



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103216271 B

(45)授权公告日 2017.07.11

(21)申请号 201310020790.5

(22)申请日 2013.01.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103216271 A

(43)申请公布日 2013.07.24

(30)优先权数据

13/355436 2012.01.20 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 R.乔汉 S.索尼 P.K.史密斯

S.G.贾亚纳 S.皮埃尔

H.博马纳卡特 S.K.维查彦

S.A.卡雷夫

(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 谭祐祥

(51)Int.Cl.

F01D 5/14(2006.01)

(56)对比文件

US 2772854 A, 1956.12.04,

US 2772854 A, 1956.12.04,

EP 1067273 A1, 2001.01.10,

US 4177011 A, 1979.12.04,

CN 101372895 A, 2009.02.25,

CN 1576517 A, 2005.02.09,

CN 1950589 A, 2007.04.18,

审查员 朱云龙

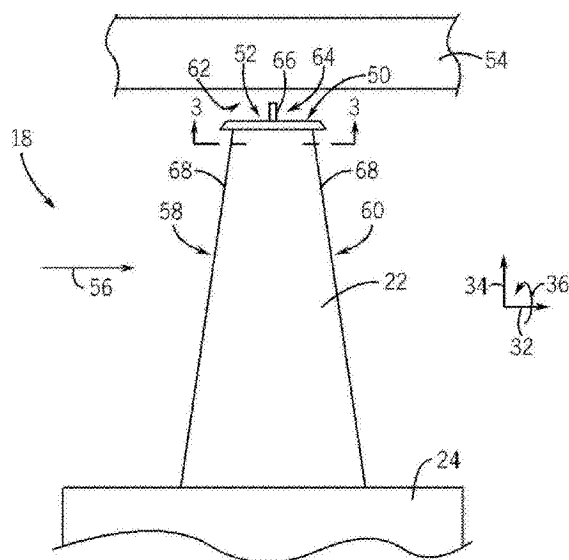
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54)发明名称

涡轮机械叶片尖端护罩

(57)摘要

本发明涉及并公开了涡轮机械叶片尖端护罩。本发明的实施例涉及包括涡轮机械叶片尖端护罩的系统,该涡轮机械叶片尖端护罩具有压力侧部分和吸力侧部分。压力侧部分和吸力侧部分由涡轮机械叶片的中弧线分开,压力侧部分具有比吸力侧部分更大的表面积。



1. 一种涡轮机械系统,其包括:

涡轮机械叶片,所述涡轮机械叶片包括:

尖端护罩,其设置在所述涡轮机械叶片的径向末端,所述尖端护罩包括:

前缘部分,其中,所述前缘部分的第一压力侧部分具有比所述前缘部分的第一吸力侧部分的表面积大5%至500%的表面积,所述涡轮机械叶片的中弧线在所述第一压力侧部分和所述第一吸力侧部分之间延伸,所述前缘部分包括前缘外伸部分,所述前缘外伸部分延伸超过所述涡轮机械叶片的前缘所述涡轮机械叶片的弦长的1%至20%;和

后缘部分,其中,所述后缘部分的第二压力侧部分具有比所述后缘部分的第二吸力侧部分的表面积大5%至400%的表面积,所述涡轮机械叶片的中弧线还在所述第二压力侧部分和所述第二吸力侧部分之间延伸。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述前缘部分和所述后缘部分由迷宫式密封件的至少一个轨道分开,并且其中所述至少一个轨道横过所述涡轮机械叶片的中弧线。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述尖端护罩包括至少一个圆齿状部分。

4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述系统包括具有所述涡轮机械叶片的涡轮机械。

5. 根据权利要求4所述的系统,其特征在于,所述涡轮机械是燃气涡轮机或汽轮机。

6. 一种涡轮机械系统,其包括:

涡轮机械叶片尖端护罩,所述涡轮机械叶片尖端护罩包括:

压力侧部分和吸力侧部分,其中,所述压力侧部分和所述吸力侧部分由涡轮机械叶片的中弧线分开,所述压力侧部分具有比所述吸力侧部分的表面积大的表面积,所述压力侧部分和所述吸力侧部分包括所述涡轮机械叶片尖端护罩的前缘部分;

其中所述前缘部分包括前缘外伸部分,所述前缘外伸部分延伸超过所述涡轮机械叶片的前缘所述涡轮机械叶片的弦长的1%至20%。

7. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,所述压力侧部分和所述吸力侧部分包括所述涡轮机械叶片尖端护罩的后缘部分。

8. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,所述涡轮机械叶片尖端护罩包括迷宫式密封件,所述迷宫式密封件具有至少一个轨道,并且其中所述至少一个轨道横过所述涡轮机械叶片的所述中弧线。

9. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,所述涡轮机械叶片尖端护罩包括至少一个圆齿状部分。

10. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,所述系统包括具有所述涡轮机械叶片尖端护罩的涡轮机械叶片,所述涡轮机械叶片尖端护罩设置在所述涡轮机械叶片的径向端部上。

11. 一种涡轮机叶片,其包括:

涡轮机叶片尖端护罩,所述涡轮机叶片尖端护罩包括:压力侧部分和吸力侧部分,其中,所述压力侧部分和所述吸力侧部分由所述涡轮机叶片的中弧线分开,所述压力侧部分具有比所述吸力侧部分的表面积大的表面积,所述压力侧部分和所述吸力侧部分包括所述涡轮机叶片尖端护罩的前缘部分,所述前缘部分包括前缘外伸部分,所述前缘外伸部分在所述涡轮机叶片的旋转方向上延伸超过所述涡轮机叶片的前缘,其中所述前缘外伸部分延

伸超过所述涡轮机叶片的前缘所述涡轮机叶片的弦长的1%至20%。

12. 根据权利要求11所述的涡轮机叶片,其特征在于,所述压力侧部分和所述吸力侧部分包括所述涡轮机叶片尖端护罩的后缘部分。

13. 根据权利要求11所述的涡轮机叶片,其特征在于,所述涡轮机叶片包括燃气涡轮机的叶片或汽轮机的叶片。

涡轮机械叶片尖端护罩

技术领域

[0001] 本发明涉及涡轮机械,更具体地涉及用于涡轮机械叶片的改进的尖端护罩几何形状。

背景技术

[0002] 涡轮机械包括压缩机和涡轮机(例如燃气涡轮机、汽轮机和水轮机)。通常,涡轮机械包括转子,转子可以是轴或转鼓,涡轮机械叶片连接到转子。某些涡轮机械叶片可以包括尖端护罩以满足结构和/或性能需求。例如,涡轮机械叶片的尖端护罩可以减少从涡轮机械叶片的压力侧(例如凹面)到吸力侧(例如凸面)的泄露或横流。但是,尖端护罩会受到离心载荷,这会在尖端护罩根部处引起升高的应力并可能降低涡轮机械叶片和/或转子的使用寿命。

发明内容

[0003] 下面总结与本发明原始要求保护的范围相当的某些实施例。这些实施例不是要限制本发明要求保护的范围,相反这些实施例只是提供本发明的可能形式的简要总结。实际上,本发明可以包括与下文阐述的实施例类似或不同的各种形式。

[0004] 在第一实施例中,系统包括具有尖端护罩的涡轮机械叶片。尖端护罩包括前缘部分,其中前缘部分的第一压力侧部分具有比前缘部分的第一吸力侧部分更大的表面积。尖端护罩还包括后缘部分,其中后缘部分的第二压力侧部分具有比后缘部分的第二吸力侧部分更大的表面积。

[0005] 在第二实施例中,系统包括具有压力侧部分和吸力侧部分的涡轮机械叶片尖端护罩。压力侧部分和吸力侧部分由涡轮机械叶片的中弧线分开,压力侧部分具有比吸力侧部分更大的表面积。

[0006] 在第三实施例中,涡轮机叶片包括涡轮机叶片尖端护罩。涡轮机叶片尖端护罩包括压力侧部分和吸力侧部分,其中,压力侧部分和吸力侧部分由涡轮机叶片的中弧线分开,压力侧部分具有比吸力侧部分更大的表面积。

附图说明

[0007] 当参照附图阅读下文详细描述时,将更好地理解本发明的这些和其他特征、方面和优点,在附图中相同的附图标记表示附图中相同的部件,其中:

[0008] 图1是具有带改进尖端护罩的叶片的燃气涡轮机系统的实施例的示意性框图;

[0009] 图2是在图1的线2-2内获取的根据本发明的实施例的具有带尖端护罩的涡轮机械叶片的涡轮机械(例如涡轮机)的部分侧视图;

[0010] 图3是沿着图2的线3-3获取的根据本发明的实施例的涡轮机械叶片的横截面仰视图,示出了尖端护罩;

[0011] 图4是根据本发明的实施例的尖端护罩的透视图,示出尖端护罩的前缘外伸部分;

[0012] 图5是根据本发明的实施例的尖端护罩的俯视图,示出具有非对称侧的尖端护罩的前缘部分;

[0013] 图6是根据本发明的实施例的尖端护罩的俯视图,示出具有非对称侧的尖端护罩的后缘部分;

[0014] 图7是根据本发明的实施例的彼此接触的相邻尖端护罩的俯视图;和

[0015] 图8是根据本发明的实施例的相邻圆齿状尖端护罩的俯视图,每个尖端护罩具有两个轨道。

具体实施方式

[0016] 下文将描述本发明的一个或多个具体实施例。为提供对这些实施例的简明描述,在说明书中没有描述实际实施方式的全部特征。应当理解,在任意这种实际实施方式的研发中,如在任意工程或设计项目中一样,必须进行众多针对实施方式的决定,以达成研发者的具体目标(例如符合系统相关和业务相关限制),这些具体目标会根据实施方式不同而改变。此外,应当理解,这种研发工作会是复杂而耗时的,但是对受益于本发明的本领域技术人员来说是设计、制造和生产的例行任务。

[0017] 当介绍本发明的各种实施例的元件时,冠词“一个”、“该”和“所述”将表示存在一个或多个元件。词语“包括”、“包含”和“具有”将是包括性的并且表示会存在除列出的元件之外的附加元件。

[0018] 公开的实施例包括涡轮机械叶片尖端护罩的改进几何形状。具体地,下文描述的尖端护罩可以包括各种几何特征,例如前缘外伸部分,这些几何特征可以具有非对称的压力侧和吸力侧。此外,尖端护罩可以在前缘和/或后缘处包括几何特征(例如非对称的吸力侧和压力侧)。如下详细所述,一个或多个这种几何特征可以提高涡轮机械叶片或涡轮机械整体的效率。此外,公开的几何特征可以提高涡轮机械叶片和涡轮机械整体的使用期限和寿命。例如,在某些实施例中,公开的尖端护罩几何形状可以减小尖端护罩的重量,从而减小涡轮机械叶片上的离心机械载荷。以此方式,可以减小尖端护罩和涡轮机械叶片中的应力。此外,下述非对称的尖端护罩和/或圆齿状技术是相比对称尖端护罩技术的改进,这可以减少圆齿状尖端护罩对涡轮机械性能的不利影响。虽然公开的改进尖端护罩几何形状可以与各种涡轮机械(例如涡轮机和压缩机)的涡轮机械叶片一起使用,但是下列讨论以涡轮机(例如燃气涡轮机和汽轮机)为背景来描述改进的尖端护罩。但是,重要的是应注意到下列讨论并不意在仅限于将公开的改进尖端护罩应用于涡轮机。

[0019] 现在转向附图,图1是具有涡轮机叶片22的燃气轮机系统10的实施例的示意性框图,涡轮机叶片22具有改进的尖端护罩。燃气轮机系统10包括压缩机12、具有燃料喷嘴16的燃烧器14、和涡轮机18。燃料喷嘴16引导液体燃料和/或气体燃料(例如天然气或合成气)进入燃烧器14。燃烧器14点火并使燃料空气混合物燃烧,然后将热加压燃烧气体20(例如排气)传送至涡轮机18中。如图所示,涡轮机叶片22联接至转子24,转子24还联接至燃气轮机系统10中的多个其他组件。在燃烧气体20经过涡轮机18中的涡轮机叶片22时,涡轮机18被驱动进行旋转,这引起转子24沿着旋转轴线25旋转。最终,燃烧气体20经由排出口26离开涡轮机18。

[0020] 在图示的实施例中,压缩机12包括压缩机叶片28。压缩机12内的压缩机叶片28也

联接至转子24,并且在如上所述转子24被涡轮机18驱动进行旋转时旋转。在压缩机叶片28在压缩机12内旋转时,压缩机叶片28将来自进气的空气压缩成加压空气30,加压空气30被引导至燃气涡轮机系统10的燃烧器14、燃料喷嘴16和其他部分。燃料喷嘴16然后使加压空气和燃料混合以产生适合的燃料-空气混合物,该燃料-空气混合物在燃烧器14中燃烧以产生燃烧气体20来驱动涡轮机18。此外,转子24可以联接至载荷31,可以经由转子24的旋转对载荷31提供动力。例如,载荷31可以是经由燃气涡轮机系统10的旋转输出来发电的任意适合的装置,例如,发电厂或外部机械载荷。例如,载荷31可以包括发电机、飞机推进器等。在下面的讨论中,会参照各种方向,例如涡轮机18的轴向或轴向轴线32、径向或径向轴线34、周向或周向轴线36。

[0021] 图2是在图1的线2-2内取得的涡轮机18的部分侧视图,示出具有尖端护罩50的涡轮机叶片22(例如翼型件)。可理解,尖端护罩50可以用于阻挡涡轮机叶片22的径向端部52与固定结构组件54之间的尖端泄漏。例如,固定结构组件54可以是涡轮机壳体、护罩等。也就是说,尖端护罩50可以帮助在涡轮机18内阻挡(例如,来自燃烧器14的燃烧气体20的)流体流动56从涡轮机叶片22的压力侧58经过涡轮机叶片22的径向端部52和固定结构组件54之间的间隙62到达吸力侧60。此外,尖端护罩50还可以减少涡轮机叶片22中的振动。在某些实施例中,尖端护罩50还可以包括迷宫式密封件64,迷宫式密封件64进一步阻挡流体流动56从压力侧58经由间隙62到达吸力侧60。在图示的实施例中,迷宫式密封件64包括单一轨道66,轨道66沿着径向34朝向固定结构组件54延伸。在其他实施例中,例如在图7所示的实施例中,迷宫式密封件64可以包括多个轨道66。

[0022] 如上所述,尖端护罩50设置在涡轮机叶片22的径向端部52上。具体地,尖端护罩50从涡轮机叶片22的外表面68围绕涡轮机叶片22的周边侧向延伸。如下详细所述,尖端护罩50的几何形状可以改变。例如,尖端护罩50的不同部分(例如,前缘部分、后缘部分、吸力侧部分、和压力侧部分)可以具有不同的轮廓、形状等。也就是说,尖端护罩50的不同部分可以从涡轮机叶片22的外表面68侧向延伸不同的量。例如,如下所述,尖端护罩50可以具有非对称的压力侧和吸力侧。

[0023] 图3是沿着图2的线3-3获取的尖端护罩50的横截面仰视图,示出尖端护罩50的前缘外伸部分100。如此,图3中所示的横截面图示出尖端护罩50的背向固定结构组件54的一侧(例如,从转子24观察尖端护罩50)。如上所述,尖端护罩50从涡轮机叶片22(例如翼型件)的外表面68侧向延伸。此外,尖端护罩50包括各种部分,这些部分可以具有不同的几何结构、轮廓或形状。例如,尖端护罩50包括吸力侧部分102和压力侧部分104。可理解,尖端护罩50的吸力侧部分102从涡轮机叶片22的吸力侧60侧向延伸。类似地,压力侧部分104从涡轮机叶片22的压力侧58侧向延伸。如图所示,涡轮机叶片的吸力侧60和压力侧58可以由涡轮机叶片22的中弧线106分隔(即,分开)。中弧线106一般地由涡轮机叶片22的展向平均宽度108限定。

[0024] 如上所述,图示的实施例中的尖端护罩50包括前缘外伸部分100。即,前缘外伸部分100是在涡轮机叶片22的前缘110处尖端护罩50从涡轮机叶片22的侧向延伸。更具体地,前缘外伸部分100沿着涡轮机叶片22的中弧线106在前缘110之前从涡轮机叶片22侧向延伸。如下文详细讨论的,前缘外伸部分100可以帮助阻挡流体流动56经由涡轮机叶片22的径向端部52和固定结构组件54之间的间隙62流过涡轮机叶片22的径向端部52。以此方式,可

以减少涡流产生和压力混合(即,涡轮机叶片22的吸力侧60和压力侧58之间的压力混合),从而提高涡轮机叶片22的效率。

[0025] 在图示的实施例中,前缘外伸部分100在涡轮机叶片22的前缘110之前延伸距离112。前缘外伸部分100的距离112可以表示为涡轮机叶片22的总弦长114的百分比。可理解,涡轮机叶片22的总弦长114可以限定为涡轮机叶片22的前缘110和涡轮机叶片22的后缘116之间沿着中弧线106的距离。例如,前缘外伸部分100的距离112可以为涡轮机叶片22的总弦长114的约1%至20%、2%至18%、3%至16%、4%至14%、5%至12%、或6%至10%。此外,在某些实施例中,前缘外伸部分100可以具有非对称几何形状。也就是说,如下文详细讨论的,前缘外伸部分100可以围绕中弧线106非对称(即,前缘外伸部分100可以包括非对称的压力侧部分和吸力侧部分)。类似地,在某些实施例中,后缘116可以包括与前缘外伸部分100类似的延伸部分或外伸部分。例如,后缘116可以包括外伸部分118,外伸部分118可以在涡轮机叶片22的后缘116之后延伸。

[0026] 图4是在图3的线4-4内获得的尖端护罩50的前缘外伸部分100的透视图,前缘外伸部分100延伸超过涡轮机叶片22的前缘110并且在前缘110之前延伸,并且前缘外伸部分100一般沿着涡轮机18的负轴向111延伸。也就是说,负轴向111一般处于沿着涡轮机18的轴线32的上游方向。如前所述,前缘外伸部分100可以帮助阻挡流体流动56流过涡轮机叶片22的径向端部52。例如,如箭头120所指,前缘外伸部分100可以将流体流动56引导至涡轮机叶片22下方。类似地,如箭头122所指,前缘外伸部分100可以将流体流动56引导至涡轮机叶片22的压力侧58。以此方式,减少流体流动56经过涡轮机叶片22的径向端部52的泄漏,从而提高涡轮机18的效率。

[0027] 图5是尖端护罩50的俯视图,示出具有非对称侧的尖端护罩50的前缘部分150。如此,图5(以及图6和图7)中所示的俯视图示出尖端护罩50的面朝固定结构组件54的一侧。尖端护罩50的前缘部分150具有压力侧部分152(即,对应于涡轮机叶片22的压力侧58),压力侧部分152与尖端护罩50的吸力侧部分154(即,对应于涡轮机叶片22的吸力侧60)非对称。如上类似地讨论的,前缘部分150的压力侧部分152和吸力侧部分154由涡轮机叶片22的中弧线106分开。在图示的实施例中,尖端护罩50的前缘部分150一般由迷宫式密封件64的轨道66与尖端护罩50的后缘部分156分开。在某些实施例中,前缘部分150可以包括如上所述的前缘外伸部分100。也就是说,前缘外伸部分100可以延伸超过涡轮机叶片22的前缘110,并且可以围绕中弧线106非对称。

[0028] 如前所述,尖端护罩50的前缘部分150的压力侧部分152和吸力侧部分154是非对称的。例如,在图示的实施例中,压力侧部分152大于吸力侧部分154。也就是说,尖端护罩50的压力侧部分152比尖端护罩50的吸力侧部分154具有实质更大的从涡轮机叶片22的外表面68侧向延伸的表面积。例如,在某些实施例中,尖端护罩50的压力侧部分152的表面积可以比吸力侧部分154的表面积大约5%至500%、10%至400%、15%至300%、20%至250%、25%至200%、30%至150%、40%至100%、或45%至50%。以此方式,尖端护罩50的压力侧部分152可以在涡轮机18内阻挡流体流动56流过涡轮机叶片22的径向端部52,从而减少尖端泄漏。因此,涡轮机叶片22和涡轮机18可以感到效率提高。此外,可以减小尖端护罩50的吸力侧部分154的尺寸,从而减小尖端护罩50的总重量。可理解,减小尖端护罩50的总重量可以减小在涡轮机18操作时涡轮机叶片22和转子24上的离心机械载荷。

[0029] 图6是尖端护罩50的俯视图,示出具有非对称侧的尖端护罩50的后缘部分156。更具体地,尖端护罩50的后缘部分156具有压力侧部分160(即,对应于涡轮机叶片22的压力侧58),压力侧部分160与尖端护罩50的吸力侧部分162(即,对应于涡轮机叶片22的吸力侧60)非对称。如上类似讨论的,后缘部分156的压力侧部分160和吸力侧部分162由涡轮机叶片22的中弧线106分开。如图5中所示的前缘部分150一样,图示的实施例中的尖端护罩50的后缘部分156一般由迷宫式密封件64的轨道66与尖端护罩50的前缘部分150分开。

[0030] 如前所述,尖端护罩50的后缘部分156的压力侧部分160和吸力侧部分162围绕涡轮机叶片22的中弧线106是非对称的。更具体地,在图示的实施例中,压力侧部分160大于吸力侧部分162。也就是说,尖端护罩50的后缘部分156的压力侧部分160比尖端护罩50的后缘部分156的吸力侧部分162具有更大的从涡轮机叶片22的外表面68侧向延伸的表面积。例如,在某些实施例中,尖端护罩50的压力侧部分160的表面积可以比吸力侧部分162的表面积大约5%至400%、10%至350%、15%至300%、20%至250%、25%至200%、30%至150%、40%至100%、或45%至50%。以此方式,尖端护罩50的压力侧部分160可以在涡轮机18内阻挡流体流动56流过涡轮机叶片22的径向端部52。此外,可以减少流体流动56与经过轨道66的泄漏流动的相互作用,可能导致混合损失减小。因此,涡轮机叶片22和涡轮机18可以提高效率。此外,可以减小尖端护罩50的吸力侧部分162的尺寸,从而减小尖端护罩50的总重量。可理解,减小尖端护罩50的总重量可以减小在涡轮机18操作时涡轮机叶片22和转子24上的离心机械载荷。

[0031] 图7是两个相邻尖端护罩50的俯视图,示出两个尖端护罩50之间的接触。更具体地,第一尖端护罩164可以定位在一个涡轮机叶片22上,第二尖端护罩166可以定位在联接至转子24的同一涡轮机叶片22级或排的相邻涡轮机叶片22上。如图所示,两个相邻的尖端护罩50(例如第一尖端护罩164和第二尖端护罩166)由于位于相邻的涡轮机叶片22上而彼此接触。例如,第一尖端护罩164的吸力侧部分168与第二尖端护罩166的压力侧部分170物理接触。可理解,涡轮机叶片22的尖端护罩50可以与相邻涡轮机叶片22的尖端护罩50物理接触,以提高涡轮机叶片22的机械刚度。

[0032] 按照如上所述的方式,相邻尖端护罩50(例如第一尖端护罩164和第二尖端护罩166)可以具有非对称侧。例如,第一尖端护罩164具有压力侧部分172,压力侧部分172与第一尖端护罩164的吸力侧部分168非对称,并且压力侧部分172具有比第一尖端护罩164的吸力侧部分168更大的表面积。类似地,第二尖端护罩166的压力侧部分170可以与第二尖端护罩166的吸力侧部分174非对称,并且压力侧部分170具有比第二尖端护罩166的吸力侧部分174更小的表面积。

[0033] 图8是两个尖端护罩50的实施例的俯视图,示出各自具有非对称侧的尖端护罩50的后缘部分156。如图所示,与上文参照图7所述类似地,两个尖端护罩50彼此接触。即,第一尖端护罩180可以定位在一个涡轮机叶片22上,第二尖端护罩182可以定位在同一级或同一排的另一相邻涡轮机叶片22上。此外,尖端护罩50的图示实施例包括圆齿状部分180,每个尖端护罩50的迷宫式密封件64包括两个轨道66(例如,第一轨道183和第二轨道184)。可理解,尖端护罩50可以包括圆齿状部分180以进一步减小尖端护罩50的重量,从而减小在涡轮机18操作时涡轮机叶片22和转子24上的离心机械载荷。更具体地,如图所示,圆齿状部分180可以通过在尖端护罩50中形成凹口或缺口而形成。也就是说,可以去除来自尖端护罩50

的材料,以形成圆齿状部分180,从而减小尖端护罩50的重量。

[0034] 如图所示,每个尖端护罩的后缘部分156包括压力侧部分186(即,对应于涡轮机叶片22的压力侧58)和吸力侧部分188(即,对应于涡轮机叶片22的吸力侧60),其中压力侧部分186和吸力侧部分188围绕涡轮机叶片22的中弧线106非对称。如上文参照图6所述,压力侧部分186具有比吸力侧部分188更大的表面积。以此方式,每个尖端护罩50的压力侧部分186可以在涡轮机18内阻挡流体流动56流过每个涡轮机叶片22的径向端部52。此外,可以减少流体流动56与经过轨道66的泄漏流动的相互作用,可能导致混合损失减小。因此,涡轮机叶片22和涡轮机18可以提高效率。此外,可以减小尖端护罩50的吸力侧部分188的尺寸,从而减小尖端护罩50的总重量。可理解,减小尖端护罩50的总重量可以减小在涡轮机18操作时涡轮机叶片22和转子24上的离心机械载荷。

[0035] 此外,如上所述,图示的实施例中的两个尖端护罩50彼此接触,这可以提高涡轮机叶片22的机械刚度。例如,两个尖端护罩50基本完全覆盖在每个尖端护罩50的第一轨道183和第二轨道184之间。也就是说,第一尖端护罩180的第一轨道183和第一轨道183之间的第一尖端护罩180的吸力侧表面190基本被完全覆盖。类似地,第二尖端护罩182的压力侧表面192在第二尖端护罩182的第一轨道183和第二轨道184之间基本被完全覆盖。在某些实施例中,在第二轨道184上游(例如,在第一轨道183和第二轨道184之间),尖端护罩50的压力侧194和吸力侧196的相应表面积可基本被完全覆盖(例如,类似尺寸的表面积),以在涡轮机叶片22尖端上形成完全的圆柱/圆锥环。在其他实施例中,在第二轨道184上游压力侧194的表面积可以大于吸力侧196的表面积。

[0036] 相反,在第二轨道184后部,尖端护罩50的压力侧和吸力侧的相应表面积可以非对称。具体地,如上所述,后缘部分156(例如,第二轨道184后部的尖端护罩50的部分)可以成圆齿状,以使得压力侧部分186具有比吸力侧部分188更大的表面积。也就是说,吸力侧部分188可以具有切除或其他去除部分,从而减小吸力侧部分188的表面积。相反,压力侧部分186可以没有切除或其他去除部分。结果,在每个尖端护罩50的后缘部分156的图示实施例中(例如,第二轨道184后部),第一尖端护罩180的吸力侧表面190没有与第二尖端护罩182的压力侧表面192实质完全接触。此外,在图示的实施例中,每个尖端护罩50的后缘部分156的压力侧表面198与在后缘部分156上每个尖端护罩50的中弧线106基本平行。但是,在其他实施例中,如虚线202所示,后缘部分156的压力侧表面198可以相对于后缘部分156上的中弧线106形成角度200。例如,角度200可以为约0至75、5至60、10至45、或15至30度。可理解,角度200可以经选择以实现期望的机械或空气动力性能。

[0037] 如上详细所述,公开的实施例涉及用于涡轮机械叶片尖端护罩50的改进几何形状。更具体地,上述尖端护罩50的实施例可以包括一个或多个特征,例如前缘外伸部分100。此外,尖端护罩50可以包括具有非对称的压力侧部分152和吸力侧部分154的前缘部分150。类似地,尖端护罩可以包括具有非对称的压力侧部分160和吸力侧部分162的后缘部分156。如上所述,这些改进的几何形状可以帮助减小尖端护罩50的重量并同时阻挡流体流动56流过涡轮机叶片22的径向端部52。以此方式,改进涡轮机械叶片22的性能,同时减小涡轮机械叶片22和转子24上的离心机械载荷,从而提高涡轮机械18的整体效率。

[0038] 本书面说明书使用示例来公开本发明(包括最佳实施方式),还使得任意本领域技术人员可实现本发明(包括制造和使用任意装置或系统和执行任意结合的方法)。本发明的

专利范围由权利要求书限定,并且可以包括本领域技术人员想到的其他示例。如果这样的其他示例具有与权利要求书的文字语言并非不同的结构元件、或者如果这样的其他示例包括与权利要求书的文字语言具有非实质性区别的等价结构元件,则这样的其他示例意欲落入权利要求书的范围。

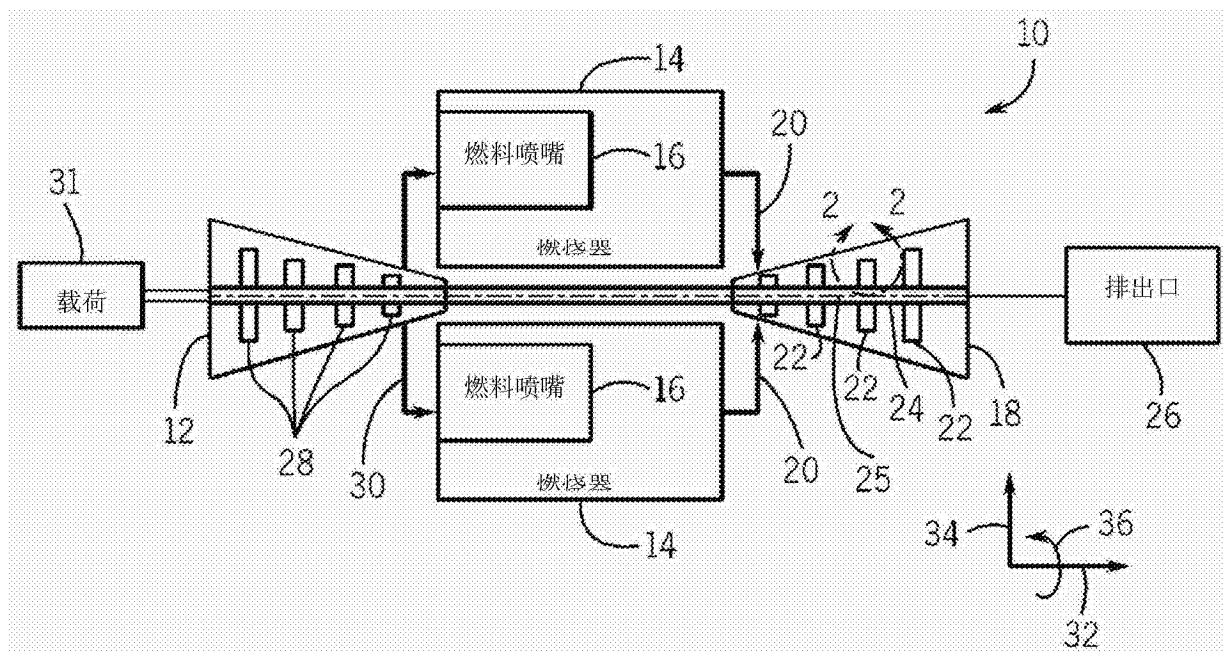


图1

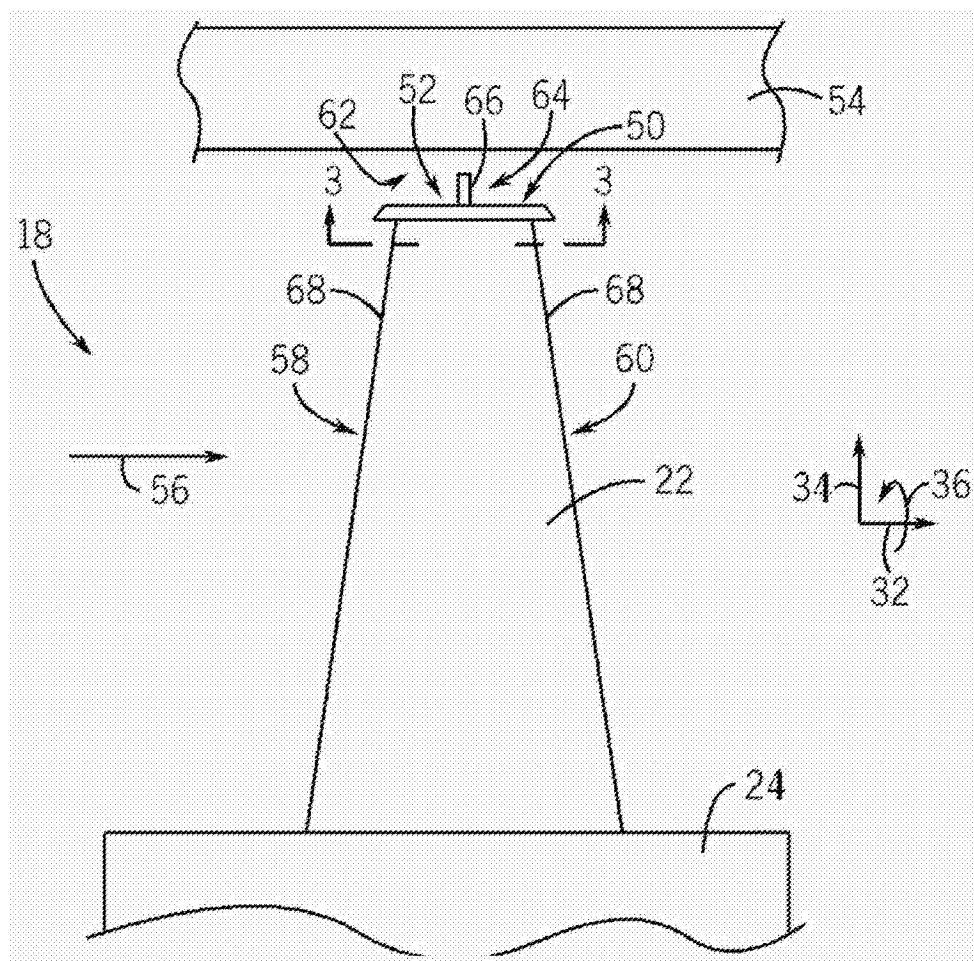


图2

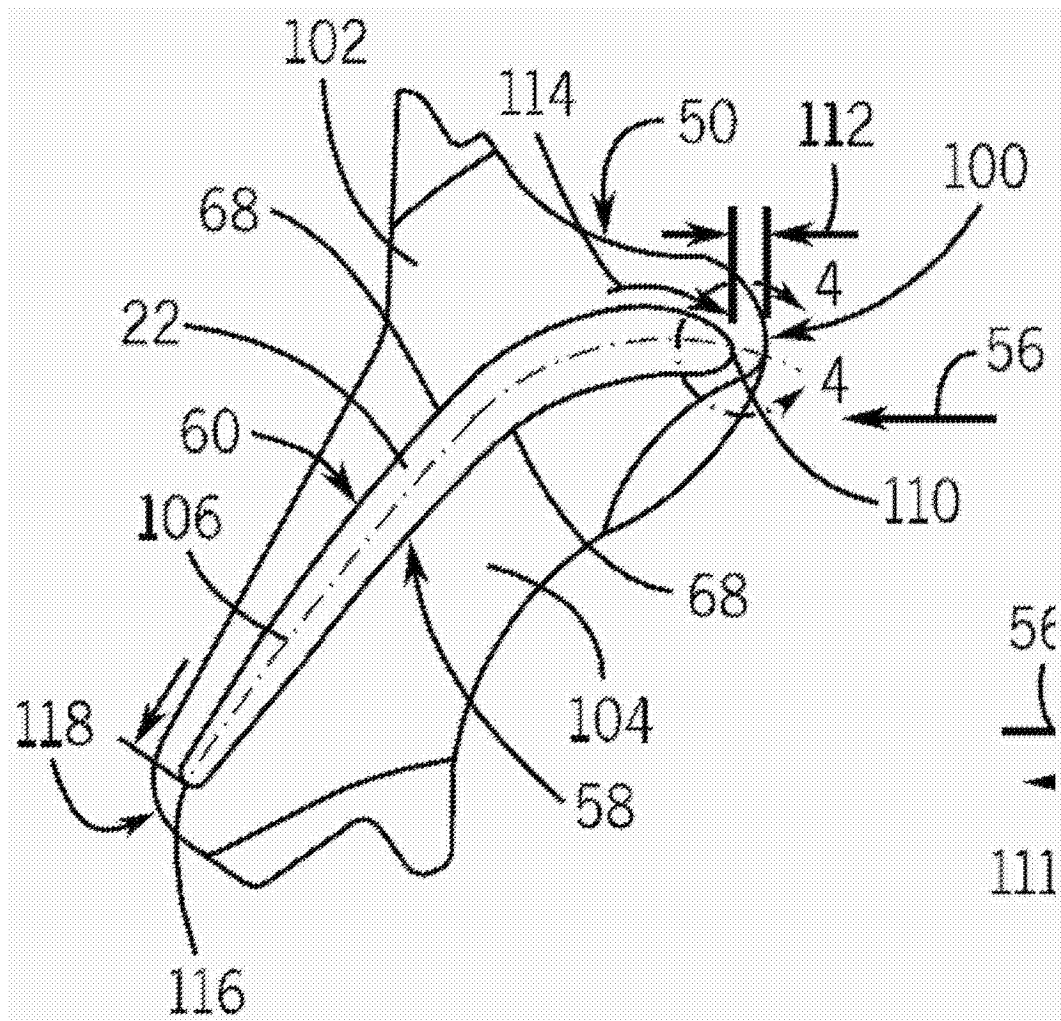


图3

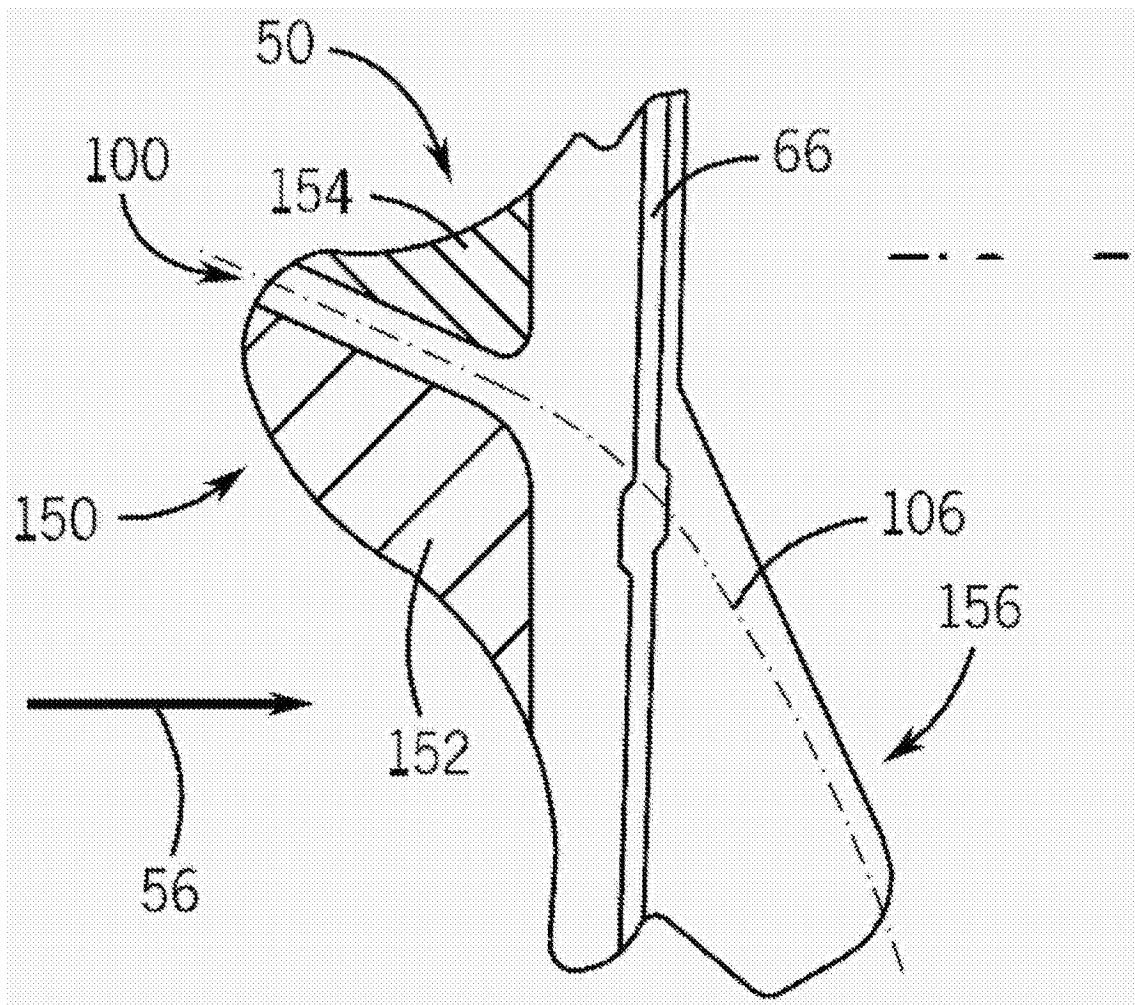


图5

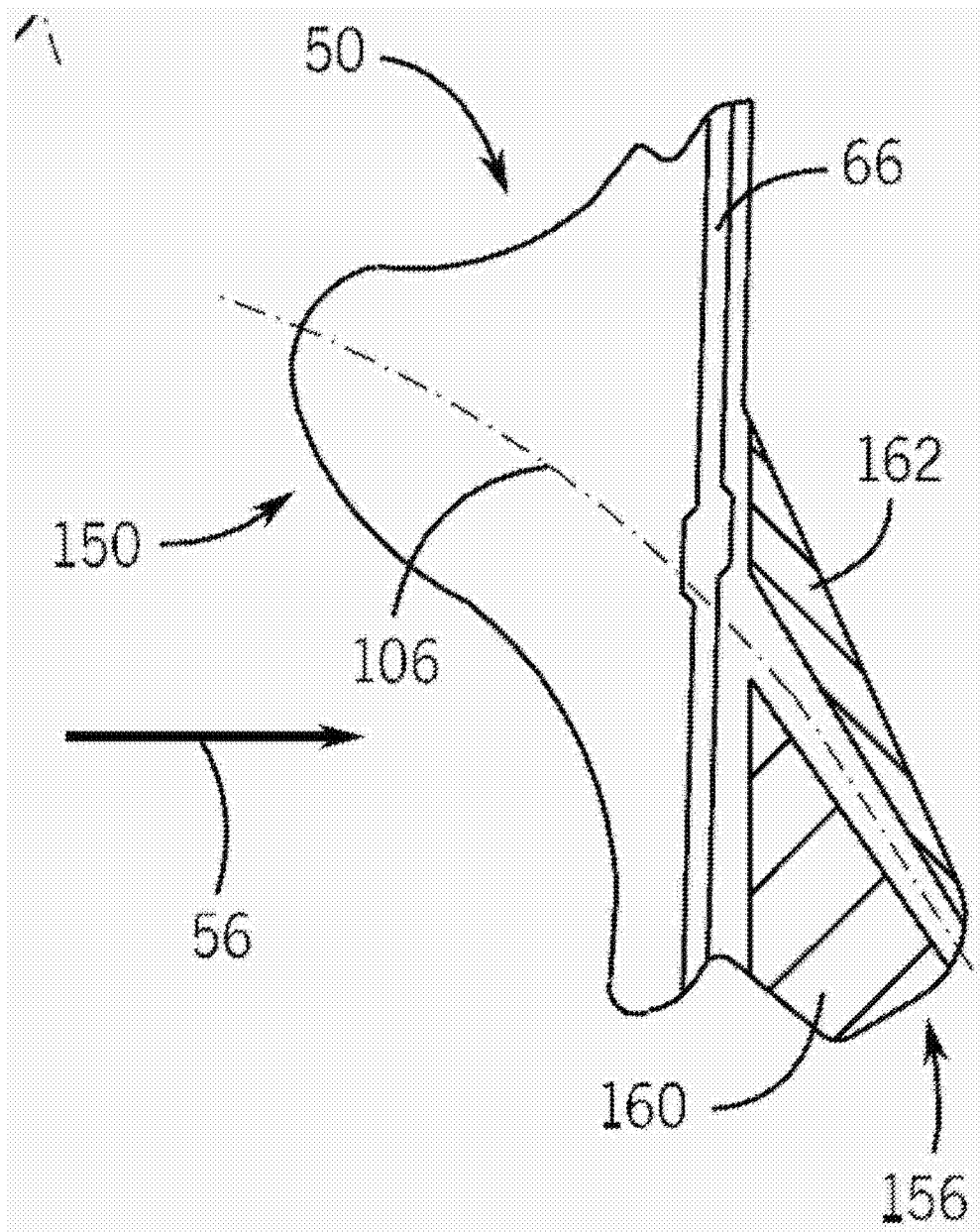


图6

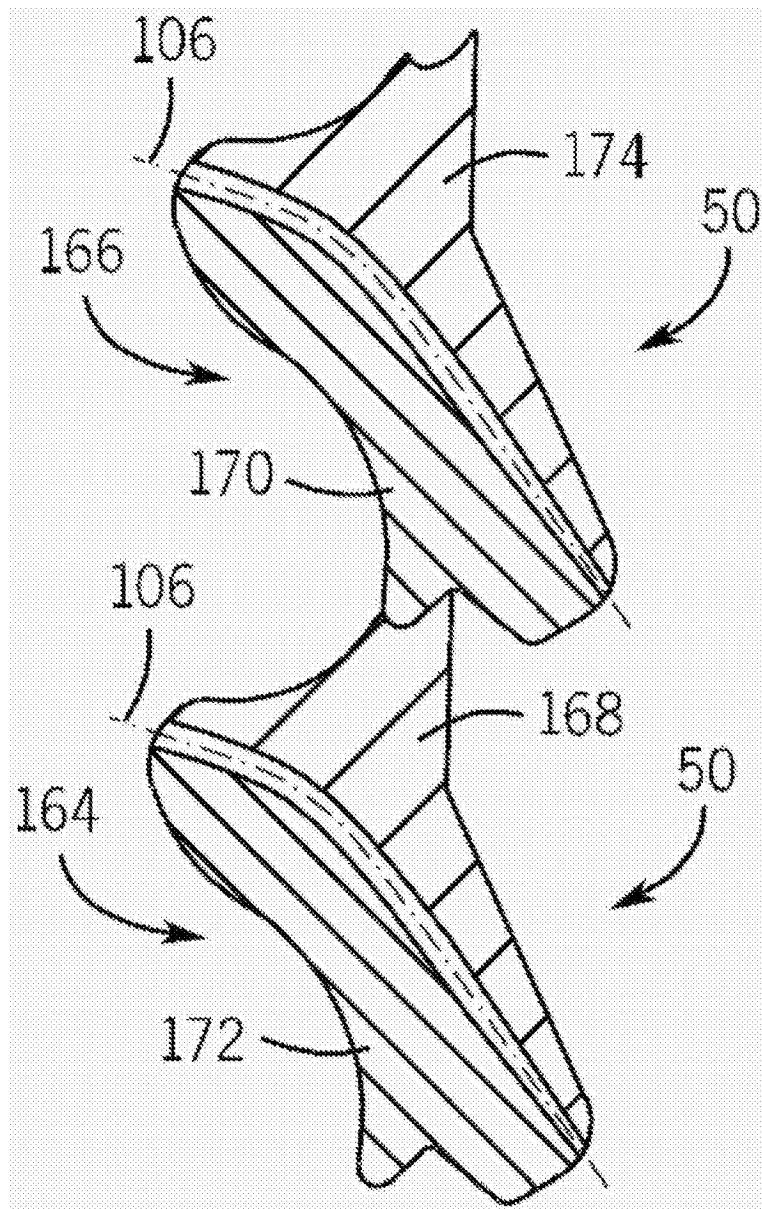


图7

