

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B24B 5/18 (2006.01)

B24B 5/01 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03108180.0

[45] 授权公告日 2006 年 11 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 1284651C

[22] 申请日 2003.3.31 [21] 申请号 03108180.0

[30] 优先权

[32] 2002. 4. 3 [33] JP [31] 101281/02

[71] 专利权人 日本精工株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 鎌村有宏 岩浪博之

审查员 陈海英

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 马高平 杨 梧

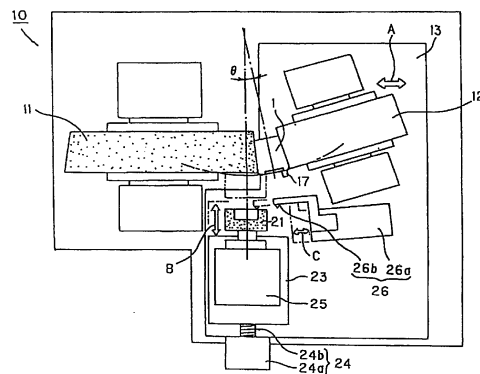
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 9 页

[54] 发明名称

无心磨削设备以及无心磨削方法

[57] 摘要

本发明公开了一种无心磨削设备(10)，包括用于磨削大致圆柱形工件(1)的外径表面的外径表面砂轮(11)；用于与外径表面砂轮(11)一起支承工件(1)的外径表面的调整轮(12)；以及用于磨削工件(1)的端面的端面砂轮(21)。在工件(1)设置于外径表面砂轮(11)和调整轮(12)之间的状态下，端面砂轮(21)磨削工件(1)的端面，同时外径表面砂轮(11)磨削工件(1)的外径表面。



1. 一种无心磨削设备, 包括:

用于磨削大致圆柱形工件的外径表面的外径表面砂轮;

用于与外径表面砂轮一起支承工件的外径表面的调整轮; 以及

用于磨削工件端面的端面砂轮, 所述端面砂轮为环形砂轮;

其中, 在工件设置在外径表面砂轮和调整轮之间的状态下, 端面砂轮磨削工件的端面, 同时外径表面砂轮磨削工件的外径表面;

所述环形砂轮磨削工件的端面时避免与外径表面砂轮相干涉;

环形砂轮设置成使得环形砂轮转轴的延长线与处于被支承在外径表面砂轮和调整轮之间的状态下的工件的转轴的延长线相交, 由此将工件端面磨削成球形。

2. 一种无心磨削设备, 包括:

用于磨削大致圆柱形工件的外径表面的外径表面砂轮;

用于与外径表面砂轮一起支承工件的外径表面的调整轮; 以及

用于磨削工件端面的端面砂轮, 所述端面砂轮为环形砂轮;

其中, 在工件设置在外径表面砂轮和调整轮之间的状态下, 端面砂轮磨削工件的端面, 同时外径表面砂轮磨削工件的外径表面;

所述环形砂轮磨削工件的端面时避免与外径表面砂轮相干涉;

所述无心磨削设备还包括修整装置, 用于将环形砂轮修整为锥形或球形。

3. 一种无心磨削方法, 包括:

由外径表面砂轮和调整轮支承大致圆柱形工件的外径表面; 以及

在保持该支承的状态下, 由端面砂轮磨削工件的端面, 同时由外径表面砂轮磨削工件的外径表面,

其中, 工件端面的磨削在开始工件外径表面磨削之后经过了预定时间时开始。

4. 如权利要求3所述的无心磨削方法, 其特征在于, 工件端面的磨削在工件外径表面的磨削终止之前终止。

5. 如权利要求3所述的无心磨削方法, 其特征在于, 外径表面磨削过程和端面磨削过程中每一个包括粗加工过程和精加工过程, 且端面磨削过程的粗加工过程在外径表面磨削过程的粗加工过程终止之前终止。

无心磨削设备以及无心磨削方法

技术领域

本发明涉及一种横向进给(in-feed)型无心磨削设备。

背景技术

例如，用于制造滚动轴承的滚子的无心磨削设备分成横向进给型、贯穿进给型和切线进给型。

根据横向进给型，工件是在其设定于旋转的砂轮和旋转的调整轮之间的磨削空间内的状态下通过径向进给砂轮或调整轮而磨削成预定形状的。

传统上，工件的外径表面和端面分别由不同的磨削设备以如下方式磨削，即，经历热处理的工件首先在其外径表面上磨削，然后在其端面处磨削。此外，对于需要高精度的工件，为了获得在磨削外径表面时作用为基准的端面的足够精度，端面在磨削外径表面之后磨削，并且外径表面将进一步经历最后磨削。

JP-B-62-58870 和日本专利第 2678144 号公开了一种同时磨削环形工件的外径表面和内径表面的技术。

JP-A-6-339842 公开了一种磨削环形工件的内径表面和端面的设备。这个设备构造成用于磨削内径表面的砂轮设置在第一磨削加工位置，而用于磨削端面的砂轮设置在第二磨削加工位置，借此工件在两个磨削加工位置处依次换位(index)，从而依次磨削内径表面和端面。

已经期待一种可以同时磨削工件的外径表面和端面的设备，以便可以快速磨削滚动轴承的滚子等。

JP-B-62-58870 和日本专利第 2678144 号中都没有公开磨削工件端面的技术。

根据 JP-A-6-339842 所公开的设备，虽然工件的内径表面和端面可以通过一次装卡予以加工，但由于卡盘与砂轮干涉而不可能同时磨削工件的外径表面和端面。

发明内容

于是，本发明已经鉴于上述传统技术中的状况而提出，且本发明的目的是提供一种无心磨削设备和无心磨削方法，尽管该设备具有相对简单的构造，但其可以同时磨削大致圆柱形工件的外径表面和端面。

本发明的目的可以通过以下构造予以实现：

(1) 无心磨削设备包括用于磨削大致圆柱形工件的外径表面的外径表面砂轮、用于与外径表面砂轮一起支承工件的外径表面的调整轮、以及用于磨削工件端面的端面砂轮，其中，在工件设置在外径表面砂轮和调整轮之间的状态下，端面砂轮磨削工件的端面，同时外径表面砂轮磨削工件的外径表面。

(2) 如(1)中所描述的无心磨削设备，其中，外径表面砂轮形成为盘形，而工件的外径表面由外径表面砂轮的外周边磨削。

(3) 如(1)或(2)中所描述的无心磨削设备，其中，端面砂轮为环形砂轮，其磨削工件的端面，同时避免与外径表面砂轮相干涉。

(4) 如(3)中所描述的无心磨削设备，其中，环形砂轮设置成使得环形砂轮转轴的延长线与处于被支承在外径表面砂轮和调整轮之间的状态下的工件的转轴的延长线相交，由此将工件端面磨削成球形。

(5) 如(3)或(4)中所描述的无心磨削设备，还包括修整装置，用于将环形砂轮修整为锥形或球形。

(6) 如(1)或(2)中所描述的无心磨削设备，其中，端面砂轮形成为盘形，且工件的端面由端面砂轮的外周边磨削，同时避免与外径表面砂轮干涉。

(7) 如(1)到(6)之一所描述的无心磨削设备，其中，调整轮向工件施加指向端面砂轮的驱动力，同时与外径表面砂轮一起支承工件的外径表面。

(8) 一种无心磨削方法，包括由外径表面砂轮和调整轮支承大致圆柱形工件的外径表面；以及在保持该支承的状态下，由端面砂轮磨削工件的端面，同时由外径表面砂轮磨削工件的外径表面，其中，工件端面的磨削在开始工件外径表面磨削之后经过了预定时间时开始。

(9) 如(8)中所描述的无心磨削方法，其中，工件端面的磨削在工件外径表面的磨削终止之前终止。

(10) 如(8)或(9)中所描述的无心磨削方法，其中，外径表面磨削过程和端面磨削过程中每一个包括粗加工过程和精加工过程，且端面磨削过程的

粗加工过程在外径表面磨削过程的粗加工过程终止之前终止。

在上述构造中，在工件的外径表面由外径表面砂轮磨削同时由外径表面砂轮和调整轮支承工件外径表面的情况下，工件的端面磨削通过利用工件在其轴向上的运动得以抑制而进行。从而，工件的外径表面和端面可以同时得以磨削，而不必改变夹紧工件的位置或将工件换位到不同的磨削加工位置。根据本发明，可以简化该设备的结构，可以缩短磨削过程所需的时间段，并可以降低加工成本。此外，可以以更高精度加工。

作为大致圆柱形的工件，例如存在滚动轴承的圆锥形滚子、自动对准滚子。

附图说明

图1是示出本发明第一实施例的示意性平面图；

图2是示出第一实施例的主要部分的放大视图；

图3是用于解释第一实施例的磨削工作的时序图；

图4A和4B是示出第一实施例的主要部分的示意性侧视图；

图5A和5B是示出第二实施例的主要部分的放大视图；

图6是示出第二实施例的主要部分的放大视图；

图7是示出第二实施例的主要部分的放大视图；

图8是示出第三实施例的示意性平面图；

图9是示出第四实施例的示意性平面图；以及

图10是示出第五实施例的示意性平面图。

具体实施方式

将参照附图描述本发明的实施例。

图1是根据本发明第一实施例的无心磨削设备10的示意性平面图。无心磨削设备10适于磨削诸如圆锥型滚子1等的工件。用于磨削工件1的外径表面的第一磨削机构包括形成为盘形的外径表面砂轮11、调整轮12、分别用于将调整轮12向外径表面砂轮11靠近以及从外径表面砂轮12分离的外径表面切割台13、用于从工件的下侧支承工件1的支承刀刃（从图面后侧支承工件1）以及用于外径表面砂轮11和调整轮12的修整装置（未示出）。这些组成元件也设置在普通的横向进给无心磨削机器中。

根据本实施例的无心磨削设备 10 包括用于磨削工件 1 端面（在这种情况下为圆锥形滚子的大直径侧端面）的第二磨削机构，其具有作用为端面砂轮的环形砂轮 21、用于分别将环形砂轮 21 靠近工件 1 的端面以及从工件 1 的端面分开的端面切割台、以及用于环形砂轮 21 的修整装置 26。

外径表面砂轮 11 的外周面形成为圆锥形状，以便相对于外径表面砂轮 11 的转轴稍微倾斜，从而工件 1 的转轴的延长线在理想的距离处与如下面所描述的用于磨削端面的环形砂轮 21 的转轴的延长线相交。根据本实施例，外径表面砂轮 11 的转轴指向水平方向（平行于设备的安装表面的方向）。

调整轮 12 的外周形成为平行于调整轮 12 的转轴的圆柱形状。外径表面切割台 13 如图 1 中箭头 A 所示基本线性移动，由此分别靠近外径表面砂轮 11 和从后者离开，同时保持调整轮 12 的转轴与外径表面砂轮 11 的转轴之间的交叉角几乎不变。

工件 1 设置在外径表面砂轮 11 的外周和调整轮 12 的外周之间。在这种情况下，圆锥形滚子 1 夹在外径表面砂轮 11 的外周和调整轮 12 的外周之间，从而圆锥形滚子 1 的大直径侧端面稍微从外径表面砂轮 11 的大直径侧端面突出。在这种状态下，圆锥形滚子 1 的外径表面由外径表面砂轮 11 磨削。

根据本实施例，第二磨削机构设置在工件 1 的大直径侧端面设置于外径表面切割台 13 上的一侧上。环形砂轮 21 的转轴的延长线与处在夹于外径表面砂轮 11 和调整轮 12 之间状态下的工件 1 的转轴的延长线相交（交叉角为 θ ）。交叉角 θ 以从交点到工件 1 的端面的距离与端面的理想曲率半径重合的方式设定。用于磨削端面的第二磨削机构设置在如工件支架的外径表面切割台上，从而即使在外径表面砂轮 11 或调整轮 12 的直径由于修整工作而改变时，也可以不用改变与工件 1 的位置关系实现较小的端面磨削。

端面切割台 23 如图 1 中箭头 B 所示线性移动，由此向工件 1 的相应大直径侧端面和外径表面砂轮 11 靠近以及从后者处离开，同时保持环形砂轮 21 的转轴的延长线与工件 1 的转轴的延长线之间的交叉角 θ 基本不变。端面切割台 23 由线性导引装置 24 线性移动，该线性导引装置 24 具有进给电机 24a 和直接连接到进给电机 24a 上的丝杠 24b。环形砂轮 21 由设置在端面切割台 23 上的心轴 25 旋转。

在环形砂轮 21 与工件 1 的相应的大直径侧端面以及外径表面砂轮 11

分离的状态下, 环形砂轮 21 可以由修整装置 26 修整。修整装置 26 包括砂轮修整滑座 26a 和设置在砂轮修整滑座 26a 上的支臂尖端处的砂轮修整金刚石 26b。砂轮修整滑座 26a 如图 1 中箭头 C 所示线性移动, 且此时, 砂轮修整金刚石 26b 将环形砂轮 21 修整为锥形。

虽然未示出, 外径表面砂轮 11 和调整轮 12 的修整工作与普通横向进给无心磨削机器中执行的相同。

环形砂轮 21 抵靠工件 1 大直径侧端面中的靠近外径表面砂轮 11 的部分, 且在此状态下, 工件 1 和环形砂轮 21 中每一个转动, 由此磨削工件 1 的端面。

另一方面, 端面挡块 17 抵靠工件 1 的大直径侧端面中靠近调整轮 12 的部分, 由此支承工件 1 的端面。转轴相对于工件 1 的转轴倾斜 (即, 歪斜) 的调整轮 12 在指向端面挡块 17 一侧的轴向上向工件 1 施加推力, 由此促使工件 1 抵靠端面挡块 17。在此状态下, 环形砂轮 21 磨削工件 1 的端面。

根据本实施例, 由于环形砂轮 21 以其转轴的延长线与处在外径表面砂轮 11 和调整轮 12 之间的夹置状态下的工件 1 的转轴的延长线相交, 因此工件 1 的端面可以磨削成球形。工件 1 的端面的曲率半径可以通过调节环形砂轮 21 的转轴的延长线与工件 1 的转轴的延长线之间的交叉角 θ 予以调节 (即, 通过改变外径表面砂轮 11 的圆锥形外周的倾斜角)。

如图 2 中放大方式示出的, 工件 1 的倒角部分未磨削。即, 工件 1 的倒角部分在轴线方向上从外径表面砂轮 11 的大直径侧突出, 由此可以确保一间隙, 从而外径表面砂轮 11 不会与环形砂轮 21 彼此干涉。

在将由外径表面砂轮 11 边缘附近内的下垂造成的余量考虑进内时, 可以获得如下面表达式所表示的间隙:

$$\text{间隙} = \text{倒角} - D/2\sin\theta - \text{磨石边缘的余量}$$

其中 D 表示工件 1 的大直径侧端面。

在磨削端面时, 由于工件 1 需要夹在外径表面砂轮 11 和调整轮 12 之间, 因此磨削过程如图 3 所示那样设定。即, 在为了磨削外径表面而快速进给之后, 开始用于外径表面磨削的粗加工过程。然后, 当外径表面磨削真正开始, 且然后工件 1 被磨削力充分夹紧时, 开始端面磨削。换句话说, 在从真正的外径表面的磨削开始起预定时间消逝之后, 开始真正的端面磨削。

即，在为了磨削端面而快速进给之后，开始用于端面磨削的粗加工过程。然后，端面磨削在从真正的外径表面的磨削开始起经过预定时间后，开始真正的端面磨削。

磨削过程设定为端面磨削在外径表面的磨削终止之前终止。在外径表面磨削和端面磨削每一种中，精加工过程都是在粗加工过程之后进行。在这方面，在精加工过程和粗加工过程之间的磨削力有所不同。理想的是将磨削条件以用于端面磨削的粗加工过程在用于外径表面磨削的粗加工过程终止之前终止的方式设定。即，理想的是在从用于端面磨削的精加工过程开始时起经过预定时间之后开始用于外径表面磨削的精加工过程。

此外，理想的是在从用于端面磨削的精加工过程终止时起经过预定时间之后终止用于外径表面磨削的精加工过程。

图4B是无心磨削设备10的示意性侧视图，图4A是从图4B中箭头A方向看到的视图。

如图4B所示，工件1在其外径表面处由外径表面砂轮11的外周和调整轮12的外周从两侧方向支承，在其外径表面处由支承刀刃16从下部方向支承，并也在其端面处由端面挡块17支承。

无心磨削设备10设置有装载机构30。装载机构30包括在水平方向延伸的装载机导轨31、在装载机导轨31上沿水平方向移动并向上和向下移动机械手(hand)32的提升臂33、进入斜槽(inshoot)34和离开斜槽(outshoot)35。装载机构30还包括如图4A所示的导引装置37，该导引装置在外径表面砂轮11和调整轮12之间的支承刀刃16的内侧处（未设置端面磨石一侧）设置成平行关系。导引装置37包括导轨37a和推杆37b。

如图4A所示，提升臂33设置有两个机械手32，它们在水平方向分隔开。这些机械手32、32在水平方向上同时移动，并且也在向上和向下方向上同时移动。

首先，机械手32之一（图中的左侧机械手）从进入斜槽34取得工件1，并将工件放置在导轨37a上，同时，另一机械手32（图中右侧机械手）夹住已经被磨削并放置在支承刀刃16上的工件1。此后，机械手向上移动，由此将已经磨削的工件1放置在离开斜槽35上。在机械手32、32向上移动之后，推杆37b将放置在导轨37a上的工件1设定到支承刀刃16上的磨削位置处。此时，调整轮12事先远离。当工件1被推出到磨削位置并放置

在稳定状态下时，磨削工作开始。与磨削工作一起，一个机械手 32 夹住进入斜槽 34 一侧上的工件，以为下一次装载作准备，并等待磨削工作的终止。

接着，将基于图 5A 和 5B 解释根据本发明第二实施例的无心磨削设备 40。现在，在下面解释的实施例中，与上述零件等具有类似结构和工作原理的零件等将标示以相同或相应的附图标记，并将简化或省略对它们的描述。

图 5A 是示出无心磨削设备主要部分的示意性平面图。图 5B 是从图 5A 中箭头 B 方向看到的视图。调整轮 42 的外周形成为与外径表面砂轮 41 的外周类似的圆锥形状（或砂漏形状）。工件（圆锥形滚子）1 设置在外径表面砂轮 41 的外周和调整轮 42 的外周之间。作用为端面砂轮的环形砂轮 21 和端面挡块 47 基本上沿工件 1 的轴向设置。环形砂轮 21 的转轴指向水平方向。

在工件 1 由外径表面砂轮 41 和调整轮 42 支承的状态下，工件 1 的转轴的延长线与环形砂轮 21 的转轴的延长线相交。即，工件 1 在工件相对于水平方向倾斜的状态下夹于外径表面砂轮 41 和调整轮 42 之间，从而工件大直径侧端面设置在较高位置处，由此工件 1 的大直径侧端面的下侧部分由环形砂轮 21 磨削。端面挡块 47 支承工件 1 的大直径侧端面的上侧部分。

当从图 5B 中所示的侧向看时，工件 1 和环形砂轮 21 设置在外径表面砂轮 41 和调整轮 42 之间的相同直线上、不同位置处，从而二者局部重叠。当外径表面砂轮 41 和调整轮 42 在相同方向上（在图中顺时针方向上）转动时，工件 1 在相反方向上转动。

图 6 是从图 5A 中箭头 C 方向上看到的视图。如上所述，工件 1 转轴的延长线与环形砂轮 21 的转轴的延长线相交（具有交叉角 θ ）。交叉角 θ 设定成从交点到工件 1 的端面的距离与端面的曲率半径重合，从而获得了端面所需的曲率半径。假设工件 1 的大直径侧端面的直径为 D，在外径表面砂轮 41 和环形砂轮 21 之间可以确保例如几乎具有以下数值的间隙。

间隙 = 倒角 + $D/2\sin\theta$ - 磨石边缘的余量 - $D/2\sin\theta$ = 倒角 - 磨石边缘的余量

从而，可以在外径表面砂轮 41 和环形砂轮 42 之间确保足够的间隙。

工件 1 的抵靠外径表面砂轮 41 的磨削部分不会与工件外径表面的母线（在投影图中工件外径表面的轮廓线）重合。从而工件 1 的外径表面的母

线形状不能通过利用具有线性母线形状的外径表面砂轮形成，由此，工件 1 的外径表面被构造成其中心部分凹陷的形状。在这种情况下，为了使得工件 1 的外径表面形状为圆锥形，外径表面砂轮 41 的外周被修整，以构造成如图 7 所示的砂漏形状。

接着，将基于图 8 描述本发明第三实施例的无心磨削设备 50。虽然本实施例具有与第一实施例基本相同的构造，但是在这个实施例中，环形砂轮 21 和端面挡块 17 的位置与第一实施例中的相反。端面挡块 17 抵靠工件 1 的大直径侧端面中靠近外径表面砂轮 51 的部分，由此支承工件的大直径侧端面。另一方面，环形砂轮 21 抵靠工件 1 的大直径侧端面中的靠近调整轮 21 的部分，且在此情况下，工件 1 和环形砂轮 21 中每一个都转动，由此磨削工件 1 的端面。

在这个实施例中，同样在调整轮 12 是歪斜时，调整轮在指向端面挡块 17 一侧的轴向上向工件 1 施加推力，由此促使工件 1 抵靠端面挡块 17。在此状态下，环形砂轮 21 磨削工件 1 的端面。

虽然外径表面砂轮 51 需要与其外径表面要加以磨削的工件 1 的整个表面接触，但是调整轮 12 可以形成为狭窄的，只要工件 1 的姿态稳定且可以获得适当的驱动力即可。从而，根据本实施例，可以容易地使调整轮 12 和环形砂轮 21 之间的间隙较大。

通常，由于外径表面砂轮 51 以向下的姿态旋转，且工件 1 也以向下的姿态旋转。从而，在第三实施例中，在端面挡块 17 上产生向上的摩擦力，而这个摩擦力作用为将工件 1 从支承刀刃上浮起。然而，只要适当地选择磨削条件，这种现象不会造成任何问题。

虽然在工件 1 和外径表面砂轮 51 的转动方向反转时摩擦力变成向下的，但是工作方式变化成磨削力成为向上的，或者冷却剂向磨削点的进入通道改变。

接着，基于图 9，解释根据本发明第四实施例的无心磨削设备 60。虽然这个实施例在结构上与第三实施例几乎相同，但这个实施例与第三实施例不同之处在于调整轮 62 的外周被构造成圆锥形，而砂轮修整金刚石 66 一体地设置在调整轮 62 的外径侧端面上。

根据本实施例，调整轮 62 的转轴的延长线也与环形砂轮 21 的转轴的延长线与工件 1 的转轴的延长线之间的交点相交。当调整轮 62 围绕其转轴

转动时，环形砂轮 21 可以被砂轮修整金刚石 66 修整为球形。

接着，基于图 10 描述根据本发明第五实施例的无心磨削设备 70。虽然这个实施例结构上几乎与第三实施例相同，但是这个实施例与第三实施例不同在于盘形砂轮 71 取代环形砂轮用作端面砂轮，工件 1 的端面由砂轮 71 的外周磨削。当砂轮 71 的外周被构造成砂漏形时，工件 1 的端面也可以磨削成球形。

本发明不局限于上述实施例，且可以进行适当的修改和改进等。

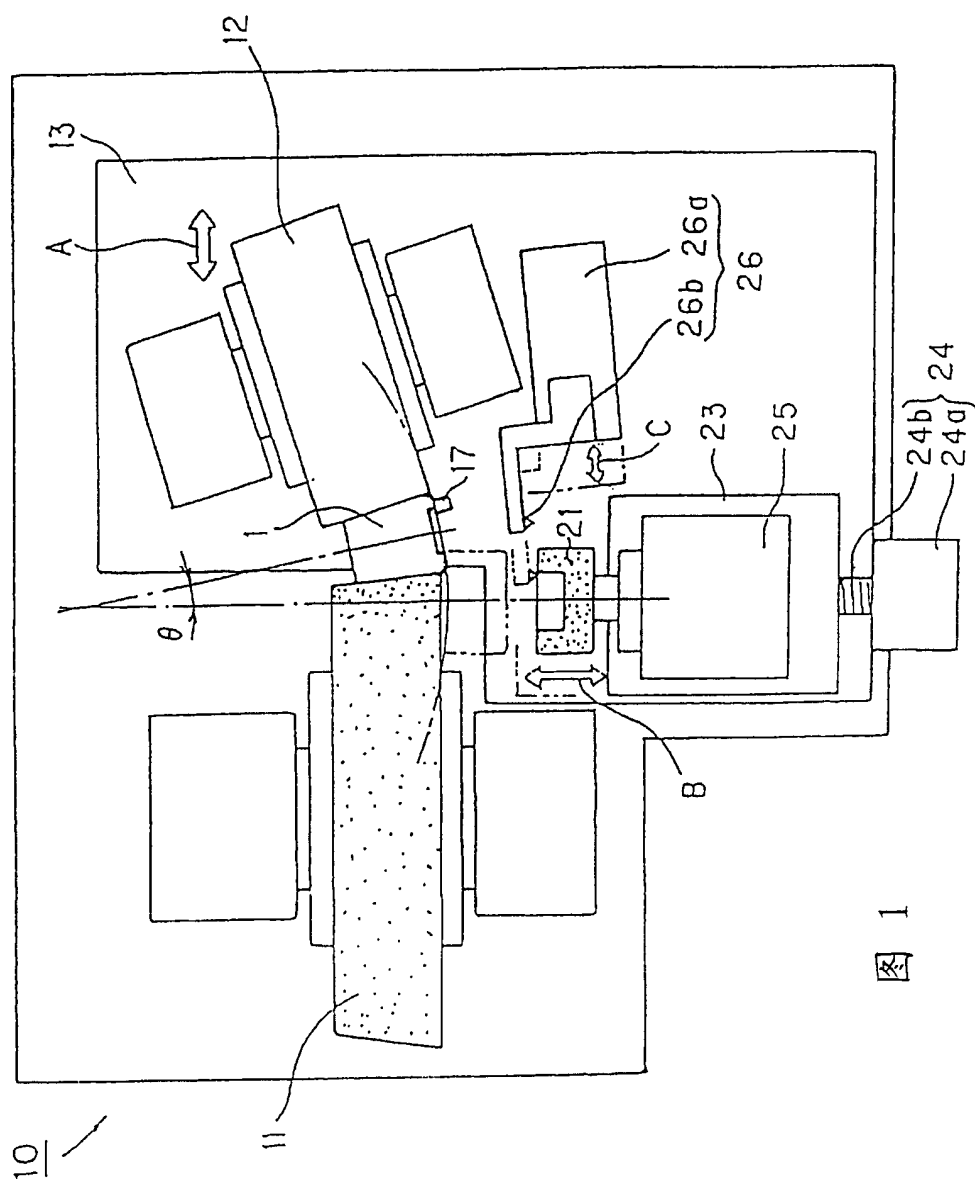
此外，取代如图 4 所示的从支承刀刃 16 的内侧装载工件，工件可以在环形砂轮（端面砂轮）移到一边的情况下从这一侧（仍存在端面砂轮的一侧）装载或卸载。

磨削条件可以选择成消除了对用于端面磨削的环形砂轮的修整，即，砂轮执行自生(autogenesis)功能。在这种情况下，由于砂轮的工作表面位置不能机械地探测，因此需要常压磨削方法或基于砂轮和工件之间的接触探测的磨削方法。

常压磨削方法可以按如下方式进行。即，工件以如下方式磨削，即，利用切割台、以砂轮心轴为弹性支承、砂轮抵靠在工件上预定时间段，以便在预定的压力或更大的压力施加到砂轮上时将砂轮从工件上移开。根据这种构造，基于压力和磨削时间，可以从工件上去除所需的磨削加工余量或储备量，而与砂轮表面（工作表面）的位置无关。此时的磨削力应选择成小于将工件压在挡块上的推力。

基于砂轮和工件之间的接触探测的磨削方法可以按如下方式进行。即，在砂轮和工件之间设置接触探测装置，在切削操作工程中，在由接触探测装置探测到接触之后，切削预定量。从而，即使砂轮表面不平整，或砂轮的位置未知，也可以从工件上去除所需的磨削加工余量。

如上所述，根据本发明，尽管设备的构造相对简单，但可以提供一种同时磨削大致圆柱形工件的外径表面和端面的无心磨削设备和无心磨削方法。



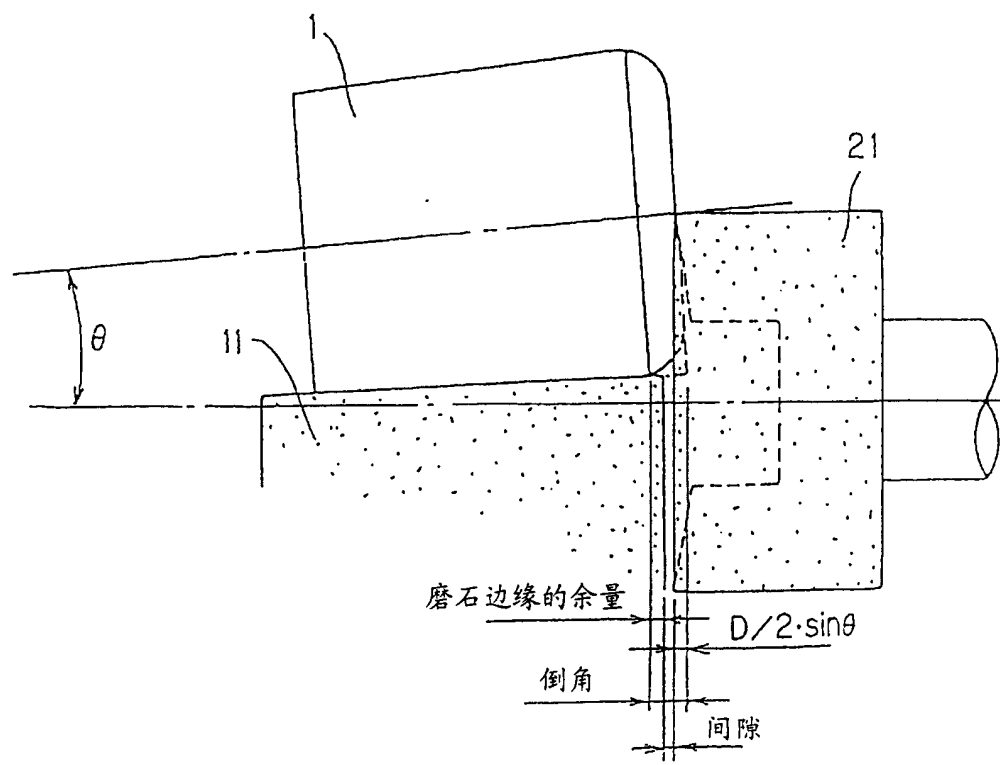


图 2

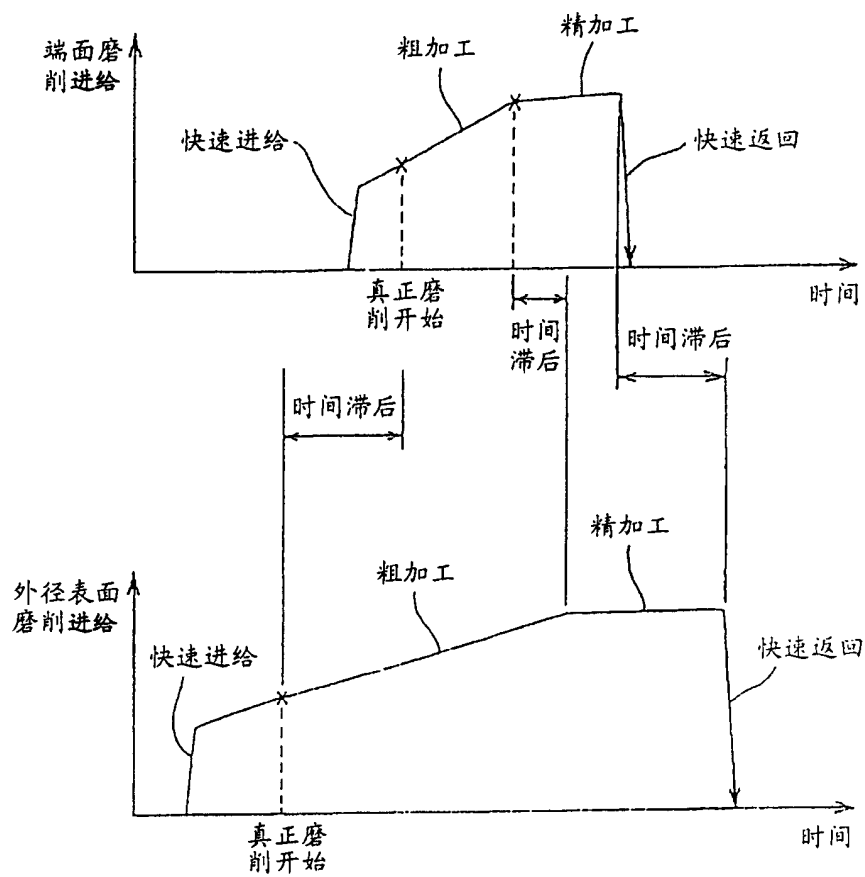


图 3

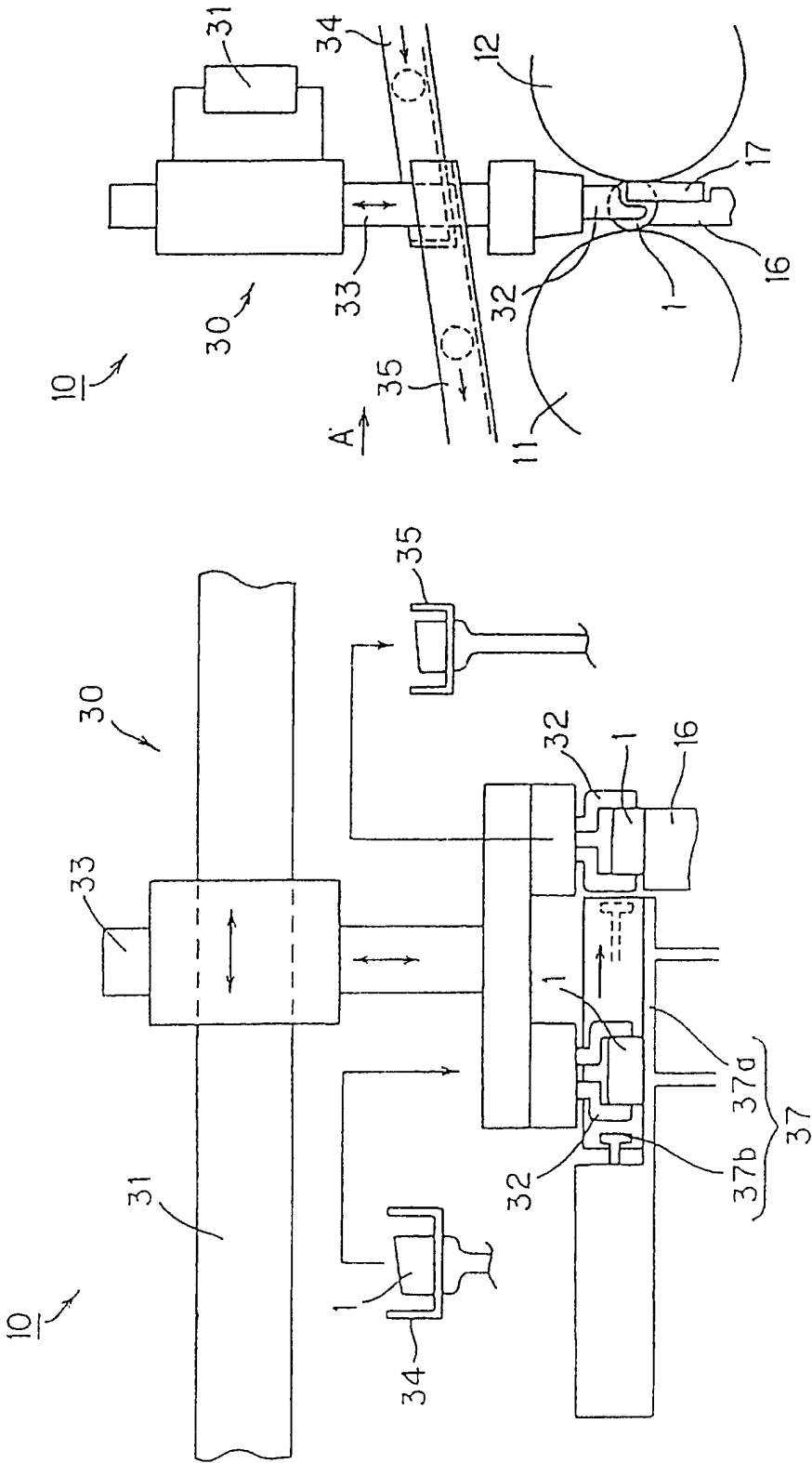


图 4B

图 4A

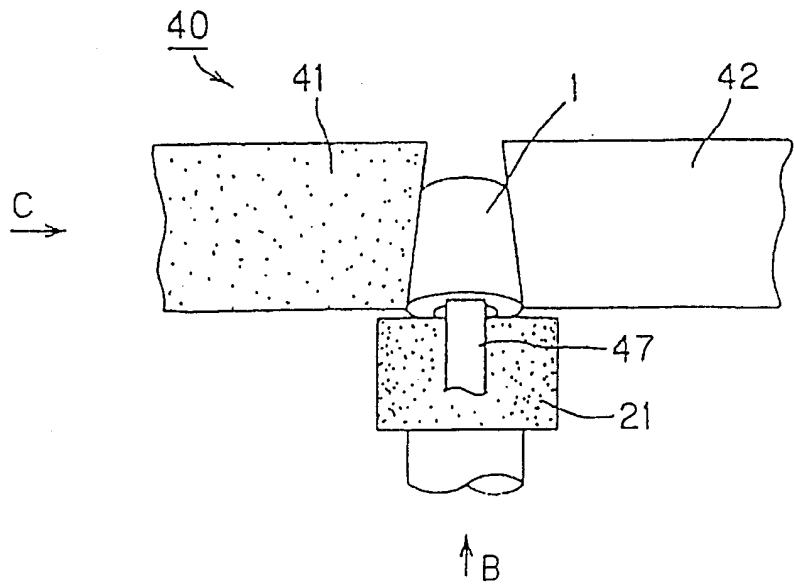


图 5A

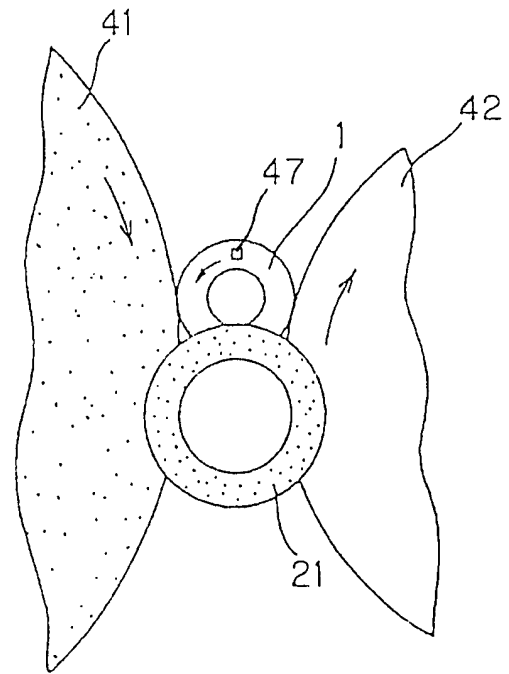


图 5B

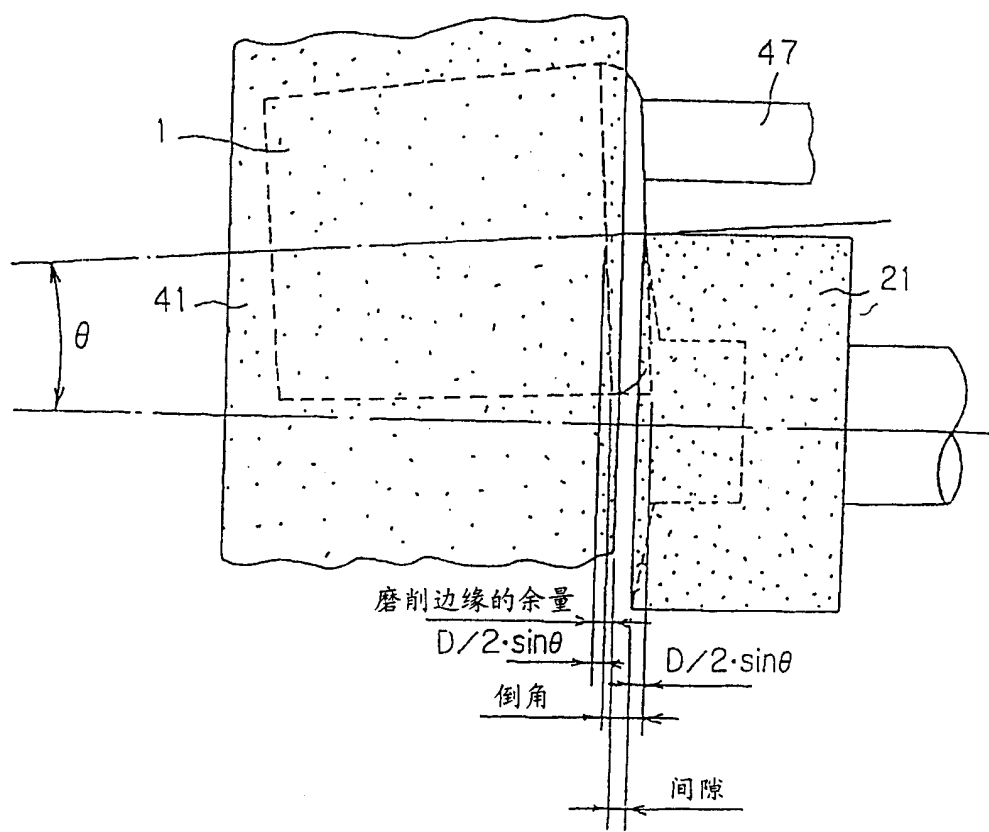


图 6

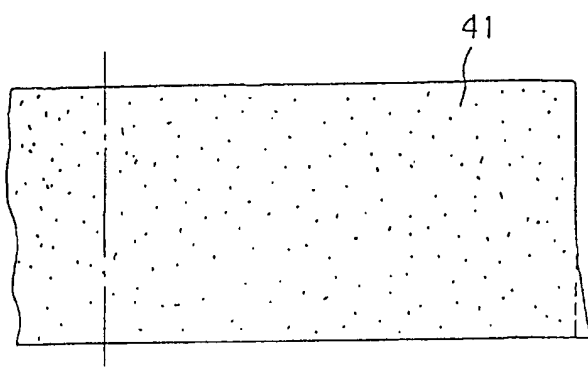


图 7

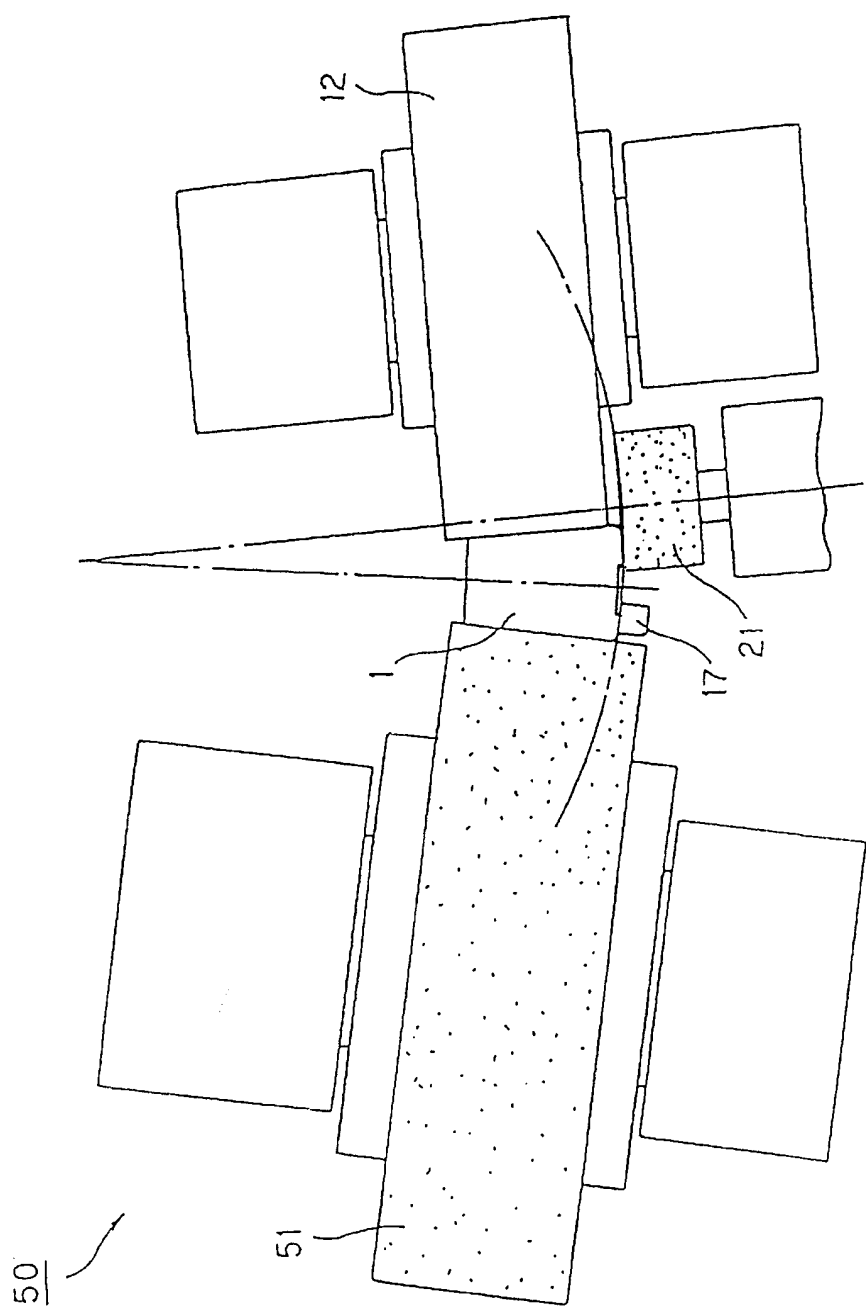


图 8

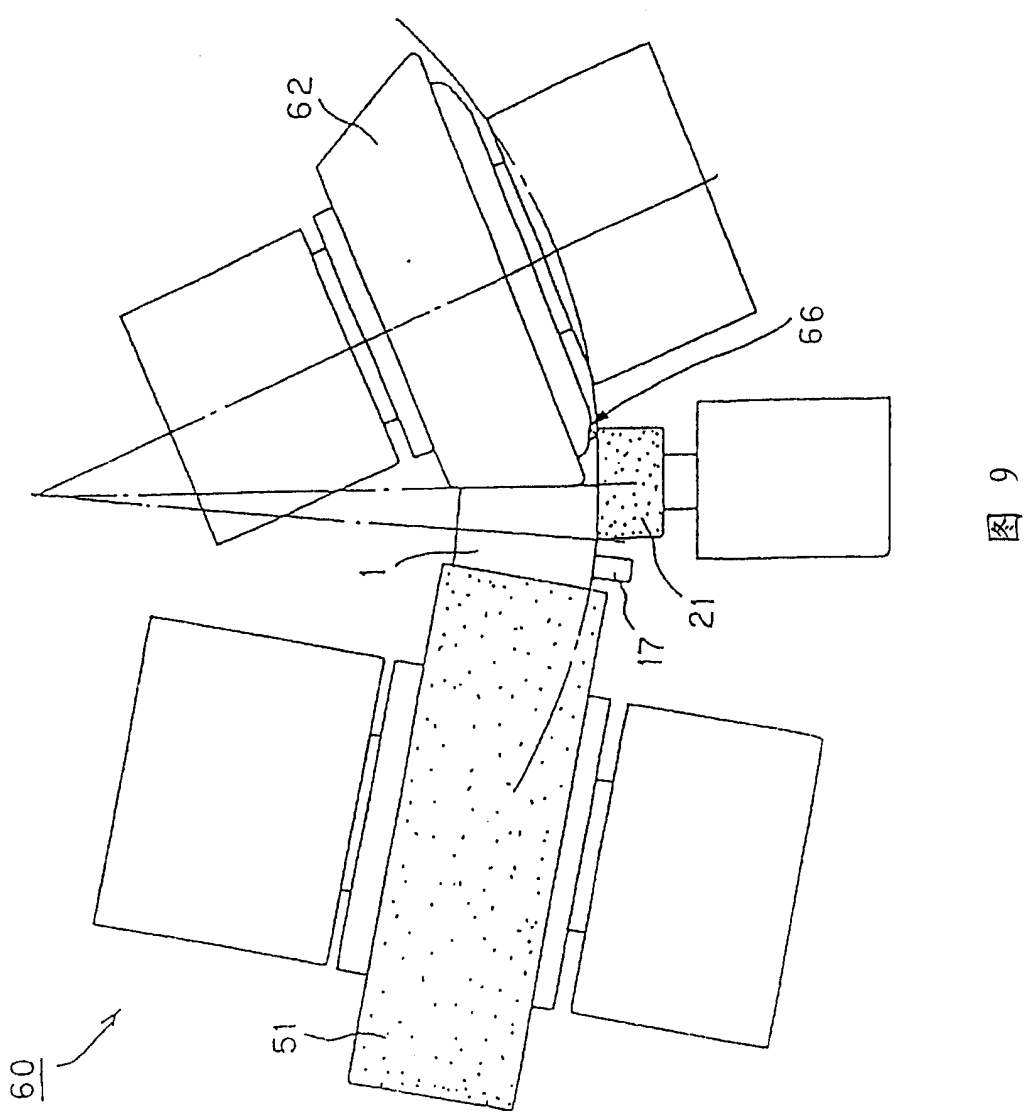


图 9

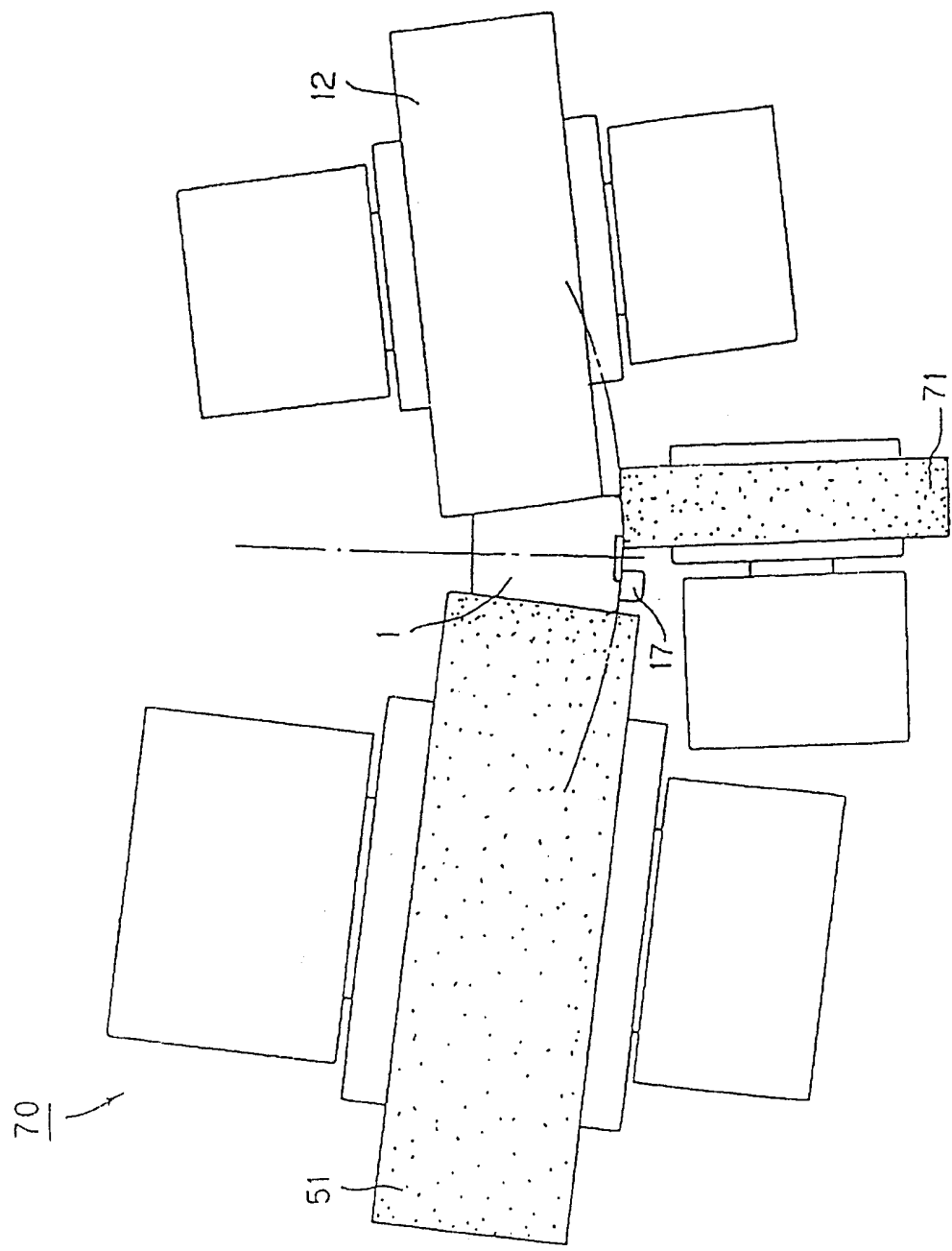


图 10