



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104048323 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 17

(21) 申请号 201410093498. 0

(22) 申请日 2014. 03. 13

(30) 优先权数据

13/838726 2013. 03. 15 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J. T. 斯图尔特 C. P. 基纳

H. M. 奥斯特比

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 李强 严志军

(51) Int. Cl.

F23R 3/02(2006. 01)

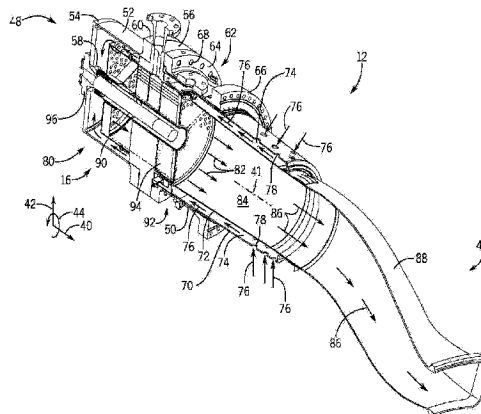
权利要求书1页 说明书18页 附图16页

(54) 发明名称

包括带有燃料喷嘴外壳的多管燃料喷嘴的系统

(57) 摘要

本发明公开一种系统,所述系统包括:多个多管燃料喷嘴,每个多管燃料喷嘴具有在轴向方向上延伸的多个管,其中所述多个管中的每个管包括空气入口、燃料入口以及燃料空气混合物出口;以及燃料喷嘴外壳,所述燃料喷嘴外壳包括:围绕中心轴线周向延伸的外壁,从所述外壁向内朝所述中心轴线延伸的多个径向壁,设置在所述外壁内的多个燃料喷嘴容器,其中所述多个径向壁使得所述多个燃料喷嘴容器彼此分开,并且所述多个多管燃料喷嘴设置在所述多个燃料喷嘴容器中,以及安装结构,所述安装结构包括从所述外壁向外延伸的多个径向支撑臂。



1. 一种系统,所述系统包括:

多个多管燃料喷嘴,每个多管燃料喷嘴具有在轴向方向上延伸的多个管,其中所述多个管中的每个管包括空气入口、燃料入口以及燃料空气混合物出口;以及

燃料喷嘴外壳,所述燃料喷嘴外壳包括:

外壁,所述外壁围绕中心轴线周向延伸;

多个径向壁,所述多个径向壁从所述外壁向内朝所述中心轴线延伸;

多个燃料喷嘴容器,所述多个燃料喷嘴容器设置在所述外壁内,其中所述多个径向壁使得所述多个燃料喷嘴容器彼此分开,并且所述多个多管燃料喷嘴设置在所述多个燃料喷嘴容器中;

安装结构,所述安装结构包括从所述外壁向外延伸的多个径向支撑臂。

2. 如权利要求1所述的系统,其中所述多个多管燃料喷嘴中的每个燃料喷嘴具有围绕相应燃料喷嘴周长暴露的所述多个管,并且所述燃料喷嘴外壳围绕每个燃料喷嘴的所述周长延伸。

3. 如权利要求1所述的系统,其中所述多个燃料喷嘴容器包括第一容器和第二容器,并且所述多个多管燃料喷嘴包括设置在所述第一容器中的第一多管燃料喷嘴和设置在所述第二容器中的第二多管燃料喷嘴。

4. 如权利要求3所述的系统,其中所述多个燃料喷嘴容器包括第三容器,并且所述多个多管燃料喷嘴包括设置在所述第三容器中的第三多管燃料喷嘴。

5. 如权利要求4所述的系统,其中所述第一容器包括由所述外壁以及所述多个径向壁中的第一和第二径向壁至少部分限定的第一饼形周长,所述第二容器包括由所述外壁和所述多个径向壁中的第二和第三径向壁至少部分限定的第二饼形周长,并且所述第三容器包括由所述外壁和所述多个径向壁中的第一和第三径向壁至少部分限定的第三饼形周长。

6. 如权利要求5所述的系统,其中所述外壁包括环绕圆形区域的环状外壁,其中所述第一、第二以及第三饼形周长各自包括占所述圆形区域约120度的扇形。

7. 如权利要求1所述的系统,其中所述燃料喷嘴外壳包括与所述外壁大体同轴的内壁,其中所述内壁连接至所述多个径向壁。

8. 如权利要求7所述的系统,其包括中心燃料喷嘴,所述中心燃料喷嘴设置在延伸通过所述内壁的中心通道中。

9. 如权利要求1所述的系统,其中所述多个燃料喷嘴容器中的每个容器通过所述多个径向支撑臂中的至少一个臂连接至一个燃料通道。

10. 如权利要求1所述的系统,其中所述多个径向壁中的每个壁包括至少一个孔隙,所述至少一个孔隙在所述多个燃料喷嘴容器中的相邻容器之间延伸。

包括带有燃料喷嘴外壳的多管燃料喷嘴的系统

技术领域

[0001] 本说明书所公开的主题涉及一种燃气涡轮发动机,并且更确切地,涉及一种用于所述燃气涡轮发动机的燃烧器的燃料喷嘴。

背景技术

[0002] 燃气涡轮发动机通常包括涡轮和带燃料喷嘴的燃烧器。燃料和空气的混合物在燃烧器内燃烧,以便产生热的燃烧气体,热的燃烧气体驱动涡轮中的涡轮叶片转动,并又驱动连接至例如发电机的负载上的轴转动。燃料空气混合物(例如,燃烧器中燃料空气混合的均匀性)可显著影响燃气涡轮发动机的功率输出、效率以及排气排放。另外,燃烧器中燃料空气混合物燃烧可导致燃烧动态、振动和热梯度,它们可影响如燃料喷嘴的各燃烧器部件的性能和寿命。例如,燃料喷嘴可能因其紧接热的燃烧产物而经受热生长。这些燃烧相关效应可能使得燃气涡轮发动机的设计、尤其燃烧器和燃料喷嘴设计变得复杂。

发明内容

[0003] 下文概述了与原始所要求的发明在范围上相当的某些实施例。这些实施例不旨在限制所要求的发明范围,相反,这些实施例仅旨在简要概述本发明的可能形式。实际来说,本发明会涵盖可能与下述实施例类似或不同的各种形式。

[0004] 一个实施例中,作为本申请的第一方面,一种系统包括多个多管燃料喷嘴,每个多管燃料喷嘴具有在轴向方向上延伸的多个管,其中所述多个管中每个管包括空气入口、燃料入口以及燃料空气混合物出口;以及燃料喷嘴外壳,所述燃料喷嘴外壳包括:外壁,所述外壁围绕中心轴线周向延伸;多个径向壁,所述多个径向壁从所述外壁向内朝所述中心轴线延伸;多个燃料喷嘴容器,所述多个燃料喷嘴容器设置在所述外壁内,其中所述多个径向壁使得所述多个燃料喷嘴容器彼此分开,并且所述多个多管燃料喷嘴设置在所述多个燃料喷嘴容器中;安装结构,所述安装结构包括从所述外壁向外延伸的多个径向支撑臂。

[0005] 第二方面,如上实施例所述的系统,其中所述多个多管燃料喷嘴中的每个燃料喷嘴具有围绕相应燃料喷嘴周长暴露的所述多个管,并且所述燃料喷嘴外壳围绕每个燃料喷嘴的所述周长延伸。

[0006] 第三方面,如上实施例所述的系统,其中所述多个燃料喷嘴容器包括第一容器和第二容器,并且所述多个多管燃料喷嘴包括设置在所述第一容器中的第一多管燃料喷嘴和设置在所述第二容器中的第二多管燃料喷嘴。

[0007] 第四方面,如上第三方面所述的系统,其中所述多个燃料喷嘴容器包括第三容器,并且所述多个多管燃料喷嘴包括设置在所述第三容器中的第三多管燃料喷嘴。

[0008] 第五方面,如上第四方面所述的系统,其中所述第一容器包括由所述外壁以及所述多个径向壁中的第一和第二径向壁至少部分限定的第一饼形周长,所述第二容器包括由所述外壁和所述多个径向壁中的第二和第三径向壁至少部分限定的第二饼形周长,并且所述第三容器包括由所述外壁和所述多个径向壁中的第一和第三径向壁至少部分限定的第

三饼形周长。

[0009] 第六方面,如上第五方面所述的系统,其中所述外壁包括环绕圆形区域的环状外壁,其中所述第一、第二以及第三饼形周长各自包括占所述圆形区域约 120 度的扇形。

[0010] 第七方面,如上实施例所述的系统,其中所述燃料喷嘴外壳包括与所述外壁大体同轴的内壁,其中所述内壁连接至所述多个径向壁。

[0011] 第八方面,如上第七方面所述的系统,其包括中心燃料喷嘴,所述中心燃料喷嘴设置在延伸通过所述内壁的中心通道中。

[0012] 第九方面,如上实施例所述的系统,其中所述多个燃料喷嘴容器中的每个容器通过所述多个径向支撑臂中的至少一个臂连接至一个燃料通道。

[0013] 第十方面,如上实施例所述的系统,其中所述多个径向壁中的每个壁包括至少一个孔隙,所述至少一个孔隙在所述多个燃料喷嘴容器中的相邻容器之间延伸。

[0014] 第十一方面,如上第十方面所述的系统,其中所述多个径向支撑臂中的至少一个臂包括燃料通道,所述燃料通道延伸至所述多个容器中的一个。

[0015] 第十二方面,如上实施例所述的系统,其中所述多个径向支撑臂中的每个臂包括机翼形横截面。

[0016] 第十三方面,如上实施例所述的系统,其中所述安装结构包括围绕所述外壁周向延伸的外法兰,其中所述多个径向支撑臂在所述外法兰与所述外壁之间径向延伸。

[0017] 第十四方面,如上第十三方面所述的系统,其包括了连接至所述外法兰的燃料法兰,其中燃料通道延伸通过所述燃料法兰、通过所述外法兰、通过所述多个径向支撑臂中的一个臂、通过所述外壁,并且进入所述多个燃料喷嘴容器中的一个容器中。

[0018] 第十五方面,如上实施例所述的系统,其中所述外壁包括:第一安装部,所述第一安装部配置用于支撑入口流量调节器;以及第二安装部,所述第二安装部配置用于支撑后板组件,其中所述第一安装部和所述第二安装部彼此轴向偏移。

[0019] 第十六方面,如上实施例所述的系统,其中所述第一安装部和所述第二安装部各自包括位于所述外壁中的多个径向开口、连接至所述外壁的多个径向销,或其组合。

[0020] 第十七方面,如上实施例所述的系统,其包括了具有所述多个多管燃料喷嘴和所述燃料喷嘴外壳的燃烧器、燃气涡轮发动机或其组合。

[0021] 另一实施例中,作为本申请的第十八方面,一种系统包括燃料喷嘴外壳,所述燃料喷嘴外壳包括:外壁,所述外壁围绕中心轴线周向延伸;多个径向壁,所述多个径向壁从所述外壁向内朝所述中心轴线延伸;多个燃料喷嘴容器,所述多个燃料喷嘴容器设置在所述外壁内,其中所述多个径向壁使得所述多个燃料喷嘴容器彼此分开,并且所述多个燃料喷嘴容器配置用于支撑多个多管燃料喷嘴;安装结构,所述安装结构包括从所述外壁向外延伸的多个径向支撑臂。

[0022] 第十九方面,如上第十八方面所述的系统,其中所述安装结构包括围绕所述外壁周向延伸的外法兰,所述多个径向支撑臂在所述外法兰与所述外壁之间径向延伸,并且所述多个径向支撑臂中的至少一个臂包括延伸至所述多个容器中的一个的燃料通道。

[0023] 另一实施例中,一种方法包括:将多个多管燃料喷嘴支撑在燃料喷嘴外壳中,其中所述燃料喷嘴外壳包括:外壁,所述外壁围绕中心轴线周向延伸;多个径向壁,所述多个径向壁从所述外壁向内朝所述中心轴线延伸;以及多个燃料喷嘴容器,所述多个燃料喷嘴容

器设置在所述外壁内,其中所述多个径向壁使得所述多个燃料喷嘴容器彼此分开,其中所述多个多管燃料喷嘴设置在所述多个燃料喷嘴容器中;以及用安装结构安装所述燃料喷嘴外壳,所述安装结构具有从所述外壁向外延伸的多个径向支撑臂。

附图说明

[0024] 在参照附图阅读以下详细描述时,将更好地理解本发明的这些和其他特征、方面及优点,在附图中,相似符号表示相似零件,其中:

[0025] 图 1 是根据实施例的具有微混合器系统的涡轮系统的框图;

[0026] 图 2 是根据实施例的带有图 1 所示微混合器系统的燃烧器的横截面透视侧视图;

[0027] 图 3 是根据实施例的微混合器系统的侧视图;

[0028] 图 4 是根据实施例的微混合器系统的分解横截面透视图;

[0029] 图 5 是根据实施例的燃料喷嘴外壳和多管燃料喷嘴的分解透视图;

[0030] 图 6 是根据实施例的燃料喷嘴外壳的前视图;

[0031] 图 7 是根据实施例的燃料喷嘴外壳的前视图;

[0032] 图 8 是根据实施例的燃料喷嘴外壳的前视图;

[0033] 图 9 是根据实施例的微混合器系统的局部横截面图;

[0034] 图 10 是图 9 所示微混合器系统沿线 10-10 的截面图,示出弹性金属密封件的实施例;

[0035] 图 11 是具有适于图 4 和 5 扇形燃料喷嘴的扇形构型的弹性金属密封件实施例的前端视图;

[0036] 图 12 是图 9 所示燃料喷嘴沿线 10-10 的截面图,示出具有单个转弯或拐弯的弹性金属密封件的实施例;

[0037] 图 13 是图 9 所示燃料喷嘴沿线 10-10 的截面图,示出具有多个转弯或拐弯的弹性金属密封件的实施例;

[0038] 图 14 是图 9 所示燃料喷嘴沿线 10-10 的截面图,示出具有多个转弯或拐弯从而限定出波纹管的弹性金属密封件的实施例;

[0039] 图 15 是根据实施例的后板组件的分解透视图;

[0040] 图 16 是根据实施例的图 9 中微混合器系统沿线 16-16 的截面图;

[0041] 图 17 是根据实施例的后板的截面图;

[0042] 图 18 是根据实施例的燃料喷嘴的入口流量调节器的后透视图;

[0043] 图 19 是根据实施例的入口流量调节器的前透视图;

[0044] 图 20 是根据实施例的入口流量调节器的局部横截面图;

[0045] 图 21 是根据实施例的入口流量调节器的局部横截面图;以及

[0046] 图 22 是根据实施例的入口流量调节器的局部横截面图。

具体实施方式

[0047] 下文将对本发明的一或多个特定的实施例进行描述。为了提供针对这些实施例的简要描述,可能不会在本说明书中描述实际实施方案中的所有特征。应当了解,在任何工程或设计项目中开发任何此类实际实施方案时,必须做出与实现方案特定相关的各种决策,

以便实现开发人员指定目标,如遵守系统相关和业务相关约束,这些约束可能会因实现方案不同而有所不同。另外,应当了解,此类开发工作可能复杂而且耗时,但对所属领域中受益于本发明的一般技术人员而言,这将仍是设计、制造以及生产中的常规任务。

[0048] 在介绍本发明的各实施例中的元件时,冠词“一”、“一个”、“该”以及“所述”旨在表示有一个或多个这种元件。术语“包括”、“包含”以及“具有”旨在表示包括性的含义并且表示除了所列元件之外可能还有另外元件。

[0049] 本发明的各实施例提供一种微混合器系统,所述微混合器系统包括入口流量调节器、后板组件、多管燃料喷嘴(例如,圆柱形或扇形燃料喷嘴)、弹性金属密封件(例如,金属波纹管)和燃料喷嘴外壳。某些实施例中,多管燃料喷嘴可包括 5 至 1000 个、10 至 500 个、20 至 250 个或 30 至 100 个混合管,它们在一个或多个组(例如,1、2、3、4、5、6 或更多组)中彼此大体平行。每个混合管可在直径上为约 0.25 至 5 厘米、0.5 至 3 厘米或 1 至 2 厘米。多管燃料喷嘴中的多个混合管使燃料和空气能小规模地混合(例如,微混合),从而帮助改进燃烧器中燃料空气混合的均匀性。

[0050] 燃料喷嘴外壳通过连接至入口流量调节器和后板组件并通过接收多管燃料喷嘴来支撑微混合器系统。当组装时,入口流量调节器和后板组件通过连接至燃料喷嘴外壳的相对末端来覆盖多管燃料喷嘴。某些实施例中,燃料喷嘴外壳可包括通过支杆连接在一起的第一环结构(即,内环结构)和第二环结构(即,外环结构)。燃料喷嘴外壳可将多管燃料喷嘴接收在内环结构内并将燃料径向输送至多管燃料喷嘴。确切地说,燃料喷嘴外壳可配置用于在大体径向方向上输送燃料通过外环结构、内环结构并且通过将内环结构连接至外环结构的支杆。燃料径向输送使得燃气涡轮系统能够包括位于燃烧器末端处的简单端板(例如,带有最少燃料输送孔隙或没有燃料输送孔隙的端板)。径向燃料输送还可增加燃料喷嘴在燃烧器内的使用空间(即,多管燃料喷嘴的管可占据先前通过端板进行燃料输送所用空间)。

[0051] 燃料喷嘴外壳中的支杆可包括燃料携载支杆和 / 或非燃料携载支杆。燃料喷嘴外壳支杆使得能够进行径向燃料输送,并且可增加振动(例如,微混合器系统谐振)抗性。例如,支杆可增加燃料喷嘴外壳刚性和 / 或改变微混合器系统谐振频率。另外,支杆可根据空气动力学成形(例如,机翼形状),以便减小通过外环结构与内环结构之间的压缩空气尾流。尾流减少还可减少微混合器系统中由通过燃烧器的压缩气流导致的振动。

[0052] 最后,燃料喷嘴外壳允许实现模块化的微混合器系统。例如,燃料喷嘴外壳可包括多个径向孔隙,所述多个径向孔隙使得微混合器系统的部件能容易地附接和拆离。确切地说,孔隙可接收销或其他的紧固件,以将入口流量调节器和后板组件连接至燃料喷嘴外壳。对入口流量调节器和后板组件的简单附接和拆离使得能够容易接近、维护或更换多管燃料喷嘴、入口流量调节器、后板组件和弹性金属密封件。

[0053] 在操作中,微混合器系统将空气和燃料在多管燃料喷嘴中混合,以便形成燃料空气混合物。燃料空气混合物在燃烧器中燃烧,以形成驱动涡轮的燃烧气体。多管燃料喷嘴可包括带有第一组开口的第一板、带有第二组开口的第二板和延伸通过第一和第二板中的开口组的多个管。所述管中每个管可具有位于第一轴向末端处的空气入口、介于第一与第二轴向末端之间的燃料入口以及位于第二轴向末端处的燃料空气混合物出口。具体地说,如下讨论,每个管配置用于预混(例如,以小规模混合或者说微混合)相应管内的燃料和空

气,并且随后输出燃料空气混合物以供在燃烧器(例如,燃气涡轮发动机的涡轮燃烧器)中燃烧。进入多管燃料喷嘴的空气温度可因压缩对空气做功而稍微升高,例如,约 200 至 500 摄氏度,而进入管的燃料可显著较冷,例如,约 20 至 250 摄氏度。另外,由于管接近于燃烧反应,因此可易于被热的燃烧产物加热。因此,在操作(例如,燃烧室中燃烧)中,多管燃料喷嘴的各部件、外壳结构、燃烧器、燃料供应导管、安装部等等可能经受不同速率的热膨胀,从而导致更快膨胀部件对更慢膨胀部件施加力。例如,多管燃料喷嘴中的多个管经受的热膨胀速率可能比周围燃料外壳结构、安装部、燃烧器和 / 或其他结构的热膨胀速率更大。

[0054] 为了减缓由部件材料的热膨胀和 / 或收缩导致的诱导应力,微混合器系统可包括弹性金属密封件(例如,金属波纹管)。例如,金属波纹管可具有围绕包含板和管组件的空间设置的壁(例如,环状或非环状的壁),其中所述壁具有一个或多个转弯或拐弯(例如,波形、振荡或 Z 形图案),它们能够弹性折叠或展开以使得金属波纹管的壁能膨胀和收缩。因此,弹性可调整性(例如,壁的折叠和展开)使得金属波纹管能适应板、管组件和周围部件之间的热膨胀和收缩。在没有弹性金属密封件(例如,金属波纹管)的情况下,轴向位移可导致多管燃料喷嘴部件内的应力、燃料 / 空气泄漏、燃烧器内压力损失或者其他负面效应。当置于第一板与外壳结构之间时,弹性金属密封件(例如,金属波纹管)可在轴向方向上膨胀或收缩从而减小管的热膨胀或收缩效应,同时维持燃料喷嘴内的腔室之间连续工作密封。另外,弹性金属密封件的使用可使设计更模块化,并且因此,构造容易、组装 / 拆卸过程简单、设备更换成本降低,并且维护停机时间减少。

[0055] 微混合器系统还可包括后板组件,以便提供对多管燃料喷嘴的另外保护(即,抵抗热应力)。确切地说,后板组件可阻止燃烧器中燃烧反应与多管燃料喷嘴之间的直接接触,还可形成用于对流冷却多管燃料喷嘴的空气冷却腔室。尽管空气冷却腔室对流冷却多管燃料喷嘴,但是后板组件阻止燃烧反应与多管燃料喷嘴之间直接接触。确切地说,后板组件包括后板,所述后板带有允许燃料空气混合物离开多管燃料喷嘴的孔隙,并同时覆盖多管燃料喷嘴以抵抗来自燃烧反应的传热。一些实施例中,后板可包括热障涂层,以便增加对燃烧反应的热阻。在另一些实施例中,后板可包括从空气冷却腔室接收气流的扩散冷却孔隙。扩散冷却孔隙在后板上形成冷却薄膜,所述冷却薄膜保护后板并且减少传热。其他实施例中,后板组件可包括配置用于在冷却气流离开扩散冷却孔隙前将气流冲击到后板上的冲击板,由此增加对后板的热保护并减少到多管燃料喷嘴的传热。在操作中,冲击板使冷却气流随其流过冲击孔而加速。冲击孔指引冷却气流与后板接触,其中冷却气流在穿过后板(例如,穿过扩散冷却孔隙和 / 或后板与多管燃料喷嘴的管之间的空间)前吸收热量。

[0056] 最后,微混合器系统可包括入口流量调节器。入口流量调节器配置用于过滤进入微混合器系统中的气流,并将气流均匀分布到多管燃料喷嘴的每个管中。为了将气流过滤到微混合器系统之中,入口流量调节器可包括比多管燃料喷嘴的管中的孔隙要小的孔隙。因此,能够进入多管燃料喷嘴的管中的碎片可被入口流量调节器阻止。如上提及,入口流量调节器可将气流均匀分布到多管燃料喷嘴的每个管中。确切地说,入口流量调节器可包括径向孔隙和转向导件,它们将气流引导到多管燃料喷嘴中的最外侧管。然而,其他实施例中,入口流量调节器可包括组合了或未组合有转向导件的倾斜的孔隙,以便将气流引导到多管燃料喷嘴中的最外侧管。通过将气流均匀分布到多管燃料喷嘴的管,多管燃料喷嘴以合适比率混合并且分布燃料空气混合物,以便实现最佳燃烧、排放、燃料耗量以及功率输

出。确切地说,微混合器系统可减少来自燃气涡轮系统的非期望的排放物(例如, NO_x 、 CO 、 CO_2 等等)水平。

[0057] 图 1 是燃气涡轮系统 10 的框图。如下详细所述,所公开的涡轮系统 10 可采用一个或多个径向支撑的燃料喷嘴(例如,多管燃料喷嘴)。涡轮系统 10 可使用液体或气体燃料(如天然气和 / 或富氢合成气)来驱动涡轮系统 10。如所描绘,燃烧器 12 从燃料供源 14 进气,将燃料与空气混合以供在燃烧器 12 内分布并燃烧。确切地说,燃烧器 12 包括微混合器系统 16,所述微混合器系统 16 径向支撑多管燃料喷嘴并且对其提供燃料。某些实施例中,微混合器系统 16 包括围绕中心燃料喷嘴布置的多个燃料喷嘴。多管燃料喷嘴以合适比率混合并且分布燃料空气混合物,以便实现最佳燃烧、排放、燃料耗量以及功率输出。确切地说,微混合器系统 16 减少了来自涡轮系统 10 的非期望的排放物(例如, NO_x 、 CO 、 CO_2 等等)水平。

[0058] 在操作中,燃料空气混合物在燃烧器 12 内的腔室中燃烧,从而形成热的加压排气。燃烧器 12 指引排气通过涡轮 18 朝向排气出口 20。当排气通过涡轮 18 时,排气推动涡轮叶片以使轴 22 沿涡轮系统 10 轴线转动。如图所示,轴 22 可连接至涡轮系统 10 的各部件,包括压缩机 24。压缩机 24 还可包括连接至轴 22 的叶片。当轴 22 转动时,压缩机 24 内的叶片也会转动,从而通过压缩机 24 压缩来自空气进口 26 的空气并且指引空气进入多管燃料喷嘴和 / 或燃烧器 12 中。轴 22 还可连接至负载 28,例如,负载可为车辆或者固定负载,如电厂中的发电机或飞机上的推进器。负载 28 可包括能够由涡轮系统 10 的转动输出供电的任何合适装置。

[0059] 图 2 是根据实施例的燃烧器 12 的横截面透视侧视图。如图 2 所示,轴向方向或者轴线 40 沿燃烧器 12 的中心轴线 41 在长度方向上延伸,径向方向或者轴线 42 朝着或远离中心轴线 41 延伸(例如,与轴线 40 垂直),并且周向方向 44 围绕轴向轴线 40 和中心轴线 41 延伸。燃烧器 12 包括下游端 46 以及上游端或头端 48。下游端 46 位于涡轮 18 第一级附近,而上游端 48 与下游端 46 相反并且位于与涡轮 18 第一级较远的地方。燃烧器 12 包括多个壳体和壁,它们围起燃烧器 12 并包含压缩空气和燃料。从上游端 48 开始,燃烧器 12 包括连接至端板 54 的端壳体 52。如图所示,端板 54 可为简单端板,其包括了单个燃料喷嘴孔隙 58。然而,一些实施例中,端板 58 将不包括燃料喷嘴孔隙 58。端板 54 能以多种方式连接至端壳体 52,所述方式包括紧固件或焊接。与端板 54 相反,端壳体 52 连接至燃料喷嘴外壳 56。为了连接至燃料喷嘴外壳 56,端壳体 52 包括法兰 60,所述法兰 60 使得端壳体 52 能附接到燃料喷嘴外壳 56。例如,端壳体 52 可用延伸通过法兰 60 和燃料喷嘴外壳 56 中多个孔隙的紧固件(例如,带螺纹的紧固件,如螺栓)来连接至燃料喷嘴外壳 56。

[0060] 在方向 40 上继续,燃烧器 12 包括后壳体 62。后壳体 62 包括了第一法兰 64 和第二法兰 66。第一法兰 64 使得后壳体 62 能连接至燃料喷嘴外壳 56。确切地说,第一法兰 64 可包括多个孔隙 68,所述孔隙 68 允许紧固件(例如,带螺纹的紧固件,如螺栓)将后壳体连接至燃料喷嘴外壳 56。与第一法兰 64 相反,后壳体 62 附接或接触导流套筒 70,所述导流套筒 70 帮助冷却燃烧器 12 的部件。在径向方向 42 上继续向内是燃烧内衬 72。燃烧内衬 72 包含燃烧反应。空的空间设置在导流套筒 70 与燃烧内衬 72 之间,并可称作环带 74。内衬 72 围绕燃烧器 12 的轴线 41 周向 44 延伸,环带 74 围绕内衬 72 周向 44 延伸,并且导流套筒 72 围绕环带 74 周向 44 延伸。环带 74 指引气流通向燃烧器上游端 48。更确切地,在操作中,

来自压缩机 24 的气流 76 进入环绕导流套筒 70 的空气腔室。导流套筒 70 包括径向注射孔隙 78, 所述径向注射孔隙 78 使得压缩气流 76 能够通过导流套筒 70 并进入环带 74 中。在空气 76 通过孔隙 78 后, 环带 74 将压缩空气 76 朝上游端 48 引导。在上游端 48 中, 压缩空气 76 可朝着一个或多个燃料喷嘴 80 转向或者重新定向。燃料喷嘴 80 配置用于部分预混合空气和燃料, 以便形成燃料空气混合物 82。燃料喷嘴 80 将燃料空气混合物 82 排放到燃烧区 84 中, 在所述燃烧区 84 中, 发生燃烧反应。燃烧反应产生热的加压燃烧产物 86。这些燃烧产物 86 随后行进通过过渡连接件 88 到达涡轮 18, 从而驱动涡轮叶片以产生转矩。

[0061] 如上说明, 燃烧器包括了微混合器系统 16。微混合器系统 16 包括燃料喷嘴外壳 56、燃料喷嘴 80、入口流量调节器 90 以及后板组件 92。如下详细说明, 微混合器系统 16 功能在于保护多管燃料喷嘴 80 以防碎片和热生长 / 梯度; 并对喷嘴 80 中的每个微混合器管提供合适比率的气流和燃料, 从而减少非期望的排放。微混合器系统 16 可包括多个燃料喷嘴 80, 所述燃料喷嘴 80 包括多管燃料喷嘴和 / 或其他燃料喷嘴 (例如, 旋流导叶喷嘴)。所示实施例中, 微混合器系统 16 包括由燃料喷嘴外壳 56 支撑的多管燃料喷嘴 94 以及中心值班燃料喷嘴 96。燃料喷嘴 80 将燃料与空气组合, 从而形成燃料空气混合物以供在燃烧区 84 中燃烧。像多管燃料喷嘴 94 一样, 值班喷嘴 96 将燃料与空气组合, 从而形成供燃烧的燃料空气混合物。然而, 值班喷嘴 96 可有助于锚定用于其余燃料喷嘴 94 的燃烧火焰。

[0062] 图 3 是根据实施例的微混合器系统 16 的侧视图。如上说明, 微混合器系统 16 包括燃料喷嘴外壳 56、入口流量调节器 90 以及后板组件 92。燃料喷嘴外壳 56 径向支撑多管燃料喷嘴 80 (即, 在燃料喷嘴外壳 56 内) 并为入口流量调节器 90 和后板组件 92 提供连接点。另外, 燃料喷嘴外壳 56 允许实现到燃料喷嘴 80 的径向燃料输送 (即, 在径向方向 42 上)。径向支撑和燃料输送使燃烧器 12 能够使用简单端板 54 并为多管燃料喷嘴 94 增加可用表面积。

[0063] 燃料喷嘴外壳 56 包括第一环结构 120 (例如, 外壁) 和第二环结构或安装结构 122 (例如, 外法兰)。如上说明, 燃料喷嘴外壳 56 连接至端壳体 52 和后壳体 62。确切地说, 第二环结构 122 连接至端壳体 52 和后壳体 62, 由此将微混合器系统 16 固定在燃烧器 12 内。第一环结构 120 和第二环结构 122 可彼此同心, 并且通过多个支杆 124 (例如, 径向支撑臂或者机翼) 来连接在一起。支杆 124 可集成到燃料喷嘴外壳 56。例如, 第一环结构 120、第二环结构 122 和支杆 124 可使用相加工艺 (additive process) 来由坯料加工、铸造或生长。其他实施例中, 第一环结构 120、第二环结构 122 和支杆 124 可通过焊接、铜焊、螺栓或其他紧固件来联接。如图所示, 支杆 124 可根据空气动力学成形。例如, 支杆 124 可具有机翼形状或者其他类型空气动力学形状。空气动力学形状使得支杆 124 能在气流通过第一环结构 120 与第二环结构 122 之间时减少气流尾流。尾流减少使振动减少并且改进进入入口流量调节器 90 中的气流。支杆 124 还可允许实现到燃料喷嘴 94 的径向燃料输送。确切地说, 支杆 124 可包括与第二环结构 122 和第一环结构 124 中的孔隙流体连通的孔隙。因此, 燃料随后能够流自连接至燃料法兰 126 的外部来源 125、通过燃料喷嘴外壳 56 并且进入燃料喷嘴 94, 而非通过端板 54。燃料喷嘴外壳 56 还可包括冷却孔隙 128。冷却孔隙 128 使得冷却气流能够流入燃料喷嘴外壳 56 中 (例如, 在径向方向 42 上) 以冷却多管燃料喷嘴 94 和后板组件 92, 由此延长多管燃料喷嘴 94 和后板组件 92 的操作寿命。

[0064] 图 4 是微混合器系统 16 的分解横截面透视图。如图所示, 微混合器系统 16 可为

模块化的系统,其促进了部件的附接和拆离。确切地说,微混合器系统 16 能够可移除地附接入口流量调节器 90 和后板组件 92 并将其从燃料喷嘴外壳 56 拆离。附接和拆离入口流量调节器 90 和后板组件 92 的能力使得容易接近燃料喷嘴 94 以供进行维护或更换。此外,增加的模块性可导致组装/拆卸过程更为简单、维护过程时间高效、更换作业更小并且性能增加。

[0065] 如图所示,入口流量调节器 90 围绕轴线 41 周向 44 延伸,并且可具有大体环状的壁,所述大体环状的壁具有小于第一环结构 120 内径 152 的外径 150。直径上的差别使得入口流量调节器 90 能够轴向 40 滑动到第一环结构 120 中。入口流量调节器 90 随后能够通过第一安装部 153 附接或安装。第一安装部 153 可包括第一环结构 120、多个紧固件 154、第一环结构 120 中的孔隙 156 以及入口流量调节器 90 中的孔隙 158。紧固件 154 通过第一环结构 120 中的孔隙 156 和入口流量调节器 90 中的对应孔隙 158 将入口流量调节器 90 连接至第一环结构 120。紧固件 154 可为螺栓、铆钉、销或其他可移除的紧固件。或者,入口流量调节器 90 可通过铜焊、焊接或甚至是焊接/铜焊与螺栓或铆钉组合来连接至第一环结构 120。在又一些实施例中,入口流量调节器 90 的直径 150 可大于第一环结构 120 的直径 152,以使入口流量调节器 90 能够轴向 40 滑过并连接至第一环结构 120 外部。

[0066] 后板组件 92 围绕轴线 41 周向 44 延伸,并可具有可连接至燃料喷嘴外壳 56 的大体环状的壁。后板组件 92 可限定外径 160,所述外径 160 小于第一环结构 120 的内径 152。直径上的差别使得后板组件 92 能够轴向 40 滑动到第一环结构 120 中。后板组件 92 通过第二安装部 161 附接或安装到燃料喷嘴外壳 56。第二安装部 161 可包括第一环结构 120、多个紧固件 162、孔隙 164 以及后板组件 92 中的孔隙 166。紧固件 162 通过第一环结构 120 中的孔隙 164 和后板组件 92 中的对应孔隙 166 将后板组件 92 连接至第一环结构 120。紧固件 162 可为螺栓、铆钉、销或其他可移除的紧固件。或者,后板组件 92 可通过铜焊、焊接或将螺栓或铆钉焊接/铜焊在合适位置而连接至第一环结构 120。为了控制冷却空气以免通过后板组件 92 与第一环结构 120 之间,微混合器系统 16 可包括处于后板组件 92 与第一环结构 120 之间的密封件 168(例如,密封箍)。在又一些实施例中,后板组件 92 的直径 160 可大于第一环结构 120 的直径 152,以使后板组件 92 能够轴向 40 滑过并连接至第一环结构 120 外部。

[0067] 图 5 是燃料喷嘴外壳 56 实施例的透视前端视图,示出燃料喷嘴 94(例如,多管燃料喷嘴)。确切地说,图 5 示出在燃料喷嘴外壳 56 的燃料喷嘴容器 190 中处于不同组装阶段的燃料喷嘴 94。例如,所示实施例中,燃料喷嘴 94 中的一个完全安装在燃料喷嘴容器 190 中,而第二燃料喷嘴 94 正准备插入到相邻燃料喷嘴容器 190 中。出于图示目的,剩余燃料喷嘴容器 190 为空(即,没有安装第三燃料喷嘴 94)。所示实施例中,每个燃料喷嘴容器 190 具有截顶饼形周长 188,所述截顶饼形周长 188 可由相对弯曲侧部 189 和相对会聚侧部 191 来限定。另外,所示燃料喷嘴外壳 56 具有三个相等大小的燃料喷嘴容器 190,每个都具有截顶饼形周长 188。其他实施例中,燃料喷嘴外壳 56 可具有 2、3、4、5、6、7、8、9、10 或更多个带有截顶饼形周长 188 的燃料喷嘴容器 190。然而,每个燃料喷嘴容器 190 可类似任何形状,如圆形、矩形、三角形、饼形或者任何其他合适几何形状。

[0068] 所示燃料喷嘴 94 具有截顶饼形周长 91,所述截顶饼形周长 91 可由相对弯曲侧部 93 和相对会聚侧部 95 来限定。截顶饼形周长 91 设定轮廓或成形为用于配合到容器 190

的截顶饼形周长 188 中。燃料喷嘴 94 包括布置在板 194、196 和 198 内的多个微混合器管 192 (例如,混合管)。某些实施例中,多管燃料喷嘴 94 可包括 5 至 1000 个、10 至 500 个、20 至 250 个或 30 至 100 个管 192,它们沿轴线 41 彼此大体平行。每个管 192 可在直径上为约 0.25 至 5 厘米、0.5 至 3 厘米或 1 至 2 厘米。板 194、196 和 198 彼此轴向偏移距离 200 和 202,从而形成带有燃料喷嘴外壳 56 的腔室。在本实施例中,存在有三个支撑板,但其他实施例中,可能存在有两个或更多个支撑板(例如,2、3、4、5、6 等等)。通过这种方式,板 194、196 和 198 以指定图案来支撑、间隔并且布置微混合器管 192。所示实施例中,管 192 沿每个燃料喷嘴 94 的侧部 93 和 95 暴露出来。换句话说,每个燃料喷嘴 94 并不包括其自己的专用外壳,相反,燃料喷嘴外壳 56 用作多个燃料喷嘴 94 的公共或共享外壳。因此,每个燃料喷嘴 94 可描述为管束 192,其可轴向 40 插入外壳 56 中的相应容器 190 并从其中移除。

[0069] 图 6 是燃料喷嘴外壳 56 的前视图,所述燃料喷嘴外壳 56 配置用于支撑多个燃料喷嘴 80 (例如,多管燃料喷嘴 94、中心燃料喷嘴 96 等等)并为入口流量调节器 90 和后板组件 92 提供连接点。如上说明,燃料喷嘴外壳 56 包括了第一环结构 120 和第二环结构 122。为了将燃料喷嘴外壳 56 连接至相邻的燃烧器壳体,第二环结构 122 包括多个孔隙 220。孔隙 220 可接收使得燃料喷嘴外壳 56 能连接至燃烧器端壳体 52 和燃烧器后壳体 62 上的法兰的紧固件(例如,带螺纹的紧固件或螺栓)。第一环结构 120 和第二环结构 122 可围绕轴线 41 彼此同心。如图所示,第一环结构 120 限定外径 222,所述外径 222 小于第二环结构 122 的内径 224。直径上的差别 226 形成介于第一环结构 120 与第二环结构 122 之间的气流通道 228。气流通道 228 使得空气能够在上游方向上流过燃料喷嘴外壳 56,流向端板 54。

[0070] 气流通道 228 由将第一环结构 120 连接至第二环结构 122 的支杆 124 分开。所示实施例中,燃料喷嘴外壳 56 可包括两种支杆:(1)燃料携带支杆 230;以及(2)未携带燃料的支杆 232。支杆 124 还可集成到燃料喷嘴外壳 56 并配置用于减少燃料喷嘴外壳 56 中的谐振。例如,支杆 124 可根据空气动力学成形,以便减少通过气流通道 228 的气流中的尾流。另外,支杆 124 可提供适当量的硬度,以便解调谐振频率振动或改变燃料喷嘴外壳 56 的谐振频率。例如,在本实施例中,燃料喷嘴外壳 56 包括三个燃料支杆 230 和三个支撑支杆或结构支杆 232。其他实施例中,燃料喷嘴外壳 56 可包括更多燃料支杆 230 (例如,1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 或更多个),或者更多支撑支杆 232(例如,1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 或更多个)。其他实施例中,支杆 124 的一些或全部可更大和/或更硬,以便调谐谐振或者在燃料喷嘴外壳 56 内的特定位置处提供另外支撑。

[0071] 如上说明,燃料喷嘴外壳 56 允许实现到燃料喷嘴 80 的径向燃料 42 输送。燃料喷嘴外壳 56 通过连接至第二环结构 122 外表面 234 的燃料法兰 126 接收燃料。当通过燃料法兰 126 时,燃料进入第二环结构 122 中的孔隙 236。在通过孔隙 236 后,燃料进入燃料支杆 230,所述燃料支杆 230 包括通向第一环结构 120 中孔隙 240 的孔隙 238。当通过第二环结构 120 时,燃料进入燃料喷嘴容器 190,以供燃料喷嘴 80 使用。如上说明,通过燃料喷嘴外壳 56 进行的径向支撑和燃料输送使端板 54 能够简化,并在第一环结构 120 内为多管燃料喷嘴 94 增加可用表面积(例如,微混合器管 192 的数量和/或大小)。

[0072] 在本实施例中,存在由径向的分隔壁或板 242 分开的三个燃料喷嘴容器 190。然而,可存在任何数量燃料喷嘴容器 190(例如,1、2、3、4、5、6 或更多个)。如图所示,非燃料支杆 232 与板 242 对齐,同时燃料支杆 230 居中定位在壁 242 之间。然而,其他实施例中,燃

料支杆 230 和非燃料支杆 232 可定位在其他地方。径向的分隔壁或板 242 连接至第一环结构 120 并连接至第三环结构 244(例如,第一内壁)。第三环结构 244 可与第一环结构 120 和第二环结构 122 同心并限定中心容器 246。中心容器 246 可配置用于接收可有助于锚定周围多管燃料喷嘴 94 的燃烧反应的中心燃料喷嘴或值班喷嘴 96。然而,其他实施例中,中心容器 246 可配置用于接收圆形多管燃料喷嘴。另外,其他实施例可具有更大、更小或无中心容器 246。所示实施例中,燃料喷嘴容器 190 具有截顶饼形周长 188,并且中心容器 246 是圆形的。然而,燃料喷嘴容器 190 和中心容器 246 可类似任何形状,如圆形、矩形、三角形、饼形或者任何其他合适几何形状。如上说明,燃料喷嘴外壳 56(即,第一环结构 120、第三环结构 244 以及径向的分隔壁 242)有益地提供了用于多管燃料喷嘴 94 的外壳。因此,每个燃料喷嘴 80 都不要其自己的独立外壳,并且因此能以更低成本进行更换。

[0073] 图 7 是根据实施例的燃料喷嘴外壳 56 的前视图。如图所示,燃料喷嘴外壳 56 径向连接至六个燃料法兰 126。燃料喷嘴外壳 56 从燃料法兰 126 接收燃料并将燃料径向 42 输送到燃料喷嘴容器 190,以供燃料喷嘴 80 使用。如上说明,在进入燃料喷嘴容器 190 前,燃料通过第二环结构 122、燃料支杆 230 以及第一环结构 120 中的孔隙。所示实施例中,每个燃料喷嘴容器 190 是由两个燃料法兰 126 供料。两个燃料法兰 126 通过两个对应燃料支杆 230 将燃料从第二环结构 122 携载到第一环结构 120。其他实施例中,对于每个燃料喷嘴容器可存在附加燃料法兰 126(例如,1、2、3、4、5 或更多个燃料法兰 126),它们通过对应数量燃料支杆 230(例如,1、2、3、4、5 或更多个燃料支杆 230)输送燃料。

[0074] 如图 7 进一步地所示,径向的板 242 可包括使得燃料能从一个燃料喷嘴容器 190 流到相邻燃料喷嘴容器 190 的孔隙 248。例如,孔隙 248 可分布在板 242 上,以便帮助将燃料更均匀地分布在燃料喷嘴 94 的管 192 之间。进一步举例来说,孔隙 248 的数量(例如,1 至 1000)、大小(例如,直径)、形状(例如,圆形、椭圆形、三角形、方形、多边形等等)、轴向 40 位置以及径向 42 位置可不同,以便控制燃料在容器 190 之间的分布,并且因此控制燃料在燃料喷嘴 94 的多个管 192 之间的分布。一些实施例中,板 242 中每个可并不包括孔隙 248、包括更多孔隙 248(例如,0、1、2、3、4、5、10、15、20、25 或更多个孔隙 248),或者板 242 之间的孔隙 248 数量并不相同。例如,一个板 242 可包括两个孔隙 248,而剩余的板分别具有五个和十个孔隙 248。在板 242 中带有孔隙 248 的实施例中,可存在更少的燃料法兰 126 和燃料支杆 230,因为燃料可在燃料喷嘴容器 190 之间自由流动。因此,单个燃料法兰 126 和燃料支杆 230 可将所有燃料供应到燃料喷嘴容器 190。另外,图 7 示出第三环结构 244 可包括孔隙 250。孔隙 250 允许燃料喷嘴容器 190 中的燃料进入中心容器 246。在本实施例中,存在三个孔隙 250,然而,不同实施例中,可存在不同数量孔隙 250(例如,0、1、2、3、4、5、10、15 或更多个孔隙 250)。在又一些实施例中,第三环结构 244 可包括仅仅与一些燃料喷嘴容器 190 连通的孔隙 250。例如,第三环结构 244 可仅仅包括介于中心容器 246 与其中一个燃料喷嘴容器 190 之间的孔隙 250。

[0075] 图 8 是根据实施例的燃料喷嘴外壳 56 的前视图。所示实施例中,燃料喷嘴外壳 56 包括三个燃料喷嘴容器 190。这些燃料喷嘴容器 190 中的每个占据第一环结构 120 内约 120 度的区域。实际来说,图 8 示出并不带有之前附图中示出的中心容器的实施例。尽管图 8 示出仅仅三个燃料喷嘴容器 190,但其他实施例可包括由板 242 分开的不同数量的燃料喷嘴容器 190(例如,1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 或更多个燃料喷嘴容器 190)。另外,这些燃料喷

嘴容器 190 中的每个可占据第一环结构内相等或不同量的区域。例如,一个燃料喷嘴容器 190 可占据第一环结构 120 的 180 度,而剩余燃料喷嘴容器 190 分别占据了 90 度。

[0076] 图 9 是根据实施例的微混合器系统 16 的局部横截面图。如上说明,微混合器系统 16 包括燃料喷嘴外壳 56、燃料喷嘴 80、入口流量调节器 90 以及后板组件 92。燃料喷嘴外壳 56 通过以下方式径向支撑微混合器系统 16:连接在端壳体 52 与后壳体 62 之间,或者更确切地,连接到端壳体 52 的法兰 60 和后壳体 62 的第一法兰 64。当燃料喷嘴外壳 56 连接在端壳体 52 与后壳体 62 之间时,燃料喷嘴外壳 56 能够径向支撑燃料喷嘴 80 并将燃料径向供应到燃料喷嘴 80。燃料喷嘴 80 可为多管燃料喷嘴 94 或与值班燃料喷嘴 96 组合的多管燃料喷嘴 94。所示实施例中,燃料喷嘴外壳 56 支撑多管燃料喷嘴 94 以及中心值班燃料喷嘴 96。

[0077] 在操作中,燃料喷嘴 80 (例如,多管燃料喷嘴 94 和值班燃料喷嘴 96) 将燃料与空气组合,从而形成燃料空气混合物以供在燃烧区 84 中燃烧。燃料喷嘴 80 从压缩机 24 接收气流。如上说明,压缩机 24 将气流排放到环绕燃烧器 12 下游端 46 的空气腔室中。导流套筒 70 中的径向注射孔隙 78 使得气流 76 能够通过导流套筒 70 并且进入环带 74。由导流套筒 70 和燃烧内衬 72 形成的环带 74 将气流导向燃烧器 16 的上游端 48。在上游端 48 中,气流 76 进入入口流量调节器 90。如下更详细地描述,入口流量调节器 90 配置用于帮助在燃料喷嘴 94 周围周向 44 分布气流,从而帮助将更均等量的气流提供到燃料喷嘴 94 的每个管 192 中。另外,入口流量调节器 90 可充当过滤器,以便帮助阻止颗粒物质通到容器 190 之中,从而帮助减少管 192 的堵塞。在通过入口流量调节器 90 后,压缩空气进入多管燃料喷嘴 94 的管 192 中。管 192 将压缩空气与燃料 260 组合,从而形成在燃烧区 84 中燃烧的燃料空气混合物 262。燃料 260 通过燃料法兰 126 径向进入燃料喷嘴外壳 56。燃料 260 随后通过相应孔隙 236、238 和 240 而穿过第二环结构 122、燃料支杆 230 以及第一环结构 120。当燃料 260 通过第一环结构 120 时,燃料 260 进入燃料喷嘴容器 190,以供燃料喷嘴 94 使用。如上说明,通过燃料喷嘴外壳 56 进行的径向支撑和燃料输送使端板 54 能够简化,并为多管燃料喷嘴 94 增加可用表面积(例如,微混合器管 192 的数量和 / 或大小)。

[0078] 多管燃料喷嘴 94 包括延伸通过相应板 194、196 和 198 中的孔隙 264、266 和 268 的多个管 192。所示实施例中,多管燃料喷嘴 94 包括三个板 194、196 和 198,它们彼此轴向偏移以限定腔室 270 和 272。当燃料 260 进入多管燃料喷嘴 94 时,燃料 260 首先进入腔室 270。燃料 260 在向下游流到腔室 272 中之前分布在整个腔室 270 内。腔室 270 还有助于平衡围绕所有管 192 的燃料的压力和流量。如图所示,板 196 包括允许燃料离开腔室 270 并进入腔室 272 的孔隙 274。一些实施例中,管孔隙 266 可形成充足空间以供燃料围绕管 92 从腔室 270 流到腔室 272 中。在又一些实施例中,管孔隙 266 和孔隙 274 可使得燃料 260 能够从腔室 270 流到腔室 272 中。孔隙 266 和 / 或 274 配置用于帮助将燃料更均匀地分布到腔室 272 之中,从而随后在进入管 192 之前进一步地平衡燃料的压力和流量。在腔室 272 中,燃料 260 通过燃料入口或槽 276 (例如,1 至 100 个燃料入口) 进入管 192。当燃料 260 通过燃料入口 276 时,燃料 260 与通过空气入口 278 的空气 76 混合。在通过出口 280 离开前,燃料空气混合物 262 随后行进通过管 192。所示实施例中,燃料入口 276 在腔室 272 内。然而,其他实施例中,燃料入口 276 可在腔室 270 中或在腔室 270 和 272 两者中。在又一些实施例中,燃料喷嘴 94 可不包括板 196,并且燃料入口 276 可位于板 194 与板 198 之间。

[0079] 如上说明,多管燃料喷嘴 94 可包括板 194、196 和 198。板 194、196 和 198 可固定或相对于管 192、燃料喷嘴外壳 56 和 / 或燃烧器 16 的其他支撑结构可移动。例如,板 194、196 和 198 可与管 192 具有通过焊接、铜焊、栓接和 / 或形成干涉配合来形成的固定连接。进一步举例来说,可移动的连接件 282 (例如,弹性金属密封件)可定位在板 194、196 和 198 中的一个或多个与燃料喷嘴外壳 56 之间。可移动的连接件 282 使得一个或多个板 194、196 和 198 能够响应于管 192 的热膨胀和收缩而在轴向方向 40 上移动。所示实施例中,板 194、196 和 198 与管 52 具有固定连接,但板 194 和 198 与燃料喷嘴外壳 56 具有可移动的连接件 282 (例如,弹性金属密封件)。另一实施例中,板 194 可与燃料喷嘴外壳 56 和管 192 具有固定连接,而板 196 和 198 与燃料喷嘴外壳 56 具有可移动的连接件 282。另一实施例中,板 198 可与管 192 具有固定连接并与燃料喷嘴外壳 56 具有可移动的连接件 282 (例如,弹性金属密封件),而板 194 和 196 与燃料喷嘴外壳 56 具有固定连接并与管 192 具有可移动的连接件(例如,滑动接头)。另一实施例中,板 196 与管 192 具有固定连接并与燃料喷嘴外壳 56 具有可移动的连接件(例如,弹性金属密封件),而板 194 和 198 与燃料喷嘴外壳 56 具有固定连接并与管 192 具有可移动的连接件(例如,滑动接头)。在又一些实施例中,板 194、196 和 198 中每个都可与管 192 具有固定连接并与燃料喷嘴外壳 56 具有可移动的连接件(例如,弹性金属密封件)。这些实施例中的每个中,可移动的连接件 282 (例如,弹性金属密封件)配置用于响应于管 192、燃料喷嘴外壳 56 或燃烧器 16 任何其他结构的热膨胀或热收缩而膨胀和收缩,从而减少热诱导应力,同时维持流体密封性密封。

[0080] 在系统 10 操作中,多管燃料喷嘴 94 中每个管 192 通过入口流量调节器 90 接收近似等量气流并且通过腔室 272 内的燃料入口 276 接收燃料 260。燃料和空气在每个管 192 内混合,并且随后作为燃料空气混合物 262 通过燃料空气混合物出口 280 排放,以供在燃烧器 16 内燃烧。应当了解,出口 280 附近温度因燃烧器 16 内燃烧而升高。另外,气流 284 温度可实质大于燃料流 260 的温度。例如,气流 284 温度可为约 250 至 500 摄氏度,而燃料流 260 温度可为约 20 至 250 摄氏度。由于这些温度梯度、零件(例如,管 192、燃料喷嘴外壳 56 等等)材料组成以及其他因素,管 192 可能在微混合器系统 16 操作中经受热膨胀。可移动的连接件 282 (例如,弹性金属密封件)配置用于吸收此热膨胀(和任何热收缩,例如,在关机过程中),以便保护多管燃料喷嘴 94 和燃烧器 16 的各零件。在没有可移动的连接件 282 (例如,弹性金属密封件)时,管 192、燃料喷嘴外壳 56 以及其他支撑结构可能受到显著的热应力,其可导致多管燃料喷嘴 94 的过早磨损、应力裂缝和寿命减少。因此,可移动的连接件 282 (例如,弹性金属密封件)可帮助改进多管燃料喷嘴 94 的可操作性、性能以及寿命(例如,减少的应力和疲劳)。例如,可移动的连接件 282 可使得多管燃料喷嘴 94 能够承受更大温差,从而允许在不损坏多管燃料喷嘴 94 或者微混合器系统 16 的情况下增强性能。如下进一步地详细讨论,可移动的连接件 282 维持燃料喷嘴外壳 56 与板 194 和 198 之间的工作密封,同时还因管 192 的热膨胀或收缩实现轴向移动。

[0081] 图 10 是图 9 所示微混合器系统 16 沿线 10-10 取得的截面图,示出弹性金属密封件 300 (例如,金属波纹管 302)的实施例。如下讨论,金属波纹管 302 包括带有一个或多个转弯或拐弯的壁 303,其可在轴向方向 304 上膨胀和收缩。如图 10 所示,弹性金属密封件 300 (例如,金属波纹管 302)在燃料喷嘴外壳 56 与板 198 之间延伸,从而形成燃料喷嘴外壳 56 与板 198 之间的工作密封。板 198 固定到管 192,并且因此,板 198 和管 192 响应于热膨胀

和收缩一起移动,而弹性金属密封件 300 (例如,金属波纹管 302)在轴向方向 304 上膨胀和收缩。所示实施例中,弹性金属密封件 300 设置在燃料喷嘴外壳 56 与板 198 之间、位于袋囊 306 (例如,环状袋囊或者扇形袋囊)中,所述袋囊 306 可由燃料喷嘴外壳 56 中与板 198 外围部分 310 相对的凹槽 308 (例如,环状凹槽或者扇形凹槽)形成。凹槽 308 可设置在第二环结构 120 的内表面 312 与燃料喷嘴外壳 56 的内突起或唇部 314 (例如,环状唇部或者扇形唇部)之间。袋囊 306 (例如,由凹槽 308 与部分 310、312 和 314 形成)大体沿着燃料喷嘴外壳 56 与板 198 之间界面延伸,从而提供能够在轴向方向 304 上膨胀和收缩的工作密封。

[0082] 某些实施例中,弹性金属密封件 300 (例如,金属波纹管 302)可相对燃料喷嘴外壳 56 和 / 或板 198 固定或不固定(即,自由移动)。例如,密封件 300 可具有相对的第一端部 316 和第二端部 318,所述第一端部 316 和第二端部 318 可焊接、铜焊、栓接或以其他方式固定到凹槽 308 和外围部分 310。然而,端部 316 和 318 中的一个或两个可不固定到燃料喷嘴外壳 56 或板 198。另外,弹性金属密封件 300 (例如,金属波纹管 302)可在壁 303 中具有一个或多个柔性的转弯、拐弯、弯曲、折叠或大体轴向可调整的转弯 320,从而转弯 320 使密封件 300 能够在轴向方向 304 上膨胀和收缩。所示实施例中,弹性金属密封件 300 (例如,金属波纹管 302)具有多个交替的转弯 320,其限定了波形图案 322。例如,所示密封件 300 逆转方向五次,从而在壁 303 中限定五个轴向可调整的转弯 320。另外,端部 316 和 318 可在径向方向 42 上定向。当端部 316 和 318 在径向方向 42 上定向时,弹性金属密封件 300 可促进板 198 与燃料喷嘴外壳 56 之间的密封。确切地说,如果腔室 270 中燃料的压力超过壁 198 相反侧的空气压力,那么金属波纹管 302 可在轴向方向 40 上膨胀,由此维持密封。然而,如果端部 316 和 318 定向在相反方向上,那么金属波纹管 302 可在腔室 270 中燃料的压力大于板 198 相反侧上空气压力的情况下收缩,从而降低金属密封件 300 的密封力。出于这个原因,端部 316 和 318 的定向可根据板 194、196、198 的相反侧上的流体压力不同而变化。例如,连接到板 194 和 196 的金属密封件 300 可为带有与图 10 所示相反定向的端部 316 和 318 的金属波纹管 302。这可增加与板 194 和 196 接触的金属密封件 300 的能力,以便在板 194 和 196 的相反侧上的流体压力不同时维持与外壳 56 的密封。其他实施例中,密封件 300 可包括单个轴向可调整的转弯 320,或者任何数量轴向可调整的转弯 320 (例如,1 至 100 个转弯)。因此,密封件 300 的转弯 320 可限定 C 形、U 形、V 形、W 形、E 形或任何类型的振荡图案。其他实施例中,密封件 300 可具有 O 形或 J 形。弹性金属密封件 300 中更大数量的转弯 320 可增加轴向移动 304 范围。弹性金属密封件 300 可由用于高温金属应用的任何合适金属制成,所述金属例如为不锈钢级 321、不锈钢级 347、不锈钢 A-286、镍合金、钴合金和镍铬基超级合金(例如, **Inconel®** X-750)或其任何组合。

[0083] 图 11 是具有适于图 4 至 6 多管燃料喷嘴 94 的扇形构型 340 (例如,截顶饼形)的弹性金属密封件 300 实施例的前端视图。如图所示,扇形构型 340 包括具有两个大体平行侧部 342 和 344 以及两个非平行侧部 346 和 348 的楔形或截顶饼形。侧部 342 和 344 是弧形的,而侧部 346 和 348 是直线型的(例如,在径向方向 350 上发散)。然而,某些实施例中,密封件 300 的扇形构型 340 可包括其他形状,例如,具有三个侧部的饼形。另外,密封件 300 的一些实施例可成形为圆形、矩形、三角形或其他几何形状。在图 8 的实施例中,多管燃料喷嘴 94 和关联的密封件 300 可分段成围绕中心燃料喷嘴 12 的三个扇形。然而,外多管燃

料喷嘴 94 和关联的密封件 300 可划分成任何数量扇形,例如,1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 或更多个扇形。

[0084] 图 12、13 和 14 是图 9 所示多管燃料喷嘴 94 的局部横截面侧视图,示出在壁 303 中具有不同数量轴向可调整转弯 320 的弹性金属密封件 300 (例如,金属波纹管 302) 的实施例。例如,图 12 是图 9 所示燃料喷嘴 12 的局部横截面侧视图,示出具有单个转弯或拐弯 320 (例如,U 形或 C 形 352) 的弹性金属密封件 300 的实施例。图 13 是图 9 所示多管燃料喷嘴 94 的局部横截面侧视图,示出具有限定出波形图案 322 的多个转弯或拐弯 320 (例如,E 形或 W 形 354) 的弹性金属密封件 300 的实施例。图 14 是图 9 所示多管燃料喷嘴 94 的局部横截面侧视图,示出具有限定出比图 10 更大波形图案 322 的多个转弯或拐弯 320 的弹性金属密封件 300 的实施例。具体来说,图 14 的波形图案 322 具有 9 个转弯或拐弯 320,其可被描述成波形、振荡或 Z 形图案 356。其他实施例中,图案 356 可具有任何数量的转弯或拐弯 320。例如,在具有更大温差的应用中,带有大量转弯 320 的弹性金属密封件 300 (例如,金属波纹管 302) 可用于允许更大轴向移动,同时仍然保持燃料喷嘴外壳 56 与多管燃料喷嘴 94 的板 198 之间的工作密封。另外,在图 12、13 和 14 的每个实施例中,相反端部 316 和 318 可相对燃料喷嘴外壳 56 和板 198 固定或不固定(即,能够移动)。例如,端部 316 和 318 中的一个可以是固定的,而另一个端部是不固定的,从而简化燃料喷嘴 12 的安装和移除。

[0085] 图 15 是后板组件 92 的分解透视图。后板组件 92 屏蔽多管燃料喷嘴 94 以免于燃烧区 84 中燃料空气混合物 262 的燃烧反应并且冷却多管燃料喷嘴 94,使得后板组件 92 帮助延长多管燃料喷嘴 94 的操作寿命。后板组件 92 包括后板 370、冲击板 372、第一圆柱 374 (例如,外壁)、第二圆柱 376 (例如,内壁)以及第一密封箍 378 (例如,环形密封件(hula seal))和第二密封箍 380 (例如,环形密封件)。密封箍 378 和 380 是大体环状的密封件,具有环状的壁 377,所述环状的壁 377 在直径上先增加后减小以便限定弧形横截面或弹簧元件 379。弧形横截面 379 帮助在径向方向上适应热膨胀和收缩,同时维持密封。如图所示,后板 370 和冲击板 372 包括相应管孔隙 382 和 384,它们能够实现后板组件 92 在多管燃料喷嘴 94 的管 192 上的附接。后板 370 和冲击板 372 还可包括相应中心喷嘴孔隙或通道 386 和 388。中心喷嘴孔隙 386 和 388 使第二圆柱 376 能够延伸穿过冲击板 372 和后板 370 并且通过中心通道 385 接收中心燃料喷嘴或值班喷嘴 96。后板组件 92 用销 162 (参见图 9) 附接到燃料喷嘴外壳 56,销 162 通过孔隙 390 连接到第一圆柱 374 (例如,径向安装)。销 162 使得后板组件 92 径向生长,但会阻止朝向燃烧器 12 后端转动或移动。另外,销锁构型使后板 370 或后板组件 92 的其他部分易于更换。

[0086] 所示实施例中,板 370 和 372 中每个接收燃料喷嘴外壳 56 的多个容器(例如,三个扇形和 / 或截顶饼形布置)中的用于燃料喷嘴 94 的所有混合管 192。换句话说,并非对每个容器 190 提供一个单独板,而是所示实施例在所有容器 190 之间共享板 370 和 372,从而限定一体化的板 370 和一体化的板 372。一体化后板 370 具有管孔隙 382,所述管孔隙 382 设置在大体整个板 370 上的由扇形隔件 381 (例如,径向分隔空间)分开的扇形(例如,饼形扇形)中,所述扇形隔件 381 与容器 190 之间的分隔壁 242 大体对齐。类似地是,一体化冲击板 372 具有管孔隙 384,所述管孔隙 384 设置在大体整个板 372 上,除了扇形隔件 383,所述扇形隔件 383 与容器 190 之间的分隔壁 242 大体对齐。因此,后板 370 和冲击板 372 的一体化构造会有助于为混合管 192 增加管孔隙 382 覆盖度,同时还减少了潜在泄漏路径数

量。一体化的板 370 和 372 还简化了微混合器系统 16 的构造、安装、移动和维护,尤其简化了管 192 的安装和移除。

[0087] 图 16 是根据实施例的图 9 中微混合器系统 16 沿线 16-16 的截面图。如图所示,后板组件 92 被组装成后板 370 连接到冲击板 372 并且冲击板 372 连接到第一圆柱 374。后板 370、冲击板 372 和第一圆柱 374 可通过焊接、铜焊或紧固件(例如,带螺纹的紧固件)连接。一旦组装,后板组件 92 通过延伸穿过燃料喷嘴外壳 56 中的孔隙 164 和第一圆柱 374 中的孔隙 390 的销 162 来连接到燃料喷嘴外壳 56。气流通过密封箍 378 被限制在后板组件 92 与燃烧内衬 72 之间。如上提及,后板组件 92 允许实现冷却并且可阻止燃烧区 84 中燃料空气混合物 262 的燃烧与多管燃料喷嘴 94 中的管 192 直接接触。因此,后板 370 可由能够长时间地承受高温的材料制成(例如,哈氏合金(hastalloy) X,海纳(haynes) 188、钴铬合金(cobalt chromium)、因科镍(inconel)等等)。另外,后板 370 可包括如热障涂层(TBC) 400 的涂层,以便提供另外的热保护,从而减少后板 370 上的热磨损并限制到管道 192 的热量传输。

[0088] 后板组件 92 也可与板 198 组合形成空气冷却腔室 402。如上说明,燃料喷嘴外壳 56 包括径向空气冷却孔隙 128,其使压缩空气 76 能够行进通过环状空间 74 进入空气冷却腔室 402。当气流 76 进入腔室 402 时,气流 76 围绕管 192 旋流并对其进行对流冷却(即,将热量从管 192 传递走)。另外,气流 76 可帮助移除可能泄露到管 192 与壁 198 之间的空气冷却腔室 402 中的任何燃料 260,从而实质减少或者消除积累在后板 370 后的燃料。腔室 402 在方向 404 上朝冲击板 372 指引冷却气流 76。如图所示,冲击板 372 与后板 370 偏移以形成空间 406。空间 406 形成压降以便吸引气流 76 通过冲击孔隙 408。当气流 76 通过冲击板 372 时,气流 76 冲击到后板 370 的前端侧部 410 上,以对板 370 进行冲击冷却。在冲击冷却了冲击板 370 的前端侧部 410 后,气流 76 可通过扩散冷却孔隙和 / 或在后板 370 与管 192 之间离开。当冷却空气 76 离开后板组件 92 时,气流 76 将热量和可能的燃料传递到燃烧区 84 中,由此保护微混合器系统 16 以免于热磨损。

[0089] 其他实施例中,后板组件 92 可不包括冲击板 372。因此,冷却气流 76 可直接接触后板 370 的前端侧部 410,并且随后通过管 192 与后板 370 之间间隙和 / 或通过扩散冷却孔隙离开。即使进行冷却,后板 370 也可能变得比微混合器系统 16 中的其他部件更热。然而,到燃料喷嘴外壳 56 的销的附接使后板组件 92 能够径向生长,但阻止转动和下游轴向移动。因此,微混合器系统 16 减少或者阻止了后板组件 92 与燃料喷嘴外壳 56 之间的机械负载和应力。

[0090] 图 17 是包括管孔隙 382 和扩散冷却孔隙 420 的后板 370 的截面图。如上说明,在冷却空气 76 冲击到后板 370 的前端侧部 410 上后,冷却气流 76 可通过扩散冷却孔隙 420 和 / 或通过管孔隙 382 离开。如图所示,管孔隙 382 具有宽度 422 并且管 192 具有宽度 424。宽度 422 和 424 之间的差别 426 形成环状空间 428,以供冷却气流 76 通过后板 370 离开微混合器系统 16。冷却气流 76 还可通过扩散冷却孔隙 420 离开。扩散冷却孔隙 420 可位于管孔隙 382 的一些或全部之间。一些实施例中,可存在介于相邻管孔隙 382 中每个之间的一个以上扩散冷却孔隙 420 (例如,1、2、3、4、5 或更多个)。扩散冷却孔隙 420 可垂直于后板 370 或相对后板 370 的平面 432 形成某个角度。例如,扩散冷却孔隙的角度 430 和 431 可相对平面 432 为约 30 至 150 度、50 至 130 度、70 至 110 度、80 至 100 度、30 度、45 度、60

度、75 度或 90 度。在操作中,扩散冷却孔隙 420 使得冷却气流薄膜能够覆盖后板 370 的后端 434。冷却空气薄膜可帮助保护后板 370 免于燃烧器 12 中的燃烧反应。尽管图 17 示出后板 370,但相同冷却特征可应用于冲击板 372。确切地说,冲击板 372 的冲击孔隙 408 可相对冲击板 372 的平面形成某个角度。冲击板 372 还可包括介于管孔隙 384 之间的多个冲击孔隙 408 (例如,1、2、3、4、5 或更多个冲击孔隙),以更有效地冷却后板 370。

[0091] 图 18 是入口流量调节器 90 的后透视图。如上说明,入口流量调节器 90 充当过滤器,防止碎片进入多管燃料喷嘴 94,并且使得气流能够近似均匀分布到多管燃料喷嘴 94 中的每个管 192。入口流量调节器 90 包括第一圆柱 450 (例如,外壁)、第二圆柱 452 (例如,内壁)以及将第一圆柱 450 连接至第二圆柱 452 的板 454。如图所示,第一圆柱 450 包括孔隙 158,其使入口流量调节器 90 能连接到燃料喷嘴外壳 56。另外,第一圆柱 450 还可包括气流孔隙 456 (例如,径向孔隙),所述气流孔隙 456 彼此沿轴向 40 并沿第一圆柱 450 周向 44 间隔开。孔隙 456 所具有的直径可小于多管燃料喷嘴 94 中的管 192 的直径。直径上的差别使得入口流量调节器 90 阻止压缩空气 76 中的碎片通过入口流量调节器 90 并进入管 192。在本实施例中,气流孔隙 456 定位在板 454 附近。然而,其他实施例中,气流孔隙 456 可定位在第一圆柱 450 上与板 454 相反侧上,或者气流孔隙 456 可定位在第一圆柱 450 圆周周围的任何点上。所示实施例中,气流孔隙 456 是圆形的;然而,其他实施例中,孔隙可以是矩形、方形或椭圆形的。另外,孔隙 456 可在第一圆柱 450 周围布置成不同图案(例如,成行)。

[0092] 板 454 还可包括多个气流孔隙 458 (例如,轴向孔隙)。类似孔隙 456,孔隙 458 所具有的直径可小于多管燃料喷嘴 94 中的管 192 的直径。直径上的差别使得入口流量调节器 90 阻止压缩空气 76 中的碎片通过入口流量调节器 90 并进入管 192。如上所述,微混合器系统 16 将燃料径向 42 输送到多管燃料喷嘴 94。因此,板 454 的区域可大体充满气流孔隙 458,由此在压缩空气 76 通过入口流量调节器 90 时减少压力损失。类似气流孔隙 456,气流孔隙 458 可以是圆形、矩形、方形或椭圆形的。另外,气流孔隙 458 可在第二圆柱 452 周围布置成图案(例如,成同心圆形的行)。然而,不同实施例中,气流孔隙 458 可不同地布置。第二圆柱 452 置于板 454 内并且限定中心燃料喷嘴孔隙 460。中心燃料喷嘴孔隙 460 使得中心燃料喷嘴或值班燃料喷嘴 96 能够通过入口流量调节器 90 并进入燃料喷嘴外壳 56。其他实施例中,入口流量调节器 90 可不包括中心燃料喷嘴孔隙 460,但是可替代地包括附加气流孔隙 458,所述附加气流孔隙 458 将压缩空气 76 送到多管燃料喷嘴 94。

[0093] 图 19 是图 18 所示入口流量调节器 90 的前透视图。如图所示,入口流量调节器 90 包括分隔壁或支撑板 470 (例如,径向支架)。支撑板 470 连接到第一圆柱 450、第二圆柱 452、板 454,并连接到转向导件 472 (例如,转向导叶、挡板或壁)。支撑板 470 可通过焊接、铜焊或紧固件(例如,带螺纹的紧固件)进行连接,以对转向导件 472 和第二圆柱 452 提供另外支撑。除了提供支撑之外,支撑板 470 可帮助将通过前板 454 中孔隙 458 的气流引导到特定容器 190 和多管燃料喷嘴 94。在本实施例中,入口流量调节器 90 包括与燃料喷嘴外壳 56 中的三个多管燃料喷嘴 94 对应的三个支撑板 470。然而,其他实施例中,可存在附加支撑板 470 (例如,1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 或更多个),其可与容器 190 和多管燃料喷嘴 94 的数量对应。另外,支撑板 470 可从板 454 延伸到第一圆柱 450 的相反端 474,由此,在多管燃料喷嘴 94 之间划分通过入口流量调节器 90 的气流。

[0094] 类似于后板组件 92 的板 370 和 372, 图 18 和 19 所示入口流量调节器 90 可为一体化(例如, 单件)结构, 其在多个容器 190、多个燃料喷嘴 94 以及所有的管 192 之间是共享的。换句话说, 孔隙 458 可实质覆盖整个板 454, 除了与容器 190 之间的分隔壁 242 大体对齐的支撑板 470。因此, 孔隙 458 可帮助在轴向方向 40 上朝着混合管 192 将气流实质均匀地供应到整个板 458 上, 而孔隙 456 帮助在径向方向 42 上朝着混合管 192 将气流实质均匀地围绕第一圆柱 450 供应。同样, 孔隙 456 和 458 有助于将气流更均匀地分布到所有的管 192, 以使各个管 192 接收实质等量的空气流。另外, 入口流量调节器 90 的一体化构造简化了燃料喷嘴 94 和混合管 192 的构造、安装、移除和维修。

[0095] 如上提及, 入口流量调节器 90 包括转向导件 472。转向导件 472 可帮助将气流指引到多管燃料喷嘴 94 中的径向最外侧管 192。确切地说, 转向导件 472 可从第一圆柱 450 中的气流孔隙 456 指引气流。在又一些实施例中, 转向导件 472 可将气流从孔隙 456 和 458 指引到多管燃料喷嘴 94 的径向最外侧管 192, 由此使得气流能够实质均匀地分布到多管燃料喷嘴 94 中的每个管 192。

[0096] 图 20 是入口流量调节器 90 的截面图。如图所示, 转向导件 472 重新定向通过孔隙 456 进入入口流量调节器 90 的气流。确切地说, 当气流 76 通过孔隙 456 进入入口流量调节器 90 时, 气流接触转向导件 472。转向导件 472 使气流 76 转向并且指引气流 76 沿着入口流量调节器 90 的内表面 476 流动。当气流在内表面 476 附近行进时, 入口流量调节器 90 使得径向最外侧管 192 能与多管燃料喷嘴 94 的径向最内侧管 192 接收大致相同量的气流。在本实施例中, 转向导件 472 使通过孔隙 456 进入入口流量调节器 90 的气流转向。然而, 其他实施例中, 转向导件 472 也可使通过板 454 中的一些孔隙 458 进入入口流量调节器 90 的气流转向。

[0097] 图 21 是入口流量调节器 90 的实施例的截面图。所示实施例中, 入口流量调节器 90 没有将气流引导到多管燃料喷嘴 94 的径向最外侧管 192 的转向导件。相反, 气流孔隙 456 与第一圆柱 450 形成角度 480、482 和 484, 其中角度 480、482 和 484 大体定向在朝着管 192 的下游方向上。孔隙 456 角度重新定向进入入口流量调节器 90 的气流。更确切地, 孔隙 456 角度促使气流在入口流量调节器 90 的内表面 476 附近流动, 由此, 将与径向最内侧管 192 接收到的近似等量的气流供应到径向最外侧管 192 上。角度 480、482 和 484 可为约 90 至 170 度、110 至 150 度或 130 至 140 度, 或者大于约 100 度、120 度、140 度或 160 度。一些实施例中, 孔隙 456 可具有不同角度, 由此促使通过不同孔隙 456 的气流更接近或更远离内表面 476 流动。例如, 角度 480、482 和 484 中的每个可互不相同, 或角度 480、482 和 484 中的一些可彼此相等。另一实施例中, 角度 480、482 和 484 可在轴向方向 40 上从一个孔隙 456 到另一个逐渐增加。在又一些实施例中, 角度 480、482 和 484 可在轴向方向 40 上从一个孔隙 456 到另一个逐渐减小。在这些实施例中每个中, 孔隙 456 角度可有助于将近似等量气流提供到多管燃料喷嘴 94 中的每个管 192。

[0098] 图 22 是入口流量调节器 90 的实施例的截面图。类似于图 22 中的实施例, 图 22 所示入口流量调节器 90 不包括转向导件。相反, 入口流量调节器 90 包括孔隙 456 和 458, 它们与第一圆柱 450 和板 454 形成相应角度。确切地说, 孔隙 456 与第一圆柱 450 形成角度 480、482 和 484, 而孔隙 458 则形成角度 490、492、494 和 496。在本实施例中, 孔隙 456 中的两个所具有的角度大于九十度, 而第三孔隙相对第一圆柱 450 呈九十度。另外, 一些孔

隙 458 与板 454 形成大于 90 度的角度(例如,角度 490 和 492),而剩余孔隙 458 则形成九十度角度 494 和 496。具有非垂直角度 490 和 492 的两个孔隙 458 与形成非垂直角度 482 和 484 的孔隙 456 的组合(所有角度都为大于 90 度、100 度、110 度、120 度、130 度、140 度、150 度、160 度或 170 度)增加沿第一圆柱 450 的内表面 476 到达多管燃料喷嘴 94 的径向最外侧管 192 的气流。因此,第一圆柱 450 中的孔隙 456 和沿板 454 的孔隙 458 可增加到达多管燃料喷嘴 94 的径向最外侧管 192 的气流,由此使得近似等量气流进入多管燃料喷嘴 94 的管 192。角度 480、482、484、490、492、494 和 496 可为约 90 至 170 度、110 至 150 度、130 至 140 度,或约 90 度、100 度、110 度、120 度、130 度、140 度、150 度、160 度或 170 度。一些实施例中,孔隙 456 和 458 可具有不同角度,由此指引通过不同孔隙 456 和 458 的气流更接近或更远离内表面 472 流动。例如,角度 480、482、484、490、492、494 和 496 中的每个可互不相同,或可相对角度 480、482、484、490、492、494 和 496 中的一些有所不同。另一实施例中,角度 480、482 和 484 可在轴向方向 40 上从一个孔隙到另一个逐渐增加。又一实施例中,角度 480、482 和 484 可在轴向方向 40 上从一个孔隙到另一个逐渐减小。角度 490、492、494 和 496 的角度也可在径向方向 42 上从一个孔隙到另一个逐渐增加,或者在径向方向 42 上从一个孔隙到另一个逐渐减小。另外,仅仅孔隙 456 和 458 中的一些可形成大于 90 度的角度,而剩余孔隙则与第一圆柱 450 和第二圆柱 454 形成 90 度的角度。当每个管 192 通过流量调节器 90 接收近似等量气流时,多管燃料喷嘴 94 以合适比率混合并且分布燃料空气混合物,以便实现最佳燃烧、排放、燃料耗量以及功率输出。确切地说,微混合器系统 16 可减少来自燃气涡轮系统的非期望的排放物(例如,NO_x、CO、CO₂ 等等)水平。

[0099] 本发明的技术效果包括一种模块化的微混合器系统。模块化的微混合器系统促进对单独部件的检查、维护和更换,所述部件包括多管燃料喷嘴、入口流量调节器、后板组件和弹性金属密封件(例如,金属波纹管)。如上说明,燃料喷嘴外壳支撑单独部件,同时将燃料径向提供到多管燃料喷嘴。径向燃料输送使得能在燃烧器上使用简化端板,并且增加多管燃料喷嘴的管可使用的可用空间。其他技术效果包括入口流量调节器,其能从压缩空气中过滤碎片并使近似等量气流进入多管燃料喷嘴中的每个管中。另外,微混合器系统包括后板组件,所述后板组件配置用于形成能够对流冷却多管燃料喷嘴的冷却空气腔室,也能防止多管燃料喷嘴与燃烧区中燃烧反应的直接接触。最后,弹性金属密封件减少或阻止多管燃料喷嘴内的温度梯度所造成的磨损。确切地说,弹性金属密封件(例如,金属波纹管)可在轴向方向上膨胀或收缩,以便减小管的热膨胀或收缩效应,同时维持燃料喷嘴外壳与多管燃料喷嘴之间的连续工作密封。

[0100] 本说明书使用实例来公开本发明、包括最佳模式,同时也使所属领域中的任何技术人员都能够实践本发明、包括制造并使用任何装置或系统并且执行所涵盖的任何方法。本发明的专利保护范围由权利要求书界定,并且可包括所属领域中的技术人员所想出的其他实例。如果此类其他实例具有的结构元素与权利要求书的字面意义相同,或者如果此类其他实例包括的等效结构元素与权利要求书的字面意义并无实质差别,那么此类其他实例也在权利要求书的范围内。

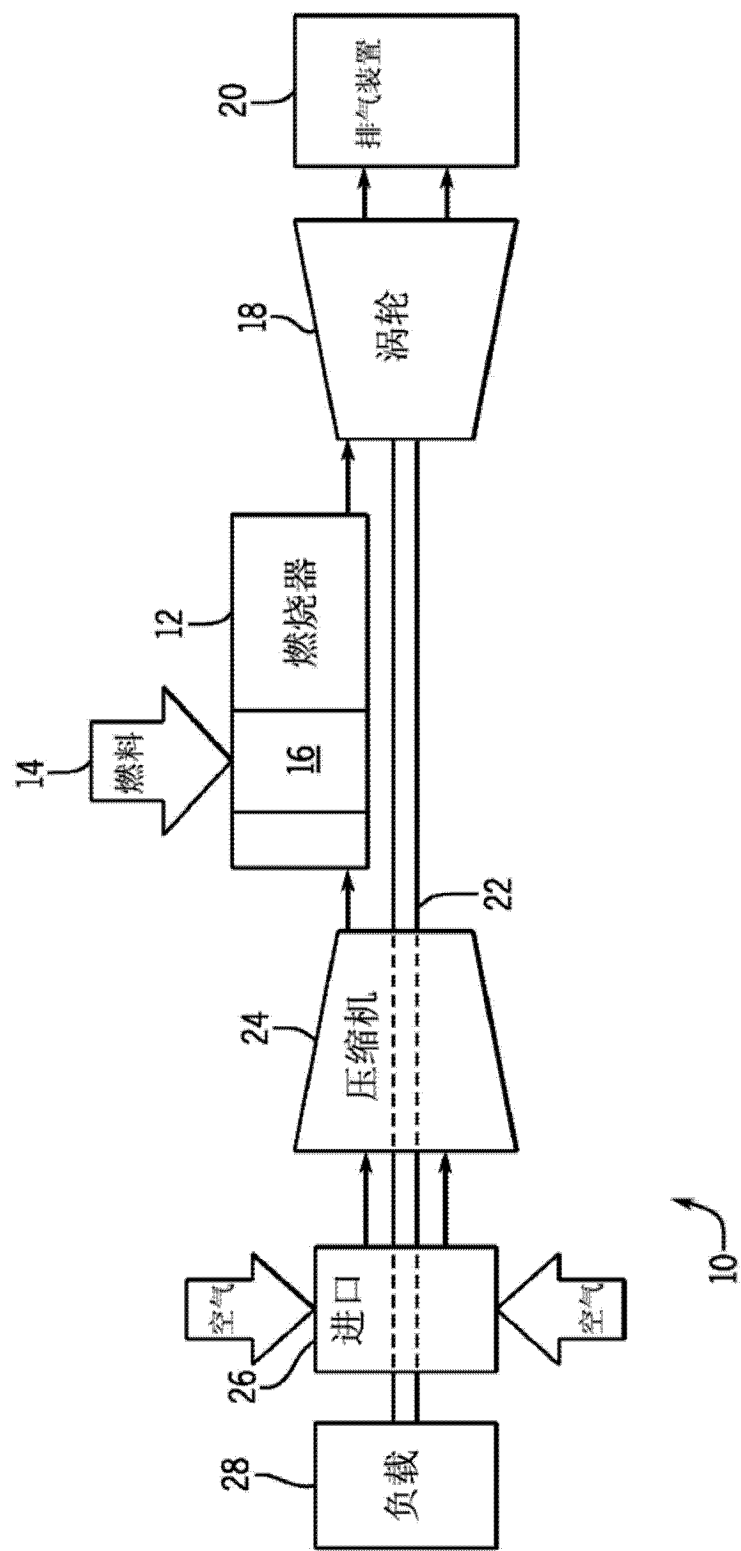


图 1

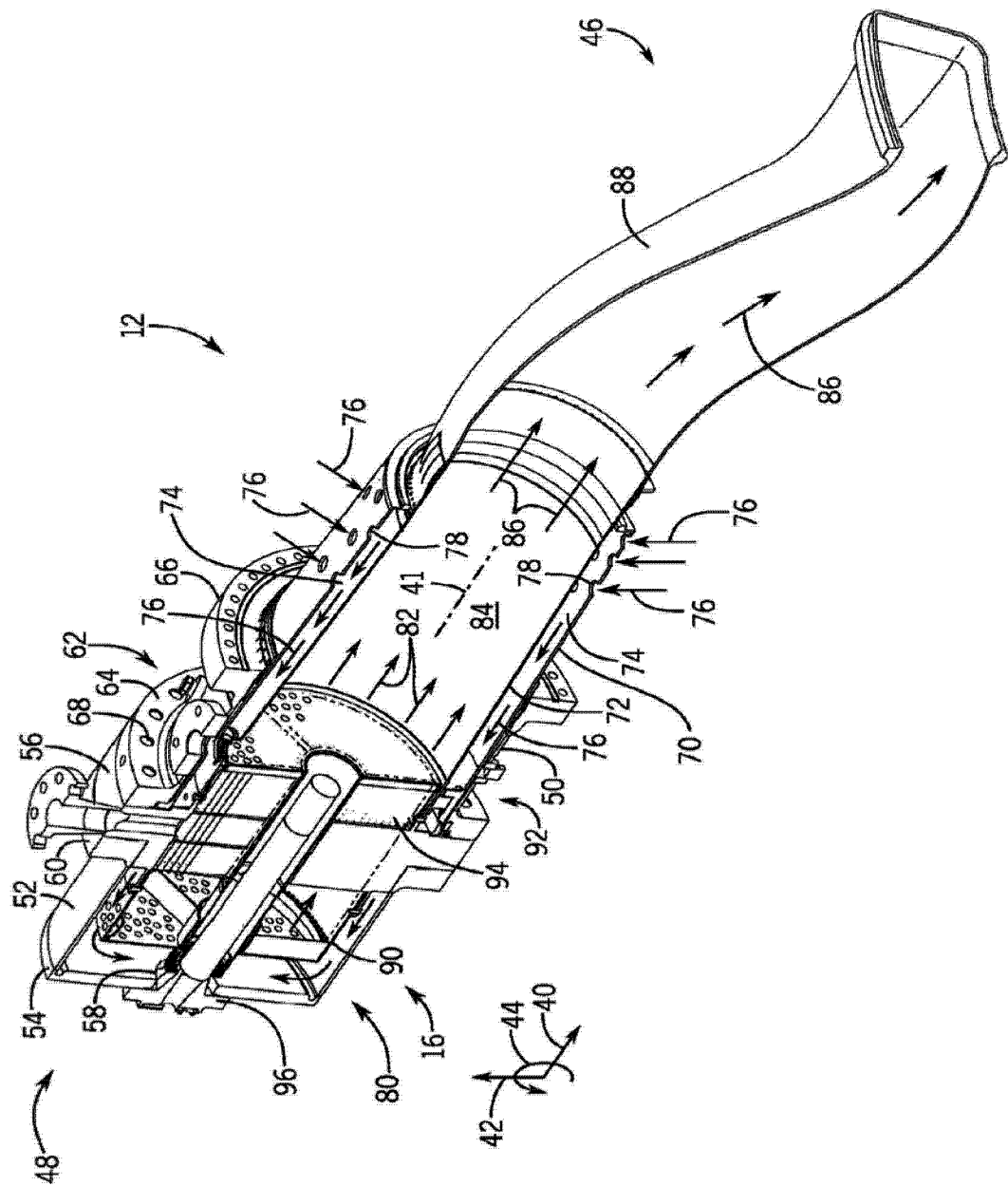


图 2

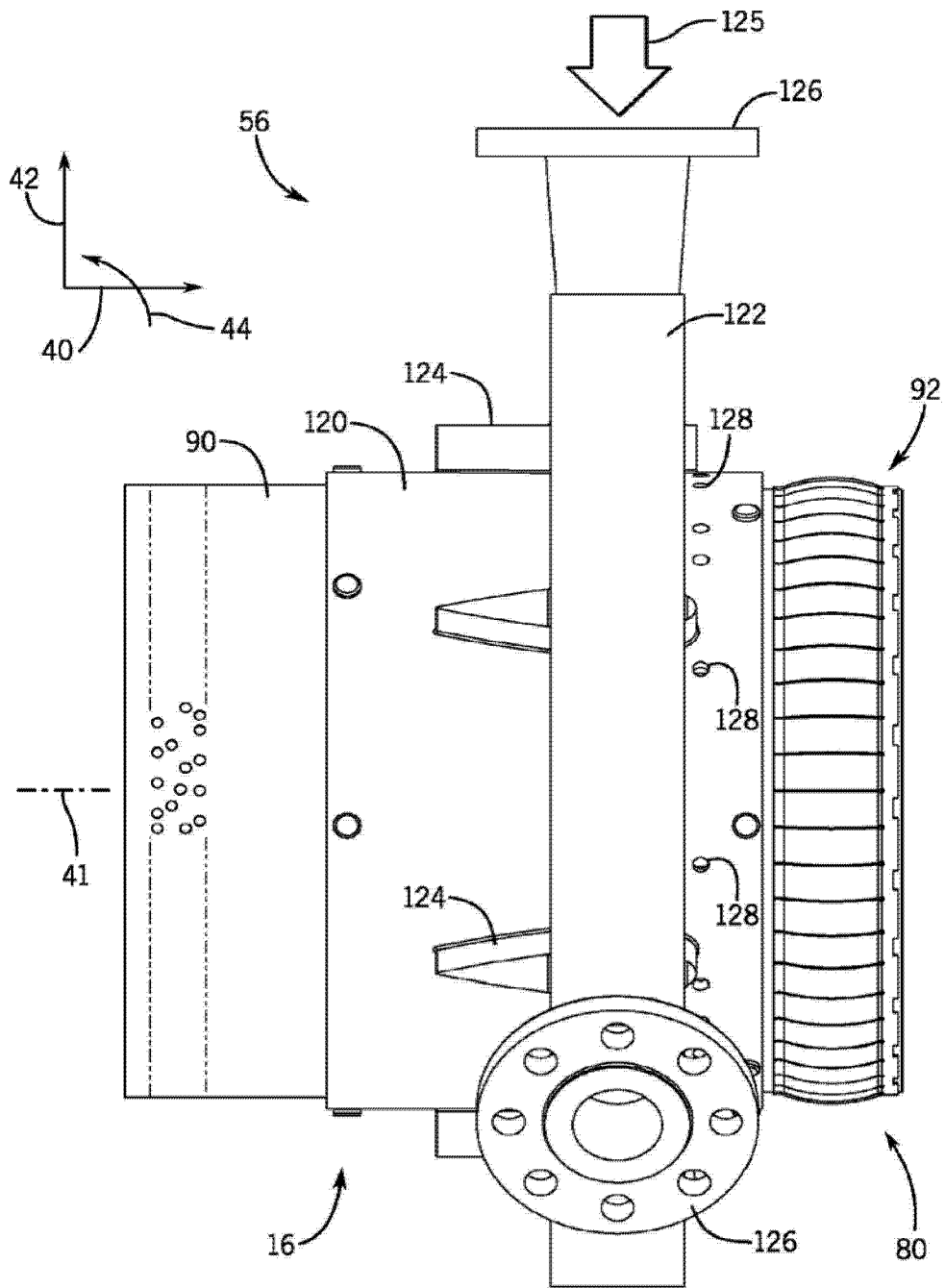


图 3

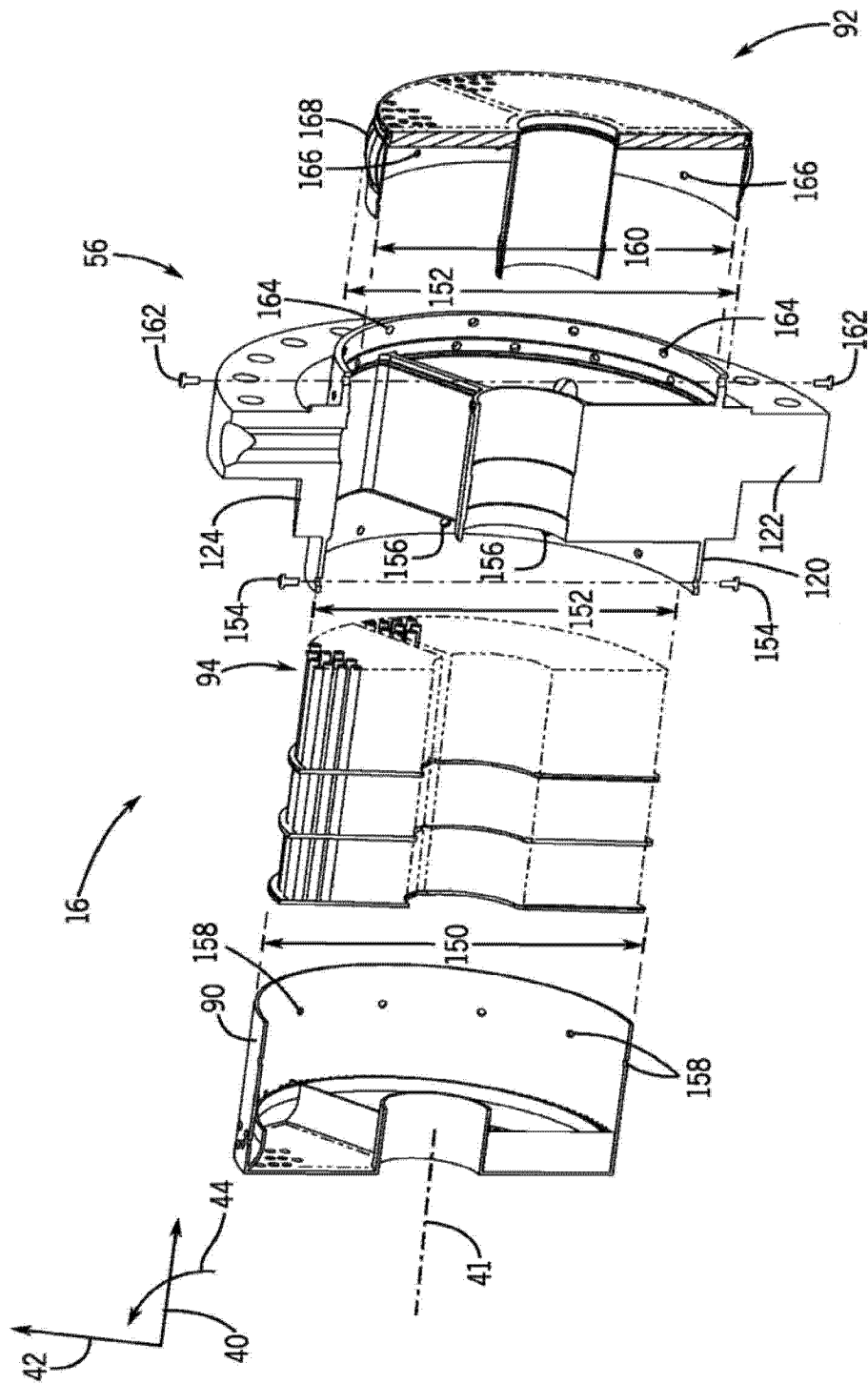


图 4

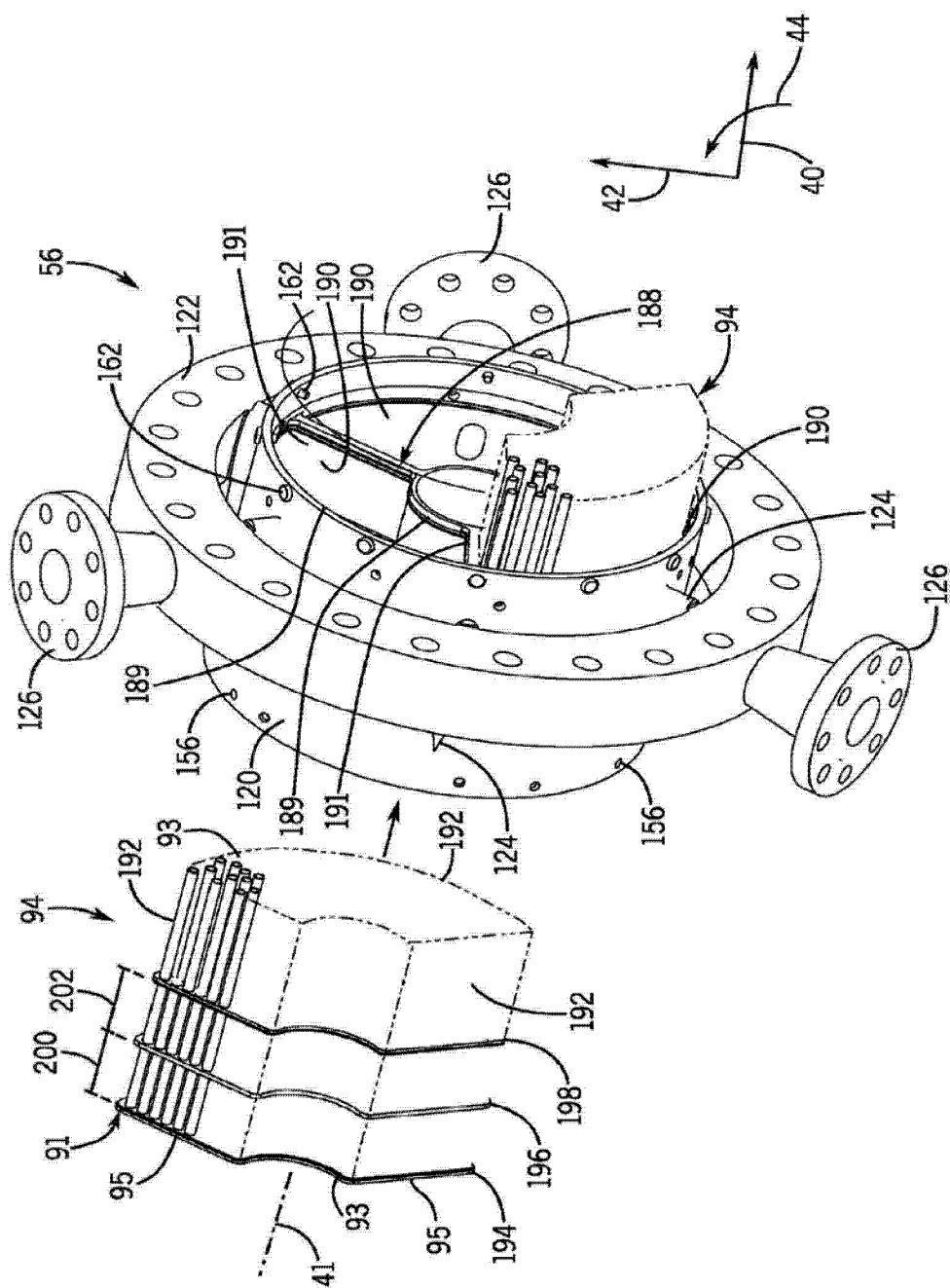


图 5

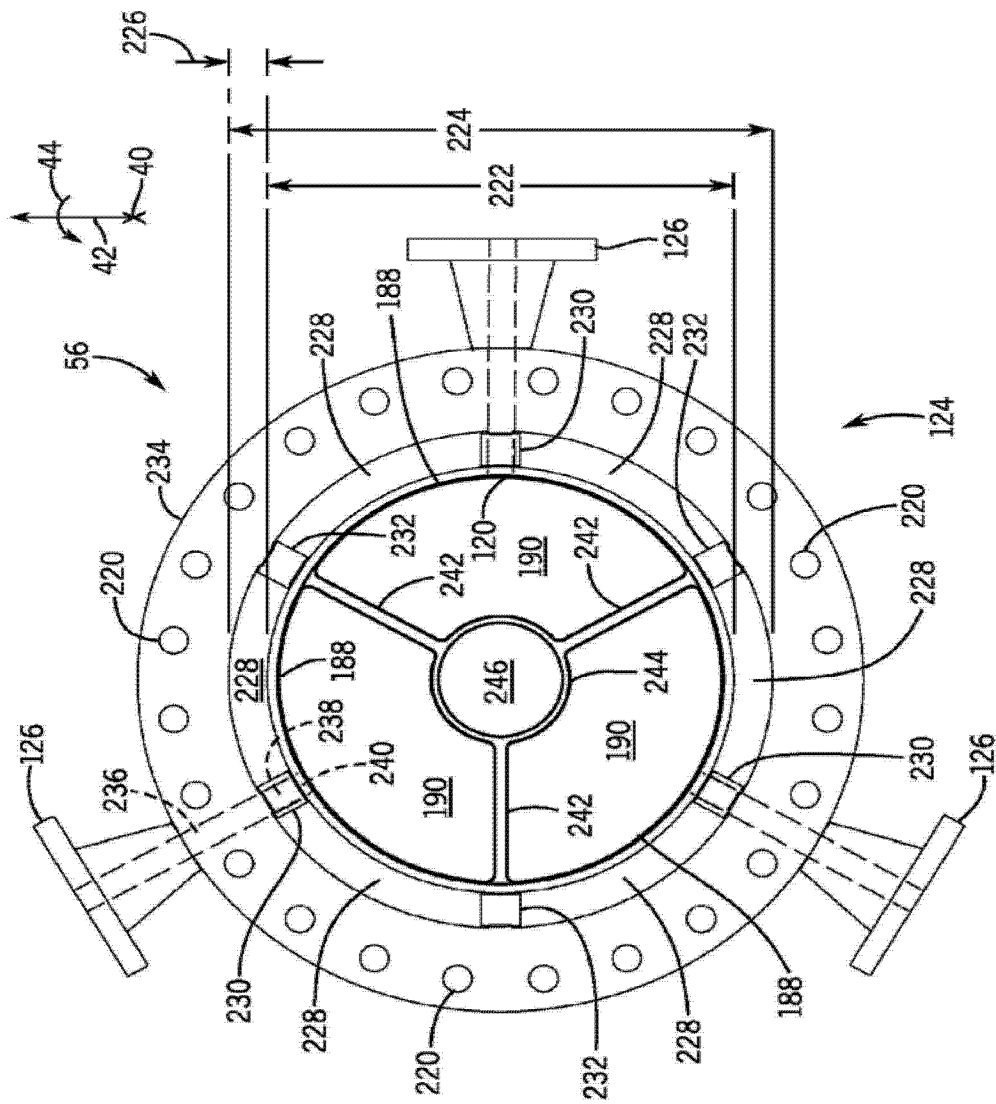


图 6

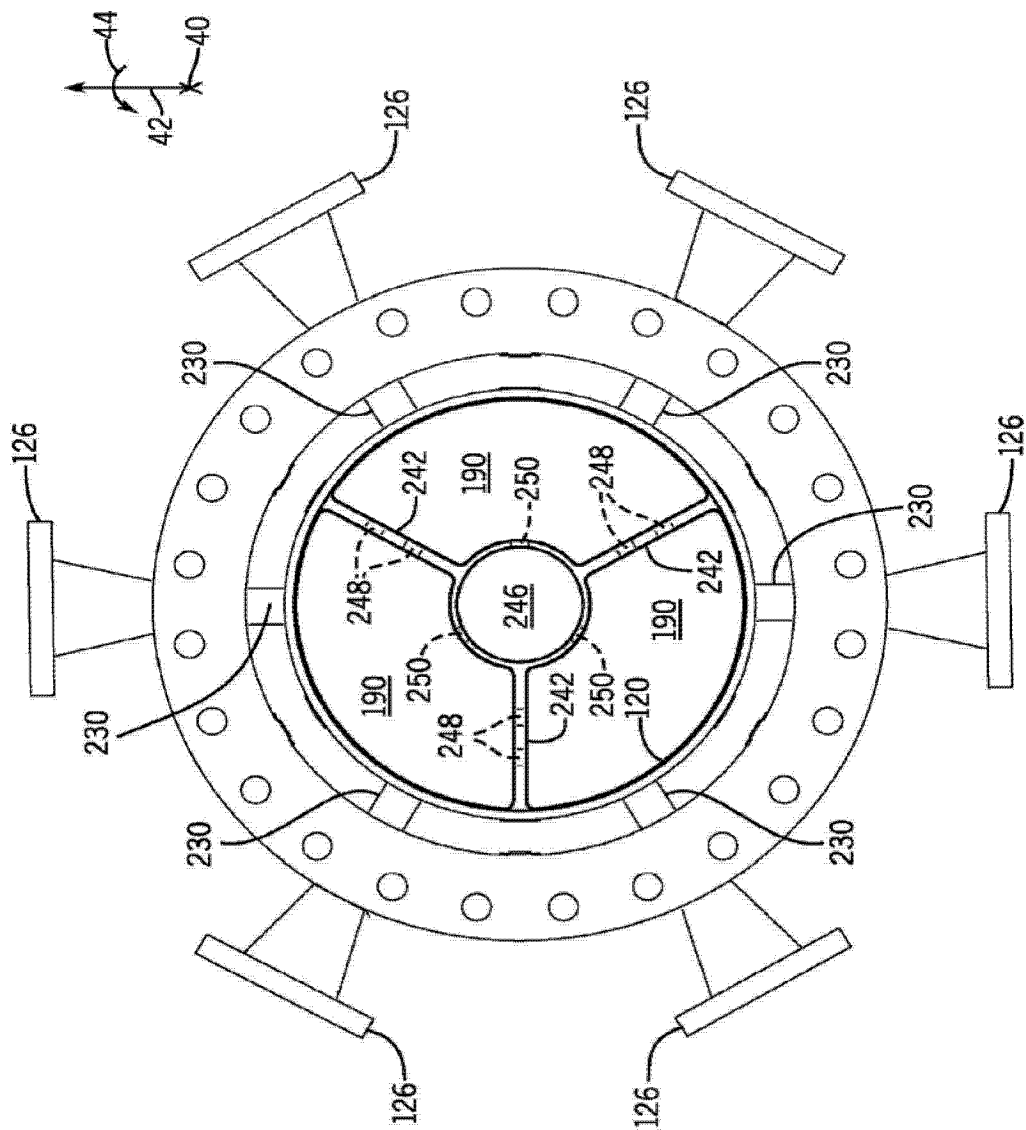


图 7

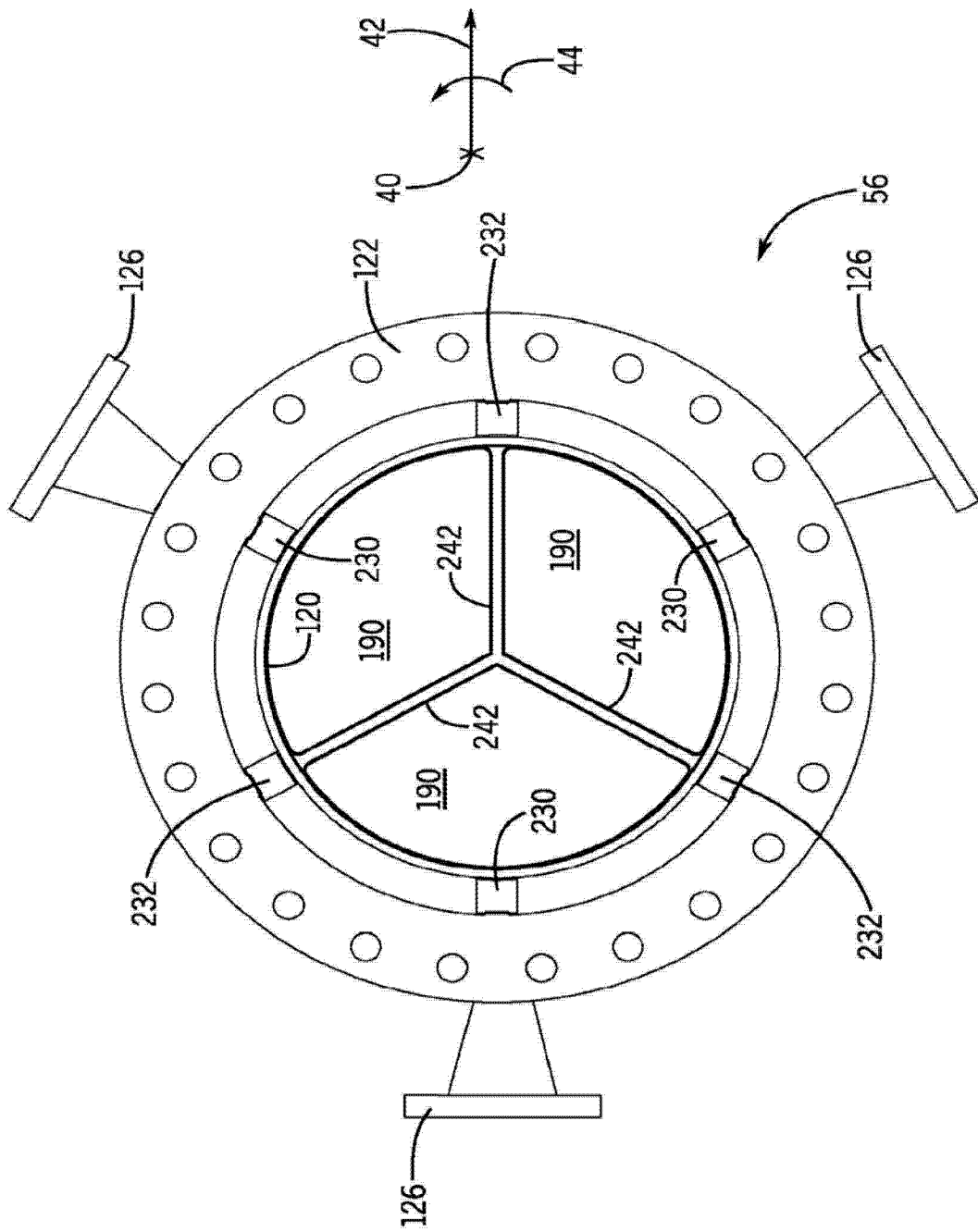


图 8

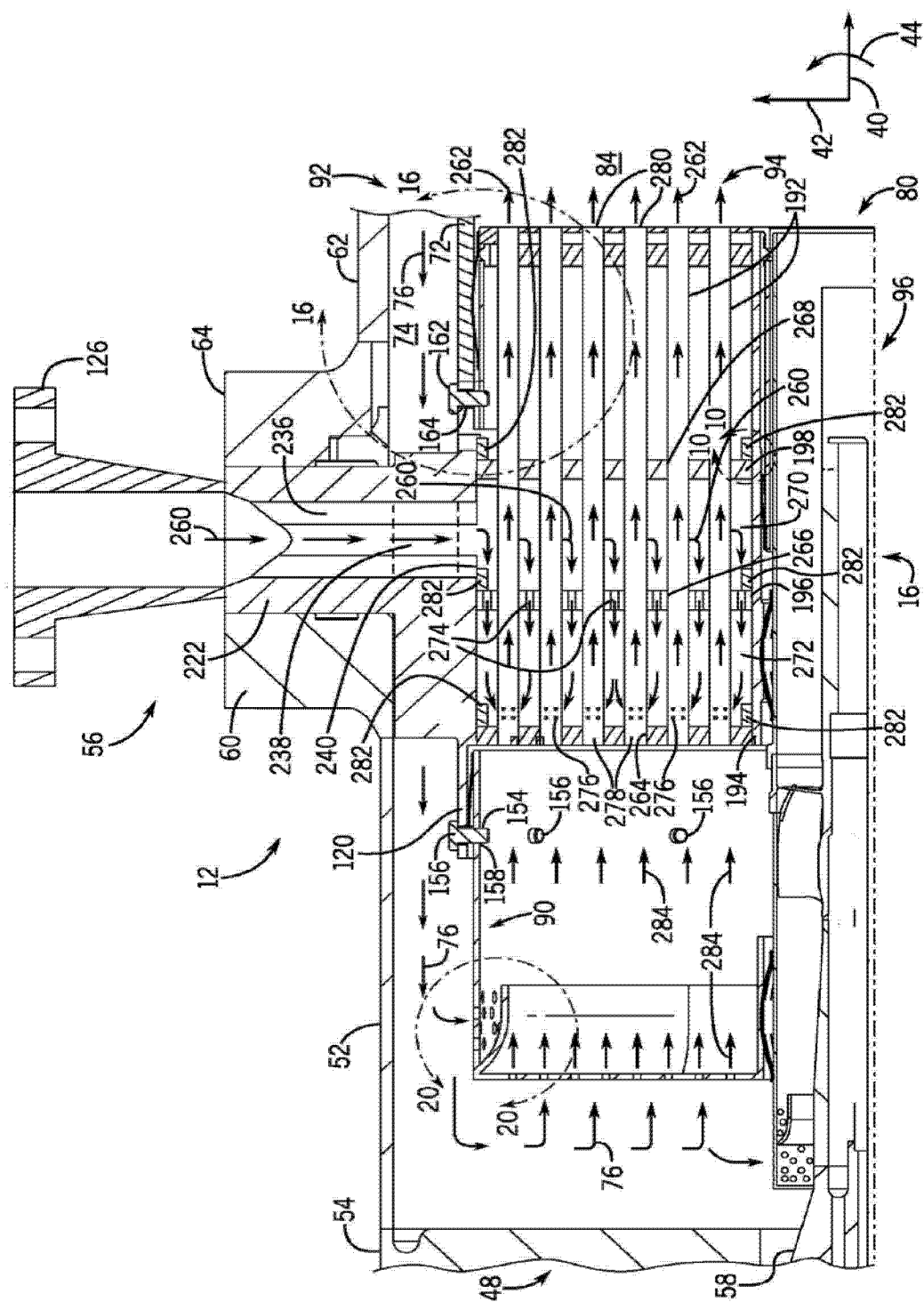


图 9

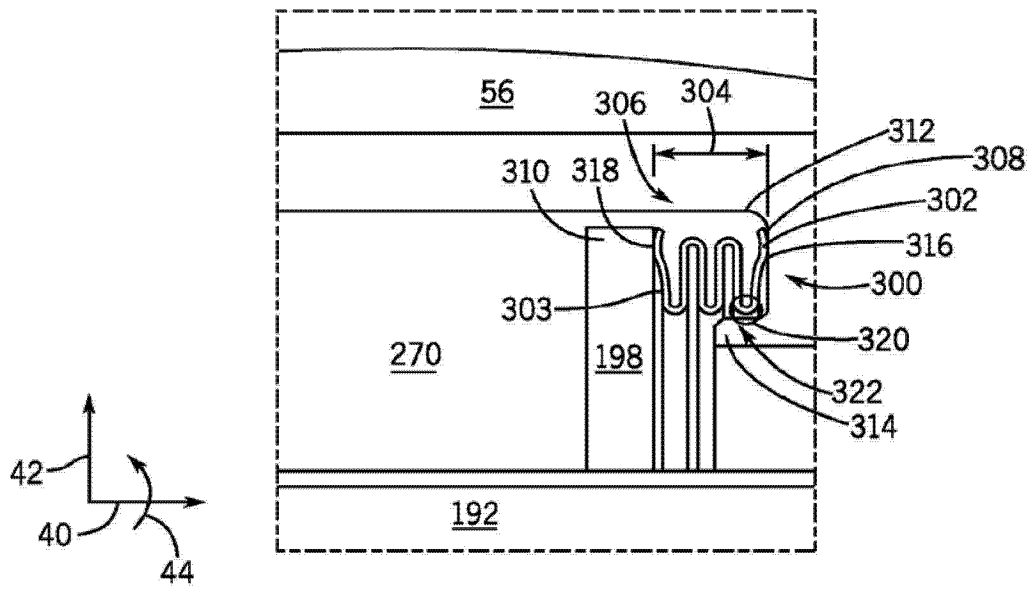


图 10

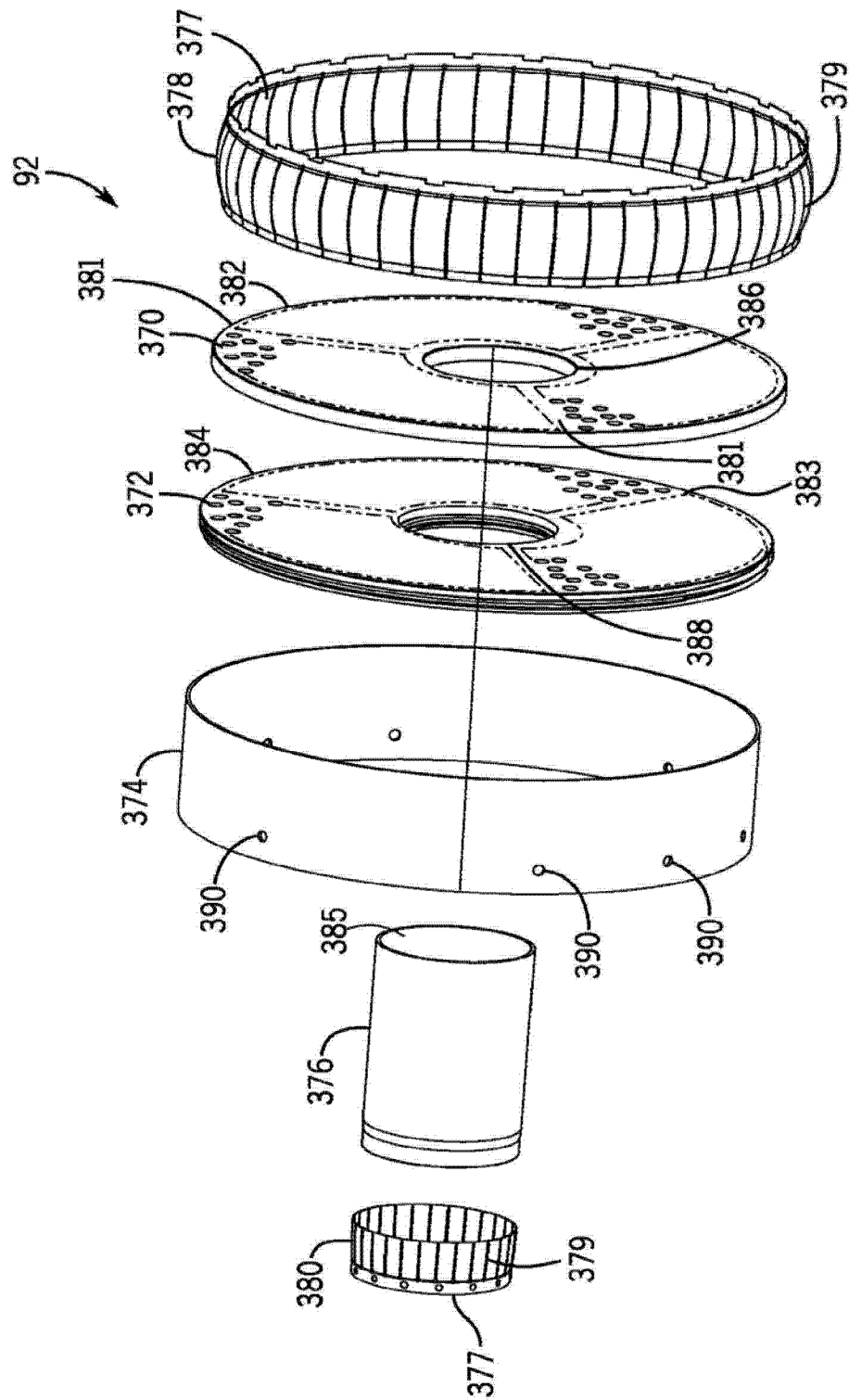


图 15

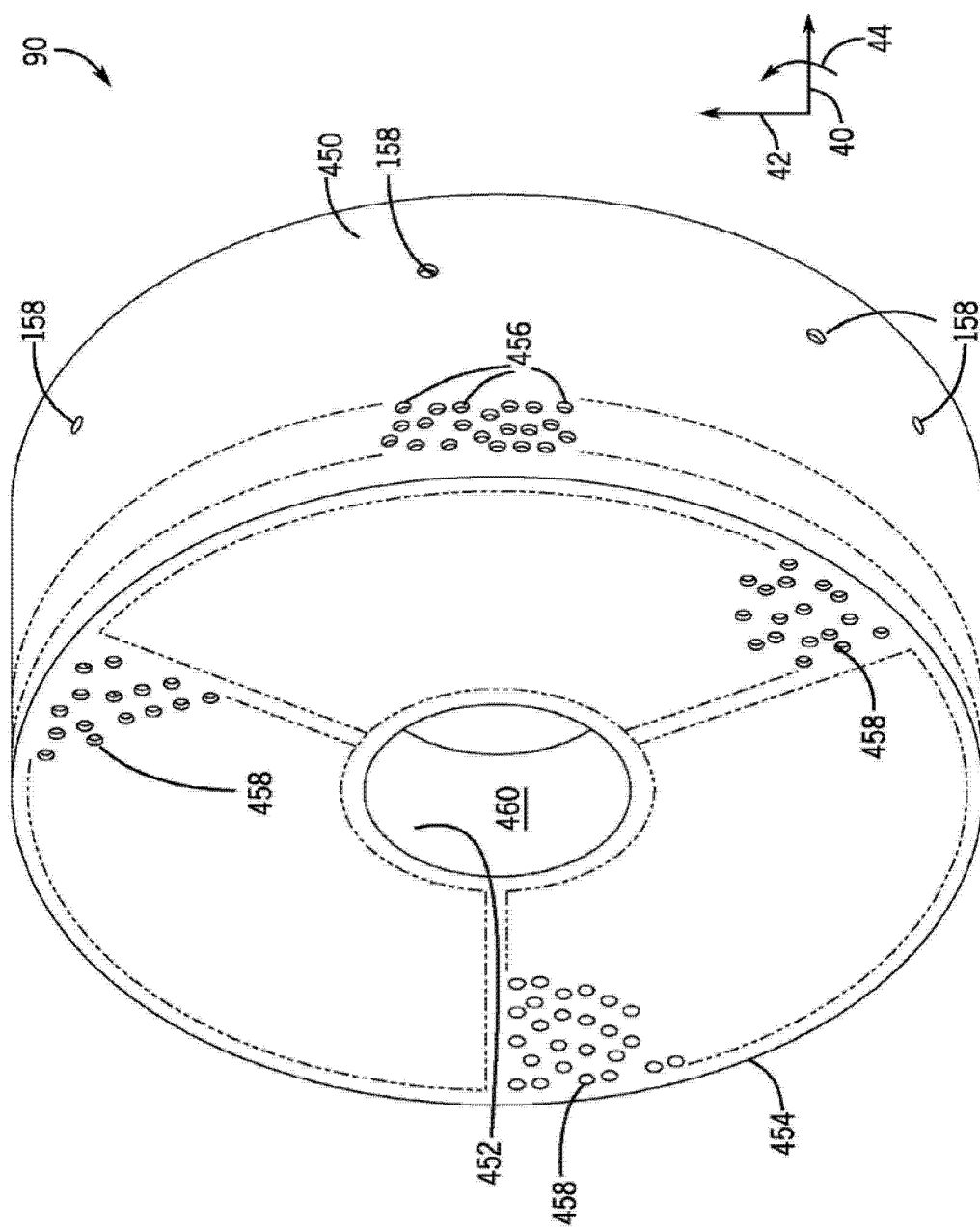


图 18

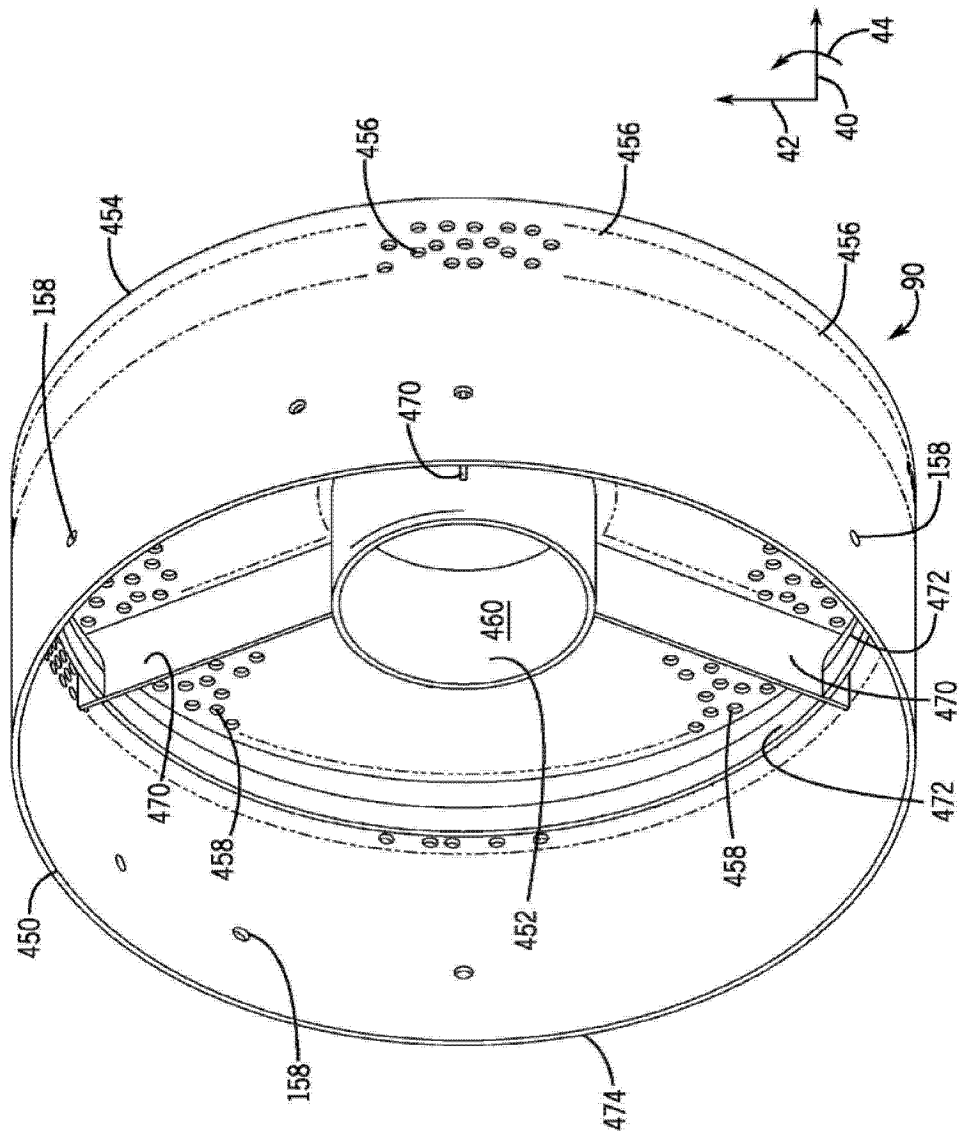


图 19

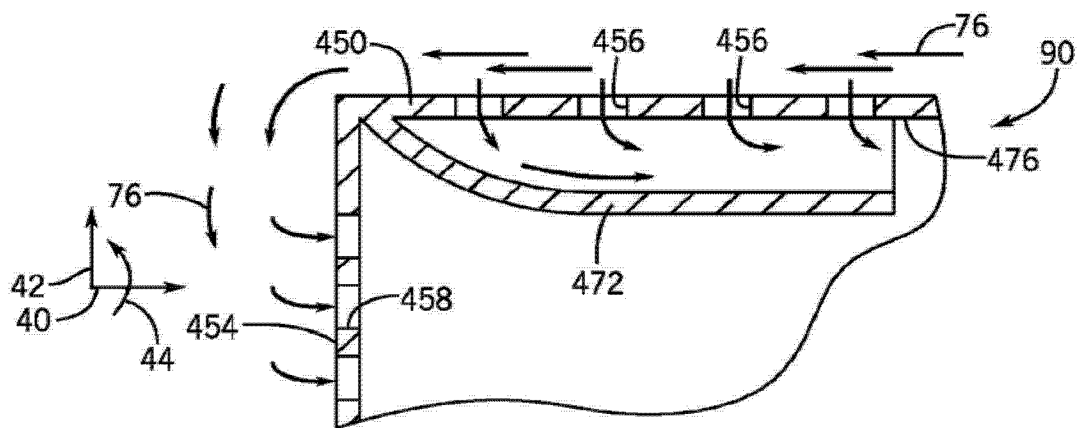


图 20

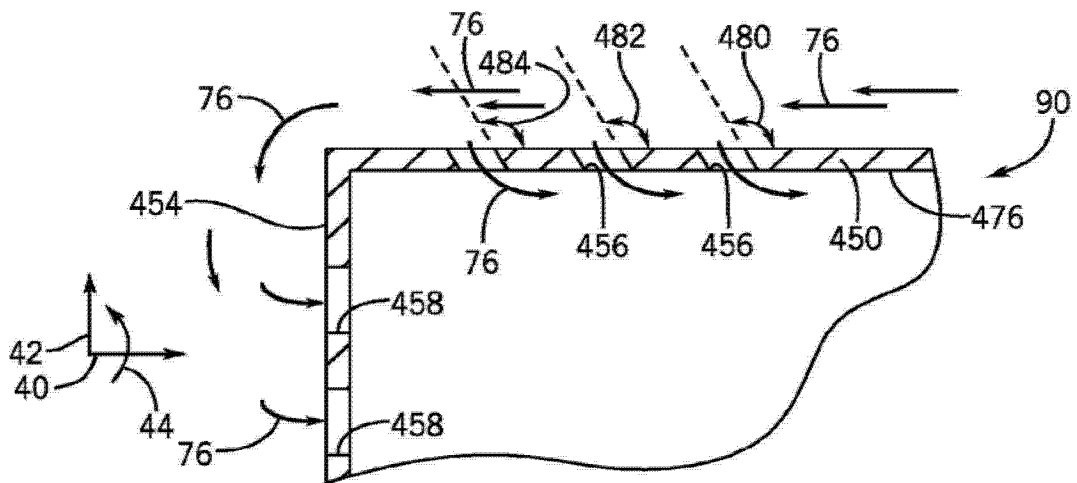


图 21

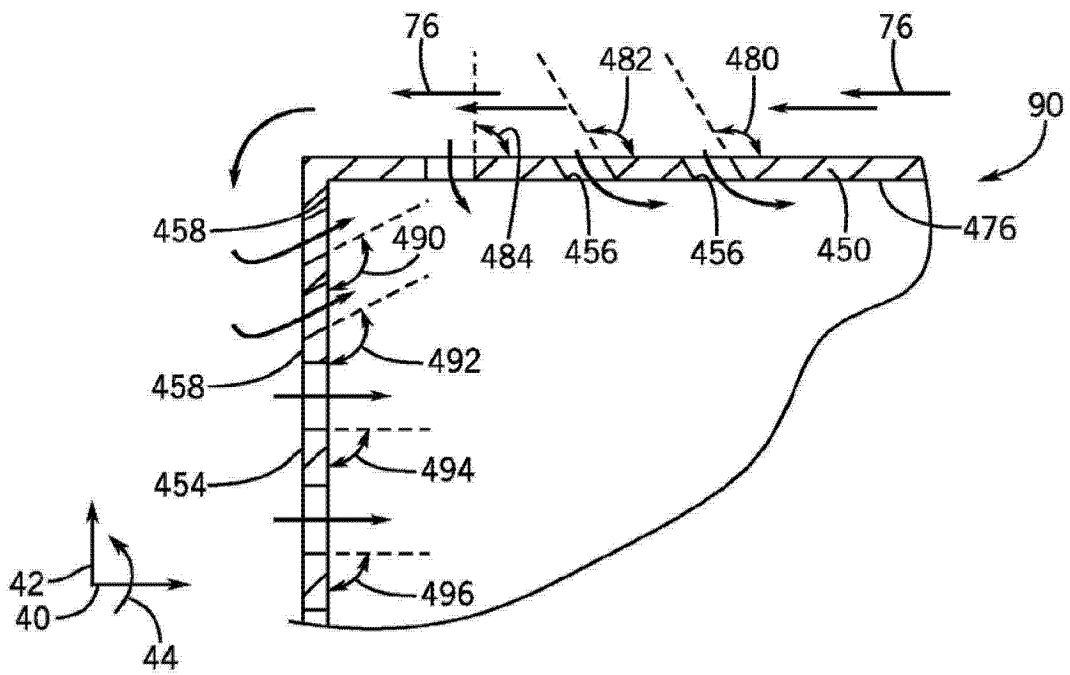


图 22