



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 03118632.7

[45] 授权公告日 2005 年 3 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 1195159C

[22] 申请日 2003.2.21 [21] 申请号 03118632.7

[71] 专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037 号

[72] 发明人 杨曙东 李壮云 朱玉泉

审查员 邹 杨

[74] 专利代理机构 华中科技大学专利中心

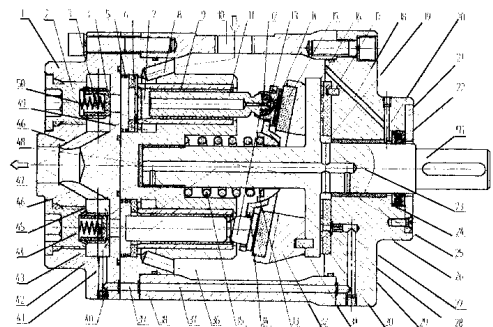
代理人 方 放

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 2 页

[54] 发明名称 轴向柱塞式水液压泵

[57] 摘要

轴向柱塞式水液压泵，属于液体变容机械；泵类，兼顾阀配流和端面配流柱塞式水液压泵的优点，并要减小径向尺寸和体积、减轻重量、提高比功率和容积效率、延长使用寿命。本发明采用平板阀配流，柱塞及柱塞孔在相对于主轴的圆周上轴向均布，靠斜盘和中心弹簧实现柱塞的往复运动，柱塞、柱塞球头和滑靴开有中心孔；后端盖、缸体、泵壳、前端盖上分别开有流道、推力轴承中心部位有环形腔室，主轴内有轴向流道，表面开有径向流道，各流道连通使所有摩擦副直接水润滑和冷却，主要摩擦副采用了耐蚀合金、陶瓷或高分子复合材料，可有效降低摩擦，延长工作寿命，体积小、重量轻、容积效率高、比功率大、使用寿命长，能适用于海水、淡水及高水基等低粘度液压介质。



1.一种轴向柱塞式水液压泵,其缸体内周向均匀分布与缸体轴线平行的柱塞孔,柱塞滑靴组件的柱塞置于镶嵌于柱塞孔的缸套之中,置于缸体中心的中心弹簧通过球铰和回程盘将每个柱塞滑靴组件之滑靴与摩擦盘压紧;主轴的前、后轴径分别置于前端盖中心和缸体中心,主轴通过其推力盘连接斜盘,摩擦盘嵌于斜盘内,推力盘与推力轴承滑动连接,后者镶嵌在前端盖上,吸入阀位于缸体上,与其对应的压出阀位于后端盖,柱塞孔、柱塞滑靴组件、吸入阀及压出阀的数目相等并随柱塞孔的位置轴向成组布置;其特征在于:

柱塞开有柱塞中心孔、柱塞球头中心孔,滑靴开有滑靴中心孔;后端盖、缸体、泵壳、前端盖上分别开有流道,所述各流道配合后一端连通压出阀阀腔,另一端连通推力盘和推力轴承对偶摩擦副之间隙,推力轴承中心部位开有环形腔室;

主轴和推力盘连接成一体,其接合部开有径向流道,所述径向流道连通主轴内轴向流道,所述轴向流道连通主轴后端面并在两端开有连通主轴前、后轴径表面的径向流道。

2.如权利要求1所述的轴向柱塞式水液压泵,其特征在于缸套由碳纤维增强的高分子复合材料构成,与柱塞孔牢固组合;柱塞由耐蚀合金构成,主轴及与之接成一体的推力盘采用耐蚀合金材料,与推力盘对偶的推力轴承、与主轴对偶的前滑动轴承、后滑动轴承以及止推轴承均采用碳纤维增强的高分子复合材料制成。

3.如权利要求 1 或 2 所述的轴向柱塞式水液压泵,其特征在于所述柱塞滑靴组件的柱塞由两部分组成:由耐蚀合金材料制成的柱塞和由碳纤维增强的高分子复合材料或陶瓷材料制成的半球头两部分粘接复合为一体;滑靴亦由两部分组成:由耐蚀合金材料制成的滑靴靴体和由碳纤维增强的高分子复合材料或陶瓷材料制成的滑靴靴底两部分复合为一体。

## 轴向柱塞式水液压泵

### 技术领域

本发明属于液体变容机械；泵类。

### 背景技术

直接以天然海水或淡水作为液压介质的水液压传动技术具有安全、与环境相容、与产品相容、系统简化、节能、经济、卫生等特性，可以最大限度的满足人们对于安全、经济及环境保护等方面的渴求，符合人类可持续发展的需要，已经成为当今国际液压技术领域的前沿课题，具有极其广阔的应用前景。发达国家包括美国、英国、德国、芬兰、丹麦、日本等自 20 世纪 70 年代末或 80 年代初开始研制，现进入实用推广阶段，已在采矿业、钢铁工业、食品加工、水处理厂、环卫机械、核能工业、水下作业、海洋开发等领域广泛应用。如德国的 Hauhenco GmbH 公司、英国 Fenner 公司、丹麦 Danfoss 公司以及芬兰 Hytat Oy 公司等。我国自 20 世纪 90 年代初开始进行水液压传动技术方面的研究工作，发展速度相对较为缓慢，各类水液压元件的研发工作仍处于起步阶段（Li Zhuangyun, et al. The Development and Perspective of Water Hydraulics. The 4<sup>th</sup> JHPS International Symposium, 1999, Japan.）。

水液压泵是水液压系统中的关键动力元件，是水液压系统的核心，

其性能优劣决定着整个水液压系统的性能优劣。目前国际上研发出的水液压泵主要有三种代表结构：

第一种是油水分离式、阀配流轴向柱塞式水液压泵结构，如美国 Telarwae 大学、日本三菱重工及我国华中科技大学相继研发的水液压泵等，这种泵采用锥阀配流，柱塞及柱塞孔在相对于主轴的圆周上呈轴向均布，靠斜盘和中心弹簧来实现柱塞的往复运动。除配流阀和柱塞孔浸没在水中以外，其它主要摩擦副（如柱塞球头/滑靴球窝、滑靴靴底/斜盘、各类轴承等）均浸没在润滑油中用润滑油润滑，用油润滑的摩擦副材料均不耐水腐蚀，必须在柱塞/缸孔摩擦副上加一道或两道密封圈来将柱塞孔中的水和润滑油室中的润滑油隔开，其寿命取决于密封圈的寿命，一旦密封圈损坏，油水相通，用油润滑的摩擦副将很快失效。此类泵是水液压技术发展初期的一种技术过渡，暂时用于解决水润滑摩擦副材料短缺的难题。这类泵只能用于中低压或小流量场合，在高压、大流量场合很难实现润滑油与水不相互渗漏。

第二种是德国 Hauhenco GmbH 公司开发的全水润滑、阀配流径向柱塞式水液压泵，该泵采用平板阀配流，柱塞及柱塞孔在相对于主轴的圆周上呈径向均布，靠主轴上的偏心轮和各柱塞根部的回程弹簧来实现柱塞的往复运动。其所有摩擦副均直接用水润滑和冷却。该泵效率高，能够用于中高压（甚至是超高压）、大流量场合，不足是泵的径向尺寸太大，体积、重量比同等规格的其他结构的水液压泵要大得多，比功率（单

位重量功率)较小。

第三种是全水润滑、端面配流轴向柱塞式水液压泵,如英国 Fenner 公司、丹麦 Danfoss 公司以及日本小松制作所等研制开发的水液压泵等。这类泵采用配流盘端面配流,柱塞及柱塞孔在相对于主轴的圆周上呈轴向均布,靠斜盘和中心弹簧来实现柱塞的往复运动。其所有摩擦副均直接用水润滑和冷却。该类泵的径向尺寸小、体积小、重量轻、比功率大。不足的是:端面配流副(缸体端面与配流盘)是一对高速、重载摩擦副,在水润滑的条件下,要实现可靠工作,避免偏摩和烧盘,多采用工程陶瓷材料对偶,设计和加工制造均非常困难,在高压时泄漏量较大,容积效率相对较低。

## 发明内容

本发明提供一种轴向柱塞式水液压泵,是一种全水润滑、阀配流的轴向柱塞式水液压泵,以兼顾阀配流和端面配流柱塞式水液压泵的优点,其所有摩擦副均直接利用水润滑和冷却,并要减小径向尺寸和体积、减轻重量、提高比工率和容积效率、延长使用寿命,以适用于高压、大流量场合。

本发明的一种轴向柱塞式水液压泵,其缸体内周向均匀分布与缸体轴线平行的柱塞孔,柱塞滑靴组件的柱塞置于镶嵌于柱塞孔的缸套之中,置于缸体中心的中心弹簧通过球铰和回程盘将每个柱塞滑靴组件之滑靴与摩擦盘压紧;主轴的前、后轴径分别置于前端盖中心和缸体中心,

主轴通过其推力盘连接斜盘，摩擦盘嵌于斜盘内，推力盘与推力轴承滑动连接，后者镶嵌在前端盖上，其特征在於：

吸入阀位于缸体上，与其对应的压出阀位于后端盖，柱塞孔、柱塞滑靴组件、吸入阀及压出阀的数目相等并随柱塞孔的位置轴向成组布置；

柱塞开有柱塞中心孔、柱塞球头中心孔，滑靴开有滑靴中心孔；后端盖、缸体、泵壳、前端盖上分别开有流道，所述各流道一端连通压出阀阀腔，另一端连通推力盘和推力轴承对偶摩擦副之间隙，推力轴承中心部位开有环形腔室；

主轴和推力盘接成一体，接合部开有径向流道，连通主轴内轴向流道，后者连通主轴后端面并在两端开有径向流道，连通主轴前、后轴径表面。

所述的轴向柱塞式水液压泵，其进一步的特征在於缸套由碳纤维增强的高分子复合材料构成，与柱塞孔牢固组合；柱塞由耐蚀合金构成，主轴及与之接成一体的推力盘采用耐蚀合金材料，与推力盘对偶的推力轴承、与主轴对偶的前滑动轴承、后滑动轴承以及止推轴承均采用碳纤维增强的高分子复合材料制成。

所述的轴向柱塞式水液压泵，所述柱塞滑靴组件的柱塞可以由两部分组成：由耐蚀合金材料制成的柱塞和由碳纤维增强的高分子复合材料或陶瓷材料制成的半球头两部分粘接复合为一体；滑靴亦可以由两部分

组成：由耐蚀合金材料制成的滑靴靴体和由碳纤维增强的高分子复合材料或陶瓷材料制成的滑靴靴底两部分复合为一体。

本发明有以下技术优势或特点：

(1) 采用阀配流轴向柱塞式结构，配流阀（吸入阀和压出阀）与柱塞同轴布置，不仅使液流顺畅、改善了配流阀的响应特性，也减小了体积重量；

(2) 配流阀采用平板阀结构，阀座采用耐蚀合金材料，阀芯采用高分子复合材料，不仅密封可靠、水力半径大、过流特性好、响应快，而且冲击小、噪声低；

(3) 柱塞孔镶嵌增强高分子复合材料缸套与金属柱塞配合，改善了柱塞/柱塞孔摩擦副的摩擦学特性；同时柱塞孔周边的缸体部分完全浸入水中，并借助吸入通道的过流作用传递热量，可使柱塞/柱塞孔摩擦副产生的摩擦热及时被带走耗散，可有效地避免柱塞/柱塞孔摩擦副的粘着和卡死现象；

(4) 柱塞由耐蚀合金材料柱塞和增强高分子复合材料或陶瓷材料半球头复合而成，滑靴也由耐蚀合金滑靴靴体和增强高分子复合材料或陶瓷材料的滑靴靴底复合而成，同时通过柱塞及滑靴中心的小孔将柱塞腔的高压水引入球窝和靴底，形成静压支承，从对偶材料和润滑两方面来大大改善球头/球窝摩擦副和滑靴/斜盘摩擦副的摩擦学特性，可有效降低摩擦、减小磨损和提高工作寿命；



(5) 将泵出口的高压水引至止推轴承使止推轴承形成静压支承, 同时止推轴承出来的润滑水又通过主轴上的通道传至前、后滑动轴承, 这样止推轴承、前后滑动轴承不仅得到了良好的润滑, 而且可以通过润滑液流及时带走摩擦热; 主轴与推力盘做成一体, 便于控制止推盘/止推轴承、滑动轴承/轴径摩擦副间的间隙, 防止偏斜使间隙过大而导致润滑水损失过大降低容积效率;

(6) 泵的全部零件均可浸没于水中, 在水下工作时可以自动补偿水深压力, 避免了因水深压力引起的能源消耗;

(7) 体积小、重量轻、容积效率高、比功率大, 工作可靠、使用寿命长; 能够适用于海水、淡水及高水基等低粘度液压介质。

## 附图说明

图 1 为本发明结构示意图;

图 2 为本发明的柱塞滑靴组件结构示意图。

## 具体实施方式

参照图 1~图 2, 该水液压泵由后端盖 1、压出阀 (由压出阀体 2、压出阀弹簧 3 和压出阀芯 4 组成)、吸入阀 (由吸入阀弹簧 5、吸入阀芯 6 组成)、缸体 41、泵壳 38、柱塞滑靴组件 (由柱塞 11、半球头 12、滑靴 13 和靴底 14 组成)、摩擦盘 15、斜盘 32、中心弹簧 35、球铰 33、回程盘 34、推力盘 16、主轴 55、推力轴承 30、前端盖 26、前滑动轴承 25、后滑动轴承 44、轴封 22 及轴封盖 21 等构成。

缸体 41 中周向均布着若干个（如 5 个、7 个或 9 个）与缸体轴线平行（轴向）的柱塞孔 7，柱塞孔中镶嵌外金属缸套 50 和内塑料缸套 9，柱塞滑靴组件的柱塞 11 置于塑料缸套 9 之中：

吸入阀阀口由吸入阀阀芯 6、缸体 41 及外金属缸套 50 的控制边构成；压出阀阀口由压出阀阀芯 4 及后端盖 1 的控制边构成：

置于缸体 41 中心的中心弹簧 35 通过球铰 33 和回程盘 34 将每个柱塞滑靴组件之滑靴 13 压向摩擦盘 15，使靴底 14 始终紧贴嵌在斜盘 32 中的摩擦盘 15 上；

主轴 55 和推力盘 16 做成一体，主轴 55 的前、后轴径分别置于位于前端盖 26 中心的前滑动轴承 25 和位于缸体 41 中心的后滑动轴承 44 之中，主轴 55 通过推力盘 16 上的传力销 31 带动斜盘 32 旋转，推力盘 16 和置于前端盖上的推力轴承 30 将柱塞 11 产生的轴向推力传递到前端盖 26 上；

缸体 41 中后滑动轴承 44 的左端设置一端面止推轴承 48，用以承受主轴 55 的轴向载荷。

该泵的泵水过程是这样实现的：主轴 55 带动斜盘 32 及摩擦盘 15 旋转，中心弹簧 35 通过球铰 33 和回程盘 34 将中心弹簧 35 的作用力平均施加到每个滑靴上，以保证滑靴 13 的靴底 14 始终紧贴在摩擦盘 15 上滑动，从而实现柱塞 11 在缸体 41 的缸套 9 中不断地往复运动。当柱塞 11 向左运动到左极限位置时（如图 1 下面的柱塞位置），吸入阀和压

出阀的阀口均关闭，形成柱塞孔 7 的封闭容腔；随着主轴的转动，滑靴在弹簧力的作用下紧贴斜盘上的摩擦盘滑动，带动柱塞 11 向右运动，使柱塞孔的封闭容积增大、水压力降低，当柱塞孔中的水压力降低到一定值时，吸入阀阀芯 6 两面的受力平衡状态将被打破，泵腔 36 内的水压力将克服柱塞孔内的水压力及吸入阀弹簧 5 作用力的合力作用使吸入阀阀芯 6 开启，进入泵吸入口 10 的水将通过泵腔 36、流道 8、环形腔室 49 及吸入阀阀口流入压力较低的柱塞孔 7，实现吸水过程；当柱塞向右运动到其右极限位置时（如图 1 上面的柱塞位置），柱塞孔的容积不能再增大，且随着主轴的继续转动，柱塞 11 将转向左运动，柱塞孔 7 的容积将逐渐减小，此时柱塞孔 7 中的水压力将逐渐升高，并首先集合吸入阀弹簧 5 的作用力去克服泵腔 36 内水压力的作用将吸入阀阀芯 6 关闭，这时封闭的柱塞孔 7 中的水压力将随着柱塞 11 继续向左运动而进一步升高，直到能够克服压出阀弹簧 3 的作用力及泵出口 47 的水压力的合力而将压出阀阀芯 4 打开，使柱塞孔 7 中的高压水通过压出阀阀口、流道 46 及泵出口 47 排出，即实现排水过程；当柱塞到达左极限位置时，柱塞孔 7 的容积将不再减小，在压出阀弹簧 3 的作用力的作用下压出阀阀芯 4 将关闭压出阀阀口，再次构成柱塞孔 7 内的封闭容积，完成一次吸、排水过程。随着泵主轴 55 的继续旋转，每个柱塞孔将不断地吸、排水，且多个柱塞按一定的先后次序各自独立的完成吸、排水工作，并使每个柱塞排出的高压水在泵出口 47 有序的叠加，从而实现了

泵出流量连续、均匀的高压水。

该泵的所有摩擦副均直接采用水润滑和冷却，包括缸套与柱塞、柱塞球头与滑靴球窝、滑靴靴底与摩擦盘、推力盘与推力轴承、主轴与滑动轴承等。具体是这样实现的：

缸套 9 与柱塞 11 之间有一定的间隙，靠间隙实现密封；在排水过程中，柱塞孔 7 中是高压水，在缸套与柱塞密封间隙两端形成高低压力差，使得柱塞孔中的高压水通过密封间隙泄漏至低压的泵腔 36 中；这部分的泄漏水在间隙中的压力是依次减小的，有相当的承载能力，对于缸套与柱塞摩擦副来说，起到了至关重要的支承、润滑和冷却作用。

柱塞孔 7 中的高压水还通过柱塞中心孔 51、柱塞球头中心孔 52 及滑靴中心孔 53 分别导至柱塞球头与滑靴球窝、滑靴底与摩擦盘两对摩擦副，对此两对摩擦副起静压支承、润滑和冷却作用；泵出口 47 与流道 46 和压出阀阀腔 43 连通，泵出口的高压水通过流道 46、压出阀阀腔 43、流道 40、39、37、28、27、29 等导入推力盘 16 与推力轴承 30 对偶摩擦副之间，起静压支承、润滑和冷却作用。通过推力盘 16 与推力轴承 30 对偶摩擦副的高压水流出至环形腔室 19 到主轴 55 中的径向流道 23 并分成两路：一路通过主轴 55 上的流道 24 进入主轴与前滑动轴承 25 之间的间隙，对主轴与前滑动轴承起支承、润滑和冷却作用，并通过前端盖 26 上的流道 20 及 18 返回至低压泵腔 36 中；另一路经过主轴上的流道 42、45 引至主轴与后滑动轴承 44、止推轴承 48 之间，起支

承、润滑和冷却作用，并通过主轴与后滑动轴承之间的间隙返回至低压泵腔 36 中。

该泵的主要摩擦副采用了耐蚀合金、陶瓷或高分子复合材料等耐蚀、耐磨、自润滑的高性能材料，可以有效保证在水润滑条件下获得高的可靠性和使用寿命。具体是这样实现的：

柱塞孔 7 中镶嵌碳纤维增强的高分子复合材料缸套 9，并与耐蚀合金柱塞 11 组成对偶摩擦副。缸套 9 通过过盈和粘接剂粘接的双重方法与柱塞孔 7 牢固地组合成一体。柱塞 11 分成两部份：一部分是由耐蚀合金材料制成的柱塞 11，另一部分是由碳纤维增强的高分子复合材料或陶瓷材料制成的半球头 12，二者通过粘接剂粘接的方法复合而成。滑靴也是由两部分复合而成：由耐蚀合金制成的滑靴靴体 13 和由碳纤维增强的高分复合材料或陶瓷材料制成的滑靴靴底 14，二者通过过盈及粘接的双重方法复合在一起。摩擦盘 15 可以用整体陶瓷材料或耐蚀合金材料制成。这样球头与球窝摩擦副就是碳纤维增强的高分子复合材料或陶瓷材料与耐蚀合金材料对偶，靴底与摩擦盘摩擦副就是碳纤维增强的高分子复合材料或陶瓷材料与耐蚀合金材料或陶瓷材料对偶。

另外，为保证主轴 55 的强度和刚性，主轴采用耐蚀合金材料制作，与之焊接成一体的推力盘 16 则也用同种耐蚀合金制成；与推力盘对偶的推力轴承 30、与主轴对偶的前滑动轴承 25、后滑动轴承 44 以及止推轴承 48 则均用碳纤维增强的高分复合材料制成。推力轴承 30 通过销 17

镶嵌在前端盖 26 上，前滑动轴承、后滑动轴承以及止推轴承则均采用过盈和粘接剂粘接的双重方法分别与前端盖 26 及缸体 41 牢固的组合在一起。

这样，本发明的水泵所用的主要摩擦副对偶材料均是由高分子复合材料与耐蚀合金、高分子复合材料与陶瓷、或耐蚀合金与陶瓷组成，既保证了水液压泵中结构零部件的耐蚀性、强度、韧性和刚度，又保证了对偶摩擦副的自润滑、耐摩、减摩等摩擦学特性，能够有效地避免在高速、重载且是水润滑工况下摩擦副间的粘着磨损、腐蚀磨损和卡死等现象，可大大改善对偶摩擦副的摩擦学特性，有效降低对偶摩擦副的摩擦、减小磨损和提高工作可靠性和使用寿命。

本发明采用以上技术的水液压泵，其综合技术性能指标（包括压力、流量、效率、噪声、比功率等）完全能够与现有同样规格的油压泵媲美。



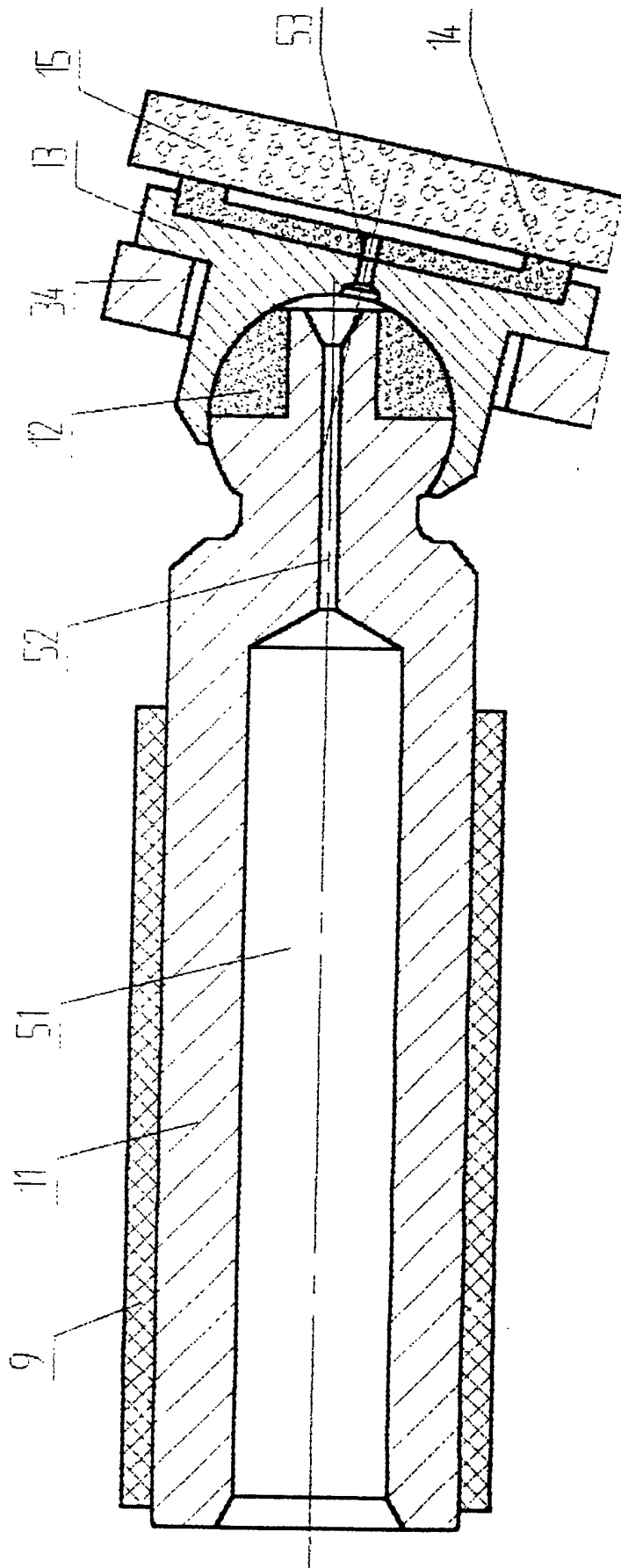


图2