考位置 $X'_{参}$ 是测得的第一和第二参考位置 $X'_{参1}$ 和 $X'_{参2}$ 的平均值; $X'_{参} = (X'_{参1} + X'_{参2}) / 2$, 因而 $X' = X + \delta X_{参} = X + (X_{参} - X'_{参}) = X + (X_{参1} - X'_{参1}) / 2 + (X_{参2} - X'_{参2}) / 2$ 。因为定位装置 15 的第一夹持器 11 的顺序的 X - 位置 X' 各自对应于使用者需要的 X - 位置 X 与定位装置 15 的第一夹持器 11 的参考位置与测得的刀具 13 相对工件 35 的参考位置之差的所述和, 就能得知定位装置 15 在 X - 位置 X', 刀具 13 是在相对工件 35 的一个 X - 位置, 这对应于使用者希望的 X - 位置 X, 因为希望的定位装置 15 的 X - 位置 X 可调整到亚微米范围的精度, 而且参考位置 $X_{参}$ 与 $X'_{参}$ 可以以亚微米范围的精度进行测量, X 位置的 X' 可以调整到亚微米范围的精度, 因此刀具 13 相对工件 35 可以安放位置到, 工件 35 用刀具 13 加工到亚微米级的精度。

应当注意, 刀具 13 相对工件 35 的位置是指刀具 13 的刀尖 P 的位置, 如图 5 所示。刀尖 P 形成刀具 13 有曲率半径 r 的圆弧切削刃 129 的中心。可以注意刀具 13 相对工件 35 的参考位置也是以一种本质上广为所知的方式修改的并一般用在刀具 13 的切削刃 129 上, 切削刃 129 的形状事先以亚微米范围的精度测量过并纳入控制程序。

图 6 示意地表示为实现按照本发明的方法的一种机床 131 的第二实施例。机床 131 包括有装铣刀 135 的第一夹持器 133, 铣刀 135 相对第一夹持器 133 装有轴承并可用联接到第一夹持器 133 的电动机 137 驱动旋转。第一夹持器 133 用图 6 中没有表示任何细节的定位装置沿第一直线导轨 139 移动。第一直线导轨 139 仅示意地表示出, 它平行 Z 轴延伸, 此 Z 轴与铣刀 135 的回转轴线 141 重合。图 6 还表示, 机床 131 有一第

二夹持器 143，可以用来夹持用铣刀 135 加工的工件 145。平面图图 7 中示意表示第二夹持器 143。如图 7 所示，第二夹持器 143 用图 7 中没有表示出任何细节的一定位装置沿仅示意表示的第二直导轨 147 移动。第二直导轨 147 平行于与 Z 轴垂直的 X 轴延伸，并连接到可移位的滑座 149，该滑座 149 用另一定位装置（图 7 中未有任何细节表出）沿第三直导轨 151 可以移位，第三直导轨 151 也仅示意表出，平行于方向垂直于 Z 轴及 X 轴的 Y 轴延伸。如图 6 及图 7 表示，X 轴、Y 轴与 Z 轴彼此在坐标系（Z，Y，Z）的原点 O 相交，没原点 O 在回转轴线 141 上（图 6）。

工件 145 可以用铣刀 135 这样加工：铣刀 135 绕回转轴线 141 由电动机 137 转动，带铣刀 135 的第一夹持器 133 平行于 Z 轴以适当的方式移动，而带工件 145 的第二夹持器 143 则以适当的方式平行于 X 轴与 Y 轴移位。机床 131 第二实施例具有，和第一实施例 1 一样，诸图中未表明任何细节的控制部分带有控制程序，利用它对工件 145 相对铣刀 135 的一个参考位置进行测量。如图 6 所示，131 为此目的包括有和机床 1 的传感器 109 种类类似的一个传感器 153，而铣刀 135 和传感器 153 就象机床 1 的刀具 13 和传感器 109 一样，是联接在相对第一夹持器 133 以及彼此相对固定不变的位置上的。如图 6 所示，传感器 153 为此目的是固定到传感器夹持器 155 上而后者是相对第一夹持器 133 联接在固定不变的位置上的。

现在扼要解释工件 145 相对铣刀 135 的参考位置如何用机床 131 的控制程序测量。首先，工件 145 像机床 1 的工件 35 一样准备有垂直 Z 轴延伸的表面 157，如图 8 所示，工件 145 在垂直于 Z 轴的平面内用第二夹持器 143 的定位装置移位到带转动的铣刀 135 的第一夹持器 133 的预定参考位置 $Z_{参}$ 内。然后，图 8 所表示的圆柱形识别记号 159 在工件 145 的表面 157 上形成。工件 145 放在第二夹持器 143 的定位装置的预定参考位置 $X_{参}$ 与 $Y_{参}$ ，然后铣刀 135 通过第一夹持器 133 适当的位移在工件 145 的表面 157 上加工出圆柱形凹槽。识别记号 159 这样就有一相当于铣刀 135 直径的直径。当第二夹持器 143 的定位装置是在参考位置 $X_{参}$ 与 $Y_{参}$ 时工件 145 相对铣刀 135 是在 $R'_{参}$ 与 $Y'_{参}$ 参考位置上，因而图 8 中所示圆柱识别记号 159 的一轴线 A 是在位置 $X'_M = X'_{参} + \delta X$ ，及 $Y'_M = Y'_{参} + \delta Y$ ，其中 δX 是铣刀 135 的旋转轴 141 与传感器 153 的光学轴线 163 间

的一段距离, 事先平行 X - 轴量得并输入控制程序, 而 δY 是铣刀 135 的旋转轴 141 与传感器 153 的光学轴线 163 之间的一段距离。图 6 中只能看到距离 δY 。然后传感器 153 通过第一夹持器 133 适当的位移, 聚焦在工件 145 的表面 157 上。此后, 工件 145 首先平行于 X - 轴依照图 8 5 中所示第一直线 1_1 首先移动, 而第一夹持器 133 的 Z 向位置是定值, 第二夹持器 143 的 Y 位置是 Y'_1 。传感器 153 在这过程中两次检测到检测记号 159 的一个侧墙 161。第二夹持器 143 的位置以 (X'_{11}, Y'_1) 与 (X'_{12}, Y'_1) 表示, 在这位置中, 当工件 145 沿直线 1_1 移位时, 传感器 153 检测到识别记号 159 的侧墙 161。接着, 工件 145 平行于 Y 轴线 10 沿第二直线 1_2 (见图 8) 移动, 这时第一夹持器 133 的 Z 位置是定常的而第二夹持器 143 的 X 位置是 X'_2 。传感器 153 检测到识别记号 159 的侧墙 161 时的瞬间, 沿直线 1_2 的工件 145 的位移被停止。当工件 145 沿直线 1_2 移动, 传感器 153 检测到识别记号 159 的侧墙 161 时的第二夹持器 143 的位置是 (X'_2, Y'_{21}) 。控制程序接着以普通且广为所知的方式 15 确定圆心位置, 包括测得的位置 (X'_{11}, Y'_1) , (X'_{12}, Y'_1) 和 (X'_2, Y'_{21}) 。所述圆心的 X 位置与 Y 位置对应于识别记号 159 的轴线 A 的所述位置 X'_M 与 Y'_M 。铣刀 135 相对工件 145 测得的参考位置 $(X'_{参}, Y'_{参})$ 按如下算出: $X'_{参} = X'_M - \delta X$, $Y'_{参} = Y'_M - \delta Y$ 。如在机床 1 中, 铣刀 135 相对工件 145 的参考位置 $R'_{参}$ 与 $Y'_{参}$ 测量时的精度是由第二夹持器 20 143 的定位装置的定位精度决定的。所述定位精度归功于所述定位装置和定位装置的控制部分的设计是在亚微米范围内的, 因此所述的参考位置都能以亚微米范围的精度来测量。

用铣刀 135 在工件 145 上操作时, 第二夹持器 143 带同工件 145 被移位到连续的 X - 与 Y - 位置 X' 与 Y' 。 X' 与 Y' 根据机床 131 的控制程序各自对应两个数据的和, X' 的第一数据是第二夹持器 143 需要的 X 位置的 X 值, 由机床 131 的用户输入控制程序。另一数据是第二夹持器 143 25 的参考位置 $X_{参}$ 与测得的铣刀 135 相对工件 145 的参考位置 $X'_{参}$ 之间的差 $\delta X_{参}$ 。 Y' 对应于第二夹持器 143 需要的 Y 位置的 Y 值, 由机床 131 的用户输入控制程序, 和第二夹持器 143 的参考位置 $Y_{参}$ 与测得的铣刀 135 30 相对工件 145 的参考位置 $Y'_{参}$ 间的差 $\delta Y_{参}$, 因而分别得到 $X' = X + \delta X_{参} = X + (X_{参} - X'_{参})$, 和 $Y' = Y + \delta Y_{参} = Y + (Y_{参} - Y'_{参})$ 。因为期望的第二夹持器 143 的 X - 与 Y - 位置 X 与 Y 可调整到亚微米范围

的精度，而参考位置 $X_{参}$ ， $X'_{参}$ ， $Y_{参}$ 和 $Y'_{参}$ 可以以亚微米范围的精度测量， $X -$ 和 $Y -$ 位置 X' 和 Y' 可以调整到亚微米范围的精度，因而铣刀 135 可以相对工件 145 定位到，工件 145 用铣刀 135 加工到亚微米范围的精度。

5 前面描述的机床 1 以刀具 13 加工旋转的工件 35，而前面描述的机床 131 以旋转的铣刀 135 加工工件 145。可以注意到按照本发明的方法也适用于其他型式的以刀具加工工件，而工件与刀具彼此相对作位移的机床。因而这方法，举例来说，可以用于一种刀具是激光刀的机床或者刀具是电火花腐蚀刀的机床。

10 机床 1 上带刀具 13 的第一夹持器 11 平行 X 轴线可以移动，而带工件 35 的第二夹持器 33 可以绕 Z 轴线转动和平行 Z 轴线移动。机床 131 带铣刀 135 的第一夹持器 133 可以平行 Z 轴线移动，而带工件 145 的第二夹持器 143 平行 X 轴线和平行 Y 轴线能移动。已指出过根据本发明的方法也能应用于这样的机床，其中带刀具的第一夹持器和带工件的第二
15 夹持器以某些其他方式彼此相对位移。因而这方法还可以，举例来说，用在一台机床上，其中带刀具的第一夹持器平行 X 轴线与 Z 轴线可以移位而带工件的第二夹持器绕 Z 轴旋转，或者用在一台机床上其中第一夹持器平行于 X 轴线与 Z 轴线可以移位而第二夹持器是鼓形的，并绕平行 X 轴的旋转轴线转动。

20 机床 1 按照所述方法提供一圆形槽 123 作为识别记号，而机床 131 提供一圆柱形凹口 159 作为识别记号。可以注意到按照所用方法识别记号可以替代地有不同的形状和几何条件，识别记号的形状和几何条件通常取决于机床型式和刀具型式。例如，在前段中描述的有鼓形第二夹持器的机床上，识别记号可以是一圆槽，其中心线与鼓形第二夹持器的所
25 述转动轴线重合。

最后要说明的是，代替前面描述的光学传感器 109，153，可以用其他型式的传感器，举例说像普通广为所知的机械触头、电容传感器或者电感传感器。



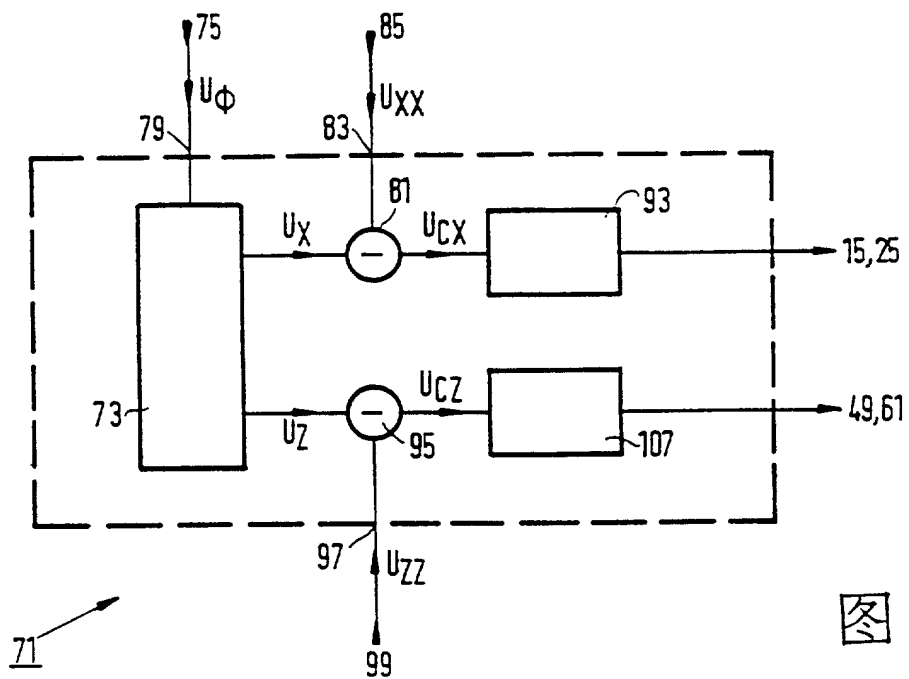


图 2

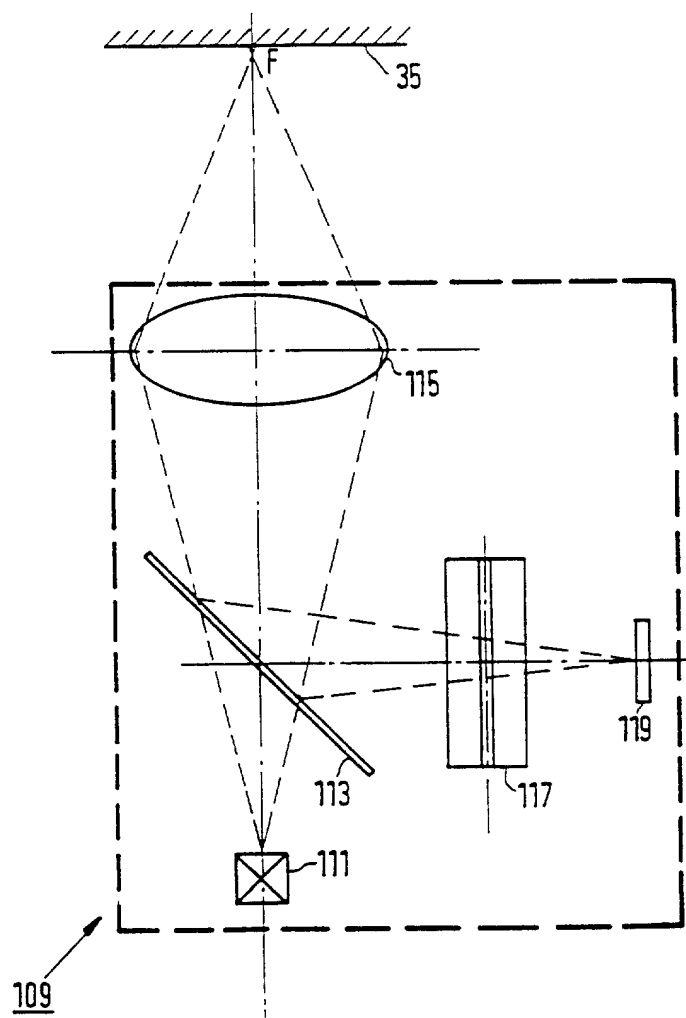


图 3

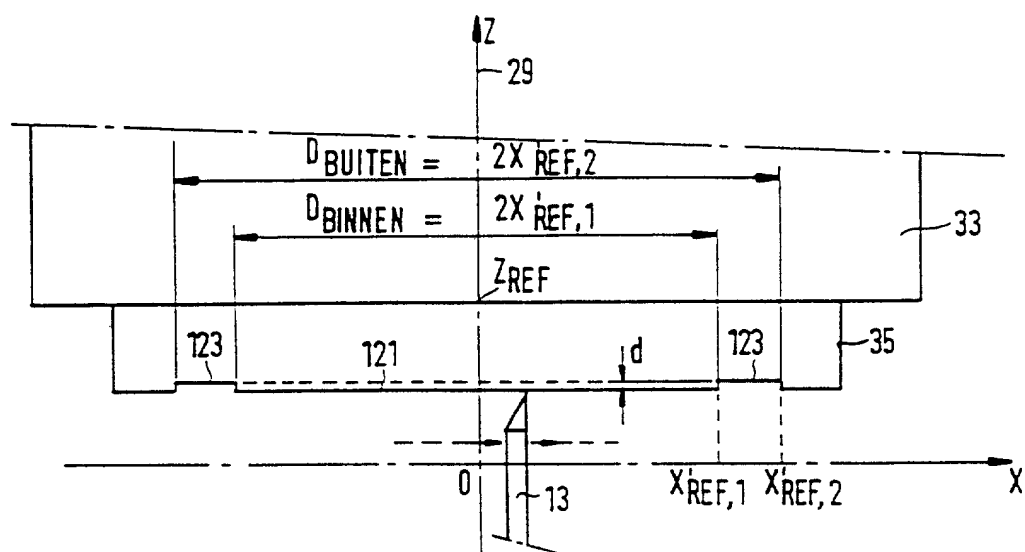


图 4A

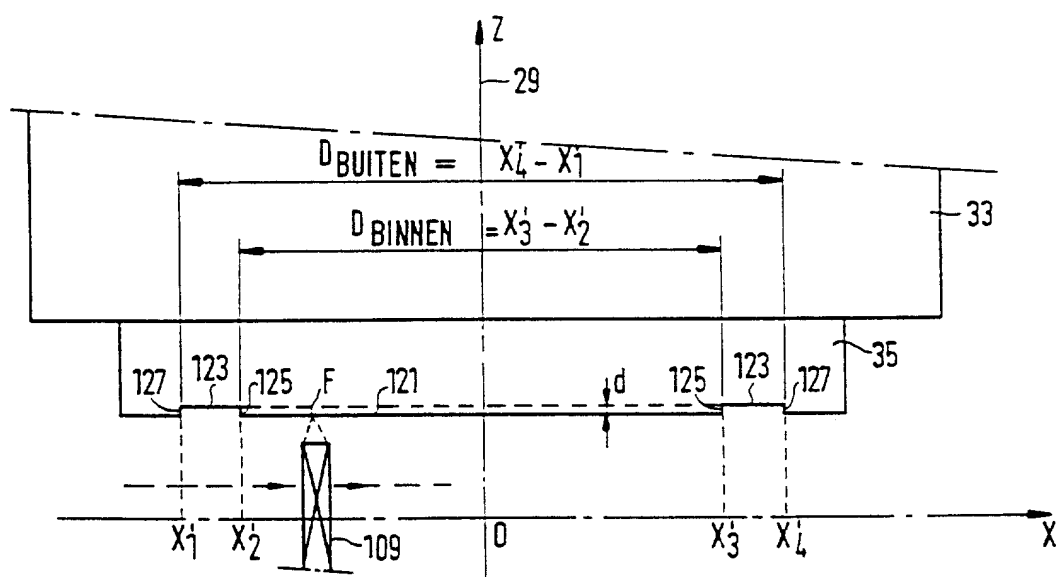


图 4B

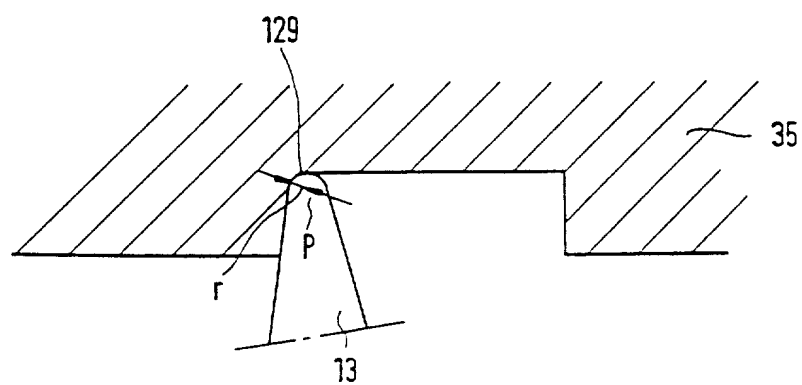


图 5

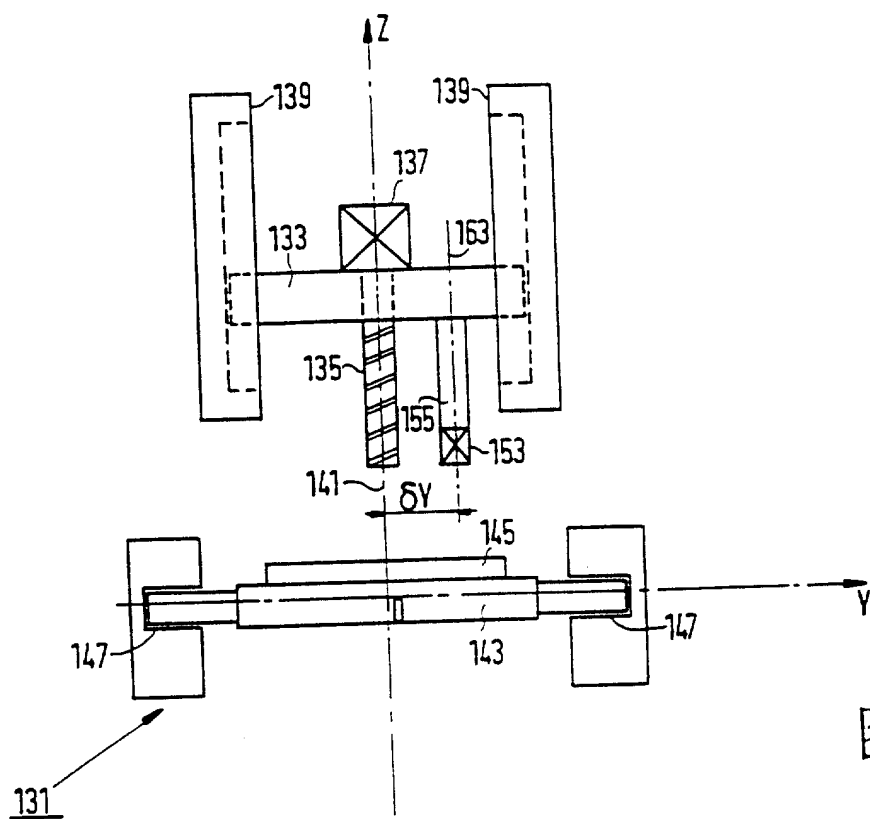


图 6

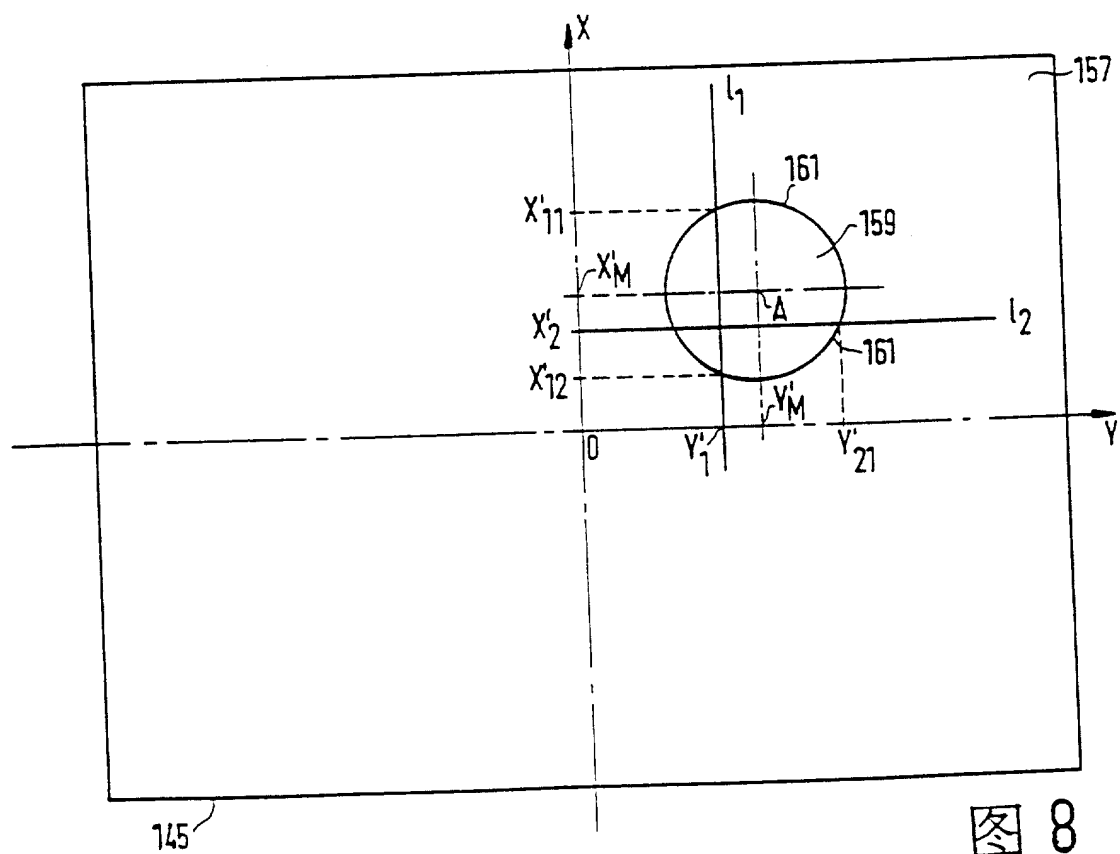


图 8

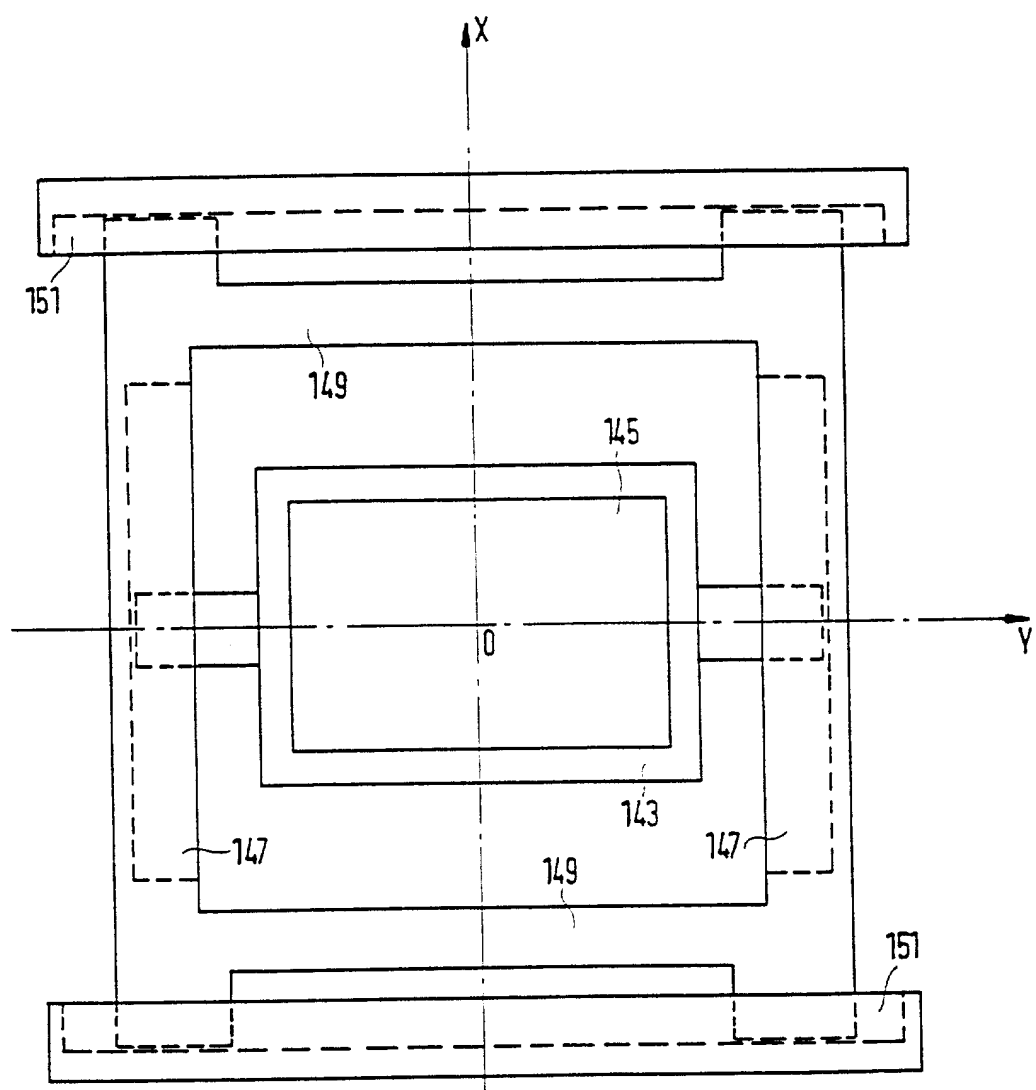


图 7