



## (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202082953 U

(45) 授权公告日 2011. 12. 21

(21) 申请号 201020701303. 3

(22) 申请日 2010. 12. 31

(73) 专利权人 中国燃气涡轮研究院

地址 621703 四川省江油 305 信箱运行监控部

(72) 发明人 邓远灏 马存祥 徐华胜 史家荣

(74) 专利代理机构 中国航空专利中心 11008

代理人 杜永保

(51) Int. Cl.

F23R 3/58 (2006. 01)

F23R 3/30 (2006. 01)

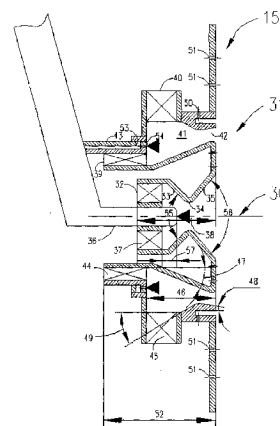
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

### (54) 实用新型名称

一种部分预混预蒸发燃烧室

### (57) 摘要

本实用新型是涉及一种部分预混预蒸发燃烧室。燃烧室的头部由副燃级和主燃级构成,其中副燃级由一级轴向涡流器、收敛段、喉道、扩张段和副油路喷嘴构成;主燃级由一级轴向涡流器、一级径向涡流器、预混段、收敛喉道和直接燃油喷射式喷嘴构成。这种结构头部的燃烧室采用中心分级的 DIPME 混合燃烧模式,即在小状态时,副燃级采用富油直接喷射燃烧模式,在大状态时,副燃级采用贫油直接喷射燃烧模式,主燃级采用贫油部分预混预蒸发燃烧模式,主燃级采用直射式喷嘴进行初始压力雾化,之后进行二次气动雾化,即对燃油液滴进行轴向和径向剪切以达到良好的雾化。这种燃烧室头部可以在保证燃烧室性能的同时,较大幅度降低污染物排放。



1. 一种部分预混预蒸发燃烧室,包括扩压器(11)、外机匣(12)、内机匣(13)、喷嘴(14)、燃烧室头部(15)、火焰筒(16)和电嘴(17),根据需要火焰筒上有主燃孔(18)和掺混孔(19),其特征在于所述燃烧室头部(15)由副燃级(30)和主燃级(31)组成,其中:

1) 副燃级(30)由一级轴向涡流器(32)、收敛段(33)、喉道(34)、扩张段(35)和副油路喷嘴(36)构成,一级轴向涡流器(32)内安装有轴向涡流器叶片(37),一级轴向涡流器(32)收敛段(33)及扩张段(35)依次相连,副油路喷嘴(36)位于一级轴向涡流器(32)出口与喉道(34)之间,距离一级轴向涡流器(32)5mm左右。

2) 主燃级(31)由一级轴向涡流器(39)、一级径向涡流器(40)、预混段(41)、收敛喉道(42)和直接燃油喷射式喷嘴(43)构成,直接燃油喷射式喷嘴(43)位于轴向涡流器(39)和径向涡流器(40)之间。

2. 根据权利要求1所述的部分预混预蒸发燃烧室,其特征在于所述轴向涡流器叶片(37)安装角度在 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间,叶片数量在10~16片之间,旋流强度在0.45~0.75之间。

3. 根据权利要求1所述的部分预混预蒸发燃烧室,其特征在于所述轴向涡流器收敛段角度(55)在 $90^{\circ}$ 左右,扩张段角度(58)在 $90^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 之间。

4. 根据权利要求1所述的部分预混预蒸发燃烧室,其特征在于所述副燃级轴向长度(38)在25mm~32mm之间,主燃级轴向长度(52)在25mm~40mm之间。

5. 根据权利要求1所述的部分预混预蒸发燃烧室,其特征在于所述轴向涡流器叶片(44)安装角在 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间,径向涡流器叶片(45)安装角在 $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 之间,或者轴向涡流器叶片(44)安装角在 $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 之间,径向涡流器叶片(45)安装角在 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间,保证两级涡流器的平均旋流强度在0.6左右。

6. 根据权利要求1所述的部分预混预蒸发燃烧室,其特征在于所述压力直接燃油喷射式喷嘴(43)出口到主燃级出口间的距离(62)在10~15mm之间。

7. 根据权利要求1所述的部分预混预蒸发燃烧室,其特征在于所述收敛喉道(42)的内收敛角(47)在 $10^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间,外扩张角(48)在 $5^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 之间,外收敛角(49)在 $5^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 之间,收敛喉道(42)同预混段(41)配合使用。

8. 根据权利要求1~7所述的部分预混预蒸发燃烧室,其特征在于所述主燃级设置有直径0.5mm~1mm的冷却小孔(50),头部设置有直径0.5mm~1.2mm上位冷却小孔(51),所述压力直接燃油喷射式喷嘴(43)喷口(54)直径0.5mm~0.7mm,喷孔数量8~12个,喷射角度可以垂直壁面,向轴向涡流器(39)偏转 $45^{\circ}$ ,或向径向涡流器(40)偏转 $45^{\circ}$ 。

## 一种部分预混预蒸发燃烧室

### 技术领域

[0001] 本发明属于航空发动机领域,涉及一种直接燃油喷射的部分预混预蒸发燃烧室。

### 背景技术

[0002] 国际民航组织在 80 年代就颁布了“环境保护标准”和“航空发动机排放”条例,并不断修订完善,目前已开始执行 CAEP 6 排放标准。各大航空发动机公司和研究机构均把控制污染物排放作为重要课题进行研究,其中低排放燃烧技术是民用航空发动机最重要的研究内容。由于污染排放是适航取证对民机发动机的强制性要求,欧美的几家国际知名航空发动机公司针对越来越严厉的排放要求,实施了先进民用发动机研制计划,掌握了低排放燃烧室的关键技术。GE 公司研制的燃烧室采用最新的双环预混旋流 (TAPS) 组织燃烧技术,已用于 Leap-X 发动机上,其 NO<sub>x</sub> 污染排放比 CAEP 6 低 47.7%。PW 公司采用 RQL 技术发展 TALON X 燃烧室在 PW1000G 发动机上,预计 NO<sub>x</sub> 污染排放比 CAEP 6 低 40%。RR 公司采用 ANTLE 计划发展的 LDIS 低污染燃烧室,其 NO<sub>x</sub> 污染排放比 CAEP 2 标准降低了 50%。

[0003] GE 公司的 TAPS 燃烧技术已申请了多项美国专利,专利号为 US006354072B1、US006381964B1、US006389815B1 等的美国专利提出的技术方案是:副燃级(预燃级)由离心喷嘴、两级轴向旋流器、文氏管和套筒构成,主燃级(主燃级)由直射式喷嘴和一级或两级径向旋流器构成,结构比较复杂,轴向长度太长。北京航空航天大学也申请了几种贫油预混预蒸发燃烧室的专利,申请号为 200810105062.3 的专利提出的技术方案是:副燃级由离心喷嘴、一级轴向旋流器和收扩段构成,主燃级由直射式空气雾化喷嘴、一级径向旋流器和收扩件构成,主燃级燃油的气动雾化不是很强,且出口收敛不是很明显,容易造成回火,副燃级的收扩段喉道直径太大,容易使副燃级空气流量分配过大,进而影响副燃级点火和熄火性能,还可能会造成副燃级喷嘴积碳结焦。

[0004] NO<sub>x</sub> 是航空发动机燃烧室设计人员需要重点考虑的污染物之一,在航空发动机中,NO<sub>x</sub> 主要由燃烧区火焰温度决定。目前已有低污染燃烧室开始采用贫油预混预蒸发技术来保证燃烧区的当量比在 0.5 ~ 0.65 范围内,有效控制火焰温度从而降低 NO<sub>x</sub> 的生成。采用该技术的燃烧室通常其预混段较长,容易出现自燃和回火,又由于这种燃烧室在贫油状态燃烧,混合蒸发的很好,使得出现不稳定燃烧的机率倍增。传统的燃烧室采用富油头部设计,燃烧区的当量比在 1 左右,这种燃烧方式无法降低污染物,特别是 NO<sub>x</sub> 的生成量,但这种燃烧室相对于采用贫油预混预蒸发技术的燃烧室工作更稳定,其某些燃烧室基本性能更高,比如慢车贫油熄火边界 (LBO) 和贫油点火边界 (LLO)。

[0005] 要保证燃烧室的性能同时还要降低污染物排放,需要将以上两种技术结合,副燃级采用直接喷射,主燃级采用贫油部分预混预蒸发的混合燃烧模式,即能保证燃烧室的性能要求,又能保证污染物排放的要求。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的:提供一种能够保证燃烧室性能并且降低污染排放的直接燃油喷射

的部分预混预蒸发燃烧室。

[0007] 本发明的技术方案是：头部方案采用中心分级的 DIPME (Rich/Lean Direct Injection and Lean Partial Pre-Mixing & Pre-Evaporation) 混合燃烧模式，即在启动和小状态时，副燃级采用富油直接喷射 (Rich Direct Injection) 燃烧模式，该燃烧模式是通过副油路离心喷嘴（或空气雾化喷嘴）和副燃级轴向涡流器构成的副燃级实现局部富油，这种组织燃烧方式是介于预混燃烧和扩散燃烧之间；在大状态（包括起飞、巡航等状态）时，副燃级采用贫油直接喷射 (Lean Direct Injection) 燃烧模式，主燃级采用贫油部分预混预蒸发 (Lean Partial Pre-Mixing & Pre-Evaporation) 燃烧模式，使中心燃烧区起稳定火焰作用，周围燃烧区为贫油部分预混预蒸发燃烧，燃烧区当量比控制在 0.5 ~ 0.65 之间，燃烧区温度控制在 1700K ~ 1900K 范围内，并控制高温火焰的停留时间，从而有效控制 NO<sub>x</sub> 和 CO 的生成量。主燃级由一级轴向涡流器和一级径向涡流器，以及位于两级涡流器之间的压力直接燃油喷射式喷嘴组成，依靠喷嘴内外的压差进行一次雾化，再依靠两级涡流器的气流剪切作用，可以使主燃级燃油得到充分的雾化，并与来流空气进行良好的部分预混合。主燃级出口采用收敛型通道，加速气流并防止发生回火。主燃级轴向旋流器采用强旋流，径向旋流器采用弱旋流且与轴向旋流器旋向相反，以达到良好雾化的效果。

[0008] 具体结构为：一种部分预混预蒸发燃烧室，包括扩压器 (11)、外机匣 (12)、内机匣 (13)、喷嘴 (14)、燃烧室头部 (15)、火焰筒 (16) 和电嘴 (17)，根据需要火焰筒上有主燃孔 (18) 和掺混孔 (19)，所述燃烧室头部 (15) 由副燃级 (30) 和主燃级 (31) 组成，其中：

[0009] 1) 副燃级 (30) 由一级轴向涡流器 (32)、收敛段 (33)、喉道 (34)、扩张段 (35) 和副油路喷嘴 (36) 构成，一级轴向涡流器 (32) 内安装有轴向涡流器叶片 (37)，一级轴向涡流器 (32) 收敛段 (33) 及扩张段 (35) 依次相连，副油路喷嘴 (36) 位于一级轴向涡流器 (32) 出口与喉道 (34) 之间，距离一级轴向涡流器 (32) 5mm 左右。

[0010] 2) 主燃级 (31) 由一级轴向涡流器 (39)、一级径向涡流器 (40)、预混段 (41)、收敛喉道 (42) 和直接燃油喷射式喷嘴 (43) 构成，直接燃油喷射式喷嘴 (43) 位于轴向涡流器 (39) 和径向涡流器 (40) 之间。

[0011] 所述轴向涡流器叶片 (37) 安装角度在 30° ~ 45° 之间，叶片数量在 10 ~ 16 片之间，旋流强度在 0.45 ~ 0.75 之间。

[0012] 所述轴向涡流器收敛段角度 (55) 在 90° 左右，扩张段角度 (58) 在 90° ~ 150° 之间。

[0013] 所述副燃级轴向长度 (38) 在 25mm ~ 32mm 之间，主燃级轴向长度 (52) 在 25mm ~ 40mm 之间。

[0014] 所述轴向涡流器叶片 (44) 安装角在 45° ~ 60° 之间，径向涡流器叶片 (45) 安装角在 25° ~ 40° 之间，或者轴向涡流器叶片 (44) 安装角在 25° ~ 40° 之间，径向涡流器叶片 (45) 安装角在 45° ~ 60° 之间，保证两级涡流器的平均旋流强度在 0.6 左右。

[0015] 所述压力直接燃油喷射式喷嘴 (43) 出口到主燃级出口间的距离 (62) 在 10 ~ 15mm 之间。

[0016] 所述收敛喉道 (42) 的内收敛角 (47) 在 10° ~ 45° 之间，外扩张角 (48) 在 5° ~ 30° 之间，外收敛角 (49) 在 5° ~ 20° 之间，收敛喉道 (42) 同预混段 (41) 配合使用。

[0017] 所述主燃级设置有直径 0.5mm ~ 1mm 的冷却小孔 (50)，夹部设置有直径 0.5mm ~

1. 2mm 上位冷却小孔 (51), 所述压力直接燃油喷射式喷嘴 (43) 喷口 (54) 直径 0.5mm ~ 0.7mm, 喷孔数量 8 ~ 12 个, 喷射角度可以垂直壁面, 向轴向涡流器 (39) 偏转 45°, 或向径向涡流器 (40) 偏转 45°

[0018] 本发明的有益效果是: 副燃级采用直接喷射燃烧模式, 即保证燃烧室稳定工作, 又能减少小工况污染物排放, 其扩张段设计不仅能解决头部积炭和冷却问题, 还能保证在副燃级下游形成有助于点火和火焰稳定的斜回流区; 主燃级采用贫油部分预混预蒸发燃烧技术, 能较大幅度降低 NO<sub>x</sub>、UHC、CO 和烟粒子等污染物的排放, 其收敛喉道和预混段的设计能有效防止自燃和回火现象的出现; 主燃级涡流器的设计考虑了预防不稳定燃烧现象的出现; 主燃级压力直接燃油喷射式喷嘴首先依靠喷嘴压差使燃油一次雾化, 再借助两级涡流器空气的作用, 使得燃油得到充分的雾化和混合。采用不同的头部进气, NO<sub>x</sub> 排放能达到比 CAEP 6 低 35% ~ 60%。

## 附图说明

[0019] 图 1 为低排放燃烧室示意图

[0020] 图 2 为一种直接燃油喷射式喷嘴的部分预混预蒸发的头部结构方案。

## 具体实施方式

[0021] 下面结合附图及具体实施例子详细介绍本发明。

[0022] 图 1 是采用中心分级的 DIPME (Rich/Lean Direct Injection and Lean Partial Pre-Mixing & Pre-Evaporation) 混合燃烧模式的低排放燃烧室示意图, 燃烧室 (10) 包括扩压器 (11)、外机匣 (12)、内机匣 (13)、喷嘴 (14)、头部 (15)、火焰筒 (16) 和电嘴 (17), 根据需要火焰筒上有主燃孔 (18) 和掺混孔 (19)。燃烧室的工作情况为空气从扩压器 (11) 进入燃烧室, 超过 50% 的空气从头部 (15) 进入火焰筒 (16), 其余空气通过燃烧室外环 (20) 和内环 (21) 进入火焰筒 (16), 燃油通过喷嘴 (14) 进入火焰筒 (16), 在火焰筒 (16) 内, 电嘴 (17) 点火后, 空气与燃油燃烧, 从火焰筒出口 (22) 排出。

[0023] 图 2 是 DIPME 低排放燃烧室头部 (15) 结构细节, 头部由副燃级 (30) 和主燃级 (31) 组成。头部 (15) 进气量大约占燃烧室 (10) 总气量的 50% ~ 80%, 具体进气量的多少同燃烧室的总油气比和冷却空气量有关, 副燃级 (30) 进气量大约占燃烧室总进气量的 5% ~ 20%, 具体进气量同燃烧室慢车状态油气比密切相关, 主燃级 (31) 进气量大约占燃烧室总进气量的 40% ~ 65%, 具体进气量同燃烧室起飞状态油气比密切相关。

[0024] 副燃级 (30) 由一级轴向涡流器 (32)、收敛段 (33)、喉道 (34)、扩张段 (35) 和副油路喷嘴 (36) 构成。轴向涡流器 (32) 有效流通面积与喉道 (34) 面积共同决定副燃级 (30) 空气流量, 收敛段 (33) 角度一般 45° 左右, 扩张段 (35) 的设计需要考虑头部积炭和冷却, 此外必须保证在副燃级 (30) 下游形成有助于点火和火焰稳定的斜回流区, 扩张段 (35) 角度太小容易积炭, 角度太大会出现冷却问题。副油路喷嘴 (36) 位于副燃级涡流器 (32) 出口与副燃级喉道 (34) 之间, 距离涡流器出口 5mm 左右, 这样使得副燃级的燃烧方式介于预混燃烧和扩散燃烧之间, 不仅有助于燃烧室工作稳定, 也有助于降低小工况的污染物。在燃烧室所有工况中, 副燃级 (30) 都要工作, 在启动和小工况时这里是局部富油燃烧, 在大工况时这里是贫油燃烧。

[0025] 主燃级 (31) 由一级轴向涡流器 (39)、一级径向涡流器 (40)、预混段 (41)、收敛喉道 (42) 和直接燃油喷射式喷嘴 (43) 构成。保持两级涡流器的平均旋流强度在 0.6 左右, 有助于预防不稳定燃烧现象的出现。两级涡流器有效流通面积和收敛喉道 (42) 面积共同决定主燃级 (31) 空气流量。预混段和收敛喉道的总长度 (46) 在 15 ~ 25mm 之间能有效保证主燃级燃油达到部分预混预蒸发。收敛喉道同预混段配合使用, 能有效防止回火现象的发生, 此外在主燃级增加冷却小孔 (50) 能有效防止自燃现象的发生。直接燃油喷射式喷嘴 (43) 位于两级涡流器之间, 燃油从主油路进入集油腔 (53), 再从喷口 (54) 喷出, 依靠喷嘴内外的压差进行一次雾化, 再依靠两级涡流器的剪切作用, 使得主燃级燃油得到充分的雾化和混合。主燃级 (31) 一般在 30% 推力以上工况开启, 其燃烧方式属于贫油预混燃烧, 在主燃级 (31) 下游形成脱体火焰, 对控制 NO<sub>x</sub> 污染物非常有利。

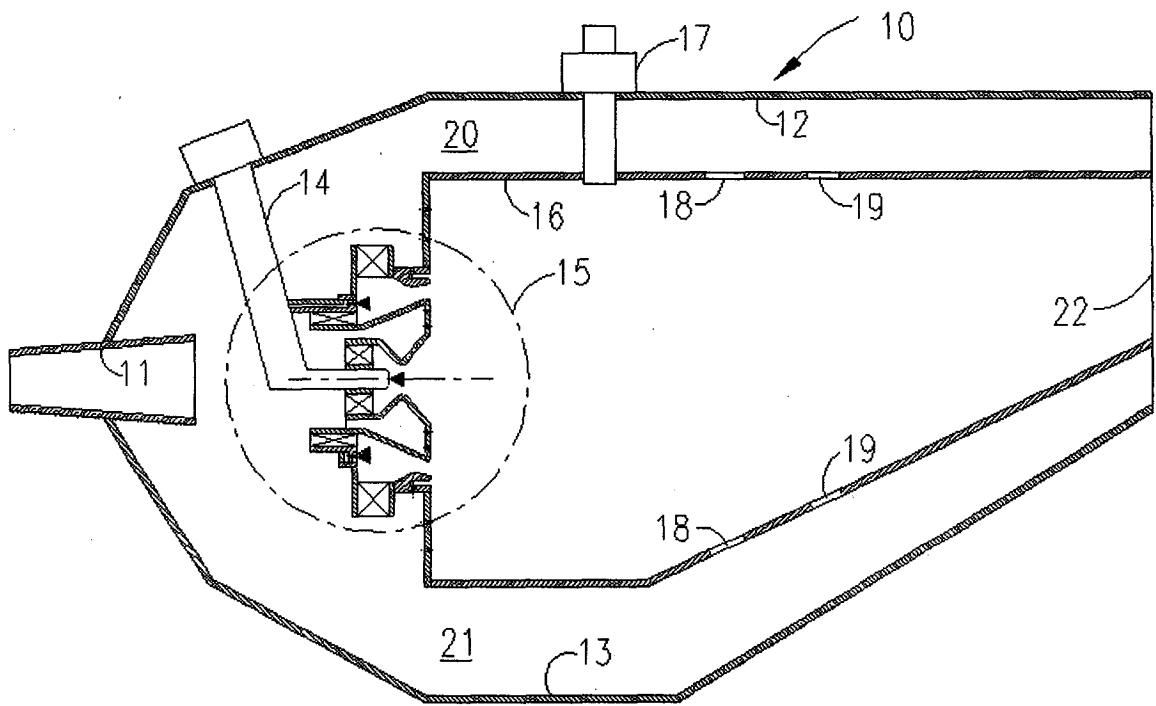


图 1

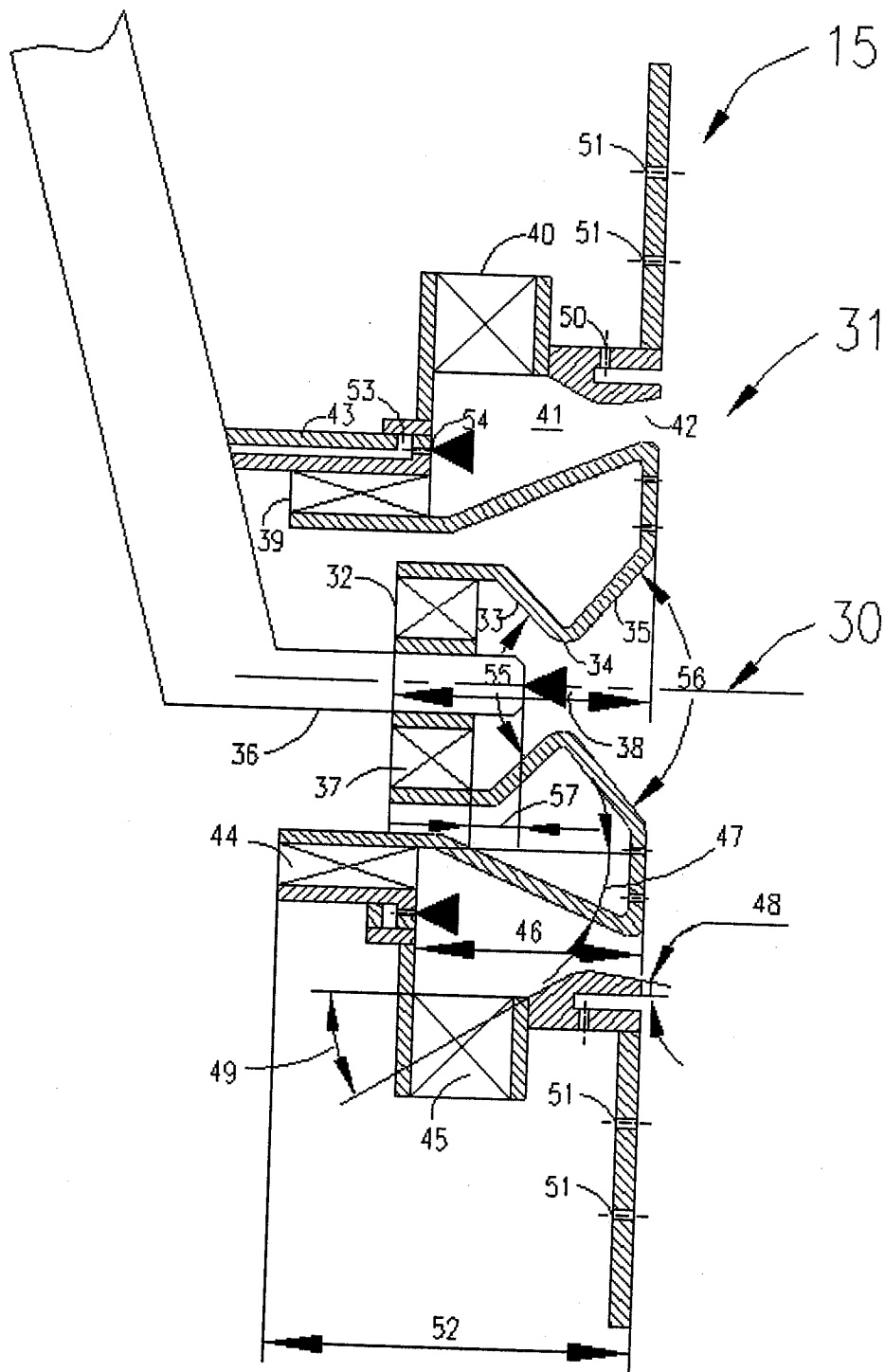


图 2