



[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 93118335.9

[51]Int.Cl⁵

B23H 7/02

[43]公开日 1994年5月18日

[22]申请日 93.8.26

[30]优先权

[32]92.8.26 [33]DE[31]P4228328.0

[71]申请人 洛迦诺电子工业股份有限公司

地址 瑞士洛索恩

[72]发明人 R·德力格蒂

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 叶恺东 张志醒

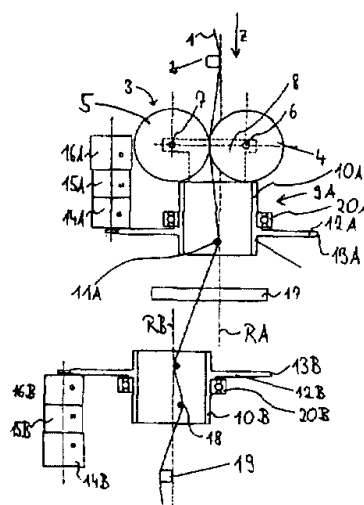
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 电蚀线切割装置、电蚀线切割方法和电极丝

[57]摘要

提出一种电蚀线切割装置、电蚀线切割方法和一种电极丝。该电蚀线切割装置具有至少两个导丝件导向的一电极丝，特别是具有圆形横截面的电极丝，具有一轧制装置，以使电极丝变形，和/或具有一转动装置，以使电极丝围绕它的纵轴转动。利用这种电蚀线切割方法，使电极丝在进入工件之前，通过轧制装置而使其横截面变形，和/或当切割时依据所要切割的轨迹的几何形状，利用一个特别由两个转动的导丝件构成的转动装置围绕它的纵轴转动。



权利要求书

1. 一种电蚀线切割装置，该装置至少具有两个导丝件引导的电极丝，特别具有圆形横截面的电极丝，其特征在于：具有

a) 一种轧制装置 (3)，用于电极丝 (1) 的变形，和 / 或

b) 一种转动装置 (9 A、9 B)，用于电极丝 (1) 围绕其纵轴转动。

2. 根据权利要求 1 所述的电蚀线切割装置，其特征在于：

该轧制装置 (3) 具有两个彼此相对的单轧辊 (4，5)，在该单轧辊之间电极丝 (1) 导向，同时特别是彼此相对的单轧辊 (4，5) 的间距彼此可以调节。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的电蚀线切割装置，其特征在于：轧制装置 (3) 围绕电极丝的纵轴转动。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任一个所述的电蚀线切割装置，其特征在于，该轧制装置 (3) 与转动装置 (9 A、9 B) 连接。

5. 根据权利要求 1 至 4 中任一个所述的电蚀线切割装置，其特征在于：该转动装置具有两个转动的导丝件 (1 1 A、1 1 B)。

6. 根据权利要求 5 所述的电蚀线切割装置，其特征在于：两个转动的导丝件 (1 1 A、1 1 B) 总是具有一个带有传动齿轮 (1 4 A、1 4 B) 的电动机传动装置 (1 5 A、1 5 B)，同时一个或多个电动机传动装置 (1 5 A、1 5 B) 由一个控制计算机，特别是通过一个译码器 (1 6 A、1 6 B) 而控制。

7. 根据权利要求 1 至 6 任意之一所述的电蚀线切割装置，其特征在于：具有一个提高了功率的发电机。

8. 根据权利要求 1 至 7 中任意之一所述的电蚀线切割装置，其特征在于：通过一个在控制在计算机上连接的装置来确定和改变脉冲参数和冲洗参数，特别是电流参数，它们依据于一个预定的切缝宽度。

9. 根据权利要求 1 至 8 中任意之一所述的电蚀线切割装置，其特征在于：具有一个电极丝位置传感器。

10. 利用一种电极丝切割工件的电蚀线切割方法，用于一电蚀线切割装置，特别是装备了一种圆形的电极丝，其特征在于，该电极丝，

a) 在它进入工件之前通过一轧制装置使其横截面变形，和/或

b) 当切割时依据所切割的轨迹，利用一个特别由两个转动的导丝件组成的转动装置围绕它的纵轴转动。

11. 根据权利要求 10 所述的电蚀线切割方法，其特征在于：该电极丝通过该轧制装置进行轧制，使其产生一横截面外形，该横截面外形具有四个外边，同时外边中的两上实际上是直线的并彼此平行，以及外边中的另外二个是弯曲的，由此，轧制的电极丝具有一个较窄的和一较宽的直径。

12. 根据权利要求 10 或 11 所述的电蚀线切割方法，其特征在于，电极丝在切割方向的边的宽度依据所要切割的轨迹而改变。

13. 根据权利要求 11 或 12 中任意一个所述的电蚀线切割方法，其特征在于：电极丝轧制的较窄的边与较宽的边之间的比依据所要切割的轨迹切割速度和曲率半径而确定。

14. 根据权利要求 10 ~ 13 中任意之一所述的电蚀线切割方法，其特征在于，变形的电极丝为了切割一种轨迹实际上始终转动得要使该电极丝以它的较窄的边指向切割方向。

1 5 . 根据权利要求 1 0 ~ 1 4 中任意之一所述的电蚀线切割方法，其特征在于：变形的电极丝要穿过一精切缝，特别是一内角，至少有时以它的较宽的横截面边在切割方向导向。

1 6 . 根据权利要求 1 0 ~ 1 5 中的任意之一所述的电蚀线切割方法，其特征在于：利用变形的电极丝，特别当精切割时，实际上如下面这样切割一个角为（ α ）的外角：该电极丝

- a) 经过该角而运行；
- b) 依据所切割的角（ α ），围绕它的纵轴转动；
- c) 转动之后向一个新的切割方向移动。

1 7 . 根据权利要求 1 0 至 1 6 中任意之一所述的电蚀线切割方法，其特征在于：利用一变形的电极丝，特别在精切割时，如下面这样切割一个角为（ α ）的内角：该电极丝

- a) 在该角中运行，要使该电极丝可达到新的切缝边；
- b) 在该角中依据所切割的角（ α ）而围绕其纵轴转动；
- c) 在转动之后在一个新的切割方向上移动。

1 8 . 根据权利要求 1 0 ~ 1 7 中的任意之一所述的电蚀线切割方法，其特征在于：依据所切割的轨迹变化脉冲参数和 / 或冲洗参数，特别是变化电流强度。

1 9 . 根据权利要求 1 0 ~ 1 8 中任意之一所述的电蚀线切割方法，其特征在于：用于切割圆弧的电流强度，特别是切割小半径，应当减少到要使切缝宽度保持不变。

2 0 . 根据权利要求 1 9 所述的电蚀线切割方法，其特征在于，用于电流减少的参数依据所切割的圆半径在控制计算机中利用几何的误差值的计算而确定。

2 1 . 根据权利要求 1 9 或 2 0 之一所述的电蚀线切割方法，其特征在于：用于电流减少的参数依据所切割的圆半径在控制计算机中是预先存储起来的。

2 2 . 根据权利要求 1 0 ~ 2 1 中任意之一所述的电蚀线切割方法，其特征在于：

该轧制装置连接在该转动装置上，特别是连接在上导丝件上；

两个转动的导丝件通过一个具有传动齿轮的电动机传动装置，特别是具有一个予接的译码器的电动机传动装置而转动；

该轧制装置和该转动装置由一个控制计算机控制。

2 3 . 根据权利要求 1 0 ~ 2 2 中任意之一所述的电蚀线切割方法，其特征在于：当切割时与一个圆形电极丝相比提高了功率，以便使用一种较高的切割速度。

2 4 . 用于一种电蚀线切割装置的电极丝，其特征在于：通过一个由圆形电极丝轧制所形成的横截面外形。该横截面外形具有四个外边（1 0 2、1 0 3、1 0 4、1 0 5），同时外边中的两个（102、1 0 3）实际上是直线和彼此平行的，以及外边是另外两个（1 0 4、1 0 5）是弯曲的，由此轧制的电极丝（1）得到一较窄的和一较宽的直径。

2 5 . 根据权利要求 2 4 所述的电极丝，其特征在于：该电极丝（1）依据所要切割的外形而轧制。

说明书

电蚀线切割装置、电蚀 线切割方法和电极丝

本发明涉及一种电蚀线切割装置，该装置至少有两个导丝件引导电极丝，特别是具有圆形横截面的电极丝；在一种电蚀线切割方法中，为切割一工件利用了一种电极丝，同时一种电蚀线切割装置特别装有一种圆形的电极丝，以及一种用于电蚀线切割装置的电极丝。

这样的电蚀线切割装置和电蚀线切割方法以其多种多样的实施例已经公知。一种电蚀切割装置通常具有如下的基本零件：具有传动装置和电极丝系统的一个机架、一冲洗系统、一发电机以及一数控或小型计算机控制装置。从一种起动穿孔或者一基准平面出发，利用第一个电极（电极丝）在或者由工件（第二电极）上切割成一种外形。作为一种电极丝至今为止仅仅实现一种圆形横截面的电极丝。

对于这种电蚀切割的最接近的一步发展在于，提高切割或切断速度。因为提高切割速度可以增加电蚀线切割装置的经济性。为了达到尽可能高的工作速度，在电蚀中倾向于几乎仅仅在某一方向始终通过较高的电流，因此始终是较大的电极丝直径。

已公开的日本专利 6 2 - 2 8 1 2 2（1987 年 2 月 6 日公开）中，应用了电极丝，其横截面如此的形成，即电极丝的锐边的轮廓可以用来切割。此例中，应用了正方形的、三角形的或者还有相当长的电极丝（日本专利 6 2 - 2 8 1 2 2 图 3）。当电蚀切割进，对采用

这种类型的电极（如实施例中当电蚀时利用非常细的电极丝切割）还不能达到尽可能窄的加工间隙。这种公知的具有这种电极丝的切割方法还是由圆弧而达到它的界限，其后即当使用一种长的电极丝时，加工间隙宽度按照电极相对切割方向的位置而明显的改变。仅仅当该长的带状电极丝窄边精确地指向时，该间隙宽度最小。然而这种条件，正如前面已涉及的文献的图 3 得知的，仅仅偶尔在一个切割方向可以实现。利用一种长的电极，例如切割 90° 角，该角的前和后的切缝宽度明显不同。

本发明的目的是提出一种电蚀线切割装置，该电蚀线切割装置与这类电蚀线切割装置相比切割速度提高了。

本发明的另一个目的在于，提出一种电蚀线切割方法，利用这种电蚀线切割方法可以很好地满足本发明电蚀装置的一些可能性。

最后，本发明还有一个目的是提出一种电极丝，这种电极丝可以特别简单的应用于本发明的电蚀线切割装置中。

本发明的目的在这种类型的电蚀线切割装置中通过一种轧制装置使这种电极丝变形，和／或一种转动装置使电极丝围绕其纵轴转动而实现（权利要求 1）。

在这类电蚀线切割装置中，本发明的目的由此而达到，即该电极丝在进入工件之前通过一种轧制装置使其横断面变形，和／或电极丝在切割时，取决于所切割的轨迹和几何形状，利用特别由两个转动的导丝件构成的转动装置而围绕它的纵轴转动（权利要求 10）。

本发明的电蚀线切割装置允许通过它的轧制装置以一种完全不复杂的方式使电极丝如此的变形或者轧制，即在该轧制之后该电极丝具有一种长的横截面形状。利用一种由此构成的长的横截面外形能够提

高切割速度，特别是当电极丝的窄边指向切割方向时，更是这样。一种这样的电极丝的取向以有利的方式通过转动装置或者通过一种说明的方法实现。电蚀线切割装置装备一种予轧制的电极丝在原理上也是可能的，然而通过轧制装置和转动装置的结合而产生特别有利。

在本发明的一个特别优选的实施例中，该轧制装置具有两个彼此相对的单轧辊，在该单轧辊之间导入该电极丝，同时特别是彼此相对的单轧辊的间距可以调节（权利要求 2）。一种如此配置的轧制装置具有一种不复杂的结构，并且与电蚀装置可靠的成为一整体。此外，通过单轧辊的间距彼此相对的可调节性能够以简单的方式使电极丝的变形“按照希望”而改变并且总是使相应的切割外形最佳化。

在本发明的另一优选的实施例中，该轧制装置围绕该电极丝的纵轴转动（权利要求 3）。一种回转的轧制装置可以与转动装置一起转动。这样，该轧制的电极丝总是具有转动装置的取向，以及这种已经轧制的电极丝本身不必转动。特别有利的是可实现该轧制装置与该转动装置的连接（权利要求 4）。这样就可以保证轧制装置和转动装置的转动总是实现同步。

在本发明的一个特别优选的实施例中，该转动装置具有两个转动的导丝件（权利要求 5）。例如当该上和下导丝件配合与切割方向相应，以预先给定值而同步转动，从而就产生了非常有利的可能性。这样，该电极丝对切割方向的取向总是可控制的预先给定。在一定的切割技术中还可以设想，该上和下导丝件不同步的转动，这对不复杂的几何图形是足够的。但是偏平轧制电极丝的窄边在朝着切割方向。还的一种复杂外形的圆锥形切割由此也是可行的。

在本发明和另一优选的实施例中，该转动装置总是有一个带有传

动齿轮的电动机传动装置，同时该电动机传动装置由一个控制计算机控制，特别是通过一个译码器控制（权利要求 6）。经过具有齿轮传动的电动机传动装置，该转动装置（和相连接的轧制装置），还有轧制装置完全自动化了。这样的自动化特别有利的是可实现一个或多个电动机传动装置由控制计算机通过译码器控制转动。经过译码器一种不复杂的硬件集成，不仅该转动装置，而且还有轧制装置能够接入或者接入电蚀线切割装置的控制计算机。

本发明的另一实施例是具有一提高了功率的发电机（权利要求 7）。“提高了”功率这概念理解为相对一般电蚀线切割装置以及利用一种偏平的电极丝。比起圆形的电极丝可以实现较高的电流强度和较高的加工速度。这就提高了切割速度。

本发明的另一优选的实施例的特征是通过连接控制计算机上的装置，依据预定的切缝宽度而改变脉冲和/或冲洗参数，特别是改变电流参数（权利要求 3），这样就产生了切缝宽度可以控制的特别有利的可能性。

最后，本发明的另一个特别优选的实施例是具有一个电极丝位置传感器（权利要求 9）。一种这样的电极丝位置传感器例如由用于 A G I E 的工业电子设备而公知。该电极丝位置传感器最佳化了一些可能性，特别是精确度，这属于本发明之外。

在本发明的电蚀线切割方法的一个特别优选的变型中，该电极丝通过一轧制装置的轧制产生一种横截面形状。该横截面外形具有四个外边，同时该外边中的两个实际上是直线和彼此平行的，以及外边中的另外两个是弯曲的，由此，这种轧制的电极丝就可以得到一种较窄的和一种较宽的直径（权利要求 11）。通过电极丝的一种这样轧制

出的外形，就可以以简单的方式产生一引人注目的效果：当轧制加工边时，电极丝的轧制引起（特别是开始）电极丝厚度（相对轧制时产生的窄边而言）比电极丝“宽度”的增加有较大的减少。

在本发明的另一特别优选的实施例中，在切割方向的该电极丝的边的厚度依据所要切割的轨迹几何形状而改变（权利要求 1 2）。这就产生了以简单的方式利用前面说明的单个轧辊的间距彼此调节的可能性。特别有利的是窄边与宽边的比例在轧制时，取决于所切割的轨迹的切割速度和曲率半径而确定。

按照预定的轨迹参数在切割方向的电极丝侧边的直径（以及由此间接的该切缝宽度），由此最佳化。

在本发明另一特别优选的变型中，利用变形电极丝，特别在一种精切割中实际如下切割一种外角（ α ）：该电极丝经过该角运行，依据所要切割的角（ α ）而围绕它的纵轴转动，以及在转动之后向一新的切割方向移动（权利要求 1 6）。这样作，对尖锐的外边，特别是在精切割时可以特别简单的实现，与此类似，在具有变形的电极丝的另一个变型中，特别当精切割时，以有利的方式进行如下切割一角为（ α ）的内角：该电极丝在该角中运行，使该电极丝可以达到新的切缝边，在该角中依据所要切割的角（ α ），围绕它的纵轴转动，以及在转动之后在一个新的切割方向移动（权利要求 1 7）。

在本发明的电蚀方法的另一特别优选的实施例中，依据所要切割的轨迹，变化脉冲参数和/或冲洗参数，特别是变化电流强度（权利要求 1 8）。当用于切割圆弧的电流强度，特别是用于切割小半径的电流强度应当如此减小，也就是要使切缝宽度保持不变，这已被证实是最有利的（权利要求 1 9）。原则上在不变的参数下切割一种曲线

(角 α) 时, 切缝宽度稍微扩展到 $\alpha / 2$ 角, 以及然后再减小 (通过几何形状或者长电极丝的转动后在曲线上限制)。通过这些或者给出的方法步骤可以使这些有效的避免。

按照本发明的方法的一优选的另一结构, 用于电流减小的参数依据所要切割的圆半径, 在控制计算机中利用几何的误差值的计算而确定 (权利要求 20), 这明显的减化了本发明的方法, 同时, 用于电流减小的参数依据所要切割的圆半径以特别有利的方式在控制计算机中予贮存 (权利要求 21)。参数的这种计算可以一次实现, 这样, 在电蚀时不必准备用于这种计算的计算时间。用户本身根本就不用照料这样的计算。这种通过本发明而提出的“带状电蚀机”(简称: BEM) 允许一种舒适的条件, 该舒适条件决不次于一般的电极丝电蚀机, 基本上通过本发明第一次使带状电蚀机如此最佳化, 也就是该机可以真正万能的使用。同时该电蚀时间相对于一般电蚀装置明显缩短。

本发明的电蚀线切割方法的另外的有利的变型由权利要求 22 和 23 得知。

关于电极丝, 本发明的目的通过一种利用由圆形的电极丝轧制而形成的横截面外形而达到。该横截面外形具有四个外边, 同时该外边中两个实际上是直线的并且彼此平行, 以及该外边中的另外两个是弯曲的。这样轧制的电极丝就有一较窄的直径和一较宽的直径 (权利要求 24)。在机器上一种这样的电极丝被予轧制的导入时, 在一个与电蚀线切割装置成整体的轧制装置在本发明的稍微优化的实施例中基本上被放弃了。之后, 自然按照要切割的轨迹形状而使电极丝直径最佳化的可能性也就消失了, 本构思的另外一个有利的实施例在权利要

求 2 5 中记载。

本发明的其他优选的特征由优选的实施例的以下的说明中产生。
这样的实施例概略的表示在附图之中，该附图还形象化地说明了本发明的装置与已经说明的现有技术之间的差别。

在附图中表示出：

图 1 是本发明的电蚀线切割装置的各构件的简略的视图；

图 2 是本发明的电蚀线切割装置各构件的另一简略的视图；

图 3 a 是通过本发明的电极丝的一个截面图；

图 3 b 是不同的强度轧制的电极丝截面图的比较；

图 4 是不同的强度轧制的电极丝的比较图；

图 5 a 是利用一种普通的电极丝和一种普通的电蚀方法切割的俯视图；

图 5 b 是利用本发明的电极丝和电蚀方法的另一切割的俯视图；

图 6 是利用不同的轧制的电极丝而可能的依据所要切割的曲率半径的切缝宽度比较图；

图 7 是利用不同的轧制的电极丝而可能的依据所要切割的曲率半径的切割缝宽度变化比较图；

图 8 是利用本发明的电极丝和本发明的电蚀方法切割尖锐外边的俯视图；

图 9 a 是利用本发明的电极丝和本发明的电蚀方法切割一个内半径的俯视图；

图 9 b 是利用本发明的电极丝和本发明的电蚀方法进行切割的另一个实例的俯视图；

图 1 0 是利用本发明的电极丝和本发明的电蚀方法切割曲线的俯

视图。

首先说明图 1 的第一个实施例，同时在下面使用一些专业术语，该专业术语使得说明更容易懂，然而不能对其作限制性的理解，例如涉及到一般的工作装置的机床上的上、下、较窄、较宽和大小以及一般方式配置的工件。

图 1 仅表示了本发明的电蚀线切割装置（也称为 B E M）的发明的重要零件，基本零件如带有传动装置的机架和转动系统、冲洗系统，发电机以及一种计算机数控式计算机控制装置没有表示出，因为这自然被认为是合适的。一个电极丝 1 通过箭头 Z 表示从“上”向“下”的电极丝输送方向的予冲洗。一个第一电流引件 2 以一般的方式用于输入从电蚀线切割装置的发电机发出的电脉冲。利用一轧制装置 3 能够使电极丝 1 变形或轧制。该轧制装置 3 具有两个单轧辊 4、5。单轧辊 4、5 的间距彼此可调，例如通过一个微米螺杆（没有表示出）。该微米螺杆可通过一电动机调节。通过这种调节可以使电极丝 1 按照单轧辊 4、5 彼此间的距离以不同的强度进行轧制。

该轧制装置 3 是通过单轧辊 4、5 的两个轴 6、7 而固定在一个（用点划线表示的，因为在图中是被盖住了的）臂 8 上，该臂 8 刚性的连接在一个转动装置的第一零件上 9 a 上。该转动装置的第一个零件 9 a 具有一个空心圆柱体（或导向头）1 0 A，在该空心圆柱体 1 0 A 内部配置了第一导丝件 1 1 A，电极丝 1 通过该导丝件 1 1 A。

空心圆柱体 1 0 A 由一环 1 2 A 包围着，环 1 2 A 在其外径上具有一齿 1 3 A。在环 1 2 A 的齿 1 3 A 上啮合一传动装置 1 4 A，这样可以由电动机 1 5 A 进行驱动。该电动机 1 5 A 可以通过一译码器 1 6 A 进行操作或控制。作为电动机可使用步进电机或者（如果配

置一调节电路)使用一直流电动机。该译码器 1 6 A 连接在一个(没有表示出的)电蚀线切割装置的数字控制的控制计算机上。

与图 1 上部表示的结构相类似,一个第二转动装置 9 B 具有一空心圆柱体 1 0 B、一个第二导丝件 1 1 B、一个环 1 2 B、一个齿 1 3 B、一个驱动装置 1 4 B、一个电动机构 1 5 B 和一个译码器 1 6 B。该译码器 1 6 B 同样连接在电蚀线切割装置的数字控制的控制计算机上。在导丝件之间是原来的电蚀区,该电蚀区域用零件 1 7 表示。

点划线表示的是转动装置 9 A 和 9 B 和转动轴 R A 和 R B。该轧制装置 3 配置在第一转动装置上,要使电极丝 1 相对第一转动装置的转动轴 R A 并在两个单轧辊之间有些错位的输送。这就有如下的作用:电极丝 1 紧紧压在第一导丝件 1 1 A 和第一电流引件 2 上。一种类似的作用,由第二转动装置 9 B 对着第二电流引件 1 9 和第二导丝件 1 1 B 时,通过一转向滚 1 8 而达到。

转动装置的位置本来(还有转动轴 R A 和 R B 的位置)可以公知的方式通过固定在导向头 1 0 A 和 1 0 B 上的臂 2 0 A 和 2 0 B 来调节。完全意外的是,导丝件 1 1 A 和 1 1 B 围绕着转动轴 R A 和 R B 转动着,最好是同步转动。这样作对于有关的技术人员来说显得几乎是不可理解,因为圆形的电极丝围绕它的轴转动是无意义的。然而这种表面的矛盾通过预先接入的轧制装置(或者有些限制的通过一种输送的偏平电极丝)也就有了一定的意义。对于一偏平的电极丝,该丝 1 的位置对着自己的轴线不是完全没有意义的,因为这一位置确定了切缝的宽度。

这样就产生了一种完全新的电蚀技术:首次能够实际上用一种带

状类的电极满意地进行切割。同时，用于实现这种构思的本来的设备上的需要与利用该机床实现的可能性相比非常微小。

图 2 表示了由图 1 得出的部分放大的上部分。在该图的下部分是图 2 上部分示出的截面概略的俯视图。该俯视图很好地形象地说明了电极丝在导丝件 1 1 A 中的位置。通过一箭头指出了在导丝件 1 1 A 中围绕电极丝的轴的转动方向的可能性。

图 3 a 表示了轧制的电极丝 1 的横截面视图。原来的圆形电极丝 1 由于轧制而具有带四个外边 1 0 2、1 0 3、1 0 4、1 0 5 的横截面形状。两个外边 1 0 2、1 0 3 实际上是直线的和彼此平行的，以及另外两个外边 1 0 4、1 0 5 是如此弯曲的，也就是轧制的电极丝 1 具有一个“较窄的”和一个“较宽的”边。横截面几何形状的一定的尺寸处于直径 a（通过“较窄的”边）与直径 b（通过“较宽的”边）之比的范围内。

对于一确定的零件，本发明的一种有利的可能性基于如下的结果：对一个圆形的电极丝 1 进行轧制，由原来的以半径为 r 的圆形的形状和直径 $d = 2r$ 的电极丝 1 变成前面说明的横截面的几何形状，也就是形成了具有彼此距离为 a 的边 1 0 2、1 0 3，以及具有彼此距离为 b 的边 1 0 4、1 0 5。电极丝 1 变窄的值为 $X = d - a$ 。因为电极丝的横截面在轧制时实际上保持不变，该电极丝的宽度增加值为 $Y = b - d$ 。对此绝不能看作在轧制时电极丝变窄（值为 X ）时，该电极丝总是以相同的值变宽。

在图 3 b 可以看得特别直观，由此可能使加工间隙在电蚀时，通过电极丝 1 少量的轧制而变小，而该电极丝 1 并没有在它的“第二个方向” b 明显的扩大。

图 4 根据一个试验图而使这种理论的构思更加清楚。该电极丝 1 原来是圆形的，并且具有 0.3 mm 的直径。该电极丝 1 轧制成较窄的 $X = 0.017\text{ mm}$ ，该电极丝仅仅加工了大约 0.01 mm 。该电极丝继续轧制，这种作用逐渐反向。这样试验的曲线有些相应于事先进行的构思。一种这样的测量结果例如作为一种基准提供给一电蚀机，在电蚀过程中可以引入一种全新的因素：电极丝的直径变化的可能性。而且理论上也可以使轧制装置调节到确定值，然而特别的一种可能性是通过单轧辊彼此调节而产生的。

下面说明一些优选的切割技术。图 5 A 示出了一种利用一般圆形的电极丝 1' 的 90° 角的切缝。一箭头总是指示该切割方向。一个同时形成的加工间隙 2 1 是切缝宽度 $t = 2r + 2s$ 。在图 5 B 中图 5 A 的状况用点划线来表示。附加的表示了利用一种轧制的电极丝的切缝。在两种切缝中，该丝的电参数和横截面是相同的。该图 5 B 因此使利用一种一般的圆形电极丝 1' 和一种轧制的电极丝 1 的切缝能够直接进行比较。切缝宽度 $t' = a + 2s'$ 非常清楚的小于圆形电极丝的切缝宽度 t 。

该电极丝 1 始终通过转动的导丝件（该导丝件例如具有一个与该偏平的电极丝相配合的装置区域）进行转动，使得它的较窄的外边 1 0 4、1 0 5 中一个是在切割方向上。因为电极丝的横截面在轧制时实际上不变化，电蚀速度能够明显提高。这可以首先确定由下述的特性总结：

- 当横截面相同时，减少切缝宽度；
- 增大了电极丝的冷却表面，以及由此相联系，电极丝有较高的热的和电的承载能力；

——电极丝（厚度）的热阻降低。

另外由此而产生的优点是在切割方向的电极丝的弯曲矩提高了（因为该电极丝始终以它的较偏平的一侧转在切割方向上）。在切割方向上，这种提高和表面的减少能够引起在电蚀压力下丝 1 的挠曲的明显减少。这样又再一次促使成能够形成较高的切缝精度。

这种切缝宽度的改变（如在图 5 B 中得出的）在一个角中只是微小的，一种最大的切缝宽度（大约在 45° 时），当 90° 切割时利用圆形电极丝和偏平的电极丝大约是相等的。这样，利用轧制的电极丝的切缝宽度不会超过同样横截面积的圆形电极丝的切缝宽度，这是没问题的。而且该角从表面上没有利用圆形电极丝那样尖锐的切割（减少了前切缝），然而“这种切缝宽度改变”在工艺方法上是没有困难的（此外，下面还要指出一种意外的另外一种方法步骤：“曲线策略”，以便减少这种改变）。

利用一种 0.3 mm 的圆形电极丝，例如可以进行一种最小内半径为 0.21 mm 切割。该空白处和因此加工间隙的宽度大约是 0.06 mm 。利用一种偏平的电极丝例如还可以无问题的进行内半径为 0.36 mm 的切割。当这种轧制的电极丝 1 始终以其偏平的边指向切割方向时，这种切缝宽度多少与半径有关。这仅仅在非常小的半径时才能完全注意到，然而这对穿透加工是无干扰的。

图 6 表示了轧制的电极丝的不同值或者边直径 a 的相关性和切缝宽度依据所要切割的角或曲线的曲率半径 R 。可以清楚的看出如下的事实，即实际上总是产生一种不变的值。 $a +$ 大约 0.01 mm ，和仅仅在非常小的半径时才出现这种不变的值不同。

在图 7 中以一种特别的彼此可以拉开的比例描绘了电极丝 1 的不

同的强度轧制的间隙宽度相对于曲率半径 R 而造成的变化。还有这里基本变化微小，明显的很快的朝向零。

图 8 示出了一个利用轧制了的电极丝 1 的另外一工件的外角的切割。在该角中在相应的位置利用转动的导丝件而简单的实现一种电极丝围绕它的纵轴 90° 的转动。这样，外角可以完全无困难的切割。

按照图 9 A 对于非常小的半径的内角可以利用一种微小的偏离进行切割。同时，电极丝在该角中也围绕该角（这里是 90° ）转动。特别有利的实现精切割，要使该电极丝“横着”工件 2 2 的表面。这时，首先电极丝移向新的切割方向，然后，该电极丝向后转 90° ，以及在新的方向移动进行切割（图 9 B）。

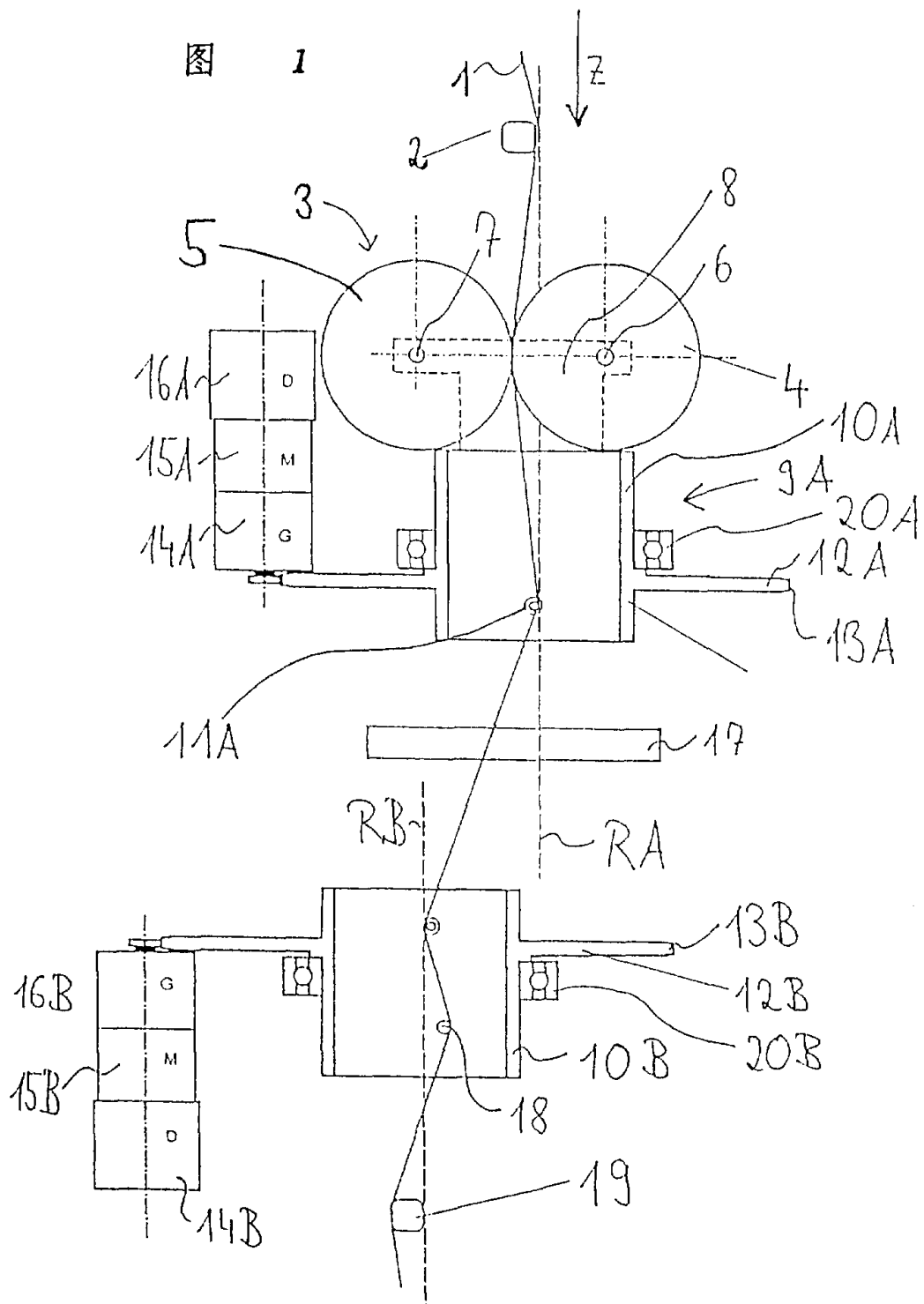
本发明的另一个可能性是由一表面的矛盾而产生的：图 10 示出了利用偏平的电极丝 1（具有非常小的半径）穿过一个角而没有间隙扩展。还有在一种外形的快速切割时，电蚀的是一个符合要求的尽可能不变的切缝宽度。本发明的另一个构思在于，有可能通过一个非常小的角而没有扩展加工间隙，也就是当穿过曲线时加工参数适当的改变（注解：概念“曲线”和“角”绝不能限制理解，因为任意的轨迹都接近直线和曲线）。

这样的效果通过脉冲参数的改变而达到。一种最大的电流幅值的改变可以使间隙系数改变 1 至 10。按照本发明的一个相应的继续发展，用于切割小半径圆弧的电流幅值可以降低。该间隙变窄了或者切缝宽度保持不变。

由图 7 得出的间隙宽度改变完全可以校正成 0.035 mm 。对于电极丝 $a = 0.230\text{ mm}$ ， $a = 0.237\text{ mm}$ 以及 $a = 0.226\text{ mm}$ 由此这种改变可以完全的校正。

一种相应的电流降低对于所有可能的圆半径都可以预先确定，以及在计算机数字控制中作专门的曲线策略贮存起来。该计算机数字控制的一个工艺信息处理机相应的使用这种值，或者转化为参数变化。由此为用户的外形程序设计与具有圆形电极丝的一般机床相比完全一样。

一种特别简单的方法，该方法得到了必要的校正参数，该方法在于，在工艺信息处理机中几何图形的改变可以计算确定，以及然后通过一种用于直线段选择的脉冲幅值的百分比降低而校正该几何图形变化。同时，在标准形式下这种确定的参数贮存在数字控制计算机中，以及自动的使用一种相应的软件。



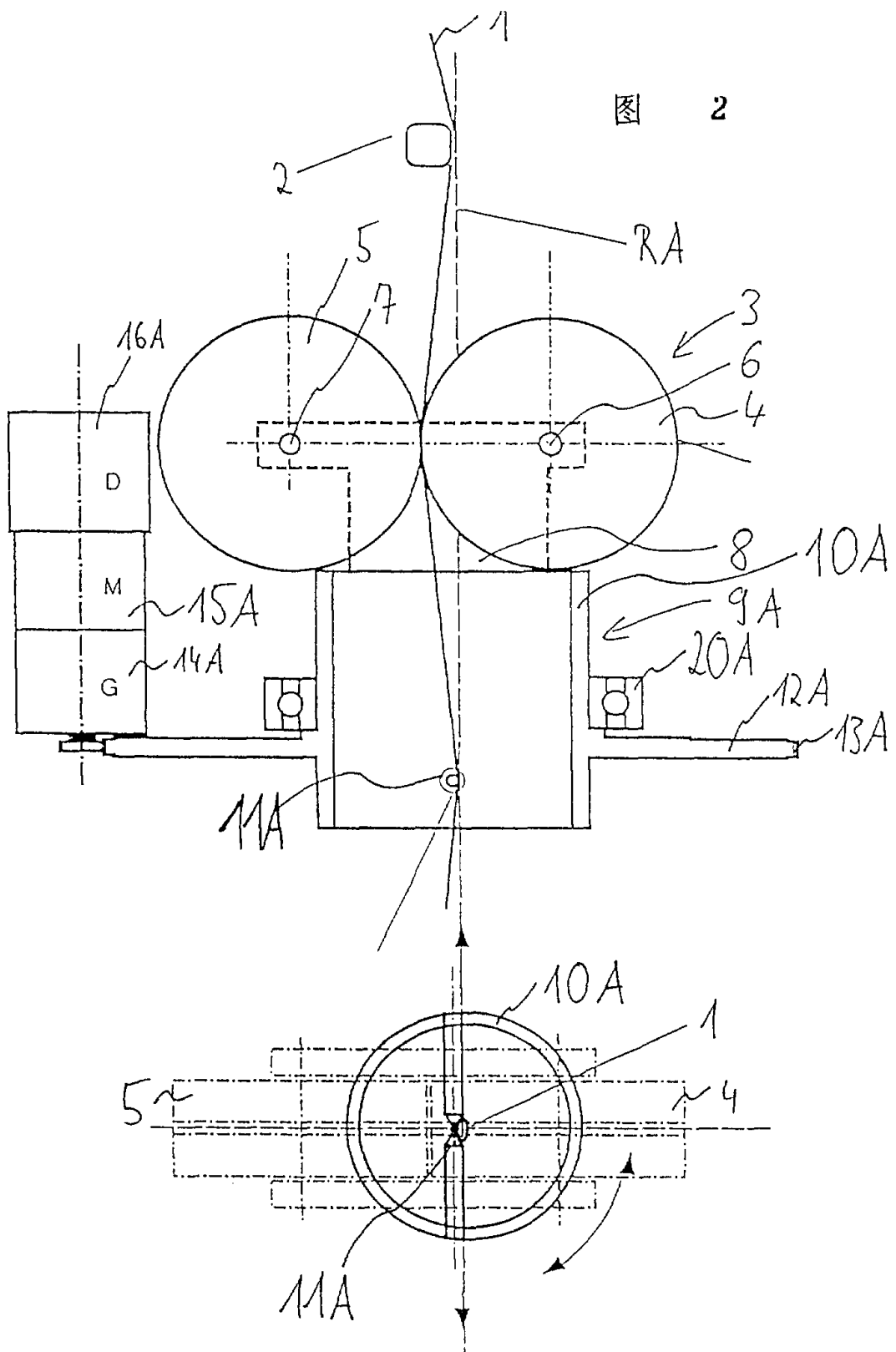


图 3A

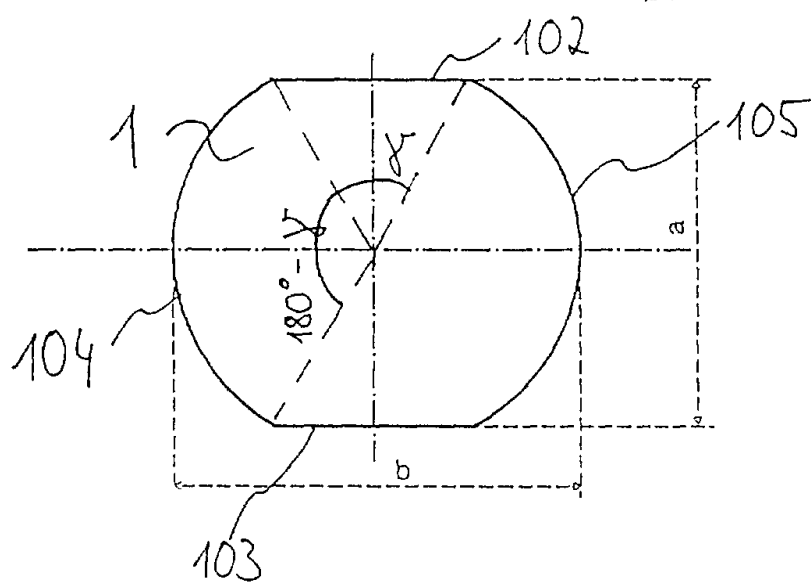
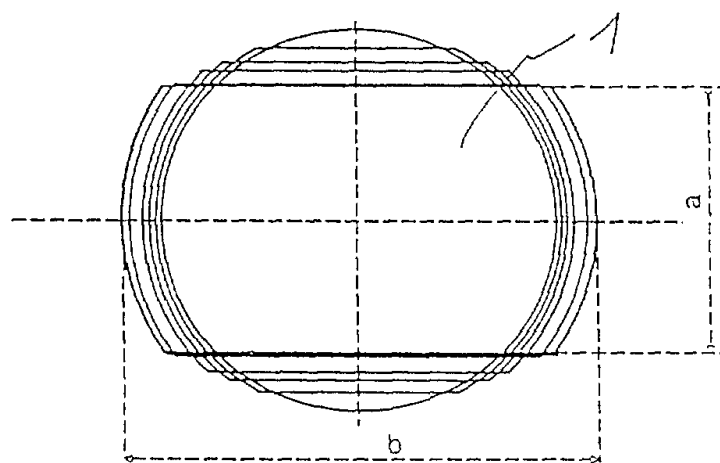


图 3B



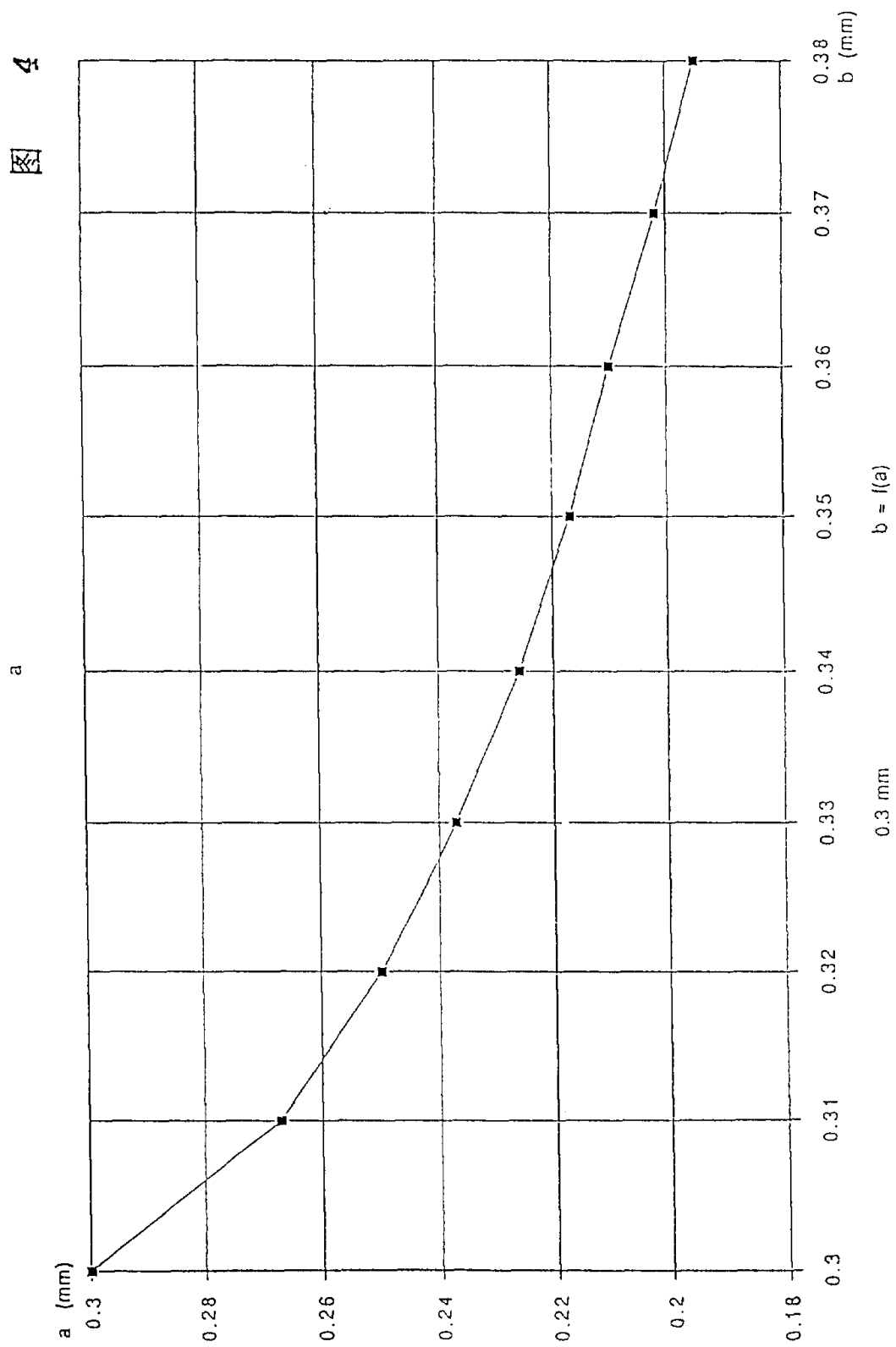


图 5A

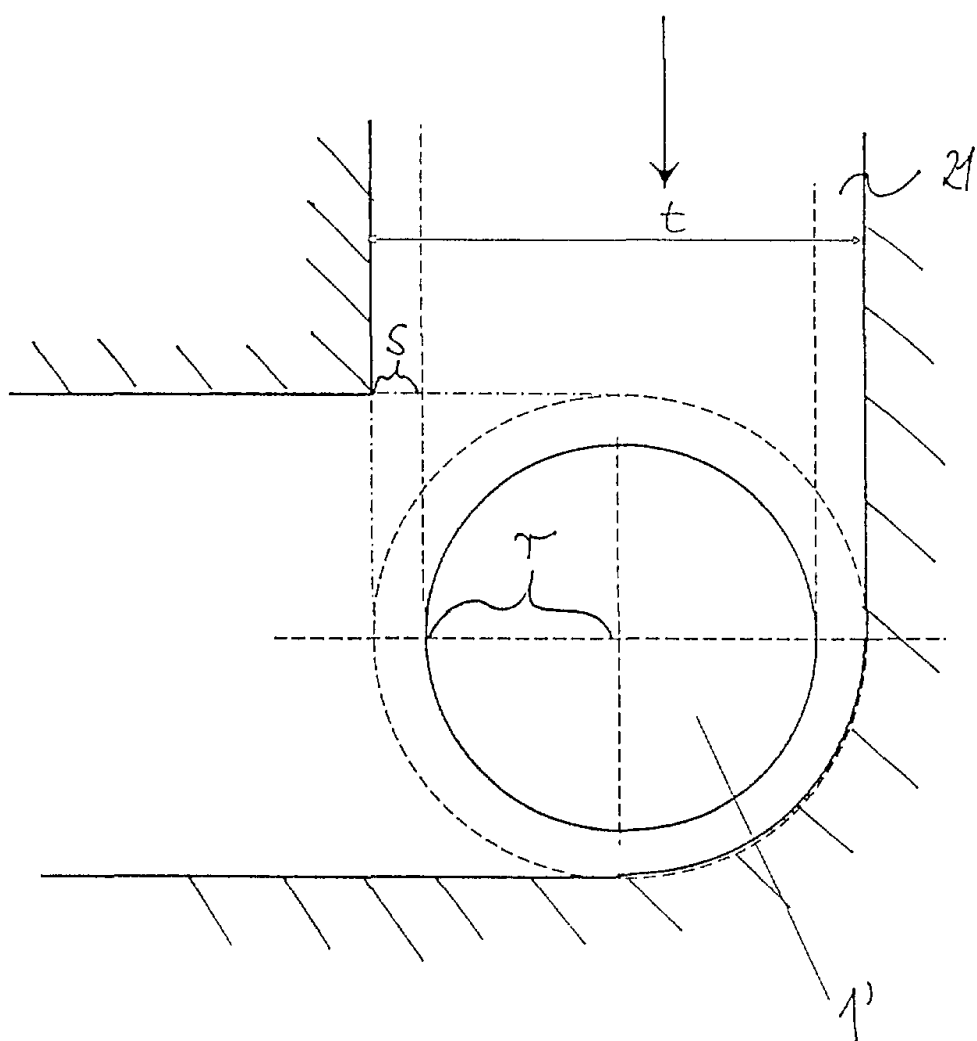


图 5B

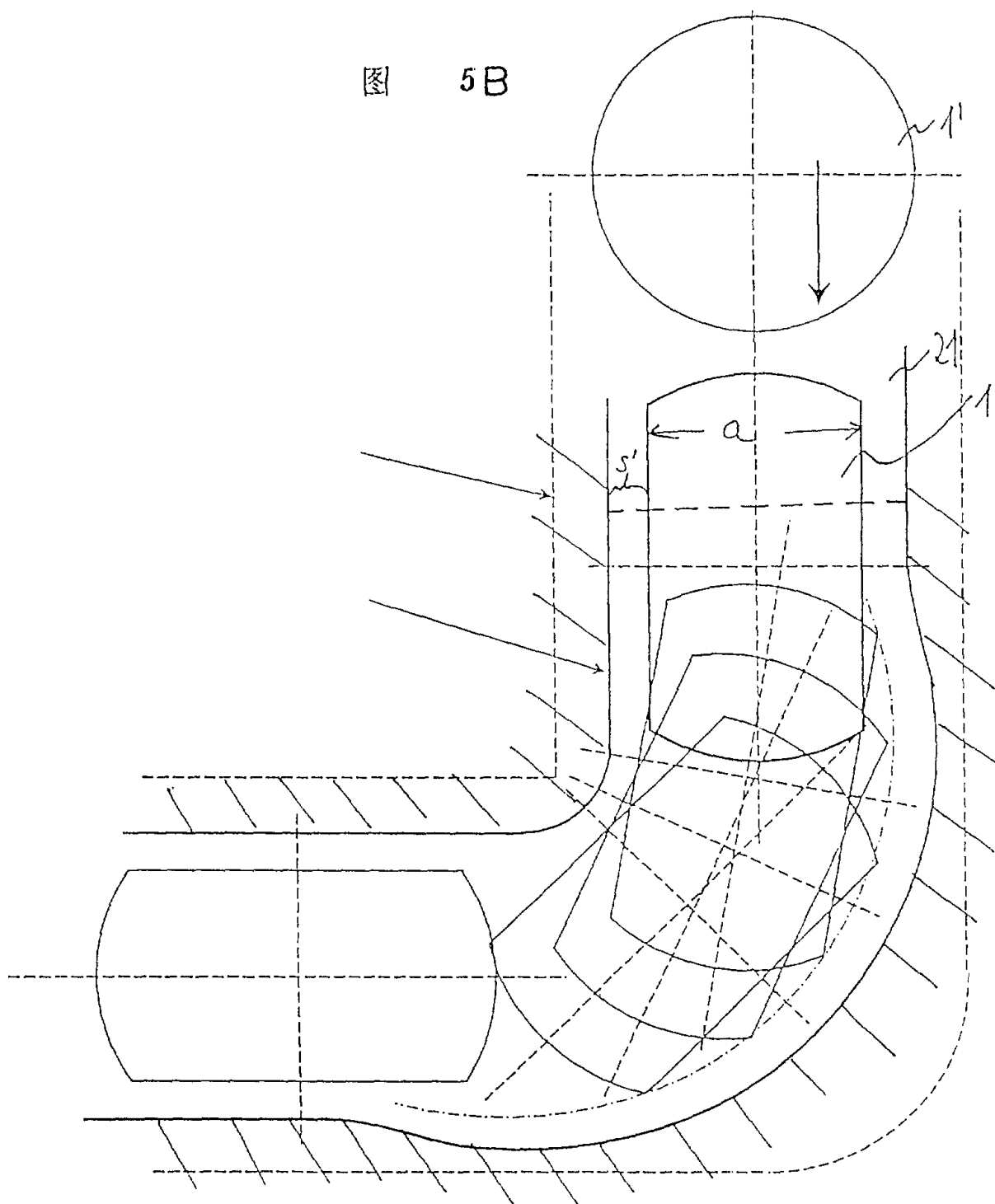
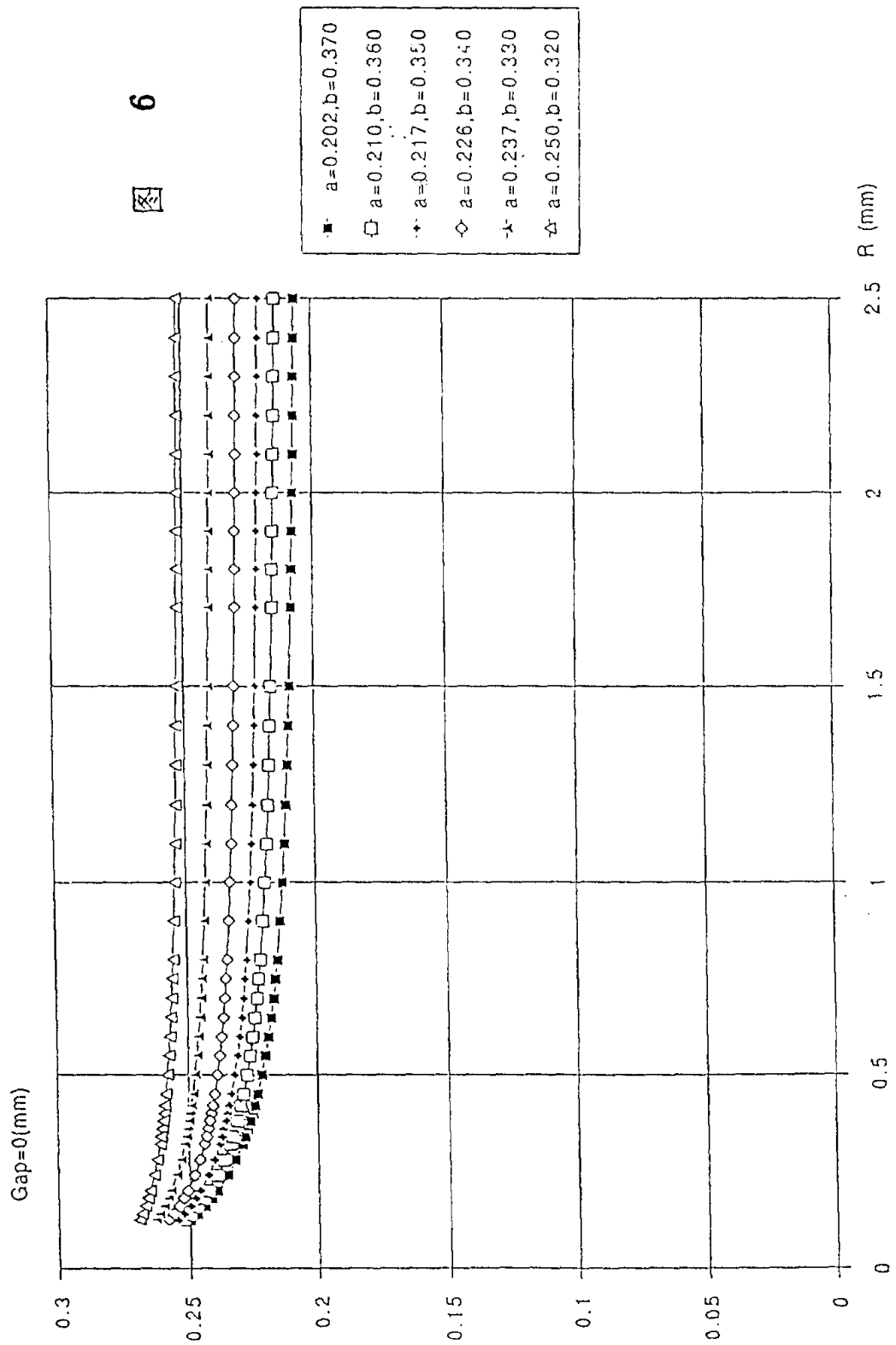


图 6



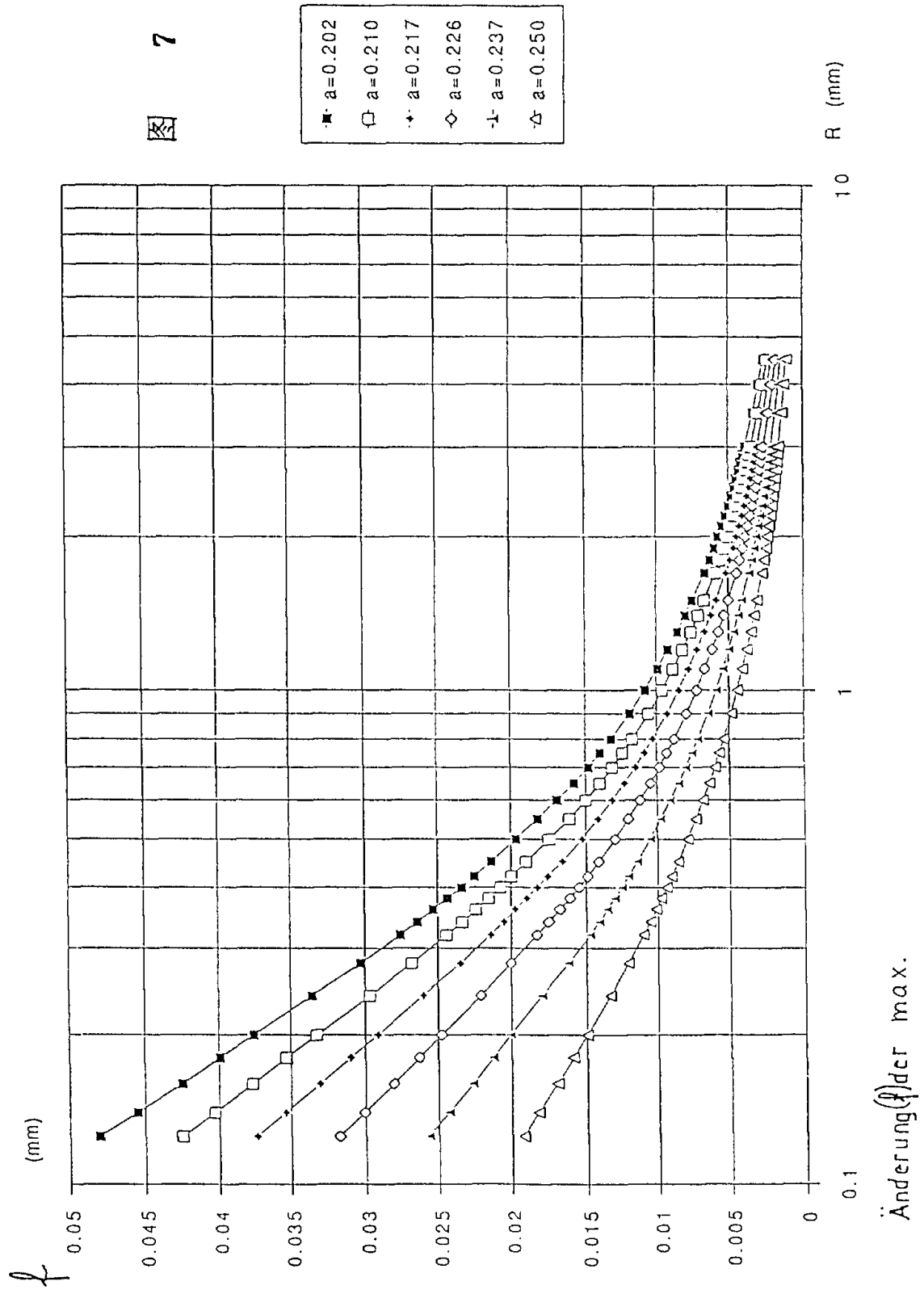


图 8

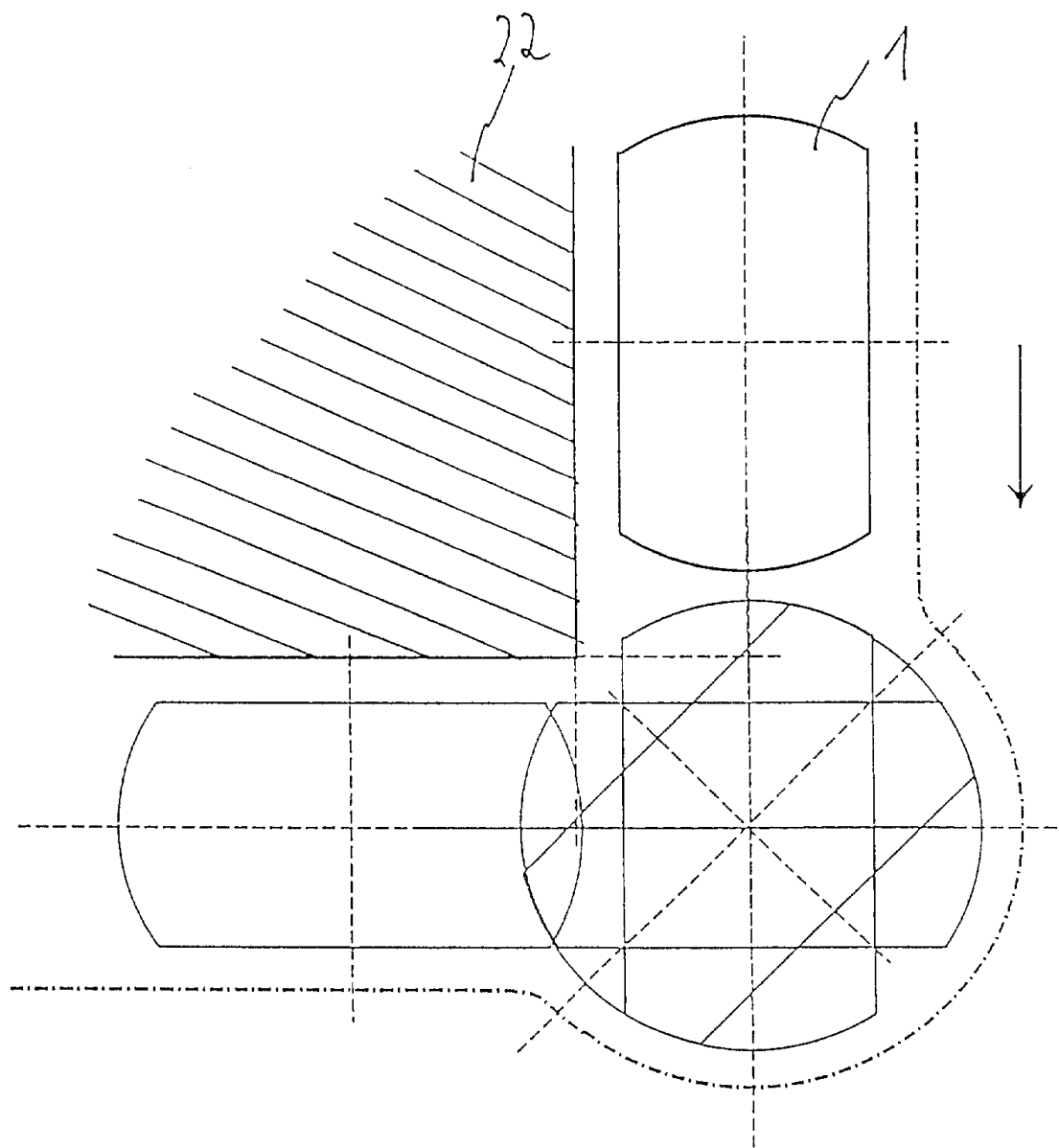


图 9A

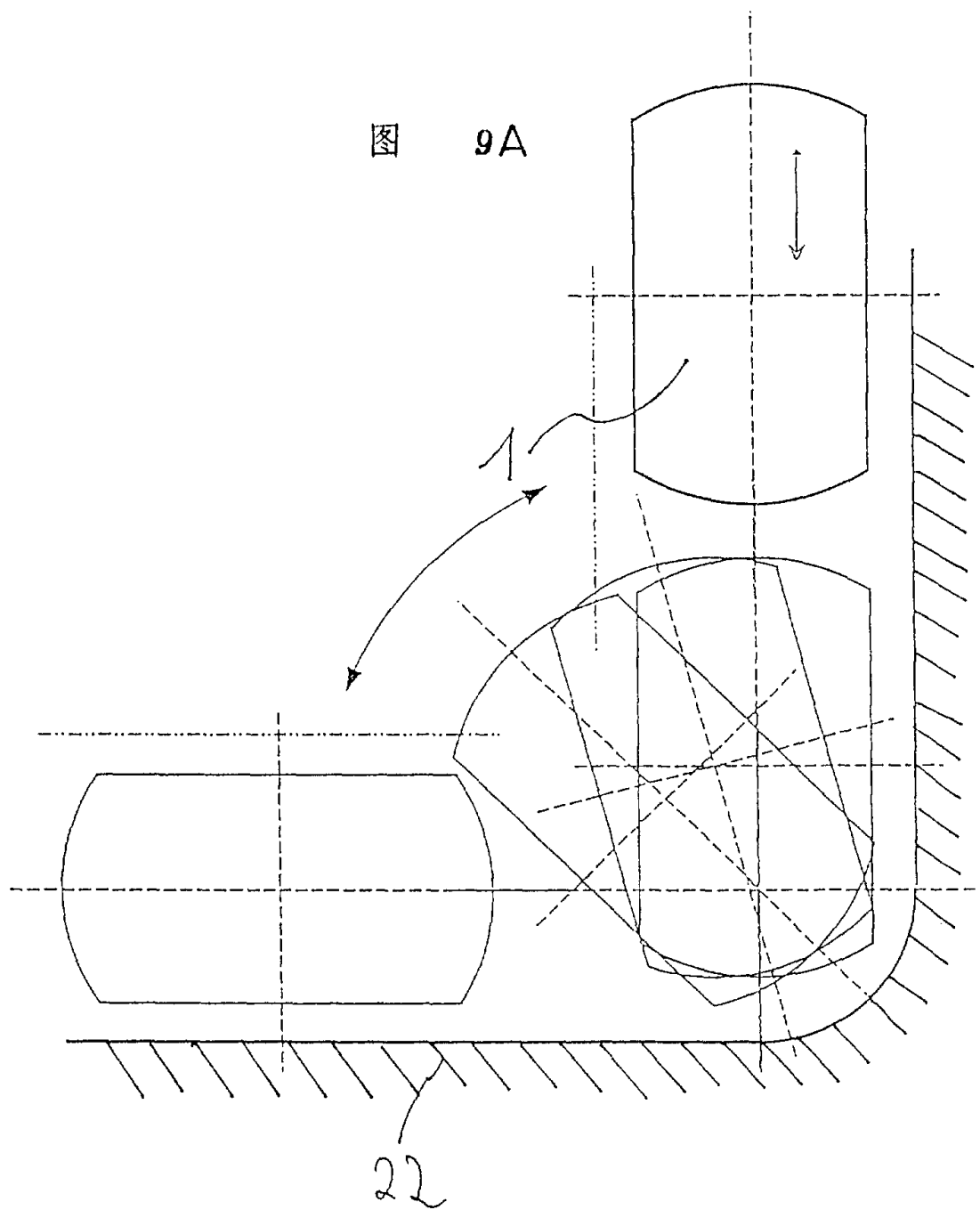


图 9B

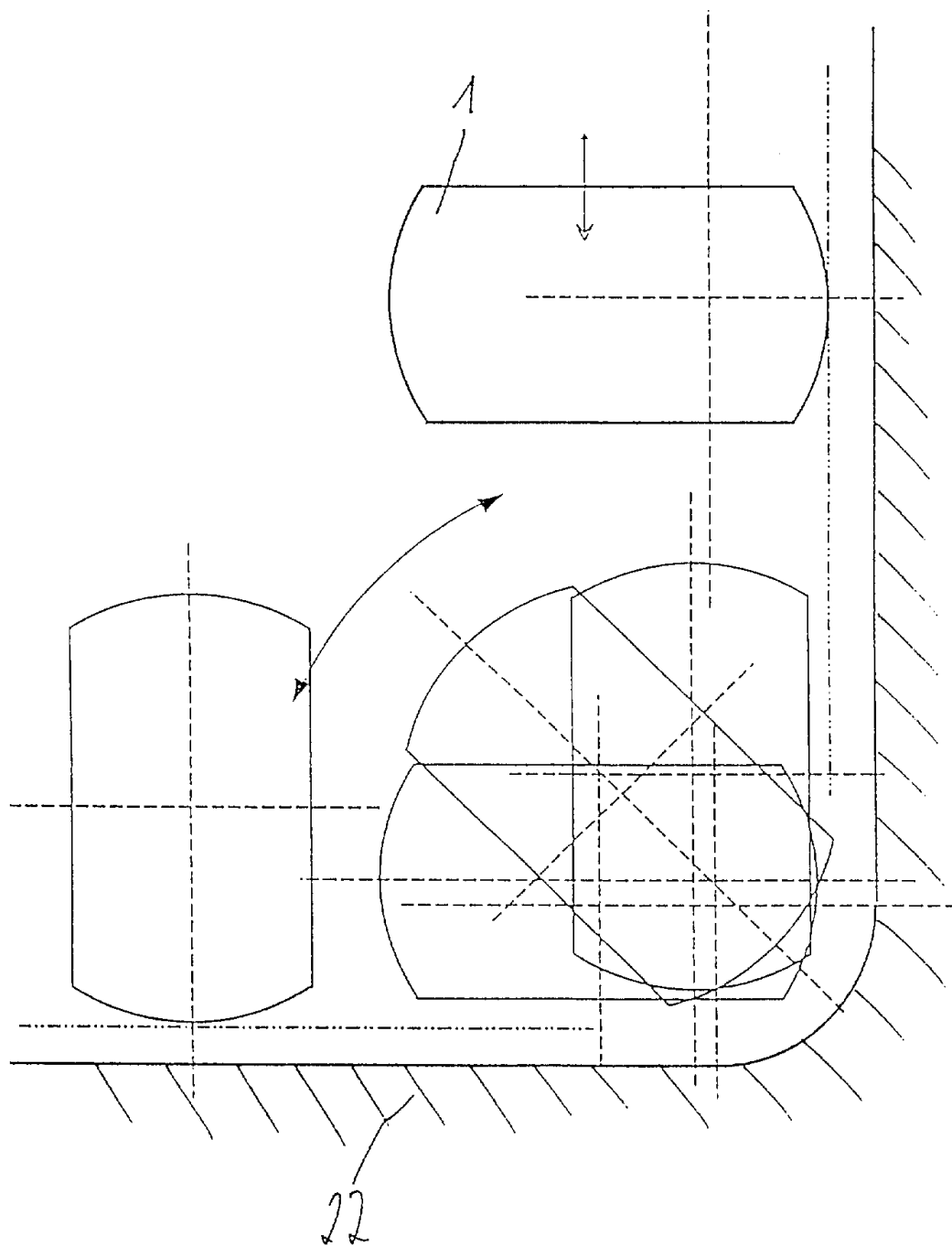


图 10

