[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
B24B 37/00

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410050377.4

[43] 公开日 2005 年 3 月 2 日

[11] 公开号 CN 1586814A

[22] 申请日 2004.9.7
[21] 申请号 200410050377.4
[71] 申请人 沈阳建筑大学
地址 110168 辽宁省沈阳市浑南新区沈阳建筑大学科技产业处
[72] 发明人 吴玉厚 张 珂

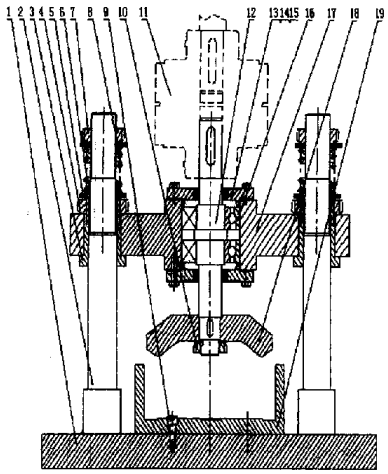
[74] 专利代理机构 沈阳亚泰专利代理有限公司
代理人 韩 辉

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称 一种新型高精密陶瓷球研磨装置

[57] 摘要

一种新型高精密陶瓷球研磨装置，包括有上研磨盘、下研磨盘、研磨盘主轴、左右立柱、升降平台、底座、弹簧、螺母、轴套等组成，其中底座安装在钻床或铣床底座上，研磨盘主轴与钻床或立式铣床主轴联结，上研磨盘的研磨面为锥面，下研磨盘为圆筒形，具有底面和立面两个研磨面。上研磨盘通过螺母与研磨盘主轴连接，研磨盘主轴通过上下两个角接触球轴承和上下两个轴承端盖与升降平台组装在一起，以实现上研磨盘的升降，用以方便取放研磨工件以及改变研磨压力，左右立柱为升降平台的导轨，固定在底座上，立柱上端有螺纹，套有螺母，在螺母与左右轴套之间装有弹簧，通过调节螺母可以调节弹簧的变形量，从而改变研磨压力。



ISSN1008-4274

1．一种新型高精密陶瓷球研磨装置，包括有上研磨盘、下研磨盘、研磨盘主轴、左、右立柱、升降平台、底座、弹簧、螺母、轴套等组成，其特征在于上研磨盘的研磨面为锥面，下研磨盘为圆筒型，具有底面和立面两个研磨面，下研磨盘通过螺栓与底座连接，上研磨盘通过螺母与研磨盘主轴联结，研磨盘主轴通过上下两个角接触球轴承和上下两个轴承端盖与升降平台组装在一起。

2. 根据权利要求 1 所述的一种新型高精密陶瓷球研磨装置，其特征在于研磨盘主轴与钻床或立式铣床主轴采用柔性件联结。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种新型高精密陶瓷球研磨装置，其特征在于左、右立柱为升降平台的导轨，固定在底座上，左、右立柱上端有螺纹并套有弹簧，由螺母和轴套上下限位，轴套装配在升降平台左右两个耳孔中。

一种新型高精密陶瓷球研磨装置

技术领域

本发明涉及一种球形零件研磨装置，特别涉及一种用于高速高精密陶瓷球轴承中高硬度、高精度的陶瓷球零件的精密磨削加工装置，属于高精密球形零件加工技术。

背景技术

虽然陶瓷成型、烧结技术的进步不断地提高陶瓷毛坯制品的精度，但将陶瓷作为结构材料，特别是机械结构相互配合使用时，仍必须对陶瓷进行加工，以提高烧结制品的尺寸和形状精度以及加工表面的完整性。

陶瓷材料是由共价键或离子键结合而成，呈现出与以金属键为主的金属材料不同的性质，即一般抗剪切应力很高，而抗拉伸应力很低，同时弹性模量相当大，属于硬脆材料。工程陶瓷通常比金属材料硬而脆，难以用通常的金属切削方法加工，而大多数陶瓷又是电的不良导体，一般不宜采用电火花加工等电加工方法，这使得陶瓷材料的加工受到很大限制。

随着加工技术的发展，有关陶瓷加工的方法不断增多，按供给能量的方式进行分类，可分为机械加工法、电学加工法、化学加工法、光学加工法以及复合加工法等。研磨加工是机械加工法的一种，研磨就是使用游离磨料，使被加工表面产生微小的去除作用，从而达到加工效果的一种超精密加工方法。从材料的去除机理上看，研磨是介于脆性破坏和弹性去除之间的一种加工方法。研磨加工由于材料的去除单位小，加工作用力小，几乎不产生表面变质层、残余应力和微细裂纹，可以达到很高的加工精度及表面完整性。但它的加工效率很低，一般只用做陶瓷材料的最终的超精密加工。研磨装置对陶瓷球的研磨精度和研磨效率有重要影响。对球的研磨装置中的运动状态要进行深入的分析，弄清楚影响研磨效率和精度的原因，为设计完善的研磨装置提供理论依据。

目前，对于陶瓷球的研磨加工，国内外已有一些相应的加工装置，如：圆沟槽研磨加工装置、V形槽研磨加工装置、自旋回转控制研磨加工装置、磁悬浮研磨加工装置、非磁悬浮研磨加工装置等。由于圆沟槽研磨加工装置对于钢球加工效率很高，但对陶瓷球这样的硬脆材料加工效果很不好；V形槽研磨加工装置结构虽然简单，但加工效率、加工精度都不太理想；自旋回转控制研磨加工装置、磁悬浮研磨加工装置和非磁悬浮研磨

加工装置等虽然加工精度非常高，但加工效率较差，且加工装置结构复杂，加工成本高。因此，对于陶瓷球的加工，市场急需一种既有较高的加工效率和加工精度，又具有结构简单，成本低廉的陶瓷球研磨加工设备。

发明内容

本发明的目的在于克服现有技术存在的上述不足，通过研究改进，设计出了一种锥型陶瓷球研磨装置，该装置从陶瓷研磨机理的角度出发，综合考虑了陶瓷球研磨效率、研磨精度及研磨成本的基础上给出的。并根据该研磨装置给出了合理的陶瓷球研磨工艺。

本发明给出的设计方案是：采用上、下研磨盘与陶瓷球构成三点接触进行研磨，其中，上研磨盘的研磨面为锥面，下研磨盘为圆筒形，其研磨面为圆筒内底面和立面。下研磨盘通过螺栓与底座连接固定不动，上研磨盘通过螺母与研磨盘主轴联结，研磨盘主轴可通过柔性件与钻床或立式铣床的主轴联结，以实现上研磨盘的旋转运动。

本发明给出的这种锥型陶瓷球研磨装置包括有上研磨盘、下研磨盘、研磨盘主轴、左、右立柱、升降平台、底座、弹簧、螺母、轴套等组成，其中底座安装在钻床或铣床底座上，研磨盘主轴通过联轴器与钻床或立式铣床主轴联结，可以实现有级或无级调速。上研磨盘的研磨面为锥面，下研磨盘为圆筒型，具有底面和立面两个研磨面。上研磨盘通过螺母与研磨盘主轴连接，研磨盘主轴通过上下两个角接触球轴承和上下两个轴承端盖与升降平台组装在一起，以实现上研磨盘的升降，用以方便取放研磨工件以及改变研磨压力。研磨盘主轴与钻床或立式铣床主轴采用柔性件联结，以减缓冲击。左右立柱为升降平台的导轨，固定在底座上，立柱上端有螺纹，套有螺母，在螺母与左右轴套之间装有弹簧，通过调节螺母可以调节弹簧的变形量，从而改变研磨压力。

本发明进行陶瓷球研磨过程中，其单个陶瓷球研磨机理分析如下：设上、下研磨盘与陶瓷球的接触点分别为A、B、C。陶瓷球只受研磨盘的作用，下研磨盘固定，上研磨盘通过与陶瓷球的接触点无滑动地带动陶瓷球做研磨运动。上研磨盘的角速度为 ω ，三接触点的公转半径分别为 R_A 、R_B 、R_C ，陶瓷球半径为r。陶瓷球的无打滑研磨运动由公转和自转组成，公转角速度 Ω （绕公转轴），自转角速度 ω_b （绕陶瓷球自转轴）。对陶瓷球的无打滑研磨运动，陶瓷球的自转轴恒保持在陶瓷球经度剖面大圆平面上，自转角速度 ω_b 矢量在此平面上的方向由 θ 表示。在陶瓷球的实

际研磨加工中，研磨盘与陶瓷球的接触并非理想化的三点接触，而是三个有限面接触，这就使陶瓷球的研磨运动比理想化三点接触情形陶瓷球的无打滑研磨运动要复杂。正是由于实际存在的这种复杂的研磨运动，使得陶瓷球在研磨中，其自转轴对公转轴的相对空间方位（即 ω_b）发生缓慢的变化，做“变相对方位”研磨运动，从而使得陶瓷球表面的研磨迹线不再是三个不变的圆环，而是缓慢展开的三条空间曲线。陶瓷球在经过一定时间研磨后，使同盘所有陶瓷球表面上的点获得机会均等的研磨，最后达到较高的精度和表面质量要求。因此，适当的接触面积有助于研磨效率的提高，但是随着研磨盘使用时间的增加，研磨盘与陶瓷球的接触面积越来越大，在接触面内，研磨盘与陶瓷球之间的相对滑动也越来越复杂，对正常枢转滑动的研磨效果所起的不良影响加大，因此，当研磨盘使用一段时间后，必须定期更换研磨盘。

本发明对陶瓷球进行研磨加工过程中所涉及的几何和力学参数很多，但对陶瓷球研磨有重要影响的主要有：R_B 、r 、Φ、f、P_0 、ω，这里着重探讨其中最重要的两个参数——研磨压力 P_0 和研磨盘转速 ω 。陶瓷球在研磨中的打滑对陶瓷球研磨最为有害，不仅直接破坏陶瓷球的研磨质量，而且还破坏正常的研磨运动，从而引起相邻陶瓷球之间的挤碰，更严重的会影响到陶瓷球研磨加工的正常进行。因此，分析研磨压力和研磨盘转速问题的基本出发点是，必须确保陶瓷球在研磨中作无打滑研磨运动。研磨压力与研磨盘转速这两个参数是紧密相关的，并同时影响研磨精度和研磨效率，因此，在确定其具体值时，必须同时考虑，相互兼顾。例如在选择研磨压力 P_0 和研磨盘转速 ω 时，如果侧重于研磨精度（精研时），P_0 和 ω 应小一些；如侧重于研磨效率（粗研时），P_0 和 ω 可大一些。P_0 和 ω 的最后确定，还必须通过大量的陶瓷球研磨的现场实验，以取得最佳的研磨效果。

采用本发明进行陶瓷球研磨加工的一个合理的加工工艺为：粗研 → 半精研 → 精研 → 超精研 → 抛光。为保证研磨效率和精度，应根据批量大小、球坯的余量来合理安排工序，由粗到精，逐步减小研磨压力和转速。研磨装置的精度对研磨效率和精度的提高有很大影响，主要应保证上、下研磨盘的平行度、垂直度、偏心及导向精度，这直接关系到球的受力及运动状态。调配合理的研磨剂有助于提高研磨精度和效率，需采取措施使磨料在研磨液中悬浮，研磨剂的添加要遵循少量多次的原则。粗

研时，去除量大，磨屑多，容易堵塞研磨盘沟道，影响陶瓷球的自旋运动，使加工精度和加工效率都得不到保证，因此，必须及时清除残液，填充研磨剂。实验证明，据此可提高效率 20% 左右，减少加工时间 8h/ 批左右。粗研时，研磨盘材料要选用软钢，如 45# 钢、铸铁，有助于球轨道形成，快速统一球径。精研时，研磨盘材料宜选用硬钢，以便为长时间保持运动精度，如淬火钢。研磨盘粗、精研的使用期限大致为 80h 和 120h。

在本发明中，研磨盘的研磨压力通过调节左右两个立柱上端的两个调节螺母实现，往下调节螺母可以压缩弹簧，从而增大了弹簧的弹力，注意左右两立柱上的螺母必须同步，以使左右弹簧的变形量相同，即使得加在升降平台上的力保持均衡，升降平台再将此压力通过轴承和轴承端盖加在研磨盘主轴上，从而可增大陶瓷球的研磨压力，相反，往上调节螺母可减小陶瓷球的研磨压力。此外，研磨盘的研磨转速也可以通过调节钻床或铣床主轴的转速来实现。

与现有技术相比，本发明的有益效果为：本装置结构简单、研磨机理正确可靠，通过采用合理的研磨加工工艺，可以有效提高陶瓷球的研磨精度和研磨效率，能实现单件或批量生产。可为高速高精度机床主轴系统及自动化生产线提供关键的基础零件，并使我国在该领域的研究达到国际领先水平，不仅加快了数控机床向着高速、高效、高精度发展的步伐，而且可以逐步形成专业生产高精度陶瓷球轴承的高科技产业，培育新的经济增长点。还可以促进轴承厂、发动机厂、齿轮厂等大中型机械加工企业的设备改造，为国内用户创造出约显著的经济效益。

附图说明

图 1 为本发明给出的一个实施例的结构示意图；

图 2 － 1 为本发明中陶瓷球的研磨机理图；

图 2 － 2 也为本发明中陶瓷球的研磨机理图；

图 3 为陶瓷球表面研磨迹线示意图

图 4 为陶瓷球研磨过程中的三个有限接触面示意图

图中标号为：1. 底座，2. 立柱，3. 轴套，4. 轴套螺母，5. 弹簧下垫圈，6. 弹簧，7. 立柱螺母，8. 弹簧上垫圈，9. 螺栓，10. 主轴螺母，11. 联轴器，12. 研磨盘主轴，13. 轴承端盖，14. 密封圈，15. 调整垫片，16. 角接触球轴承，17. 升降平台，18. 上研磨盘，19. 下研磨盘，20. 陶瓷球。

具体实施方式

下面结合附图对本发明的具体技术方案及工作过程做进一步说明：

如图 1 ～图 4 所示，本发明给出的这种锥型陶瓷球研磨装置包括有上研磨盘 18、下研磨盘 19、研磨盘主轴 12、左右立柱 2 、升降平台 1 7 、底座 1 、弹簧 6 、螺母 7 、轴套 3 等组成，其中底座 1 安装在钻床或铣床底座上，研磨盘主轴 12 通过联轴器 11 与钻床或立式铣床主轴联结，可以实现有级或无级调速。上研磨盘 18 的研磨面为锥面，下研磨盘 19 为圆筒型，具有底面和立面两个研磨面。上研磨盘通过螺母 10 与研磨盘主轴 12 连接，研磨盘主轴通过上下两个角接触球轴承和上下两个轴承端盖与升降平台组装在一起，以实现上研磨盘的升降，用以方便取放研磨工件以及改变研磨压力。研磨盘主轴与钻床或立式铣床主轴采用柔性件联结，以减缓冲击。左右立柱为升降平台的导轨，固定在底座上，立柱上端有螺纹，套有螺母，在螺母与左右轴套之间装有弹簧，通过调节螺母可以调节弹簧的变形量，从而改变研磨压力。

下表列出了锥形研磨法陶瓷球研磨加工条件。

研磨条件

试样	HIPSN：ϕ8±0.15； 球坯
磨料	金刚石磨料：170#/200#～ W0.5； 抛光：Fe_2O_3 金刚石砂轮：$11A_2(BW_1)150 \times 40 \times 32 \times 5$ D170#(280#)M100
助剂	润滑油、脂、水、煤油及其混合物
磨料浓度	5% ～ 30%
单批球数（个）	30，40，50
隔球 (mm)	ϕ11、ϕ8、ϕ6 钢球
研磨压力 (N/ 球)	0.5 ～ 20
研磨盘材料	铸铁，软钢，淬火钢，橡胶
研磨盘转速	160 ～ 4000r/min
研磨盘参数 (mm)	R_A=132.5, R_B=140, R_C=129, Φ=30°
自旋角θ	θ=46.5°
自转角速度 (r/min)	5.6 ～ 244
公转角速度 (r/min)	0.51 ～ 12.8

陶瓷属于脆性材料，在磨粒的作用下，表面会产生不同的裂纹，所以，陶瓷球的研磨加工要分步进行，由粗到精分多道工序来完成。工序多时辅助时间长，加工时间短，球的清洗取放时间长，最大优点是可以合理

分配加工余量，每道工序效率高。工序少时辅助时间短，加工时间长，磨料粒度差别大，必须保证足够的加工余量才能去除前道工序所留缺陷及逐渐提高加工精度。工序的划分要根据加工批量、球坯余量、误差大小等综合确定，批量较大时，工序划分有助于整体效率的提高。因此，陶瓷球研磨加工工艺为：粗研 → 细研 → 精研 → 超精研 → 抛光。

研磨磨料使用金刚石磨料，也可以使用 SiC、B4C 磨料。金刚石磨料成本较高，加工效率高。粗研磨有两个作用：一是消除球坯表面较大的制备缺陷，减少球形误差，统一球径；二是高效去除余量满足球径要求。粗研应首先将球坯按最大直径分组，缩短研磨初期的不稳定过程，并尽量减少其跳动以提高研磨效率。精研和抛光的目的是球的精度和表面质量，去除余量应保证消除前道工序所遗留的缺陷，不仅如此，还应保证足够余量以便逐渐提高精度。抛光的目的是提高表面粗糙度。

下表列出了一个较合理的工艺参数。

合理的工艺参数

工艺 参数	粗研	半精研	精研	超精研	抛光
研磨压力（N/球）	8～15	6～10	3～6	1～2	0.5～1
研磨速度（r/min）	800～2500	450～800	160～270	<160	<160
磨粒粒度	170#～200#	W40、W10	W5	W1、W0.5	Fe_2O_3

下表列出的是成品陶瓷球的检测结果。从检测结果看：加工出的陶瓷球的精度水平已达到钢球的 G5 级精度，部分球达到 G3 级精度。

成品陶瓷球检测结果 （μm）

内 容 材 料	表面粗糙度Ra	球形误差 Δδ	球直径变动量 V_{DWS}	同盘度 V_{DWL}	波纹度
9.5 ZrO_2	0.01～0.012	0.11	0.13	0.12	0.010
9.5Al_2O_3	0.01～0.012	0.12	0.13	0.13	0.010
7.5HIPSN	0.01	0.08	0.07	0.10	0.009

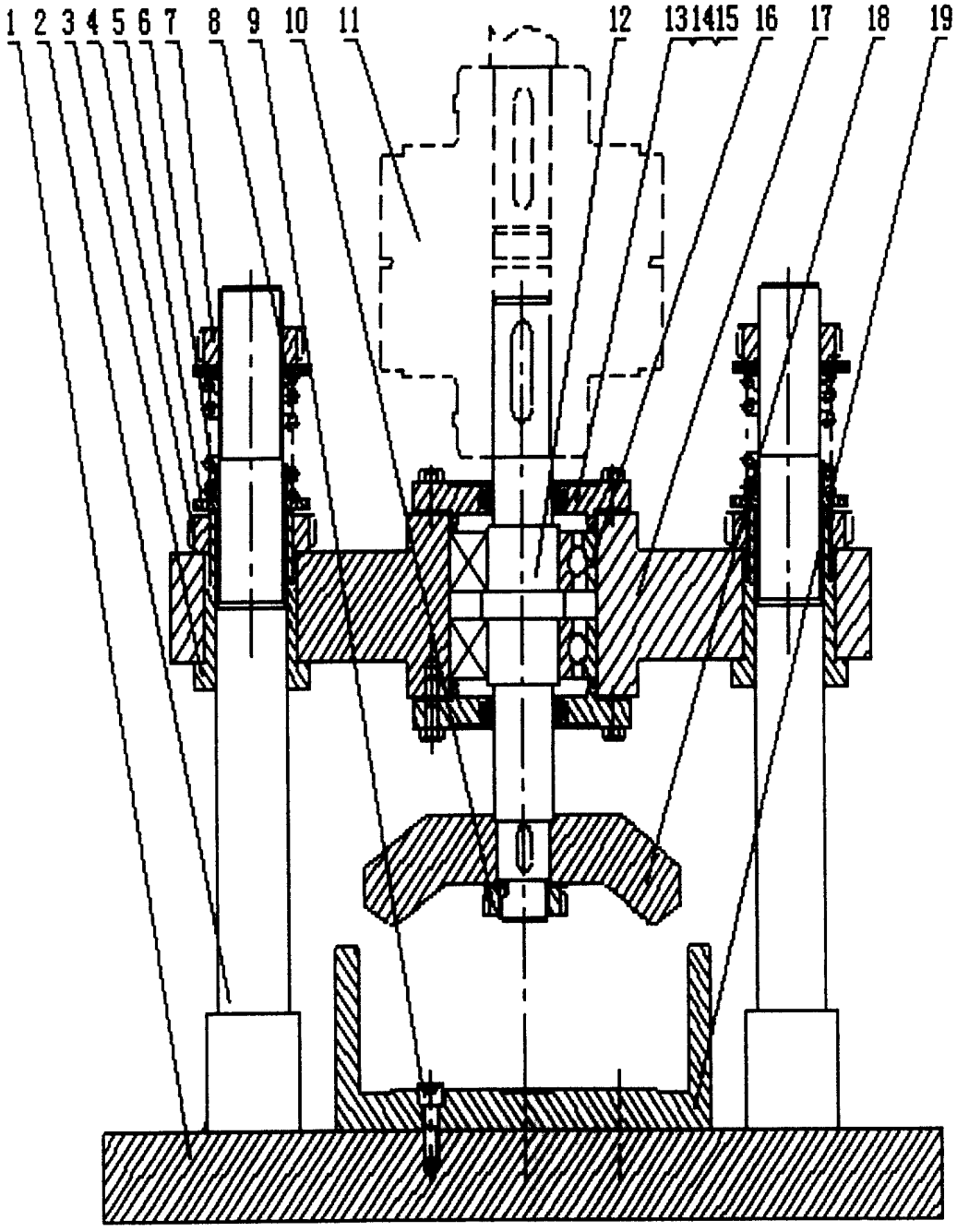


图1

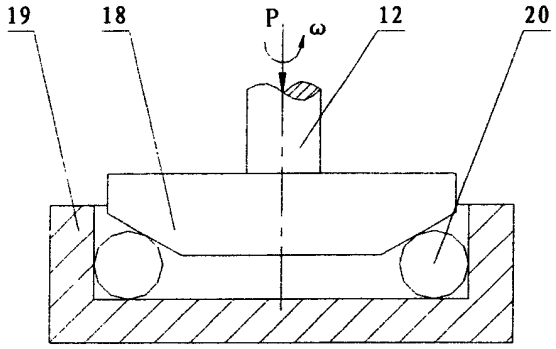


图 2 - 1

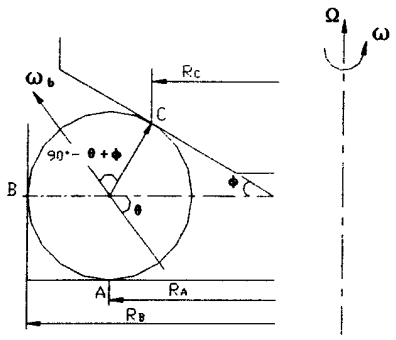


图 2 - 2

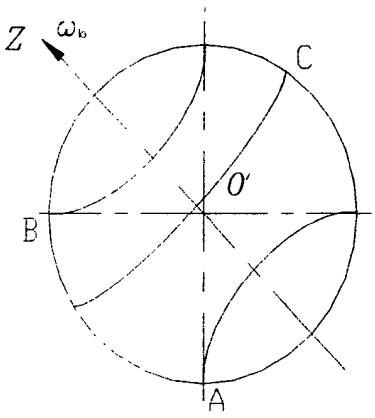


图 3

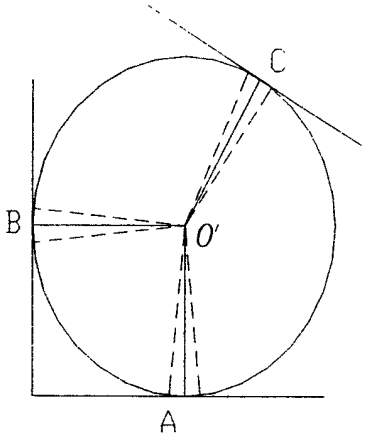


图 4