



(12)发明专利



(10)授权公告号 CN 103375819 B

(45)授权公告日 2016.12.07

(21)申请号 201310156009.7

(22)申请日 2013.04.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103375819 A

(43)申请公布日 2013.10.30

(30)优先权数据

13/460700 2012.04.30 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 左柏芳

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 肖日松 曾祥变

(51)Int.Cl.

F23R 3/38(2006.01)

F23R 3/14(2006.01)

(56)对比文件

US 2001052229 A1,2001.12.20,

US 6672073 B2,2004.01.06,

CN 1497216 A,2004.05.19,

US 2001023590 A1,2001.09.27,

CN 1464958 A,2003.12.31,

CN 1609513 A,2005.04.27,

CN 102345881 A,2012.02.08,

审查员 崔辉

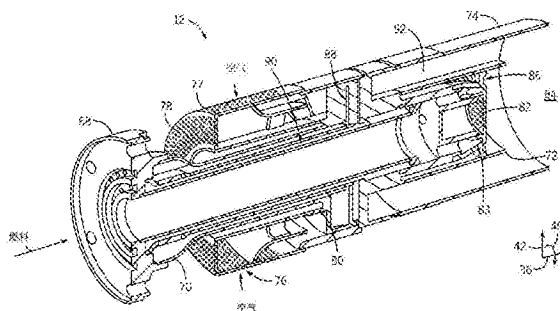
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54)发明名称

用于涡轮发动机的燃料/空气预混系统

(57)摘要

本发明涉及并提供一种系统,该系统包括燃料喷嘴。燃料喷嘴包括中心体部,中心体部被构造接收第一部分空气并且将空气输送至燃烧区域。燃料喷嘴还包括旋流器,旋流器被构造接收第二部分空气并且将空气输送至燃烧区域。旋流器包括外部护罩壁、内部毂壁、以及旋流叶片。旋流叶片包括旋流叶片的下游边缘处的径向旋流轮廓。径向旋流轮廓包括从外部护罩壁延伸至第一过渡点的区域以及从过渡点延伸至内部毂壁的第二区域。第一区域和第二区域中的至少一个是基本平直的并且第一区域和第二区域中的至少一个是弓形的。



1. 一种系统,所述系统包括:

燃料喷嘴,所述燃料喷嘴包括:

中心体部,所述中心体部被构造成接收第一部分空气并且将所述第一部分空气输送至燃烧区域;以及

旋流器,所述旋流器被构造成接收第二部分空气并且将所述第二部分空气输送至所述燃烧区域,其中所述旋流器包括:

外部护罩壁;

内部毂壁,所述内部毂壁包括用于供应燃料的端口;以及

旋流叶片,所述旋流叶片具有所述旋流叶片的下游边缘处的径向旋流轮廓,其中所述径向旋流轮廓包括从所述外部护罩壁延伸至过渡点的第一区域以及从所述过渡点延伸至所述内部毂壁的第二区域,并且所述第一区域是基本平直的并且所述第二区域是弓形的;

其中所述旋流叶片包括与所述用于供应燃料的端口流体连通的用于喷射燃料的端口。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述中心体部包括扩散旋流器,所述扩散旋流器被构造成向所述第一部分空气的子部分引起旋流。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述径向旋流轮廓形成所述外部护罩壁处的第一旋流角并且所述径向旋流轮廓形成所述内部毂壁处的第二旋流角,并且所述第一旋流角大于所述第二旋流角。

4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述第一旋流角处于大约40度至大约60度之间。

5. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述第二旋流角小于大约20度。

6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述第一部分空气相对于所述第二部分空气的比为大约0.05至大约0.25。

7. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述过渡点布置成接近所述径向旋流轮廓的中心。

8. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述系统包括燃气涡轮机,所述燃气涡轮机包括燃烧器和燃料喷嘴。

9. 一种方法,所述方法包括:

引导第一部分空气通过燃料喷嘴的中心体部,其中所述第一部分空气以所述燃料喷嘴的毂壁附近的第一旋流角离开所述中心体部;以及

引导第二部分空气通过所述燃料喷嘴的旋流器,其中所述第二部分空气以所述燃料喷嘴的护罩壁附近的第二旋流角离开所述旋流器,所述第二部分空气以所述燃料喷嘴的所述毂壁附近的第三旋流角离开所述旋流器,并且所述第二旋流角大于所述第三旋流角;

其中所述旋流器包括旋流叶片,所述旋流叶片具有在所述旋流叶片的下游边缘处的径向旋流轮廓,所述径向旋流轮廓包括从所述护罩壁延伸至过渡点的第一区域以及从所述过渡点延伸至所述毂壁的第二区域,并且所述第一区域是基本平直的并且所述第二区域是弓形的;以及

其中所述毂壁包括用于供应燃料的端口,所述旋流叶片包括与所述用于供应燃料的端口流体连通的用于喷射燃料的端口。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述第一部分空气相对于所述第二部分

空气的比为大约0.05至大约0.25。

11. 根据权利要求9所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括引起以大约30度至大约50度之间的角度离开所述中心体部的所述第一部分空气的所述第一旋流角。

12. 根据权利要求9所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括以大约40度至大约60度之间的角度在所述护罩壁附近离开所述旋流器的所述第二部分空气的所述第二旋流角。

13. 根据权利要求9所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括引起以小于大约20度的角度在所述毂壁附近离开所述旋流器的所述第二部分空气的所述第三旋流角。

14. 一种系统, 所述系统包括:

燃料喷嘴旋流器, 所述燃料喷嘴旋流器包括:

外部护罩壁;

内部毂壁, 所述内部毂壁包括用于供应燃料的端口; 以及

旋流叶片, 所述旋流叶片具有所述旋流叶片的下游边缘处的径向旋流轮廓, 其中所述径向旋流轮廓包括从所述外部护罩壁延伸至过渡点的第一区域以及从所述过渡点延伸至所述内部毂壁的第二区域, 并且所述第一区域包括基本恒定的旋流角并且所述第二区域包括朝向毂壁减小的旋流角;

其中所述旋流叶片包括与所述用于供应燃料的端口流体连通的用于喷射燃料的端口。

15. 根据权利要求14所述的系统, 其特征在于, 所述径向旋流轮廓形成所述外部护罩壁处的所述第一区域的第一旋流角, 所述径向旋流轮廓形成所述内部毂壁处的所述第二区域的第二旋流角, 并且所述第一旋流角大于所述第二旋流角。

16. 根据权利要求15所述的系统, 其特征在于, 所述第一旋流角处于大约40度至大约60度之间。

17. 根据权利要求15所述的系统, 其特征在于, 所述第二旋流角小于大约20度。

18. 根据权利要求14所述的系统, 其特征在于, 所述过渡点布置成接近所述径向旋流轮廓的中心。

用于涡轮发动机的燃料/空气预混系统

技术领域

[0001] 本发明涉及涡轮发动机,并且更具体地涉及用于改进燃料喷嘴的可操作性的系统。

背景技术

[0002] 燃气涡轮发动机燃烧燃料与空气的混合物以产生热燃烧气体,所产生的热燃烧气体接着驱动一个或多个涡轮级。具体而言,热燃烧气体迫使涡轮轮叶旋转,由此驱动轴以使一个或多个负载(例如发电机)旋转。燃气涡轮发动机包括燃料喷嘴,以将燃料和空气引导至燃烧区域中。在具有燃料与空气的可燃混合物的燃烧区域中产生火焰。不幸的是,火焰有可能从燃烧区域向上游传播到燃料喷嘴中,从而能够由于燃烧的热而影响燃料喷嘴的性能。该现象通常被称为回火。同样地,有时可能在燃料喷嘴表面上或燃料喷嘴表面附近产生火焰。该现象通常被称为火焰保持。例如,火焰保持可能发生在燃料喷嘴上或燃料喷嘴附近的低速区域中。

发明内容

[0003] 下文对与原始要求保护的发明的范围相符的某些实施例进行概述。并不期望这些实施例对所要求保护的发明的范围构成限制,相反,这些实施例仅仅旨在提供本发明的可能形式的简要概括。事实上,本发明可以包括多种形式,这些形式可以与下文所阐述的实施例相似或不同。

[0004] 根据第一实施例,一种系统包括燃料喷嘴。燃料喷嘴包括中心体部,中心体部被构造接收第一部分空气并且将空气输送至燃烧区域。燃料喷嘴还包括旋流器,旋流器被构造接收第二部分空气并且将空气输送至燃烧区域。旋流器包括外部护罩壁、内部毂壁、以及旋流叶片。旋流叶片包括旋流叶片的下游边缘处的径向旋流轮廓。径向旋流轮廓包括从外部护罩壁延伸至过渡点的区域以及从过渡点延伸至内部毂壁的第二区域。第一区域和第二区域中的至少一个是基本平直的并且第一区域和第二区域中的至少一个是弓形的。

[0005] 根据第二实施例,一种方法包括引导第一部分空气通过燃料喷嘴的中心体部。第一部分空气以燃料喷嘴的毂壁附近的第一旋流角离开中心体部。该方法还包括引导第二部分空气通过燃料喷嘴的旋流器。第二部分空气以燃料喷嘴的护罩壁附近的第二旋流角离开旋流器。第二部分空气以燃料喷嘴的毂壁附近的第三旋流角离开旋流器。第二旋流角大于第三旋流角。

[0006] 根据第三实施例,一种系统包括燃料喷嘴旋流器。燃料喷嘴旋流器包括外部护罩壁、内部毂壁、以及旋流叶片。旋流叶片包括旋流叶片的下游边缘处的径向旋流轮廓。径向旋流轮廓包括从外部护罩壁延伸至过渡点的第一区域以及从过渡点延伸至内部毂壁的第二区域。第一区域基本恒定,并且第二区域朝向毂壁显著减小。

附图说明

[0007] 当参照附图阅读下文的详细描述时,本发明的这些和其它的特征、方面、以及优点将变得更好理解,其中相似的附图标记在全部附图中代表相似部件,在附图中:

[0008] 图1是根据本发明的各个方面的燃气轮机系统的实施例的方框图;

[0009] 图2是根据本发明的各个方面的沿纵向轴线截取的图1的燃气涡轮发动机的实施例的横截面侧视图;

[0010] 图3是根据本发明的各个方面的具有端盖的燃烧器头部端的实施例的透视图,该端盖具有多个燃料喷嘴;

[0011] 图4是根据本发明的各个方面的可以采用旋流器来对燃料和空气进行预混的图3的燃料喷嘴的实施例的透视横截面图;

[0012] 图5是根据本发明的各个方面的可以采用旋流叶片的旋流器的实施例的透视图;

[0013] 图6是根据本发明的各个方面的如图5中所示的旋流叶片的实施例的透视图;

[0014] 图7是根据本发明的各个方面的沿护罩壁处的纵向轴线截取的图6的旋流叶片的实施例的横截面图;

[0015] 图8是根据本发明的各个方面的沿毂壁处的纵向轴线截取的图6的旋流叶片的实施例的横截面图;

[0016] 图9是根据本发明的各个方面叠加在图8的旋流叶片的毂侧的横截面图上的图7的旋流叶片的护罩侧的横截面图;

[0017] 图10是根据本发明的各个方面的旋流叶片的下游边缘的径向旋流轮廓的实施例的图示;以及

[0018] 图11是根据本发明的各个方面的旋流叶片的下游边缘的径向旋流轮廓的另一个实施例的图示。

具体实施方式

[0019] 本发明涉及燃料/空气预混系统,能够采用所述燃料/空气预混系统来在燃料与空气的混合物进入燃烧区域之前增加混合物的混合。根据某些实施例,预混系统包括具有旋流叶片的旋流器,所述旋流叶片具有恒定转向和强制涡旋径向轮廓。旋流器可以保持护罩壁附近的高旋流角,以增强混合以及火焰稳定。旋流器还可以保持毂壁附近减少的旋流以及较高的轴向速度,以减小火焰回火或火焰保持的可能性或影响。此外,可以引入旋流吹扫空气,以进一步稳定中心体部下游的火焰。可以对流过旋流器的空气相对于流过中心体部的空气的比进行调节,以使得系统能够在降低的流速(例如调低)下操作。

[0020] 下文将对本发明的一个或多个特定实施例进行描述。为了提供对这些实施例的简明描述,说明书中可能不会对实际实施方式的所有特征进行描述。应当领会,在开发任何这种实际实施方式的过程中,如在任何工程或设计项目中,必须进行多种实施方式特定的判定,以实现开发者的特定目标(例如遵守系统相关和商业相关的约束),所述特定目标可能随着实施方式的不同而发生变化。此外,应当领会,这种开发工作可能是复杂和耗时的,但是无论如何,对于受益于本发明的本领域普通技术人员而言,这是设计、加工、和制造的常规任务。

[0021] 当引入本发明的各个实施例的元件时,冠词“一个”和“所述”意在表示具有元件中的一个或多个元件。术语“包括”和“具有”意为包含的并且意味着除了所列出的元件还可能

具有另外的元件。

[0022] 现在参照附图并且首先参照图1,示出了燃气轮机系统10(例如燃气涡轮发动机)的实施例的方框图。该图包括燃料喷嘴12、燃料供给14、以及燃烧器16。如图所示,燃料供给14包括液体燃料或气体燃料(例如天然气),所述液体燃料或气体燃料被引导至燃气轮机系统10通过燃料喷嘴12进入燃烧器16中。在燃料与加压空气(由箭头18示出)混合之后,燃烧器16中发生点火。燃料喷嘴12可以包括用于在点燃混合物之前增强燃料与空气的混合的系统。更具体地,如下文更详细地描述的,燃料喷嘴12可以包括旋流器,该旋流器被设计成增强燃料与空气混合、稳定火焰、减少火焰回火或火焰保持、并且使得燃气轮机系统10能够在调低速率下操作。由于点火而产生的来自燃烧器16的排放气体造成涡轮20内的轮叶旋转。涡轮20中的轮叶与轴22之间的联接将使得轴22旋转,轴22在整个燃气轮机系统10中还联接至若干部件,如图所示。例如,图示的轴22驱动地联接至压缩机24和负载26。应当领会,负载26可以是可通过燃气轮机系统10的旋转输出产生动力的任何合适的装置,例如发电机或车辆。

[0023] 空气进给28进入进气部30,进气部30接着将空气引导至压缩机24中。压缩机24包括驱动地联接至轴22的多个轮叶,由此对来自进气部30的空气进行压缩并且将经过压缩的空气引导至燃料喷嘴12和燃烧器16,如箭头18所示。燃料喷嘴12可以接着以最优比将加压空气与燃料混合以用于燃烧,例如使得燃料更完全地燃烧以便不会浪费燃料或者造成过量排放物的燃烧。在通过涡轮20之后,热排放气体在排气出口34处离开燃气轮机系统10。燃气轮机系统10包括相对于在燃气轮机系统10操作期间固定的其它部件移动和/或旋转的多个部件(例如轴22)。

[0024] 图2是沿如图1中所示的燃气轮机系统10的实施例的轴向方向36截取的横截面侧视图。在操作中,空气通过进气部30进入燃气轮机系统10并且进入压缩机24中。压缩机24包括多个轮叶38,多个轮叶38围绕轴22沿周向方向40旋转以对空气进行加压。轮叶38将空气引导至燃烧器16内的燃料喷嘴12中。燃烧器16相对于压缩机24沿径向方向42向外布置。燃烧器16可以包括头部端44,燃料喷嘴12安装至头部端44。压缩空气与燃料喷嘴12内的燃料预混并且混合物在燃烧器16内点燃。燃烧产生热排放气体,所产生的热排放气体被引导至涡轮20。在涡轮20内,排放气体驱动轮叶46并且接着流向排气出口34。应当注意到,燃气轮机系统10可以通过除了空气之外的合适的工作流体工作,例如二氧化碳与氧的共混物。

[0025] 图3是具有端盖54的燃烧器头部端44的实施例的透视图,多个燃料喷嘴12通过密封接头58连接至端盖基面56。如图所示,燃烧器头部端44具有六个燃料喷嘴12。在某些实施例中,燃料喷嘴12的数量可以发生变化(例如,大约1至100个燃料喷嘴12)。头部端44通过端盖54将来自压缩机24的压缩空气和燃料引导至燃料喷嘴12中的每一个,在进入燃烧器16中的燃烧区域中之前,燃料喷嘴12将压缩空气与燃料至少部分地预混为空气-燃料混合物。如下文更详细地讨论的,燃料喷嘴12可以包括一个或多个旋流叶片,所述一个或多个旋流叶片可以在空气流动路径中引起旋流(例如沿周向方向40的速度),其中每一个旋流叶片都包括燃料喷射端口以将燃料喷射至空气流动路径中。

[0026] 图4是包括一个或多个旋流叶片的燃料喷嘴12的实施例的透视横截面图,所述一个或多个旋流叶片可以在空气流动路径中引起旋流并且将燃料喷射至空气流动路径中。燃

料喷嘴12通过安装凸缘68联接至燃烧器16。燃料喷嘴12包括燃料管道70,燃料管道70由毂壁72封闭。燃料管道70布置在燃料喷嘴12内的中心处。燃料管道70的形状成大体圆柱形。毂壁72封闭一系列通路,所述一系列通路将空气和/或燃料引导至燃料喷嘴12的各个内部部件。护罩壁74封闭毂壁72并且包括其它的通路以引导空气和/或燃料通过燃料喷嘴12。护罩壁74和毂壁72具有相似的几何形状,并且如图所示,护罩壁74和毂壁72的形状都可以成大体圆柱形。进口流动调节器76联接至护罩壁74并且围绕毂壁72布置。进口流动调节器76包括沿轴向方向36延伸的第一穿孔板77和沿径向方向42延伸的第二穿孔板78。根据某些实施例,穿孔板77、78可以使用一件式结构一体形成。穿孔板77、78可以被设计成计量进入燃料喷嘴12的空气并且使进入燃料喷嘴12的空气扩散。

[0027] 空气通过进口流动调节器76进入燃料喷嘴12。一部分空气(例如扩散空气)可以在轴向方向36上沿扩散空气通路80流动。扩散空气流向中心体部82并且可以通过扩散气体端口83沿径向被引导至中心体部82中。在中心体部82内,扩散空气可以与来自燃料管道70的燃料混合。混合物可以离开中心体部82并且向燃料喷嘴12的下游流入燃烧区域84中。根据某些实施例,燃料与扩散空气的混合物可以具有沿轴向方向36的相对较高的速度,以降低毂壁74附近火焰回火或火焰保持的可能性或影响。一部分扩散空气(例如旋流吹扫空气)可以通过扩散空气通路80流向扩散旋流器86,扩散旋流器86可以是中心体部82的一部分并且布置在中心体部82的下游端附近。在某些实施例中,扩散旋流器86可以包括以环形(annular)图案布置的多个旋流器叶片,如图4中部分示出的。扩散旋流器86可以在周向方向40上沿顺时针或逆时针方向向旋流吹扫空气施加旋流。施加给吹扫空气的旋流角可以是处于大约10度至80度之间、大约20度至70度之间、或者大约30度至50度之间的角度。根据某些实施例,旋流吹扫空气可以有助于稳定中心体部82下游的火焰、降低从中心体部82流动分离的可能性、并且改进动力学。

[0028] 进入进口流动调节器76的第二部分空气(例如主燃烧空气)可以流向旋流器88,旋流器88可以包括如下文更详细地描述的多个旋流叶片。旋流器88可以在周向方向40上沿顺时针或逆时针方向向主燃烧空气施加旋流运动。在某些实施例中,旋流器88所引起的旋流可以与由扩散旋流器86在中心体部82中所引起的旋流方向相反。例如,旋流器88可以引起顺时针旋流并且扩散旋流器86可以引起逆时针旋流。在其它实施例中,旋流器86、88可以引起沿相同方向的旋流。例如,旋流器88可以向接近护罩壁74的一部分空气引起较高的旋流速度并且向接近毂壁72的另一部分空气引起较低的旋流速度。扩散旋流器86可以引起接近毂壁72的较高的旋流速度,以补偿旋流器88的较低的旋流速度。接近毂壁72的增加的轴向速度可以降低火焰保持或火焰回火的可能性,并且由扩散旋流器86所引起的增强的旋流速度可以有助于稳定火焰。

[0029] 燃料管道70中的一部分燃料(例如预混燃料)可以通过预混燃料通路90沿轴向方向36流向旋流器88。预混燃料通过燃料喷射端口沿径向流过旋流器88,如下文更详细地描述的。预混燃料和主燃烧空气在旋流器88内混合。混合物通过预混环92被引导至燃烧区域84。根据某些实施例,旋流器88可以向护罩壁74附近的主燃烧空气和燃料施加高旋流角。高旋流角可以增强护罩壁74处的混合和火焰稳定。

[0030] 流过旋流器88的主燃烧空气相对于进入进口流动调节器76的总体空气的百分比可以发生变化。在某些实施例中,该百分比可以处于从大约50%至大约99%、或者更具体地从

大约70%至大约95%、或者甚至更具体地从大约80%至大约95%的范围内。剩余的空气(扩散空气)流过中心体部82。因此,主燃烧空气流可以大于扩散空气流,并且主燃烧空气与扩散空气的比可以发生变化。与上述百分比相对应,所述比可以处于从大约0.01至大约1、或者更具体地从大约0.05至大约0.43、或者甚至更具体地从大约0.05至大约0.25的范围内。此外,预混环92处空气燃料比可以与中心体部82处的空气燃料比不同。例如,预混环92处的混合物可以具有较高的空气燃料比,并且中心体部82处的混合物可以具有较低的空气燃料比。此外,根据操作模式,这些比可以不同。例如,在调低操作期间,与正常操作期间相比,可能在中心体部82处期望较高的燃料空气比。

[0031] 图5是包括多个旋流叶片104的旋流器88的实施例的透视图,多个旋流叶片104被设计成增强燃料/空气混合并且改进火焰稳定。空气流过护罩壁74与毂壁72之间的环形空间105,空气在环形空间105处与旋流叶片104相遇。旋流叶片104可以在周向方向40上沿顺时针方向或逆时针方向在空气中引起旋流运动。旋流叶片104沿径向布置在护罩壁74与毂壁72之间。如图所示,旋流器88包括十二个旋流叶片104。在某些实施例中,旋流叶片104的数量可以发生变化。旋流器88包括位于毂壁72中的多个燃料喷射端口106。燃料喷射端口106可以将燃料沿径向引导至旋流器88的燃料增压室中(例如,从上文所述的预混燃料通路90)。燃料可以通过定位在旋流叶片104上的燃料孔被引导至环形空间105中,在环形空间105处,燃料与空气相接触并且混合。旋流叶片104可以向燃料/空气混合物引起旋流运动。

[0032] 旋流叶片104具有半径108,半径108在护罩壁74与毂壁72之间延伸。旋流叶片104还具有长度110,长度110从上游流动端112延伸至旋流叶片104的下游流动端114。空气从上游流动端112大体流动至下游流动端114。燃料喷射端口106可以通过旋流叶片104上的孔将燃料引导至上游流动端112与下游流动端114之间的空气流中。旋流叶片104包括压力侧116和吸力侧118。压力侧116从上游流动端112延伸至下游流动端114,并且形成大体弓形表面120。空气大体朝向压力侧116流动,并且空气可以使用与表面120相对应的路径。吸力侧118也从上游流动端112延伸至下游流动端114,并且也形成大体弓形表面122。压力侧116的表面120可以与吸力侧118的表面122不同。因此,表面120、122可以沿旋流叶片104的半径108发生变化,以在旋流器88下游形成不同的空气旋流角。

[0033] 压力侧116和吸力侧118在上游流动端112处收敛以形成上游边缘124。上游边缘124具有径向轮廓126,径向轮廓126可以被设计成与进入的空气流形成大致零迎角,以同时使压力侧116和吸力侧118上的流动分离最小化。压力侧116和吸力侧118也在下游流动端114处收敛以形成下游边缘128。下游边缘128具有径向旋流轮廓130,径向旋流轮廓130可以包括基本平直和弓形区域的组合。这些区域可以对沿下游边缘128的燃料/空气混合物的旋流角进行控制。上游边缘124的径向轮廓126可以相对于下游边缘128的径向轮廓130发生变化。压力侧116和吸力侧118的旋流器表面形状可以沿旋流叶片104的长度110发生变化,以保证任何径向位置处从上游边缘轮廓126平稳过渡至下游边缘轮廓130。下游边缘128的径向轮廓130可以被设计成引起接近护罩壁74的高旋流角以增强燃料与空气的混合。径向轮廓130也可以被设计成引起接近毂壁72的低旋流角以降低火焰回火或火焰保持的可能性或影响。

[0034] 图6是旋流叶片104的实施例的透视图,旋流叶片104可以被设计成增强燃料/空气混合并且改进火焰稳定。旋流叶片104包括毂侧142,毂侧142布置在毂壁72处。毂侧142与压

力侧116形成压力边缘150并且与吸力侧118形成吸力边缘152。旋流叶片104还包括布置在护罩壁74处的护罩侧148。护罩侧148与压力侧116形成压力边缘144并且与吸力侧118形成吸力边缘146。毂侧142的形状可以与护罩侧148的形状不同,并且所述形状可以沿旋流叶片104的半径108发生变化。

[0035] 在某些实施例中,旋流叶片104包括一个或多个空心燃料增压室154,一个或多个空心燃料增压室154通过毂侧142延伸至旋流叶片104的体部中。根据某些实施例,燃料增压室154可以是圆柱体、多面体、或者具有另一种合适的形状。燃料增压室154可以通过毂壁72从燃料喷射端口106接收燃料。旋流叶片104还可以包括多个燃料出口端口(例如,燃料喷射孔)156,多个燃料出口端口156将来自燃料增压室154的燃料引导至环形空间105中。此外,在某些实施例中,燃料出口端口156的子集可以将燃料引向压力侧116,并且燃料出口端口156的第二子集可以将燃料引向吸力侧118。在某些实施例中,旋流叶片104可以被设计成引起毂壁72附近的高轴向速度,以降低火焰保持或回火的可能性或影响。因此,在某些实施例中,燃料出口端口156可以定位成接近毂壁72,以便将更大部分的燃料引导至毂壁72。例如,毂壁72与燃料出口端口156之间的距离可以处于半径108的大约5%至95%、大约15%至大约85%、或者大约30%至70%之间。

[0036] 在某些实施例中,旋流叶片104包括多个燃料喷射端口106以及相应的燃料增压室154。每一个燃料增压室154都可以具有多个燃料出口端口(例如,燃料喷射孔)156,多个燃料出口端口156将来自燃料增压室154的燃料引导至环形空间105中。如图所示,燃料出口端口可以围绕燃料增压室的圆周间隔开,使得一部分燃料被喷向压力侧116,并且第二部分燃料被喷向吸力侧118。在某些实施例中,燃料出口端口156可以定位在沿径向方向42的叶片表面上以及/或者沿轴向36流动方向的叶片表面上。

[0037] 图7是旋流叶片104的护罩侧148的实施例的横截面图。如图所示,燃料增压室154和燃料出口孔156可以将燃料引导至压力侧116和吸力侧118。护罩侧148具有大体弓形形状160,该大体弓形形状160从上游流动端112延伸至下游流动端114。形状160可以由吸力边缘146、压力边缘144、上游边缘124、以及下游边缘128限定。图8是旋流叶片104的毂侧142的实施例的横截面图。毂侧142具有大体弓形形状162,该大体弓形形状162从上游流动端112延伸至下游流动端114。形状162可以由吸力边缘152、压力边缘150、上游边缘124以及下游边缘128限定。如图9中所示,图7的旋流叶片104的护罩侧148的形状160与图8的旋流叶片104的毂侧142的形状162显著不同。形状160、162可以与上游端124的径向轮廓126以及下游端128的径向轮廓130的护罩端和毂端相对应。此外,任何径向横截面处的旋流叶片104的形状都可以被设计成在离开旋流器88的燃料/空气混合物上施加特定范围的旋流角。

[0038] 图9是叠加在图8的旋流叶片104的毂侧142的横截面图上的图7的旋流叶片104的护罩侧148的横截面图。如图所示,护罩侧148和毂侧142的形状160、162沿旋流叶片104的长度110发生变化。形状160、162的变化可以与径向轮廓126、130相对应,如上文所讨论的。具体而言,形状160、162以及相应的径向轮廓126、130的变化可以被设计成稳定旋流叶片104下游的火焰并且改进动力学。

[0039] 图10是下游边缘128的径向旋流轮廓131(例如,旋流角轮廓)的实施例的图示,其中示出了从护罩壁74至毂壁72的旋流叶片104的旋流角。径向旋流轮廓131的形状成大体弓形。在某些实施例中,径向旋流轮廓131可以是平直的(例如,恒定的)、弓形的、或者包括平

直和弓形形状的组合。旋流叶片104被设计成施加接近护罩壁74的高角度旋流以及接近毂壁72的减小的旋流角。接近护罩壁74的高角度旋流可以增强燃料/空气混合并且改进护罩壁74处的火焰稳定余量。接近毂壁72的减小的旋流角可以减小来自毂壁72的火焰回火的可能性或影响。在这种实施例中,径向旋流轮廓131可以包括基本平直的恒定转向区域180和弓形的强制涡旋区域182。在其它实施例中,径向旋流轮廓131可以包括多个区域,所述多个区域可以是基本平直的(例如,恒定的)或者弓形的。例如,径向旋流轮廓131可以包括0个、1个、2个、3个、4个、5个、或者多个基本平直区域(例如恒定转向区域)以及0个、1个、2个、3个、4个、5个、或多个弓形区域。

[0040] 径向旋流轮廓131包括恒定转向区域180,恒定转向区域180从护罩壁74向过渡点186延伸距离184。径向旋流轮廓131还包括强制涡旋区域182,强制涡旋区域182从过渡点186向毂壁72延伸距离188。在某些实施例中,旋流叶片104可以包括多于一个的恒定转向区域180以及/或者多于一个的强制涡旋区域182。在这种实施例中,分离的过渡点将布置在每一个区域之间。例如,旋流叶片104可以包括第一恒定转向区域、强制涡旋区域、以及第二恒定转向区域。第一过渡点将布置在第一恒定转向区域与强制涡旋区域之间。第二过渡点将布置在第二恒定转向区域与强制涡旋区域之间。

[0041] 如图10中所示,过渡点186布置在护罩壁74与毂壁72之间。过渡点186定位成接近下游边缘128的中心189。因此,恒定转向区域180的距离184大致等于强制涡旋区域182的距离188。在其它实施例中,过渡点186可以沿下游边缘128布置在其它位置处。例如,过渡点186可以定位成接近护罩壁74、接近毂壁72、或者定位在护罩壁74与毂壁72之间的中间位置处。因此,根据过渡点186的位置,恒定转向区域180的距离184可以大于或小于强制涡旋区域182的距离188。距离184、188中的每一个都可以等于半径108的大约5%至95%、大约15%至85%、或者大约30%至70%。

[0042] 恒定转向区域180具有大体平直形状190。然而,在其它实施例中,形状190可以略微弯曲。恒定转向区域180具有护罩壁74处的旋流角192。旋流角192为大体锐角。在某些实施例中,靠近护罩壁(例如,在半径108的大约10%、20%、或者30%的范围内)的旋流角192可以处于从大约0°至大约80°的范围以及其间所有的子范围内,例如大约20°至大约70°、大约30°至大约65°、大约40°至大约60°等。周向轴线194沿周向方向40延伸穿过过渡点186。周向轴线194与护罩壁74和毂壁72大体平行。恒定转向区域180在过渡点186处与周向轴线194形成旋流角196(例如过渡角)。旋流角192和过渡角196可以大致相等。然而,角度192、196可以以例如小于1°、2°、3°、4°、或5°的小范围发生变化。因此,恒定转向区域180可以略微弯曲,但是基本是平直的。在其它实施例中,恒定转向区域180可以成弓形,并且角度192、196可以具有处于大约0°至大约80°以及其间所有子范围内的差值,例如大约20°至大约60°、大约30°至大约55°、大约40°至大约50°等。

[0043] 强制涡旋区域182具有弓形形状197。强制涡旋区域182具有过渡点186处的旋流角198(例如过渡角)。过渡角196、198可以大致相等,使得旋流叶片104的径向轮廓130相对平滑。在其它实施例中,过渡角196、198可以彼此不同,使得旋流叶片104不平滑。强制涡旋区域182具有毂壁72处的旋流角200。根据某些实施例,靠近毂壁72的旋流角200(例如,处于半径108的大约10%、20%、或30%的范围内)可以是锐角并且可以小于大约40°,或者更具体地小于大约30°,或者甚至更具体地小于大约20°。因此,强制涡旋区域182的旋流角从过渡点186

向毂壁72减小。如图所示,旋流角200小于过渡角198。如图所示,旋流叶片104的旋流角从护罩壁74向毂壁72大体减小。在某些实施例中,旋流角可以从护罩壁74向毂壁72单调减小。在其它实施例中,旋流角可以沿径向旋流轮廓131的一个区域减小并且沿径向旋流轮廓131的不同区域增大。

[0044] 上游边缘124的径向旋流轮廓127(未示出)可以被设计成与进入空气流形成大约零迎角,以同时使压力侧116和吸力侧118上的流动分离最小化。径向旋流轮廓127、131可以类似,或者可以有所变化。两个径向旋流轮廓127和131之间的差异可以形成旋流器88的径向旋流角轮廓。在这种实施例中,叶片压力侧弯曲和吸力侧弯曲的形状可以沿长度110逐渐变化。

[0045] 图11是下游边缘128的径向旋流轮廓131的另一个实施例的图示。径向旋流轮廓131包括自由涡旋弓形区域210、恒定转向区域212、线性减小区域214、以及强制涡旋弓形区域216。自由涡旋区域210从护罩壁74向第一过渡点220延伸距离218。恒定转向区域212从第一过渡点220向第二过渡点224延伸距离222。线性减小转向区域214从第二过渡点224向第三过渡点228延伸距离226。最后,强制涡旋区域216从第三过渡点228向毂壁72延伸距离230。如图所示,线性减小区域214的旋流角朝向过渡点228减小。如图所示,距离218、222、226、和230的长度可以发生变化。具体而言,距离218、222、226、230中的每一个都可以为半径108的大约5%至95%、大约15%至85%、或者大约30%至70%。自由涡旋区域210形成护罩壁74处的旋流角232。类似地,强制涡旋区域216形成毂壁72处的旋流角234。在图示的实施例中,旋流角沿自由涡旋区域210的长度增大、沿恒定转向区域212恒定、沿线性减小转向区域214线性减小、并且沿强制涡旋区域216的长度减小。

[0046] 本书面描述使用示例对本发明进行了公开(其中包括最佳模式),并且还使本领域技术人员能够实施本发明(其中包括制造和使用任何装置或系统并且执行所包含的任何方法)。本发明的可专利范围通过权利要求进行限定,并且可以包括本领域技术人员能够想到的其它的示例。如果这种其它的示例具有与权利要求的字面语言没有区别的结构元件,或者如果这种其它的示例包括与权利要求的字面语言没有实质区别的等同结构元件,则期望这种其它的示例落入权利要求的范围内。

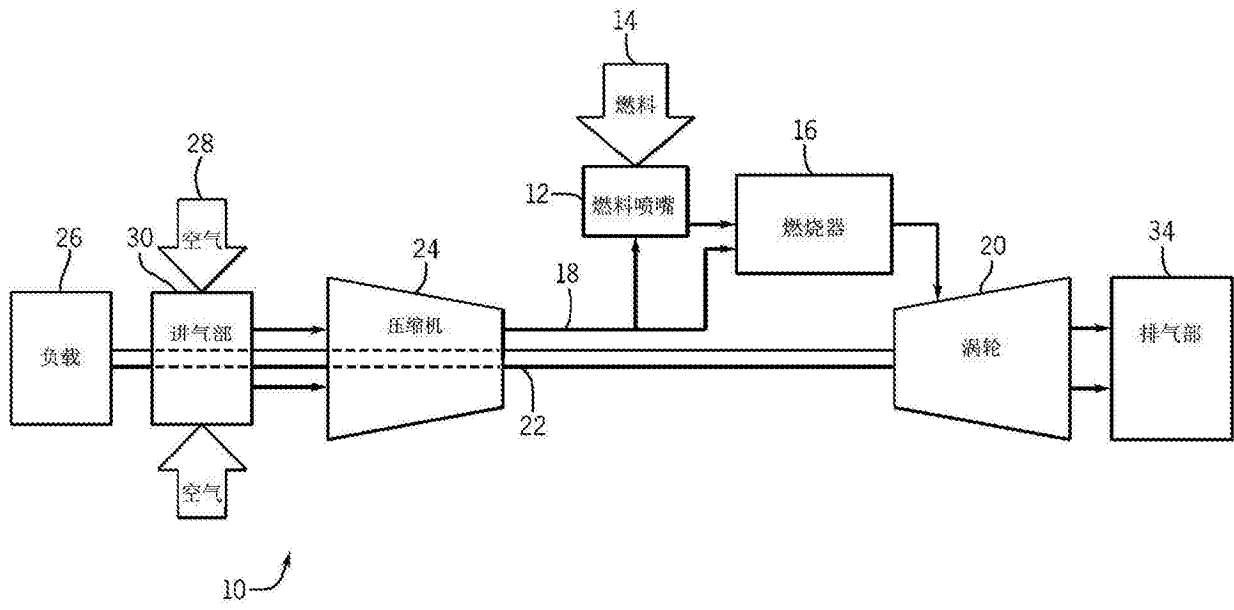


图1

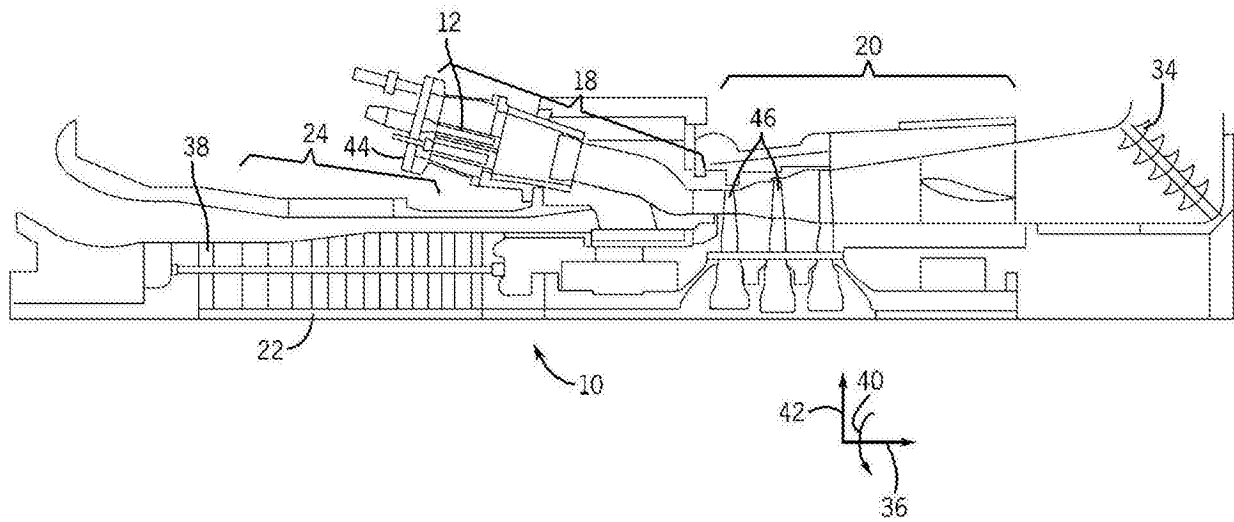


图2

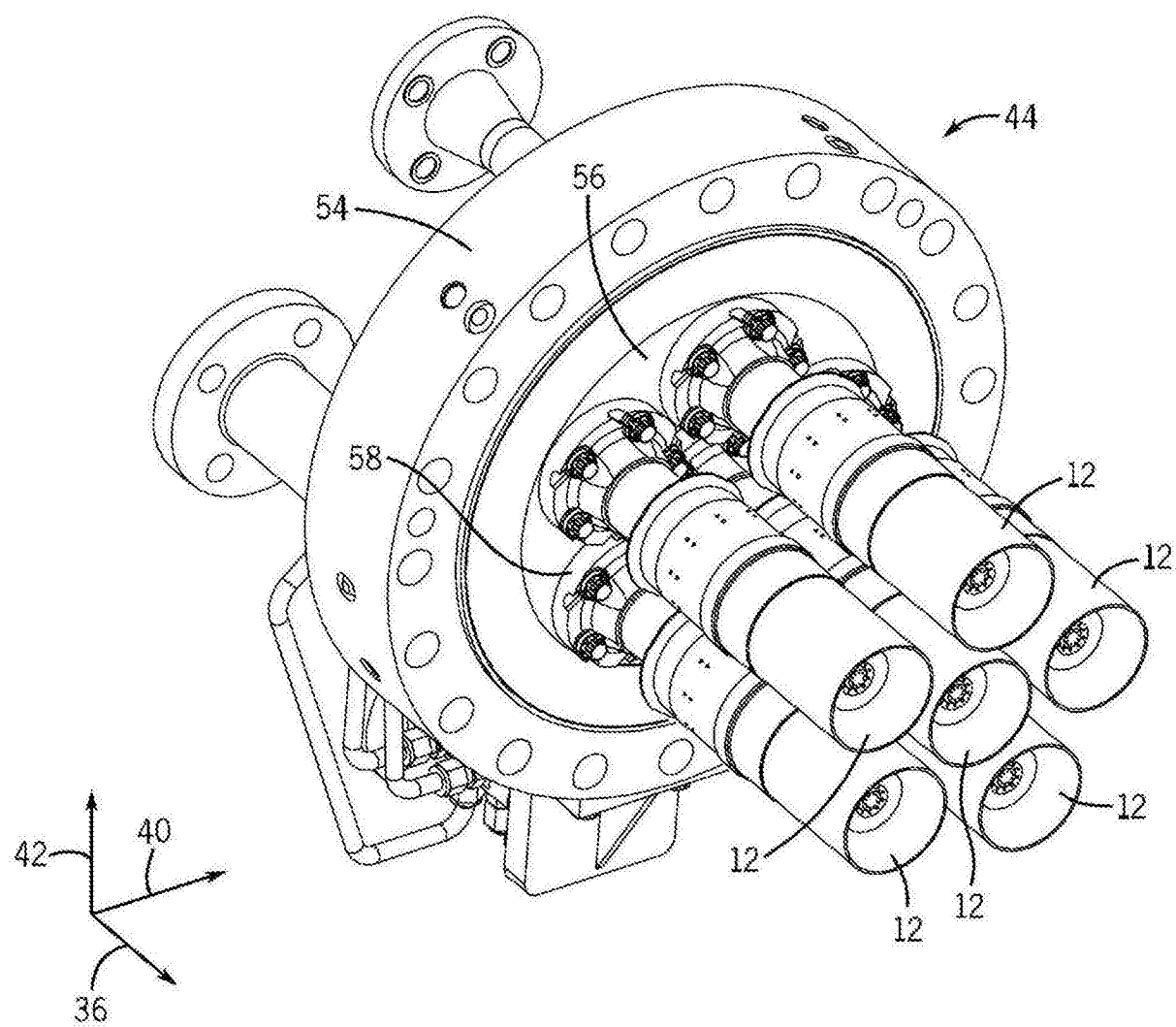


图3

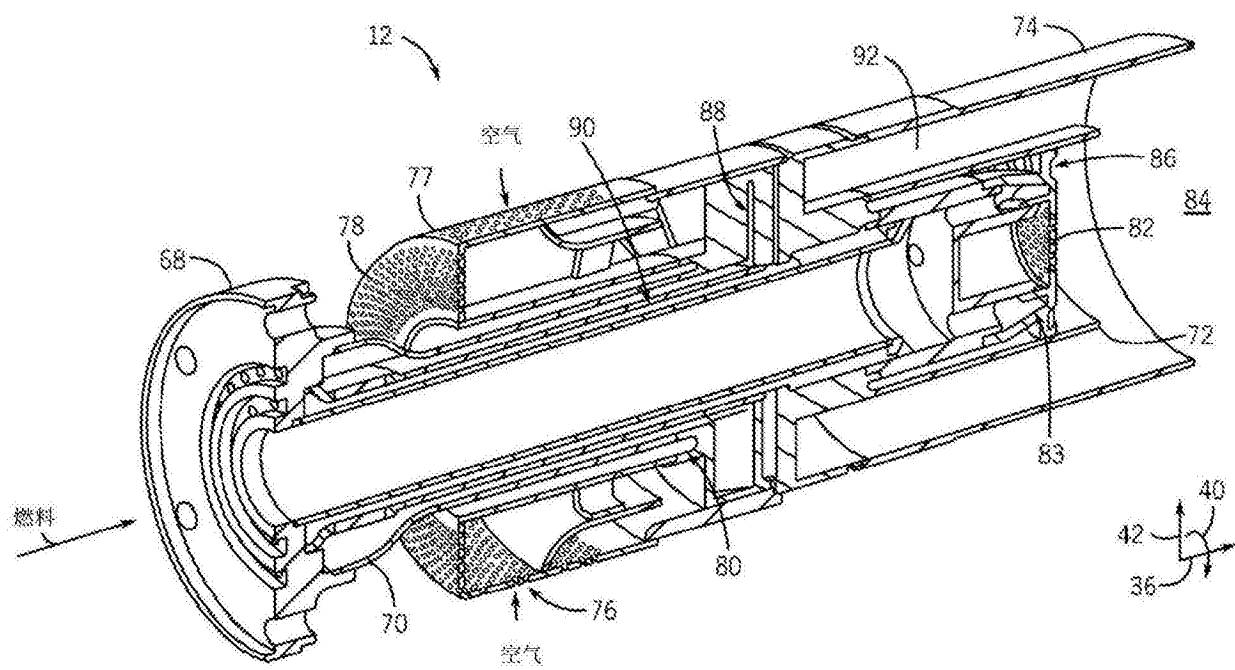


图4

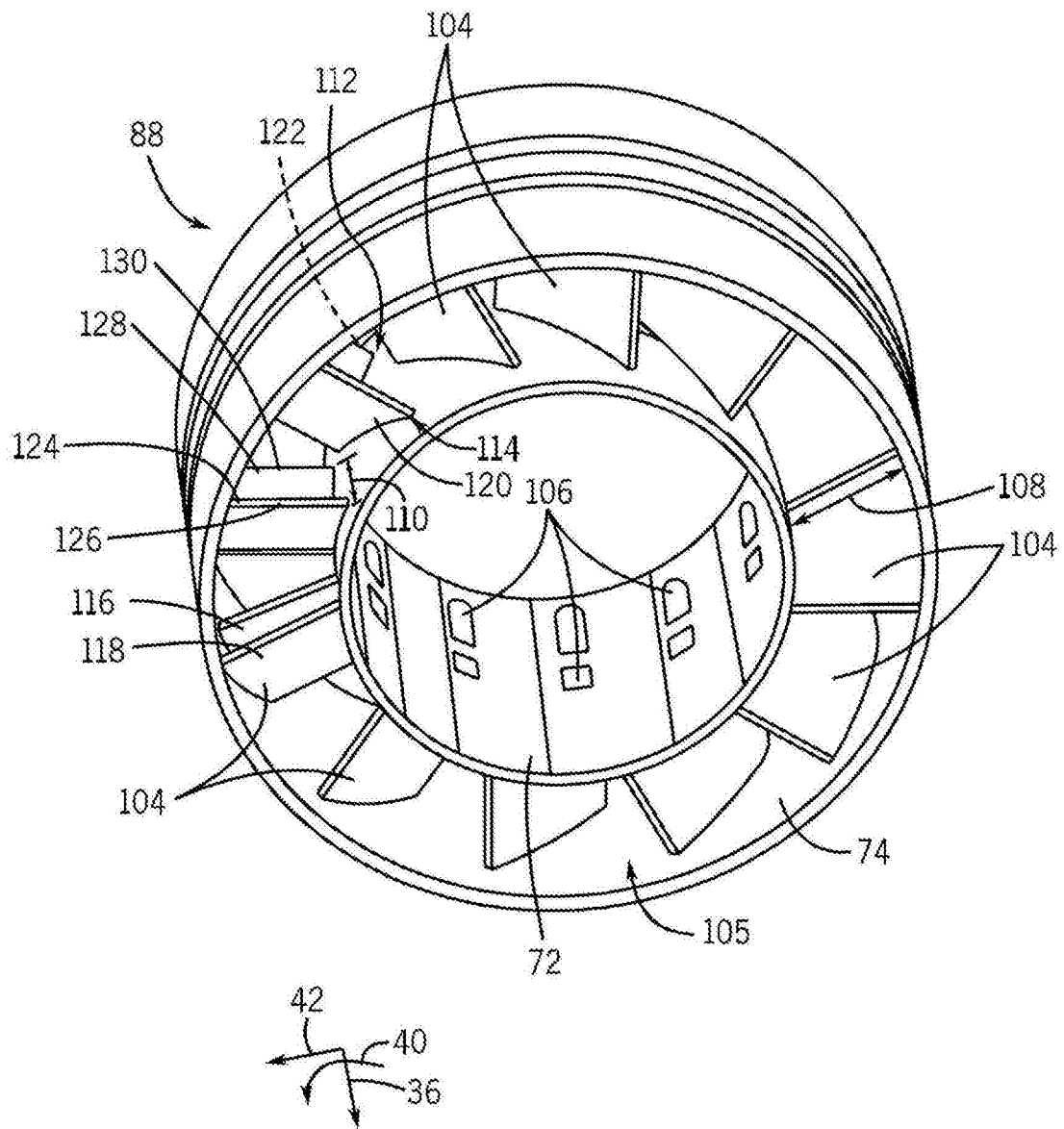


图5

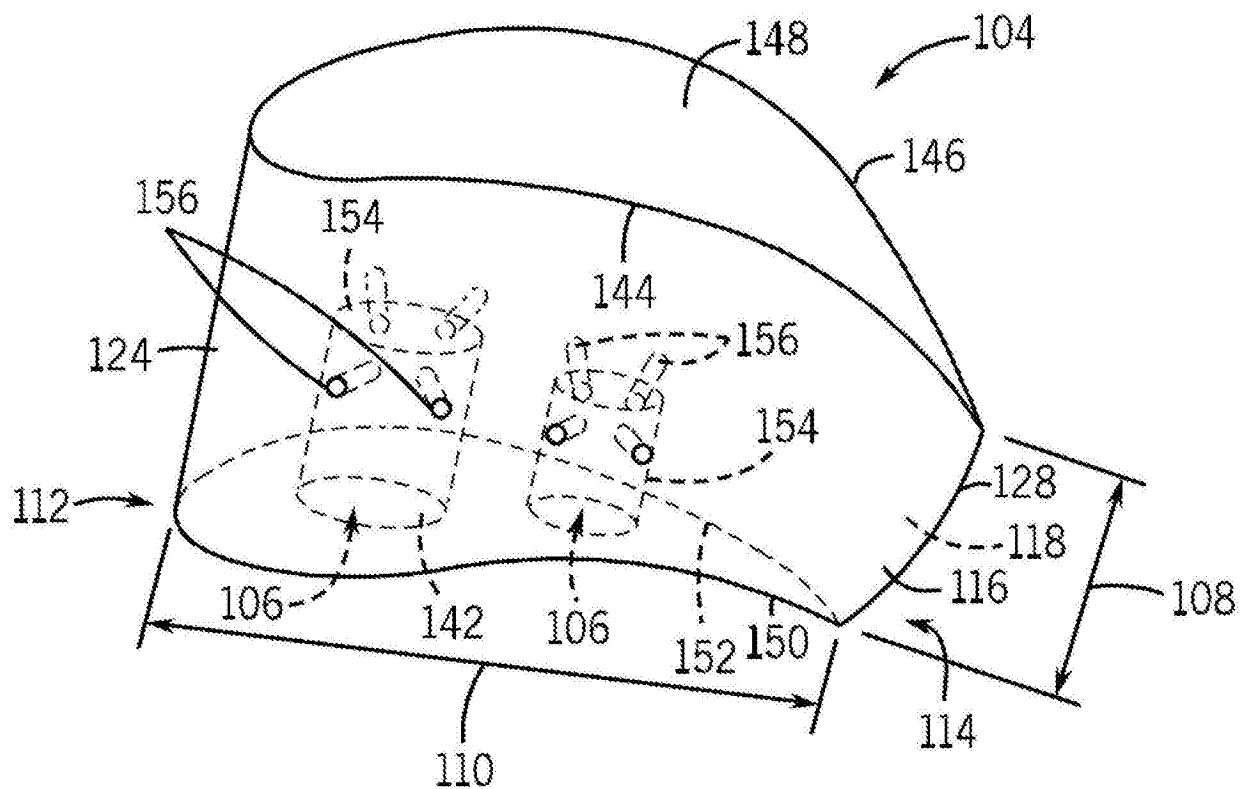


图6

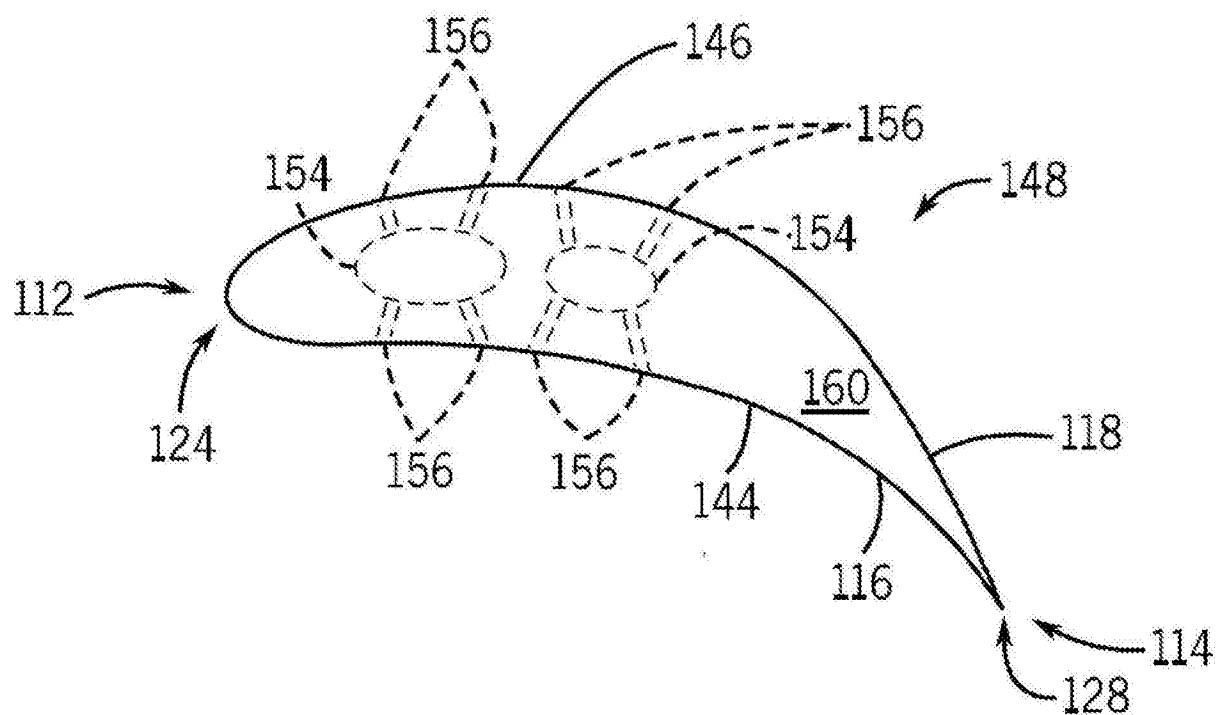


图7

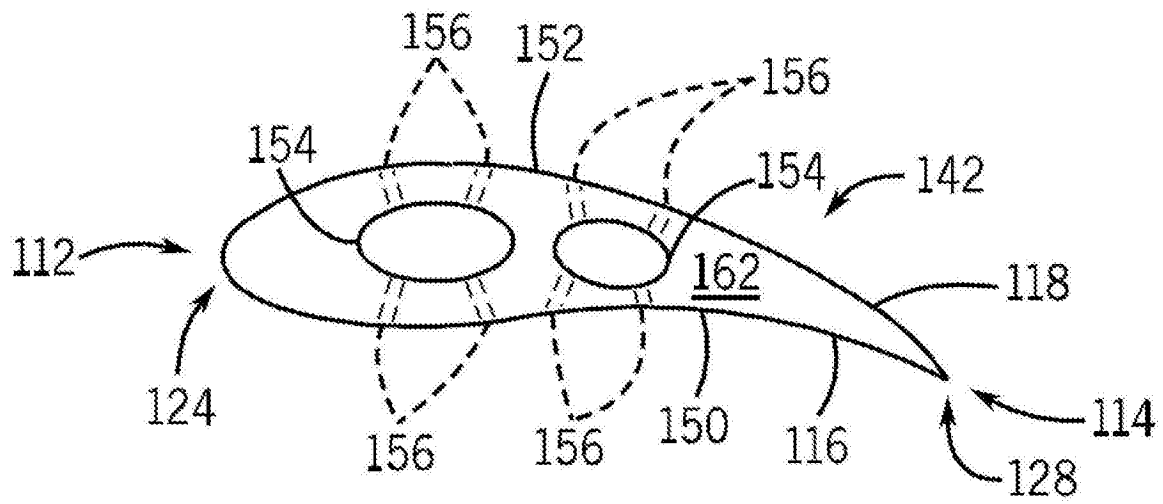


图8

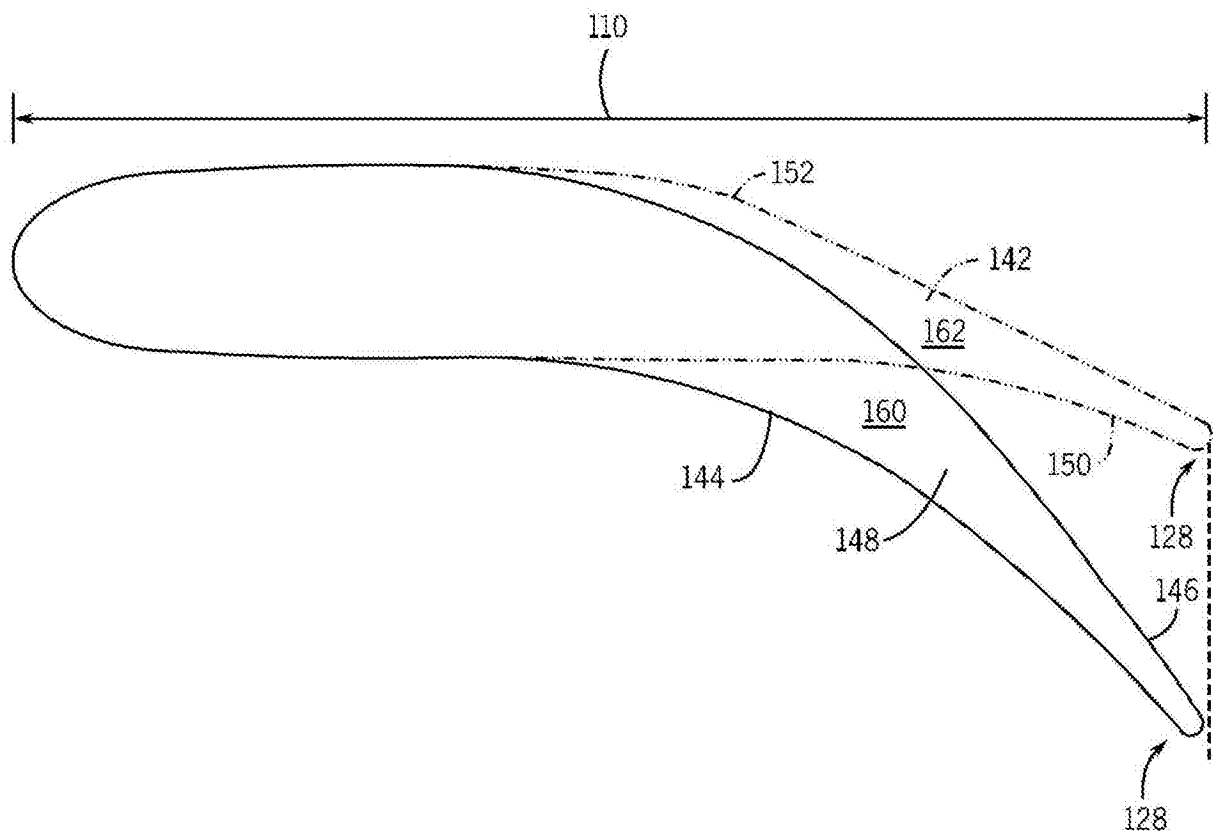


图9

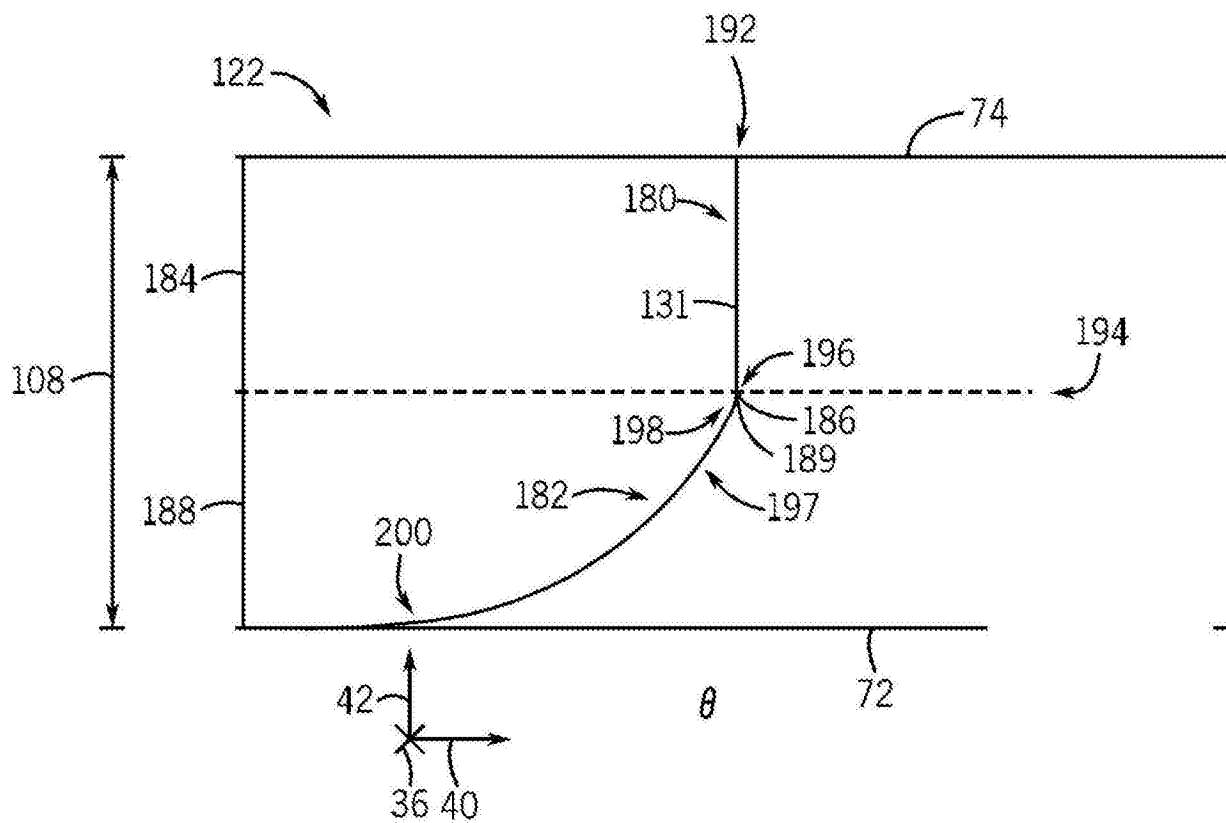


图10

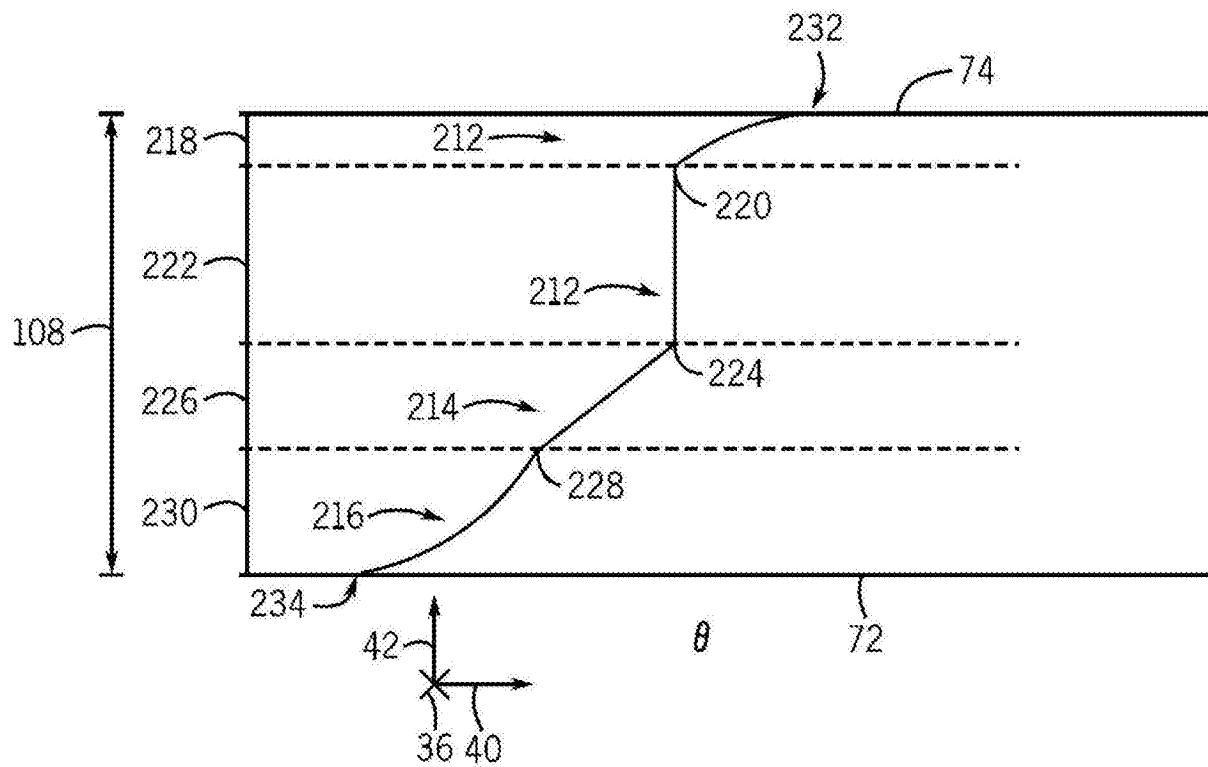


图11