

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

B23H 1/00

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 92107850.1

[45]授权公告日 2000 年 6 月 28 日

[11]授权公告号 CN 1053852C

[22]申请日 1992.12.16 [24]颁证日 2000.5.18
[21]申请号 92107850.1
[73]专利权人 国营江南光学仪器厂
地址 210037 江苏省南京市栖霞区黄家圩路 8 号
[72]发明人 孙昌树 丁小瑜 黄毅
刘震刚 王志强
[56]参考文献
CN86101343A 1987. 1.31
US4739145 1988. 4.19
审查员 22 55

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图页数 13 页

[54]发明名称 展成式电火花精密加工设备

[57]摘要

一种展成式电火花精密加工设备,该设备包括一个基座、一个转台、一个坐标工作台、一个电极头架、一个工件头架以及相应的驱动装置等,含有三个回转机构和四个直线移动机构,可设置成多种结构布局和相应的展成运动方式,具有很丰富的加工功能,可用来加工内外圆柱面、圆锥面、各种回转曲面、平面、共轭曲面、棱柱面、棱锥面、球面、超半球面、螺旋面、等速螺旋面、齿形面及多种组合型面等。还便于加工薄壁、小孔及微小型工件,精度达微米级并实现电火花镜面加工。

ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1、一种展成式电火花精密加工设备，该设备的主要部件包括基座、工具电极芯轴头架座、工件芯轴头架座、座标工作台、转台以及相应的驱动装置、脉冲电源箱及工作液循环过滤箱等组成，本设备的特征是含有三个回转机构和四个直线移动机构，工具电极芯轴头架座的轴线和工件芯轴头架座的轴线均采取卧式布局并置于同一平面内或调整在两个平行平面内，工具电极芯轴头架座和工件芯轴头架座上分别具有独立的回转机构能进行机电控制两芯轴的转角联动，用座标工作台调整和控制两个芯轴头架座之间的相对位置，两个芯轴头架座在纵横方向或水平方向和竖向均可进行机动移位控制，转台可以进行调整，能使工件芯轴头架座轴线和工具电极芯轴头架座轴线相互平行设置、相互相交成一定角度设置或相互垂直设置，借上述回转机构和直线移动机构组成实现多种形式的展成式电火花加工机构，该设备可以设置成多种结构布局和相应的展成运动方式；

a 工件芯轴头架座轴线和工具电极芯轴头架座轴线平行的结构布局：

- (a) 两轴以差动方式回转的结构布局，
- (b) 两轴以共轭方式回转的结构布局，
- (c) 工具电极芯轴单轴回转，其头架座同时作直线往复平移展成运动的结构布局，
- (d) 工件芯轴回转，工具电极芯轴回转运动与其头架座的径向或再加轴向直线运动联动，即机械联动或机电联动或数控方式的结构布局，

b 工件芯轴头架座轴线和工具电极芯轴头架座轴线相交成一定角度的结构布局：

- (a) 两轴以差动方式回转的结构布局,
- (b) 两轴以共轭方式回转的结构布局,
- (c) 工件芯轴回转, 工具电极芯轴回转运动与其头架座的轴向直线运动联动的结构布局,

c 工件芯轴头架座轴线和工具电极芯轴头架座轴线相互垂直的结构布局:

- (a) 两轴以差动方式回转的结构布局,
- (b) 两轴以共轭方式回转的结构布局,
- (c) 工件芯轴回转, 工具电极芯轴回转运动与其头架座的轴向直线运动联动的结构布局,

2、根据权利要求 1 所述的展成式电火花精密加工设备, 其特征是, 工件芯轴头架座和工具电极芯轴头架座均用微电机通过机械变速装置驱动, 使用时两者功能可以互换, 即工件芯轴头架座上装工具电极, 工具电极芯轴头架座上装工件。

3、根据权利要求 1 所述的展成式电火花精密加工设备, 其特征是, 该设备中的工件芯轴头架座和工具电极芯轴头架座两者之中的一个头架座装在水平设置的直角坐标工作台上, 另一个头架座装在竖直设置的按直角坐标移动的基座上。

4、根据权利要求 1 所述的设备, 其特征是把座标工作台直接调整固定在基座的某个特定的方位角上, 使两个芯轴头架座的两条轴线平行或相交成一定角度而不设转台。

5、根据权利要求 1 所述的设备, 其特征是不设工件芯轴头架座的竖向直线移动机构, 工件芯轴头架座的轴线和工具电极芯轴头架座的轴线都限制在同一平面内。

展成式电火花精密加工设备

本发明涉及一种电火花加工设备，尤指一种展成式电火花精密加工设备。

现有的单台电火花加工机床（包括成型加工机床和线切割机床等）或机械加工机床都不具备本发明所述设备能设置的多种结构布局 and 多种复合运动方式和适应类型如此广泛的加工功能，而且其中某些类型工件用现有的各种机床加工均无法达到本设备能达到的工作效能或技术指标。

现有的电火花加工设备所能设置的结构布局和相应的加工运动方式太少，限制了其工艺能力的发挥。

EDM和线切割加工设备仅仅是借鉴了类似于冲、挤压设备和线锯中的以直线运动为主的机构，这样，它所能适用的加工类型就有一定的局限性，工件成型尺寸精度也有一定的限度。

本发明的目的是为克服现有技术的缺点，提供一种展成式电火花精密加工设备，该设备可设置成多种结构布局和相应的复合运动方式，可用来加工内外圆柱面、圆锥面、各种回转曲面、平面、共轭曲面、棱柱面、棱锥面、球面、超半球面、螺旋面、等速螺旋面、齿形面及多种组合型面等，便于加工薄壁、小孔及微小型工件，实现目前切削加工和特种加工设备所未能实现的工艺目标，能在淬硬钢、不锈钢、常用金属材料 and 硬质合金等特种材料或特种结构工件上加工出许多种精密型面，精度达微米级，表面粗糙度 $R_a = 0.32 - 0.04$ 微米（相当于 $\nabla 9 - \nabla 11$ ）。

为了实现本发明的目的，本发明的展成式电火花精密加工设备

包括一个基座、一个转台、一个座标工作台、一个工具电极芯轴头架座，一个工件芯轴头架座以及相应的驱动装置，含有三个回转机构和四个直线移动机构。三个回转机构包括控制工件芯轴回转的机构，控制工具电极芯轴回转的机构和转台的回转机构，四个直线移动机构包括工件芯轴头架座的水平直线移动机构和竖向直线移动机构、工具电极芯轴头架座的纵向直线移动机构和横向直线移动机构，上述机构能设置成多种结构布局和相应的展成运动方式，实现多种类型的精密 EDM 加工；

a 工件芯轴头架座和工具电极芯轴头架座轴线平行的结构布局：

(a) 两轴以差动方式回转，用来加工平面、圆柱面、微小孔和台阶孔等，

(b) 两轴以共轭方式回转，用来加工螺纹、齿轮、静压轴承油腔、滚压模、共轭回转体等，

(c) 工具电极芯轴单轴回转，其头架座同时作直线往复平移展成运动，用来加工平面、棱柱面（如齿条）、平面和圆柱面上字符或图形的转移等，

(d) 工件芯轴回转，工具电极芯轴回转运动与其头架座的径向（或再加轴向）直线运动联动（机械联动或机电联动或数控方式），用来加工等速螺旋线型面和空间等速螺旋面凸轮等，

b 工件芯轴头架座和工具电极芯轴头架座轴线相交成一定角度的结构布局：

(a) 两轴以差动方式回转，用来加工球面、锥面和旋转曲面等，

(b) 两轴以共轭方式回转，用来加工锥度螺纹、锥齿轮、锥形静压轴承油腔及交接式共轭回转体等，

(c) 工件芯轴回转，工具电极芯轴回转运动与其头架座的轴向直线运动联动，用来加工刀具螺旋槽等，

c 工件芯轴头架座和工具电极芯轴头架座轴线相互垂直的结构布局：

(a) 两轴以差动方式回转，用来加工旋转圆弧面、环槽、凸肩等，

(b) 两轴以共轭方式回转，用来加工全啮合蜗轮蜗杆副、端面齿轮和静压轴承油腔等，

(c) 工件芯轴回转，工具电极芯轴回转运动与其头架座的轴向直线运动联动，用来加工靠模螺旋槽、端面凸轮等。

本发明中所述的工件芯轴和工具电极芯轴均用微电机通过机械变速装置驱动，使用时两者功能可以互换，即工件芯轴上装工具电极，工具电极芯轴上装工件。

本发明中所述的转台装在基座上能绕中心轴转动，既可作转角分度用，也可作转角进给加工用，能使工件转轴和电极转轴相互平行设置、相互垂直设置或相交成一定角度设置。该转台附有锁紧固定装置和位置刻度读数装置。

本发明中所述的设备中的工件头架座和工具电极头架座两者之中的一个头架座装在水平设置的直角座标工作台上，另一个头架座装在竖直装置的能按直角座标运动方式移位的基座上。

该座标工作台可以直接调整固定在基座上而不设转台。

本设备中部分结构的简化，如减少一个直线移位机构或减少一个转动机构后，本设备将成为加工某些类型工件的专用设备。

本设备的优点可从两个方面分述，它能在很大程度上反映出本发明的展成式电火花精密加工设备成功的技术关键所在。本发明已制成样机，达到了本发明所要实现的目的。

本设备与传统机械磨削设备相比有如下优点和技术特点：

1、工件与工具电极间切向相对运动线速度的差值可以很小，有时几乎接近于零，有些情况与磨削运动状态已有很大的不同，因此本设备能采用一些通常磨削所不宜或不能直接采用的总体结构和

工作方式，从而实现如共轭回转式等加工。

2、加工部位不产生明显的机械作用力，能够加工许多传统机械不易或不能加工的工件，与第1点结合起来，使本设备能够设计和制造得具有很高的精度，并得到很高的加工工艺指标。

3、本设备所用工具电极特别是成型电极比砂轮制造方便，容易整修。同一工具电极既可完成粗加工也可完成精加工。

4、本设备能加工类型很多的精密型面和工件。还可以进行综合加工，即在一次装夹条件下完成多种型面的精密加工，通常可使各型面的形位公差和尺寸公差均达到微米级精度。

本设备与常规电火花加工设备相比有如下优点和技术特点：

1、由于本设备的结构布局和相应的回转运动造成的液流扰动，使得狭长的加工区域附近有足够空间，可以做到在加工过程中始终保持加工区域具有良好的排屑、排气条件。这一点对于能提到高的加工精度和表面质量非常重要，这样能够彻底避免通常电火花加工中由于存在排屑、排气不良产生二次放电而形成锥度等偏差以及造成工具电极各部分相对损耗不一致而影响加工精度。另外，本设备也几乎不会因排屑、排气不良而产生拉电弧烧伤工件的现象。

2、本电火花加工设备具有的多种结构布局和成形运动方式可使型面得到精确成形。在某些情况下还可消除工具电极本身的制造偏差。利用运转和加工进给时对应部位存在滑移差动，使得被加工件的表面粗糙度可以远比工具电极对应工作面的原始粗糙度低，这在其他类型的电火花加工中是较难做到的。如工具电极 $R_a = 2.5$ 微米，可使工件加工至 $R_a = 0.05$ 微米。工具电极加工面的粗糙度在加工过程中也同时会得到提高。

3、通过本设备的展成运动，能利用形状简单的工具电极，加工出较为复杂的工件型面，还便于对工具电极的损耗采取有效的精

确补偿措施。有些情况下利用制造精度不很高的工具电极，借助展成运动补偿自修正作用，可以加工出精度很高的工件型面。

4、本设备可以在极小的放电间隙下进行正常加工，减少包络线成形偏差影响，利用逼近法实现如渐开线，摆线型和螺旋面等复杂型面的精密加工。

5、本设备加工时限于窄区放电的情况较多，极间电容影响可以忽略不计，能够利用很小的单脉冲放电能量进行精加工和超精加工。

6、本设备可以实现电规准的连续转换和加工尺寸的连续进给，使精加工余量减至最小的限度，以获得高的加工效率。

综上所述，由于本设备具有新颖的结构布局和相应的运动方式，优化了工艺条件，使其加工类型广泛、精度高、应用面广。因此是电火花加工机床产业中一种有广阔发展前景的新型设备。

附图简要说明如下：

图1是本设备的正面视图；

图2是本设备的顶视图；

图3是本设备的工件芯轴和工具电极芯轴轴线平行设置，两轴以差动方式回转，用圆筒形电极加工圆截面形密封橡胶圈的压模环道，可以将工件模块加工到很高的对合精度的示意图；

图4是图3中所述两轴线平行设置，以差动方式回转，用曲线回转体形手柄状工具电极加工塑料压模，可以使型面线型过渡光滑圆滑的示意图；

图5是图3中所述两轴线平行设置，以同步共轭方式回转，用外螺纹电极加工内螺纹的运动和进给方式的示意图；

图6是图3中所述两轴线平行设置，以比例差动共轭方式回转，用外齿轮电极加工内齿轮的运动和进给方式的示意图；

图7是图3中所述两轴线平行设置，以倍角共轭方式回转，用带缺口的齿轮状电极，加工变模数大齿轮的运动和进给方式的示意图，采用这种方式还可进行一组齿轮的对合加工，能够加工出齿形对称精度很高，具有良好啮合性能的齿轮组件；

图8是图3中所述两轴线平行设置，以倍角共轭方式回转，用图示形状电极加工静压轴承的高度对称形内油腔的运动和进给方式的示意图；

图9是图3中所述两轴线平行设置，两轴以共轭方式回转，使对应加工部位的切向线速度接近相等，用容易制造的在外圆柱面上刻有凹字型、图案的电极在另一圆柱形淬硬滚压模上加工形成通常较难制造的凸型字和图案的示意图；

图10是以图3中所述单轴回转并作直线往复平移展成运动，用旋转抛物线型电极加工抛物柱面反光镜压模的示意图；

图11是以图3中所述单轴回转并作直线往复平移展成运动，使转动与平移运动按一定比速协调动作，用易于制造的平面字型、图案的凹形电极在圆柱形淬硬滚压模上加工成凸型字和图案的示意图；

图12是以图8中所述单轴回转并作直线往复平移展成运动用多环状电极加工淬硬精密齿条的加工方式示意图；

图13是图8中所述两轴线平行设置，以共轭展成方式控制转动与平移运动的比速，用齿条状工具电极加工齿轮的加工方式示意图；

图14是图8中所述两轴线平行设置，一轴回转，另一轴回转运动与径向直线运动联锁，用成型旋转电极一次性展成弧面齿滚刀上整排齿背的等速螺旋线型面；

图 15 是图 8 中所述两轴线平行设置，一轴回转，另一轴回转运动与径向，轴向直线运动联锁，用圆柱形旋转电极加工空间等速螺旋面内凸轮的示意图；

图 16 是工件芯轴和工具电极芯轴轴线相交成一定角度设置，两轴以同步共轭方式回转，用卷绕在圆柱体上的螺旋状金属丝作工具电极，在圆锥面上加工两端不通头的螺旋状油槽的加工方式示意图；用类似方式可加工内，外锥度螺纹；

图 17 是图 16 中所述两轴线相交成一定角度设置，两轴以比例差动共轭方式回转，用圆锥形齿轮电极加工内圆锥齿轮或两个齿轮的对合加工示意图；

图 18 是图 16 中所述两轴线相交成一定角度设置，两轴以倍角共轭方式回转，用带锥度的工具电极加工锥形静压轴承的高度对称形油腔的加工方式示意图；

图 19 是工件芯轴和工具电极芯轴轴线相互垂直设置，两轴以差动方式回转，用转盘状电极加工圆截面形密封橡胶圈的压模环道的示意图；环道工作面的表面质量可达到很高的工艺指标；

图 20 是图 19 中所述两轴线相互垂直设置，两轴以共轭方式回转，用蜗轮电极加工全啮合蜗杆的示意图，然后再用类似方式使蜗轮、蜗杆副作对合加工，可以得到用机械方法很难制造的传动啮合性能和承载能力特别好的偶合件。

图 21 是图 19 中所述两轴线相互垂直设置，两轴以共轭方式回转，用圆锥齿轮电极加工另一件难加工材料制造的圆锥齿轮或两个圆锥齿轮的对合加工的示意图；

图 22 是图 19 中所述两轴线相互垂直设置，一轴回转，另一轴回转运动与轴向直线运动联锁，用圆柱形电极精加工淬硬靠模螺旋槽的加工方式示意图；

图23是图19中所述两轴线相互垂直设置，一轴回转，另一轴回转运动与轴向直线运动联锁，用圆柱形电极加工端面凸轮的示意图，可以得到过渡很匀滑，表面很光洁的曲面。

本发明所述展成式电火花精密加工设备的结构布局和运动方式见图1和图2，该设备包括三个转动机构，即工件头架芯轴5、工具电极头架芯轴4和转台2，其转动方向分别为A、B、C、D、E和F，如图1和图2所示。四个直线移动机构，即座标工作台3中的纵向移动机构9和横向移动机构10，其移动方向分别为G、H、I和J，如图2所示，工件头架座中的水平移动机构6和竖向移动机构7，其移动方向分别为K、L、M和N，如图1和图2所示。

本发明所述设备的主要结构如下：

基座1承载整台设备部件，中空所留空间可安置配套件，转台2装在基座1上能绕中心轴X-X转动，其上承载座标工作台3及电极头架4。该转台2既作转角分度用，也可作转角进给加工。该转台2可由电动机13驱动或用分度手轮14手动操纵旋转，该转台2附有锁紧固定装置，用来锁紧固定转台，转台2带位置刻度读数装置11。对某些专用场合，可以将座标工作台3调整固定在所需要的基座方位上而不设能连续转位分度的转台2。

座标工作台3承载工具电极头架4，有移位及定向进给机构。9和10具有往复运动行程控制功能。可采用步进电机、伺服电机、自整角电机或力矩电机等微电机驱动，用步进电机时以数控方式驱动，用自整角电机时可与工件头架5、电极头架4的自整角电机按一定比例转速联动。

工具电极头架（芯轴）4电气上与基座1上的转台2绝缘，工具电极头架4中的芯轴一端有锥孔，工具电极用锥柄装夹到芯轴上，

用电机12通过机械变速装置驱动。电机可采用自整角机、力矩电机、步进电机或伺服电机等微电机与工件芯轴作同步或比例驱动，或用伺服电机等微电机作独立回转驱动。

工件头架（芯轴）5电气上与基座1上的转台2绝缘，工件芯轴一端有锥孔；工件用锥柄装夹，用电机8变速驱动。电机可采用自整角电机、力矩电机、步进电机或伺服电机等微电机与电极芯轴4作同步或比例驱动，用伺服电机等微电机作独立回转驱动。工件头架座连接水平和竖向移动机构6和7，以适应不同加工类型和不同规格尺寸的工件加工时作调整用。

工件芯轴5和电极芯轴4在使用时功能可以互换，即工件芯轴5上可装工具电极，电极芯轴4上可装工件。可按加工类型、工件和电极尺寸大小、进给方式合理性、成形需要、装夹方便程度等具体情况灵活运用。

由于以上所述各项部件均采用常规结构，为熟悉本行业的人员所已知，故其详细结构均未图示。

本设备还附设工作液循环过滤箱及加工区盛油槽（未图示），可采用煤油或水剂作工作液。该过滤箱的过滤性能须满足连续工作要求并保持加工件能达到镜面所需的滤清度，所述的加工区盛液槽应能满足浸没式和注液式两种工作状态的需要，并能适应转台3在转位及转动状态下工作。

与本设备配套的脉冲电源箱的粗、中加工范围与常规EDM设备相类似。在精加工范围，单个脉冲放电能量压缩减小方面应有延伸，以适应超精镜面加工要求。

本设备可附有多种装夹工具电极和工件用的常用，通用夹具以及工具电极修切整形工具等附件。

本设备的各机构可设置成下列各种总体结构：

a 工件芯轴5和工具电极芯轴4轴线平行设置的总体结构，即O1和O2轴线重合或平行：

(a) 两芯轴以差动方式回转，用于1) 加工平面；2) 加工圆柱面；3) 加工圆孔；4) 加工微小孔；5) 加工薄壁零件（圆筒等）；6) 加工锥面；7) 加工平底、V形、曲线型底环形槽（如图3所示）；8) 加工旋转曲面（如图4所示）；9) 加工薄片；10) 加工环形梳刀；11) 加工凸肩状零件；12) 加工台阶孔；

(b) 两芯轴以共轭方式回转，用机械或机电实现同步、倍角、比例差动回转。用于1) 加工各种牙形的内外螺纹，包括米制、英制、梯形、矩形、锯齿形、圆弧形及其他特殊牙型等（如图5所示）；2) 加工分头及牙形对称精度很高的内外多头螺纹；3) 加工内外锥度螺纹及圆锥管螺纹；4) 加工内外齿轮，特别是淬硬的小模数精密内齿轮及硬质合金齿轮，包括直齿和螺旋齿轮（如图6所示）；5) 加工变模数齿轮（如图7所示）；6) 加工人字形齿轮；7) 加工静压轴承油腔，包括直孔形、锥形、球面形（如图8所示）；8) 加工字码及标记符号类滚压模（如图9所示）；9) 其他类型的共轭回转体，如回转泵体；

(c) 单轴回转，并作直线往复平移展成运动，用于1) 展成平面；2) 展成直线棱柱面（V形槽等）；3) 展成曲线棱柱面

（二次曲线柱面反射镜型面等）（如图10所示）；4) 平面和圆柱面上字符转移（如图11所示）；5) 加工小模数齿条（如图12所示）；6) 齿条状电极加工齿轮（如图13所示）；7) 加工搓丝板；

(d) 一轴回转，另一轴回转运动与径向（或再加轴向）直线运动联锁（机械联动或数控方式），用于1) 加工等速螺旋线型面（成型刀具、弧面滚齿刀等铲背（如图14所示）；2) 凸轮曲线

工作面加工；3) 空间等速螺旋面凸轮加工（如图15所示）；4) 工件等分槽加工；5) 其他多工位加工（对称手轮模具等）；

b 工件芯轴和工具电极芯轴轴线相交成一定角度设置的总体结构（利用转台2设置此角度）：即O1和O2轴线相交成一定角度：

(a) 两轴以差动方式回转，用于1) 加工凸、凹球面（轴承球面、单球体轴承等），2) 加工内、外锥形面；3) 加工展成型旋转曲面（用圆柱形电极等）；

(b) 两轴以共轭方式回转，用于1) 加工内外锥度螺纹（如图16所示）；2) 加工锥齿轮（如图17所示）；3) 加工锥形静压轴承油腔（如图18所示）；4) 其他锥形及交接式共轭回转体加工；5) 异型孔扩锥加工（拉丝模锥腔等）；

(c) 一轴回转，另一轴回转运动与轴向直线运动联锁（机械联动或数控方式），用于1) 螺旋槽加工（刀具螺旋槽等）；2) 多工位型槽加工；

C、工件芯轴和工具电极芯轴线相互垂直设置（利用转台2设置）的总体结构：即O1和O2轴线相互垂直设置：

(a) 两轴以差动方式回转用于1) 加工旋转圆弧面；2) 加工曲线型环槽；3) 加工曲线型环形凸肩；4) 加工端面环形槽（V形槽、圆弧槽等）（如图19所示）；

(b) 两轴以共轭方式回转，用于1) 全啮合蜗轮蜗杆副对合加工（如图20所示）；2) 加工端面齿轮；3) 加工圆锥齿轮（如图21所示）；4) 端面静压轴承油腔加工；

(c) 一轴回转，另一轴回转运动与轴向直线运动联锁（机械联动或数控方式），用于1) 加工靠模螺旋槽（如图22所示）；2) 加工端面凸轮（如图23所示）。

可以参照附图 1、图 2 所示和表 1 中所列出的一组主要参数设计本设备，也可根据特定加工对象的技术要求进行调整，另行组配设计参数。

表 1、本发明所述设备的实施例中各主要部件设计参数的推荐值。

部件名称	设计参数
工件芯轴	转速 0 - 10 转/分钟，可调
电极芯轴	转速 0 - 500 转/分钟，可调
同步电机组	可同步、倍角或差动回转，主轴转速 0 - 5 转/分钟，连续可调
转台	台面直径 1000 毫米，有效回转角范围大于 180 度
坐标工作台	沿转台径向行程 160 毫米，切向行程 200 毫米，纵向及横向移动手轮读数分度 0.01 毫米，机动控制读数分度 0.001 毫米。
工件头架水平移动机构	移位行程 150 毫米，移位读数分度 0.01 毫米，可只用手动
工件头架竖向移动机构	移位行程 120 毫米，移位读数分度 0.01 毫米

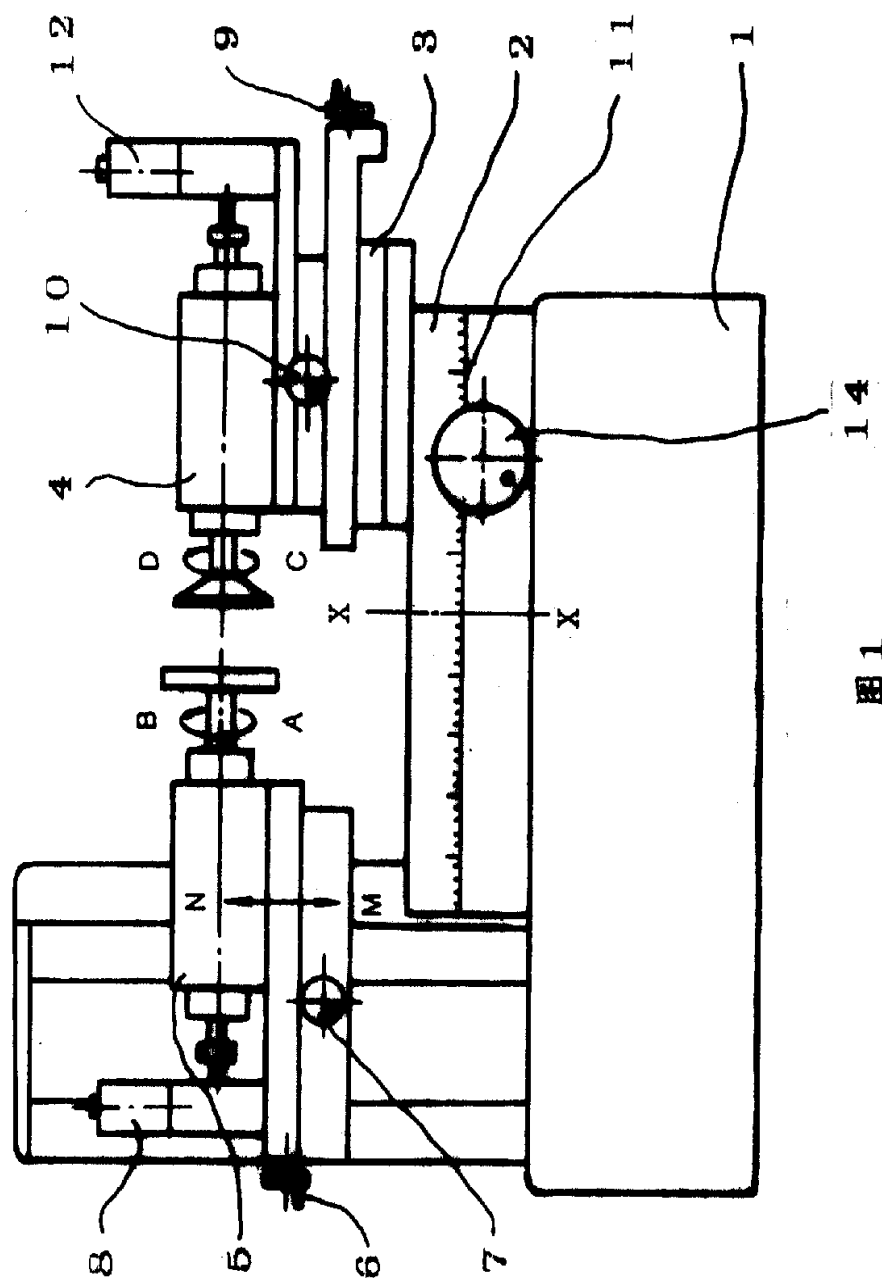


图 1

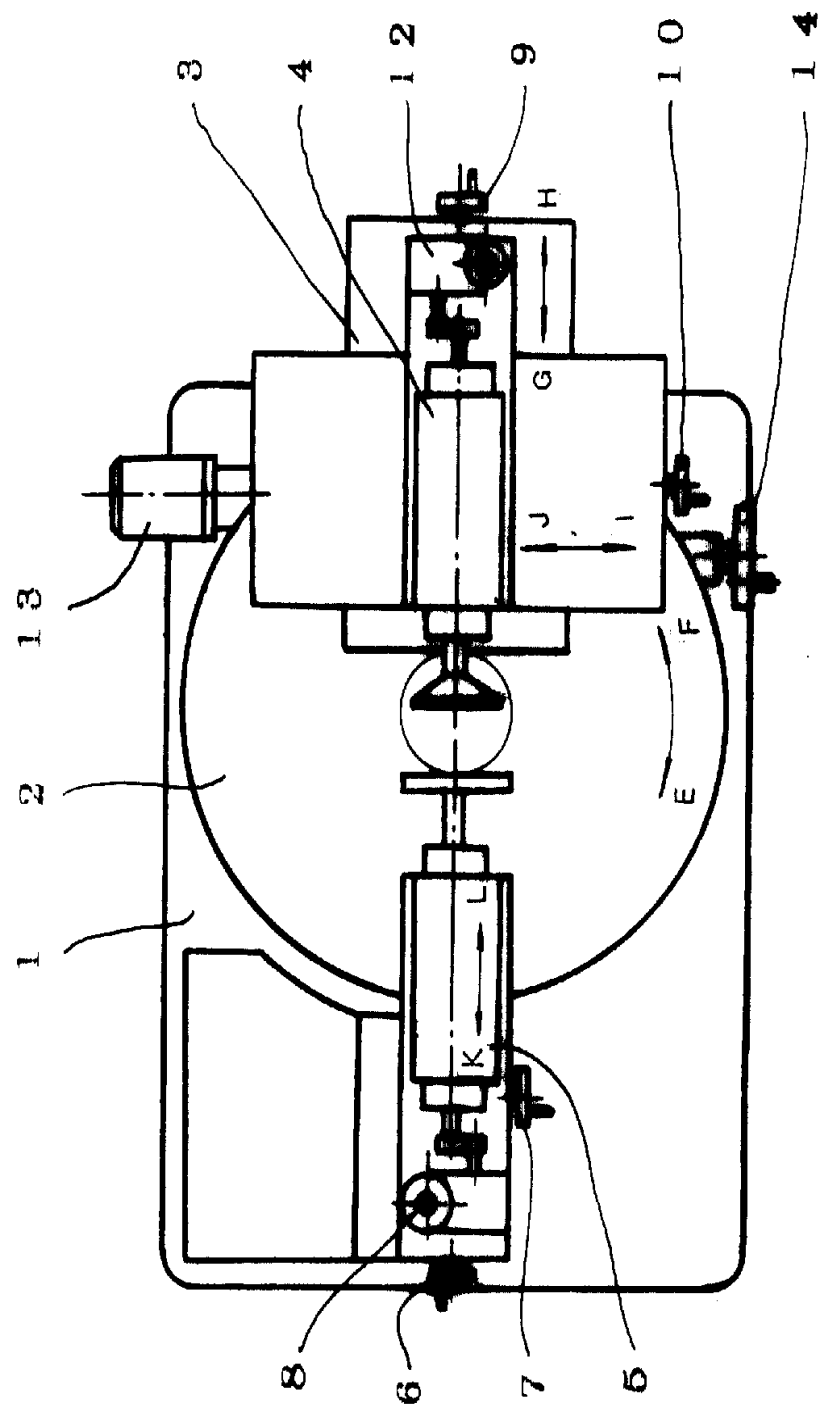


图 2

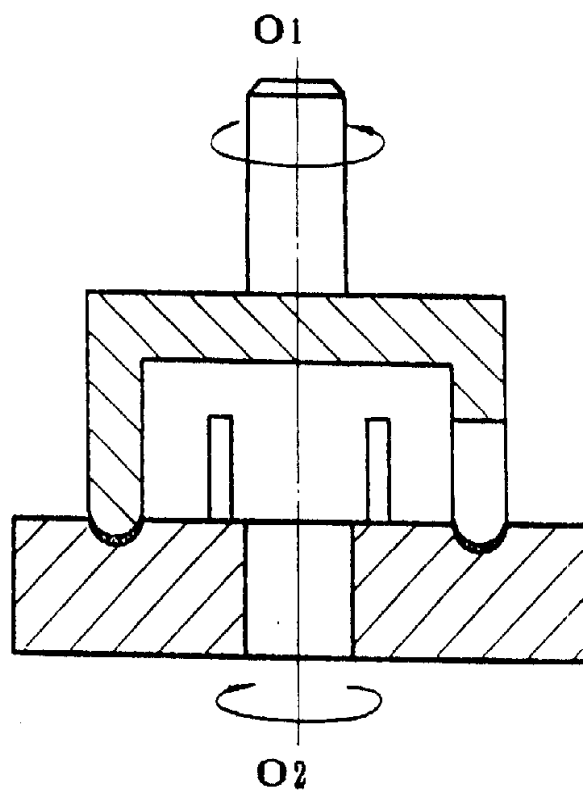


图 3

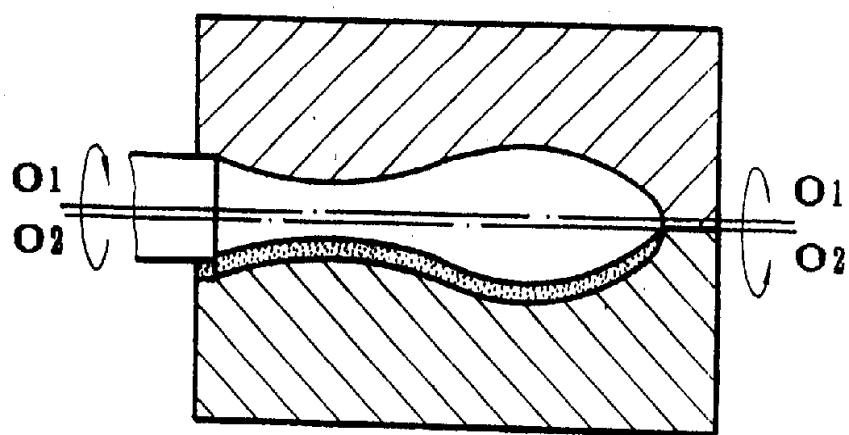


图 4

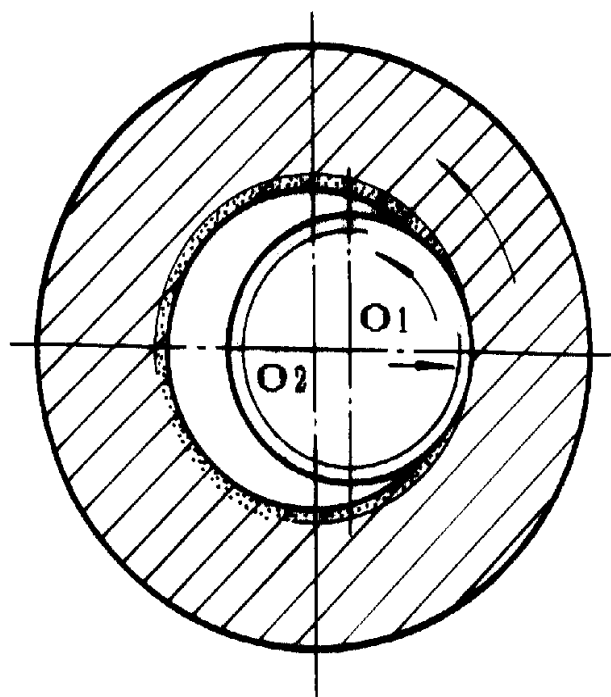


图 5

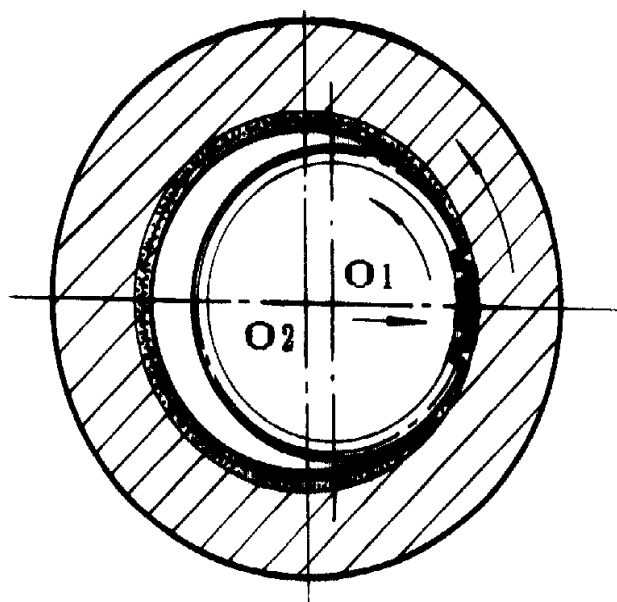


图 6

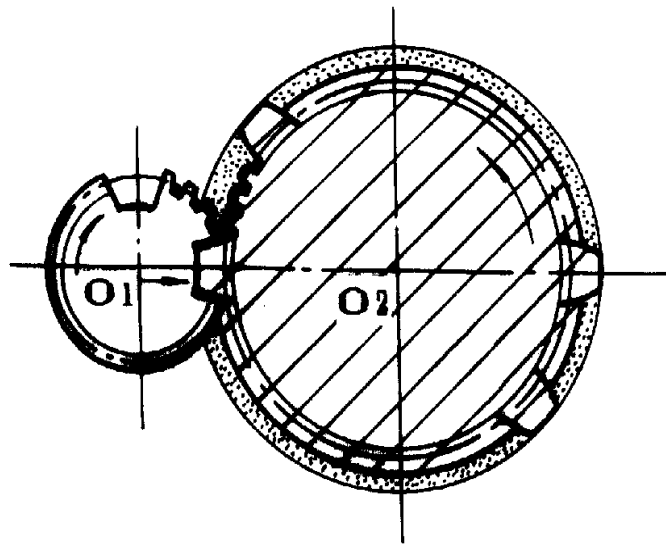


图 7

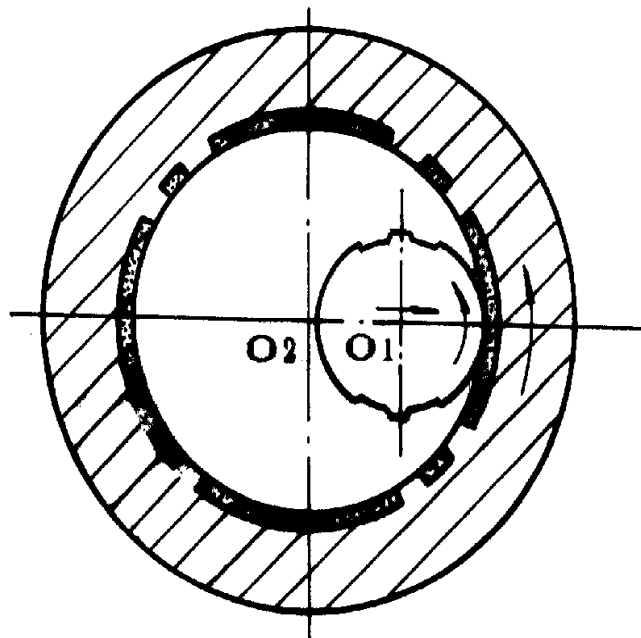


图 8

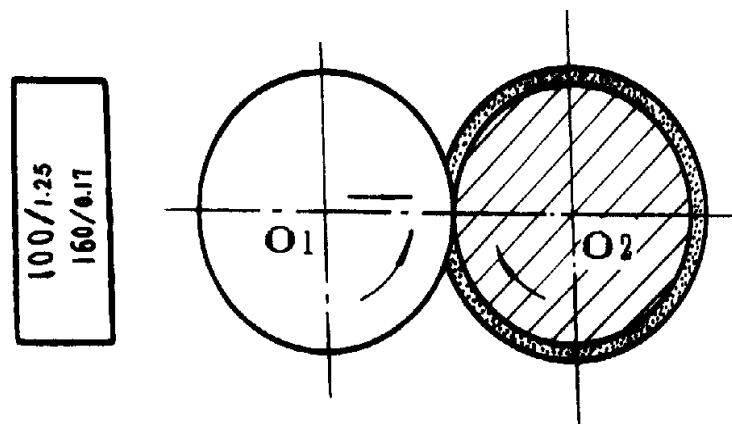


图 9

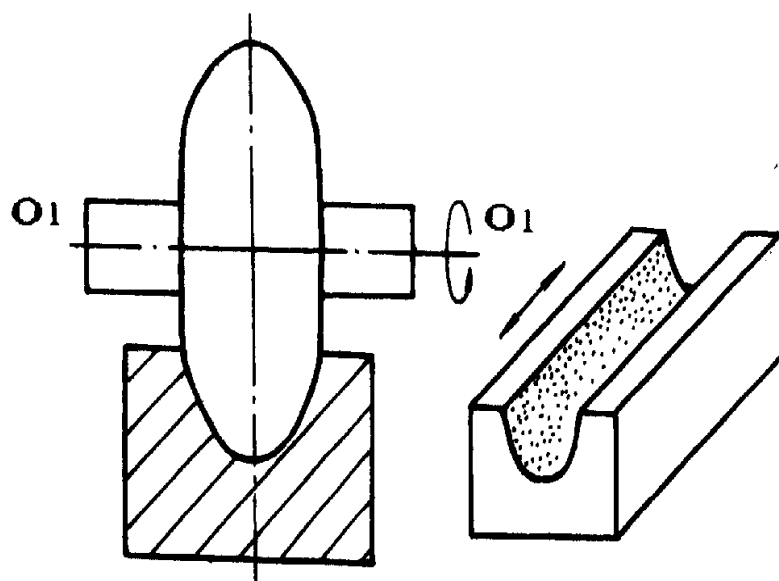


图 10

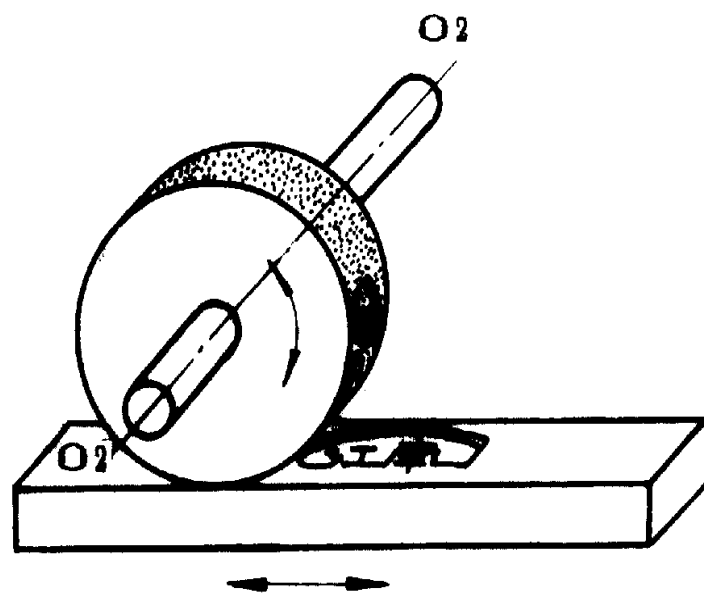


图 1 1

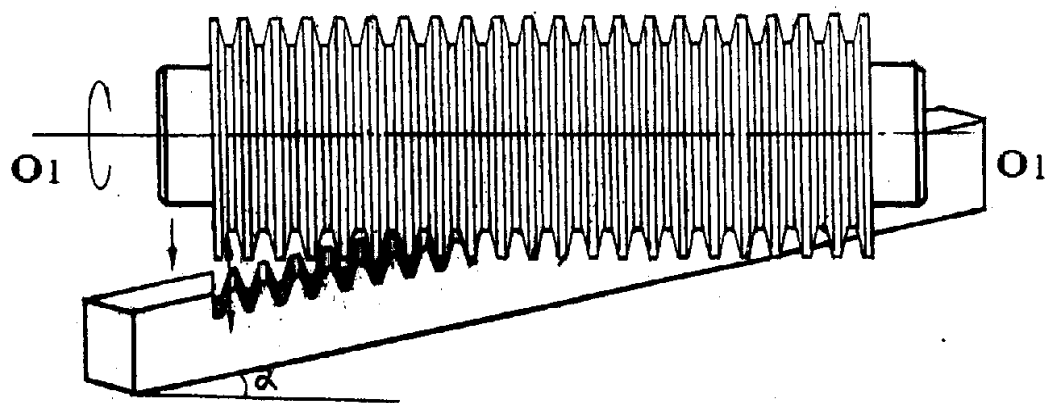


图 1 2

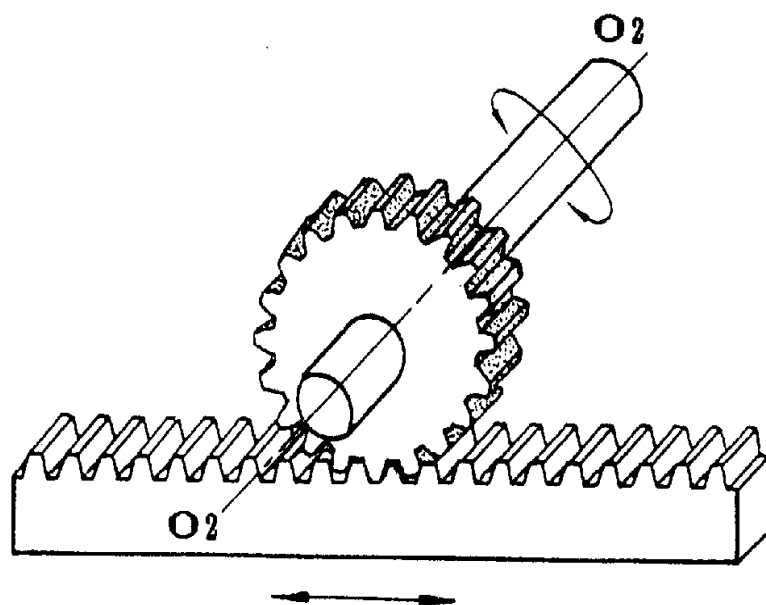


图 1 3

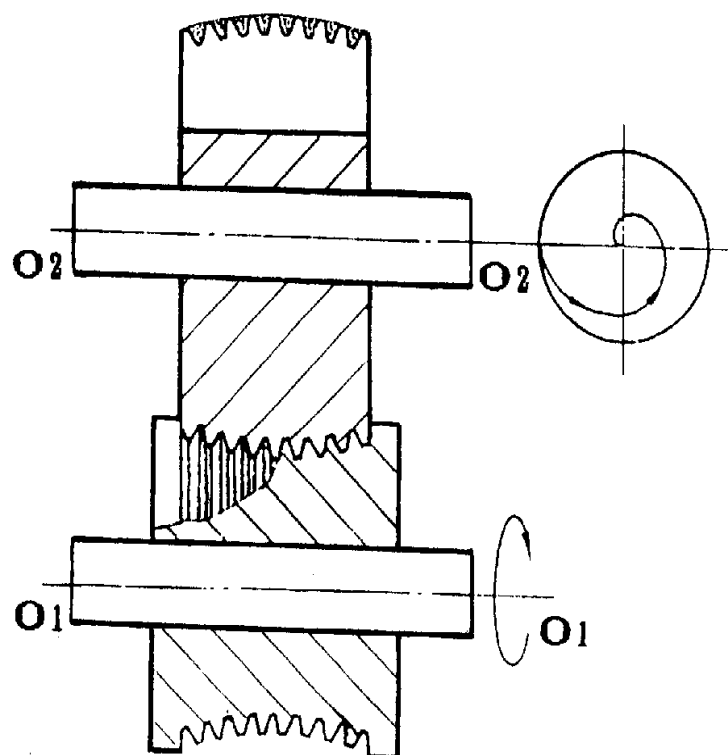


图 1 4 8

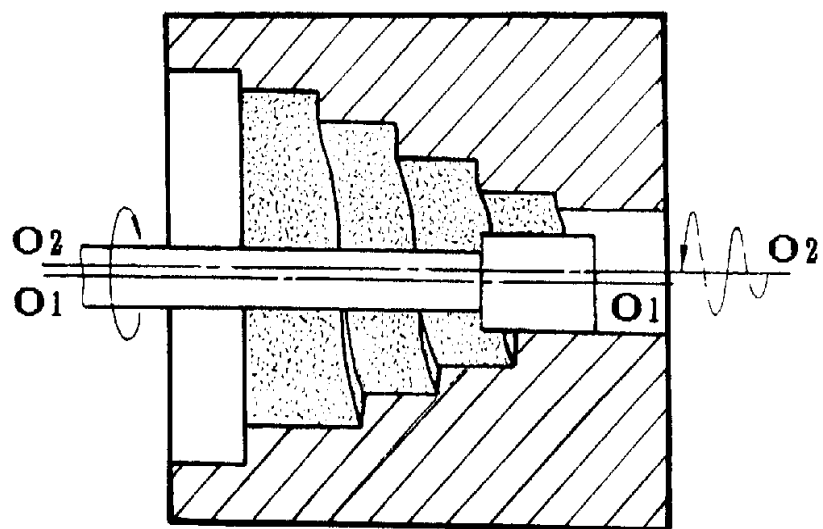


图 1 5

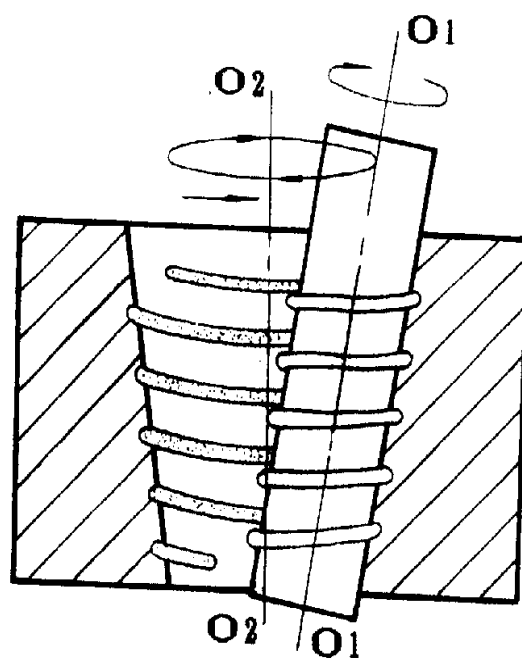


图 1 6

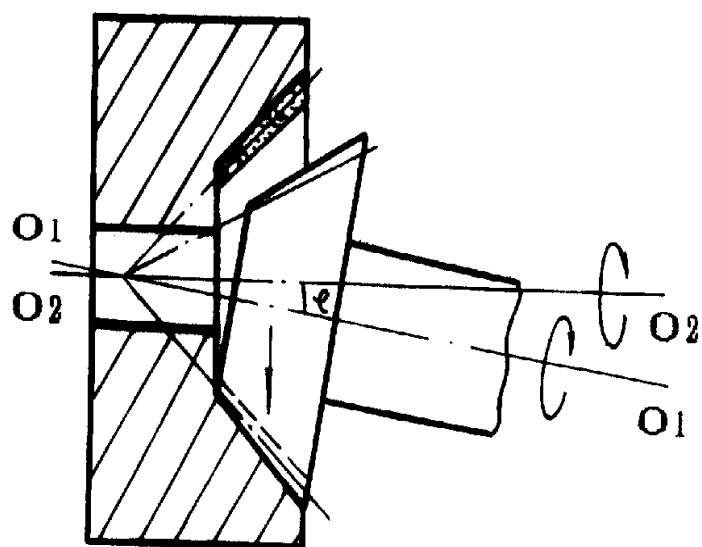


图 1 7

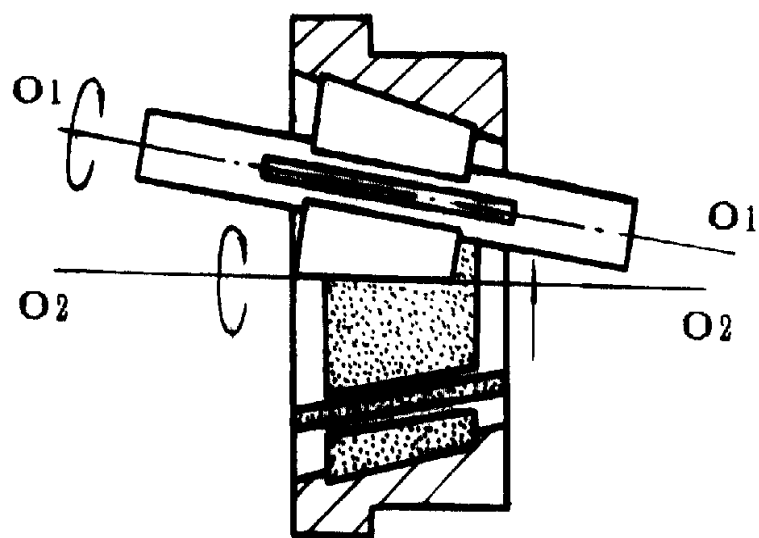


图 1 8

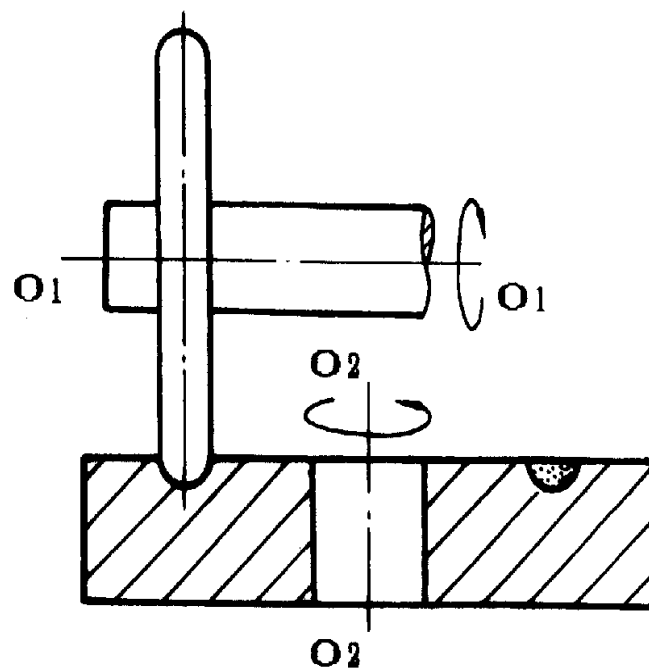


图 19

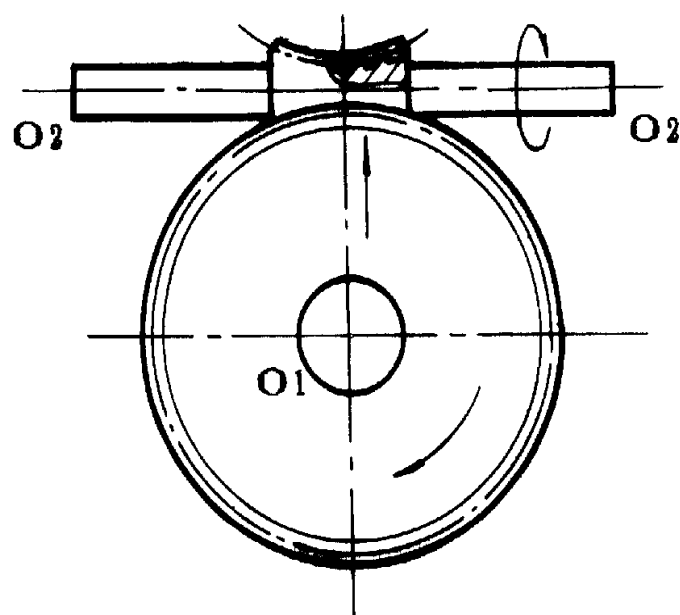


图 20

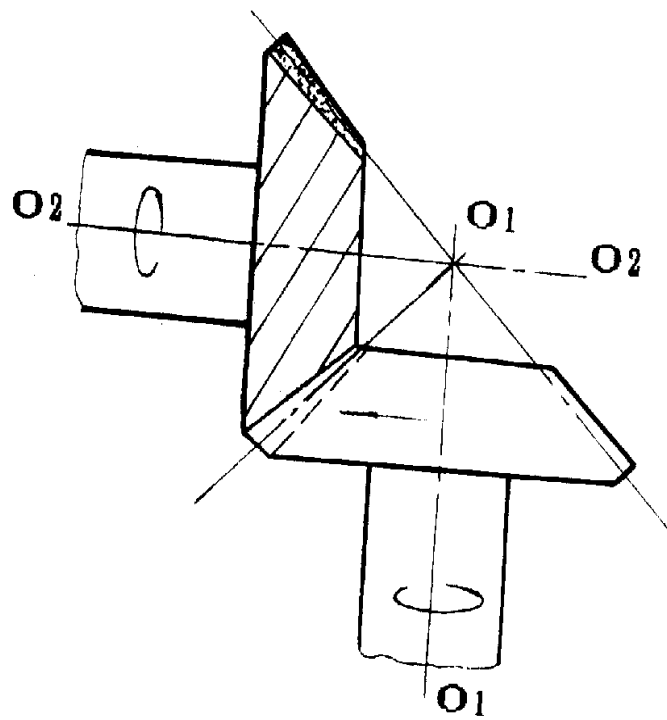


图 2 1

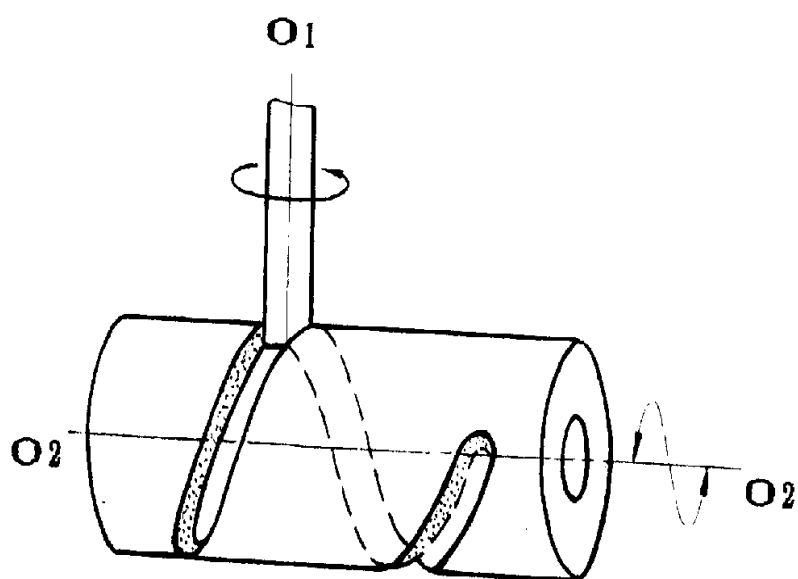


图 2 2

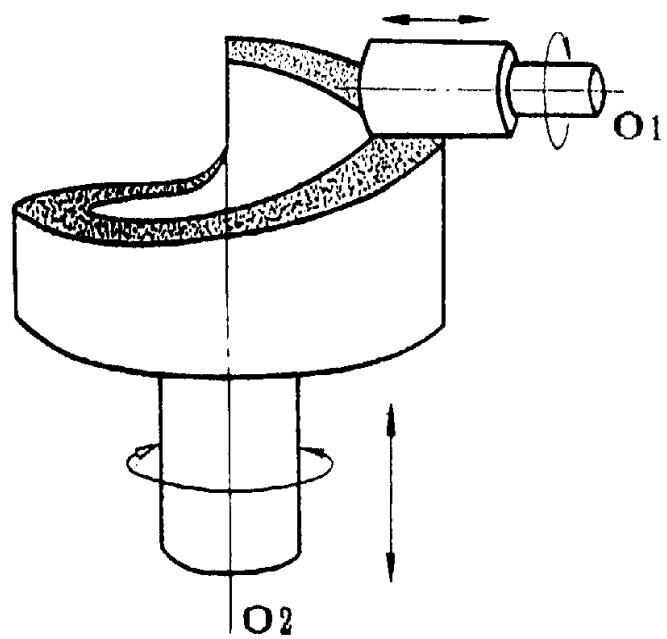


图 2 3