

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101206029 B

(45) 授权公告日 2010.12.08

(21) 申请号 200610165542.X

(22) 申请日 2006.12.21

(73) 专利权人 中国科学院工程热物理研究所  
地址 100080 北京市海淀区北四环西路 11 号

(72) 发明人 孔文俊 汪凤山 王宝瑞 时晓军  
冯占祥 劳世奇 赵晓路

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021

代理人 周国城

(51) Int. Cl.

F23D 11/38 (2006.01)

F23R 3/38 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 8200623 A, 1996.08.06, 全文.

US 6082113 A, 2000.07.04, 参见说明书第 1 栏第 44 行, 第 3 栏第 15 至第 4 栏 30 行, 及附图 2-5.

US 3685740 A, 1972.08.22, 全文.

CN 2195038 Y, 1995.04.19, 全文.

CN 2090917 U, 1991.12.18, 全文.

US 3565345 A, 1971.02.23, 全文.

US 5833141 A, 1998.11.10, 全文.

CN 1173609 A, 1998.02.18, 参见说明书第 3 页第 24 行至第 4 页第 3 行、第 18-22 行, 第 6 页第 11 行至第 20 行, 及附图 1、4、9.

杜本德.《离心式喷嘴主要参数表及其应用》.《化工设备与管道》1982 年 01 期.1982, (1982 年 01 期), 第 63-64 页.

审查员 肖震

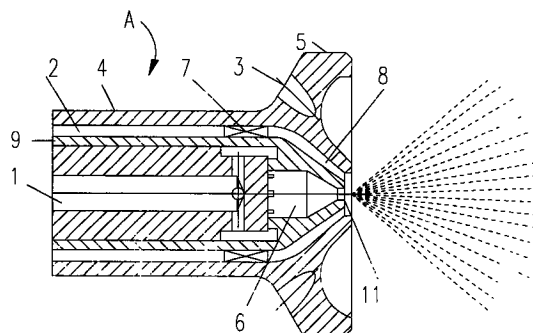
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种微型燃气轮机燃烧室喷嘴

(57) 摘要

一种微型燃气轮机燃烧室喷嘴, 涉及燃气轮机技术, 是用于 100kW 级微型燃气轮机燃烧室的小尺寸液体燃料喷嘴, 该喷嘴由燃油油路、环形气路及燃烧器根部风通道三部分组成, 综合利用了气动雾化和压力雾化的优点, 是一种组合式高性能气动雾化喷嘴。本发明喷嘴的特点是采用常规加工方法在小尺度的空间中实现燃油的良好雾化, 以满足微型燃气轮机燃烧室在一个相当宽的负荷下对燃油雾化质量的要求; 避免喷嘴烧坏, 克服燃油高温焦化而堵塞喷嘴的缺点, 同时该喷嘴可使燃烧室燃油燃烧更为完全, 降低烟黑等污染物的排放。



1. 一种微型燃气轮机燃烧室喷嘴,是用于 100kW 级微型燃气轮机燃烧室的小尺寸液体燃料喷嘴,它将液体燃料雾化;其特征在于,包括燃油油路(1)、雾化器通道(2)及燃烧器根部风喷入通道(3)三部分,燃油油路(1)是一个不锈钢管,前端与内置式离心雾化装置(6)过度配合,外壁与雾化器通道(2)的内环管(9)的内壁过度配合;雾化器通道(2)的外环管外壁为喷嘴外壁面(4),外壁面(4)在喷嘴出口附近渐凸起延伸成圆台状燃烧器根部,燃烧器根部设有多个风喷入通道(3),该风喷入通道(3)用于提供补充雾化和冷却的空气;

雾化器通道(2)中设有轴向旋流器(7),雾化器通道(2)的出口为环状缩口(8),环状缩口(8)围于喷嘴喷口(11)的圆周;

燃油油路(1)、雾化器通道(2)及圆台状燃烧器根部同一轴线,喷嘴喷口(11)的中心位于轴线上;

喷嘴外壁面(4)直径不大于 15 毫米,燃烧器根部风喷入通道外壁(5)直径不大于 25mm。

2. 根据权利要求 1 所述的喷嘴,其特征在于,所述轴向旋流器(7),其外圆周表面设有多个均匀分布的气路通道,气路通道为槽(10),该槽(10)为蜗杆蜗丝走向,展开线角度为  $55^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的喷嘴,其特征在于,所述环形缩口(8),为一环形渐缩口,该缩口根据空气动力学计算,其出口面积恰好达到当地音速所要求的临界面积。

4. 根据权利要求 1 所述的喷嘴,其特征在于,所述燃烧器根部多个风喷入通道(3),为一组 8~12 个沿圆周方向均匀分布的圆孔,位于环形缩口(8)的外圆周;该圆孔按一定方向旋转,圆孔中轴线与喷嘴轴线之间的夹角在正视图上的投影为  $42^{\circ} \sim 48^{\circ}$ ,在俯视图上的投影为  $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ,其旋流方向与雾化器通道(2)的雾化气旋流方向相反。

5. 根据权利要求 1 所述的喷嘴,其特征在于,该喷嘴结构组装采用滚压成型方式,以保证喷嘴的气密性和同心度,同时保证喷嘴喷口(11)具有一定的圆度以及保证喷嘴轴线与喷嘴喷口(11)出口面垂直,并满足光洁度要求。

6. 根据权利要求 2 所述的喷嘴,其特征在于,所述多个均匀分布的气路通道,为三个。

## 一种微型燃气轮机燃烧室喷嘴

### 技术领域

[0001] 本发明涉及燃气轮机技术领域,是一种专用于 100kW 级微型燃气轮机燃烧室的小尺度液体燃料雾化喷嘴。

### 背景技术

[0002] 微型燃气轮机是分布式发电、分布式供电的主要动力之一,其功率一般在数百千瓦以下,普遍采用回热循环,发电效率可达 30%或更高,具有结构紧凑,体积小,效率高以及可靠性高等优点。燃烧室是微型燃气轮机的主要部件之一。

[0003] 燃油雾化喷嘴是燃烧室的重要部件之一,其性能的好坏直接关系到整个燃烧室的性能以及寿命。为保证燃烧室正常运行以及机组的启动以及变工况性能,通常要求燃油喷嘴能在一个较宽的负荷范围内保证良好的雾化质量,即要求燃油液滴有一个良好的雾化粒度以及合适的雾化角度。以往燃气轮机燃烧室普遍采用离心式喷嘴来实现燃油雾化,所产生的油雾液滴直径在 50 至 400  $\mu\text{m}$  之间。在压力雾化技术中,利用油泵将燃油加压后送给雾化喷嘴,在离心力和燃油表面张力的相互作用,将油膜撕裂成小的油滴,从喷嘴中喷出,形成锥形分布的油雾,从而完成整个雾化过程。由于离心式喷嘴性能的限制,如果直接使用在微型燃气轮机燃烧室上将有可能带来如下的问题:

[0004] 1. 由于单油路的离心式雾化喷嘴的雾化质量随进口油压(燃油流量)变化较大,无法同时满足微型燃气轮机机组在启动以及额定工况及变工况下的雾化性能。

[0005] 2. 为达到良好的雾化性能,离心式喷嘴所需要的进口油压较高,这将对机组的安全以及稳定性带来隐患,同时也增加了整个机组管路的制造以及运行成本。

[0006] 3. 由于离心式雾化喷嘴前端处于燃烧室的高温区,没有特殊的冷却技术,容易导致喷嘴烧坏。同时,燃油有可能焦化,从而堵塞喷嘴。

[0007] 4. 由于离心式雾化喷嘴前端油雾浓度较高,含氧量相对不足,导致燃油燃烧不充分,容易产生排气冒烟等现象。

[0008] 以往在重型燃气轮机燃烧室中采用气动雾化喷嘴来解决这一问题,但对于微型燃气轮机来说,由于结构尺寸大大减小,燃油流量降低,喷嘴尺寸大大减小,因此,有必要对燃烧室的雾化喷嘴做进一步的改进,使得微型燃气轮机燃烧室在各种运行工况下都能获得合理的雾化粒度分布,使得整个燃烧室能够满足高效低污染燃烧技术的要求。

### 发明内容

[0009] 本发明的目的是提供一个适用于 100kW 级的微型燃气轮机燃烧室的小尺度喷嘴,该喷嘴无论是在机组启动还是额定工况下运行都能获得良好的雾化效果。

[0010] 为实现上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0011] 提供一种微型燃气轮机燃烧室喷嘴,是用于 100kW 级微型燃气轮机燃烧室的小尺寸液体燃料喷嘴,它将液体燃料雾化;其包括燃油油路(1)、环形气路(2)及燃烧器根部风喷入通道(3)三部分,燃油油路(1)是一个不锈钢管,前端与内置式离心雾化装置(6)过盈

配合,外壁与环形气路(2)的内环管(9)的内壁过盈配合;环形气路(2)的外环管外壁为喷嘴外壁面(4),外壁面(4)在喷嘴出口附近逐渐凸起延伸成圆台状燃烧器根部(5),该燃烧器根部(5)上均匀设置有多数个空气喷入通道(3),该空气通道(3)用于提供补充雾化和冷却的空气;

[0012] 环形气路(2)为雾化空气通道,其中设有轴向旋流器(7),环形气路(2)的出口为环形缩口(8),环形缩口(8)环绕在喷嘴喷口(11)的圆周;

[0013] 燃油油路(1)、环形气路(2)及圆台状燃烧器根部(5)为轴对称结构且共用同一轴线,喷嘴喷口(11)的中心位于该轴线上;

[0014] 喷嘴外壁面(4)直径不大于15mm,圆台状燃烧器根部(5)外壁直径不大于25mm。

[0015] 所述的喷嘴,其所述内置式离心雾化装置(6),结构为一常规的离心式雾化喷嘴,通过选择该离心式喷嘴的最佳特性参数和旋流室结构与尺寸来达到最佳雾化效果。该喷嘴的最佳特性参数范围为1.8~2.5。

[0016] 所述的喷嘴,其所述轴向旋流器(7),其外圆周表面设置有多数个均匀分布的空气通道,空气通道为矩形螺旋槽(10),该矩形螺旋槽(10)表面展开线角度为 $55^{\circ}$ ~ $65^{\circ}$ 。

[0017] 所述的喷嘴,其所述环形缩口(8),为一环形渐缩口,该缩口根据空气动力学计算,其出口面积恰好达到当地音速所要求的临界面积。

[0018] 所述的喷嘴,其所述圆台状燃烧器根部(5)上设置有多数个空气喷入通道(3),该多数个空气喷入通道(3)为一组8~12个沿圆周方向均匀分布的圆孔,位于环形渐缩喷口(8)的外圆周;该圆孔按一定方向旋转,圆孔中轴线与喷嘴轴线之间的夹角在正视图上的投影为 $42^{\circ}$ ~ $48^{\circ}$ ,在俯视图上的投影为 $20^{\circ}$ ~ $25^{\circ}$ ,其旋流方向与通过环形气路(2)中布置的轴向旋流器(7)的雾化空气的旋流方向相反。

[0019] 所述的喷嘴,其喷嘴结构组装采用机械滚压成型方式,以保证喷嘴的气密性和同心度,同时保证喷嘴喷口(11)具有一定的圆度以及保证喷嘴轴线与喷嘴喷口(11)出口面垂直,并满足光洁度要求。

[0020] 所述的喷嘴,其所述多数个均匀分布的矩形螺旋槽状空气通道为三个。

[0021] 本发明的优点在于:在不增加喷嘴制造成本,采用常规加工方法的前提下,通过优化设计,在这么一个小尺度的空间中实现燃油的高效雾化。能利用一个小尺度的喷嘴满足微型燃气轮机燃烧室在不同的负荷工况下对燃油雾化质量的要求,从而使燃烧室的结构更为紧凑。其原因在于在本发明的范例中,破碎油膜的扰动作用力主要是高速旋转空气对油膜的剪切力,而非油膜本身的表面张力,因此随着燃油流量的变化,本发明喷嘴的雾化效果基本不变。

[0022] 本发明的进一步优点在于能得到相对于离心式喷嘴更好的雾化质量。其原因在于在本发明的范例中,通过引入小型气泵,喷嘴雾化空气进一步加压,然后利用环形雾化空气通道的渐缩喷口将雾化空气加速到达到或接近当地音速。增加雾化空气与燃油油膜(雾)之间相对速度的增加,加强了雾化空气流与燃油油膜或雾滴之间的相互剪切作用,从而提高了燃油的雾化质量。并且,在本发明范例所适用的微型燃气轮机燃烧室中,由于燃油和雾化空气消耗量均大大低于常规的重型燃气轮机机组,因此,雾化空气的引入并不会带来很高的成本投入,仅仅需要一个小气泵即可。

[0023] 本发明进一步的优点在于能大大降低喷嘴烧坏以及因燃油高温焦化而堵塞喷嘴

等严重威胁机组正常运行的故障的发生概率,延长了大修时间间隔,减少了机组的维修及运行成本。其原因在于由于燃油雾滴外有两路低温高速空气流,在促进燃油雾化的同时,也增强了燃油喷嘴的散热能力,大大降低了喷嘴头部以及喷嘴出口处的温度。并由于空气流量的增大,消除了气流在该处的回流,将产生的油雾及时地输运到燃烧区中,并补充喷嘴根部燃烧需要的空气,从而减少燃油在喷嘴出口附近发生高温焦化的概率。

[0024] 本发明的进一步优点在能使燃油在燃烧室能更完全清洁地燃烧,提高了燃烧室的整体效率,并在一定程度上降低了冒烟等空气污染物的排放。这是因为在喷嘴出口位置处燃油浓度较高,此处是一个相对缺氧的环境。燃烧器根部冷却空气以及雾化空气由喷嘴进入燃烧室,一方面增强了燃烧室内燃油油雾与空气的预混,降低燃烧室火焰的峰值温度,抑制了燃烧室内 NO<sub>x</sub> 的生成;另一方面由于额外空气的补充,增加了此位置的氧浓度,从而使燃油燃烧得更为完全,提高了燃烧室的燃烧效率,并有效降低了燃烧室排气冒烟以及 CO 的生成浓度,大大提高了机组的环保性能。

#### 附图说明

[0025] 图 1 本发明一种微型燃气轮机燃烧室喷嘴的轴向剖视图;

[0026] 图 2 本发明雾化空气通道轴向旋流器正视图;

[0027] 图 3 本发明喷嘴头部部分剖面图;

[0028] 图 4 装有本发明一种微型燃气轮机燃烧室喷嘴的燃烧室连接示意图;

[0029] 图 5 应用本发明一种微型燃气轮机燃烧室喷嘴获得的雾化特性曲线。

#### 具体实施方式

[0030] 图 1 至图 4 是本发明的具体实施例。

[0031] 参照图 1 所示,一种微型燃气轮机燃烧室喷嘴 A,是用于 100kW 级微型燃气轮机燃烧室的小尺寸喷嘴,由燃油油路 1、提供雾化空气的环形气路 2 及补充雾化和冷却空气的燃烧器根部风喷入通道 3 三部分组成。喷嘴 A 外壁面 4 直径不大于 15mm,圆台状燃烧器根部 5 的外壁直径不大于 25mm。在不增加喷嘴 A 制造成本,采用常规加工方法的前提下,通过优化设计,在这么一个小尺度的空间内实现燃油的高效雾化。其中,油路 1 设置了内置式离心雾化装置 6,提供雾化空气的环形气路 2 设置了轴向旋流器 7,在雾化空气喷出前,设置了环形缩口 8。该喷嘴 A 的输油管是一个不锈钢管,前端与内置式离心雾化装置 6 过盈配合,外壁与环形气路 2 的内环管 9 的内壁过盈配合。该喷嘴 A 的内置式离心雾化装置 6,结构为一常规的离心式雾化喷嘴,通过选择该离心式喷嘴的最佳特性参数和旋流室结构与尺寸达到最佳雾化效果。该结构参数的范围为 1.8 ~ 2.5。

[0032] 参照图 1 和图 2 所示,该喷嘴 A 的雾化空气通道 2,为一环形通道,该环形通道的外环管外壁为喷嘴外壁面 4,内环管 9 内壁与油路 1 的输油管外壁过盈配合。雾化空气进入环形气路 2 后先经过轴向旋流器 7,再由环形缩口 8 喷出。该轴向旋流器 7 的雾化空气通道为三个均匀分布的矩形螺旋槽 10,该矩形螺旋槽 10 表面展开线角度为 55° ~ 65°,这样在环形气路 2 中,可以不需要精密加工的旋流叶片,也能取得好的旋流效果。雾化空气从环形气路 2 的出口送出前,通过一个环形缩口 8,这是一个环形渐缩口,该环形缩口 8 根据空气动力学计算,其出口面积恰好达到当地音速所要求的临界面积。

[0033] 参照图 1 和图 3 所示,圆台状燃烧器根部 5 上设置的根部风喷入通道 3 为一组 8~12 个沿圆周方向均匀分布的圆孔,位于环形渐缩喷口 8 的外圆周,该圆孔按一定方向旋转,圆孔的中轴线与喷嘴 A 轴线之间的夹角在正视图上的投影为  $42^{\circ} \sim 48^{\circ}$ ,在俯视图上的投影为  $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ,其旋流方向与雾化空气旋流方向相反。该根部风的存在,在促进燃油雾化的同时,也增强了燃油喷嘴的散热能力,大大降低了喷嘴 A 头部以及喷嘴 A 出口处的温度,能大大降低喷嘴 A 烧坏以及因燃油高温焦化而堵塞喷嘴 A 等严重威胁机组正常运行的故障的发生概率,延长了大修时间间隔,减少了机组的维修及运行成本。

[0034] 参照图 1 所示,该喷嘴 A 结构组装采用机械滚压成型方式,以保证喷嘴 A 的气密性和同心度,同时保证喷嘴喷口 11 具有一定的圆度以及保证喷嘴轴线与喷嘴喷口 11 出口面垂直,并满足一定的光洁度要求。

[0035] 参照图 4 所示,该图为安装有本发明喷嘴的燃烧室连接示意图,喷嘴 A 的雾化空气及燃烧器根部冷却空气的气体均来自燃气轮机机组的压气机 12,根部风喷入通道 3 中的冷却空气由压气机 12 出口气源直接供给,环形气路 2 中的雾化空气由附加的小型气泵 13 加压后供给。燃油油路 1 与油泵 14 连通,得到燃油。以上连接按常规进行。

[0036] 参照图 5 所示,该图为应用本发明喷嘴 A 获得的一组喷雾特性曲线。燃油经过齿轮油泵 14 进入喷嘴 A 输油管,在本发明所应用的燃烧室中,喷嘴 A 雾化效果好,燃油雾化的 SMD 约为  $28 \mu\text{m}$ ,而且负荷调节范围较宽,能达到 1 : 6 的调节范围,燃油雾化锥角变化范围为  $45^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 。

[0037] 本发明喷嘴的根部风喷入通道 3 中冷却空气的存在,在促进燃油雾化的同时,也增强了燃油喷嘴的散热能力,大大降低了喷嘴头部以及喷嘴出口处的温度,能大大降低喷嘴烧坏以及因燃油高温焦化而堵塞喷嘴等严重威胁机组正常运行的故障的发生概率,延长了大修时间间隔,减少了机组的维修及运行成本。

[0038] 本发明的喷嘴,在结构设计中,将其燃油通道旋流室头部预留一段合适长度,随后采用滚压成型后与喷口焊接,以保证喷嘴的气密性和同心度,同时要保证喷嘴喷口具有一定的圆度以及保证其轴线与喷嘴出口面垂直,并满足一定的光洁度要求。

[0039] 本发明的小尺度喷嘴的离心雾化过程是这样实现的:燃油经油泵加压后进入喷嘴内管燃油通道,在接近头部处经过四个竖直孔沿径向进入环形腔,随后燃油经由六个沿径向偏转的槽道构成的旋流室,获得一定的轴向速度和圆周方向的速度后经喷口流出。喷嘴孔流出的燃油因为强旋流形成旋转的空心圆锥状油膜,并在离心力以及燃油自身的表面张力作用下将油膜撕裂成小的油滴,从而完成本发明喷嘴的初步雾化过程。

[0040] 本发明的小尺度喷嘴的气动雾化过程是这样实现的:空气通过空气泵加压进入喷嘴的环形通道,在接近头部处经过由三个矩形螺旋槽通道构成的轴向旋流器,获得合适的旋流强度后,进入环形渐缩喷管加速到或接近当地音速后喷出。高速旋转空气与燃油油膜相遇,发生强烈的剪切作用,达到更好的雾化效果,从而完成整个燃油雾化过程。

[0041] 以上通过具体实施方式对本发明进行了详细描述,结合所给的附图,这种结构稍作变化也可用于其它地面燃机、航空发动机燃烧室,以及其它液体喷射之用。本发明喷嘴也适用于喷射重油及各种化工液溶胶。这些变形和修改,以及采用不同的燃料燃烧的具体实施例,都应落在本发明的权利要求所保护的范围之内。

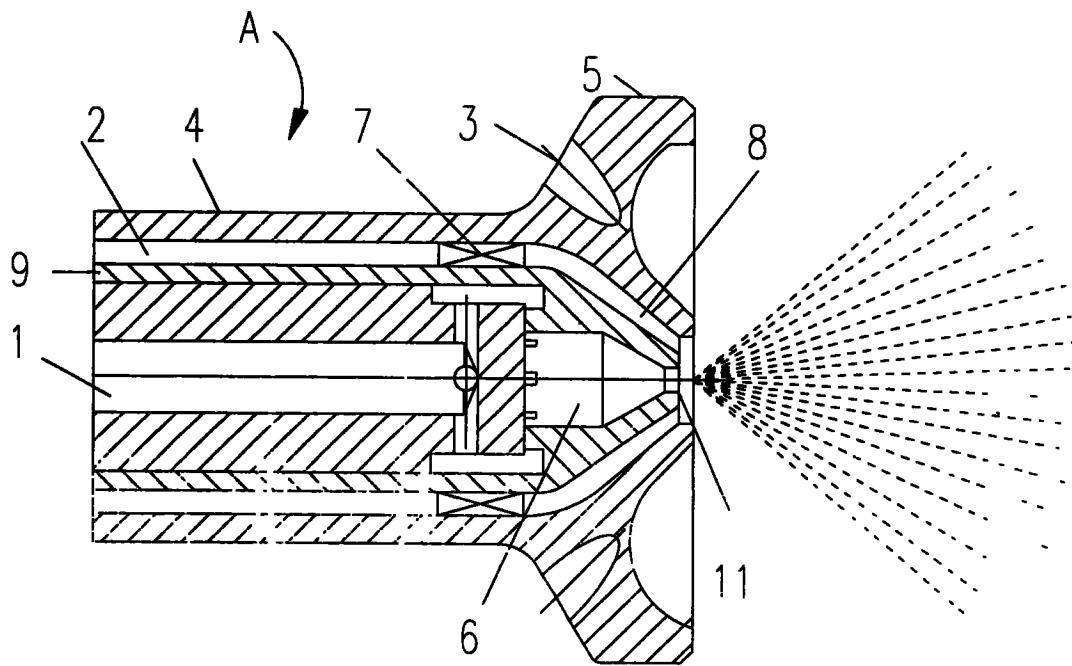


图 1

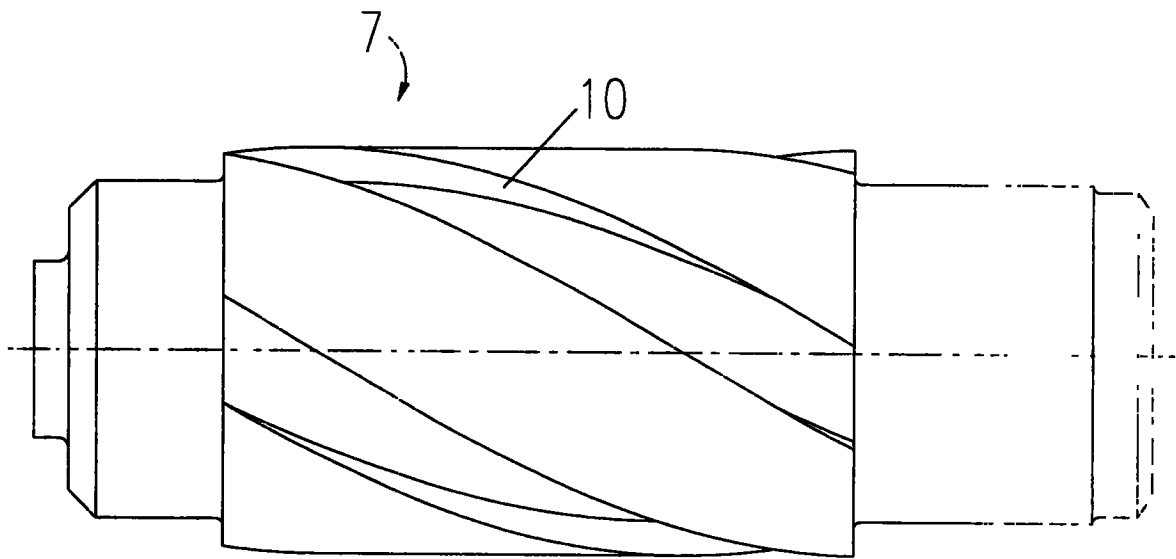


图 2

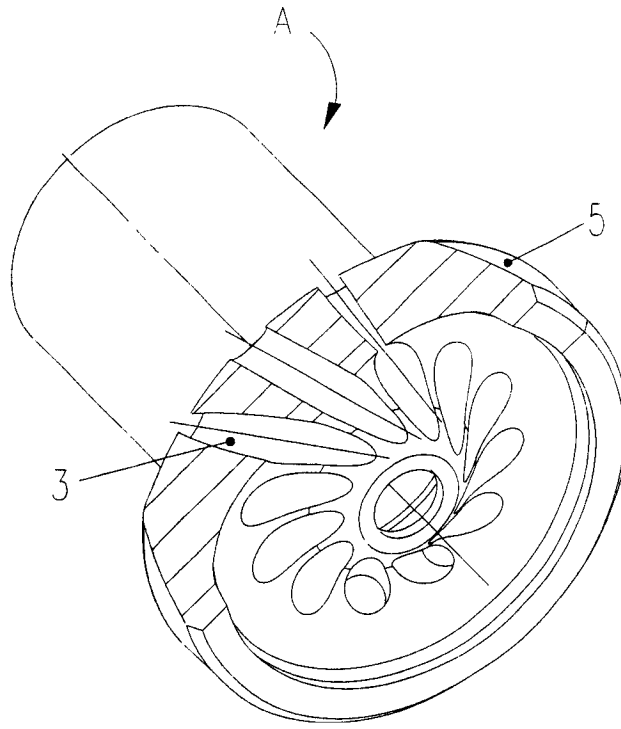


图 3

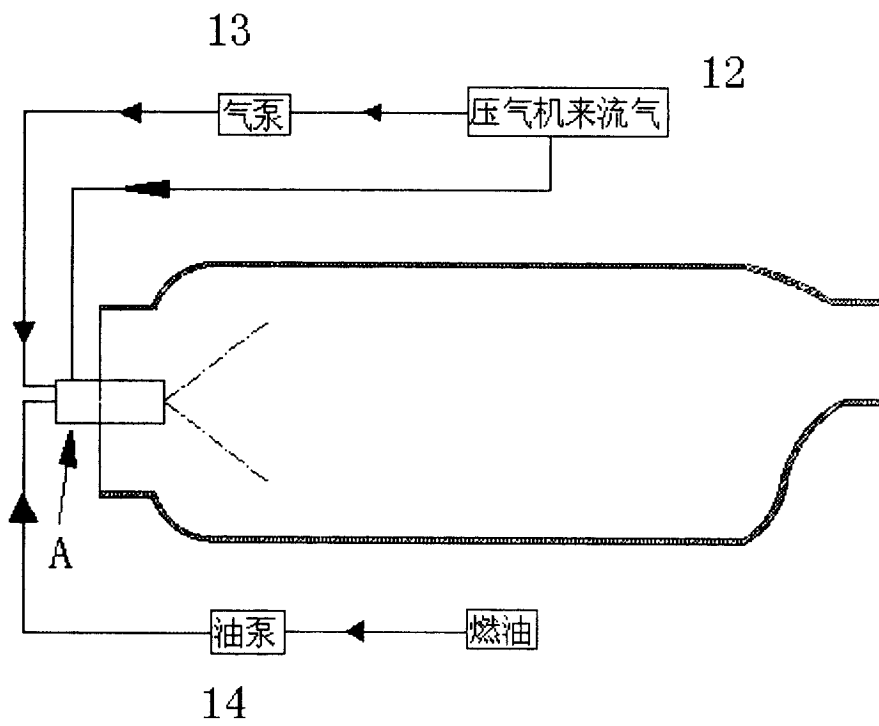


图 4



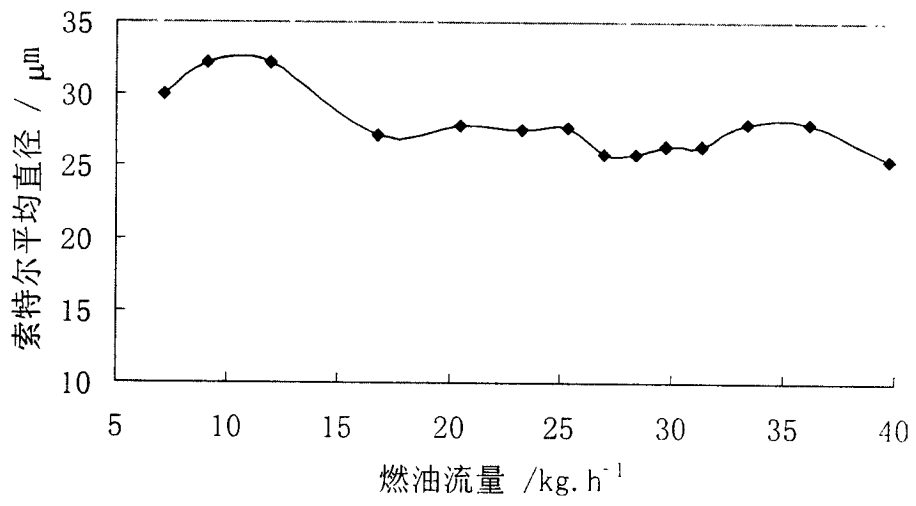


图 5