



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204321330 U

(45) 授权公告日 2015. 05. 13

(21) 申请号 201420799900. 2

(22) 申请日 2014. 12. 16

(73) 专利权人 中北大学

地址 030051 山西省太原市学院路 3 号中北大学

(72) 发明人 秦慧斌 侯志利 陈斌 张瑞廷
王凯 钱广标 王波 张潇爽

(74) 专利代理机构 山西五维专利事务所(有限公司) 14105

代理人 郭海燕

(51) Int. Cl.

B23F 17/00(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

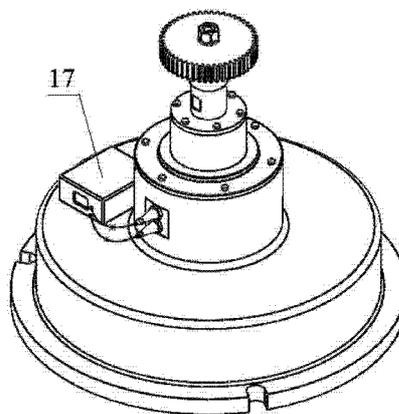
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54) 实用新型名称

一种齿轮超声精密滚齿装置

(57) 摘要

本实用新型属于齿轮超声精加工技术领域,具体涉及一种齿轮超声精密滚齿装置及应用。本实用新型主要解决硬齿面齿轮滚齿工艺中的滚齿切削力、切削热大,滚刀磨损严重,滚刀使用寿命较低等问题。本实用新型一种齿轮超声精密滚齿装置由齿轮工件回转及超声振动复合主轴系统,外支撑固定系统和超声波电源换向系统三部分组成。本实用新型一种齿轮超声精密滚齿装置的应用在于将齿轮超声精密滚齿装置安装在滚齿的工作台上,根据齿轮工件的不同结构特点采用不同的超声振动方式与滚刀进给切削方式实现超声精密滚齿,可延长滚刀使用寿命、提高齿面粗糙度、提高滚齿加工精度、改善齿面微观切削纹理,达到降低噪声、提高耐磨性的目的。



1. 一种齿轮超声精密滚齿装置,其特征是:由齿轮工件回转及超声振动复合主轴系统,外支撑固定系统和超声波电源换向系统三部分组成,所述的齿轮工件回转及超声振动复合主轴系统包括齿轮工件回转主轴(1)、柱形换能器(2)、传振芯轴(3)、变幅芯轴(5)和齿轮工件(6),在齿轮工件回转主轴(1)外表面的中部由上到下依次设有轴承定位台阶(101),两个橡胶绝缘套安装槽(102),在齿轮工件回转主轴(1)的中下部开设有四个散热孔(103),在传振芯轴(3)的顶部中间设有凹槽(301),在传振芯轴(3)外表面的中上部设有夹持平面(302),在传振芯轴(3)外表面的中上部位于夹持平面(302)的下方设有法兰(303),在法兰(303)的下方设有轴向定位凸台(304),变幅芯轴(5)的顶部中间设有中心孔(501),在变幅芯轴(5)的中部设有装夹平面(502),在变幅芯轴(5)的中下部设有导向定位凸台(503);传振芯轴(3)插入齿轮工件回转主轴(1)内部且法兰(303)通过螺钉固定组件(4)固定在齿轮工件回转主轴(1)的顶端,螺钉固定组件(4)沿圆周每 60° 度均布安装,柱形换能器(2)位于齿轮工件回转主轴(1)内与散热孔(103)等高处并通过精密细牙螺纹连接在传振芯轴(3)的下端,传振芯轴(3)的上端通过精密细牙螺纹与变幅芯轴(5)的下端相连接,并保证导向定位凸台(503)与凹槽(301)紧密配合,变幅芯轴(5)的上端通过螺母固定组件(7)与齿轮工件(6)相连接;

所述的外支撑固定系统包括外支撑固定架(16)、超精密高速角接触球轴承(11)、毡圈油封(8)和法兰端盖(9),超精密高速角接触球轴承(11)的内圈安装在齿轮工件回转主轴(1)的轴承定位台阶(101)上,超精密高速角接触球轴承(11)的外圈安装在外支撑固定架(16)的内圆柱面定位台阶上,法兰端盖(9)通过螺钉(10)固定在外支撑固定架(16)的上端面上,毡圈油封(8)安装在法兰端盖(9)与齿轮工件回转主轴(1)之间;

所述的超声波电源换向系统包括超声波发生器(17)、两个导电铜环(12)、两个石墨电刷(13)、两个橡胶绝缘套(14)和绝缘导线(15),超声波发生器(17)放在外支撑固定架(16)的上表面,两个橡胶绝缘套(14)分别安装在齿轮工件回转主轴(1)的两个橡胶绝缘套安装槽(102)内,两个导电铜环(12)分别安装在两个橡胶绝缘套(14)的环形槽内,两个石墨电刷(13)分别穿过外支撑固定架(16)且石墨电刷(13)的接触内圆柱面与导电铜环(12)的外圆柱面保持有力均匀接触;超声波发生器(17)的电源线与石墨电刷(13)的外端相连,绝缘导线(15)一端与导电铜环(12)相连,绝缘导线(15)的另一端与柱形换能器(2)的接线柱相连。

2. 根据权利要求1所述的一种齿轮超声精密滚齿装置,其特征是:所述齿轮工件(6)可以为薄圆盘齿轮工件、中厚圆盘齿轮工件或者短粗圆柱齿轮工件。

一种齿轮超声精密滚齿装置

技术领域

[0001] 本实用新型属于齿轮超声精加工技术领域,具体涉及一种齿轮超声精密滚齿装置。

背景技术

[0002] 齿轮制造新工艺的发展很大程度上表现在生产效率与精度等级的提高。目前,国内外动力传动齿轮正向重载、高速、高精度和高效率等方向发展,并力求低噪声、小型化、长寿命。为实现齿轮装置小型化,提高现有渐开线齿轮的承载能力,各国普遍采用硬齿面技术。硬齿面齿轮滚齿加工过程中,滚齿切削力、切削热大,切屑不易排出,滚刀磨损严重,滚刀使用寿命较低。而且淬火后的齿轮由于材料硬度提高,不能进行精密滚齿加工,以进一步提高齿轮加工精度。但超声振动加工可以大大降低切削力和切削热,提高切削的冷却、润滑效果,延长刀具使用寿命,提高加工工件的表面质量和耐磨性。

[0003] 齿轮超声精密加工技术的提出依赖于超声波振动理论与先进制造技术学科间前沿技术的相互渗透;大功率超声发生器、换能器的成熟产品投向市场,为齿轮超声精密加工的实现提供了物质保障。为了解决上述问题尹韶辉于 1995 年提出了一种超声振动滚齿加工实验示意装置,并完成了模数为 1mm 齿数为 24 的圆柱齿轮超声滚齿试验,(参见《超声振动滚齿加工实验》,新技术新工艺,1995(6):22.);罗凯华于 2001 年提出了一种超声滚齿示意装置,并完成了模数为 4.5mm 齿数为 34 的圆柱齿轮超声振动滚齿加工实验,(参见《超声振动滚齿加工的实验研究》,新技术新工艺,2001(9):14-15.)。但都没有公开超声振动滚齿加工实验装置的必要组成部分超声电源换向系统、齿轮工件回转系统、外支撑固定系统,以及超声振动滚齿加工装置与滚齿机工作台的连接安装实施方案。而且只适用于短粗圆柱齿轮(齿轮分度圆直径小于其介质内 $1/4$ 纵波长)的超声滚齿,但对于其他形状特点圆柱齿轮的超声滚齿装置尚未见有报道。

实用新型内容

[0004] 本实用新型将齿轮超声波振动与精密滚齿工艺相结合,设计出一套适合于渐开线圆柱齿轮经滚齿粗加工后的超声精密滚齿装置。

[0005] 本实用新型采取的技术方案为:

[0006] 一种齿轮超声精密滚齿装置,其中:由齿轮工件回转及超声振动复合主轴系统,外支撑固定系统和超声波电源换向系统三部分组成,所述的齿轮工件回转及超声振动复合主轴系统包括齿轮工件回转主轴、柱形换能器、传振芯轴、变幅芯轴和齿轮工件,在齿轮工件回转主轴外表面的中部由上到下依次设有轴承定位台阶,两个橡胶绝缘套安装槽,在齿轮工件回转主轴的中下部开设有四个散热孔,在传振芯轴的顶部中间设有凹槽,在传振芯轴外表面的中上部设有夹持平面,在传振芯轴外表面的中上部位于夹持平面的下方设有法兰,在法兰的下方设有轴向定位凸台,变幅芯轴的顶部中间设有中心孔,在变幅芯轴的中部设有装夹平面,在变幅芯轴的中下部设有导向定位凸台;传振芯轴插入齿轮工件回转主轴

内部且法兰通过螺钉固定组件固定在齿轮工件回转主轴的顶端,螺钉固定组件沿圆周每 60° 度均布安装,柱形换能器位于齿轮工件回转主轴内与散热孔等高处并通过精密细牙螺纹连接在传振芯轴的下端,传振芯轴的上端通过精密细牙螺纹与变幅芯轴的下端相连接,并保证导向定位凸台与凹槽紧密配合,变幅芯轴的上端通过螺母固定组件与齿轮工件相连接;

[0007] 所述的外支撑固定系统包括外支撑固定架、超精密高速角接触球轴承、毡圈油封和法兰端盖,超精密高速角接触球轴承的内圈安装在齿轮工件回转主轴的轴承定位台阶上,超精密高速角接触球轴承的外圈安装在外支撑固定架的内圆柱面定位台阶上,法兰端盖通过螺钉固定在外支撑固定架的上端面上,毡圈油封安装在法兰端盖与齿轮工件回转主轴之间;

[0008] 所述的超声波电源换向系统包括超声波发生器、两个导电铜环、两个石墨电刷、两个橡胶绝缘套和绝缘导线,超声波发生器放在外支撑固定架的上表面,两个橡胶绝缘套分别安装在齿轮工件回转主轴的两个橡胶绝缘套安装槽内,两个导电铜环分别安装在两个橡胶绝缘套的环形槽内,两个石墨电刷分别穿过外支撑固定架且石墨电刷的接触内圆柱面与导电铜环的外圆柱面保持有力均匀接触;超声波发生器的电源线与石墨电刷的外端相连,绝缘导线一端与导电铜环相连,绝缘导线的另一端与柱形换能器的接线柱相连。

[0009] 其中所述齿轮工件可以为薄圆盘齿轮工件、中厚圆盘齿轮工件或者短粗圆柱齿轮工件。

[0010] 本实用新型齿轮超声精密滚齿装置的使用方法为:将齿轮工件回转主轴底部的轴端法兰通过螺栓螺母垫片固定组件安装在滚齿机工作台上的回转圆盘的T型槽内,螺栓螺母垫片固定组件沿圆周每 120° 均布安装,外支撑固定架通过螺栓螺母垫片固定组件固定在滚齿机工作台的T型槽内,通过向滚齿机控制面板内输入指令以控制滑动支撑架在小立柱滑轨上滑动,使支撑架的顶尖项在变幅芯轴的上端面中心孔内,连接横梁将立柱和小立柱相连接,再通过向控制面板内输入指令,控制齿轮滚刀刀塔在立柱滑轨上移动以调整齿轮滚刀的位置,实现与齿轮工件对正;通过床身上的分度蜗杆副调整滚齿机使齿轮滚刀与齿轮工件转速比等于齿轮工件齿数与齿轮滚刀头数之比;通过床身上的滑轨驱动立柱实现进给径向进给运动,通过立柱上的立柱滑轨驱动齿轮滚刀刀塔实现进给轴向进给运动;齿轮滚刀与齿轮工件的啮合切削运动符合螺旋齿轮啮合原理,两者完成交错轴渐开线圆柱齿轮的啮合切削运动,实现齿轮超声精密滚齿加工。

[0011] 本实用新型所述薄圆盘齿轮工件、中厚圆盘齿轮工件或者短粗圆柱齿轮工件超声振动方式和齿轮滚刀具体进给方法如下:薄圆盘齿轮工件超声精密滚齿加工时,齿轮工件在完成分度旋转的同时做 20kHz 频率的径向超声振动,齿轮滚刀径向进给;中厚圆盘齿轮工件超声精密滚齿加工时,齿轮工件在完成分度旋转的同时做 20kHz 频率的节圆型横向弯曲超声振动,齿轮滚刀径向-轴向组合进给;短粗圆柱齿轮工件超声精密滚齿加工时,齿轮工件在完成分度旋转的同时做 20kHz 频率的纵向超声振动,齿轮滚刀轴向分段进给。

[0012] 本实用新型将齿轮超声波振动与硬齿面齿轮滚齿工艺相结合,适合于渐开线圆柱齿轮经滚齿粗加工后的超声精密滚齿。可以延长滚刀使用寿命、提高齿面粗糙度、提高滚齿加工精度、改善齿面微观切削纹理,达到降低噪声、提高耐磨性的目的。

附图说明

- [0013] 图 1 是本实用新型齿轮超声精密滚齿装置的立体图；
- [0014] 图 2 是本实用新型齿轮超声精密滚齿装置的剖视图；
- [0015] 图 3 是图 2 中 A 处的局部放大图；
- [0016] 图 4 是本实用新型齿轮工件回转主轴的结构示意图；
- [0017] 图 5 是本实用新型传振芯轴的结构示意图；
- [0018] 图 6 是本实用新型变幅芯轴的结构示意图；
- [0019] 图 7 是本实用新型法兰端盖的结构示意图；
- [0020] 图 8 是本实用新型外支撑固定架的立体图；
- [0021] 图 9 是图 8 的剖面图；
- [0022] 图 10 是本实用新型石墨电刷的结构示意图；
- [0023] 图 11 是本实用新型橡胶绝缘套的结构示意图；
- [0024] 图 12 是本实用新型超声精密滚齿机的结构示意图；
- [0025] 图 13 是本实用新型超声精密滚齿装置在滚齿机上的位置结构示意图；
- [0026] 图 14 是本实用新型短粗圆柱齿轮工件与滚刀的组合运动方向示意图；
- [0027] 图 15 是本实用新型薄圆盘圆柱齿轮工件与滚刀的组合运动方向示意图；
- [0028] 图 16 是本实用新型中厚圆盘圆柱齿轮工件与滚刀的组合运动方向示意图。

具体实施方式

[0029] 实施例 1

[0030] 如图 1、图 2、图 3、图 4、图 5、图 6、图 7、图 8、图 9、图 10 和图 11 所示，一种齿轮超声精密滚齿装置，由齿轮工件回转及超声振动复合主轴系统，外支撑固定系统和超声波电源换向系统三部分组成，所述的齿轮工件回转及超声振动复合主轴系统包括齿轮工件回转主轴 1、柱形换能器 2、传振芯轴 3、变幅芯轴 5 和短粗圆柱齿轮工件 6，在齿轮工件回转主轴 1 外表面的中部由上到下依次设有轴承定位台阶 101，两个橡胶绝缘套安装槽 102，在齿轮工件回转主轴 1 的中下部开设有四个散热孔 103，四个散热孔 103 沿周向均匀分布，在传振芯轴 3 的顶部中间设有凹槽 301，凹槽 301 在传振芯轴 3 与变幅芯轴 5 装配连接时起着导向定位作用，在传振芯轴 3 外表面的中上部设有夹持平面 302，夹持平面 302 用于变幅芯轴 5 与传振芯轴 3 装配连接时装夹夹持，在传振芯轴 3 外表面的中上部位于夹持平面 302 的下方设有法兰 303，法兰 303 是传振芯轴 3 谐振时的振动波节纵向振动位移接近零，用于传振芯轴 3 与齿轮工件回转主轴 1 的安装连接与紧固，在法兰 303 的下方设有周向定位凸台 304，周向定位凸台 304 用于传振芯轴 3 与齿轮工件回转主轴 1 安装连接与紧固时的周向定位，变幅芯轴 5 的顶部中间设有中心孔 501，使用时超声精密滚齿时支撑架 30 的尾顶尖顶在中心孔 501 内，减少加工过程中的齿轮工件回转及超声振动复合主轴系统的变形，在变幅芯轴 5 的中部设有装夹平面 502，装夹平面 502 用于变幅芯轴 5 与传振芯轴 3 的装夹夹持使用，在变幅芯轴 5 的中下部设有导向定位凸台 503，导向定位凸台 503 确保变幅芯轴 5 与传振芯轴 3 配合后的同轴度要求；传振芯轴 3 插入齿轮工件回转主轴 1 内部且法兰 303 通过螺钉固定组件 4 固定在齿轮工件回转主轴 1 的顶端，螺钉固定组件 4 沿圆周每 60° 度均布安装，柱形换能器 2 位于齿轮工件回转主轴 1 内与散热孔 103 等高处并通过精密细牙螺

纹连接在传振芯轴 3 的下端,传振芯轴 3 的上端通过精密细牙螺纹与变幅芯轴 5 的下端相连接,并保证导向定位凸台 503 与凹槽 301 紧密配合,实现变幅芯轴 5 径向跳动误差控制在 0.005mm 之内,端面跳动误差控制在 0.003mm 之内,变幅芯轴 5 的上端通过螺母固定组件 7 与齿轮工件 6 相连接;

[0031] 所述的外支撑固定系统包括外支撑固定架 16、超精密高速角接触球轴承 11、毡圈油封 8 和法兰端盖 9,超精密高速角接触球轴承 11 的内圈安装在齿轮工件回转主轴 1 的轴承定位台阶 101 上,超精密高速角接触球轴承 11 的外圈安装在外支撑固定架 16 的内圆柱面定位台阶上,法兰端盖 9 通过螺钉 10 固定在外支撑固定架 16 的上端面上,毡圈油封 8 安装在法兰端盖 9 与齿轮工件回转主轴 1 之间;

[0032] 所述的超声波电源换向系统包括超声波发生器 17、两个导电铜环 12、石墨电刷 13、两个橡胶绝缘套 14 和绝缘导线 15,超声波发生器 17 放在外支撑固定架 16 的上表面,两个橡胶绝缘套 14 分别安装在齿轮工件回转主轴 1 的两个橡胶绝缘套安装槽 102 内,两个导电铜环 12 分别安装在两个橡胶绝缘套 14 的环形槽内,两个石墨电刷 13 分别穿过外支撑固定架 16 且石墨电刷 13 的接触弧面与导电铜环 12 的圆柱表面有力均匀接触,完成超声波发生器 17 与柱形换能器 2 之间的电能传送,电能传送路线依次为:超声波发生器 17、石墨电刷 13、导电铜环 12、绝缘导线 15 和柱形换能器 2;超声波发生器 17 的电源线与石墨电刷 13 的外端相连,绝缘导线 15 一端与导电铜环 12 相连,绝缘导线 15 的另一端与柱形换能器 2 的接线柱相连,为防止超声波发生器 17 电源线的卷绞,齿轮工件 6、齿轮工件回转主轴 1、柱形换能器 2、传振芯轴 3、变幅芯轴 5 以相同角速度共同旋转,通过外支撑固定架 16,保证外支撑固定架 16、石墨电刷 13 相对滚齿机工作台 19 静止。

[0033] 超声精密滚齿时,启动超声波发生器 17 的电源开关,柱形换能器 2 通过内部的磁滞伸缩材料将得到的超声波信号转换为 $10\ \mu\text{m}$ 左右的超声波机械振动,进而传递给传振芯轴 3,超声波机械振动经变幅芯轴 5 聚能和放大后,传到齿轮工件 6 的齿面,齿轮工件在分度旋转的同时,还做超声波机械振动,再经齿轮滚刀 25 的啮合切削、进给组合运动完成齿轮超声精密滚齿加工。

[0034] 本实施例齿轮超声精密滚齿装置的使用方法:见图 12、图 13 所示,将齿轮工件回转主轴 1 底部的轴端法兰 104 通过螺栓螺母垫片固定组件安装在滚齿机工作台 19 上的回转圆盘 20 的 T 型槽内,螺栓螺母垫片固定组件沿圆周每 120° 均布安装,外支撑固定架 16 通过螺栓螺母垫片固定组件固定在滚齿机工作台 19 的 T 型槽内,通过向滚齿机控制面板 21 内输入指令以控制滑动支撑架 30 在小立柱滑轨 29 上滑动,使支撑架 30 的顶尖顶在变幅芯轴 5 的上端面中心孔 501 内,连接横梁 27 将立柱 22 和小立柱 29 相连接以确保超声精密滚齿过程中系统的刚性,再通过向控制面板 21 内输入指令,控制齿轮滚刀刀塔 23 在立柱滑轨 26 上移动以调整齿轮滚刀 25 的位置,实现与齿轮工件 6 对正;通过床身 18 上的分度蜗杆副 32 调整滚齿机使齿轮滚刀 25 与齿轮工件 6 转速比等于齿轮工件 6 齿数与齿轮滚刀 25 头数之比;通过床身 18 上的滑轨 31 驱动立柱 22 实现进给径向进给运动,通过立柱 22 上的立柱滑轨 26 驱动齿轮滚刀刀塔 23 实现进给轴向进给运动;齿轮滚刀 25 与齿轮工件 6 的啮合切削运动符合螺旋齿轮啮合原理,两者完成交错轴渐开线圆柱齿轮的啮合切削运动,实现齿轮超声精密滚齿加工。达到延长滚刀使用寿命、提高齿面粗糙度、提高滚齿加工精度、改善齿面微观切削纹理,达到降低噪声、提高耐磨性的目的。

[0035] 本实施例的齿轮工件 6 可以为薄圆盘齿轮工件、中厚圆盘齿轮工件或者短粗圆柱齿轮工件。

[0036] 所述薄圆盘齿轮工件 6 超声振动方式和齿轮滚刀 25 具体进给方法如下：见图 14，薄圆盘齿轮工件 6 超声精密滚齿加工时，齿轮工件 6 在完成分度旋转的同时做 20kHz 频率的径向超声振动，齿轮滚刀 25 径向进给；

[0037] 中厚圆盘齿轮工件 6 超声振动方式和齿轮滚刀 25 具体进给方法如下：见图 15，中厚圆盘齿轮工件 6 超声精密滚齿加工时，齿轮工件 6 在完成分度旋转的同时做 20kHz 频率的节圆型横向弯曲超声振动，齿轮滚刀 25 径向 - 轴向组合进给；

[0038] 短粗圆柱齿轮工件 6 超声振动方式和齿轮滚刀 25 具体进给方法如下：见图 16，短粗圆柱齿轮工件 6 超声精密滚齿加工时，齿轮工件 6 在完成分度旋转的同时做 20kHz 频率的纵向超声振动，齿轮滚刀 25 轴向分段进给。

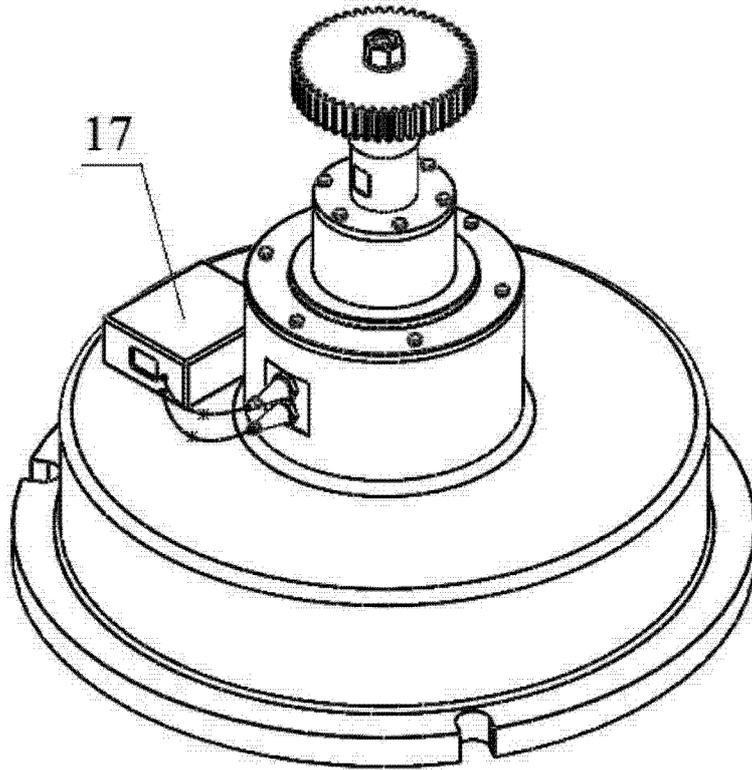


图 1

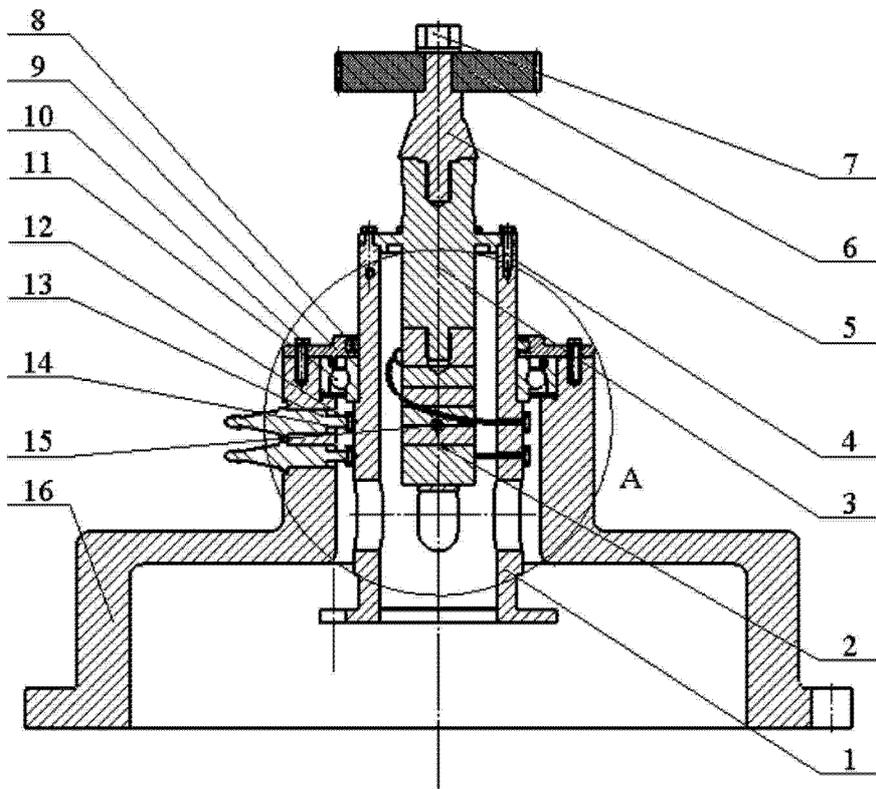


图 2

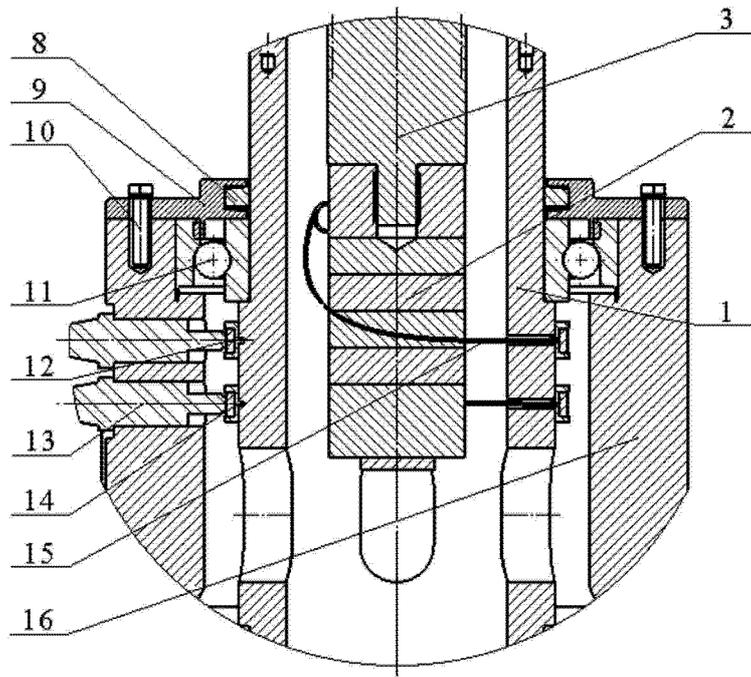


图 3

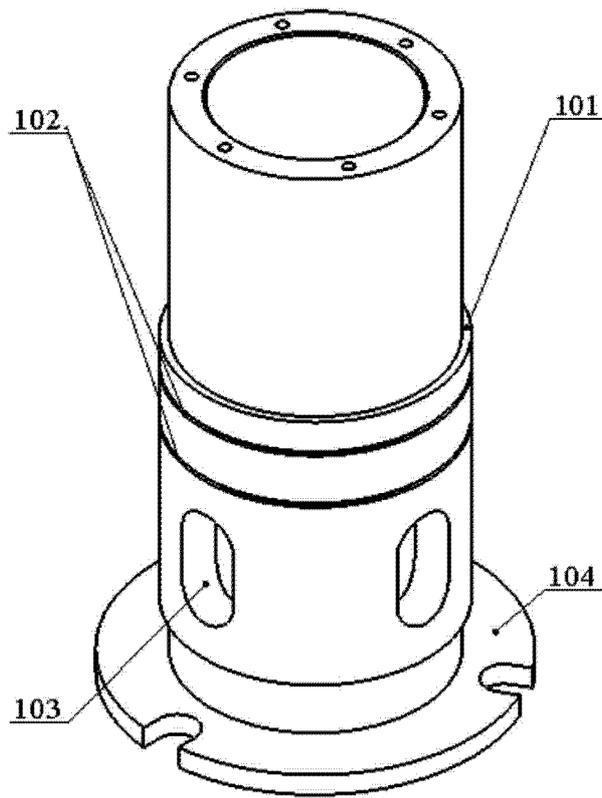


图 4

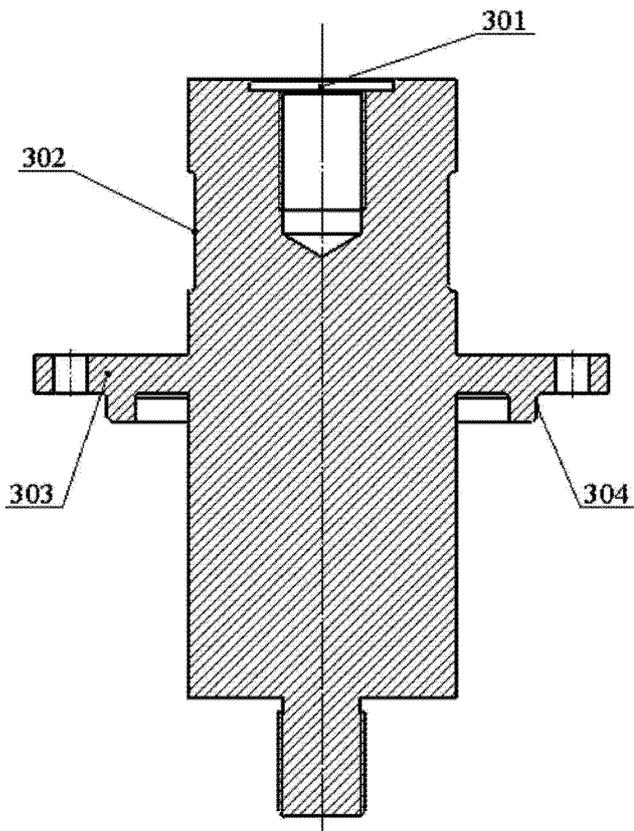


图 5

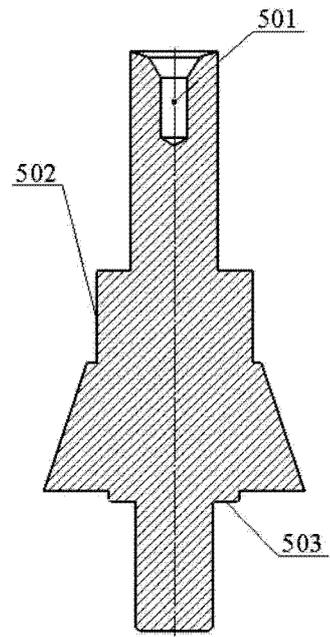


图 6

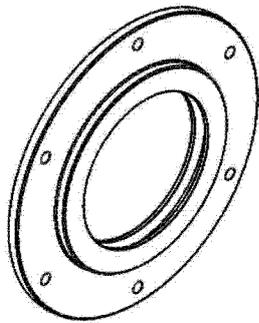


图 7

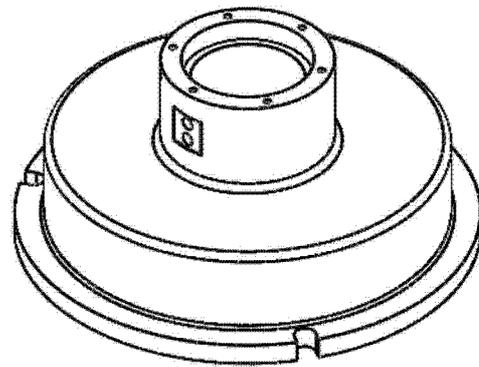


图 8

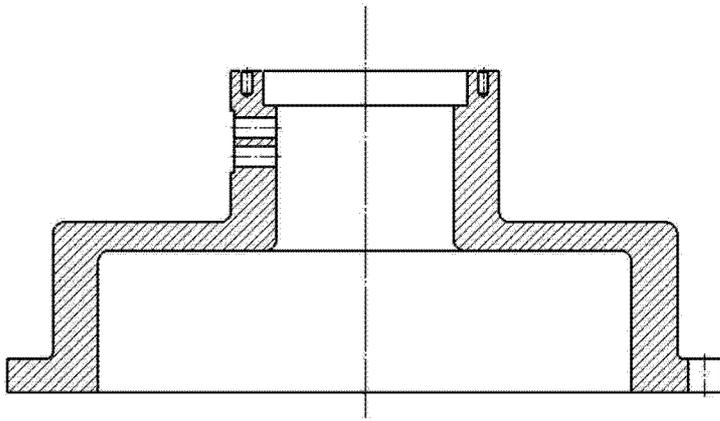


图 9

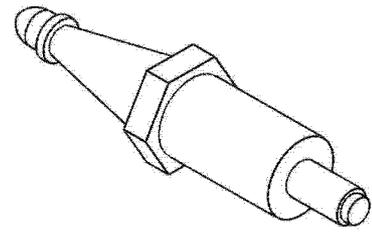


图 10

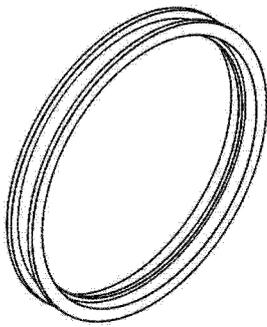


图 11

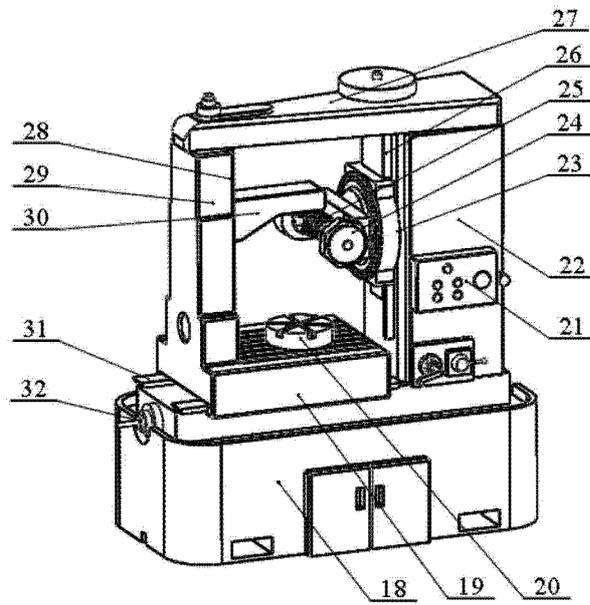


图 12

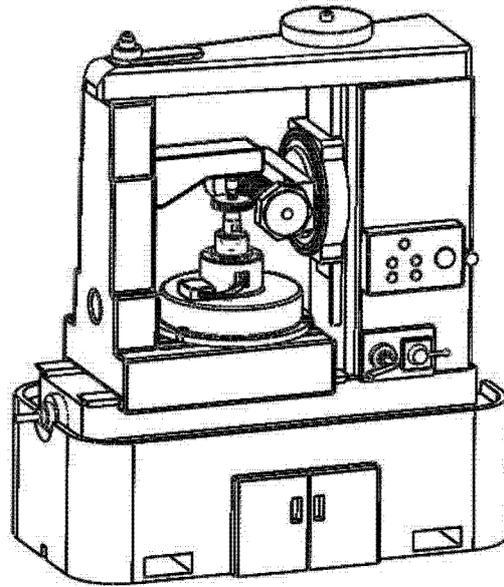


图 13

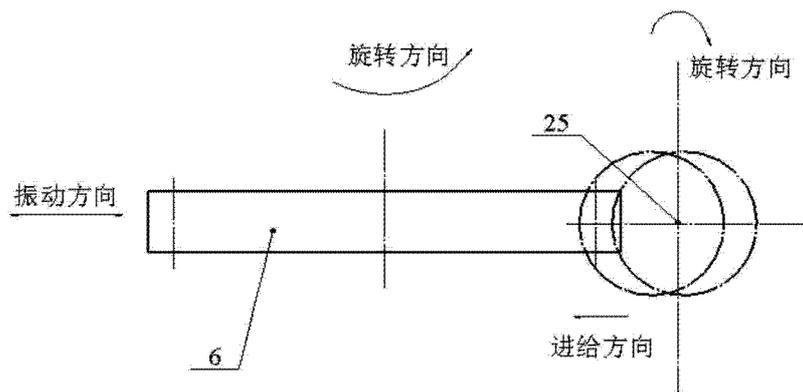


图 14

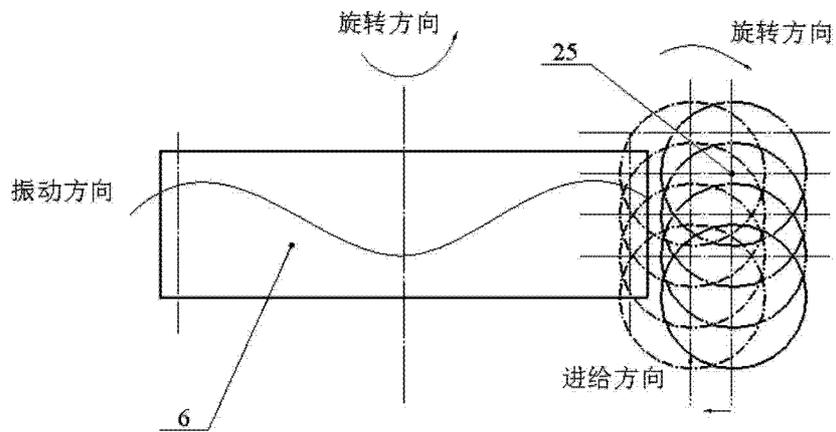


图 15

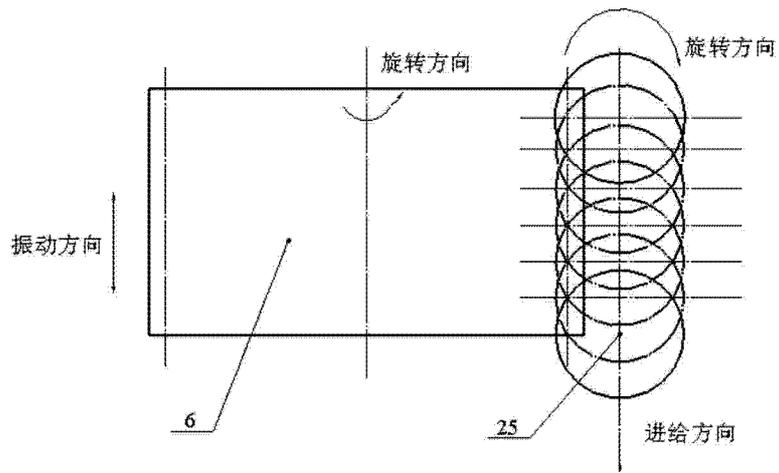


图 16