



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111843001 B

(45) 授权公告日 2024.03.15

(21) 申请号 202010333197.6
 (22) 申请日 2020.04.24
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 111843001 A
 (43) 申请公布日 2020.10.30
 (30) 优先权数据
 16/395914 2019.04.26 US
 (73) 专利权人 通用电气公司
 地址 美国纽约州
 (72) 发明人 B.T.埃爾南德斯 G.普利多
 E.馬丁內斯 M.E.克裡斯托菲爾
 C.雷耶斯
 (74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公
 司 72001
 专利代理师 杨忠 金飞

(51) Int.Cl.
B23C 3/02 (2006.01)
B23C 5/14 (2006.01)
B23Q 17/20 (2006.01)
B23Q 9/02 (2006.01)
 (56) 对比文件
 US 2016121409 A1, 2016.05.05
 WO 2018041290 A1, 2018.03.08
 US 4455787 A, 1984.06.26
 CN 105880699 A, 2016.08.24

审查员 邬玉玉

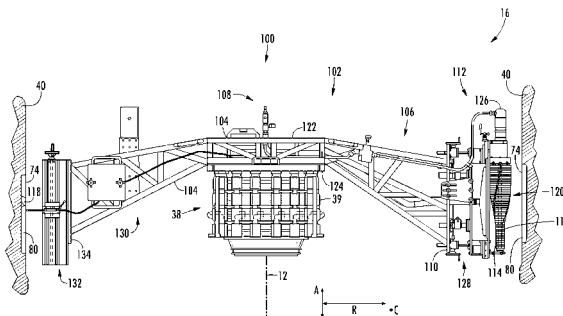
权利要求书2页 说明书13页 附图7页

(54) 发明名称

用于机加工涡轮风扇发动机的可磨耗材料的系统

(57) 摘要

本发明涉及用于机加工涡轮风扇发动机的可磨耗材料的系统。一种用于机加工燃气涡轮发动机的可磨耗材料的系统以及相关的方法。该系统包括框架，框架包括从中心位置延伸的第一臂。该系统进一步包括在中心位置处联接到框架的附接结构。此外，附接结构构造成联接到燃气涡轮发动机的至少风扇转子。另外，该系统包括联接到第一臂的与中心位置相反的第一远端的切削设备。切削设备包括旋转轴和联接到旋转轴的多个切削盘。此外，多个切削盘限定螺旋切削型面，螺旋切削型面构造成在可磨耗材料内机加工与燃气涡轮发动机的至少一个风扇叶片互补的轮廓。



1. 一种利用包括框架、从所述框架的中心位置延伸的第一臂以及切削设备的系统来机加工燃气涡轮发动机的可磨耗材料的方法,所述切削设备联接到所述第一臂的第一远端并包括旋转轴和多个切削盘,所述多个切削盘联接到所述旋转轴,使得所述切削盘限定螺旋切削型面,所述方法包括:

利用所述系统的附接结构来将所述系统的所述框架固定到所述燃气涡轮发动机的至少风扇转子,所述附接结构在所述中心位置处联接到所述框架;

利用联接在所述第一臂的所述第一远端与所述切削设备之间的轴向调节器在所述燃气涡轮发动机的轴向方向上调节所述切削设备,使得所述切削设备与所述可磨耗材料沿轴向对准;

驱动所述切削设备的所述旋转轴,使得所述多个切削盘围绕所述轴向方向旋转;以及

利用联接在所述第一臂的所述第一远端与所述切削设备之间的径向调节器在所述燃气涡轮发动机的径向方向上调节所述切削设备,使得所述切削盘中的至少一个接触所述可磨耗材料,以便机加工所述可磨耗材料,

其中,沿着所述旋转轴的长度形成螺旋或螺线的切削盘的齿与相邻切削盘的齿交错,使得当所述旋转轴旋转时一次仅相邻切削盘的一个齿定位成机加工所述可磨耗材料。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括:

围绕所述燃气涡轮发动机的周向方向旋转所述系统,使得所述切削设备沿着所述周向方向机加工所述可磨耗材料的至少部分。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述系统进一步包括从所述框架的所述中心位置延伸的第二臂和沿轴向对准的测量组件,所述测量组件包括联接到所述第二臂的第二远端的测量探头,所述方法进一步包括:

通过沿着所述轴向方向调节所述测量探头的位置来检查所述可磨耗材料的轮廓。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,调节所述测量探头的所述位置包括旋转联接到能够与所述测量探头一起操作的螺纹杆的调节轮,以便沿轴向向前或向后调节所述测量探头。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述轴向方向上调节所述切削设备包括旋转轴向调节轮,所述轴向调节轮驱动地联接到所述轴向调节器的至少部分地沿着所述轴向方向延伸的螺纹杆,所述螺纹杆能够与所述切削设备一起操作,使得至少部分地在所述轴向方向上调节所述切削设备。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述径向方向上调节所述切削设备包括旋转径向调节轮,所述径向调节轮能够与所述径向调节器的一个或多个起重器一起操作,所述一个或多个起重器构造成使所述切削设备至少部分地在所述燃气涡轮发动机的所述径向方向上延伸和缩回。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述可磨耗材料包括被修理的部分。

8. 一种用于机加工燃气涡轮发动机的可磨耗材料的系统,所述系统包括:

框架,其包括从中心位置延伸的第一臂;

附接结构,其在所述中心位置处联接到所述框架,所述附接结构构造成联接到所述燃气涡轮发动机的至少风扇转子;以及

切削设备,其联接到所述第一臂的与所述中心位置相反的第一远端,所述切削设备包

括旋转轴和联接到所述旋转轴的多个切削盘,其中,所述多个切削盘限定螺旋切削型面,

其中,所述螺旋切削型面构造成在所述可磨耗材料内机加工与所述燃气涡轮发动机的至少一个风扇叶片互补的轮廓,以及

其中,沿着所述旋转轴的长度形成螺旋或螺线的切削盘的齿与相邻切削盘的齿交错,使得当所述旋转轴旋转时一次仅相邻切削盘的一个齿定位成机加工所述可磨耗材料。

9. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述多个切削盘构造成在所述燃气涡轮发动机的轴向方向上沿着所述可磨耗材料的总长度延伸。

10. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述框架进一步包括从所述中心位置延伸的第二臂,所述系统进一步包括:

测量组件,其联接到所述第二臂的与所述中心位置相反的第二远端,其中,所述测量组件构造成检查所述可磨耗材料的所述轮廓。

11. 根据权利要求10所述的系统,其特征在于,所述测量组件包括:螺纹杆,其构造成至少部分地沿着所述燃气涡轮发动机的轴向方向延伸;测量探头,其从所述螺纹杆延伸并且能够与所述螺纹杆一起操作;以及调节轮,其构造成旋转所述螺纹杆,使得至少部分地在所述燃气涡轮发动机的所述轴向方向上调节所述测量探头。

12. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述系统进一步包括:

调节机构,其联接在所述第一臂的所述第一远端与所述切削设备之间,其中,所述调节机构构造成沿着所述燃气涡轮发动机的轴向方向和径向方向调节所述切削设备的位置。

13. 根据权利要求12所述的系统,其特征在于,所述调节机构包括轴向调节器,所述轴向调节器包括:螺纹杆,其能够与所述切削设备一起操作并构造成至少部分地沿着所述燃气涡轮发动机的轴向方向延伸;以及轴向调节轮,其构造成旋转所述螺纹杆,使得至少部分地在所述轴向方向上调节所述切削设备。

14. 根据权利要求12所述的系统,其特征在于,所述调节机构包括径向调节器,所述径向调节器包括:至少一个起重器,其能够与所述切削设备一起操作;以及径向调节轮,其构造成使所述切削设备至少部分地在所述燃气涡轮发动机的所述径向方向上延伸和缩回。

15. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述旋转轴包括沿着所述旋转轴的长度延伸的键,并且其中,所述多个切削盘中的各个切削盘包括凹口,所述凹口能够与所述键一起操作,使得所述多个切削盘限定所述螺旋切削型面。

16. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述多个切削盘包括限定不同直径的两个或更多个切削盘。

17. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述多个切削盘包括在18个与46个之间的切削盘。

18. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述切削设备的所述多个切削盘构造成围绕所述燃气涡轮发动机的轴向方向旋转。

19. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述附接结构包括支承环,所述支承环构造成联接到所述燃气涡轮发动机的至少所述风扇转子。

20. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述系统进一步包括:

空气马达,其驱动地联接到所述切削设备的所述旋转轴,并且构造成旋转所述多个切削盘。

用于机加工涡轮风扇发动机的可磨耗材料的系统

技术领域

[0001] 本主题大体上涉及涡轮风扇发动机的可磨耗材料,更特别地涉及用于机加工涡轮风扇发动机的可磨耗材料的轮廓的系统和相关联的方法。

背景技术

[0002] 涡轮风扇发动机大体上包括布置成彼此流连通的风扇和核心。另外,涡轮风扇发动机的核心大体上以串行流顺序包括压缩机区段、燃烧区段、涡轮区段和排气区段。在操作中,将空气从风扇提供到压缩机区段的入口,在压缩机区段中,一个或多个轴向压缩机逐渐地压缩空气,直到空气到达燃烧区段。燃料在燃烧区段内与压缩空气混合并且燃烧,以提供燃烧气体。燃烧气体从燃烧区段被导送至涡轮区段。通过涡轮区段的燃烧气体流驱动涡轮区段,并且然后通过排气区段而被导送至例如大气。涡轮风扇燃气涡轮发动机典型地包括风扇组件,风扇组件将空气导引至核心组件(诸如压缩机区段的入口)和旁通管道。涡轮风扇发动机大体上包括包围包括风扇叶片的风扇组件的风扇壳。

[0003] 在大多数涡轮风扇发动机中,风扇由包括护罩的风扇壳容纳。护罩包绕风扇,并与风扇叶片的末梢相邻。护罩用于导引进来的空气通过风扇,以便确保进入发动机的大部分空气将被风扇压缩。空气中的小部分能够通过存在于风扇叶片的末梢与护罩之间的径向间隙而绕过风扇叶片。径向间隙非常窄,使得能够通过间隙而绕过风扇的空氣的量是有限的。可以以此方式显著地改进发动机的效率。

[0004] 由于间隙是窄的,故在飞行器涡轮风扇发动机的正常操作期间,风扇叶片可摩擦护罩。出于此目的,可磨耗材料构造到护罩中。因此,风扇和护罩被制造成确保紧密的公差,以便使该间隙最小化。典型地,在制造期间,可磨耗材料的表面被磨削或机加工成与风扇叶片相同的轮廓。大体上,使用诸如铣刀(router bit)的切削工具来磨削可磨耗材料,切削工具机加工小的部分,该部分必须用手沿轴向、沿径向和沿周向调节。然而,这样的机加工过程可为耗时的、劳动密集的,并且易受机器的操作者之间的差异的影响。

[0005] 照此,需要一种用于机加工涡轮风扇发动机的可磨耗材料的轮廓的改进的系统和相关联的方法,该系统和方法减少了机加工时间以及增加了机加工操作之间的一致性。

发明内容

[0006] 方面和优点将在以下描述中得到部分阐述,或可根据描述而为显然的,或可通过实践本发明而了解。

[0007] 在一个方面,本主题涉及一种利用包括框架、从框架的中心位置延伸的第一臂以及切削设备的系统来机加工燃气涡轮发动机的可磨耗材料的方法。切削设备联接到第一臂的第一远端,并且包括旋转轴和多个切削盘,多个切削盘联接到旋转轴,使得切削盘限定螺旋切削型面(profile)。照此,该方法包括利用系统的在中心位置处联接到框架的附接结构来将系统的框架固定到燃气涡轮发动机的至少风扇转子。该方法进一步包括利用联接在第一臂的第一远端与切削设备之间的轴向调节器在燃气涡轮发动机的轴向方向上调节切削

设备,使得切削设备与可磨耗材料沿轴向对准。该方法还包括驱动切削设备的旋转轴,使得多个切削盘围绕轴向方向旋转。另外,该方法包括利用联接在第一臂的第一远端与切削设备之间的径向调节器在燃气涡轮发动机的径向方向上调节切削设备,使得切削盘中的至少一个接触可磨耗材料,以便机加工可磨耗材料。

[0008] 在一个实施例中,可磨耗材料可包括被修理的部分。在额外的实施例中,该方法可进一步包括围绕燃气涡轮发动机的周向方向旋转该系统,使得切削设备沿着周向方向机加工可磨耗材料的至少部分。在另一实施例中,该系统可进一步包括从框架的中心位置延伸的第二臂和沿轴向对准的测量组件,测量组件包括联接到第二臂的第二远端的测量探头。在这样的实施例中,该方法可包括通过沿着轴向方向调节测量探头的位置来检查可磨耗材料的轮廓。在另外的实施例中,调节测量探头的位置可包括旋转联接到能够与测量探头一起操作的螺纹杆的调节轮,以便沿轴向向前或向后调节测量探头。

[0009] 在另一实施例中,在轴向方向上调节切削设备可包括旋转轴向调节轮,轴向调节轮驱动地联接到轴向调节器的至少部分地沿着轴向方向延伸的螺纹杆。此外,螺纹杆可能够与切削设备一起操作,使得至少部分地在轴向方向上调节切削设备。在另外的实施例中,在径向方向上调节切削设备可包括旋转径向调节轮,径向调节轮能够与径向调节器的一个或多个起重器一起操作。照此,(一个或多个)起重器可构造成使切削设备至少部分地在燃气涡轮发动机的径向方向上延伸和缩回。

[0010] 在另一方面,本主题涉及一种用于机加工燃气涡轮发动机的可磨耗材料的系统。该系统包括框架,框架包括从中心位置延伸的第一臂。该系统进一步包括在中心位置处联接到框架的附接结构。此外,附接结构构造成联接到燃气涡轮发动机的至少风扇转子。另外,该系统包括联接到第一臂的与中心位置相反的第一远端的切削设备。切削设备包括旋转轴和联接到旋转轴的多个切削盘。此外,多个切削盘限定螺旋切削型面,螺旋切削型面构造成在可磨耗材料内机加工与燃气涡轮发动机的至少一个风扇叶片互补的轮廓。

[0011] 在一个实施例中,多个切削盘可构造成在燃气涡轮发动机的轴向方向上沿着可磨耗材料的总长度延伸。在另外的实施例中,附接结构可包括支承环,支承环构造成联接到燃气涡轮发动机的至少风扇转子。在额外的实施例中,该系统可包括空气马达,空气马达驱动地联接到切削设备的旋转轴,并且构造成旋转多个切削盘。

[0012] 在另一实施例中,框架可进一步包括从中心位置延伸的第二臂。在这样的实施例中,测量组件可联接到第二臂的与中心位置相反的第二远端。此外,测量组件可构造成检查可磨耗材料的轮廓。另外,测量组件可包括:螺纹杆,其构造成至少部分地沿着燃气涡轮发动机的轴向方向延伸;测量探头,其从螺纹杆延伸并且能够与螺纹杆一起操作;以及调节轮,其构造成旋转螺纹杆,使得至少部分地在燃气涡轮发动机的轴向方向上调节测量探头。

[0013] 在另一实施例中,该系统可进一步包括联接在第一臂的第一远端与切削设备之间的调节机构。调节机构可构造成沿着燃气涡轮发动机的轴向方向和径向方向调节切削设备的位置。在一个这样的实施例中,调节机构可包括轴向调节器,轴向调节器包括螺纹杆,螺纹杆能够与切削设备一起操作,并且构造成至少部分地沿着燃气涡轮发动机的轴向方向延伸。调节机构可进一步包括轴向调节轮,轴向调节轮构造成旋转螺纹杆,使得至少部分地在轴向方向上调节切削设备。在另外的实施例中,调节机构可包括径向调节器,径向调节器包括径向调节轮和能够与切削设备一起操作的至少一个起重器,径向调节轮构造成使切削设

备至少部分地在燃气涡轮发动机的径向方向上延伸和缩回。

[0014] 在额外的实施例中,旋转轴可包括沿着旋转轴的长度延伸的键。另外,多个切削盘中的各个切削盘可包括凹口,凹口能够与键一起操作,使得多个切削盘限定螺旋切削型面。在另外的实施例中,多个切削盘可包括限定不同直径的两个或更多个切削盘。在另一实施例中,多个切削盘可包括在18个与46个之间的切削盘。在额外的实施例中,切削设备的多个切削盘可构造成为围绕燃气涡轮发动机的轴向方向旋转。应当进一步理解,该系统可进一步包括如本文中所述的额外的特征中的任何特征。

[0015] 技术方案1. 一种利用包括框架、从所述框架的中心位置延伸的第一臂以及切削设备的系统来机加工燃气涡轮发动机的可磨耗材料的方法,所述切削设备联接到所述第一臂的第一远端并包括旋转轴和多个切削盘,所述多个切削盘联接到所述旋转轴,使得所述切削盘限定螺旋切削型面,所述方法包括:

[0016] 利用所述系统的附接结构来将所述系统的所述框架固定到所述燃气涡轮发动机的至少风扇转子,所述附接结构在所述中心位置处联接到所述框架;

[0017] 利用联接在所述第一臂的所述第一远端与所述切削设备之间的轴向调节器在所述燃气涡轮发动机的轴向方向上调节所述切削设备,使得所述切削设备与所述可磨耗材料沿轴向对准;

[0018] 驱动所述切削设备的所述旋转轴,使得所述多个切削盘围绕所述轴向方向旋转;以及

[0019] 利用联接在所述第一臂的所述第一远端与所述切削设备之间的径向调节器在所述燃气涡轮发动机的径向方向上调节所述切削设备,使得所述切削盘中的至少一个接触所述可磨耗材料,以便机加工所述可磨耗材料。

[0020] 技术方案2. 根据任意前述技术方案所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括:

[0021] 围绕所述燃气涡轮发动机的周向方向旋转所述系统,使得所述切削设备沿着所述周向方向机加工所述可磨耗材料的至少部分。

[0022] 技术方案3. 根据任意前述技术方案所述的方法,其特征在于,所述系统进一步包括从所述框架的所述中心位置延伸的第二臂和沿轴向对准的测量组件,所述测量组件包括联接到所述第二臂的第二远端的测量探头,所述方法进一步包括:

[0023] 通过沿着所述轴向方向调节所述测量探头的位置来检查所述可磨耗材料的轮廓。

[0024] 技术方案4. 根据任意前述技术方案所述的方法,其特征在于,调节所述测量探头的所述位置包括旋转联接到能够与所述测量探头一起操作的螺纹杆的调节轮,以便沿轴向向前或向后调节所述测量探头。

[0025] 技术方案5. 根据任意前述技术方案所述的方法,其特征在于,在所述轴向方向上调节所述切削设备包括旋转轴向调节轮,所述轴向调节轮驱动地联接到所述轴向调节器的至少部分地沿着所述轴向方向延伸的螺纹杆,所述螺纹杆能够与所述切削设备一起操作,使得至少部分地在所述轴向方向上调节所述切削设备。

[0026] 技术方案6. 根据任意前述技术方案所述的方法,其特征在于,在所述径向方向上调节所述切削设备包括旋转径向调节轮,所述径向调节轮能够与所述径向调节器的一个或多个起重器一起操作,所述一个或多个起重器构造成为使所述切削设备至少部分地在所述燃

气涡轮发动机的所述径向方向上延伸和缩回。

[0027] 技术方案7. 根据任意前述技术方案所述的方法,其特征在於,所述可磨耗材料包括被修理的部分。

[0028] 技术方案8. 一种用于机加工燃气涡轮发动机的可磨耗材料的系统,所述系统包括:

[0029] 框架,其包括从中心位置延伸的第一臂;

[0030] 附接结构,其在所述中心位置处联接到所述框架,所述附接结构构造成联接到所述燃气涡轮发动机的至少风扇转子;以及

[0031] 切削设备,其联接到所述第一臂的与所述中心位置相反的第一远端,所述切削设备包括旋转轴和联接到所述旋转轴的多个切削盘,其中,所述多个切削盘限定螺旋切削型面,

[0032] 其中,所述螺旋切削型面构造成在所述可磨耗材料内机加工与所述燃气涡轮发动机的至少一个风扇叶片互补的轮廓。

[0033] 技术方案9. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在於,所述多个切削盘构造成在所述燃气涡轮发动机的轴向方向上沿着所述可磨耗材料的总长度延伸。

[0034] 技术方案10. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在於,所述框架进一步包括从所述中心位置延伸的第二臂,所述系统进一步包括:

[0035] 测量组件,其联接到所述第二臂的与所述中心位置相反的第二远端,其中,所述测量组件构造成检查所述可磨耗材料的所述轮廓。

[0036] 技术方案11. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在於,所述测量组件包括:螺纹杆,其构造成至少部分地沿着所述燃气涡轮发动机的轴向方向延伸;测量探头,其从所述螺纹杆延伸并且能够与所述螺纹杆一起操作;以及调节轮,其构造成旋转所述螺纹杆,使得至少部分地在所述燃气涡轮发动机的所述轴向方向上调节所述测量探头。

[0037] 技术方案12. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在於,所述系统进一步包括:

[0038] 调节机构,其联接在所述第一臂的所述第一远端与所述切削设备之间,其中,所述调节机构构造成沿着所述燃气涡轮发动机的轴向方向和径向方向调节所述切削设备的位置。

[0039] 技术方案13. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在於,所述调节机构包括轴向调节器,所述轴向调节器包括:螺纹杆,其能够与所述切削设备一起操作并构造成至少部分地沿着所述燃气涡轮发动机的轴向方向延伸;以及轴向调节轮,其构造成旋转所述螺纹杆,使得至少部分地在所述轴向方向上调节所述切削设备。

[0040] 技术方案14. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在於,所述调节机构包括径向调节器,所述径向调节器包括:至少一个起重器,其能够与所述切削设备一起操作;以及径向调节轮,其构造成使所述切削设备至少部分地在所述燃气涡轮发动机的所述径向方向上延伸和缩回。

[0041] 技术方案15. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在於,所述旋转轴包括沿着所述旋转轴的长度延伸的键,并且其中,所述多个切削盘中的各个切削盘包括凹口,所述凹口能够与所述键一起操作,使得所述多个切削盘限定所述螺旋切削型面。

[0042] 技术方案16. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在於,所述多个切削盘包括限定不同直径的两个或更多个切削盘。

[0043] 技术方案17. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在於,所述多个切削盘包括在18个与46个之间的切削盘。

[0044] 技术方案18. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在於,所述切削设备的所述多个切削盘构造成围绕所述燃气涡轮发动机的轴向方向旋转。

[0045] 技术方案19. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在於,所述附接结构包括支承环,所述支承环构造成联接到所述燃气涡轮发动机的至少所述风扇转子。

[0046] 技术方案20. 根据任意前述技术方案所述的系统,其特征在於,所述系统进一步包括:

[0047] 空气马达,其驱动地联接到所述切削设备的所述旋转轴,并且构造成旋转所述多个切削盘。

[0048] 参考以下描述和所附权利要求书,这些和其它特征、方面和优点将变得更好理解。结合在本说明书中并构成其部分的附图图示了本发明的实施例,并与描述一起用于解释本发明的某些原理。

附图说明

[0049] 在参考附图的说明书中阐述了本发明(包括其最佳模式)的针对本领域普通技术人员的完整且能够实现的公开,在附图中:

[0050] 图1图示了根据本主题的方面的可在飞行器内利用的燃气涡轮发动机的一个实施例的横截面视图,特别地图示了构造为高旁通涡轮风扇喷气发动机的燃气涡轮发动机;

[0051] 图2图示了根据本主题的方面的图1的风扇区段的横截面视图,特别地图示了涡轮风扇发动机的风扇区段的可磨耗材料;

[0052] 图3图示了根据本主题的方面的用于机加工涡轮风扇发动机的可磨耗材料的系统的一个实施例,特别地图示了插入风扇区段内并连接到风扇转子的系统;

[0053] 图4图示了根据本主题的方面的图3的系统的第二臂的第二远端的更近的视图,特别地图示了联接在第一臂的第一远端与切削设备之间的调节机构;

[0054] 图5图示了根据本主题的方面的图3和图4的切削设备的部分的分解视图,特别地图示了切削设备的旋转轴和切削盘;

[0055] 图6图示了根据本主题的方面的图3的系统的第二臂的第二远端的更近的视图,特别地图示了联接到第二远端的测量组件和沿径向向外延伸的测量探头;以及

[0056] 图7图示了根据本主题的方面的机加工涡轮风扇发动机的可磨耗材料的方法的一个实施例的流程图。

[0057] 本说明书和附图中的参考字符的重复使用旨在表示本发明的相同或相似的特征或元件。

具体实施方式

[0058] 现在将详细地参考本发明的实施例,其一个或多个示例在附图中图示。各个示例作为本发明的解释而非本发明的限制来提供。实际上,对于本领域技术人员而言将为明显

的是,在不脱离本发明的范围的情况下,可在本发明中作出多种修改和变型。例如,作为一个实施例的部分而图示或描述的特征可与另一实施例一起使用以产生另外的其它实施例。因此,本发明旨在涵盖如归入所附权利要求书及其等同体的范围内的这样的修改和变型。

[0059] 如本文中所使用的,用语“第一”、“第二”和“第三”可以可互换地使用,以将一个构件与另一构件区分开,并且不旨在表示单独构件的位置或重要性。

[0060] 用语“上游”和“下游”指代相对于流体通路中的流体流的相对方向。例如,“上游”指代流体所流自的方向,并且“下游”指代流体所流至的方向。

[0061] 除非本文中另外规定,否则用语“联接”、“固定”、“附接到”等指代直接联接、固定或附接以及通过一个或多个中间构件或特征的间接联接、固定或附接两者。

[0062] 用语“通信”(“communicate”、“communicating”、“communicative”等)指代直接通信以及诸如通过存储器系统或另一中间系统的间接通信两者。

[0063] 大体上提供了一种用于机加工涡轮风扇发动机的可磨耗材料的系统。例如,该系统可用于机加工包围涡轮风扇发动机的风扇区段中的风扇叶片的可磨耗涂层。该系统可包括框架,框架包括从中心位置延伸的第一臂。此外,框架可利用附接结构在中心位置处附接到涡轮风扇发动机的风扇转子。该系统可进一步包括联接到第一臂的与中心位置相反的第一远端的切削设备。另外,切削设备可包括旋转轴和联接到旋转轴的多个切削盘。此外,切削盘可限定螺旋切削型面,螺旋切削型面构造成在可磨耗涂层内机加工与涡轮风扇发动机的风扇叶片中的一个或多个互补的轮廓。在某些实施例中,切削盘可延伸可磨耗材料的全长,并且该系统可围绕涡轮风扇发动机的周向方向旋转,以便机加工整个可磨耗涂层,而不需要沿轴向调节该系统和/或切削设备。此外,切削盘的螺旋切削型面可减少在任何一个瞬间机加工可磨耗材料的切削盘的齿的数量。照此,可减小操作切削设备所需的扭矩。

[0064] 现在参考附图,图1图示了根据本主题的方面的可在飞行器内利用的燃气涡轮发动机的一个实施例的横截面视图。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喷气发动机(涡轮风扇发动机10),其中出于参考目的,涡轮风扇发动机10示出为具有沿着轴向方向A延伸通过其的纵向或轴向中心线轴线12。涡轮风扇发动机10进一步限定相对于中心线12垂直延伸的径向方向R。此外,周向方向C(在图1中示出为进/出页面)垂直于中心线12和径向方向R两者而延伸。尽管示出了示例性涡轮风扇实施例,但预期本公开可大体上能够同等地应用于涡轮机械,诸如开式转子、涡轮轴、涡轮喷气或涡轮螺旋桨构造,包括船用和工业涡轮发动机和辅助功率单元。

[0065] 大体上,涡轮风扇发动机10包括核心组件(大体上由参考字符14指示)和定位在核心组件的上游的风扇区段16。核心组件14大体上包括限定环形入口20的基本上管状的外部壳体18。另外,外部壳体18可进一步包封并支承低压(LP)压缩机22,LP压缩机22用于将进入核心组件14的压力的空气增加到第一压力水平。多级轴流式高压(HP)压缩机24然后可从LP压缩机22接收加压空气,并进一步增加这样的空气的压力。离开HP压缩机24的加压空气然后可流至燃烧器26,在燃烧器26内燃料被喷射到加压气流中,其中所得到的混合物在燃烧器26内燃烧。高能量的燃烧产物60从燃烧器26沿着涡轮风扇发动机10的热气体路径被引导至高压(HP)涡轮28以用于经由高压(HP)轴或转轴30而驱动HP压缩机24,并且然后被引导至低压(LP)涡轮32以用于经由大体上与HP轴30同轴的低压(LP)驱动轴或转轴34而驱动LP压缩机22和风扇区段16。在驱动涡轮28和32中的各个之后,燃烧产物60可经由排气喷嘴36

而从核心组件14排出,以提供推进喷气推力。

[0066] 另外,如图1和图2中所示出的,涡轮风扇发动机10的风扇区段16大体上包括可旋转的轴流式风扇转子38,风扇转子38构造成由环形风扇壳体40包围。在特定实施例中,LP轴34可直接连接到风扇转子38或转子盘39(诸如在直接驱动式构造中)。在备选构造中,LP轴34可经由减速装置37(诸如间接驱动或齿轮驱动式构造中的减速齿轮齿轮箱)而连接到风扇转子38。这样的减速装置可如期望或需要的那样被包括在涡轮风扇发动机10内的任何合适的轴/转轴之间。另外,风扇转子38和/或转子盘39可被包封或形成为风扇毂41的部分。

[0067] 本领域普通技术人员应当认识到,风扇壳体40可构造成由多个基本上沿径向延伸、沿周向隔开的出口导叶42相对于核心组件14而支承。照此,风扇壳体40可包封风扇转子38及其对应的风扇转子叶片(风扇叶片44)。此外,风扇壳体40的下游区段46可在核心组件14的外部部分上延伸,以便限定提供额外的推进喷气推力的次级或旁通空气流管道48。

[0068] 在涡轮风扇发动机10的操作期间,应当认识到,初始空气流(由箭头50指示)可通过风扇壳体40的相关联的入口52而进入涡轮风扇发动机10。空气流50然后穿过风扇叶片44,并分成移动通过旁通管道48的第一压缩空气流(由箭头54指示)和进入LP压缩机22的第二压缩空气流(由箭头56指示)。第二压缩空气流56的压力然后增加并进入HP压缩机24(如由箭头58指示的)。在与燃料混合并在燃烧器26内燃烧之后,燃烧产物60离开燃烧器26并流过HP涡轮28。此后,燃烧产物60流过LP涡轮32并离开排气喷嘴36,以为涡轮风扇发动机10提供推力。

[0069] 现在特别地参考图2,涡轮风扇发动机10可包括包绕风扇叶片44的可磨耗的容纳结构(containment structure)62。此外,图2的示例性容纳结构62可包括前风扇壳64。前风扇壳64可具有通常由铝制成的内部风扇壳体66,内部风扇壳体66由铝蜂窝结构包围,铝蜂窝结构由石墨环氧树脂外部风扇壳体68包围,外部风扇壳体68由KEVLAR®盖70包围。内部风扇壳体66可包括限定内部环形表面74的风扇护罩72。内部环形表面74可具有大体上圆形的横截面,并限定内部风扇壳体66的内径。风扇护罩72可构造成导引初始空气流50通过风扇区段16,以确保风扇叶片44将压缩进入涡轮风扇发动机10的空气中的大部分。作为示例而非限制,前风扇壳64和内部风扇壳体66可由以下材料制成:金属、铝、复合材料以及它们的组合。另外,在风扇叶片44的末梢78与内部环形表面74之间可存在小的径向间隙76。大体上,径向间隙76可最小化,以便提高涡轮风扇发动机10的效率。

[0070] 如图2中所示出的,风扇护罩72可包括限定内部环形表面74的一个或多个可磨耗结构。例如,在某些实施例中,可磨耗结构可为可磨耗材料,诸如可磨耗涂层80。可磨耗材料可为风扇叶片44在整个发动机操作期间可偶尔抵靠其而摩擦的区域。典型的可磨耗材料可包括环氧树脂,环氧树脂具有设置在环形塑性蜂窝结构中并由该结构支承的酚醛树脂微珠,酚醛树脂微珠通过粘合剂而结合到玻璃纤维的环形层,通过粘合剂而结合到内部风扇壳体66上的内部环形凹槽82。然而,可磨耗材料可为呈现现有技术中已知和使用的类型的任何合适的轻量材料,包括复合材料等。可磨耗材料可以以一个或多个实心面板的形式提供,或者由松散材料形成。例如,如本文中在下面解释的,可磨耗材料大体上可包括适合于在间隙控制应用中使用的任何低密度的合成(syntactic)薄膜环氧树脂,其可抵抗由冰冲击造成的损伤,并且可在风扇壳体的整个使用寿命期间容易地修理/更换。用作可磨耗层的合适材料的一个示例是Hysol® EA 9890,然而本文中的实施例不应当限于这样的材料。在备选

的或额外的实施例中,可磨耗材料可包括下者中的一种或多种:环氧树脂和酚醛树脂微球、Nomex® 芯、具有中空玻璃微球的硅树脂、硅树脂聚合物、多孔Teflon®—PTFE塑料、具有热塑性微球和聚醚醚酮(PEEK)纤维的环氧树脂、具有玻璃微球的双组分阻燃环氧树脂、具有热塑性微球和尼龙/PEEK纤维的环氧树脂或它们的任何组合。

[0071] 为了实现与在可磨耗材料的内部环形表面74与风扇叶片44之间维持小的径向间隙76相关联的合乎期望的空气动力学效率,内部环形表面74可限定与风扇叶片44中的一个或多个(诸如所有的风扇叶片44)的末梢78的轮廓匹配的轮廓。典型地,风扇护罩72可被制造成确保紧密的公差,以便使该径向间隙76最小化。例如,如图2中所示出的,可磨耗涂层80的表面可被磨削或机加工成与风扇叶片44的(一个或多个)末梢78的轮廓互补的轮廓。在操作期间,当(一个或多个)风扇叶片44摩擦可磨耗涂层80时,可磨耗涂层80的内部环形表面74可磨损和/或从内部风扇壳体66和/或可磨耗材料的剩余部分脱落。照此,通过从可磨耗涂层80移除材料,可减少风扇叶片44本身和/或容纳结构62的其它构件上的损伤和磨损。

[0072] 现在参考图3,图示了根据本公开的方面的用于机加工涡轮风扇发动机的可磨耗材料的系统100的一个实施例。更特别地,图3图示了插入风扇区段16内并连接到风扇转子38的系统100。例如,系统100可用于机加工如大体上关于图2而描述的可磨耗涂层80。然而,应当认识到,系统100可用于机加工可与燃气涡轮发动机(诸如大体上关于图1至图2而描述的涡轮风扇发动机10或燃气涡轮发动机的另外的合适构造)一起利用的任何合适的可磨耗材料。

[0073] 如图3中所示出的,系统100可插入到涡轮风扇发动机10的风扇区段16中,并附接到风扇转子38,诸如转子盘39。然而,在其它实施例中,系统100可通过风扇毂41和/或在风扇毂41上联接到风扇转子38。备选地,风扇毂41可被移除,以便将系统100附接到风扇转子38。系统100可包括框架102,框架102包括多个框架部件104。另外,系统100包括从框架102的中心位置108延伸的第一臂106。例如,中心位置108可构造成与涡轮风扇发动机10的中心线12对准。第一臂106大体上可由从中心位置108延伸到第一远端110的框架部件104中的一个或多个形成。此外,系统100可包括联接到第一臂106的第一远端110的切削设备112。切削设备112可包括旋转轴114和两个或更多个切削盘116,切削盘116联接到旋转轴114,使得切削盘116限定螺旋切削型面120。此外,螺旋切削型面120可构造成在可磨耗涂层80内机加工与涡轮风扇发动机10的风扇叶片44中的一个或多个互补的轮廓,诸如与风扇叶片44的末梢78中的一个或多个互补的轮廓(图2)。

[0074] 大体上,如图3中所示出的,系统100可在涡轮风扇发动机10的周向方向C上旋转,使得切削设备112沿着周向方向C机加工可磨耗涂层80的至少部分。例如,系统100可机加工可磨耗涂层80的位于切削设备112的径向外侧的部分。在一个实施例中,如所图示的,风扇转子38可沿着周向方向C旋转,使得联接到风扇转子38的系统100也沿着周向方向C旋转。此外,切削盘116可构造成在轴向方向A上沿着可磨耗涂层80的全长延伸。照此,使系统100沿着周向方向C旋转360度可机加工内部环形表面74的全部。应当认识到,可磨耗涂层80可为新的可磨耗涂层80,其需要机加工以便匹配和/或补充(一个或多个)风扇叶片44的(一个或多个)末梢78的轮廓。在另一种情形下,可磨耗涂层80可包括被修理的部分118,该部分需要机加工以便匹配和/或补充(一个或多个)风扇叶片44的(一个或多个)末梢78的轮廓。在另外的另一种情形下,系统100可用于移除可磨耗涂层80的内部环形表面74的最内层,使得随

后可在新机加工的内部环形表面74上执行修理程序。

[0075] 如图3中所示出的,系统100可经由附接结构122而附接到风扇转子38或转子盘39(参见图1和图2)。附接结构122大体上可位于中心位置108处,使得系统100可围绕涡轮风扇发动机10的中心线12沿着周向方向C旋转。例如,附接结构122可在中心位置108处联接到框架102。在另一布置中,附接结构122可包括也形成框架102的框架部件104中的一个或多个。如图3中所图示的,附接结构122可包括支承环124,支承环124构造成联接到风扇转子38或转子盘39并且联接到框架102。例如,支承环124可使用诸如一个或多个螺母、螺栓、螺钉等的合适的紧固件来可移除地联接到风扇转子38或转子盘39。

[0076] 如所示出的,系统100可包括马达,该马达构造成使切削设备112的旋转轴114旋转且因此使切削盘116旋转。例如,在所图示的实施例中,空气马达126可驱动地联接到旋转轴114,以便使切削设备112的切削盘116旋转。然而,应当认识到,马达大体上可具有任何其它合适的构造,诸如电动马达或内燃发动机。如进一步图示的,空气马达126可构造成使旋转轴114围绕轴向方向A旋转。更具体地,空气马达126可使旋转轴114围绕轴向方向A旋转,使得切削盘116围绕轴向方向A旋转(例如,切削盘116可在涡轮风扇发动机10的周向方向C上旋转)。

[0077] 仍然参考图3的示例性实施例,系统100可包括调节机构128,调节机构128构造成沿着涡轮风扇发动机10的轴向方向A和/或径向方向R调节切削设备112的位置。例如,调节机构128(关于图4而更详细地描述)可联接在第一臂106的第一远端110与切削设备112之间。照此,调节机构128可用于在轴向方向A上调节切削设备112,以便将切削设备112与可磨耗涂层80对准。此外,调节机构128可用于使切削设备112在径向方向R上延伸,使得切削设备112的切削盘116接触可磨耗涂层80的内部环形表面74,以便机加工可磨耗涂层80。应当认识到,在某些情形下,调节机构128可用于在围绕中心线12的各个周向道次(pass)之后使切削设备112顺序地沿径向向外延伸,以便从可磨耗涂层80机加工更多的材料。

[0078] 如在图3中进一步图示的,框架102可包括从中心位置108延伸的第二臂130,并且系统100可包括测量组件132,测量组件132构造成检查可磨耗涂层80的内部环形表面74的轮廓。应当认识到,测量组件132可用于检查内部环形表面74的轮廓,以便确保内部环形表面74的轮廓匹配和/或补充涡轮风扇发动机10的(一个或多个)风扇叶片44的(一个或多个)末梢78的轮廓。更特别地,在所图示的实施例中,第二臂130可包括从中心位置108延伸到第二臂130的第二远端134的框架部件104中的一个或多个。如所图示的,测量组件132可联接到第二臂130的第二远端134,并且构造成在径向方向R上延伸,使得测量组件132可检查可磨耗涂层80的轮廓。

[0079] 现在参考图4,图示了根据本公开的方面的图3的系统100的第一臂106的第一远端110的更近的视图。更特别地,图4图示了联接在第一臂106的第一远端110与切削设备112之间的调节机构128。调节机构128可包括轴向调节器136,轴向调节器136构造成在涡轮风扇发动机10的轴向方向A(参见例如图3)上调节切削设备112。另外,调节机构128可包括径向调节器138,径向调节器138构造成在涡轮风扇发动机10的径向方向R(参见例如图3)上调节切削设备112。照此,轴向调节器136和径向调节器138可组合使用来调节切削设备112的位置,以在轴向方向A上将切削盘116与可磨耗涂层80(图3)对准,并且沿径向向外调节切削设备112,以机加工可磨耗涂层80的内部环形表面74。

[0080] 如图4中所示出的,轴向调节器136可包括轴向调节轮140,轴向调节轮140能够与切削设备112一起操作,并且构造成当轴向调节轮140旋转时至少部分地在轴向方向A(参见图3)上向前或向后调节切削设备112。例如,轴向调节轮140可驱动地联接到轴向调节器136的螺纹杆142,螺纹杆142构造成当系统100插入风扇区段16内时至少部分地沿着涡轮风扇发动机10的轴向方向A延伸。例如,切削设备112可包括燕尾榫144,燕尾榫144与螺纹杆142的螺纹接合,使得旋转轴向调节轮140使切削设备112取决于轴向调节轮140的旋转方向而至少部分地沿着轴向方向A向前或向后移动。照此,应当认识到,轴向调节轮140可旋转,以便在轴向方向A上将切削设备112与可磨耗涂层80对准。更特别地,轴向调节轮140可允许进行精细的轴向调节,以便对准切削设备112,使得切削盘116中的各个定位在可磨耗涂层80的前轴向边界和后轴向边界内。

[0081] 如关于图4的示例性实施例而进一步示出的,径向调节器138可包括径向调节轮146,径向调节轮146能够与切削设备112一起操作,并且构造成当径向调节轮146旋转时使切削设备112至少部分地在径向方向R(参见图3)上延伸和/或缩回。例如,径向调节轮146可驱动地联接到一个或多个起重器148,一个或多个起重器148能够与切削设备112一起操作,以便当系统100插入风扇区段16内时使切削设备112至少部分地沿着径向方向R延伸和/或缩回。例如,旋转径向调节轮146可驱动(一个或多个)起重器148取决于径向调节轮146的旋转方向而使切削设备112至少部分地在径向方向R上延伸或缩回。照此,应当认识到,径向调节轮146可旋转,以便使切削设备112延伸,使得切削盘116中的至少一个接触和/或接合可磨耗涂层80的内部环形表面74,以便机加工可磨耗涂层80。

[0082] 如在图4中进一步图示的,切削设备112可包括限定螺旋切削型面120的多个切削盘116。更特别地,切削设备112可包括至少所需数量的切削盘116,以确保切削设备112能够机加工定位在切削设备112的径向外侧的可磨耗涂层80的整个内部环形表面74。照此,应当认识到,在周向方向C上围绕中心线12旋转切削设备112(例如,通过旋转如图3中所示出的那样联接到附接结构122的风扇转子38)可允许切削设备112机加工整个内部环形表面74,以便限定可磨耗涂层80的合乎期望的轮廓。例如,在某些实施例中,切削设备112可包括在18个与60个之间的切削盘116。更特别地,切削设备112可包括在30个与46个之间的切削盘116。在一个特定实施例中,切削设备112可包括46个切削盘116。大体上,在轴向方向A上沿着可磨耗涂层80的全长延伸所需的切削盘116的数量可通过可磨耗涂层80的轴向长度和切削盘116中的各个的轴向切削型面来确定。

[0083] 另外,切削设备112可包括限定不同直径的两个或更多个切削盘116,以便在可磨耗涂层80内机加工沿径向不恒定的轮廓。例如,如图3中所示出的,可磨耗涂层80的内部环形表面74大体上可在可磨耗涂层80的前端149与后端150之间渐缩。照此,构造成朝向可磨耗涂层80的前端149定位的切削盘116中的一个或多个可限定比构造成朝向可磨耗涂层80的后端150定位的切削盘116中的一个或多个更大的直径。然而,在其它实施例中,内部环形表面74可限定恒定的径向轮廓。照此,切削盘116中的各个可限定相同或近似相同的直径。更进一步,内部环形表面74大体上可在沿着轴向方向A的一个或多个位置处在径向方向上扩张。照此,构造成朝向可磨耗涂层80的前端149定位的切削盘116中的一个或多个可限定比构造成朝向可磨耗涂层80的后端150定位的切削盘116中的一个或多个更小的直径。

[0084] 现在参考图5,图示了根据本公开的方面的图3和图4的切削设备112的部分的分解

视图。更特别地,图5图示了旋转轴114和构造成限定螺旋切削型面120的切削盘116中的若干切削盘116。在某些实施例中,旋转轴114可为实心轴。此外,尽管为了清楚起见,在图5的实施例中图示了若干切削盘116,但应当认识到,切削设备112可包括更多或更少的切削盘116—诸如46个或更多个切削盘116。大体上,限定螺旋切削型面120的切削设备112可减少接触和/或接合可磨耗涂层80的内部环形表面74的切削盘116的齿152的数量。例如,沿着旋转轴114的长度形成螺旋或螺线的切削盘116的齿152可与相邻切削盘116的齿152交错,使得当旋转轴114旋转时一次仅相邻切削盘116的一个齿152定位成机加工可磨耗涂层80。大体上,减少在任何一个瞬间有效地机加工可磨耗涂层80的齿152的数量可减少来自驱动地联接到旋转轴114的马达(例如,图3和图4的空气马达126)的所需的功率输出。照此,较小的马达和/或具有较低的最大额定扭矩的马达可用于驱动旋转轴114,从而潜在地导致系统100的效率提高。

[0085] 如图5中所图示的,旋转轴114可包括凹口157(例如,标准尺寸的键楔),凹口157能够与沿着旋转轴114的长度延伸的键154(诸如凹槽或榫舌)一起操作。然而,在其它实施例中,键154可与旋转轴114一体地形成。如所示出的,键154可沿着旋转轴114的长度延伸。如所示出的,各个切削盘116可限定镗孔156,使得各个切削盘116可被旋转轴114接纳并沿着旋转轴114的长度滑动。此外,切削盘116中的各个可限定凹口158,凹口158能够与键154一起操作,以便限定螺旋切削型面120。例如,各个切削盘116可沿着旋转轴114的长度滑动,使得凹口158接合键154,并且将切削盘116中的各个对准成螺旋切削型面120。更特别地,如所示出的,各个切削盘116可在凹口158与齿152之间限定角159。此外,各个在向后方向上随后的切削盘116的角159可更大,以便由于凹口158的顺时针布置而将相邻切削盘116的齿152偏移成螺旋切削型面120。此外,由于各个凹口158相对于各个切削盘116的顺时针布置,切削盘116中的各个的齿152可固定成螺旋切削型面120。例如,切削盘116中的一个或多个可联接到旋转轴114,以便将(一个或多个)切削盘116固定到旋转轴114。在若干实施例中,切削盘116中的至少一个可使用诸如销、螺钉、螺栓等的紧固件(未示出)来联接到旋转轴114。

[0086] 应当认识到,在所图示的实施例中,示出了旋转轴114和切削盘116的一种构造,以便限定螺旋切削型面120。然而,在其它实施例中,可利用备选的和/或额外的构造,以便限定螺旋切削型面120。例如,切削盘116中的各个可在没有键154的情况下单独固定到旋转轴114(例如,通过使用紧固件),使得切削盘116的齿152限定螺旋切削型面120。此外,本领域普通技术人员可想到旋转轴114和切削盘116的其它构造和布置,以限定螺旋切削型面120。在所图示的实施例中,各个切削盘116包括四个齿152。在其它实施例中,各个切削盘116可包括多于四个或少于四个的齿152。还应当认识到,齿152的数量可通过接合可磨耗涂层80的齿152的合乎期望的数量来确定。例如,包括多于四个的齿152可增加在任何一个时刻接触和/或接合可磨耗涂层80的齿152的数量。照此,具有更多齿152的切削盘116可减少机加工可磨耗涂层80所需的时间,但也可能需要具有较高扭矩输出的马达来驱动旋转轴114。相反地,减少各个切削盘116上的齿152的数量可能需要较低的来自驱动旋转轴114的马达的扭矩输出,但也可增加机加工可磨耗涂层80所需的时间。

[0087] 现在参考图6,图示了根据本公开的方面的第二臂130的第二远端134的更近的视图。更特别地,图6图示了测量组件132,测量组件132联接到第二远端134,使得测量探头160构造成当系统100插入涡轮风扇发动机10内时沿径向向外延伸以检查可磨耗涂层80的内部

环形表面74的轮廓(参见例如图3)。照此,应当认识到,测量组件132可用于检查内部环形表面74,以确保切削设备112在可磨耗涂层80内机加工合乎期望的轮廓。此外,从测量组件132传送的指示内部环形表面74的轮廓的数据可指示需要进一步机加工可磨耗涂层80以实现内部环形表面74的期望轮廓。

[0088] 如图6中所示出的,测量组件132可包括螺纹杆162,螺纹杆162构造成当系统100插入风扇区段16内时至少部分地沿着涡轮风扇发动机10的轴向方向A(参见例如图3)延伸。测量探头160可能够与螺纹杆162一起操作,并且构造成当系统100插入涡轮风扇发动机10内时大体上在径向方向R(图3)上延伸,以便检查可磨耗涂层80的轮廓。另外,测量组件132可包括调节轮164,调节轮164构造成旋转螺纹杆162,使得至少部分地在轴向方向A上调节测量探头160。例如,测量探头160可包括燕尾榫(未示出),燕尾榫与螺纹杆162的螺纹接合,使得螺纹杆162的旋转使测量探头160取决于螺纹杆162的旋转方向而至少部分地沿着轴向方向A向前或向后移动。此外,调节轮164可驱动地联接到螺纹杆162,使得在一个方向上旋转调节轮164使测量探头160在轴向方向A上向前移动,而在相反方向上旋转调节轮164使测量探头160在轴向方向A上向后移动。照此,可沿着轴向方向A调节测量探头160的位置,以便检查定位在测量组件132的径向外侧的可磨耗涂层80的轮廓。此外,系统100可围绕中心线12(参见例如图3)沿周向旋转,以便在风扇区段16内的不同周向位置处检查可磨耗涂层80的轮廓。

[0089] 现在参考图7,图示了根据本公开的方面的利用包括框架、从框架的中心位置延伸的第一臂以及切削设备的系统来机加工燃气涡轮发动机的可磨耗材料的方法200的一个实施例的流程图。大体上,将在本文中参考上文参考图1至图6而描述的涡轮风扇发动机10和系统100来描述方法200。例如,切削设备112可联接到第一臂106的第一远端110,并且包括旋转轴114和多个切削盘116,多个切削盘116联接到旋转轴114,使得切削盘116限定螺旋切削型面120。在一个实施例中,可磨耗材料可包括如关于图2和图3而描述的可磨耗涂层80。此外,可磨耗涂层80可包括被修理的部分118、新的可磨耗涂层80或需要机加工内部环形表面74的最内层以便执行修理程序的现有的可磨耗涂层80。

[0090] 然而,本领域普通技术人员应当认识到,所公开的方法200大体上可用于机加工与具有任何合适构造的任何燃气涡轮发动机和/或具有任何合适系统构造的任何系统有关的任何可磨耗材料。另外,尽管出于说明和讨论的目的,图7描绘了以特定顺序执行的步骤,但本文中所讨论的方法不限于任何特定顺序或布置。使用本文中所提供的公开的本领域技术人员将认识到,在不偏离本公开的范围的情况下,可以以多种方式省略、重新布置、组合和/或改造本文中所公开的方法的多种步骤。

[0091] 如图7中所描绘的,方法200可包括(202)利用系统100的在中心位置108处联接到框架102的附接结构122来将系统100的框架102固定到涡轮风扇发动机10的至少风扇转子38。方法200可进一步包括(204)利用联接在第一臂106的第一远端110与切削设备112之间的轴向调节器136在涡轮风扇发动机10的轴向方向A上调节切削设备112,使得切削设备112与可磨耗材料(例如可磨耗涂层80)沿轴向对准。在另一实施例中,在轴向方向A上调节切削设备112可包括旋转轴向调节轮140,轴向调节轮140驱动地联接到轴向调节器136的至少部分地沿着轴向方向A延伸的螺纹杆142。此外,螺纹杆142可能够与切削设备112一起操作,使得至少部分地在轴向方向A上调节切削设备112。

[0092] 在某些实施例中,方法200可包括(206)驱动切削设备112的旋转轴114,使得多个切削盘116围绕轴向方向A旋转。另外,如图7中所示出的,方法200可包括(208)利用联接在第一臂106的第一远端110与切削设备112之间的径向调节器138在涡轮风扇发动机10的径向方向R上调节切削设备112,使得切削盘116中的至少一个接触可磨耗材料,以便机加工可磨耗材料,诸如可磨耗涂层80。在另外的实施例中,在径向方向R上调节切削设备112可包括旋转径向调节轮146,径向调节轮146能够与径向调节器138的一个或多个起重器148一起操作。照此,(一个或多个)起重器148可构造成使切削设备112至少部分地在涡轮风扇发动机10的径向方向R上延伸和缩回。

[0093] 在额外的实施例中,方法200可进一步包括围绕涡轮风扇发动机10的周向方向C旋转系统100,使得切削设备112沿着周向方向C机加工可磨耗材料的至少部分。在另一实施例中,系统100可进一步包括从框架102的中心位置108延伸的第二臂130和沿轴向对准的测量组件132,测量组件132包括联接到第二臂130的第二远端134的测量探头160。例如,测量组件132可包括至少部分地沿着涡轮风扇发动机10的轴向方向A延伸的螺纹杆162和从测量组件132(例如,至少部分地在涡轮风扇发动机10的径向方向R上)延伸的测量探头160。在这样的实施例中,方法200可包括通过沿着涡轮风扇发动机10的轴向方向A调节测量探头160的位置来检查可磨耗材料的轮廓。在另外的实施例中,调节测量探头160的位置可包括旋转联接能够与测量探头160一起操作的螺纹杆162的调节轮164,以便沿轴向向前或向后调节测量探头160。

[0094] 本书面描述使用示例性实施例来公开本发明(包括最佳模式),并且还使本领域中的任何技术人员能够实践本发明(包括制作和使用任何装置或系统,以及执行任何结合的方法)。本发明的可专利性范围由权利要求书限定,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书的字面语言的结构元件,或如果它们包括与权利要求书的字面语言无实质性差异的等同结构元件,则这样的其它示例旨在处于权利要求书的范围内。

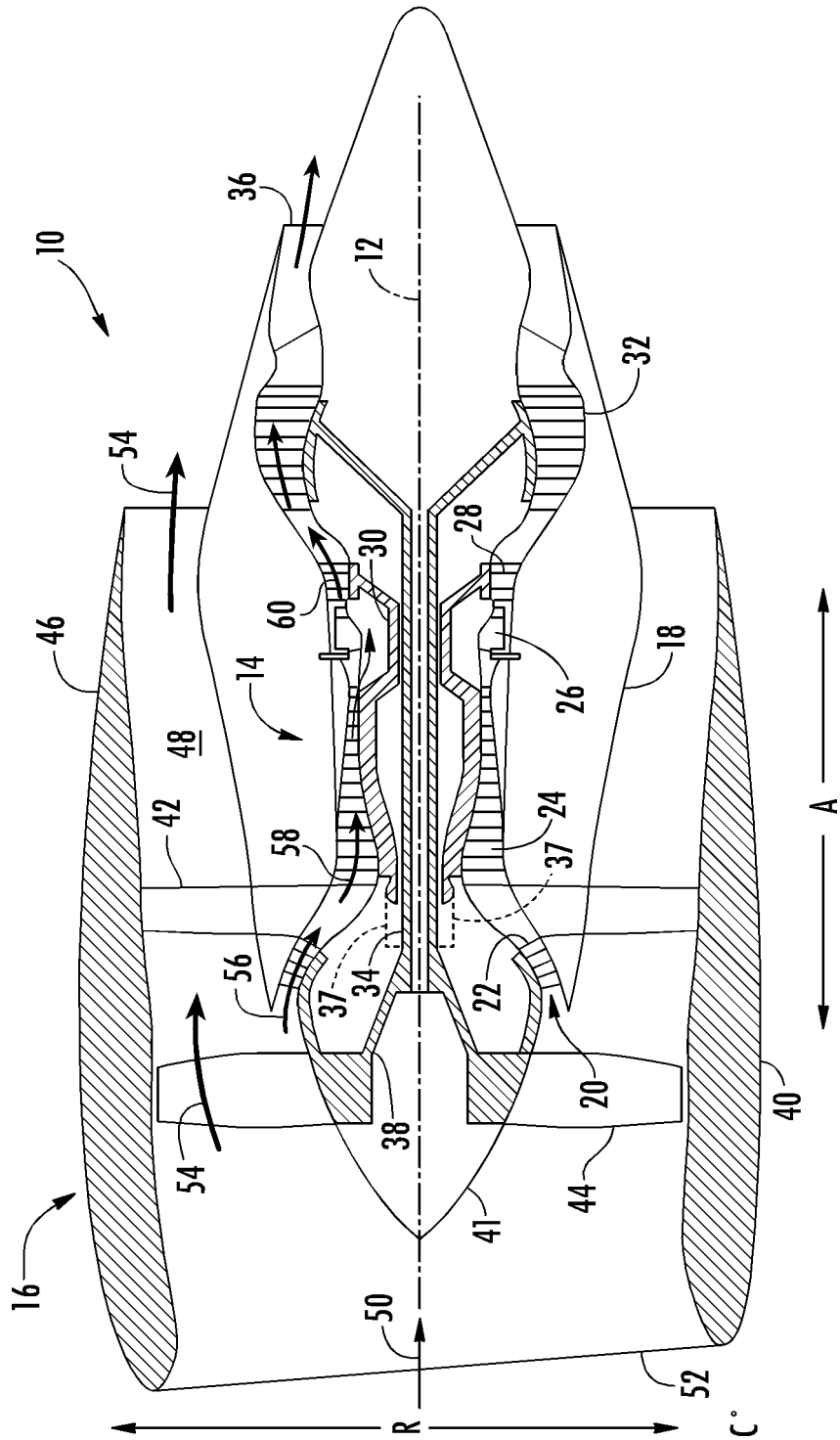


图 1

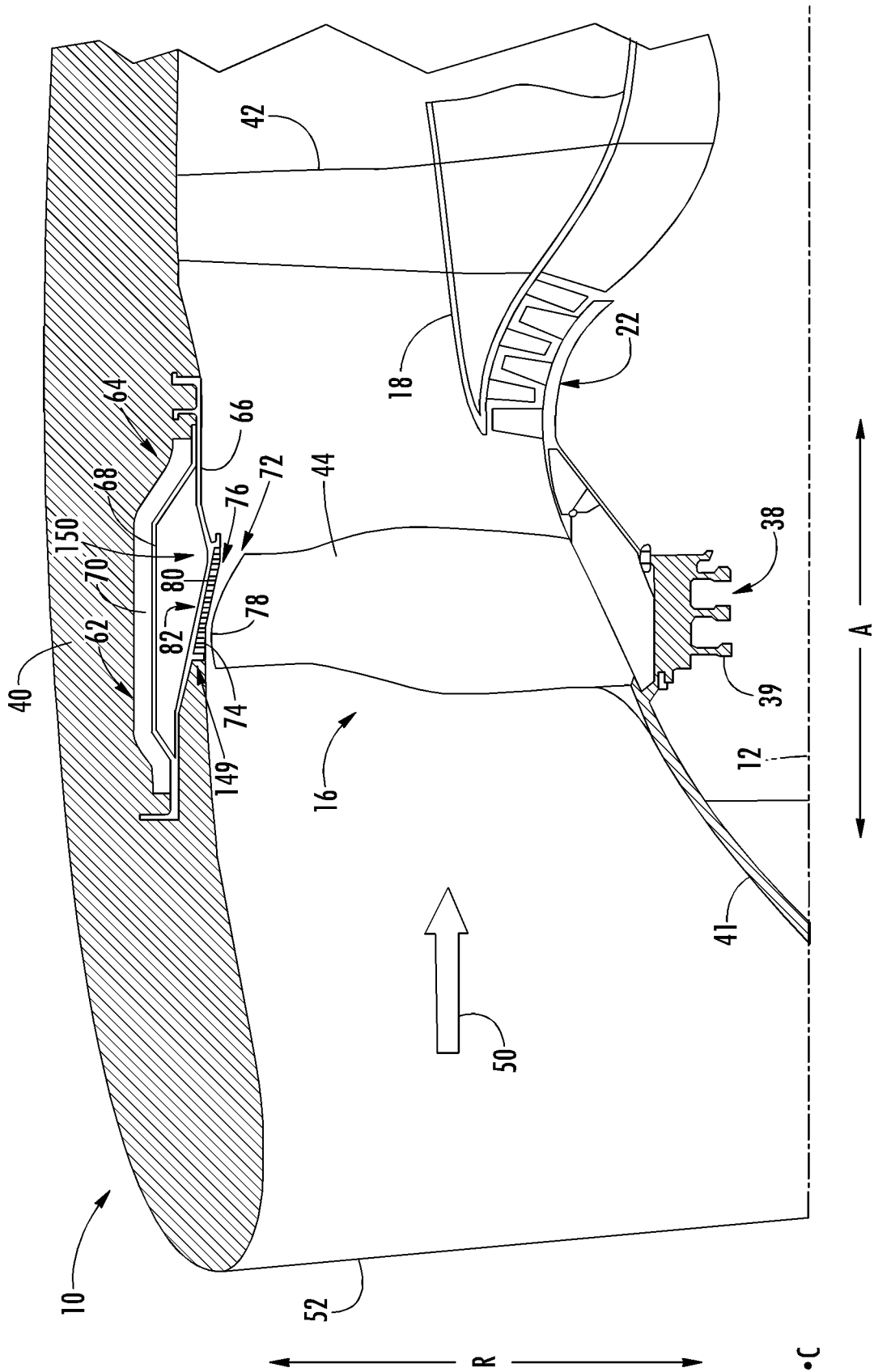


图 2

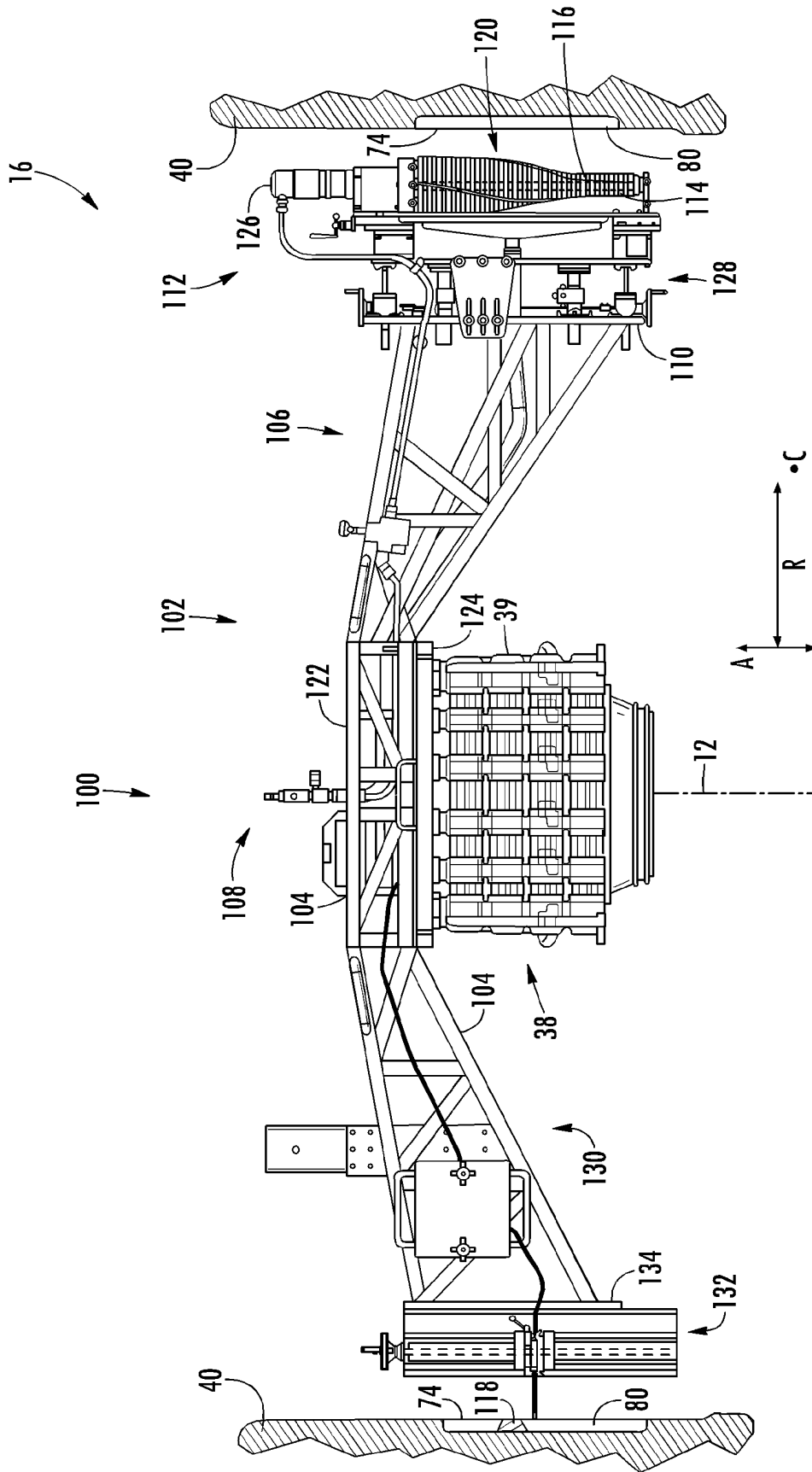


图 3

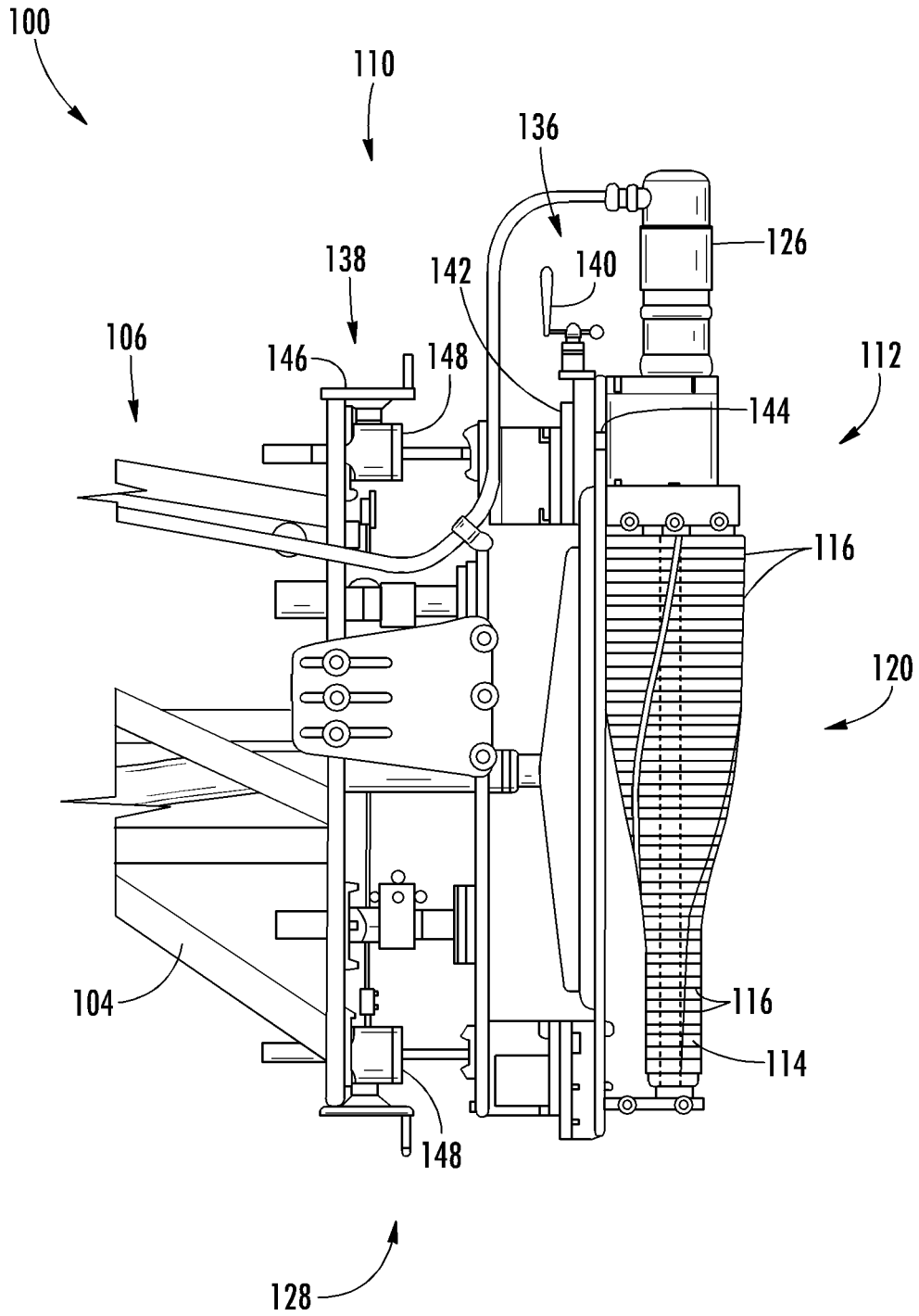


图 4

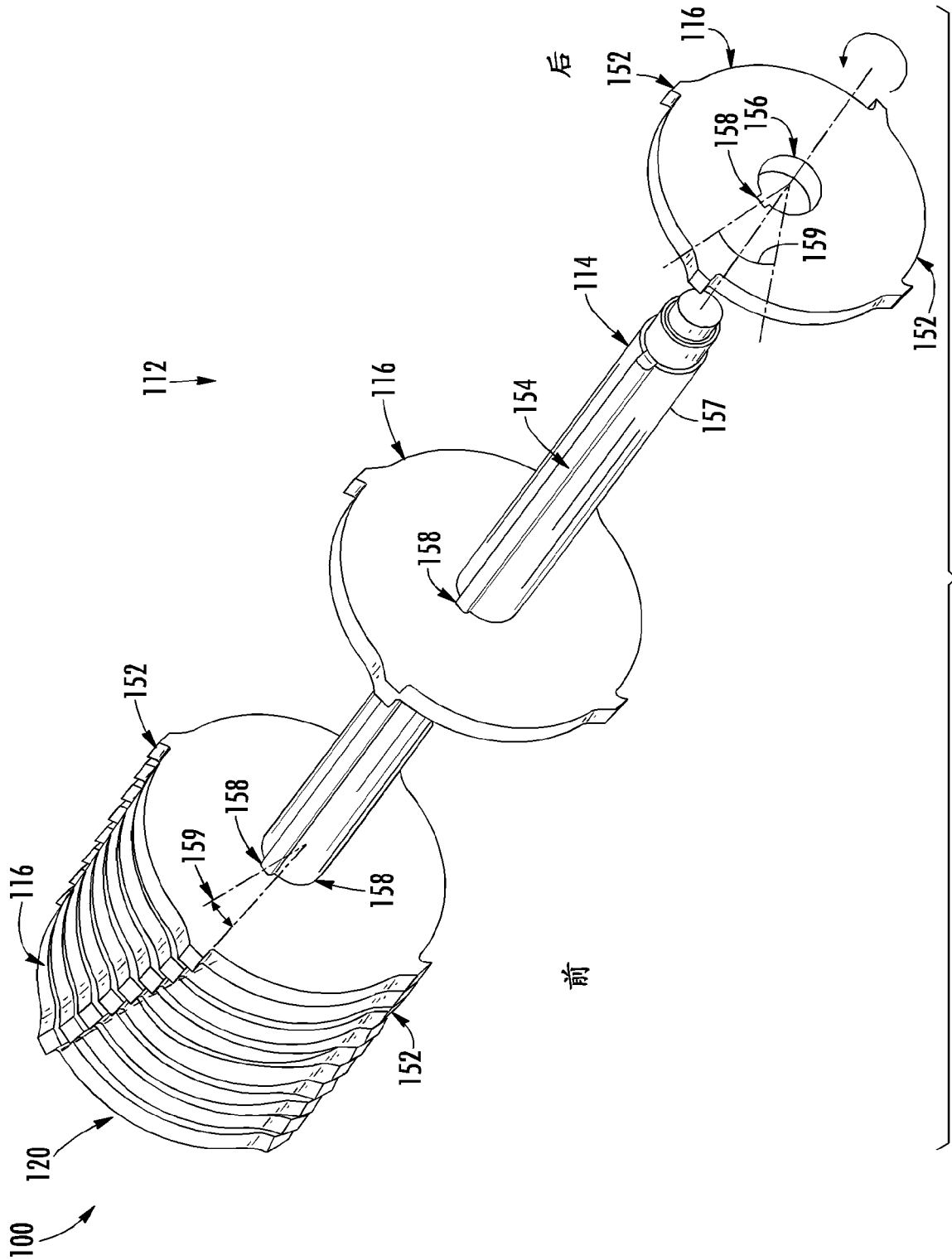


图 5

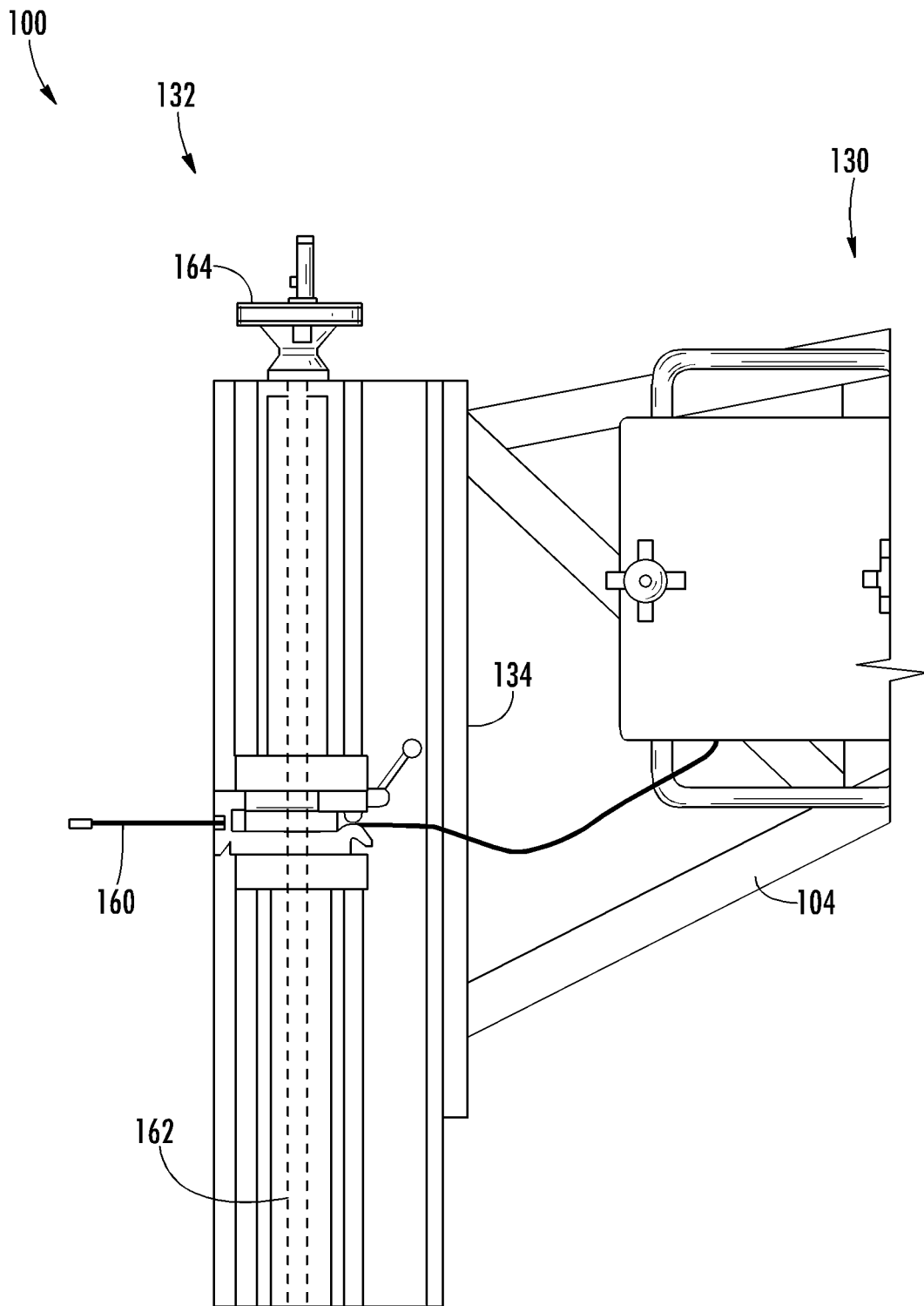


图 6

200

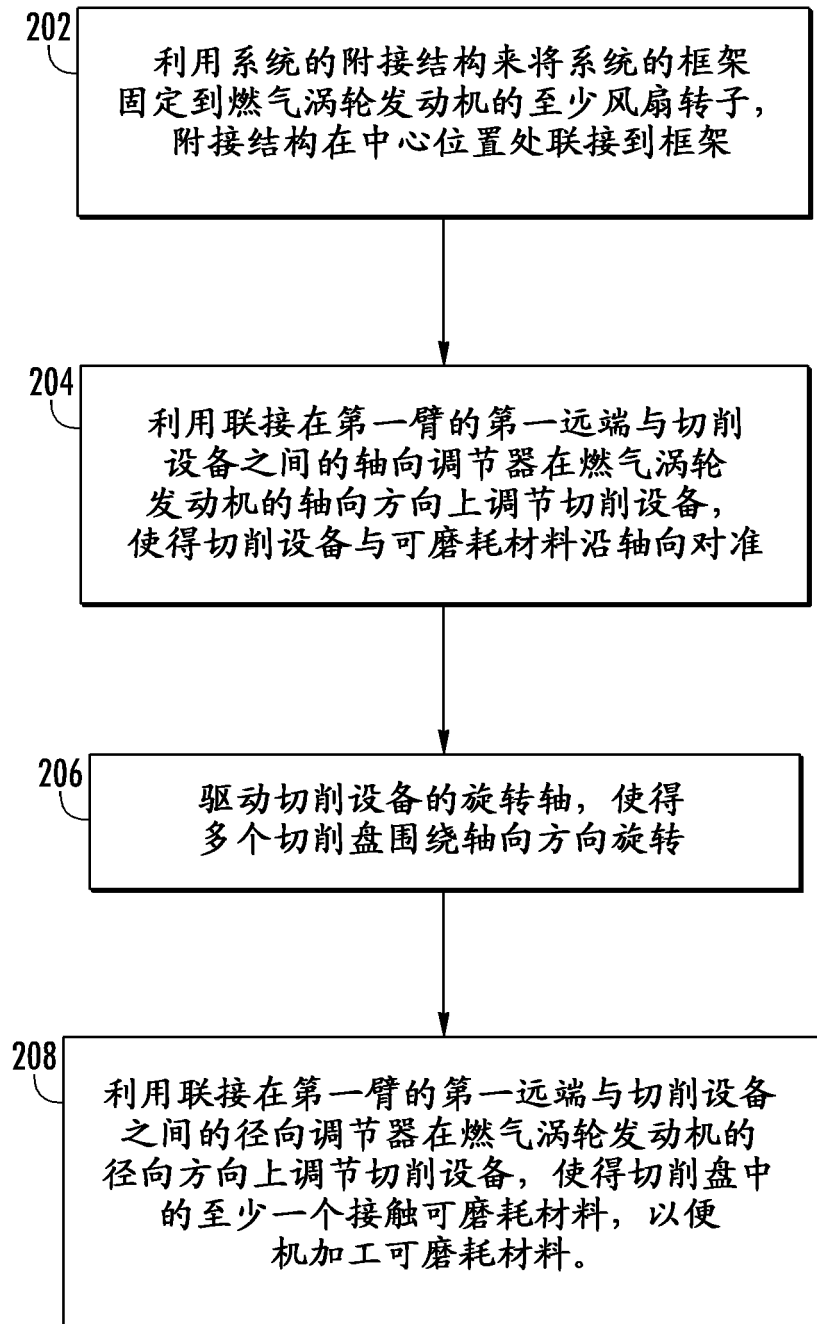


图 7