



(12) 发明专利

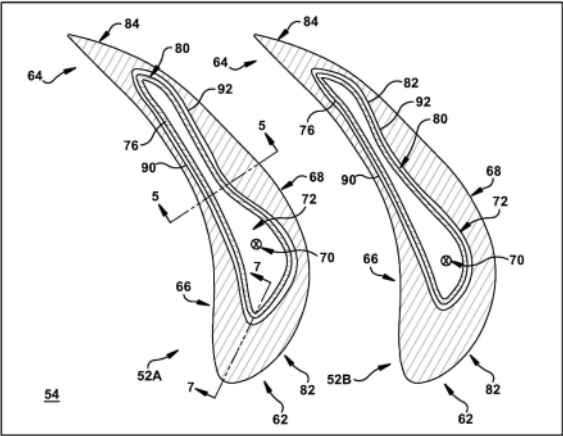
(10) 授权公告号 CN 114341465 B

(45) 授权公告日 2025. 06. 10

(21) 申请号 202080062580.0	(72) 发明人 特拉维斯·J·帕克 布拉德·威尔逊·万塔塞尔 威廉·斯科特·泽米蒂斯
(22) 申请日 2020.09.09	
(65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 114341465 A	(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 金飞 杨忠
(43) 申请公布日 2022.04.12	
(30) 优先权数据 16/575,785 2019.09.19 US	(51) Int.Cl. F01D 5/18 (2006.01) F01D 9/04 (2006.01) B33Y 80/00 (2015.01)
(85) PCT国际申请进入国家阶段日 2022.03.01	
(86) PCT国际申请的申请数据 PCT/US2020/049896 2020.09.09	(56) 对比文件 CN 103089326 A, 2013.05.08 US 2017204734 A1, 2017.07.20 US 6264428 B1, 2001.07.24
(87) PCT国际申请的公布数据 W02021/055200 EN 2021.03.25	
(73) 专利权人 通用电气技术有限公司 地址 瑞士巴登	审查员 李静 权利要求书2页 说明书7页 附图9页

(54) 发明名称
具有优化的内部叶片厚度的集成喷嘴和隔膜

(57) 摘要
本发明提供了一种涡轮系统的叶片。该叶片包括：内部腔室，该内部腔室被构造成接收冷却流体流；可变厚度壁，该可变厚度壁与内部腔室相邻；和冲击板，该冲击板将可变厚度壁与内部腔室分隔开，该冲击板包括用于将冷却流体引导至冲击腔室中并抵靠可变厚度壁的多个开孔，其中该冲击板被构造成沿循可变厚度壁的轮廓。



1. 一种叶片,所述叶片包括:
内部腔室,所述内部腔室被构造成接收冷却流体流;
可变厚度壁,所述可变厚度壁与所述内部腔室相邻;和
可变厚度冲击板,所述可变厚度冲击板将所述可变厚度壁与所述内部腔室分隔开,所述冲击板包括用于将所述冷却流体引导至冲击腔室中并抵靠所述可变厚度壁的多个开孔,其中所述冲击板被构造成沿循所述可变厚度壁的轮廓,并且其中所述冲击板的每个区段的厚度与所述可变厚度壁的相邻区段的厚度成反比;以及
位于所述冲击板与所述可变厚度壁之间的多个支撑梁,
其中所述多个支撑梁被构造成将所述冲击板连接到所述可变厚度壁,控制所述冲击板与所述可变厚度壁的分离,并且向所述可变厚度壁提供结构支撑。
2. 根据权利要求1所述的叶片,其中所述叶片包括气体涡轮系统中的喷嘴的叶片。
3. 根据权利要求1所述的叶片,其中所述可变厚度壁包括所述叶片的前缘壁、所述叶片的后缘壁、所述叶片的压力侧壁和所述叶片的吸入侧壁中的一者或多者。
4. 根据权利要求1所述的叶片,其中所述可变厚度壁的所述厚度根据所述叶片上的预期操作力而变化。
5. 根据权利要求4所述的叶片,其中所述可变厚度壁的所述厚度是所述叶片的标称壁厚的1.1倍至2.5倍。
6. 根据权利要求1所述的叶片,所述叶片还包括形成于所述叶片的加厚部分中的冷却通道,其中所述冷却通道流体联接到所述内部腔室。
7. 根据权利要求1所述的叶片,所述叶片还包括用于将所述冲击腔室流体联接到隔膜的内部腔室和所述叶片的后缘冷却回路中的至少一者的通道。
8. 根据权利要求7所述的叶片,其中所述叶片与所述隔膜一体形成。
9. 根据权利要求1所述的叶片,所述叶片还包括用于将所述内部腔室流体联接到气体涡轮系统的轮空间的至少一个通道。
10. 一种用于气体涡轮系统的喷嘴段,所述喷嘴段包括:
集成喷嘴和隔膜,所述喷嘴包括至少一个叶片,每个叶片包括:
内部腔室,所述内部腔室被构造成接收冷却流体流;
可变厚度壁,所述可变厚度壁与所述内部腔室相邻;和
可变厚度冲击板,所述可变厚度冲击板将所述可变厚度壁与所述内部腔室分隔开,所述冲击板包括用于将所述冷却流体引导至冲击腔室中并抵靠所述可变厚度壁的多个开孔,其中所述冲击板被构造成沿循所述可变厚度壁的轮廓,并且其中所述冲击板的每个区段的厚度与所述可变厚度壁的相邻区段的厚度成反比;以及
位于所述冲击板与所述可变厚度壁之间的多个支撑梁,其中所述多个支撑梁被构造成将所述冲击板连接到所述可变厚度壁,控制所述冲击板与所述可变厚度壁的分离,并且向所述可变厚度壁提供结构支撑,并且其中所述可变厚度壁的所述厚度根据所述叶片上的预期操作力而变化。
11. 根据权利要求10所述的喷嘴段,其中所述可变厚度壁包括所述叶片的前缘壁、所述叶片的后缘壁、所述叶片的压力侧壁和所述叶片的吸入侧壁中的一者或多者。
12. 根据权利要求10所述的喷嘴段,其中所述可变厚度壁的所述厚度是所述叶片的标

称壁厚的1.1倍至2.5倍。

13.根据权利要求10所述的喷嘴段,所述喷嘴段还包括形成于所述叶片的加厚部分中的冷却通道,其中所述冷却通道流体联接到所述内部腔室。

14.根据权利要求10所述的喷嘴段,所述喷嘴段还包括用于将所述冲击腔室流体联接到所述隔膜的内部腔室和所述叶片的后缘冷却回路中的至少一者的通道。

15.根据权利要求10所述的喷嘴段,所述喷嘴段还包括用于将所述叶片的所述内部腔室流体联接到所述气体涡轮系统的轮空间的至少一个通道。

具有优化的内部叶片厚度的集成喷嘴和隔膜

背景技术

[0001] 本公开整体涉及气体涡轮系统,并且更具体地涉及具有优化的内部叶片厚度的集成喷嘴和隔膜。

[0002] 气体涡轮系统是广泛用于诸如发电的领域的涡轮机的一个示例。常规气体涡轮系统通常包括压缩机区段、燃烧器区段和涡轮区段。在气体涡轮系统的操作期间,气体涡轮系统中的各种部件诸如喷嘴叶片、涡轮桨片和护罩段经受高温气流和相关联的热机械力,这可导致部件失效。

发明内容

[0003] 第一实施方案涉及一种涡轮系统的叶片。该叶片包括:内部腔室,该内部腔室被构造接收冷却流体流;可变厚度壁,该可变厚度壁与内部腔室相邻;和冲击板,该冲击板将可变厚度壁与内部腔室分隔开,该冲击板包括用于将冷却流体引导至冲击腔室中并抵靠可变厚度壁的多个开孔,其中该冲击板被构造沿循可变厚度壁的轮廓。

[0004] 另一个实施方案提供了一种用于气体涡轮系统的喷嘴段。该喷嘴段包括集成喷嘴和隔膜,该喷嘴包括至少一个叶片,每个叶片包括:内部腔室,该内部腔室被构造接收冷却流体流;可变厚度壁,该可变厚度壁与内部腔室相邻;和冲击板,该冲击板将可变厚度壁与内部腔室分隔开,该冲击板包括用于将冷却流体引导至冲击腔室中并抵靠可变厚度壁的多个开孔,其中该冲击板被构造沿循可变厚度壁的轮廓。

[0005] 另一个实施方案涉及一种用于优化气体涡轮系统的叶片的方法,该方法包括:确定叶片上的操作力;以及基于叶片上的操作力改变叶片的壁的厚度;其中壁的厚度在叶片上的较高操作力的区域中更大。

[0006] 本公开的例示性方面解决本文描述的问题和/或未讨论的其他问题。

附图说明

[0007] 从结合描绘本公开的各种实施方案的附图的对本公开的各个方面的以下详细描述,将更容易理解本公开的这些和其他特征。

[0008] 图1描绘了根据实施方案的气体涡轮系统的示意图。

[0009] 图2描绘了根据实施方案的气体涡轮系统的涡轮区段的一部分的侧视图。

[0010] 图3描绘了根据实施方案的包括具有集成隔膜的喷嘴的喷嘴段的等轴视图。

[0011] 图4描绘了根据实施方案的沿图3中的线4-4截取的喷嘴叶片的剖视图。

[0012] 图5描绘了根据实施方案的沿图4中的线5-5截取的喷嘴叶片的一部分的剖视图。

[0013] 图6描绘了根据实施方案的沿图5中的线6-6截取的喷嘴叶片的一部分的剖视图。

[0014] 图7描绘了根据实施方案的沿图4中的线7-7截取的喷嘴叶片的前缘部分的剖视图。

[0015] 图8描绘了根据实施方案的喷嘴段的剖视图。

[0016] 图9描绘了根据实施方案的用于优化喷嘴叶片中的壁厚的过程的流程图。

[0017] 图10描绘了根据本公开的实施方案的增材制造工艺的框图,该增材制造工艺包括存储代表物件的代码的非暂态计算机可读存储介质。

[0018] 应当注意,本公开的附图未必按比例绘制。附图旨在仅描绘本公开的典型方面,并且因此不应当被视为限制本公开的范围。在附图中,类似的编号表示附图之间的类似的元件。

具体实施方式

[0019] 现在将详细参考附图中例示的代表性实施方案。应当理解,以下描述并非旨在将实施方案限于一个实施方案。相反,旨在涵盖可包括在由所附权利要求限定的所述的实施方案的实质和范围内的另选方案、修改和等同物。

[0020] 首先,为了清楚地描述当前公开,当引用和描述本公开范围内的相关机器部件时,将有必要选择某些术语。在这样做时,如果可能的话,通用的行业术语将以与其接受含义一致的方式进行使用和采用。除非另有说明,否则应当对此类术语给出与本申请的上下文和所附权利要求书的范围一致的广义解释。本领域的普通技术人员将了解,通常可以使用若干不同或重叠术语来引用特定部件。在本文中可描述为单个零件的物体可以包括多个部件并且在另一个上下文中被引用为由多个部件组成。另选地,本文中可描述为包括多个部件的物体可在别处称为单个零件。

[0021] 此外,本文中可能会定期使用若干描述性术语,并且在本节开始时定义这些术语应当证明是有帮助的。除非另有说明,否则这些术语以及其定义如下。如本文所用,“下游”和“上游”是指示相对于流体流动方向的术语,诸如通过涡轮的工作流体,或者例如通过燃烧器的空气流或通过一个涡轮的部件系统的冷却剂。术语“下游”对应于流体流动方向,并且术语“上游”是指与流动相反的方向。在没有任何另外的特殊性的情况下,术语“前”和“后”是指方向,其中“前”是指引擎的前端或压缩机端,并且“后”是指引擎的后端或涡轮机端。另外,术语“前面”和“后面”可以分别使用和/或理解为在描述上类似于术语“前”和“后”。通常,需要描述处于不同径向、轴向和/或周向位置的零件。“A”轴线表示轴向取向。如本文所用,术语“轴向”和/或“轴向地”是指物件沿着轴线A的相对位置/方向,该轴线基本上平行于气体涡轮系统(特别是转子区段)的旋转轴线。如本文进一步使用的,术语“径向”和/或“径向地”是指物体沿着方向“R”的相对位置/方向(参见图1),该方向基本上垂直于轴线A并仅在一个位置处与轴线A相交。最后,术语“周向”是指围绕轴线A的移动或位置(例如,方向“C”)。

[0022] 在各种实施方案中,被描述为彼此“流体联接”或“流体连通”的部件可沿着一个或多个接口接合。在一些实施方案中,这些接口可以包括不同部件之间的接合部,并且在其他情况下,这些接口可以包括牢固和/或整体形成的互连。也就是说,在一些情况下,可以同时形成彼此“联接”的部件以限定单个连续构件。然而,在其他实施方案中,这些联接的部件可以形成为单独的构件,并且随后通过已知的工艺(例如,紧固、超声焊接、粘结)接合。

[0023] 在元件或层被称为“位于另一元件上”、“接合到另一元件”、“连接到另一元件”或“联接到另一元件”的情况下,它可直接位于另一元件上、接合到另一元件、连接到另一元件或联接到另一元件,或者可存在居间元件。相比之下,在元件被称为“直接位于另一元件上”、“直接接合到另一元件”、“直接连接到另一元件”或“直接联接到另一元件”的情况下,

可不存在居间元件或层。用于描述元件之间关系的其他词语应以类似方式解释(例如,“在……之间”与“直接在……之间”、“相邻”与“直接相邻”等)。如本文所用,术语“和/或”包括一个或多个相关联的所列项目的任何和所有组合。

[0024] 图1示出了根据各种实施方案的气体涡轮系统10的示意图。如图所示,气体涡轮系统10包括压缩机区段12,该压缩机区段用于压缩进入的空气流14并且用于将压缩空气流16递送到燃烧器区段18。燃烧器区段18将压缩空气流16与加压的燃料供应20混合并点燃混合物以形成燃烧气体流22。虽然仅示出了单个燃烧器区段18,但气体涡轮系统10可包括任何数量的燃烧器区段18。燃烧气体流22继而被递送到涡轮区段24。燃烧气体流22驱动涡轮区段24以产生机械功。涡轮区段24中产生的机械功可经由轴26驱动压缩机区段12并且可用于驱动外部负载28(诸如发电机等)。

[0025] 图2是可结合本文所公开的各种实施方案的气体涡轮系统10的涡轮区段24的一部分的剖视侧视图。如图2所示,涡轮区段24可包括多个涡轮级。例如,涡轮区段24可包括第一涡轮级30A、第二涡轮级30B和第三涡轮级30C。然而,涡轮区段24可根据需要或期望包括更多或更少涡轮级。

[0026] 每个涡轮级30A-30C可按顺序包括沿轴26(图1)轴向间隔开的对应涡轮喷嘴行(下文称为“喷嘴”)32A、32B和32C以及对应涡轮桨片行(下文称为“桨片”)34A、34B和34C。在气体涡轮系统10的操作期间,喷嘴32A-32C中的每一者相对于桨片34A-34C保持静止。喷嘴行32B、32C中的每一者分别联接到对应隔膜42B、42C或与其一体形成。涡轮护罩44A、涡轮护罩44B和涡轮护罩44C周向地包封对应桨片行34A-34C。壳体或外壳36周向地环绕喷嘴32A-32C和桨片34A-34C的每一级30A-30C。

[0027] 喷嘴32A-32C和桨片34A-34C从燃烧气体22中提取动能和/或热能。此能量提取驱动轴26。燃烧气体22随后离开涡轮区段24和气体涡轮系统10。如下文将更详细地论述,压缩空气16的一部分可用作冷却流体,用于冷却涡轮区段24的各种部件,尤其包括喷嘴32A-32C和桨片34A-34C。

[0028] 图3是根据实施方案的包括集成喷嘴32和隔膜42的喷嘴段46的等轴视图。喷嘴32和隔膜42可使用例如增材制造工艺形成为单个单元。如图3所示,喷嘴32可包括内侧壁48(其也形成隔膜42的上壁)和与内侧壁48径向间隔开的外侧壁50。喷嘴32可包括从内侧壁48延伸跨越至外侧壁50的一对叶片52。此喷嘴构型在行业中通常被称为双联体。然而,喷嘴32可具有仅一个叶片52(即,单联体)或三个(即,三联体)或更多个叶片52。

[0029] 如图3所示,喷嘴32的内侧壁48和外侧壁50包括各种表面。更具体地,内侧壁48包括径向外表面54和从径向外表面54径向向内定位的径向内表面56。类似地,外侧壁50包括径向内表面58和从径向内表面58径向向外取向的径向外表面60。外侧壁50的径向内表面58和内侧壁48的径向外表面54分别限定供燃烧气体22流过涡轮区段24的内部径向流动边界和外部径向流动边界(图1)。

[0030] 如上所述,两个叶片52A、52B(在本文中通常称为叶片52)从喷嘴32的内侧壁48延伸至外侧壁50。如图3所示,每个叶片52的主体包括前缘62、后缘64、压力侧壁66以及从前缘62延伸至后缘64的相对的吸入侧壁68。

[0031] 冷却流体(诸如从涡轮系统10(图1)的压缩机区段12排出的加压冷却空气70)可被引导至在每个叶片52内形成的一个或多个内部腔室72中。冷却空气70可用于冷却(例如,通

过冲击冷却、对流冷却、膜冷却等)叶片52的各个内部部分和外部部分。

[0032] 喷嘴32的叶片52的各个部分(包括前缘62和本领域已知为高c区域的部分)可能在涡轮系统10(图1)的操作期间经受高温和高机械力,这可导致喷嘴32的工作寿命缩短。根据实施方案,喷嘴32的工作寿命可例如通过优先改变叶片52的各个部分的厚度(例如,在经受较高力的区域中较厚,在经受较低力的区域中较薄)以及通过在叶片52内提供沿循轮廓的冲击板76(图4)来增加。

[0033] 图4描绘了沿图3中的线4-4截取的喷嘴32的叶片52A、52B的剖视图。如图所示,每个叶片52A、52B包括被构造成接收冷却空气70流的至少一个内部腔室72。冷却空气70被示出为径向向下流动(即,进入页面)到腔室72中,但可使用其他流动方向。叶片52A、52B的内部腔室72可具有如图所示的不同构型(例如,叶片52A、52B的壁厚可以不同)或可具有类似的构型。在图4所示的非限制性示例中,冷却空气70流朝向隔膜42(图3)径向向下被引导至内部腔室72中。

[0034] 冲击板76可如图所示围绕内部腔室72连续延伸,或者可包括多个单独的冲击板区段。通常,冲击板76引导冷却空气70从每个叶片52的内部腔室72穿过通过冲击板76形成的多个开孔78(图5),进入冲击腔室80中。在进入腔室80之后,冷却空气70冲击叶片52的各个内壁(例如,叶片52的压力侧壁66和吸入侧壁68),从而提供冲击冷却。冷却空气70可从腔室80被引导至叶片52的其他内部部分/外部部分,以向叶片52提供附加冷却。

[0035] 叶片52的一个或多个部分(例如,压力侧壁66、吸入侧壁68、前缘壁82、后缘壁84等)的厚度可优先根据预期(或估计)操作力而变化。叶片52上的操作力可例如经由计算机建模、物理测试或其他合适的分析技术来确定。这可包括例如使用工程模拟工具对操作力进行建模和分析,修改一个或多个厚度以及重新运行分析。在图5中,例如,叶片52的压力侧壁66已形成为具有基本上均匀的厚度,因为预期操作力沿压力侧壁66的长度相对均匀。然而,吸入侧壁68的径向向外部分86(例如,在高c区域中)形成为具有大于吸入侧壁68的径向向内部分88的厚度的厚度,因为预期操作力在吸入侧壁68的径向向外部分86处较大。通常,叶片52的一个或多个部分的厚度与预期操作力成比例。例如,根据实施方案,高c区域中的吸入侧壁68的厚度(例如,参见图5)可以是叶片52的标称壁厚(例如,压力侧壁66的厚度)的约1.1倍至约1.5倍。一般来讲,取决于预期的操作力,叶片52的壁的各部分的壁厚可在叶片52的标称壁厚的1.1倍至2.5倍的范围内。

[0036] 根据实施方案,冲击板76被构造成沿循叶片52的内壁的轮廓。例如,如图5和图6所示,冲击板76被构造成沿循叶片52的压力侧壁66和吸入侧壁68的内侧壁90、92的轮廓。有利地,通过沿循叶片52的内壁的轮廓,可更准确地控制冲击板76与叶片52的内壁之间的距离D(以及经由冲击板76提供的冲击冷却)(例如,与冲击板插入件相比)。距离D可在整个叶片52上基本上恒定,或者可以是可变的(例如,以选择性地调整所得冲击冷却)。

[0037] 可提供一组支撑梁94以将冲击板76连接到压力侧壁66和吸入侧壁68的内侧壁90、92以及将冲击板与内侧壁分开。支撑梁94提供若干功能。例如,支撑梁94连接冲击板为压力侧壁66和吸入侧壁68提供结构支撑/刚度,从而使得将叶片52的压力侧壁66和吸入侧壁68制成更薄。此外,支撑梁94保持并控制冲击板76与压力侧壁66和吸入侧壁68的内侧壁90、92之间的距离D。采用较薄的壁时,冷却空气70可更有效地冷却叶片52的热侧。例如,不是使叶片52为0.2"厚,而是可将其制成0.1"厚,因此冲击板76可被制成0.1"厚。所得结构具有类似

的刚度,但具有更好的冷却效率。因此,冷却结构所需的冷却空气70的量减少并且可延长结构的寿命。这也提供了将特定位置微调成比平均值更薄或更厚的能力,从而解决了应力和氧化问题。

[0038] 根据实施方案,冲击板76可在整个叶片52上具有均匀厚度 T_{IP} (图6)。另选地,冲击板76的厚度 T_{IP} 可在叶片52内变化。例如,冲击板76的厚度 T_{IP} 可与相邻内壁区段的厚度 T_w 成反比(图6)。因此,冲击板76可在与较薄内壁区段相邻处更厚(例如,以提供附加结构支撑)并且在与较厚内壁区段相邻处更薄。

[0039] 图7描绘了沿图4中的线7-7截取的喷嘴52的前缘62的剖视图。在操作期间,叶片52的前缘壁82的径向向外区段96可能经历比前缘壁82的径向向内区段98更高的力。在这种程度上,根据实施方案,前缘壁82的厚度可优先变化,使得较高力区域(例如,径向向外区段96)比较低力区域(径向向内区段98)更厚。

[0040] 除了经由冲击板76提供给叶片52的前缘壁82的内侧壁112的任何冲击冷却之外,前缘壁82的加厚区段96处还可能需要进行进一步冷却。例如,通过形成穿过前缘壁82的加厚区段96的从内部腔室72延伸至腔室80的通道100,可提供此类冷却。

[0041] 通道100流体联接到腔室80,从而进一步流体联接到穿过喷嘴32的壁48的内侧形成的通道102。在从腔室72穿过通道100并吸收来自前缘壁82的加厚区段96的热量之后,冷却空气70离开腔室80并穿过通道102进入隔膜42的内部腔室104中。穿过通道102进入腔室104的冷却空气70可对腔室104加压(例如,以防止热气体进入腔室104)和/或可向喷嘴32的内侧壁48提供冷却。可提供另一个通道106以将腔室72流体联接到涡轮区段24的轮空间108(图1)。通道106可例如穿过喷嘴32的内侧壁48和隔膜42的侧壁110从腔室72延伸至轮空间108。流过通道106的冷却空气70可向喷嘴32的内侧壁48和隔膜42的侧壁110提供冷却,和/或可用于对轮空间108加压以防止热气体进入轮空间108。

[0042] 图8描绘了根据实施方案的从叶片52的前缘62到后缘64截取的喷嘴段46的剖视图。在这种程度上,图8包括先前关于图7描述的叶片52的前缘62处的特征。

[0043] 如图8所示,冲击板76沿循叶片52的后缘64的后缘壁84的内侧壁114的轮廓。冷却空气70穿过形成于冲击板76中的多个开孔78并进入腔室80中,其中冷却空气70冲击后缘壁84的内侧壁114,从而提供冲击冷却。

[0044] 腔室80可流体联接到后缘冷却回路116和穿过喷嘴32的内侧壁48形成的通道118中的至少一者。在冲击后缘壁84的内侧壁114之后,冷却空气70可离开腔室80并穿过通道118进入隔膜42的内部腔室104中和/或可离开腔室80至后缘冷却回路116。穿过通道118进入腔室104的冷却空气70与穿过通道102进入腔室104的冷却空气70组合,以对腔室104加压(例如,以防止热气体进入腔室104)和/或向喷嘴32的内侧壁48提供冷却。

[0045] 可提供附加通道120以将腔室72流体联接到涡轮区段24的轮空间108(图1)。通道120可例如穿过喷嘴32的内侧壁48和隔膜42的侧壁122从腔室72延伸至轮空间108。流过通道120的冷却空气70可向喷嘴32的内侧壁48和隔膜42的侧壁122提供冷却,和/或用于对轮空间108加压以防止热气体进入轮空间108。

[0046] 在冲击板76与前缘壁82和后缘壁84的内侧壁112、114之间形成的支撑梁94为前缘壁82和后缘壁84提供结构支撑/刚度,这使得将叶片52的前缘壁82和后缘壁84制成更薄。此外,支撑梁94保持并控制冲击板76与前缘壁82和后缘壁84的内侧壁112、114之间的分离。

[0047] 尽管上文参照涡轮喷嘴段46进行描述,但本文所述的实施方案中的一些/全部也可应用于气体涡轮系统10的其他部件。例如,本文所述的实施方案中的一些/全部可应用于涡轮桨片34、护罩44或涡轮系统10的其他部件。

[0048] 本公开的喷嘴段46的各种部件和特征可使用增材制造工艺形成。有利地,增材制造使得能够设计和生产更可定制的特征(例如,具有优化壁厚、沿循轮廓的冲击板76的叶片52等)以及更复杂的特征(例如,支撑梁94),以提供更好的空气动力学和高温效率。另外,通过使用增材制造,可定制/优化喷嘴段46的叶片52和隔膜42内的各种通道(例如,通道100、102、106、118、120)的尺寸(例如,直径、长度),以减少流量损失并增大冷却效率。另外,诸如沿循轮廓的冲击板76和支撑梁94的特征可与叶片52的壁一体形成。

[0049] 如上所述,例如,通过优先改变叶片52的各个部分(例如,壁、冲击板等)的厚度,可延长喷嘴32的工作寿命。图9提供了用于优化叶片52中的壁厚的过程的流程图。

[0050] 在过程A1处,执行分析以确定叶片52的各个部分(例如,压力侧壁66、吸入侧壁68、前缘壁82、后缘壁84等)上的预期操作力。可例如对叶片52的设计、叶片52的物理模型或叶片52本身执行分析。在过程A2处,通过基于预期操作力优先改变叶片52的一个或多个壁的厚度来修改叶片52的设计。可根据需要对叶片52的更新设计重复过程A1和A2(在过程A3处为“是”),以进一步优化叶片52的壁厚。

[0051] 如本文所用,增材制造可包括通过对材料进行连续分层而不是移除材料(在常规工艺的情况下是移除材料)来生产物件的任何工艺。增材制造可形成复杂的几何形状,而无需使用任何种类的工具、模具或夹具,并且很少浪费或不浪费材料。并非由实心塑料或金属坯体(其中许多被切削掉并被抛弃)对部件进行机加工,增材制造中使用的仅有材料是使零件成形所需的材料。增材制造工艺可包括但不限于:3D打印、快速成型(RP)、直接数字制造(DDM)、粘结剂喷射、选择性激光熔融(SLM)和直接金属激光熔融(DMLM)。在当前设置中,已发现DMLM或SLM是有利的。

[0052] 为了示出增材制造工艺的示例,图10示出了用于生成物件902的例示性计算机化增材制造系统900的示意图/框图。在该示例中,系统900被布置用于DMLM。应当理解,本公开的一般教导内容同样适用于其他形式的增材制造。物件902被示出为喷嘴段46(图3至图7)。AM系统900通常包括计算机化增材制造(AM)控制系统904和AM打印机906。如将描述的,AM系统900执行代码920,该代码包括限定物件902的一组计算机可执行指令,以使用AM打印机906物理地生成物件902。每个AM工艺可使用呈例如细粒粉末、液体(例如聚合物)、片等形式不同原材料,该原材料的原液可保持在AM打印机906的室910中。在这种情况下,喷嘴段46可由能够承受气体涡轮系统10(参见图1)的环境的金属或金属化合物制成。如图所示,涂敷器912可形成原材料914的薄层,其作为AM打印机906的构造板915上的空白画布铺展开,将根据该空白画布形成最终物件的每个连续切片。在其他情况下,涂敷器912可将下一层直接施加或打印到如代码920所定义的前一层上,例如在使用金属粘结剂喷射工艺的情况下。在所示的示例中,激光或电子束916如代码920定义的那样为每个切片熔融颗粒,但在采用快凝液态塑料/聚合物的情况下这可能不是必需的。AM打印机906的各种零件可移动以适应每个新层的添加,例如,每个层之后,构建平台918可降低,并且/或者室910和/或涂敷器912可升高。

[0053] AM控制系统904被示出为在计算机930上实现为计算机程序代码。在这种程度上,

计算机930被示出为包括存储器932、处理器934、输入/输出(I/O)接口936以及总线938。此外,计算机930被示出与外部I/O设备/资源940和存储系统942通信。通常,处理器934在来自代表本文所述的物件902的代码920的指令下执行存储在存储器932和/或存储系统942中的计算机程序代码,诸如AM控制系统904。当执行计算机程序代码时,处理器934可向/从存储器932、存储系统942、I/O设备940和/或AM打印机906读取和/或写入数据。总线938提供计算机930中的每个部件之间的通信链路,并且I/O设备940可包括使用户能够与计算机940交互的任何设备(例如,键盘、指向设备、显示器等)。计算机930仅表示硬件和软件的各种可能组合。例如,处理器934可包括单个处理单元或者跨越一个或多个位置(例如,客户端和服务端)的一个或多个处理单元分布。类似地,存储器932和/或存储系统942可驻留在一个或多个物理位置处。存储器932和/或存储系统942可包括各种类型的非暂态计算机可读存储介质的任何组合,包括磁介质、光介质、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)等。计算机930可包括任何类型的计算设备,诸如网络服务器、台式计算机、膝上型计算机、手持设备、移动电话、寻呼机、个人数字助理等。

[0054] 增材制造工艺以存储代表物件902的代码920的非暂态计算机可读存储介质(例如,存储器932、存储系统942等)开始。例如,代码920可包括物件902的精确定义的3D模型,并且可由各种各样的熟知计算机辅助设计(CAD)软件系统(诸如AutoCAD[®]、TurboCAD[®]、DesignCAD 3D Max等)中的任何一种生成。就这一点而言,代码920可采用任何现在已知或未来开发的文件格式。例如,代码920可为3D系统的立体平版印刷CAD程序创建的标准曲面细分语言(STL),或作为美国机械工程师协会(ASME)标准的增材制造文件(AMF),后者是被设计为允许任何CAD软件描述将在任何AM打印机上制造的任何三维物件的形状和组成的基于可扩展标记语言(XML)的格式。代码920可根据需要在不同格式之间转化、转换成一组数据信号,并且作为一组数据信号传输、接收并转换为代码、被存储等。代码920可以是对系统900的输入,并且可来自零件设计师、知识产权(IP)提供商、设计公司、系统900的操作者或所有者或来自其他来源。在任何情况下,AM控制系统904执行代码920,将物件902分成在连续的液体、粉末、片材或其他材料层中使用AM打印机906组装的一系列薄片。在DMLM示例中,将每一层都熔融成由代码920定义的精确几何形状并融合到前一层。随后,物件902可暴露于任何各种修整工艺,例如本文所述的用于再成形或其他微小的机加工、密封、抛光等的那些工艺。

[0055] 本文使用的术语仅用于描述特定实施方案的目的并且不旨在限制本公开。如本文所用,单数形式“一个”、“一种”和“该”旨在也包括复数形式,除非上下文另有明确地说明。将进一步理解,当在说明书中使用术语“包括(comprises)”和/或“包括(comprising)”指定存在陈述特征、整数、步骤、操作、元件和/或部件,但是不排除存在或添加一个或多个其他特征、整数、步骤、操作、元件、部件和/或它们的组。

[0056] 本书面描述使用示例来公开本发明,包括最佳模式,并且还使得本领域的任何技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何设备或系统以及执行任何结合的方法。本发明的可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。如果此类其他示例具有与权利要求书的字面语言没有不同的结构元件,或者如果它们包括与权利要求书的字面语言无实质差别的等效结构元件,则此类其他示例预期在权利要求书的范围内。

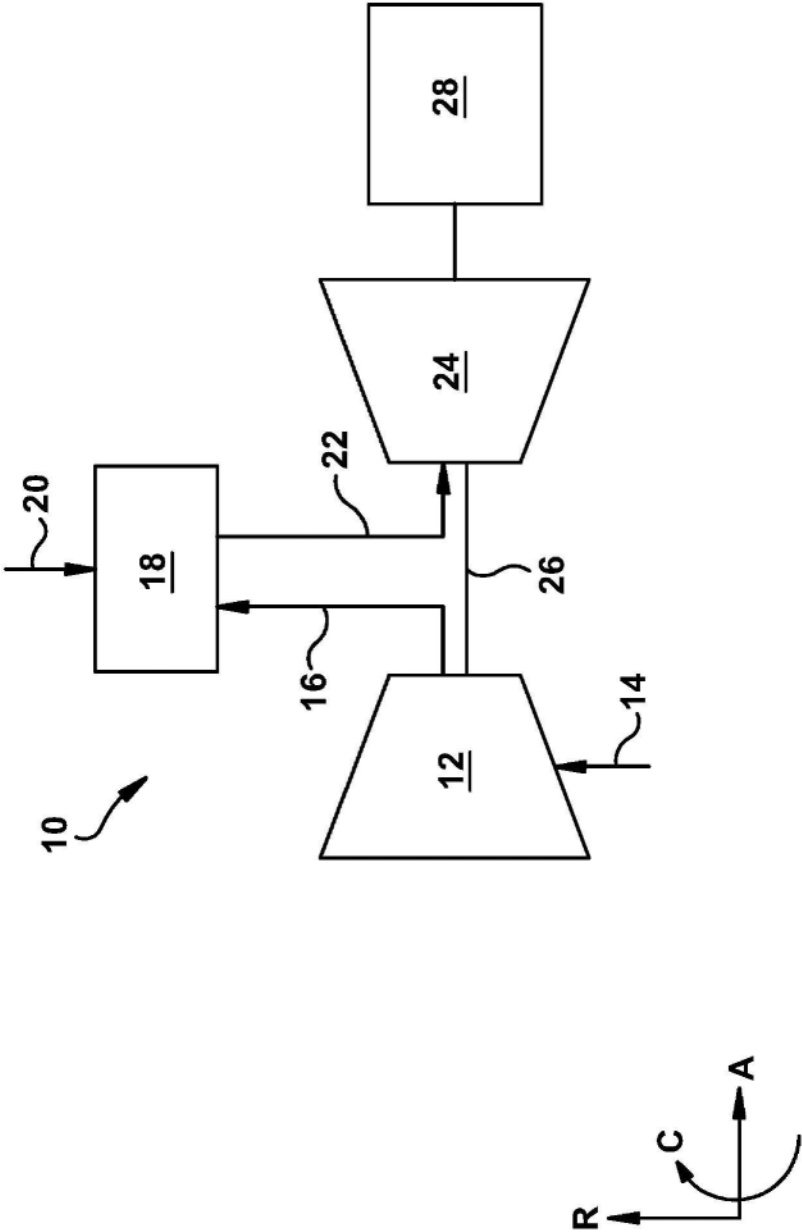


图1

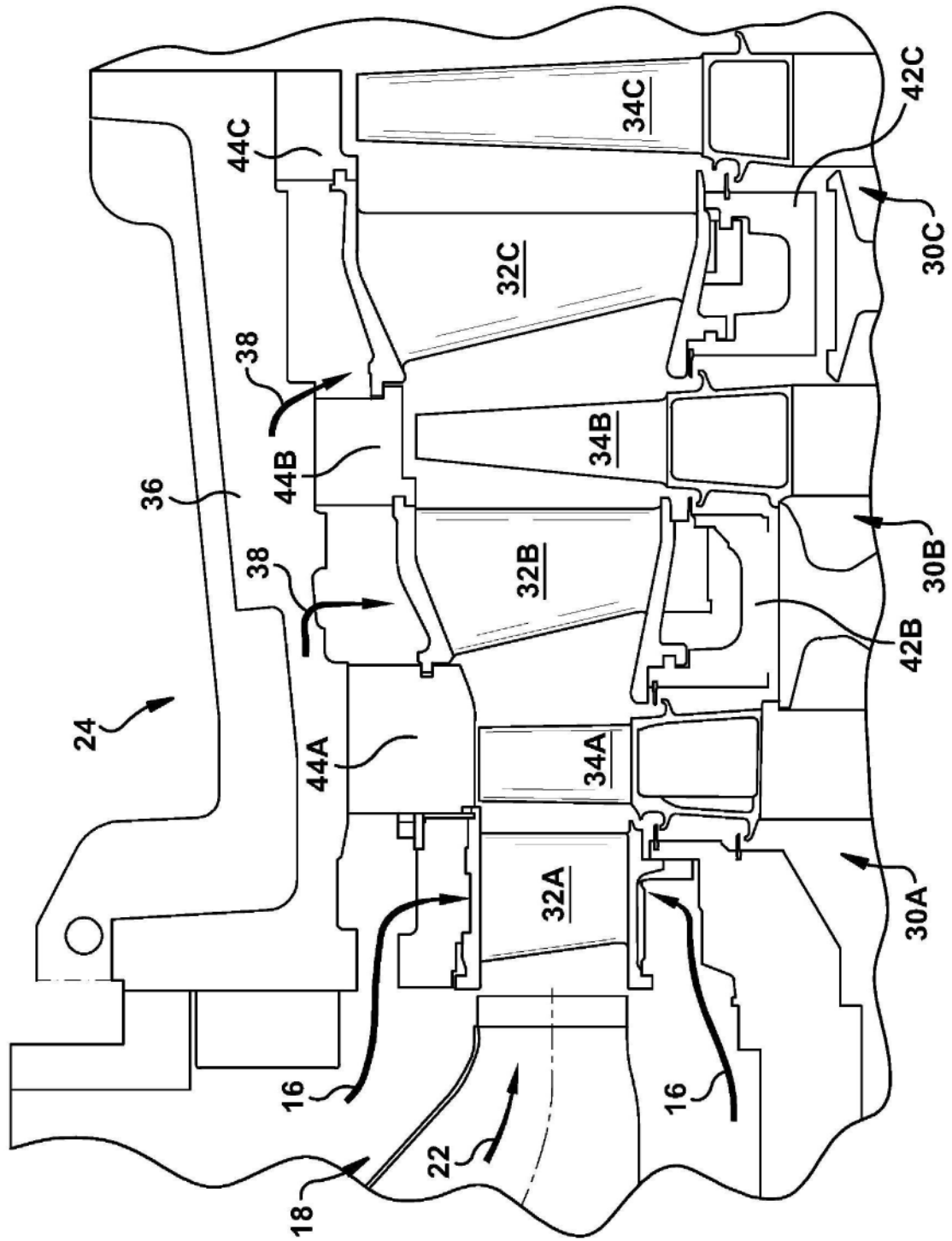


图2

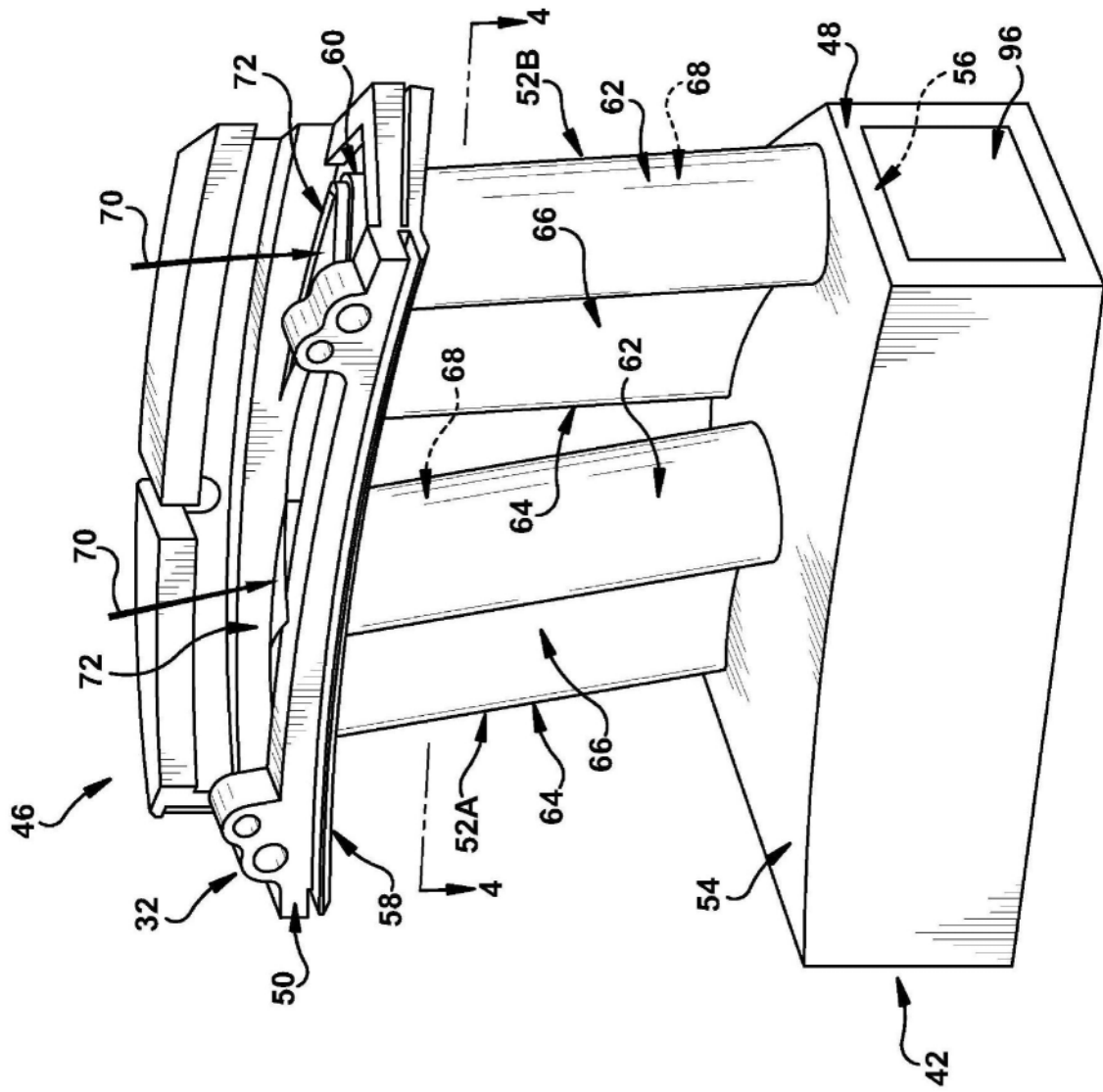


图3

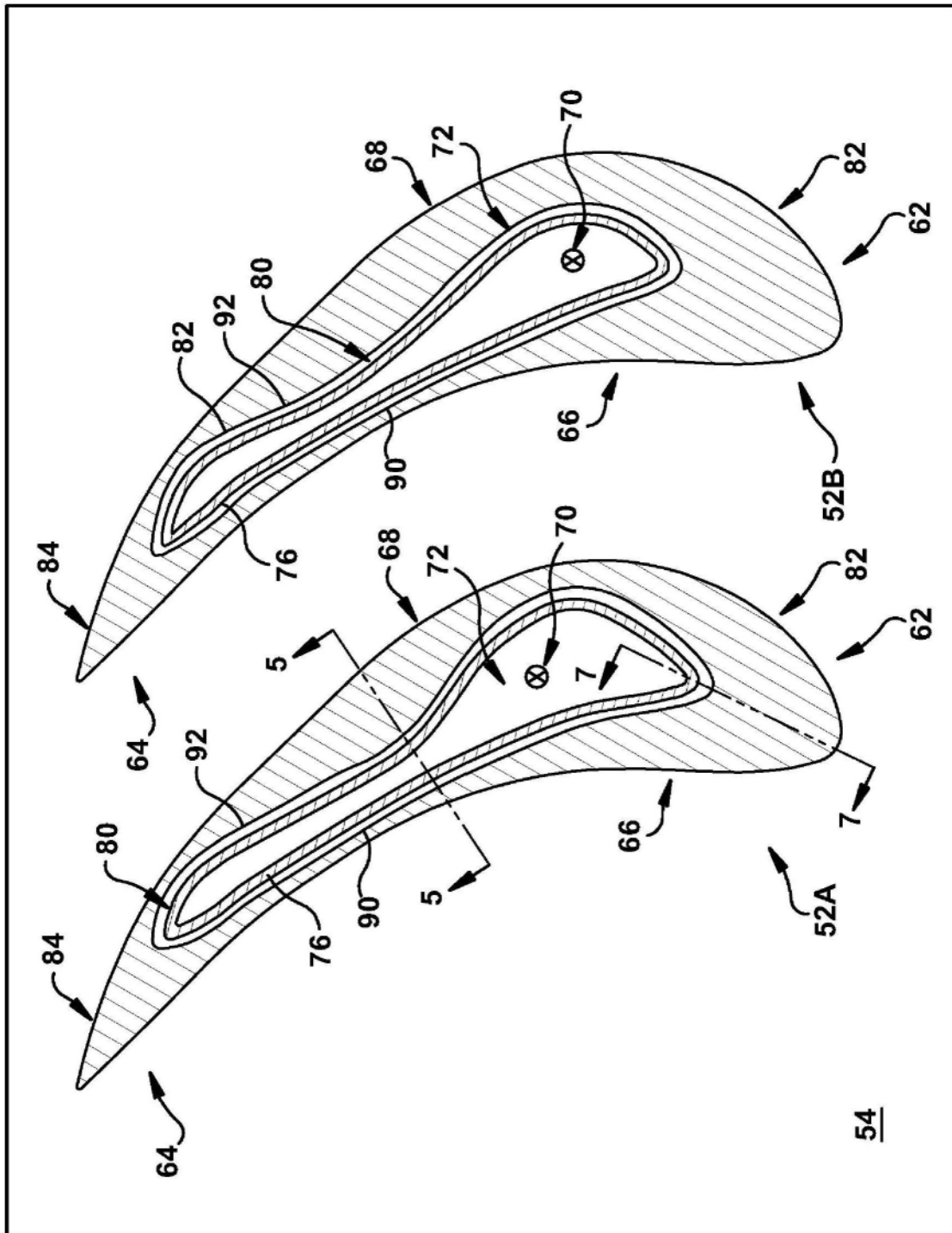


图4

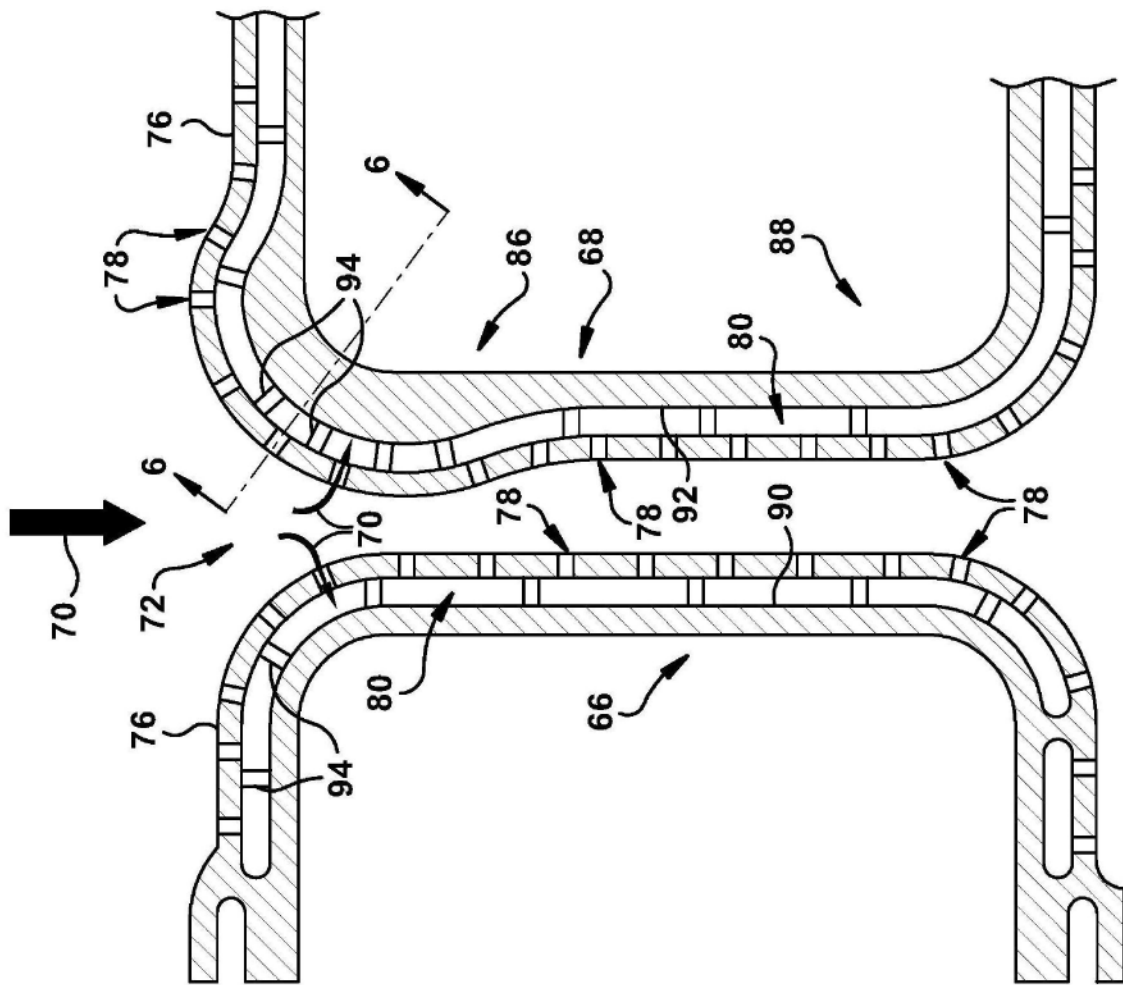


图5

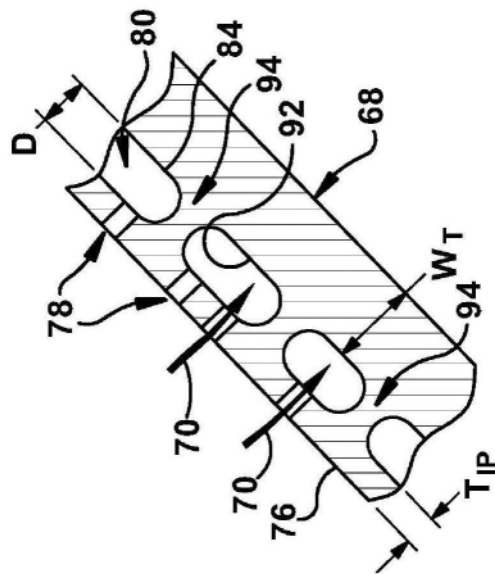


图6

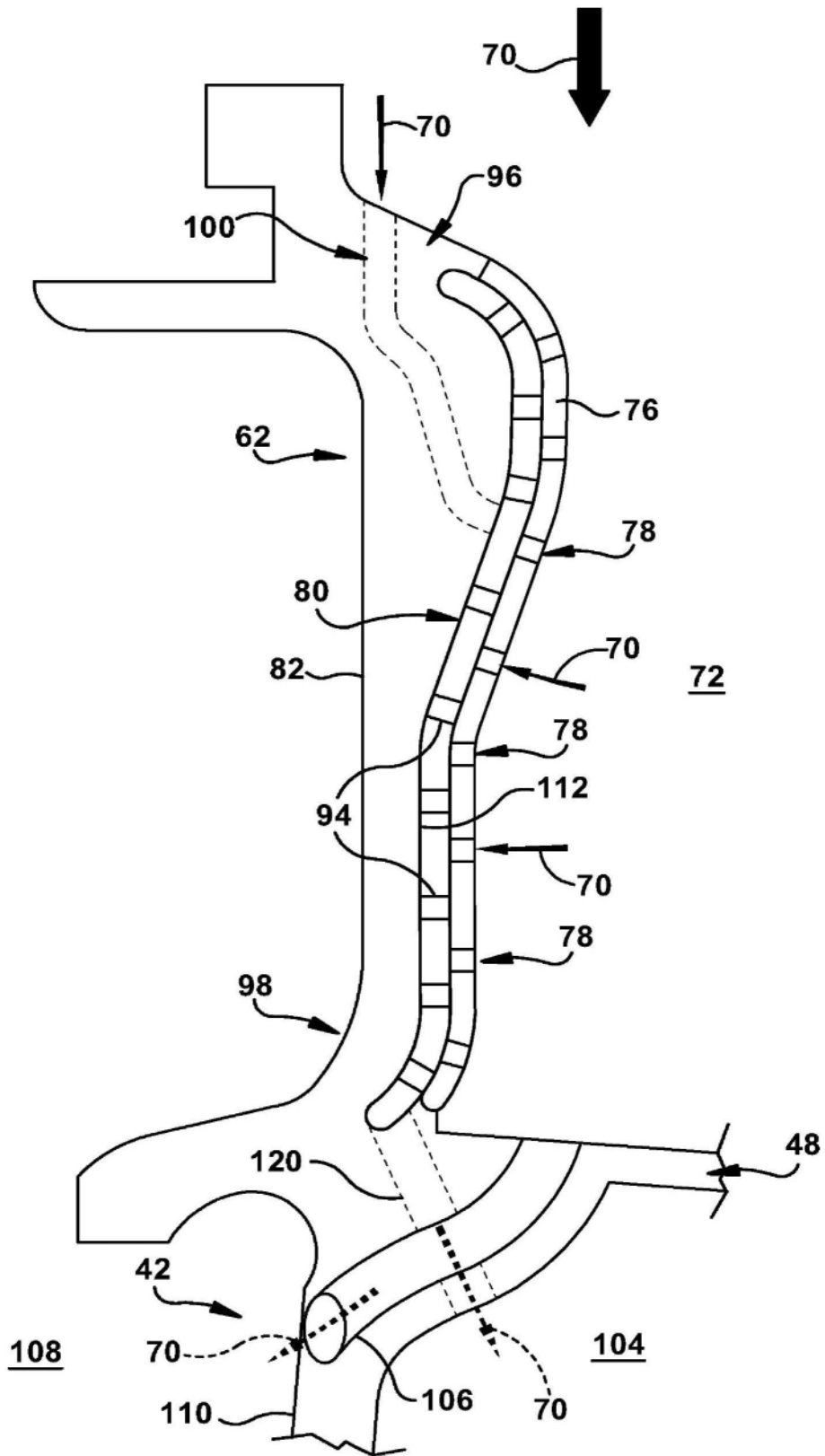


图7

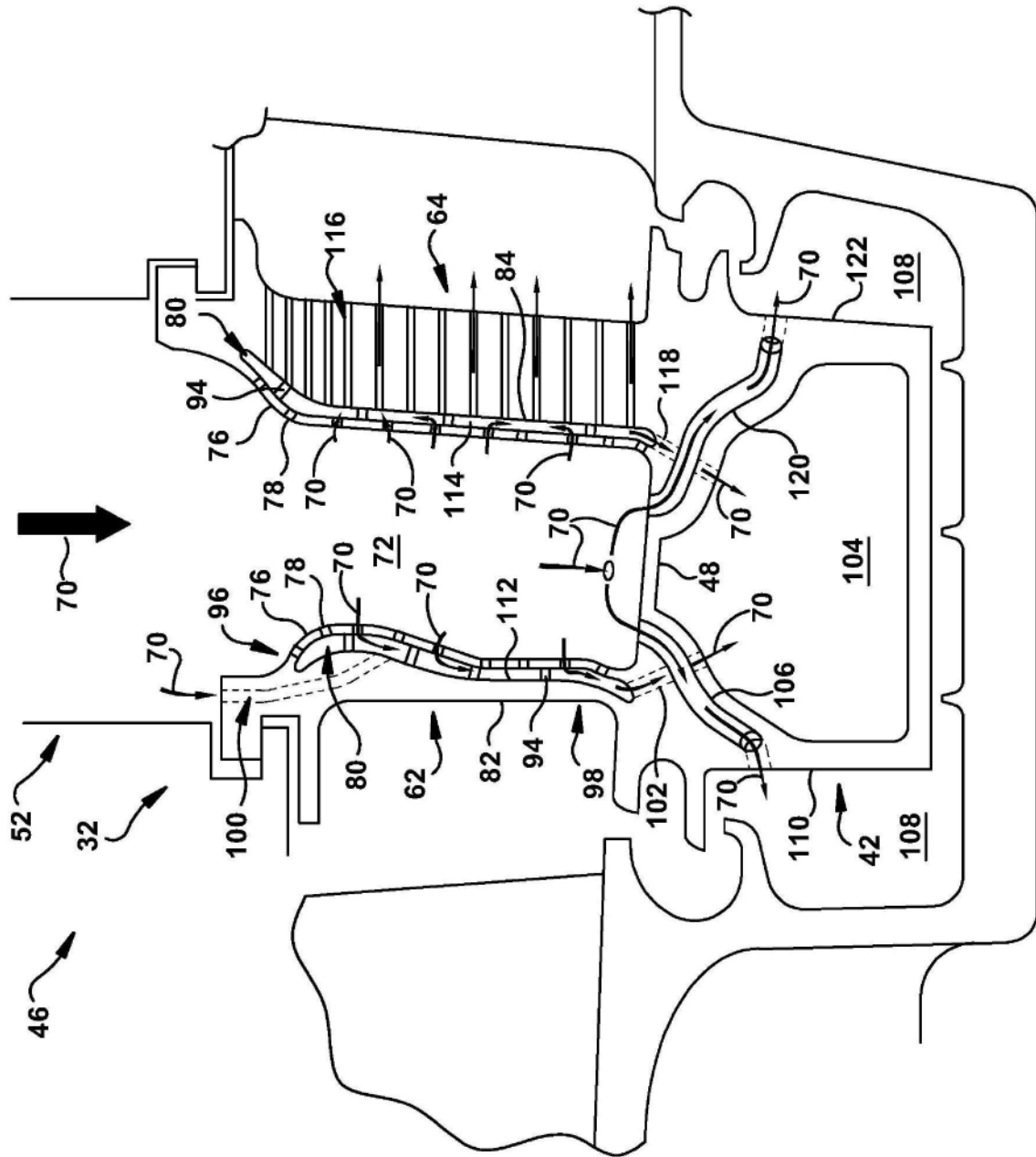


图8

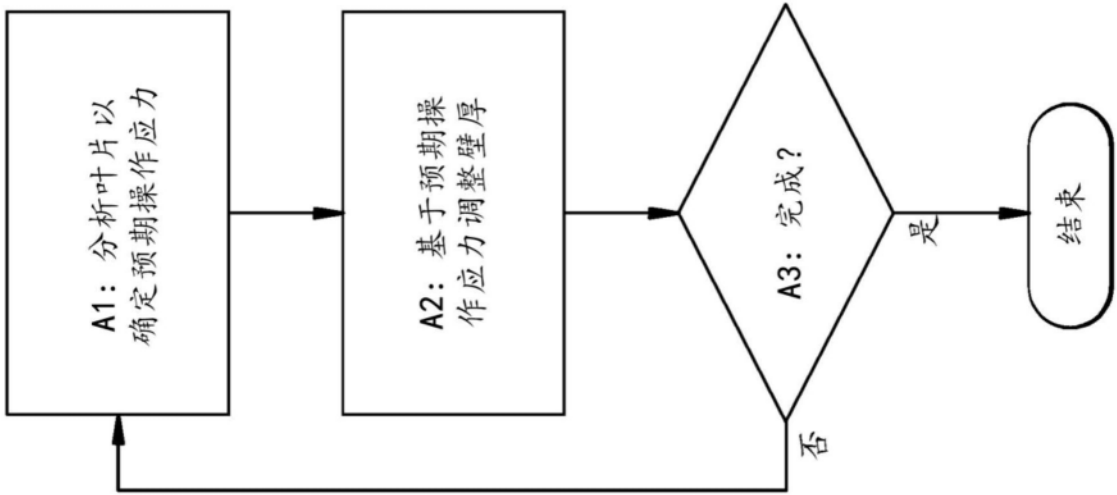


图9

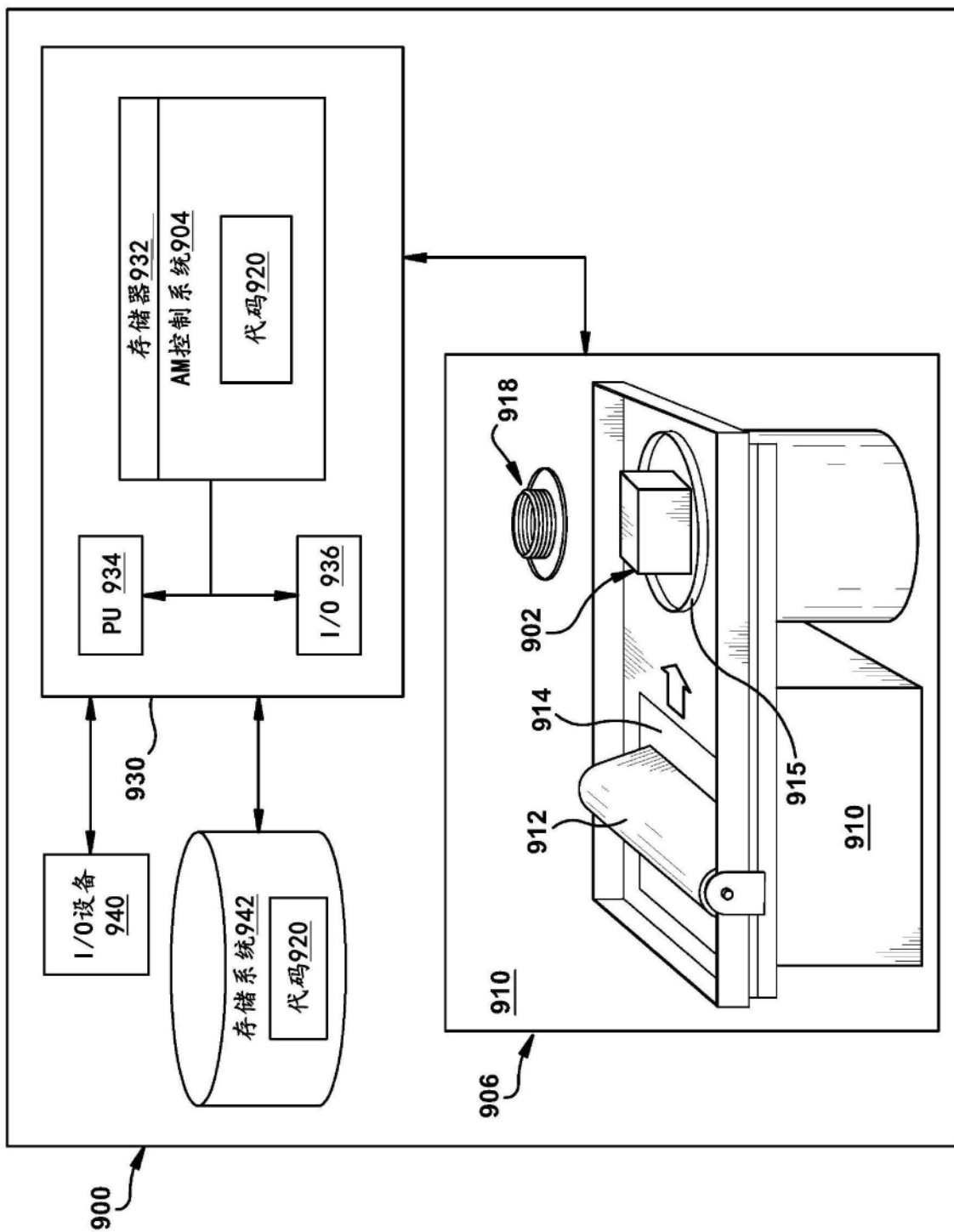


图10