

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95120260. X

[45]授权公告日 2001年10月3日

[11]授权公告号 CN 1072089C

[22]申请日 1995.11.28

[21]申请号 95120260. X

[30]优先权

[32]1994.11.28 [33]JP [31]293148/1994

[32]1995.11.8 [33]JP [31]290064/1995

[73]专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京都

[72]发明人 小堺隆 今成彻 植木英明

[56]参考文献

CN1005185B 1989. 9. 20 B24B13/02

JP 昭 58 - 192742 1983. 11. 10 B24B13/02

JP 昭 59 - 93261 1884. 5. 29 B24B13/02

审查员 冯宪萍

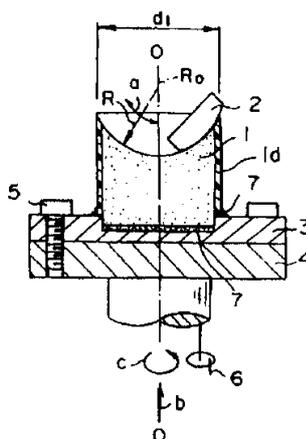
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 张祖昌

权利要求书 2 页 说明书 23 页 附图页数 16 页

[54]发明名称 研磨/抛光方法, 研磨/抛光工具及其制造方法

[57]摘要

本发明涉及一种能高精度研磨和抛光工件如透镜而不降低机器利用率或增加机器成本的研磨/抛光工具。为此, 本发明提供一种基本圆柱体的研磨/抛光工具, 当对工件材料表面进行球面加工时, 使相应于工件球面形状的球面抛光面接触工件材料面, 并使抛光面绕球形曲率中心振动, 从而研磨和抛光工件表面。抛光面的外周缘直径制得与研磨/抛光工具的外径基本一致。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种研磨或抛光工具，用于研磨和抛光具有作为被加工面的球面的工件，其中：

一个用于抛光工件被加工面的抛光面在一圆柱体的一端上形成，以及

所述抛光面的外径制成与所述圆柱体的直径基本一致，

其特征在于：所述圆柱体具有一周缘部分，其上涂覆一种比所述抛光面软的材料。

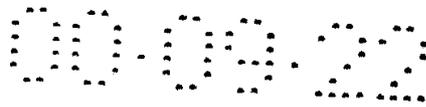
2. 如权利要求 1 所述的工具，其特征在于：所述圆柱体的圆柱度不大于 $20\mu\text{m}$ ，所述抛光面和所述圆柱体的同轴度制得不大于 $30\mu\text{m}$ 。

3. 如权利要求 1 所述的工具，其特征在于：金刚石磨粒和一种金属材料或树脂作为主要成分烧结成所述圆柱体，以及所述圆柱体的一端加工成相应于工件被加工面的球面。

4. 如权利要求 3 所述的工具，其特征在于：所述圆柱体的圆柱度不超过 $20\mu\text{m}$ ，所述抛光面和所述圆柱体之间的同轴度制得不超过 $30\mu\text{m}$ 。

5. 一种研磨和抛光具有作为被加工面的球面的工件的方法，其中：

将所述工件的球面相对地放在一研磨或抛光工具的抛光面上，在一圆柱体的一个端面上形成的所述抛光面，其外径制得与所述圆柱体的直径基本一致，所述圆柱体具有一个周缘部分，其上涂覆一种比所述抛光面软的材料，



使所述圆柱体绕其轴线转动，并使所述工件在所述圆柱体的抛光面上振动，从而研磨和抛光所述工件。

6. 一种制造具有在一圆柱体的一端上的球面抛光面的研磨或抛光工具的研磨或抛光工具制造方法，包括：

抛光面形成步骤，通过对所述圆柱体的所述一端进行球面加工而形成所述抛光面，

外圆周面加工步骤，以所述抛光面的球面的中心轴线为基础，将所述圆柱体的外圆周面，加工成以所述中心轴线为中心的圆柱形，以及

粘附步骤，绕所述圆柱体粘附一种比所述抛光面软的材料。

7. 一种制造具有在一圆柱体的一端上的球面抛光面的研磨或抛光工具的研磨或抛光工具制造方法，包括：

外圆周面加工步骤，将所述圆柱体的外圆周面加工得使其圆柱度不超过预定值，

抛光面形成步骤，以所述圆柱体的中心轴线为基准，在所述圆柱体的所述一端加工以所述中心轴线为中心的球面抛光面，以及

粘附步骤，绕所述圆柱体粘附一种比所述抛光面软的材料。

说明书

研磨/抛光方法、研磨/抛光工具及其制造方法

本发明涉及一种用于加工例如照相机、摄像机等中使用的球面透镜为代表的球面工件的研磨/抛光方法、研磨/抛光工具及其制造方法。

为了高精度、低成本地加工光学元件如透镜的曲面，例如已公开一种方法，其中，使具有与所需曲面相反的曲面的磨石转动，迫使作为工件的透镜抵靠磨石的抛光面，在有些情况下，使工具或工件沿着研磨表面振动，从而加工透镜。这种方法公开在日本专利中请公开文本第 64—45557 号中。

但是，在上述普通方法中，在大量透镜加工过程中，工件的形状会发生变化。因此，必须停机以改变磨石的振动状态，或者必须自动测量透镜的形状并使磨石的振动状态承受反馈式修正。由于这会降低机器的利用率，因而使成本增加。另外也使抛光机变得昂贵。

本发明旨在克服上述问题，本发明的目的在于提供一种研磨/抛光工具和一种研磨/抛光方法，其用于高精度地研磨和抛光工件如透镜而不减小机器的利用率和增加机器的价格。

本发明的另一个目的是提供一种制造能够高精度地研磨和抛光工作的研磨/抛光工具的方法

为了克服上述问题和实现上述目的，按照本发明的第一方面，

提供一种用于研磨和抛光具有作为待加工表面的球面的工件的研磨/抛光工具，其中，用于抛光工件待加工面的抛光面是在一圆柱体的端面上形成的，抛光面的外径设定得与圆柱体的直径基本一致，所述圆柱体具有一个周缘部分，其上涂覆一种比所述抛光面软的材料。

按照本发明的第二方面，提供一种用于研磨和抛光具有作为待加工面的球面的工件的研磨/抛光工具，其中，金刚石磨粒和金属材料或树脂作为主要成分烧结成圆柱体，该圆柱体的一端部加工成相应于工件待加工面的球面。

按照本发明，提供一种用于研磨和抛光具有作为待加工面的球面的工件的方法，其中，工件的球面相对地放在研磨/抛光工具的抛光面上，所述抛光面是在一圆柱体的一端面上形成的，所述抛光面的外径设定得与圆柱体的直径基本一致，所述圆柱体具有一个周缘部分，其上涂覆一种比所述抛光面软的材料。所述圆柱体绕其轴线转动，迫使工件抵靠在圆柱体的抛光面上，在某些情况下，工具或工件沿着抛光面振动，从而研磨和抛光工件。

按照本发明的第一方面，也提供一种研磨/抛光工具的制造方法，其用于制造在一圆柱体的一端面上具有球形抛光面的研磨/抛光工具，该制造方法包括通过球面加工圆柱体的端面形成抛光面的抛光面形成步骤，绕所述圆柱体粘附一种比所述抛光面软的材料，以及以抛光面的球面的中轴线为基准将圆柱体的外圆周面加工成具有上述中轴线为中心的圆柱形面。

按照本发明的第二方面，也提供一种研磨/抛光工具制造方法，其用于制造在一圆柱体的一端面上有一球面抛光面的研磨/抛光工具，该方法包括加工圆柱体外圆周面使其具有不超过预定值的不圆度的外圆周面加工步骤，以圆柱体的中轴线为基准，加工在圆柱体端面的具有上述中轴线为中心的球面抛光面的抛光面成形步骤，以及绕所述圆柱体粘附一种比所述抛光面软的材料。

本专业技术人员根据下面将描述的推荐实施例显然可以理解除上面已描述之外的其它目的和优点。下面将对照以下附图描述本发明的实例，然而该实例并不完全概括本发明的各种实施例。

图 1 表示按照本发明一实施例的研磨/抛光工具，以及使用该工具的加工方法；

图 2 表示普通所用的凹形磨石；

图 3 表示图 2 的磨石的磨损状态；

图 4 表示当使用本发明实施例的工具时，磨石的磨损状态

图 5 是上述实施例的研磨/抛光工具的侧剖图；

图 6 表示一种凸形磨石；

图 7 表示在其曲面上形成一个十字槽的磨石；

图 8 表示图 6 的研磨/抛光磨石的磨损；

图 9 表示图 4 和 5 所示实施例的工具的制造方法；

图 10 表示用图 2 和 4 中所示磨石连续加工的透镜的曲率变化；

图 11 的视图用于说明磨石外周部分易于形成凹口的原因；

图 12 表示在磨石的外周部分上形成的凹口；

图 13 表示在凹口部分作用在玻璃上的力；

图 14 表示上、下直径不同的普通磨石的形状；

图 15A 和 15B 是表示研磨/抛光工具布置的剖面图；

图 16A 和 16B 表示研磨/抛光工具的磨损过程；

图 17A 至 17D 表示研磨/抛光工具制造方法的一个实例的步骤；

图 18 表示用于制造研磨/抛光工具的车床的主要部分的布置；

图 19 表示使用研磨/抛光工具加工透镜的抛光机的一个实例；

图 20A 至 20D 表示研磨/抛光工具制造方法的另一实例的步骤；

图 21 表示在制造研磨/抛光工具中使用的曲面发生器的重要部分的布置；

图 22A 和 22B 表示普通的研磨/抛光工具的形状；

图 23 所示表格表示使用一种三维测量装置对四种工具的测量结果，这些结果包括外圆柱部分的圆度和不圆柱度，以及外圆周部分和球面部分之间的不同轴度；以及

图 24A 和 24B 是研磨/抛光工具的其他实例布置的剖面图。

现对照附图描述本发明的推荐实施例。

在描述推荐实施例之前，首先对本发明进行概述。

(第一实施例)

与本发明有关，曾对加工工件的累积数目和工件如透镜形状变化之间的关系进行过研究。为了连续地成形具有恒定曲率半径的透镜，已经发现成形工具的半开敞角是很重要的。也就是说，已经发现工具半径的高精度和在工具加工作用的区域无变化是很重要的。

另一方面，如图 22A 或 22B 所示，一成形工具具有一圆柱形部分，其直径与抛光面的外圆周部分的直径不同，或者成形工具中，工具的球面部分的外圆周部分在垂直于抛光盘的转动轴线的方向上被切割或倒棱；在上述成形工具中，当加工大量透镜，且工具被磨损而曲率半径保持不变时，球面部分的直径随工具的磨损而变化，即，球面部分的半开敞角会变化。因此，被加工的透镜的曲率半径不可能保持恒定。

下面进一步描述图 22A 和 22B 中的工具。假定初始曲率半径和

外周缘的初始直径分别为 R_1 和 d_1 ，随着工具的磨损，曲率半径的变化为 $R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3$ ，外周缘直径的变化为 $d_1 \rightarrow d_2 \rightarrow d_3$ 。此时，如果曲率半径 R_1 、 R_2 和 R_3 几乎不变，那么，外周缘直径 d_1 、 d_2 和 d_3 在图 22A 中的凸形工具中就会逐渐减小，而在图 22B 中的凹形工具中就会逐渐增大。因此，在上述两种情况下，在加工中起作用的成形工具的区域会变化，因而被加工的透镜的曲率半径容易相互不同。

在图 4 所示实施例中，磨石 1 被加工直至其最外周部分 d_1 具有需要的半径 R_1 ，所获得的磨石 1 被使用。即使当磨石 1 磨损时，其抛光区域并不改变，而是稳定的，从而减小了加工形状的变化。只要按照磨石 1 的磨损量进行修正（向外送进磨石）就可以维持稳定的加工。图 10 表示当使用图 2 和 4 所示的磨石 1' 和 1 在相同的加工条件下连续加工 200 件透镜时所取得的曲率透镜形状的变化。在用图 2 所示普通磨石 1' 加工的一个透镜中， Δh 变成正值（凸透镜的曲率半径小）。与此相对照，在用图 4 所示磨石 1 加工的透镜中，曲率半径基本没有变化。

使用上面的布置维持了加工形状的稳定。

下面将详述按照本发明一实施例的用作研磨/抛光工具的磨石。

图 1 表示本发明的特征，其中，磨石 1 是用来加工凸形工件的，图中画出了其夹具 3 和 4。

图 2 表示凸形工件的形状和普通磨石的形状。图 5 表示当加工凸形工件时本实施例的磨石形状和布置。图 3 表示当工件为凸形时普通磨石 1' 磨损过程中的变化，图 4 表示当工件为凹形时本实施例的磨石 1 的磨损过程中的变化。图 7 表示从上方（从磨石的抛光面）

看去的图 4 所示的磨石 1。

现参阅图 1 至 7。标号 2 代表作为工件的玻璃、金属或类似材料。标号 1 代表用于研磨和抛光工件 2 使其具有需要的曲率半径 R 的磨石。用于加工的磨石 1 的部分(抛光面)具有与所需曲率半径相反的曲率半径 R (当工件为凸形时,磨石为凹形)。磨石 1 的曲率半径中心与磨石 1 的外径 d_1 的中心同轴。例如,如图 9 所示,一未精加工的磨石 1 由车床的三爪卡盘 10 固定,并绕轴线 O_T 以箭头 e 的方向转动。然后,一切削刃沿着平行于轴线 O_T 的箭头 f 的方向送进,从而加工磨石 1 的外径 d_1 。当卡盘 10 保持卡紧状态且磨石 1 保持沿 e 方向转动时,调整一杯形磨轮 12,使得在磨石 1 的端面上可以形成需要的曲率半径 R 。杯形磨轮 12 绕其轴线,即在箭头 G 的方向上转动,从而在轴线 O_T 的方向上切削磨石 1。磨石 1 以这种方式被加工,使其外径 d_1 和曲率中心变为共轴。

标号 1d 代表一加固层。其用于增加磨石 1 的边缘部分 1C 的强度(防止凹口)。加固层 1 使用比磨石 1 软的材料,因而不会对工件的加工产生负面影响。

加固层是由于下述原因绕磨石 1 设置的。当加工如图 9 所示具有预定曲率的抛光面时,一磨削力、一搭接压力等以 X 向作用在磨石 1 的边缘部分 1C 上,如图 11 所示。在此时,如果无加固层 1d,由球面研磨面的切向和磨石 1 的外圆周面形成的夹角变为 θ ,即,变得小于 180° ,容易在边缘部分 1C 上形成凹口,如图 12 所示。与此相反,当设有加固层 1d 时,由于加固层 1d 的上表面构成研磨面的延伸面,磨削力由一个超过 180° 延伸的表面接受,从而增加了边缘部分 1C 的机械强度。因此,即使磨削力、搭接压力等作用在磨石 1

的边缘部分也不易形成凹口。

如果在磨石 1 的边缘部分 1C 上存在凹口，那么，在凹口部分上在透镜上会作用一个高的压力，如图 13 所示，从而损坏透镜。因此，如同在本实施例中那样，绕磨石 1 设置加固层 1d 对于防止透镜损坏是十分有效的。

另外，当在磨石 1 的抛光面上形成一个十字槽时，凹口容易在磨石 1 的边缘部分 1C 上形成。绕磨石 1 增设加固层 1d 对防止这种凹口也是有效的。

加固层 1d 的表面形状是磨石 1 的抛光面的曲面的延伸面。当研磨或抛光透镜时，透镜沿磨石的球面振动。然后，透镜 2 有时主要在磨石 1 的范围外侧移动。此时，使得与磨石分离的力矩力容易作用在透镜 2 上，而且一个大的力作用在磨石的边缘部分上。因此在磨石的边缘部分上容易形成凹口，从而容易损坏透镜。与此相反，当增设加固层 1d 时，上述力矩力由加固层 1d 的边缘部分承受。因此，磨石 1 的边缘部分受到保护，从而使磨石上不易形成凹口。

在本实施例使用日本 Ciba-Geigy 株式会社生产的一种两部分混合型环氧基粘合剂 (Aradite) 作为加固层 1d。将两种液体混合、搅拌，将得到的混合物涂覆在磨石 1 的侧面上形成大约 1mm 的厚度。在这种状态下使磨石保持数小时，以便使环氧基粘合剂完全硬化，从而形成加固层 1d。

下面描述一个实际例子，其中，透镜是使用以上述方式加工的磨石 1 研磨的。

首先，凸透镜是在下述条件下研磨形成的：

研磨前透镜坯件的曲率半径 10.005mm

研磨前透镜坯件轴向厚度	6.100mm
磨石研磨面曲率半径	10.000mm
圆柱体磨石直径	∅17mm
磨石转速	3000 转/分
研磨时间	60 秒
磨粒类型	金刚石(粒度 8—15 μ m)
研磨中供送的液体	水
被研磨的透镜的曲率半径	10.000mm
研磨后透镜轴向厚度	6.050mm(加工余量 50 μ m)
透镜的表面圆度	研磨前: 5 μ m 研磨后: 1 μ m

使用本实施例的磨石 1 在上述条件下研磨 200 件透镜。如图 10 所示,经观测曲率半径基本没有变化。

在上述实施例中,描述的是研磨和抛光凸透镜的情况。但是,本发明同样适用于研磨和抛光凹透镜。

更具体来说,有时在研磨和抛光凹透镜时,使用普通的,例如图 14 所示的,上、下直径 d_1 和 d_2 不同磨石。在这种情况下,由于研磨/抛光表面的有效区域随着磨石 1 的磨损而变化,因而形状精度是不稳定的。因此,在研磨和抛光这种凹透镜时,如果使磨石的上部直径 d_1 等于磨石的下部直径 d_2 ,如图 6 所示,那么可以防止透镜曲率半径的变化。

下面描述研磨凹透镜的情况。

研磨前透镜坯件的曲率半径	24.990mm
研磨前透镜坯件的轴向厚度	6.050mm

磨石研磨面的曲率半径	25.000mm
圆柱体磨石的直径	∅50mm
磨石的转速	3000 转/分
研磨时间	60 秒
磨粒类型	金刚石(粒度 8—15 μ m)
在研磨中供送的液体	水
研磨后透镜的曲率半径	25.000mm
研磨后透镜的轴向厚度	6.000mm(加工余量 50 μ m)
透镜的表面圆度	研磨前: 5 μ m 研磨后: 1 μ m

在上述条件下研磨 200 件透镜。经观测曲率半径基本没有变化。如上所述,按照本实施例可以获得下述效果。

1. 即使磨石磨损,磨石用于加工的区域也没有变化。因此可以保持稳定的加工(研磨/抛光性能和形状精度)。

2. 由于在磨石的外圆周面上形成软膜,因而在加工磨石曲面或类似加工中可以避免在磨石边缘部分上形成凹口,而过去一般在形成磨石的十字槽时会产生这种凹口,因此在加工中可避免损坏透镜。

图 15A 和 15B 是表示按照本发明的第二实施例的研磨/抛光工具的布置的剖面图。

更具体来说,图 15A 表示具有凸球面的研磨/抛光工具 25,图 15B 表示具有凹面的研磨/抛光工具 26,将磨粒如金刚石磨粒与金属、树脂或类似物的粉末一起压缩,并将所得混合物烧结或煅烧,这样制成的抛光磨石 21a 或 21b 用粘合剂 23a 或 23b 粘合在铸铁、

黄铜等金属基体 22a 或 22b 上。为了制造金属粘接型抛光磨石，将粉末混合物填入一模具中并在预定压力下用粉末压机压缩成粉末混合物制成的小球，在还原气氛中加热烧结，例如象日本专利公告文本第 64—6909 号中所公开的那样。作为树脂粘接型抛光磨石，其中一种的制造方法是弥散式混合树脂粉末、痕量添加剂和金刚石磨粒，将所得混合物填入一煅烧模，在预定的压力和温度条件下煅烧该混合物。虽然使用两液体混合型环氧基粘合剂作为粘合剂 23a 或 23b，但是粘合剂的类型并不限于此，可以使用任何类型的粘合剂，只要其能够牢固地将抛光磨石和金属基体粘合起来以承受机械负载即可。在本实施例中使用的是日本 Ciba—Geigy 株式会社生产的两液体混合型环氧基粘合剂(Araldite)。在将粘合剂和硬化剂混合后，将混合物涂覆在金属基体的粘合表面上，将抛光磨石压靠在粘合表面上，从而完成初步粘合。其后，将得到的结构放在 60°C 的炉中 1 小时以便加热固化。

在图 15A 和 15B 中，每个研磨/抛光工具的用作抛光面的球面部分的曲率半径标为 R。圆柱体部分的直径 d0 和球面部分的外周缘直径 d1 基本相互一致。

图 16A 和 16B 表示图 15A 和 15B 中所示研磨/抛光工具的抛光磨石部分，在其加工研磨目标件时发生磨损。

即使工具磨损且球面部分的变化为 $R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3$ ，但是由于球面部分的外周缘的直径 d1 基本与圆柱体部分的直径 d0 一致，因而抛光面的有效部分并不变化。换言之，如果曲率半径 R1, R2, R3 保持基本相同，那么工具的球面部分的半敞开角并不变化。

图 17A 至 17D 表示图 15A 和 15B 所示研磨/抛光工具的制造

步骤。

图 17A 表示用作研磨/抛光工具材料的抛光磨石 31 和一金属基体 32。抛光磨石 31 和金属基体都基本呈圆柱体形。抛光磨石 31 的用作未来外周面的部分及其用作未来抛光面的部分都是未经后处理的烧结表面，因而其表面精度很差。抛光磨石 31 是使 #1500 人造金刚石磨粒与铜—锡基金属粘合剂固化而制成的。

在图 17B 中，图 17A 中所示的两种材料用粘合剂 33 粘合起来。当不使用专用工具进行粘合时，抛光磨石 31 的圆柱中心轴线 34 和金属基体 32 的中心轴线 35 并不总是一致，而是有时相互偏离几 μm 至 0.1mm。

在图 17C 中，用粘合剂 33 粘合在金属基体 32 上的抛光磨石 31 的表面经过后加工而具有一球形。为了将抛光磨石 31a 的表面形成球形，使用一个所谓的共同抛光机。按照本方法，抛光磨石或具有与目标球面曲率半径互补的曲率半径的一个铸铁配合盘安装在一转动轴上并被转动。向抛光磨石和配合盘之间的间隙提供扩砂，例如 SiC 时，抛光磨石和铸铁配合盘中留下的一个被挤靠在转动的一个上，因而形成一球形。更具体来说，抛光磨石 31 和金属基体 32 的粘合结构安装在振动机的转动轴上并使用 #1500SiC 磨粒以 300 转/分的转速转动，从而进行共同抛光加工。如果目标透镜的凹面的曲率半径为 10.00mm，那么，抛光磨石 31 必须具有相同，即 10.00mm 的曲率半径 R。以上述方式形成的球面的中心轴线 36 并不总是与抛光磨石 31 的圆柱中心轴线 34 或金属基体 32 的中心轴线 35 一致，而是有时与轴线 34 和 35 偏离大约几 μm 至 0.1mm。

抛光磨石的球面部分并不总是在将抛光磨石粘合在金属基体

上之后形成。球面可以用相同的方式在单一的抛光磨石上形成，然后再把抛光磨石粘合在金属基体上。应注意的是，甚至在这种情况下，有时也发生对照图 17C 所述的中心轴线偏离的现象。

图 17D 表示抛光磨石 31 和金属基体 32，其外圆周部分是按照由图 18 所示的方法加工的，其目的是修正对照图 17C 所述的中心轴线的偏离。更具体来说，当抛光磨石 31 和金属基体 32 的外圆周表面是以抛光磨石 31 的球面部分的中心轴线为基准用车床加工时，研磨/抛光工具 25 的圆柱中心轴线和抛光磨石 31 的球面的中心轴线是基本相互一致的。另外，当与抛光磨石 31 和金属基体 32 的外圆周面不经过加工的情况相比较时，研磨/抛光工具 25 的外圆周部分的圆度和圆柱度也显著得到改善。应注意的是，在图 18 所示的方法中，由车床卡盘夹紧的金属基体 32 的部分不能同时被磨削。因此，金属基体 32 应事先加工得稍长一些，以考虑到被卡盘夹紧的部分。在金属基体 32 的外圆周部大部分加工之后，由切刀切去未加工部分，从而制成工具。

此时，金属基体 32 的外圆周部分不必总是同时被加工。但是，如果金属基体 32 的中心轴线极度偏离，那么，当研磨/抛光工具装在抛光机的主轴上并转动时，运动平衡变劣。因此，金属基体 32 的外圆周部分最好与抛光磨石 31 的外圆周部分同时加工。

现在描述图 18。图 18 示意地表示车床的主要部分，及粘合在金属基体 32 上的抛光磨石 31 的外圆周部分和金属基体 32 的外圆周部分准备在车床上加工的加工方法。

用粘合剂 33 粘合在金属基体 32 上的抛光磨石 31 由卡盘 62 的卡爪 63 卡紧并固定在主轴 61 上。为了将抛光磨石 31 固定在主轴

上,使千分表 57 靠触抛光磨石 31 球面部分,调整卡盘 62 的卡爪 63 以最大限度减小球面部分的跑偏,也就是说,将球面部分的跑偏减少至几 μm 或更小,使球面部分的中心轴线与主轴的中心轴线 34 一致。

将用于加工抛光磨石 31 的切削刀具 71 用固定螺栓 73 固定在刀架 72 上。刀架 72 可以和切削台 75 一起沿垂直于主轴的方向移动。切削台 75 装在进给台(未画出)上,可由进给台沿平行于主轴的方向移动。

由于车床有上述布置,切削台由进给台切削/进给台进给直至抛光磨石的外周面的至少全部都由切削刀具 71 磨削至预定直径,然后,使抛光磨石 31 和金属基体 32 的外圆周表面承受车床切削。

在本实施例中,将多晶金刚石刀尖铜焊在刀柄上形成的多晶金刚石切削刀具用作切削刀具 71。但是,切削刀具的类型并不局限于此,例如,当被加工的抛光磨石 31 是较软的树脂粘合磨石时也可使用硬质合金、高速钢等制成的切削工具。

当被加工的抛光磨石 31 具有用多晶金刚石切削刀具也不能加工的硬质成分时,可以用相同的方式将抛光磨石和金属基体装在外圆柱磨床而不是车床上,用磨轮来磨削抛光磨石 31 的外圆周面。

由于采用于图 18 所示的装置、方法和切削刀具,可以加工研磨/抛光工具 25 的外圆周面,使其外圆周面的圆度为 $2\mu\text{m}$,圆柱度为 $4\mu\text{m}$,球面部分和圆周部分的同轴度为 $5\mu\text{m}$ 。

在一对照例中,按照至图 17C 为止的步骤加工工具而不加工其外圆周面。该工具的外圆周部分的圆度为 $25\mu\text{m}$,圆柱度为 $30\mu\text{m}$,该工具的球面部分和外圆周部分的同轴度为 $75\mu\text{m}$ 。

下面描述采用以上述方式制造的研磨/抛光工具实际制造球面透镜的方法及其效果。

图 19 表示采用研磨/抛光工具 25 加工球面透镜的抛光机的实例。

图 19 所示抛光机是倾斜主轴式抛光机，其上部轴支靠件通过倾斜其主轴而振动。由抛光石 31 和金属基体 32 构成的研磨/抛光工具 25 通过刀架 103 固定在主轴 104 上。为了将研磨/抛光工具 25 装在刀架 103 上，在刀架 103 上形成一个容纳金属基体 32 的孔，研磨/抛光工具 25 通过在侧向夹紧一螺钉(未画出)而固定在上述孔中。用于轴向支承主轴 104 的主轴箱 105 用螺钉 106 固定在一个主轴斜板 107 上，因此可以调节主轴的倾角。一皮带轮 108 与研磨/抛光工具 25 相对安装在主轴 104 的一端部上。V 型皮带 111 套装在皮带轮 108 和装在工具转动电机 110 上的皮带轮 109 之间。主轴 104 由工具转动电机 110 的转动而被转动。主轴斜板 107 可绕一转动轴线(未画出)摆动，并在调好需要的倾角之后用锁紧螺钉 112 固定在工作台 100 上。

作为工件材料的透镜材料 121 通过固定材料 122 如橡胶装在夹持器 123 中。一支撑件 124 远端上的球面部分装配在夹持器 123 的凹部中。夹持器 123 可相对于支撑件 124 转动和倾斜。在加工中，由于研磨/抛光工具 25 转动，在透镜材料 121 中产生透镜本身的转矩，透镜材料 121 与夹持器 123 一起转动。

支撑件 124 装在支撑件延伸臂 125 上，用螺钉 126 可调节其长度。支撑件延伸臂 125 安装在支撑件臂 127 上，用螺钉 128 可调节其长度。支撑件臂 127 装在一振动板 130 上以便绕着作为中心的枢

轴 129 转动。支承件臂 127、支承件延伸臂 125 和支承件 124 的载荷、以及有时还有由配重、弹簧、气缸等调节的载荷作用在夹持器 123 上，以迫使透镜材料 121 抵靠研磨/抛光工具 25。

振动板 130 通过一连杆 131 连接在振动/转动轴 133 上，并沿着振动/转动轴 133 的转动在周 19 的左、右方向上振动。或者，振动/转动轴 133 的转动停止，当研磨/抛光工具和透镜的中心轴线之间的夹角调至预定值时进行加工。随着振动板 130 的振动，支承件 124 在图 19 中的左、右方向振动，透镜材料 121 在研磨/抛光工具 25 的表面上振动，或停在一个预定的位置上。一条 V 型皮带 138 通过皮带轮 136 和 137 套装在振动/转动轴 133 和电机 135 之间，使振动/转动轴 133 能够以预定的转速转动。

按照具有上述结构的抛光机，通过研磨/抛光工具 25 的转动，透镜材料 121 的刮动，透镜材料 121 在研磨/抛光工具 25 上压力，以及有时还有透镜材料 121 在研磨/抛光工具 25 的切向上的振动，使透镜材料 121 被研磨/抛光工具 25 加工，使被加工的表面被加工成与工具形状互补的球面。

使用上述倾斜主轴式抛光机，采用本实施例的工具，以及一个作为对照例的普通工具实际加工了透镜。普通工具的圆柱体部分的外圆周直径小，并随工具的磨损而逐渐减小。下面描述两种工具的稳定性的比较结果。

被加工的透镜是凹透镜，其曲率半径为 10mm，半敞开角为 30° ，由光学玻璃 Lak14 (Ohara 株式会社制造) 制成。制备了“工具 A”和普通的“工具 B”作为工具。工具 A 的制造方式是，将曲率半径为 10mm，外径为 16mm (半敞开角为 53.13°)，高度为 10mm 的金

属粘合的磨石粘合在黄铜制的基体上，共同抛光磨石的球面部分，然后按照本实施例的方法用车削法加工磨石的外圆周部分。工具B的圆柱部分的外径为12mm，其小于其球面部分外周缘的初始直径(16mm)。将上述两工具装在图19所示的抛光机上，分别加工500件透镜。

加工条件是：工具转速为1500转/分，载荷为1.2Kgf，工具倾角为 31° ，加工时间为20秒。

在上述条件下加工500件透镜。关于被加工的透镜材料的曲率半径的变化，对于外周缘直径逐渐减小的工具B来说，第一个透镜材料的R为10.000mm，而第500个透镜材料的R是9.985mm，结果R的变化量为 $15\mu\text{m}$ 。与此对比，对于外周缘直径无变化的工具A来说，第一个透镜材料的R为10.000mm，而第500个透镜材料的R为10.001mm，结果R的变化量为 $1\mu\text{m}$ 。

如上所述，按照本实施例的方法，研磨/抛光工具的外圆周部分具有高精度。即使研磨/抛光工具的外圆周面磨损，其用作加工面的球面部分直径并无变化。因此，被加工透镜的曲率半径变化小，可以长时期连续、稳定地加工曲率半径恒定的透镜。

(第三实施例)

下面描述本发明的第三实施例。

在第三实施例中，所描述的情况是，按照不同于第二实施例的方法制造一种研磨/抛光工具。

图20A至20D表示按照不同于第二实施例的方法制造图15A和15B所示研磨/抛光工具25的步骤。

图20A表示用作研磨/抛光工具材料的抛光磨石31和金属基

体 32。抛光磨石 31 和金属基体 32 都基本呈圆柱体。抛光磨石 31 的未来用作外圆周面的部分及其未来用作抛光面的部分都是未经过后处理的烧结面，因而其表面精度很差。

在图 20B 中，在图 20A 中所示的两种材料用粘合剂 33 粘合起来。当不使用专用工具进行粘合时，抛光磨石 31 的圆柱的中心轴线 34 和金属基体 32 的中心轴线 35 并不总是一致的，而是有时相互偏离大约几 μm 至 $0.1\mu\text{m}$ 。

在本实施例中，在抛光磨石 31 和金属基体 32 粘合后，形成球部之前，抛光磨石 31 和金属基体 32 的圆柱形部分的外圆周而经过车削或磨刮。

图 20C 表示抛光磨石 31 和金属基体 32，其外圆周面按照与第二实施例中相同的方法进行加工，以便改善抛光磨石 31 外圆周部分的精度并修正抛光磨石 31 和金属基体 32 中心轴线之间的偏离。当将研磨/抛光工具 25 装在车床上，并且用车床加工抛光磨石 31 和金属基体 32 的外圆周面时，抛光磨石 31 的圆柱形部分的中心轴线和金属基体 32 的中心轴线变得相互基本一致。另外，当与抛光磨石 31 和金属基体 32 的外圆周面不经加工的情况相比，抛光磨石 31 和金属基体 32 的外圆周面的圆度和圆柱度也显著得到改善。

此时，金属基体 32 的外圆周部分不必总是被同时加工。但是，如果金属基体 32 的中心轴线极度偏离，那么，当将磨石装在抛光机主轴上并转动时，运动的平衡变劣。因此，最好同时加工金属基体 32 和抛光磨石 31 的外圆周面。

然后，在本实施例中，将以抛光磨石 31 的圆柱形部分的中心轴线为基准，形成磨石的未来用作加工面的球面部分。

在第二实施例中，球面部分是通过共同抛光形成的。但是，由于采用共同抛光，不能相对于抛光磨石 31 的外圆周的偏心来加工球面部分。因此，在本实施例中，通过使用用作球面研磨机的曲面发生器，必须加工至少按照图的球面，以便以抛光磨石 31 外圆周部分的偏心为基准形成球面。

图 21 表示如何用曲面发生器加工研磨/抛光工具的球面部分的情况。

在加工研磨/抛光工具的球面部分时，首先，在曲面发生器的工作主轴 211 的卡盘 212 上安装研磨/抛光工具 25，它是由粘合剂 33 粘合抛光磨石 31 和金属基体 32 制成的，并具有经过加工的外圆周部分。使千分表 201 触靠抛光磨石的外圆周部分，并由卡盘 212 的卡爪 213 调整研磨/抛光工具 25 以便将偏心调整至几 μm 或更小，从而尽可能减小抛光磨石的外圆周部分的偏心。用于加工研磨/抛光工具 25 的杯形磨轮 222 具有一远端部分，其事先形成一个半径为 r_0 的弓形部分，并装在工具主轴 221 上。

此时，假定研磨/抛光工具球面的目标曲率半径为 R_0 ，杯形工具的直径为 $2 \times r_1$ ，如果工作主轴和工具主轴的倾角 θ 满足：

$$\sin\theta = r_1 \div (R_0 \pm r_0)$$

(当球面为凸面时，符号 \pm 为 $+$ ，而当球面为凹面时符号 \pm 为 $-$)，而且如果研磨/抛光工具 25 被一工作滑板(未画出)沿工作主轴方向移动，以便切入杯形磨轮，那么，研磨/抛光工具就被加工成具有曲率半径 R_0 的球面。

图 20D 表示一抛光磨石 31，其球面是使用曲面发生器加工的。由于研磨/抛光工具 25 的球面是在研磨/抛光工具 25 装在曲面发生

器的工作主轴上之后，以外圆周面的偏心为基准加工成的，因而圆柱形部分的外圆周部分的中心轴线与球面部分的中心轴线 36 基本相互一致。

在本实施例中，抛光磨石 31 的球面部分是使用曲面发生器按照球面磨削而加工成的。此时，抛光体的球面部分表面有时并不适于加工透镜，也就是说，磨粒在磨石上的突出量变得很小。在这种情况下，最后可以采用类似于第二实施例中的共同抛光，以便增加磨粒的突出量。更具体来说，由于基本球面是由曲面发生器形成的，因而可使抛光磨石被共同抛光的加工量很小，因此，圆柱形部分和球面部分之间的共轴度偏离不大。

用上述方式制造的研磨/抛光工具(A)，以及作为对照例的下述工具(B)、(C)和(D)的形状精度经过评价，按照与第二实施例相同的方法，使用上述工具(A)至(D)实际加工的球面透镜也经过评价。下面将描述上述评价的结果。工具(B)具有一个球面部分，它是在其外圆周部分经过车削之后，不使用曲面发生器，通过共同抛光加工成的。工具(C)是圆柱体形工具。在工具(C)中，其圆柱体的外圆周部分的直径与其球面部分的直径基本一致，但是其圆柱体的外圆周部分仍处于烧结状态，无经过后处理。工具(D)是普通形的，其圆柱体部分具有小的直径。

被评价的上述工具，其凸面的曲率半径为 8.0mm，其外径为 15.7mm(半敞角为 78.9°)，但工具(D)的圆柱体直径除外，其为 12.0mm(即，其形状示于图 22 中)。

每一种上述工具 A 至 D，其外圆周部分的圆度和圆柱度，以及外圆周部分和球面部分之间的同轴度是使用三维测量装置测量的。

图 23 表示测量结果。

然后，使用类似于第二实施例的倾斜主轴式抛光机，用上述各工具实际加工透镜。下面描述比较加工的透镜的稳定性所得到的结果。

所加工的透镜为凹透镜，其 R 为 8.0mm，半敞开角为 50° ，是由光学玻璃 LaSF016(由 Ohara 株式会社制造)制成。每种工具都是将高度为 10mm 的金属粘合磨石粘合在黄铜基体上制成的。工具安装在图 19 所示的抛光机上，并用来加工 500 件透镜材料。

加工条件为：工具转速为 1500 转/分，载荷为 1.2kgf，工具的倾角为 40° ，加工时间为 20 秒。

在上述条件下，加工了 800 件透镜。关于所加工的透镜材料的曲率半径变化，对于“工具 B”来说，第一个透镜材料的曲率半径为 8.000mm，而第 500 个透镜材料的曲率半径为 7.995mm，结果 R 的变化为 $5\mu\text{m}$ 。对于工具 C 来说，所加工的透镜的 R 变化为 $14\mu\text{m}$ 。对于工具 D 来说，所加工的透镜的 R 变化为 $30\mu\text{m}$ 。与此相比较，对于其外圆周直径无变化的，因而具有精确直径的工具 A 来说，所加工的第一个透镜材料的曲率半径为 8.000mm，而第 500 个透镜材料的曲率半径为 8.0003mm，所加工的透镜的 R 变化小至 $0.3\mu\text{m}$ 。

如上所述，按照本实施例的方法，研磨/抛光工具的外圆周部分具有高的精度。即使研磨/抛光工具磨损，其用作加工面的球面部分直径也并不变化。因此，所加工透镜的曲率半径变化小，可以长时间连续、稳定地加工具有恒定曲率半径的透镜。

(第四实施例)

下面描述本发明的第四实施例。

在第四实施例中，所描述的情况是，为了防止在研磨/抛光工具的边缘部分上形成凹口，将一种比球面部分软的材料涂覆在圆柱体部分的外圆周部分上。

图 24A 和 24B 表示两种结构实例，其中，比球面部分即比抛光磨石部分软的材料分别涂覆在凸、凹形研磨/抛光工具的圆柱体的外圆周表面上。

现在参阅图 24A 和 24B，标号 51a 或 51b 代表抛光磨石；标号 52a 或 52b 代表金属基体；标号 53a 或 53b 代表用于粘合抛光磨石和金属基体的粘合剂；标号 54a 或 54b 代表软材料；标号 55a 或 55b 代表用于粘合抛光磨石和软材料的粘合剂。

在本实施例中实际制造的图 24B 的凹面型工具，所使用的 #1500 树脂粘合磨石，其 R 为 15.0mm，外径为 26.0mm，边缘高度为 15mm，其用作抛光磨石 51b。该抛光磨石用与第二实施例中相同的方式粘合在黄铜制的金属基体 52b。在加工完抛光磨石的球面部分和外圆周部分之后，一个聚缩醛树脂 (Du Pont 公司制成的 Derlin (注册商标名称)) 制成的且具有 27.0mm 外径，26.1mm 内径及 15.0mm 高度的圆筒形件，作为软材料 54b 装配在抛光磨石的外圆周部分上。在本实施例中，两液体型环氧基粘合剂用作粘合剂 55a 或 55b。

在具有非涂覆的外圆周部分的研磨/抛光工具中，具体来说是在一个具有大的半敞开角和带光锐边缘的外周缘的凹面型工具，或者一个树脂粘合磨石用较脆材料制成的工具中，当工具的球形部分的外周缘直径和圆柱体部分的外圆周部分的直径被调整得基本相互一致 (象上述实施例一样) 时，外周缘的边缘部分容易形成凹口。当

将一种比球面部分软，不防碍加工的材料附着在抛光磨石的外圆周部分上以便加固时，象在本实施例中那样，可以简便地防止在工具中的破裂，例如在边缘部分上的凹口。

在本实施例中，一圆筒形的聚缩醛树脂件附着在抛光磨石的外圆周部分上。但是，本发明并不局限于此。抛光磨石的外圆周部分也可以由下述方式加固，例如，将片状聚乙烯或聚丙烯件以卷绕的方式附着在抛光磨石的外圆周部分上，或者在外圆周部分涂覆粘合剂并使其硬化。

为了保证加工流体在抛光磨石和工件之间流动，例如，在抛光磨石表面有时可形成十字槽。但是，在这种情况下，在具有大敞开角的凸面型工具中，外周缘的尖锐缘部往往有害地形成凹口。当按照本实施例的方法在研磨/抛光工具的圆柱体的外圆周部分上涂覆软材料，然后在抛光磨石的表面开槽时，即可防止开槽时在抛光磨石的外周缘的缘部形成凹口。

在第三实施例的方法中，在研磨/抛光工具的圆柱体的外圆周部分经过加工后，当用曲面发生器加工球面部分时，外周缘的缘部往往有害地形成凹口。在抛光磨石的圆柱体的外圆周部分经过加工后，如果将一种软材料涂覆在经过加工的外圆周面上，然后采用第三实施例的方法加工球面部分，那么，在加工球面部分时可防止在抛光磨石的外周缘的缘部形成凹口。

在第一至第四实施例中，研磨/抛光工具的抛光磨石部是整体的。当被加工的透镜大或当同时加工大量透镜时，有时大约3~100件较小的抛光磨石部分(称为：“小片(pellets)”)粘附在一个称为“盘”的铸铁或类似材料制成的基体上，用作研磨/抛光工具。在这种

情况下，如果在最外部分布置的小片的外圆周部分用与第二至第三实施例相同的方式，用车床等加工，那么可以获得象在第二至第三实施例中相同的效果。

在上述各实施例中详述了磨石，但是，本发明同样可以应用在通常使用的铸铁盘上。

如上所述，在本发明的研磨/抛光工具中，即使工具磨损，用作加工面的球面部分直径并不变化。因此，研磨/抛光工具的工作区总是不变的，被加工的透镜的曲率半径变化不大，因而可长期连续、稳定地制造具有不变曲率半径的透镜。

更具体来说，由于透镜的曲率半径基本不变，在制造过程中，被加工的透镜的曲率半径基本无需测量，这一点不同于球面透镜的普通生产。因此，在透镜制造中可以显著减少人力消耗，降低透镜制造成本。

由于本发明的研磨/抛光工具在其外圆周的直径、圆度等方面具有高精度，因而即使当工具更换时，也无需变化机器的各轴之间的位置关系，因此，在这一方面也可显著减少人力消耗，降低透镜的制造成本。

在本发明的研磨/抛光工具中，当用软材料加固抛光磨石的外圆周部分时可以防止工具的破裂，如防止在抛光磨石外周缘部分上形成凹口。

按照本发明制造工具的方法，可以容易地制得具有高精度外圆周部分的研磨/抛光工具。

本发明并不局限于上述实施例，可以对其进行各种修改和变化而并不超出本发明的范围。

说明书附图

图 1

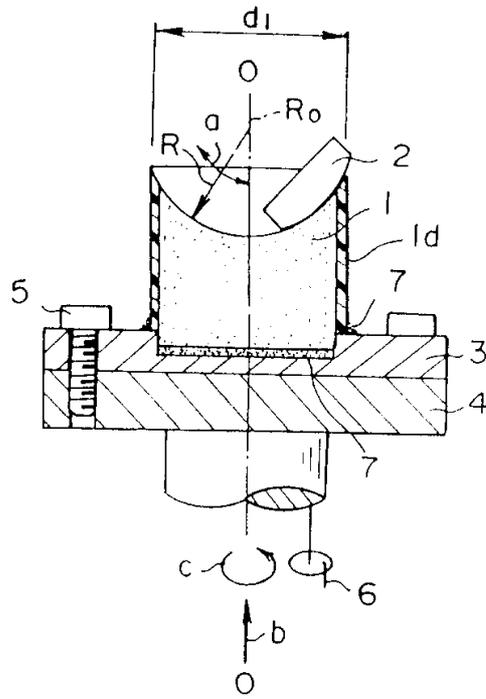


图 2

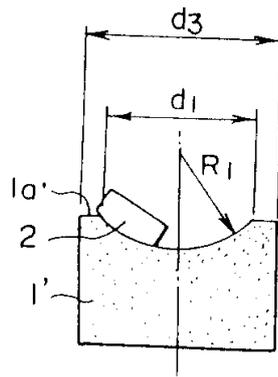


图 3

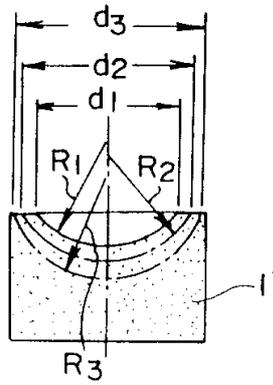


图 4

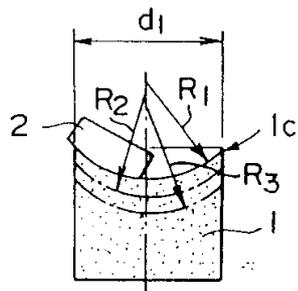


图 5

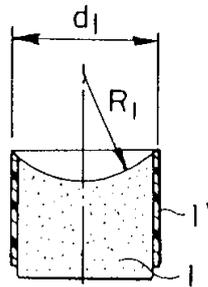


图 6

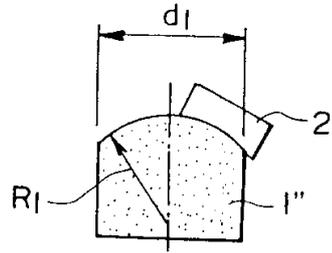


图 7

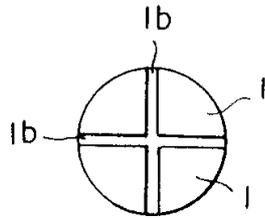


图 8

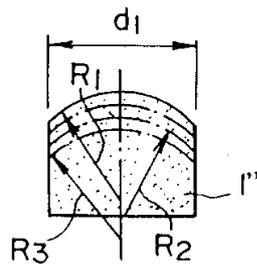


图 9

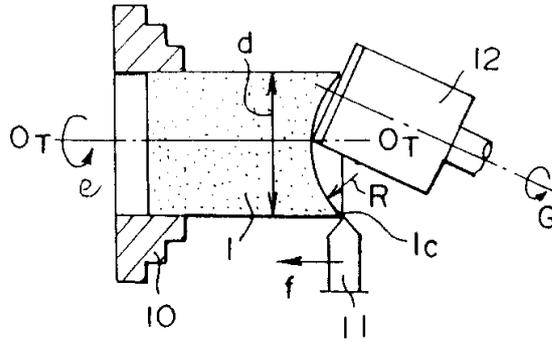


图 10

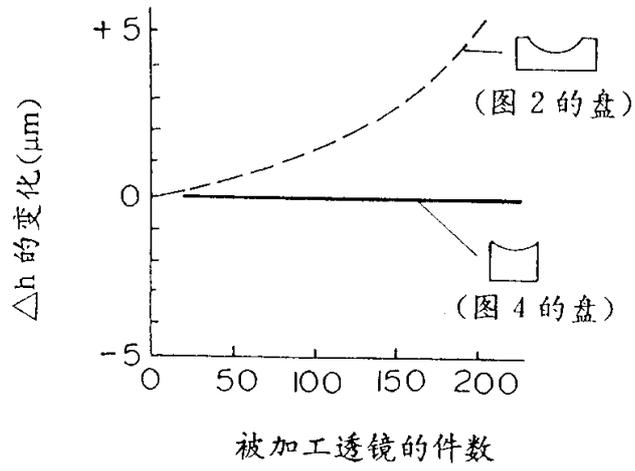


图 11

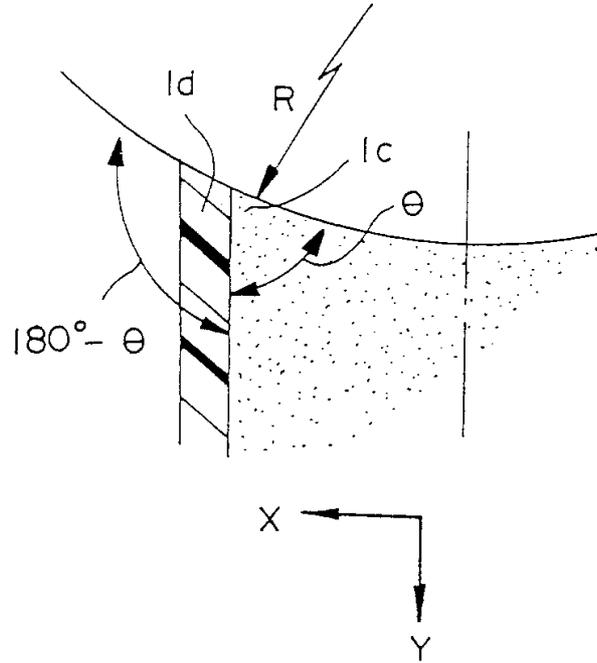


图 12

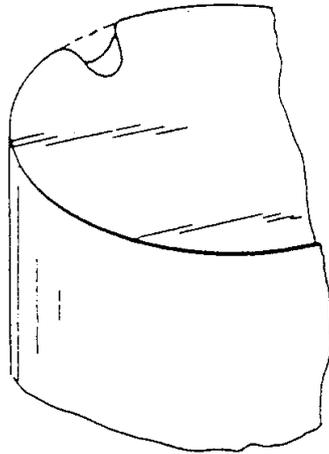


图 13

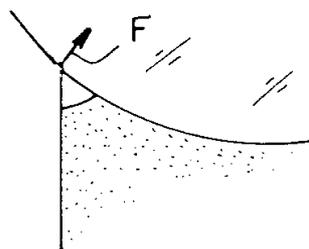


图 14

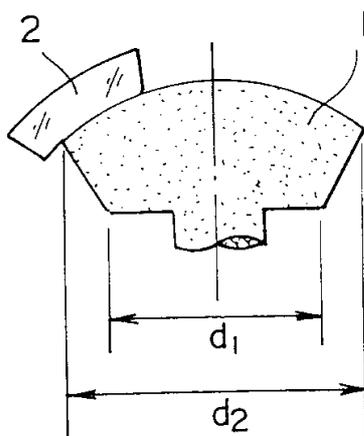


图 15A

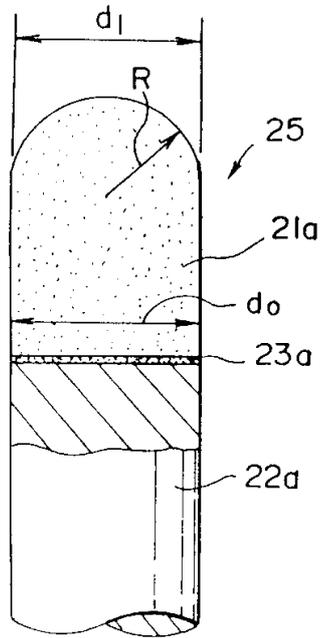


图 15B

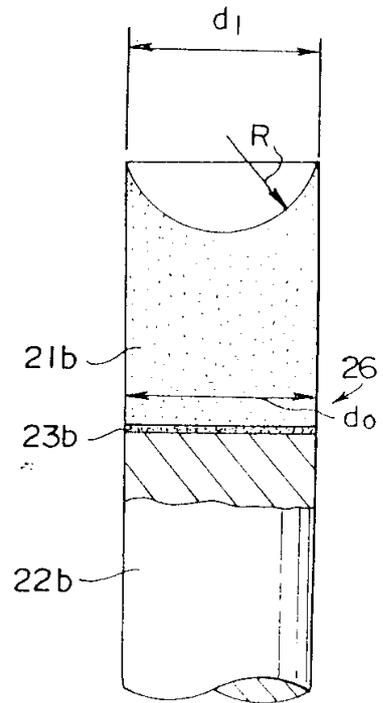


图 16A

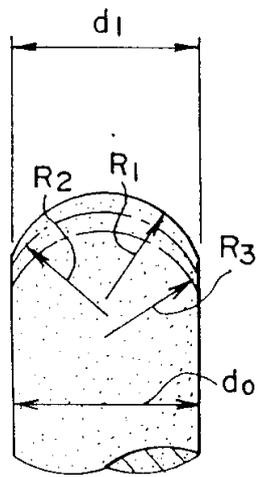


图 16B

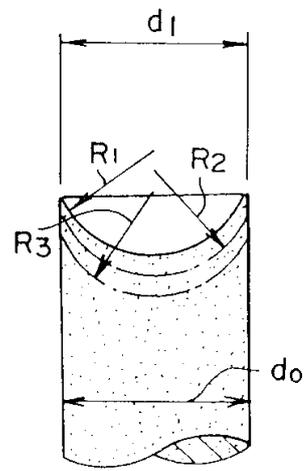


图 17A

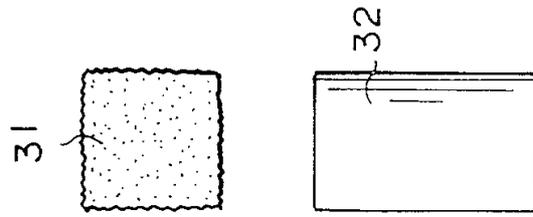


图 17B

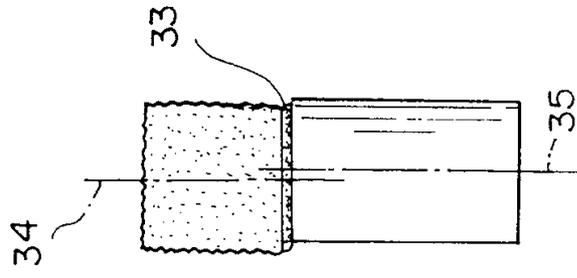


图 17C

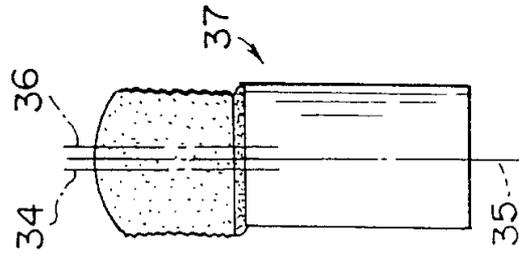


图 17D

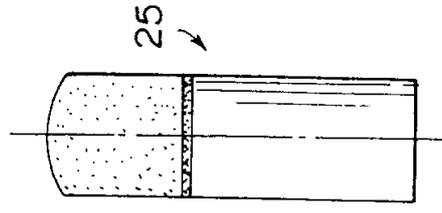


图 18

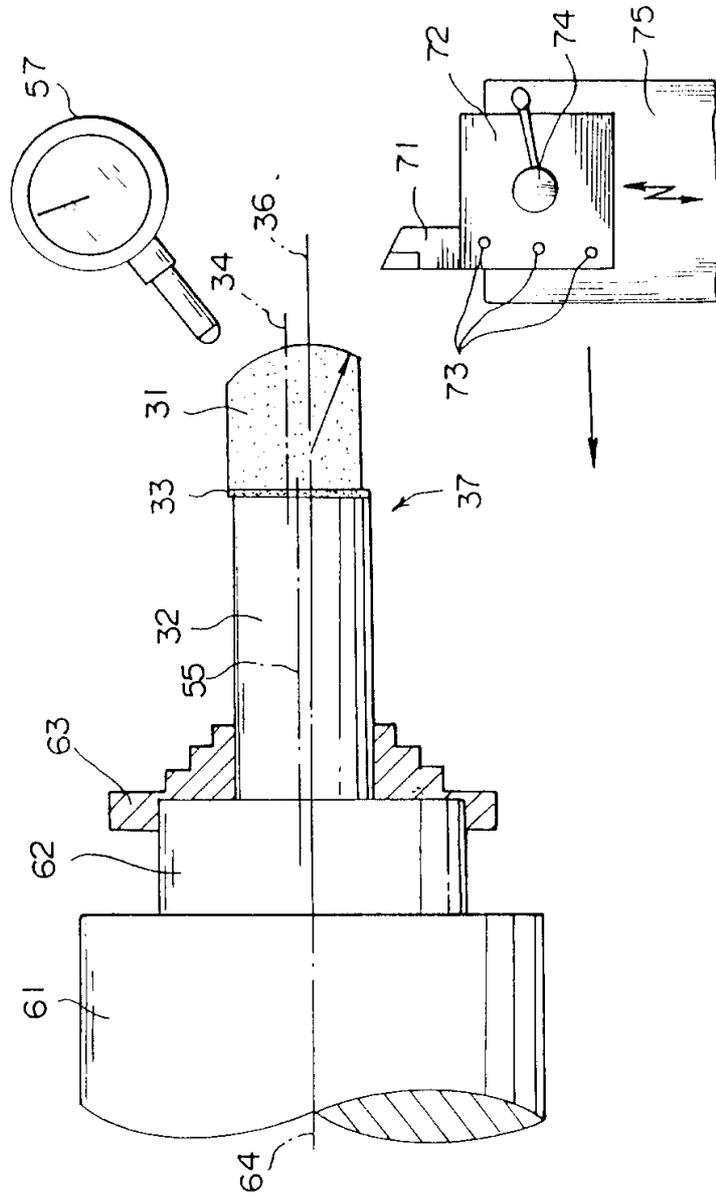


图 19

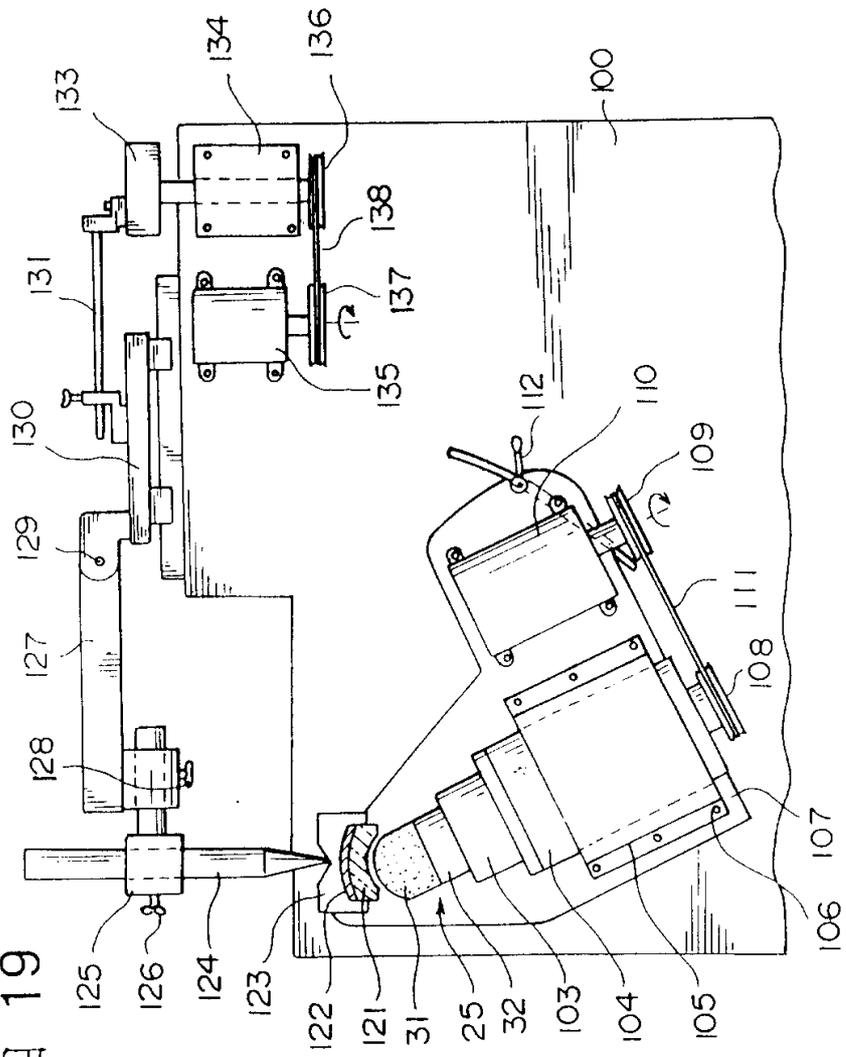


图 20A

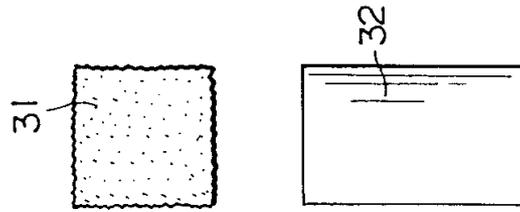


图 20B

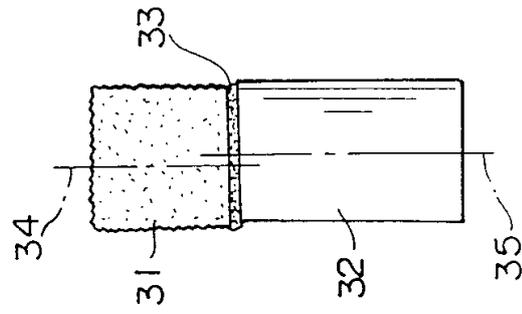


图 20C

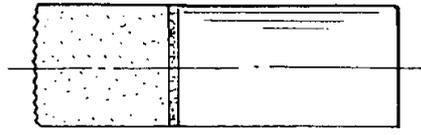


图 20D

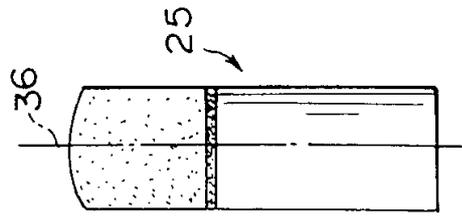


图 21

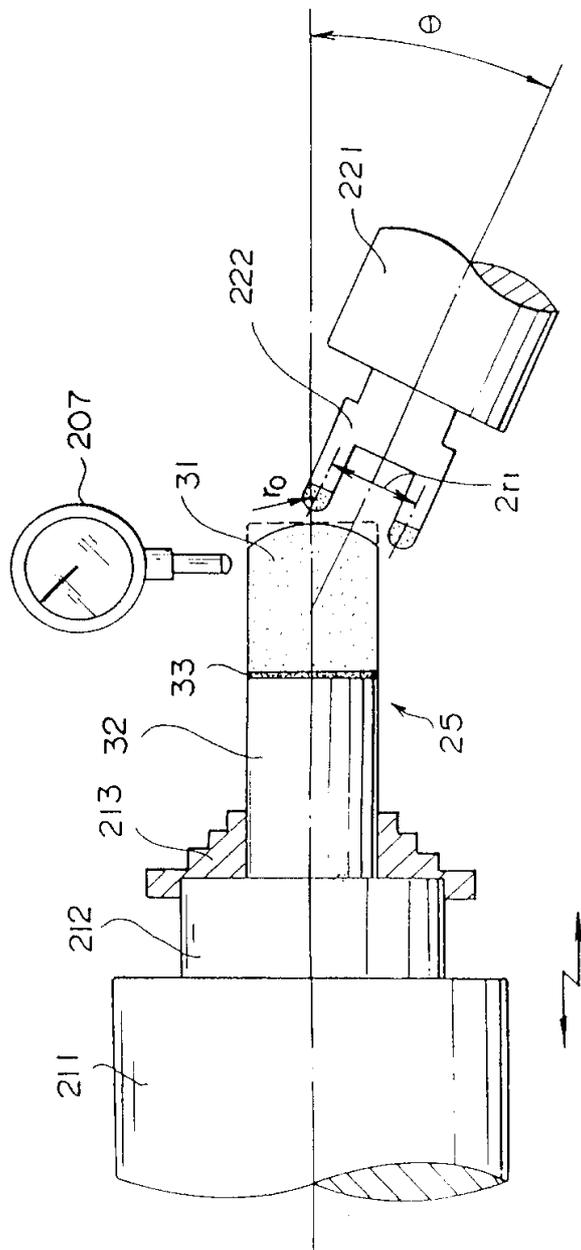


图 22A

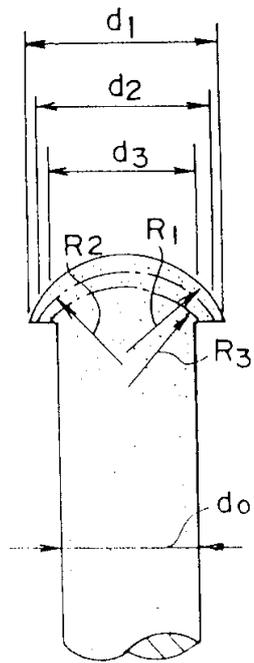


图 22B

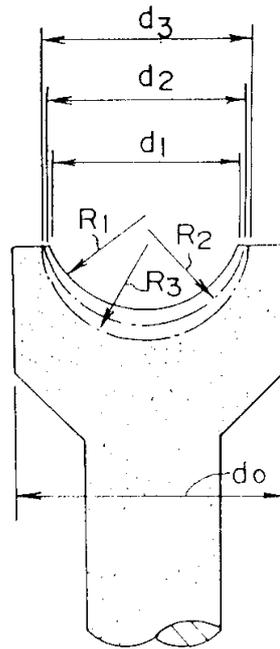


图 23

	圆度	圆柱度	共轴度
A: 本实施例的方法	1 μm	3 μm	4 μm
B: 在球面部分只进行共同抛光加工	2 μm	4 μm	50 μm
C: 外圆周部分不经过加工	25 μm	30 μm	75 μm
D: 圆柱体直径不大	—	—	—

图 24A

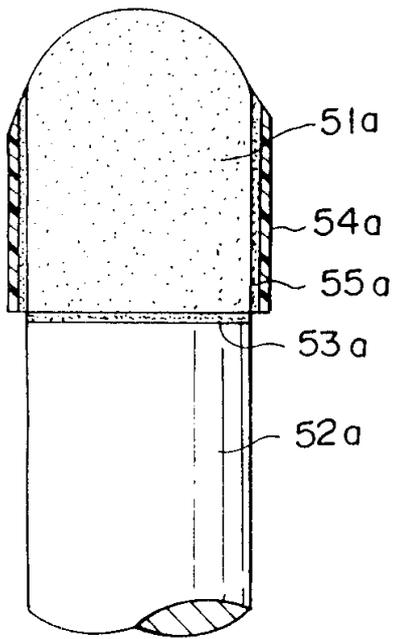


图 24B

