



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106050737 A

(43)申请公布日 2016.10.26

(21)申请号 201610208359.7

F04D 29/056(2006.01)

(22)申请日 2016.04.06

F04D 29/059(2006.01)

(30)优先权数据

F04D 29/02(2006.01)

14/679096 2015.04.06 US

(71)申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 G.J.范德默维 B.W.米勒

D.A.尼尔加思

(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 周心志

(51)Int.Cl.

F04D 29/32(2006.01)

F04D 29/36(2006.01)

F04D 29/38(2006.01)

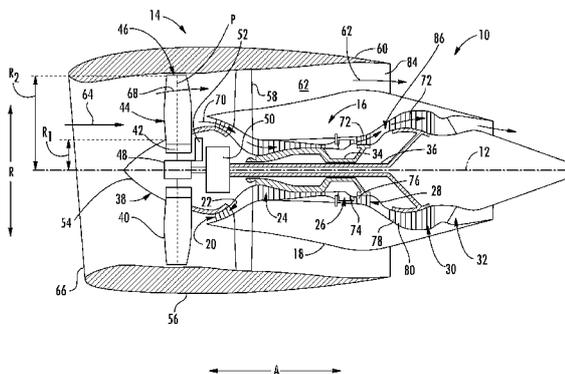
权利要求书1页 说明书8页 附图7页

(54)发明名称

用于涡轮发动机的风扇轴承

(57)摘要

提供一种燃气涡轮发动机,其包括核心发动机和布置成与核心发动机处于流连通的可变桨距风扇。可变桨距风扇包括联接到盘上的多个叶片,叶片和盘构造共同围绕发动机的轴向方向旋转。可旋转前毂可设置在包括盘的可变桨距风扇的前端上面。燃气涡轮发动机另外包括多个耳轴机构,多个耳轴机构将多个风扇叶片中的各个联接到盘上。各个耳轴机构包括轴承,轴承具有由非铁材料形成的一个或多个构件,从而减小相应的耳轴机构的重量,以及允许有例如较小的前毂。



1. 一种燃气涡轮发动机,其限定轴向方向,所述燃气涡轮发动机包括:
核心发动机;
可变桨距风扇,其布置成与所述核心发动机处于流连通,所述可变桨距风扇包括盘和联接到所述盘上的多个风扇叶片,所述盘和所述多个风扇叶片构造成围绕所述燃气涡轮发动机的轴向方向旋转;以及
多个耳轴机构,其将所述多个风扇叶片中的各个联接到所述盘上,各个耳轴机构包括轴承,所述轴承具有由非铁材料构成的一个或多个构件。
2. 根据权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的轴承包括由陶瓷材料构成的一个或多个构件。
3. 根据权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的轴承包括由镍钛合金材料构成的一个或多个构件。
4. 根据权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的轴承包括滚子、内部滚道和外部滚道,其中,所述滚子、所述内部滚道和所述外部滚道中的一个或多个由非铁材料构成。
5. 根据权利要求4所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,所述滚子、所述内部滚道和所述外部滚道各自由非铁材料构成。
6. 根据权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的轴承包括由具有小于或等于大约20000000 psi的杨氏模量的材料构成的一个或多个构件。
7. 根据权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的轴承包括由具有大于或等于大约35000000 psi的杨氏模量的材料构成的一个或多个构件。
8. 根据权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的轴承是线接触轴承。
9. 根据权利要求1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,所述燃气涡轮发动机进一步限定径向方向,所述燃气涡轮发动机进一步包括
可旋转毂,其覆盖所述盘,并且沿着所述径向方向限定第一半径,其中,所述叶片中的各个沿着所述径向方向限定第二半径,以及其中,所述第一半径与所述第二半径的比小于或等于大约0.45。
10. 根据权利要求9所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,所述第一半径与所述第二半径的比小于或等于大约0.35。

用于涡轮发动机的风扇轴承

技术领域

[0001] 本主题大体涉及用于燃气涡轮发动机的风扇,或者更特别地涉及用于燃气涡轮发动机的风扇轴承。

背景技术

[0002] 燃气涡轮发动机大体包括风扇和布置成与风扇彼此处于流连通的核心。另外,燃气涡轮发动机的核心一般包括呈连续流顺序的压缩机区段、燃烧区段、涡轮区段和排气区段。在运行中,空气流从风扇提供到压缩机区段的入口,在那里,一个或多个轴向压缩机逐渐压缩空气,直到它到达燃烧区段。燃料与压缩空气在燃烧区段内混合,并且燃烧,以提供燃烧气体。燃烧气体从燃烧区段发送到涡轮区段。通过燃烧区段的燃烧气体流驱动燃烧区段,然后通过排气区段发送到例如大气。在特定构造中,涡轮区段通过轴机械地联接到压缩机区段上,轴沿着燃气涡轮发动机的轴向方向延伸。

[0003] 风扇包括多个叶片,叶片比燃气涡轮发动机的核心具有更大的半径。风扇和多个叶片典型地由轴驱动。可提供可旋转毂,以使其覆盖风扇的至少一部分,并且随风扇旋转。

[0004] 对于至少一些燃气涡轮发动机,风扇是可变桨距风扇。但是,与改变多个叶片的桨距相关联或允许改变多个叶片的桨距的构件可导致可旋转毂非常大,这可降低燃气涡轮发动机允许空气流通过风扇到达核心的效率。特别地,关于某些燃气涡轮发动机,可旋转毂的最小尺寸由多个叶片的数量和/或长度规定。另外,与改变多个叶片的桨距相关联或者允许改变多个叶片的桨距的构件趋向于使可旋转毂的最小尺寸增大。

[0005] 因此,用于燃气涡轮发动机、包括允许减小可旋转毂的尺寸的构件的可变桨距风扇将是有益的。更特别地,用于燃气涡轮发动机、包括允许减小可旋转毂的尺寸的构件,且使风扇叶片数更大,以及减小风扇叶片长度的可变桨距风扇将是特别地有用的。

发明内容

[0006] 将在以下描述中部分地阐述本发明的各方面和优点,根据该描述,本发明的各方面和优点可为显而易见的,或者可通过实践本发明来认识到本发明的各方面和优点。

[0007] 在本公开的一个示例性实施例,提供一种燃气涡轮发动机。燃气涡轮发动机限定轴向方向,并且包括核心发动机和布置成与核心发动机处于流连通的可变桨距风扇。可变桨距风扇包括盘和联接到盘上的多个风扇叶片。盘和多个风扇叶片构造成围绕燃气涡轮发动机的轴向方向的旋转。燃气涡轮发动机还包括多个耳轴机构,耳轴机构将多个风扇叶片中的各个联接到盘上,各个耳轴机构包括轴承,轴承具有由非铁材料构成的一个或多个构件。

[0008] 在本公开的另一个示例性实施例中,提供一种燃气涡轮发动机。燃气涡轮发动机限定轴向方向和径向方向,并且包括核心发动机和布置成与核心发动机处于流连通的可变桨距风扇。可变桨距风扇包括盘和联接到盘上的至少八个风扇叶片。风扇叶片沿着径向方向限定半径。盘和风扇叶片构造成围绕燃气涡轮发动机的轴向方向旋转。燃气涡轮发动机

还包括多个耳轴机构,耳轴机构将风扇叶片中的各个联接到盘上。各个耳轴机构包括成对的轴承,各个轴承具有由非铁材料构成的一个或多个构件。燃气涡轮发动机还包括可旋转毂,可旋转毂覆盖盘,并且沿着径向方向限定半径。可旋转毂构造使得使得风扇叶片的半径与可旋转毂的半径的比小于或等于大约0.45。

[0009] 技术方案1. 一种燃气涡轮发动机,其限定轴向方向,所述燃气涡轮发动机包括:
核心发动机;

可变桨距风扇,其布置成与所述核心发动机处于流连通,所述可变桨距风扇包括盘和联接到所述盘上的多个风扇叶片,所述盘和所述多个风扇叶片构造成围绕所述燃气涡轮发动机的轴向方向旋转;以及

多个耳轴机构,其将所述多个风扇叶片中的各个联接到所述盘上,各个耳轴机构包括轴承,所述轴承具有由非铁材料构成的一个或多个构件。

[0010] 技术方案2. 根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的轴承包括由陶瓷材料构成的一个或多个构件。

[0011] 技术方案3. 根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的轴承包括由镍钛合金材料构成的一个或多个构件。

[0012] 技术方案4. 根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的轴承包括滚子、内部滚道和外部滚道,其中,所述滚子、所述内部滚道和所述外部滚道中的一个或多个由非铁材料构成。

[0013] 技术方案5. 根据技术方案4所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,所述滚子、所述内部滚道和所述外部滚道各自由非铁材料构成。

[0014] 技术方案6. 根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的轴承包括由具有小于或等于大约20000000 psi的杨氏模量的材料构成的一个或多个构件。

[0015] 技术方案7. 根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的轴承包括由具有大于或等于大约35000000 psi的杨氏模量的材料构成的一个或多个构件。

[0016] 技术方案8. 根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的轴承是线接触轴承。

[0017] 技术方案9. 根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,所述燃气涡轮发动机进一步限定径向方向,所述燃气涡轮发动机进一步包括

可旋转毂,其覆盖所述盘,并且沿着所述径向方向限定第一半径,其中,所述叶片中的各个沿着所述径向方向限定第二半径,以及其中,所述第一半径与所述第二半径的比小于或等于大约0.45。

[0018] 技术方案10. 根据技术方案9所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,所述第一半径与所述第二半径的比小于或等于大约0.35。

[0019] 技术方案11. 根据技术方案9所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,所述第一半径与所述第二半径的比小于或等于大约0.30。

[0020] 技术方案12. 根据技术方案1所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,所述可变桨距风扇包括联接到所述盘上的八个至二十个的风扇叶片。

[0021] 技术方案13. 一种燃气涡轮发动机,其限定轴向方向和径向方向,所述燃气涡轮发动机包括:

核心发动机;

可变桨距风扇,其布置成与所述核心发动机处于流连通,所述可变桨距风扇包括盘和联接到所述盘上的至少八个风扇叶片,所述风扇叶片沿着所述径向方向限定半径,所述盘和所述风扇叶片构造成围绕所述燃气涡轮发动机的轴向方向旋转;

多个耳轴机构,其将所述风扇叶片中的各个联接到所述盘上,各个耳轴机构包括成对的轴承,各个轴承具有由非铁材料构成的一个或多个构件;以及

可旋转毂,其覆盖所述盘,并且沿着所述径向方向限定半径,所述可旋转毂构造使得风扇叶片的半径与所述可旋转毂的半径的比小于或等于大约0.45。

[0022] 技术方案14. 根据技术方案13所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的各个轴承包括由陶瓷材料构成的一个或多个构件。

[0023] 技术方案15. 根据技术方案13所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的各个轴承包括由镍钛合金材料构成的一个或多个构件。

[0024] 技术方案16. 根据技术方案13所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的各个轴承是线接触轴承。

[0025] 技术方案17. 根据技术方案13所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的各个轴承包括由具有小于或等于大约20000000 psi的杨氏模量的材料构成的一个或多个构件。

[0026] 技术方案18. 根据技术方案13所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的各个轴承包括由具有大于或等于大约35000000 psi的杨氏模量的材料构成的一个或多个构件。

[0027] 技术方案19. 根据技术方案13所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,各个耳轴机构的各个轴承包括滚子、内部滚道和外部滚道,其中,各个轴承的滚子、内部滚道和外部滚道中的一个或多个由非铁材料构成。

[0028] 技术方案20. 根据技术方案13所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,风扇叶片的半径与所述可旋转毂的半径的比小于或等于大约0.35。

[0029] 参照以下描述和所附权利要求,本发明的这些和其它特征、方面和优点将变得更好理解。附图结合在本说明书中且构成其一部分,附图示出本发明的实施例,并且与描述一起用来阐明本发明的原理。

附图说明

[0030] 在说明书中对本领域普通技术人员阐述本发明的完整且能够实施的公开,包括其最佳模式,说明书参照了附图,其中:

图1是根据本主题的示例性实施例的燃气涡轮发动机的示意性横截面图。

[0031] 图2是根据本公开的示例性实施例的图1的示例性燃气涡轮发动机的可变桨距风扇的透视图。

[0032] 图3是图2的示例性可变桨距风扇的盘和相关联的耳轴机构的透视图。

[0033] 图4是图3的盘的节段和一个相关联的耳轴机构的透视图。

[0034] 图5是图4中显示的耳轴机构的分解图。

[0035] 图6是图4的盘的节段和耳轴机构的横截面图,其中叶片附连到耳轴机构上。

[0036] 图7是图6的横截面图的放大部分。

具体实施方式

[0037] 现在将更详细地参照本发明的目前的实施例,在附图中示出实施例的一个或多个示例。详细描述使用数字和字母名称来引用图中的特征。使用附图和描述中的相同或相似名称来引用本发明的相同或相似部件。如本文所用,用语“第一”、“第二”和“第三”可互换地使用,以区分一个构件与另一个构件,而且不意于表示单独的构件的位置或重要性。“上游”和“下游”指的是相对于流体路径中的流体流的相对方向。例如,“上游”指的是流体流出的方向,而“下游”指的是流体流往的方向。

[0038] 现在参照附图,其中,相同标号在图中指示相同元件,图1是根据本公开的示例性实施例的燃气涡轮发动机的示意性横截面图。更特别地,对于图1的实施例,燃气涡轮发动机是高旁通涡轮风扇射流发动机10,在本文称为“涡轮风扇发动机10”。如图1中显示的那样,涡轮风扇发动机10限定轴向方向A(平行于为了引用而提供的纵向中心12延伸)和径向方向R。大体上,涡轮风扇10包括风扇区段14和设置在风扇区段14的下游的核心涡轮发动机16。

[0039] 大体描绘的示例性核心涡轮发动机16包括基本管状外壳18,基本管状外壳18限定环形入口20。外壳18包围呈连续流关系的:压缩机区段,其包括增压器或低压(LP)压缩机22和高压(HP)压缩机24;燃烧区段26;涡轮区段,其包括高压(HP)涡轮28和低压(LP)涡轮30;以及射流出口喷嘴区段32。高压(HP)轴或轴杆34驱动地将HP涡轮28连接到压缩机24上。低压(LP)轴或轴杆36驱动地将LP涡轮30连接到压缩机22上。

[0040] 另外,对于描绘的实施例,风扇区段14包括可变桨距风扇38,其具有以间隔开的方式联接到盘42上的多个风扇叶片40。如描绘的那样,风扇叶片40大体沿着径向方向R从盘42向外延伸。多个风扇叶片40中的各个限定前缘44或上游边缘和末梢46,末梢46限定在各个相应的风扇叶片40的径向外边缘处。各个风扇叶片40还可相对于盘42围绕变桨轴线P旋转,因为风扇叶片40操作性地联接到适当的促动部件48上,促动部件48构造成共同一致地改变风扇叶片40的桨距。风扇叶片40、盘42和促动部件48可通过穿过功率齿轮箱50的LP轴36共同围绕纵向轴线12旋转。功率齿轮箱50包括多个齿轮,以使LP轴36的旋转速度逐步降低到较高效的旋转风扇速度。

[0041] 另外,风扇叶片40跨越促动部件48操作性地联接到桨距校正装置52上(例如,配重装置或适当的桨距锁装置),使得桨距校正装置52在多个风扇叶片40的远处(即,不直接联接到其上)。配重装置52可具有任何适当的构造,从而使得配重装置52能够如本文描述的那样工作(例如,不直接联接到风扇叶片40上)。但是,在其它示例性实施例中,可使用任何其它适当的桨距校正/配重装置52。

[0042] 仍然参照图1的示例性涡轮风扇发动机10,它包括可变桨距风扇38,可变桨距风扇38的盘42由可旋转前轂54覆盖,可旋转前轂54在空气动力学上使轮廓设置成促进空气流通过多个风扇叶片40。值得注意的是,在可旋转轂54上面流到核心16(将在下面描述)中的空气流的效率可受可旋转轂54沿着径向方向R的总尺寸相对于多个叶片40沿着径向方向R的

尺寸的影响。更特别地, 毂-叶片半径比 $R_1:R_2$ 与在可旋转毂54上面流动且流到核心16中的空气流的效率直接相关。例如, 随着毂-叶片半径比 $R_1:R_2$ 增大, 在可旋转毂54上面流动且流到核心16中的空气流变得更困难, 并且因此不那么高效。相反, 随着毂-叶片半径比 $R_1:R_2$ 减小, 在可旋转毂54上面流动且流到核心16中的空气流变得较容易, 并且因此更高效。如本文所用, “毂-叶片半径比”在本文定义为可旋转毂54在叶片40的前缘44处沿着径向方向R来自纵向中心12的半径 R_1 与叶片40的也在叶片40的前缘44处的从叶片末梢46到纵向中心12的半径 R_2 的比。

[0043] 在那方面, 合乎需要的是减小毂-风扇半径比 $R_1:R_2$, 以便使空气更高效地在可旋转毂54上面流动且流到核心中。同样, 由于可旋转毂54容纳盘42, 可旋转毂54的尺寸(例如, 沿着径向方向R)部分地由盘42的尺寸(例如, 沿着径向方向R)规定。另外, 盘42的尺寸部分地由构件必须能够经受住的力量规定。由于风扇38在涡轮风扇发动机10的运行期间围绕纵向中心12旋转时的旋转速度, 构件上的离心力可能较大, 离心力与构件的质量/重量和叶片40的长度直接相关。因而, 想要减小盘42的重量, 以便有利于减小盘42的尺寸, 可旋转毂54的半径 R_1 , 以及毂-风扇半径比 $R_1:R_2$ 。

[0044] 如将在下面更详细地描述的那样, 本公开的某些实施例允许通过减小风扇38的某些构件(即, 下面论述的某些轴承)的重量, 来像这样减小毂-风扇半径比 $R_1:R_2$ 。因此, 可产生不那么大的离心力, 从而允许有较小且较紧凑的构件, 它不需要经受更高的离心力。更特别地, 在描绘的示例性实施例中, 涡轮风扇发动机10的毂-风扇比 $R_1:R_2$ 已经减小到小于或等于大约0.45。但是, 在其它示例性实施例中, 毂-风扇比 $R_1:R_2$ 可改为小于或等于大约0.35, 小于或等于大约0.30, 或者备选地可具有任何其它适当的毂-风扇半径比 $R_1:R_2$ 。应当理解, 如本文所用, 诸如“大约”的近似用语表示在百分之十(10%)的误差裕度之内。

[0045] 仍然参照图1的示例性涡轮风扇发动机10, 示例性风扇区段14另外包括环形风扇壳或外部机舱56, 其沿周向包围风扇38和/或核心涡轮发动机16的至少一部分。应当理解, 机舱56可构造成相对于核心涡轮发动机16由多个沿周向间隔开的出口导叶58支承。此外, 机舱56的下游区段60可在核心涡轮发动机16的外部部分上面延伸, 以便在它们之间限定旁通空气流道62。

[0046] 在涡轮风扇发动机10的运行期间, 一定量的空气64通过机舱56的相关联的入口66和/或风扇区段14进入涡轮风扇10。随着该量的空气64经过风扇叶片40, 第一部分空气(由箭头68指示)引导或发送到旁通空气流道62中, 并且第二部分空气(由箭头70指示)引导或发送到LP压缩机22中。第一部分空气68和第二部分空气70之间的比通常被称为旁通比。然后随着空气70发送通过高压(HP)压缩机24且进入到燃烧区段26中, 第二部分空气70压力提高, 在燃烧区段26中, 空气与混合燃料且燃烧, 以提供燃烧气体72。

[0047] 燃烧气体72发送通过HP涡轮28, 在那里, 来自燃烧气体72的热和/或动能的一部分通过按顺序成级的联接到外壳18上的HP涡轮定子导叶74和联接到轴或轴杆34上的HP涡轮转子叶片76被抽取, 从而使得HP轴或轴杆34旋转, 从而支持HP压缩机24的运行。然后燃烧气体72发送通过LP涡轮30, 在那里, 热和动能的第二部分通过按顺序成级的联接到外壳18上的LP涡轮定子导叶78和联接到LP轴或轴杆36上的涡轮转子叶片80从燃烧气体72中被抽取, 从而使得LP轴或轴杆36旋转, 从而支持LP压缩机22的运行和/或风扇38的旋转。

[0048] 燃烧气体72随后发送通过核心涡轮发动机16的射流排气喷嘴区段32, 以提供推进

推力。同时,随着第一部分空气68发送通过旁通空气流道62,第一部分空气68的压力显著提高,然后第一部分空气68从涡轮风扇10的风扇喷嘴排气区段84排出,从而也提供推进推力。HP涡轮28、LP涡轮30和射流排气喷嘴区段32至少部分地限定热气路径86,以发送燃烧气体72通过核心涡轮发动机16。

[0049] 现在参照图2和3,将更详细地描述风扇38。图2提供图1的示例性涡轮风扇发动机10的风扇38的透视图,并且图3提供图1的示例性涡轮风扇发动机10的风扇38的盘42的透视图。

[0050] 对于描绘的示例性实施例,风扇38包括十二个(12)风扇叶片40。从负载的角度看,这种叶片数使得各个风扇叶片40的跨度能够减小,使得风扇38的总直径也能够减小(例如,在该示例性实施例中减小到大约十二英尺)。也就是说在其它实施例中,风扇38可具有任何适当的叶片数和任何适当的直径。例如,在一个适当的实施例中,风扇可具有至少八个(8)风扇叶片40。在另一个适当的实施例中,风扇可具有至少十二个(12)风扇叶片40。在又一个适当的实施例中,风扇可具有至少十五个(15)风扇叶片40。在又一个适当的实施例中,风扇可具有至少十八个(18)风扇叶片40。

[0051] 另外,盘42包括多个盘节段90,它们刚性地联接在一起,或者整体地模制在一起成大体环形(例如,多边形)。一个风扇叶片40在耳轴机构92处联接到各个盘节段90上,耳轴机构92有利于在盘42旋转的期间将其相关联的风扇叶片40固持在盘42上(即,耳轴机构92有利于对在风扇叶片40围绕发动机中心轴线12旋转的期间产生的离心负载提供通往盘42的负载路径),同时仍然使其相关联的风扇叶片40可相对于盘42围绕变桨轴线P旋转。值得注意的是,各个耳轴机构92的尺寸和构造直接影响盘42的直径。特别地,较长的耳轴机构92趋向于占据盘42的较大的周向节段,并且因此,趋向于产生较大直径的盘42。另一方面,较小的耳轴机构92趋向于占据盘42的较小的周向节段,并且因此,趋向于产生较小直径的盘42。

[0052] 现在大体参照图4至7,描绘了根据本公开的示例性实施例的单独的盘节段90和耳轴机构92。在描绘的示例性实施例中,各个耳轴机构92延伸通过其相关联盘节段90,并且包括:联接单元94;下部轴承支承件96;第一线接触轴承98(具有例如内部滚道100、外部滚道102和多个滚子104);扣环106;键箍固持器108;分段键110;轴承支承件112;第二线接触轴承114(具有例如内部滚道116、外部滚道118和多个滚子120);耳轴122;和鸠尾件124。为了用作轴承98、114,构想到至少以下类型的线接触型滚动元件轴承:圆柱形滚子轴承;圆柱形滚子推力轴承;渐缩滚子轴承;球形滚子轴承;球形滚子推力轴承;滚针轴承;和渐缩滚针轴承。但应当理解的是,在其它示例性实施例中,耳轴机构92可另外或备选地包括任何其它适当类型的轴承。例如,在其它示例性实施例中,耳轴机构92可包括滚珠轴承或任何其它适当的轴承。

[0053] 当组装时,联接螺母94以螺纹的方式与盘节段90接合,以便将耳轴机构92的其余构件夹在联接螺母94和盘节段90之间,从而使耳轴机构92保持附连到盘节段90上。

[0054] 现在特别参照图7,在描绘的示例性实施例中,第一线接触轴承98以不同于第二线接触轴承114的角度定向(相对于变桨轴线P从滚子104的中心轴线126测量,以及相对于变桨轴线P从滚子120的中心轴线128测量)。更特别地,线接触轴承98、114以面对面(双重)布置抵靠着彼此预加载,其中,中心轴线126、128定向成基本彼此垂直。但应当理解的是,在其它示例性实施例中,线接触轴承98、114可改为布置成一前一后,以便定向成基本彼此平行。

[0055] 值得注意的是,轴承98、114离变桨轴线P越远,可包括的滚子104、120的数量越大(因为空间量更大)。由于滚子104、120的数量增加,轴承98、114上的离心负载可分布在更多滚子104、120之中,从而降低各个单独的滚子104、120所承载的这种负载量。但是,为了有利于使耳轴机构92更紧凑,想要使其相关联的轴承98、114更接近变桨轴线P,从而使得能够在盘42上组装更多耳轴机构92,并且因此,对于任何给定直径的盘42,将更多风扇叶片40联接到盘42上。对于描绘的实施例,通过对耳轴机构92提供线接触轴承98、114(这与成角度的点接触球轴承相反),来适应由于轴承98、114布置成更接近变桨轴线P(并且因此减少滚子104、120的数量)而提高的各个单独的滚子104、120所承载的离心负载。因而,能够使耳轴机构92更紧凑,因为线接触轴承98、114能够更好地经受住离心负载,而无破裂或物理变形。更特别地,线接触轴承98、114具有更大的接触表面,并且因此,可比例如点接触球轴承经受住更大的离心负载。因而,线接触轴承98、114可比点接触球轴承更接近变桨轴线P。

[0056] 此外,对于描绘的示例性实施例,通过用非铁材料形成第一线接触轴承98和/或第二线接触轴承114的一个或多个构件,来减小耳轴机构92本身产生的离心力量(并且因而耳轴机构92必须适应的离心力量)。这种构造可在整体上降低相应的轴承98、114和耳轴机构92的重量/质量。

[0057] 例如,在本公开的某些示例性实施例中,第一线接触轴承98和第二线接触轴承114中的一个或两者可包括由陶瓷材料或镍钛合金材料构成的一个或多个构件。更特别地,参照第一线接触轴承98,滚子104、内部滚道100和外部滚道102中的一个或多个可由非铁材料构成,诸如陶瓷材料或镍钛合金材料。另外,参照第二线接触轴承114,滚子120、内部滚道116和外部滚道118中的一个或多个也可由非铁材料构成,诸如陶瓷材料或镍钛合金材料。如本文所用,“陶瓷材料”指的是适合在轴承中使用的任何类型的陶瓷材料,包括(但不限于)氮化硅(Si_3N_4)、氧化锆(ZrO_2)、氧化铝(Al_2O_3)和碳化硅(SiC)。另外,如本文所用,“镍钛合金材料”指的是适合在轴承中使用的镍和钛的任何金属合金,有时称为镍钛金属互化物。

[0058] 通过用非铁材料(诸如陶瓷材料或镍钛合金材料)形成第一线接触轴承98和/或第二线接触轴承114的一个或多个构件,耳轴机构92可限定减小的总重量。因而,在风扇38围绕纵向中心12旋转的期间耳轴机构92本身在耳轴机构98上产生的离心力(即,“固定负载”)可减小(这样耳轴机构92就不必在运行期间支承额外的重量)。例如,在某些示例性实施例中,用非铁材料形成第一线接触轴承98和/或第二线接触轴承114的一个或多个构件可使在风扇38旋转的期间在耳轴机构92上的固定负载减小差不多百分之十(10%)或百分之十五(15%)。因此,耳轴机构92的总尺寸甚至可更进一步减小。更特别地,这种构造可允许轴承98、114定位得甚至更接近变桨轴线P(因为需要较少滚子),从而甚至更进一步减小耳轴机构92的尺寸。

[0059] 另外或备选地,在某些示例性实施例中,第一线接触轴承98和/或第二线接触轴承114的一个或多个构件,诸如第一线接触轴承98和第二线接触轴承114的滚子104、120,内部滚道100、116和外部滚道102、118中的一个或多个,可由具有较低杨氏模量的材料构成,诸如小于或等于大约25000000 psi的杨氏模量。例如,在某些示例性实施例中,第一线接触轴承98和/或第二线接触轴承114的一个或多个构件可由具有小于或等于大约20000000 psi,小于或等于大约17000000 psi,小于或等于大约15000000 psi,或小于或等于大约14000000 psi的杨氏模量的材料构成。这种示例性实施例可允许相应的构件经受住增大的

力量,诸如增大的离心力量,因为这样的构件可在风扇38旋转的期间有弹性地变形。例如,当构件经历弹性变形时,可在构件和相邻构件之间限定增大的接触表面积。例如,在某些实施例中,其中,第一线接触轴承98的滚子104由具有较低的杨氏模量的材料构成,滚子104可至少部分地在运行期间有弹性地变形,使得限定在例如滚子104和内部滚道100和/或外部滚道102之间的接触表面积增大,从而允许在构件之间分配较大的力。

[0060] 相比之下,但是,在其它示例性实施例中,第一线接触轴承98和/或第二线接触轴承114的一个或多个构件可由具有较高的杨氏模量的材料构成,诸如大于或等于大约35000000 psi,大于或等于大约40000000 psi,或大于或等于大约45000000 psi的杨氏模量。这种构造可允许例如轴承98、114具有提高的硬度,并且因而可允许相应的轴承较准确和精确地运行。

[0061] 以上描述的实施例有利于提供燃气涡轮发动机,它具有可产生较大推力量的较小的可变桨距风扇。特别地,以上描述的实施例有利于提供具有可变桨距风扇的燃气涡轮发动机,可变桨距风扇具有例如较大的叶片数和较小的叶片长度,以及/或者较小的毂-风扇半径比。风扇的效率这样提高可使得在运行期间燃烧的燃料减少。如上面论述的那样,至少部分地通过提供具有推力承载轴承的耳轴机构来允许有以上好处,推力承载轴承由非铁材料构成,推力承载轴承具有提高的负载承载能力,并且在风扇旋转期间产生较小的离心力。因而,这样的轴承例如更加能够经受住与较大的叶片数相关联的提高了的离心负载,并且/或者能够减小尺寸,以适应毂-风扇半径比的减小。

[0062] 本书面描述使用示例来公开本发明,包括最佳模式,并且还使本领域任何技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何装置或系统,以及实行任何结合的方法。本发明的可取得专利的范围由权利要求限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这样的其它示例包括不异于权利要求的字面语言的结构要素,或者如果它们包括与权利要求的字面语言无实质性差异的等效结构要素,则它们意于处在权利要求的范围之内。

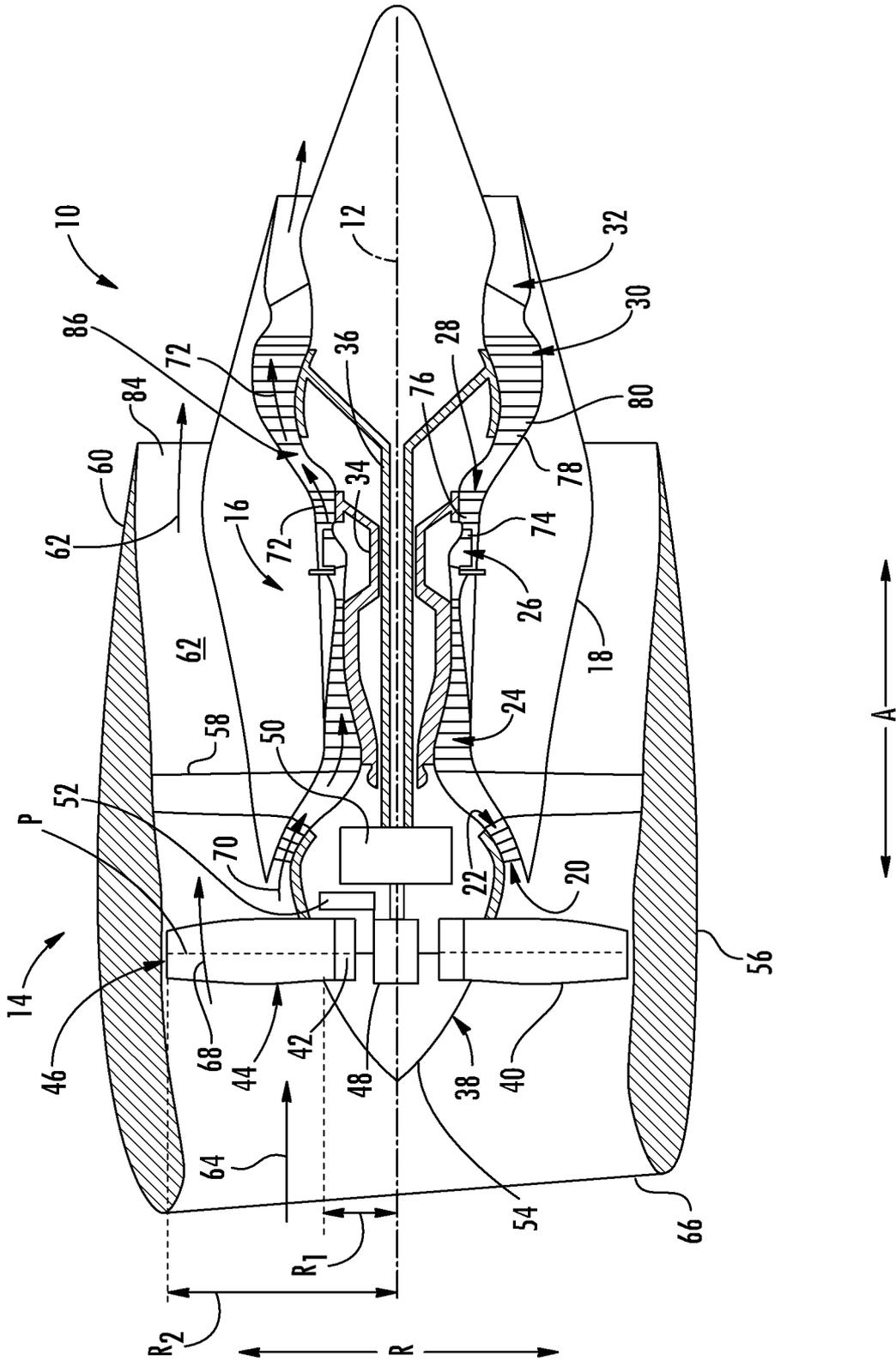


图 1

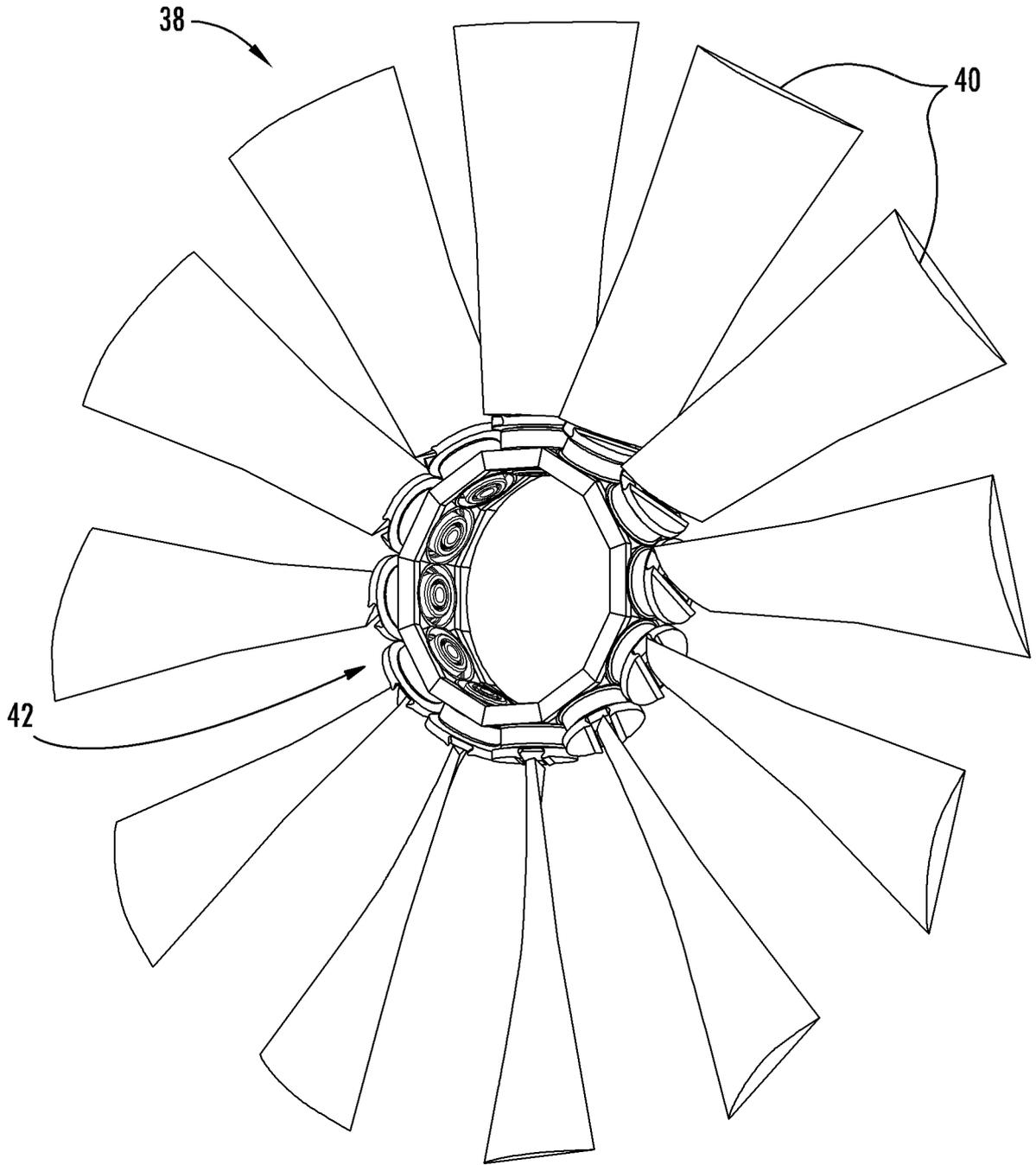


图 2

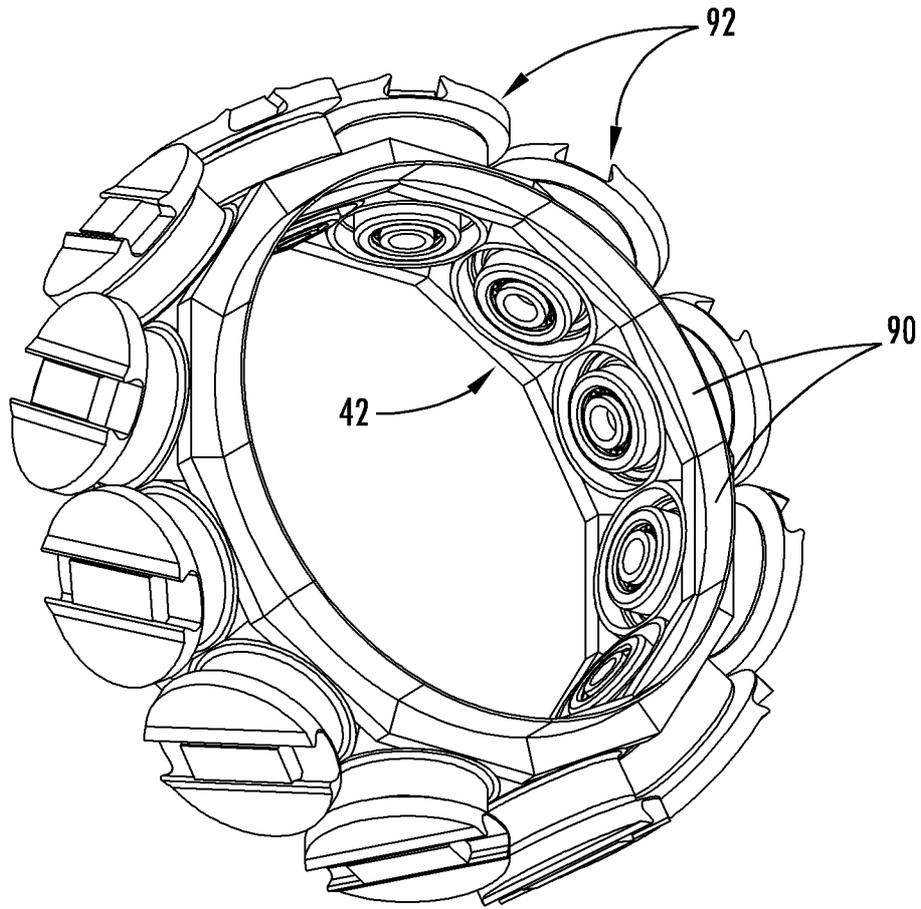


图 3

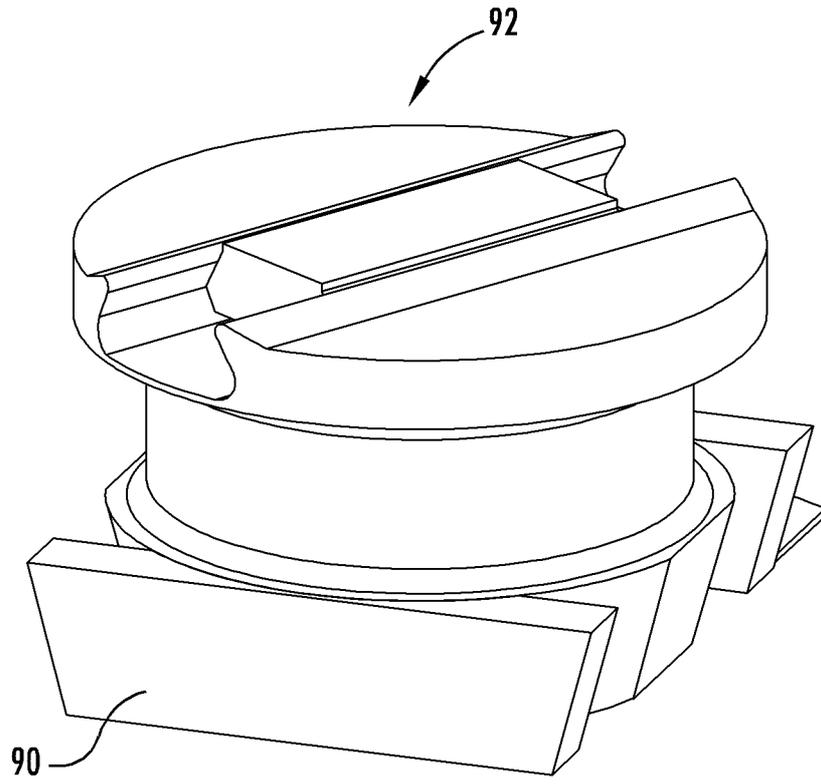


图 4

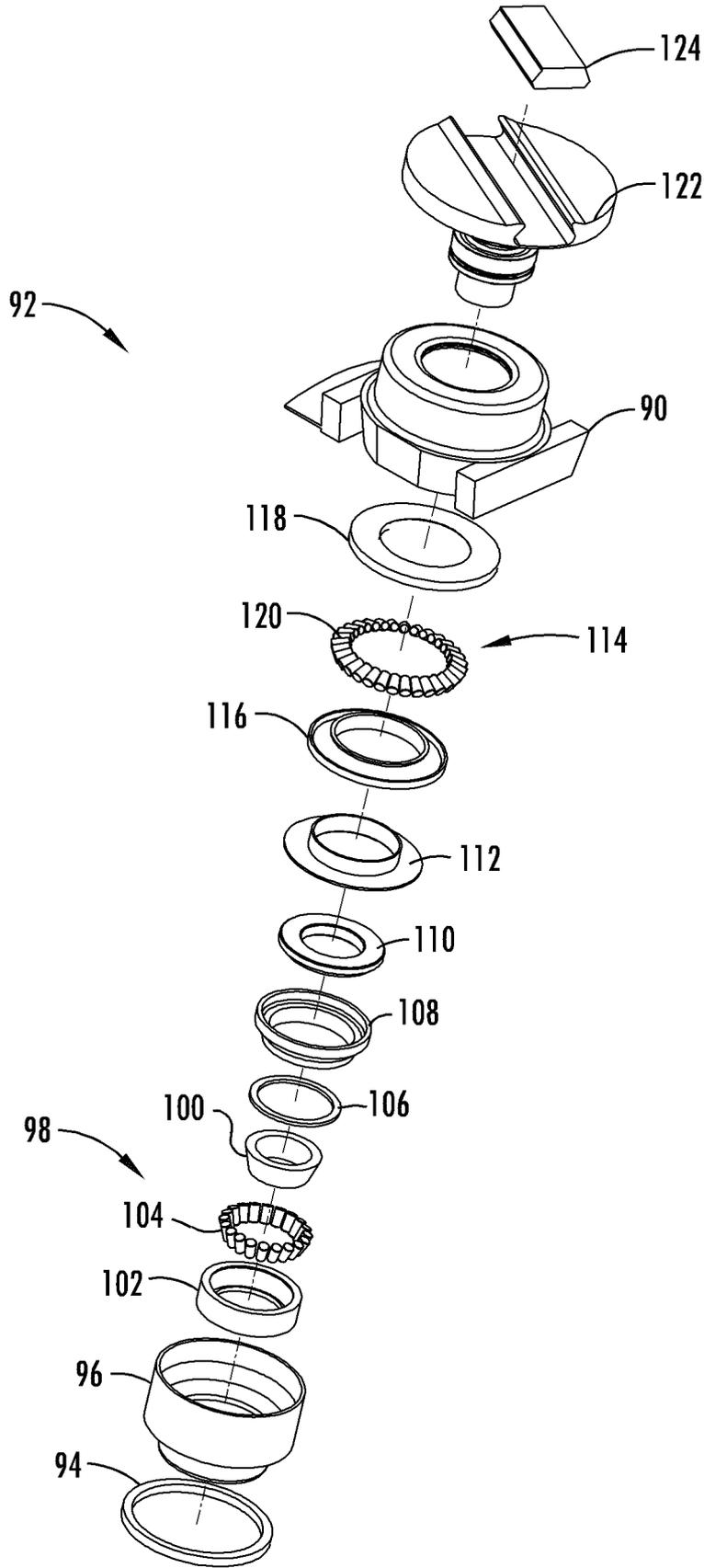


图 5

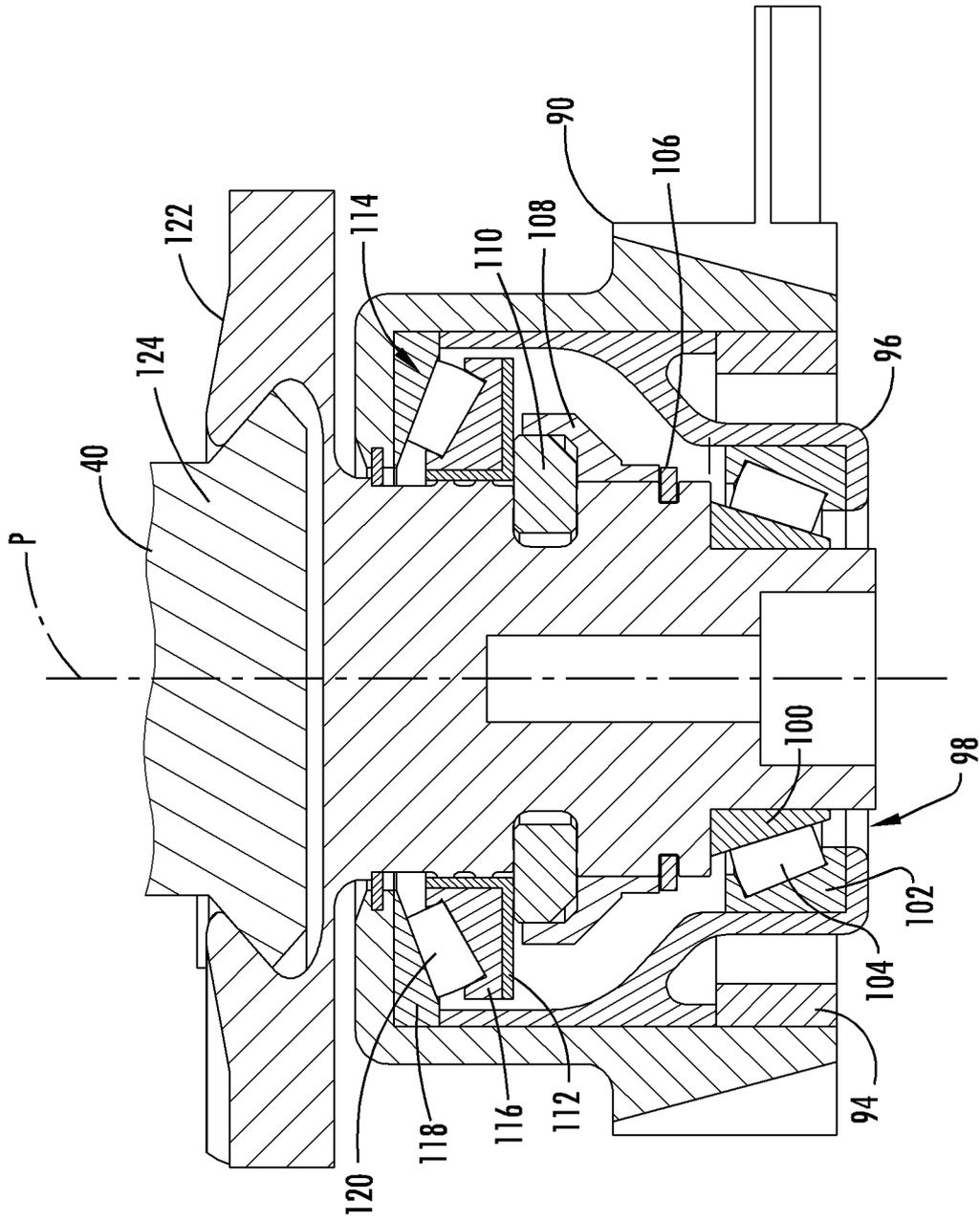


图 6

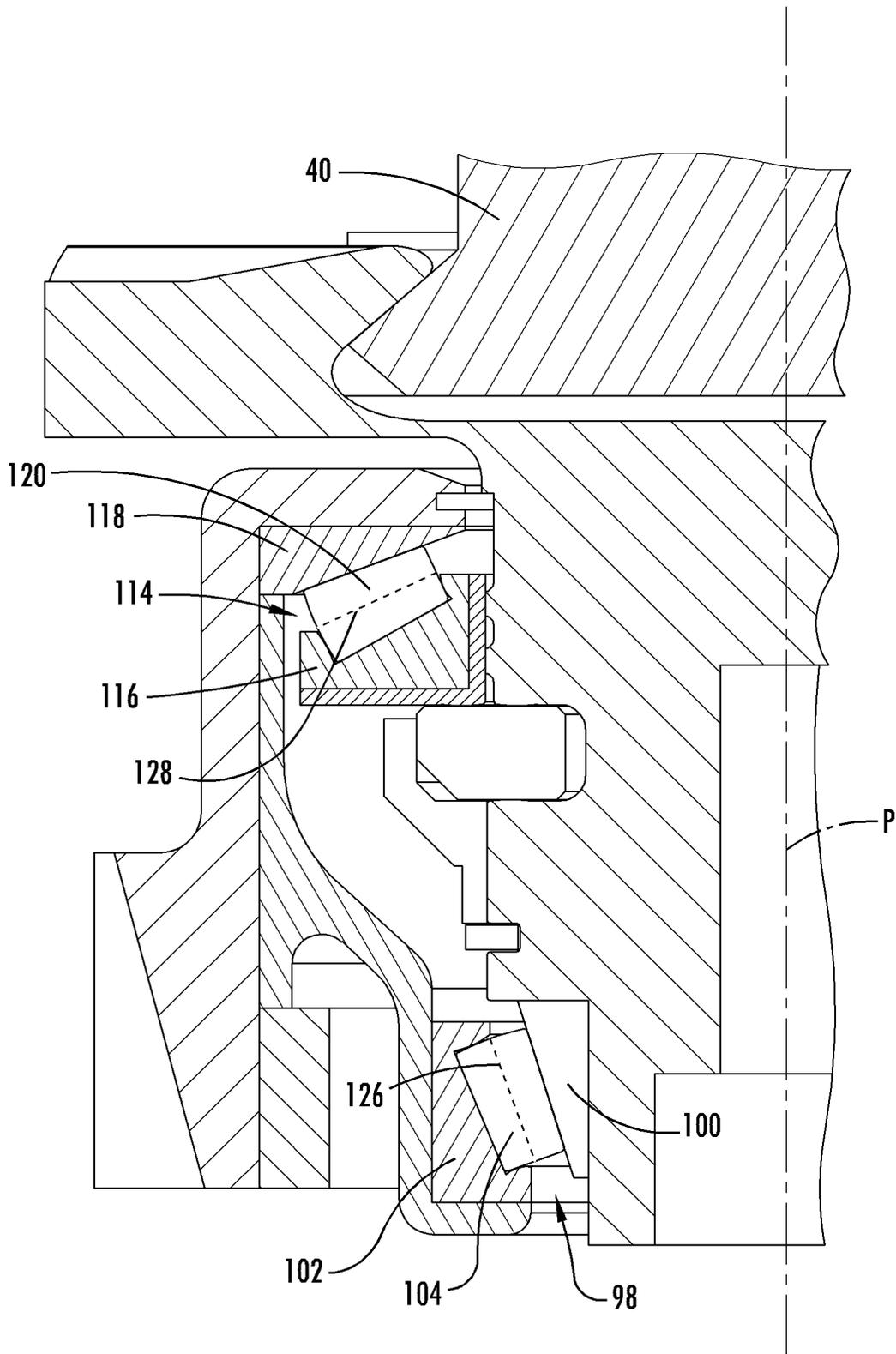


图 7