



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115467746 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 13

(21) 申请号 202210560608.4

F01D 5/14 (2006.01)

(22) 申请日 2022.05.23

F01D 25/12 (2006.01)

(30) 优先权数据

F01D 25/24 (2006.01)

17/343,864 2021.06.10 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 威廉·斯科特·泽米蒂斯

J·T·巴尔库姆三世

(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 李强 杨忠

(51) Int. Cl.

F02C 6/00 (2006.01)

F02C 7/18 (2006.01)

F02C 7/00 (2006.01)

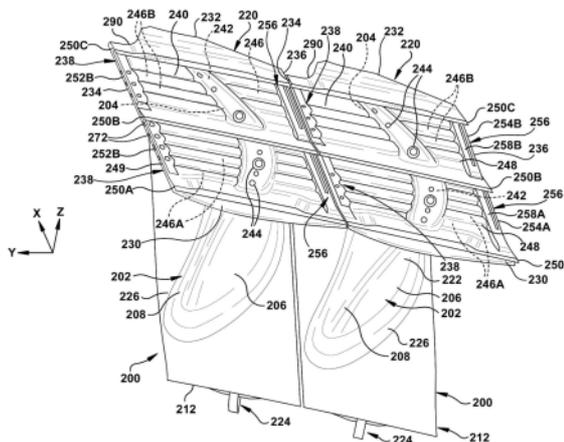
权利要求书2页 说明书11页 附图14页

(54) 发明名称

具有用于冷却通道的出口表面的尖端护罩

(57) 摘要

一种用于GT系统(100)涡轮桨片(114)的尖端护罩(220)可包括主体(240),该主体联接到该涡轮桨片(114)的翼型件(202)的径向外端(222)。该尖端护罩(220)可包括至少一个周向延伸的尖端轨道(250)。该尖端护罩(220)的第一边缘壁(252)沿该主体(240)的面朝周向的前缘(234)和面朝周向的后缘(236)中的至少一者从该主体(240)轴向和径向向外延伸,并且包括面朝周向的表面(253)。冷却通道(246)限定于该主体(240)中并在其中周向延伸以冷却该第一边缘壁(252)附近的区域。该尖端护罩(220)包括出口表面(270),该出口表面与该第一边缘壁(252)相邻,其中该出口表面(270)包括出口开口(272),冷却通道(246)中的至少一个冷却通道穿过该出口开口离开该主体(240)。出口表面(270)相对于该第一边缘壁(252)的该面朝周向的表面(253)成15°至80°范围内的角度。



1. 一种用于涡轮桨片(114)的尖端护罩(220),所述尖端护罩包括:

主体(240),所述主体联接到所述涡轮桨片(114)的翼型件(202)的径向外端(222),所述翼型件(202)包括压力侧(204)和吸力侧(206),并且所述主体(240)包括面朝周向的前缘(234)和面朝周向的后缘(236);

至少尖端轨道(250),所述至少尖端轨道从所述主体(240)径向向外延伸并且大体上沿所述主体(240)的周向长度延伸;

多个第一冷却通道(246A),所述多个第一冷却通道限定于所述主体(240)中并在其中周向延伸;和

至少一个第一边缘壁布置结构(238),所述至少一个第一边缘壁布置结构沿所述主体(240)的所述面朝周向的前缘(234)和所述面朝周向的后缘(232)中的至少一者,每个第一边缘壁布置结构(238)包括:

第一边缘壁(252),所述第一边缘壁沿所述主体(240)的所述面朝周向的前缘(234)和所述面朝周向的后缘(236)中的至少一者从所述主体(240)轴向和径向向外延伸,所述第一边缘壁(252)包括面朝周向的第一表面(253),和

出口表面(270),所述出口表面与所述第一边缘壁(252)相邻,所述出口表面(270)具有限定于其中的出口开口(272),所述多个第一冷却通道(246A)中的至少一个冷却通道穿过所述出口开口离开所述主体(240),

其中所述出口表面(270)相对于所述第一边缘壁(252)的所述面朝周向的第一表面(253)成 15° 至 80° 范围内的角度。

2. 根据权利要求1所述的尖端护罩(220),其中所述第一边缘壁(252)和所述出口表面(270)在所述主体(240)中的一对轴向相对的径向延伸的壁(276)之间轴向延伸。

3. 根据权利要求1所述的尖端护罩(220),其中所述第一边缘壁(252)包括穿过其的至少一个开口(278)。

4. 根据权利要求3所述的尖端护罩(220),其中用于所述多个第一冷却通道(246A)中的所述至少一个冷却通道的所述出口开口(272)与所述第一边缘壁(252)中的所述至少一个开口(278)线性对准。

5. 根据权利要求1所述的尖端护罩(220),所述尖端护罩还包括弯曲开口(290),所述弯曲开口限定于所述主体(240)的与所述翼型件(202)的后缘(210)相邻的后缘(210),其中所述弯曲开口(290)不由相邻尖端护罩(220)的所述主体(240)填充。

6. 根据权利要求5所述的尖端护罩(220),其中所述弯曲开口(290)具有相对于径向方向成 15° 和 45° 范围内的角度的平面。

7. 根据权利要求1所述的尖端护罩(220),所述尖端护罩还包括:

至少一个第二边缘壁布置结构(256),所述至少一个第二边缘壁布置结构沿所述主体(240)的所述面朝周向的前缘(234)和所述面朝周向的后缘(236)中的至少一者,每个第二边缘壁布置结构(256)包括:

第二边缘壁(254),所述第二边缘壁沿所述主体(240)的所述面朝周向的前缘(234)和所述面朝周向的后缘(236)中的至少一者从所述主体(240)轴向和径向向外延伸;和

内壁(258),所述内壁从所述主体(240)轴向和径向向外延伸,所述内壁(258)与所述第二边缘壁(254)平行且周向地间隔开以在两者间形成径向延伸的凹坑(260),所述内壁

(258) 具有限定于其中的出口开口 (262), 所述出口开口用于限定于所述主体 (240) 中并在其中周向延伸的多个第二冷却通道 (246, 246B) 中的至少一个冷却通道, 每个出口开口 (262) 周向地面向所述径向延伸的凹坑 (260)。

8. 根据权利要求7所述的尖端护罩 (220), 其中所述第二边缘壁 (254) 包括穿过其的至少一个开口 (278)。

9. 根据权利要求8所述的尖端护罩 (220), 其中用于所述多个第二冷却通道 (246, 246B) 中的所述至少一个冷却通道的所述出口开口 (272) 与穿过所述第二边缘壁 (254) 的所述至少一个开口 (278) 中的一个开口线性对准。

10. 根据权利要求1所述的尖端护罩 (220), 其中所述至少一个尖端轨道 (250) 包括多个尖端轨道 (250), 并且其中所述至少一个第一边缘壁布置结构 (238) 轴向定位于一对所述多个尖端轨道 (250) 之间。

具有用于冷却通道的出口表面的尖端护罩

技术领域

[0001] 本公开整体涉及涡轮机,更具体地,涉及一种用于涡轮桨片的尖端护罩,该尖端护罩具有用于冷却通道的出口表面,从而允许去除用于质量平衡的材料。

背景技术

[0002] 涡轮机诸如气体涡轮系统用于为发电机生成动力。整体来讲,气体涡轮系统通过使流体(例如,热气体)穿过气体涡轮系统的涡轮部件来生成动力。更具体地,入口空气可以被吸入压缩机中并可以被压缩。一旦被压缩,入口空气就与燃料混合,该燃料可以由气体涡轮系统的燃烧器点燃以形成气体涡轮系统的操作流体(例如,热气体)。然后,流体可以流过流体流动路径以用于使涡轮部件的多个旋转桨片和转子或轴旋转以用于生成动力。可以经由多个旋转桨片以及定位于旋转桨片之间的多个固定喷嘴或叶片来将流体引导通过涡轮部件。当多个旋转桨片使气体涡轮系统的转子旋转时,联接到转子的发电机可以从转子的旋转产生电力。

[0003] 为了提高操作效率,旋转桨片可以包括在其径向外端上的尖端护罩。尖端护罩与固定壳体的内表面相互作用以引导操作流体。尖端护罩包括呈现许多机械完整性问题的一定质量的材料。一个挑战是解决蠕变,或尖端护罩在施加在旋转桨片上的旋转力的应力下的渐进形变。蠕变可产生许多机械问题,诸如翼型件或尖端护罩的形变。此外,由尖端护罩中的质量不平衡形成的过度弯矩会加剧蠕变问题。因此,另一个挑战是确保尖端护罩中的质量平衡,以提供理想的空气动力学性能、热传递性能、机械性能和航空力学性能。

发明内容

[0004] 下文提到的所有方面、示例和特征能够以任何技术上可能的方式组合。

[0005] 本公开的一个方面的一种用于涡轮桨片的尖端护罩,该尖端护罩包括:主体,该主体联接到该涡轮桨片的翼型件的径向外端,该翼型件包括压力侧和吸力侧,并且该主体包括面朝周向的前缘和面朝周向的后缘;至少一个尖端轨道,该尖端轨道从该主体径向向外延伸并且大体上沿该主体的周向长度延伸;多个第一冷却通道,该多个第一冷却通道限定于该主体中并在其中周向延伸;和至少一个第一边缘壁布置结构,该至少一个第一边缘壁布置结构沿该主体的该面朝周向的前缘和该面朝周向的后缘中的至少一者,每个第一边缘壁布置结构包括:第一边缘壁,该第一边缘壁沿该主体的该面朝周向的前缘和该面朝周向的后缘中的至少一者从该主体轴向和径向向外延伸,该第一边缘壁包括面朝周向的第一表面;和出口表面,该出口表面与该第一边缘壁相邻,该出口表面具有限于其中的出口开口,该多个第一冷却通道中的至少一个冷却通道穿过该出口开口离开该主体,其中该出口表面相对于该第一边缘壁的该面朝周向的第一表面成 15° 至 80° 范围内的角度。

[0006] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且该第一边缘壁和该出口表面在该主体中的一对轴向相对的径向延伸的壁之间轴向延伸。

[0007] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且该第一边缘壁包括穿过其的

至少一个开口。

[0008] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且用于该多个第一冷却通道中的该至少一个冷却通道的该出口开口与该第一边缘壁中的该至少一个开口线性对准。

[0009] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且还包括弯曲开口,该弯曲开口限定于该主体的与该翼型件的后缘相邻的后缘中,其中该弯曲开口不由相邻尖端护罩的主体填充。

[0010] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且该弯曲开口限定相对于径向方向成 15° 和 45° 范围内的角度的平面。

[0011] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且还至少包括至少一个第二边缘壁布置结构,该至少一个第二边缘壁布置结构沿该主体的该面朝周向的前缘和该面朝周向的后缘中的至少一者,每个第二边缘壁布置结构包括:第二边缘壁,该第二边缘壁沿该主体的该面朝周向的前缘和该面朝周向的后缘中的至少一者从该主体轴向和径向向外延伸;和内壁,该内壁从该主体轴向和径向向外延伸,该内壁与该第二边缘壁平行且周向地间隔开以在两者间形成径向延伸的凹坑,该内壁具有限于其中的出口开口,该出口开口用于限定于该主体中并在其中周向延伸的多个第二冷却通道中的至少一个冷却通道,该出口开口周向地面向该径向延伸的凹坑。

[0012] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且该第二边缘壁包括穿过其的至少一个开口。

[0013] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且用于该多个第一冷却通道中的该至少一个冷却通道的该出口开口与该第一边缘壁中的该至少一个开口线性对准。

[0014] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且该至少一个尖端轨道包括多个尖端轨道,并且其中该至少一个第一边缘壁布置结构轴向定位于一对该多个尖端轨道之间。

[0015] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且该出口表面不是平坦的。

[0016] 本公开的一个方面提供了一种涡轮桨片,该涡轮桨片包括:根部段;翼型件,该翼型件联接到该根部段,该翼型件包括压力侧和吸力侧;和尖端护罩,该尖端护罩包括:主体,该主体联接到该涡轮桨片的翼型件的径向外端,该翼型件包括压力侧和吸力侧,并且该主体包括面朝周向的前缘和面朝周向的后缘;至少一个尖端轨道,该尖端轨道从该主体径向外延伸并且大体上沿该主体的周向长度延伸;多个第一冷却通道,该多个第一冷却通道限定于该主体中并在其中周向延伸;和至少一个第一边缘壁布置结构,该至少一个第一边缘壁布置结构沿该主体的该面朝周向的前缘和该面朝周向的后缘中的至少一者,每个第一边缘壁布置结构包括:第一边缘壁,该第一边缘壁沿该主体的该面朝周向的前缘和该面朝周向的后缘中的至少一者从该主体轴向和径向向外延伸,该第一边缘壁包括面朝周向的第一表面;和出口表面,该出口表面与该第一边缘壁相邻,该出口表面具有限于其中的出口开口,该多个第一冷却通道中的至少一个冷却通道穿过该出口开口离开该主体,其中该出口表面相对于该第一边缘壁的该面朝周向的第一表面成 15° 至 80° 范围内的角度。

[0017] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且该第一边缘壁和该出口表面在该主体中的一对轴向相对的径向延伸的壁之间轴向延伸。

[0018] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且该第一边缘壁包括穿过其的

至少一个开口。

[0019] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且用于该多个第一冷却通道中的该至少一个冷却通道的每个出口开口与该多个第二冷却通道中的一个冷却通道线性对准。

[0020] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且还包含:弯曲开口,该弯曲开口限定于该主体的与该翼型件的后缘相邻的后缘中,其中该弯曲开口不由相邻尖端护罩的主体填充。

[0021] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且还包含至少一个第二边缘壁布置结构,该至少一个第二边缘壁布置结构沿该主体的该面朝周向的前缘和该面朝周向的后缘中的至少一者,每个第二边缘壁布置结构包括:第二边缘壁,该第二边缘壁沿该主体的该面朝周向的前缘和该面朝周向的后缘中的至少一者从该主体轴向和径向向外延伸;和内壁,该内壁从该主体轴向和径向向外延伸,该内壁与该第二边缘壁平行且周向地间隔开以在两者间形成径向延伸的凹坑,该内壁具有限定于其中的出口开口,该出口开口用于限定于该主体中并在其中周向延伸的多个第二冷却通道中的至少一个冷却通道,每个出口开口周向地面向该径向延伸的凹坑。

[0022] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且该第二边缘壁包括穿过其的至少一个开口,并且其中用于该多个第二冷却通道中的该至少一个冷却通道的该出口开口与穿过该第二边缘壁的该至少一个开口中的一个开口线性对准。

[0023] 本公开的另一方面包括前述方面中的任一方面,并且该至少一个尖端轨道包括多个尖端轨道,并且其中该至少一个第一边缘壁布置结构轴向定位于一对该多个尖端轨道之间。

[0024] 本公开的另一方面包括一种气体涡轮,该气体涡轮包括根据前述方面中任一方面所述的涡轮桨片。

[0025] 本公开中描述的两个或更多个方面(包括本概述部分中描述的那些方面)可以组合以形成本文未具体描述的实施方案。

[0026] 在以下附图和描述中阐述一个或多个具体实施的细节。根据说明书和附图以及权利要求书,其他特征、目的和优点将是显而易见的。

附图说明

[0027] 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,其中:

[0028] 图1是例示性气体涡轮(GT)系统的示意图;

[0029] 图2是可以与图1中的GT系统一起使用的例示性涡轮的剖视图;

[0030] 图3示出了可以采用本公开的实施方案的类型的涡轮桨片的透视图;

[0031] 图4示出了根据本公开的实施方案的一对涡轮桨片的径向向内透视图,该对涡轮桨片各自包括尖端护罩;

[0032] 图5示出了根据本公开的实施方案的尖端护罩的透视图;

[0033] 图6示出了根据本公开的实施方案的出口表面的沿图5中的视线6-6的剖视图,该出口表面与尖端护罩的边缘壁相邻;

[0034] 图7示出了根据本公开的实施方案的内壁的沿图5中的视线7-7的剖视图,该内壁与尖端护罩的边缘壁相邻;

[0035] 图8示出了根据本公开的其他实施方案的翼型件的后缘和尖端护罩的面朝周向的前缘的径向向外透视图;

[0036] 图9示出了根据本公开的其他实施方案的翼型件的后缘和尖端护罩的面朝周向的前缘的径向向内透视图;

[0037] 图10示出了根据本公开的另选的实施方案的尖端护罩的透视图;

[0038] 图11示出了根据本公开的另选的实施方案的尖端护罩的透视图;

[0039] 图12示出了根据本公开的其他另选的实施方案的尖端护罩的透视图;

[0040] 图13示出了根据本公开的其他实施方案的尖端护罩的透视图;

[0041] 图14示出了根据本公开的另选的实施方案的出口表面的类似于图6的剖视图;并且

[0042] 图15示出了根据本公开的其他实施方案的出口表面的类似于图6的剖视图。

[0043] 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

[0044] 首先,为了清楚地描述当前公开的主题,当提及和描述涡轮机内的相关机器部件时,将有必要选择某些术语。在可能范围内,通用行业术语将以与术语的接受含义一致的方式来使用和采用。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。

[0045] 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的方向的术语,诸如通过涡轮引擎的工作流体,或者例如通过燃烧器的空气流或通过涡轮的部件系统之一的冷却剂。术语“下游”对应于流体流动的方向,并且术语“上游”是指与流动(即,流动发出的方向)相反的方向。在没有任何进一步细节的情况下,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”是指涡轮机的后侧区段。

[0046] 通常需要描述相对于中心轴线设置在不同径向位置的零件。术语“径向”是指垂直于轴线的移动或位置。例如,如果第一部件比第二部件更靠近轴线,则本文将说明第一部件沿第二部件“径向向内”或在第二部件的“内侧”。另一方面,如果第一部件比第二部件更远离轴线驻留,则本文可以说明第一部件是第二部件的“径向向外”或“外侧”。术语“轴向”是指平行于轴线的移动或位置。最后,术语“周向”是指垂直于轴线的方向,即,其中移动或位置可以围绕该轴线的平面。应当理解,此类术语可以相对于涡轮的中心轴线应用。

[0047] 此外,在本文中可以有规律地使用若干描述性术语,如下所述。术语诸如“第一”、

“第二”和“第三”可以可互换地使用,以将一个部件与另一个部件区分开,并且不旨在表示单独部件的位置或重要性。

[0048] 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”和/或“包含”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。“可选的”或“可选地”意指随后描述的事件或情况可以或可以不发生,或者随后描述的部件或特征可以或可以不存在,并且该描述包括事件发生或部件存在的实例和事件不发生或部件不存在的实例。

[0049] 在元件或层被称为“处于另一个元件或层上”、“接合到另一个元件或层”、“连接到另一个元件或层”或“联接到另一个元件或层”的情况下,它可直接处于另一元件或层上、直接接合到另一元件或层、直接连接到另一元件或层或直接联接到另一元件或层,或者可存在居间元件或层。相比之下,当元件被称为“直接处于另一个元件或层上”、“直接接合到另一个元件或层”、“直接连接到另一个元件或层”或“直接联接到另一个元件或层”时,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的方式解释(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。

[0050] 如上所指出的那样,本公开提供了一种用于气体涡轮系统的涡轮桨片的尖端护罩。尖端护罩可以包括联接到涡轮桨片的翼型件的径向外端的主体。翼型件包括压力侧和吸力侧。尖端护罩的主体包括面朝周向的前缘和面朝周向的后缘。尖端护罩可包括至少一个尖端轨道,该尖端轨道从该主体径向向外延伸并且大体上沿该主体的周向长度延伸。冷却通道限定于主体中并在主体中周向延伸,以冷却第一边缘壁附近的区域。尖端护罩还包括沿主体的面朝周向的前缘和面朝周向的后缘中的至少一者的至少一个第一边缘壁布置结构。第一边缘壁布置结构可以包括沿主体的面朝周向的前缘和/或面朝周向的后缘从尖端护罩的主体轴向和径向向外延伸的第一边缘壁。第一边缘壁包括面朝周向的表面。

[0051] 在尖端护罩原本将包括与第一边缘壁间隔开并且供冷却通道离开主体的内壁的情况下,本公开的实施方案中的尖端护罩包括与第一边缘壁相邻的出口表面。出口表面包括限定于其中的出口开口,冷却通道中的至少一个冷却通道通过该出口开口离开主体。出口表面相对于第一边缘壁的面朝周向的表面成 15° 至 80° 范围内的角度。因此,出口表面允许在尖端护罩的任何所选择的面朝周向的边缘处使用较少的材料,以增强质量平衡,同时还提供足够的冷却。

[0052] 参考附图,图1是气体涡轮(GT)系统100(下文为“GT系统100”)形式的例示性涡轮机90的示意图。GT系统100包括压缩机102和燃烧器104。燃烧器104包括燃烧区域105和燃料喷嘴组件106。GT系统100还包括涡轮108和普通压缩机/涡轮转子轴110(在下文中称为“转子轴110”)。在一个非限制性实施方案中,GT系统100可以是GT26发动机,可从位于南卡罗来纳州格林维尔的通用电气公司(General Electric Company, Greenville, S.C)商购获得。本公开不限于任一种特定的GT系统,并且可以与其他发动机一起植入,包括例如通用电气公司的HA、F、B、LM、GT、TM和E级发动机型,以及其他公司的发动机型。此外,本公开的教导内容不一定仅适用于GT系统,并且可应用于其他类型的涡轮机,例如蒸汽涡轮、喷气发动机、

压缩机等。

[0053] 图2示出了可与图1中的GT系统100一起使用的具有四个级L0-L3的涡轮108的例示性部分的横截面视图。该四个级称为L0、L1、L2和L3。级L0是第一级并且是四个级中的最小级(在径向方向上)。级L1是第二级并且是轴向方向上的下一个级(即,位于级L0的下游)。级L2是第三级并且是轴向方向上的下一个级(即,位于级L1的下游)。级L3是第四级(最后一级)(位于级L2的下游)并且是最大级(在径向方向上)。应当理解,四个级仅作为一个非限制性示例示出,并且每个涡轮可具有多于或少于四个级。

[0054] 在涡轮108中,一组静止叶片或喷嘴112与一组旋转涡轮桨片114配合,以形成涡轮108的每个级L0-L3并且限定通过涡轮108的流动路径的一部分。每组中的旋转涡轮桨片114联接到相应的转子轮116,该转子轮将它们周向地联接到转子轴110。即,一组旋转涡轮桨片114以周向间隔方式机械地联接到每个转子轮116。静止桨片区段115包括围绕转子轴110周向间隔的静止喷嘴112。每个喷嘴112可包括与翼型件130连接的至少一个端壁(或平台)120、122。在所示的示例中,喷嘴112包括径向外端壁120和径向内端壁122。径向外端壁120将喷嘴112联接到涡轮108的壳体124。

[0055] 在操作中,空气流过压缩机102,并且压缩空气被供应给燃烧器104。具体地,压缩空气被供应到燃料喷嘴组件106,该燃料喷嘴组件与燃烧器104成一整体。燃料喷嘴组件106与燃烧区域105流体连通。燃料喷嘴组件106还与燃料源(图1中未示出)流体连通,并且将燃料和空气引导到燃烧区域105。点燃燃烧器104并且燃烧燃料。燃烧器104与涡轮108流体连通,在该涡轮内气体流热能被转换成机械旋转能量。涡轮108可旋转地联接到转子轴110并且驱动该转子轴。压缩机102也可旋转地联接到转子轴110。在例示性实施方案中,存在多个燃烧器104和燃料喷嘴组件106。在以下讨论中,除非另外指明,否则将仅讨论每个部件中的一个部件。旋转转子轴110的至少一个端部可轴向地延伸远离涡轮108,并且可附接到负载或机械(未示出),诸如但不限于发电机、负载压缩机和/或另一个涡轮。

[0056] 图3详细示出了例示性涡轮桨片200的放大透视图。出于描述的目的,附图中可提供图例,其中X轴大体上轴向地(与箭头A相同)延伸,Y轴大体上垂直于转子轴110(图1)的轴线A延伸(指示周向平面或方向),并且Z轴相对于转子轴110(图1)的轴线A径向地延伸。Z轴垂直于X轴和Y轴。桨片200是可旋转(动)桨片,其是在涡轮(例如,涡轮108)的级中围绕转子轴110(图1)周向散布的一组涡轮桨片114的一部分。

[0057] 在涡轮108的操作期间,当工作流体(例如,GT系统100中的气体,或蒸汽涡轮中的蒸汽)被引导穿过桨片的翼型件时,桨片200将启动转子轴(例如,转子轴110)的旋转,并且围绕由转子轴110限定的轴线A旋转。应当理解,桨片200被构造成与多个类似或不同的桨片(例如,桨片200或其他桨片)联接(经由紧固件、焊接、狭槽/凹槽等机械地联接)以形成涡轮108(图2)级中的一组涡轮桨片114(图2)。参考图2,桨片200可以位于任一级(L0-L3)中。

[0058] 返回图3,桨片200可包括翼型件202,该翼型件具有压力侧204(在该视图被遮挡)和与压力侧204相对的吸力侧206。桨片200还可包括跨接在压力侧204与吸力侧206之间的前缘208,以及与前缘208相对并且跨接在压力侧204与吸力侧206之间的后缘210。如所指出的,翼型件202的压力侧204一般面向上游,而吸力侧206一般面向下游。

[0059] 如图所示,桨片200还可包括与翼型件202连接的根部段212和位于翼型件202的径向外端222上的涡轮桨片尖端护罩220(下文称为“尖端护罩220”)。根部段212可沿压力侧

204、吸力侧206、前缘208和后缘210与翼型件202连接。在各种实施方案中,桨片200可包括靠近翼型件202的径向内端226的圆角214,该圆角214连接翼型件202和根部段212。圆角214可包括焊接圆角或硬钎焊圆角,该圆角可经由常规MIG焊接、TIG焊接、硬钎焊等形成。根部段212在图3中示出为包括燕尾形件224,但是根部段212可具有任何合适的构型以连接到转子轴110。具体地,根部段212被构造成装配到涡轮转子轴(例如,转子轴110的转子轮)中的配合槽(例如,燕尾槽)中并与其他桨片200的相邻部件配合。根部段212旨在位于翼型件202的径向内侧并以任何互补构型形成到转子轴。

[0060] 尖端护罩220可沿着压力侧204、吸力侧206、前缘208和后缘210与翼型件202连接。在各种实施方案中,桨片200可包括靠近翼型件202的径向外端222的圆角228。圆角228连接翼型件202和尖端护罩220。圆角228可包括焊接圆角或硬钎焊圆角,该圆角可经由常规MIG焊接、TIG焊接、硬钎焊等形成。尖端护罩220被构造成与壳体124(图2)的内表面和/或其中的壳体护罩(未示出)相互作用。

[0061] 图4示出了一对相邻涡轮桨片200并且具体地是相邻尖端护罩220的径向向内透视图;图5示出了单个尖端护罩220的透视图。从下面的描述中显而易见的是,本公开的实施方案可包括重复结构。例如,在尖端护罩220包括多于两个尖端轨道250的情况下,如本文将描述的根据本公开的实施方案的第一边缘壁布置结构238可在不同对的尖端轨道250之间重复。为了区分重复结构,必要时,数字标引可伴随有字母标引,例如A、B、C等。在重复结构中省略标引字母的情况下,根据明显的上下文,结构的单个实例被单独标引,或者多个结构被共同标引。

[0062] 参考图3至图5,用于涡轮桨片200的尖端护罩220可包括与涡轮桨片200的翼型件202的径向外端222联接的主体240。如所指出,翼型件202包括压力侧204和吸力侧206。在图4和图5中,翼型件冷却室242具有翼型件202的大致形状,并且主要位于尖端护罩220的径向内侧。应当理解,翼型件202内的一个或多个冷却室(未示出)将冷却剂递送到尖端护罩220和翼型件冷却室242。冷却剂中的一些冷却剂通过冷却室242中的开口244离开冷却室和/或可以被引导到尖端轨道250,但是其他冷却剂被引导通过限定于主体240中并在其中周向(沿Y轴)延伸的一组或多组(多个)冷却通道246。冷却通道246在主体240的径向外表面248中(图5)呈现为圆化的肋。尖端护罩220具有前缘230、后缘232、面朝周向的前缘234和面朝周向的后缘236。面朝周向的前缘234之所以被称为面朝周向的前缘,是因为该面朝周向的前缘位于翼型件202的压力侧204上,并且面朝周向的后缘236之所以被称为面朝周向的后缘,是因为该面朝周向的后缘位于翼型件202的吸力侧206上。

[0063] 如本领域所理解的,尖端护罩220从翼型件202悬伸的不同程度可导致质量不平衡。例如,在说明性附图中,面朝周向的前缘234可比面朝周向的后缘236从翼型件202延伸稍远,从而形成不平衡。

[0064] 尖端护罩220还可以包括至少一个尖端轨道250。每个尖端轨道250从主体240径向向外延伸并且大体上沿主体240的周向长度延伸。如本文所用,“大体上”指示相对于所述方向在 $\pm 5^\circ$ 内,诸如大体上沿主体240的周向长度,或大体上平行于尖端轨道250。出于说明目的,尖端护罩220将主要示出为具有三个轴向间隔开的尖端轨道250A-C。此处,尖端护罩220可包括从主体240径向向外延伸并且大体上沿主体240的周向长度延伸的第一尖端轨道250A,和从主体240径向向外延伸并且大体上沿主体的周向长度延伸的第二尖端轨道250B。

在所示的非限制性示例中,尖端护罩220还包括从主体240径向向外延伸并且大体上沿主体240的周向长度延伸的第三尖端轨道250C。应当强调的是,本公开的教导内容可应用于具有任何数量的尖端轨道的尖端护罩220,该任何数量是例如一个(图12)、两个(图13)和多于三个。在使用两个或更多个尖端轨道250的情况下,每个尖端轨道250与相邻的尖端轨道轴向(X轴)间隔开。在所示的示例中,第二尖端轨道250B与第一尖端轨道250A轴向间隔开,并且第三尖端轨道250C与第二尖端轨道250B轴向间隔开。如图所示,多个冷却通道246在周向相邻的尖端轨道250之间延伸,例如在每对尖端轨道250之间并且大体上平行于尖端轨道250延伸。多个第一冷却通道246A在第一尖端轨道250A和第二尖端轨道250B之间延伸,并且多个第二冷却通道246B在第二尖端轨道250B和第三尖端轨道250C之间延伸。

[0065] 图6示出了根据本公开的实施方案的第一边缘壁布置结构238的沿图5中的视线6-6的放大剖视图。如将描述的,每个第一边缘壁布置结构238可沿主体236的面朝周向的前缘234和面朝周向的后缘中的至少一者选择性地定位以减少质量。在图4和图5的示例中,第一边缘壁布置结构238沿尖端护罩220的面朝周向的前缘234定位,例如以解决那个方向的不平衡。因此,在图4至图5所示的示例中,第一边缘壁布置结构238位于翼型件202的压力侧204上。

[0066] 第一边缘壁布置结构238包括第一边缘壁252,该第一边缘壁沿主体240的面朝周向的前缘234(示出)和面朝周向的后缘236(例如,图10)中的至少一者从主体240轴向和径向向外延伸。如将进一步描述,尖端护罩220可包括多于一个第一边缘壁布置结构238。在这种情况下,第一边缘壁252A可沿主体240的面朝周向的前缘234(示出)和面朝周向的后缘236(例如,图10)中的至少一者从主体240轴向和径向向外延伸,并且另一个第一边缘壁252B可沿主体240的面朝周向的前缘234和面朝周向的后缘236中的至少一者从主体240轴向和径向向外延伸。第一边缘壁252各自包括面朝周向即面向翼型件202的表面253。第一边缘壁252充当翼型件202的压力侧204和/或吸力侧206上的尖端护罩220的周向外边缘壁。在一些情况下,第一边缘壁252可充当尖端护罩220的加强件。在存在成对尖端轨道250的情况下,第一边缘壁布置结构238可在成对尖端轨道250之间轴向延伸。例如,第一边缘壁252A可在第一尖端轨道250A和第二尖端轨道250B之间轴向延伸,并且第一边缘壁252B可在第二尖端轨道250B和第三尖端轨道250C之间轴向延伸(图5)。

[0067] 图7示出了尖端护罩220的第二边缘壁布置结构256的沿图5中的视线7-7的放大剖视图。第二边缘壁布置结构256沿主体240的面朝周向的前缘234和面朝周向的后缘236中的至少一者定位,即,其中第一边缘壁布置结构238不存在并且其中可能不需要质量减少。第二边缘壁布置结构256包括第二边缘壁254,该第二边缘壁沿主体240的面朝周向的前缘234和面朝周向的后缘236中的至少一者从主体240轴向和径向向外延伸。在图4至图5所示的示例中,第二边缘壁布置结构256位于翼型件202的吸力侧206上。

[0068] 第二边缘壁布置结构256还包括从主体240轴向和径向向外延伸的内壁258。在存在成对尖端轨道250的情况下,每个第二边缘壁布置结构256可在成对尖端轨道250之间轴向延伸。例如,第二边缘壁254A可包括在第一尖端轨道250A和第二尖端轨道250B之间轴向延伸的内壁258A,并且第二边缘壁254B可包括在第二尖端轨道250B和第三尖端轨道250C之间轴向延伸(图5)并从主体240径向向外延伸的内壁258B。内壁258平行于相应的第二边缘壁254并与该相应的第二边缘壁周向间隔开,以在两者间限定径向延伸的凹坑260。径向延

伸的凹坑260在径向向外方向上开口,但在径向向内方向上闭合。内壁258具有限于其中的出口开口262,用于限于主体240中并且在其中周向延伸的冷却通道246。出口开口262周向面向径向延伸的凹坑260。第二边缘壁254还可包括穿过其的至少一个开口264。冷却通道246中的至少一个冷却通道的出口开口262可与穿过第二边缘壁254的开口264线性对准。因此,离开冷却通道246的冷却剂可通过径向延伸的凹坑260或通过第二边缘壁254中的开口264离开。

[0069] 参考图5至图7,在常规尖端护罩中,两个边缘壁252、254具有第二边缘壁布置结构256,即相对于图7中的第二边缘壁254所示的构型。根据本公开的实施方案,已经发现内壁258在面朝周向的缘234和/或236附近提供一定质量的材料,该材料不是必需的并且可产生质量不平衡,该质量不平衡导致了弯矩,该弯矩加剧了蠕变问题。如图6所示,根据本公开的实施方案的尖端护罩220,具体地第一边缘壁布置结构238,包括与第一边缘壁252相邻的出口表面270,而不是内壁258(图7)。出口表面270包括限于其中的出口开口272,多个冷却通道246中的至少一个冷却通道通过该出口开口离开主体240。在图6中,示出了两个出口开口272,但可采用任何数量——参见图4和图5。出口表面270相对于第一边缘壁252的面朝周向的表面253成 15° 至 80° 范围内的角度(参见角度 α)。这样,在第一边缘壁布置结构238中,冷却剂朝向第一边缘壁252喷射,从而以与包括内壁258和凹坑260布置结构的第二边缘壁布置结构256相似的功效冷却(图7),但不具有内壁258的质量。

[0070] 可使用现在已知或以后开发的任何制造工艺初始制造其中具有出口表面270的尖端护罩220,该工艺例如是铸造、增材制造等。另选地,出口表面270可形成于尖端护罩220中,该尖端护罩制造有第一边缘壁252上的内壁258(图7),并且该出口表面可被加工以去除内壁258(图7),例如,研磨、切割或以其他方式物理地去除内壁258,从而形成出口表面270(图6)。在任何情况下,如图5中最佳所示,第一边缘壁252和出口表面270可在主体240中的一对轴向相对的径向延伸的壁276之间轴向延伸。径向延伸的壁276可与例如相应的尖端轨道诸如尖端轨道250A、250B间隔开。在图6中还示出了径向延伸的壁276中的一个壁。

[0071] 如图5和图6所示,第一边缘壁252可包括穿过其的至少一个开口278,因此离开出口表面270中的出口开口272的冷却剂可冷却第一边缘壁252和其他下游结构。在一个非限制性示例中,用于多个冷却通道246中的至少一个冷却通道的出口开口272可与第一边缘壁252中的开口278线性对准,例如,可以是开口的一对一对准。然而,这并非在所有情况下都是必需的。可采用任何数量的出口开口272和/或开口278。

[0072] 如图5所示,在尖端护罩220包括多于两个尖端轨道250即250A-C的情况下,可在不同对的尖端轨道250之间重复上述布置结构。更具体地,如在尖端轨道250B、250C之间所示,尖端护罩220可包括另一个第一边缘壁布置结构238,该另一个第一边缘壁布置结构包括在翼型件202的压力侧204上从主体240轴向和径向向外延伸,例如在尖端轨道250B-C之间延伸的第一边缘壁252B。第一边缘壁252B包括面朝周向的表面253(图6)。在尖端轨道250B、250C之间,另外的多个冷却通道246B限于主体240中并且在其中周向延伸。这里,第二出口表面270B与第一边缘壁252B相邻。第二出口表面270B具有与图6中所示相同的布置结构。即,出口表面270B(图5)具有限于其中的出口开口272B(图5),冷却通道246B中的至少一个冷却通道通过该出口开口离开主体240。第二出口表面270B相对于第一边缘壁252B的面朝周向的表面253成 15° 至 80° 范围内的角度(角度 α)。可采用任何数量的第一边缘壁布置结

构238。

[0073] 图8示出了翼型件202的后缘210和尖端护罩220的面朝周向的前缘234的径向向外透视图；并且图9示出了翼型件202的后缘210和尖端护罩220的面朝周向的前缘234的径向向内透视图。参考图4、图5和图9，为了进一步减小质量不平衡，尖端护罩220可包括弯曲开口290，该弯曲开口限定于主体240的与翼型件202的后缘210相邻的后缘232中。在所示的示例中，弯曲开口290位于翼型件202的压力侧204上。弯曲开口290形成于主体240的区域中，该区域通常在翼型件202的最后尖端轨道250C和后缘210的前面周向延伸。在一些情况下，相邻尖端护罩220具有互锁表面，该互锁表面有时因其Z样形状而被称为Z凹口。这里，如图4所示，弯曲开口290不由相邻尖端护罩220的主体240填充，并且不与相邻表面互锁。在一个实施方案中，弯曲开口290限定相对于径向方向Z成 15° 和 45° 范围内的角度的平面（角度 β ）。

[0074] 图10示出了根据本公开的另选的实施方案的尖端护罩220的透视图。图10示出了一个实施方案，该实施方案包括沿面朝周向的前缘234和面朝周向的后缘236两者的第一边缘壁布置结构238。在此，可能不存在质量不平衡，但仍然需要减少质量。

[0075] 图11示出了根据本公开的另外的另选实施方案的尖端护罩220的透视图。图11示出了一个实施方案，该实施方案在仅一个位置（例如，在尖端轨道250A-B之间）处包括沿面朝周向的前缘234的一个第一边缘壁布置结构238。在此，质量不平衡可仅存在于翼型件202的前缘204附近的尖端护罩220中，使得期望与图5实施方案相比更少的质量减少。

[0076] 图12示出了根据本公开的其他实施方案的尖端护罩220的透视图。图12示出了一个实施方案，该实施方案包括如图5中的第一边缘壁布置结构238，但不具有尖端轨道250B-C。即，仅存在一个尖端轨道250A。如图所示，在不被尖端轨道250限制的情况下，第一壁布置结构238和第二壁布置结构256可具有任何期望的轴向长度。

[0077] 图13示出了根据本公开的其他实施方案的尖端护罩220的透视图。图13示出了一个实施方案，该实施方案包括沿面朝周向的前缘234的第一边缘壁布置结构238，但仅具有两个尖端轨道250A-B。应当理解，第一边缘壁布置结构238可用于尖端护罩220上的需要减少质量的任何位置处，例如，以解决质量不平衡。未示出的其他布置结构也是可能的。

[0078] 如图所示，例如在图6中，出口表面270具有平坦表面。在其他实施方案中，出口表面270通常可与第一边缘壁252的面朝周向的表面253具有角度，但是可以不是平坦的。图14至图15示出了根据本公开的另选的实施方案的尖端护罩220的出口表面270的剖视图。在图14中，出口表面270是阶梯状的。这里，出口表面270可通过多个机加工步骤制成，并且角度 α 可由阶梯的一致元件（例如，其转角）限定。在图15中，例如，从出口表面270与第一边缘壁252相遇的点和在冷却通道276的出口开口272上方的出口表面270的径向最外点，出口表面270可以是略微弧形的，例如向内地，同时大体上保持角度 α 。出口表面270可具有在本公开的范围内的许多其他形状。

[0079] 本公开的实施方案提供了一种具有第一边缘壁布置结构的尖端护罩，该尖端护罩包括出口表面，该出口表面包括限定于其中的出口开口，尖端护罩的冷却通道中的至少一个冷却通道通过该出口开口离开主体。出口表面的形成是通过去除原本会造成质量不平衡的质量来实现的，同时保持第二壁布置结构的冷却功效。本公开的实施方案还可提供尖端护罩主体的后缘，该后缘具有位于翼型件的后缘附近的弯曲开口以去除附加质量。

[0080] 如在整个说明书和权利要求书中使用的，近似语言可以用于修改可以允许变化的

任何定量表示,而不会导致与其相关的基本功能的变化。因此,由一个或多个术语(诸如“约”、“大约”和“基本上”)修饰的值不限于指定的精确值。在至少一些情况下,近似语言可以对应于用于测量值的仪器的精度。在此以及在整个说明书和权利要求书中,范围限制可以组合和/或互换;除非上下文或语言另有说明,否则这些范围被识别并包括其中包含的所有子范围。应用于范围的特定值的“大约”适用于两个端值,并且除非另外依赖于测量该值的仪器的精度,否则可以指示该值的 $\pm 10\%$ 。

[0081] 以下权利要求书中的所有装置或步骤加功能元件的对应结构、材料、动作和等同物旨在包括用于结合具体要求保护的其他要求保护的元件执行功能的任何结构、材料或动作。已经出于说明和描述的目的给出了对本公开的描述,但其并不旨在穷举或将本公开限制于所公开的形式。在不脱离本公开的范围和实质的情况下,许多修改和变化对于本领域普通技术人员将是显而易见的。选择和描述了实施方案以便最好地解释本公开的原理和实际应用,并且使得本领域的其他技术人员能够理解具有适合于预期的特定用途的各种修改的本公开的各种实施方案。

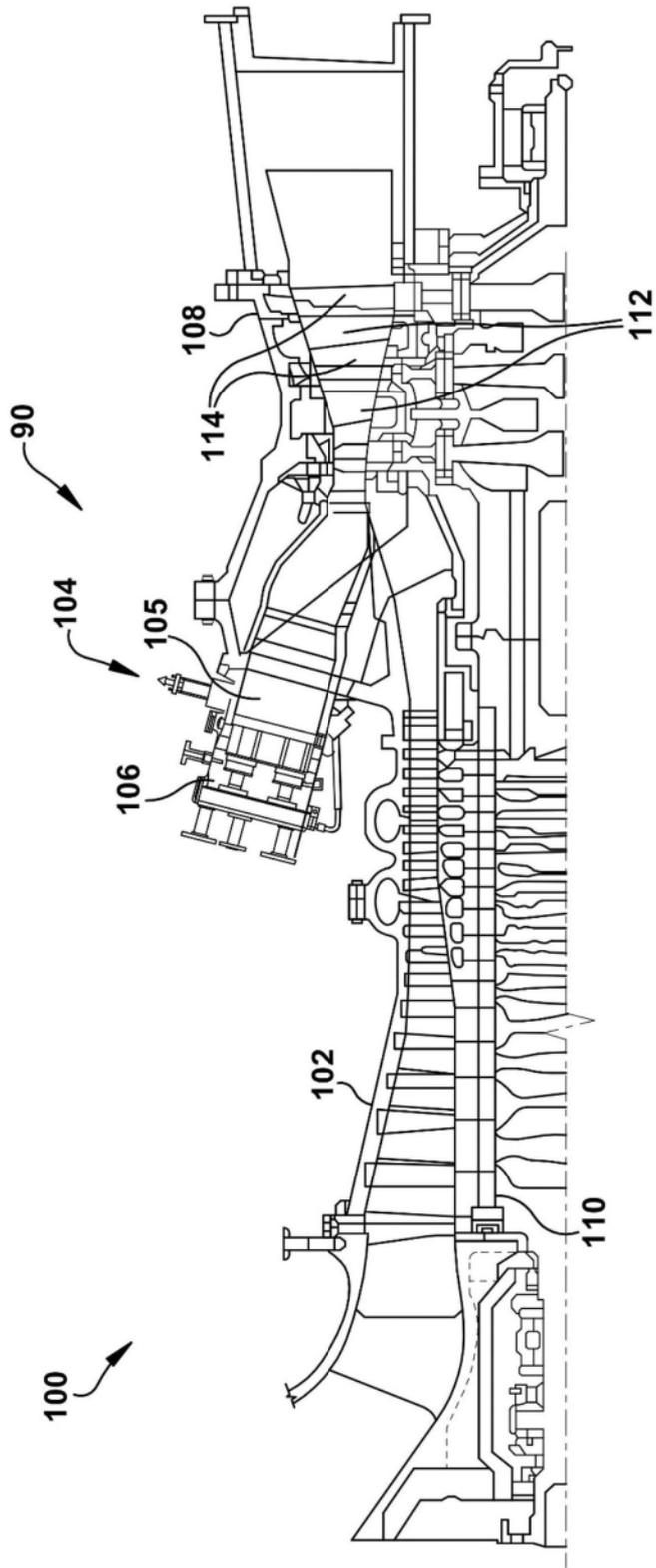


图1

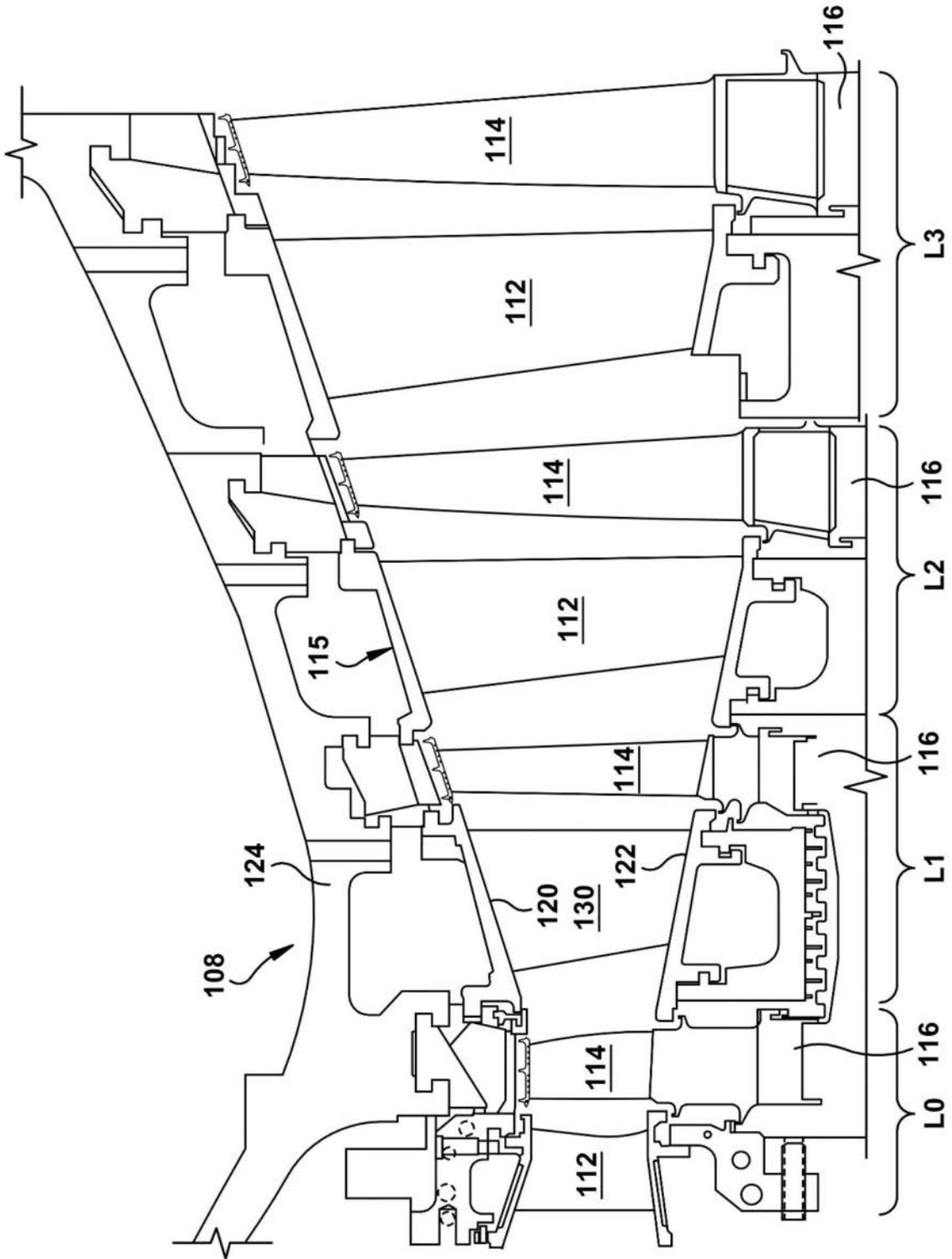


图2

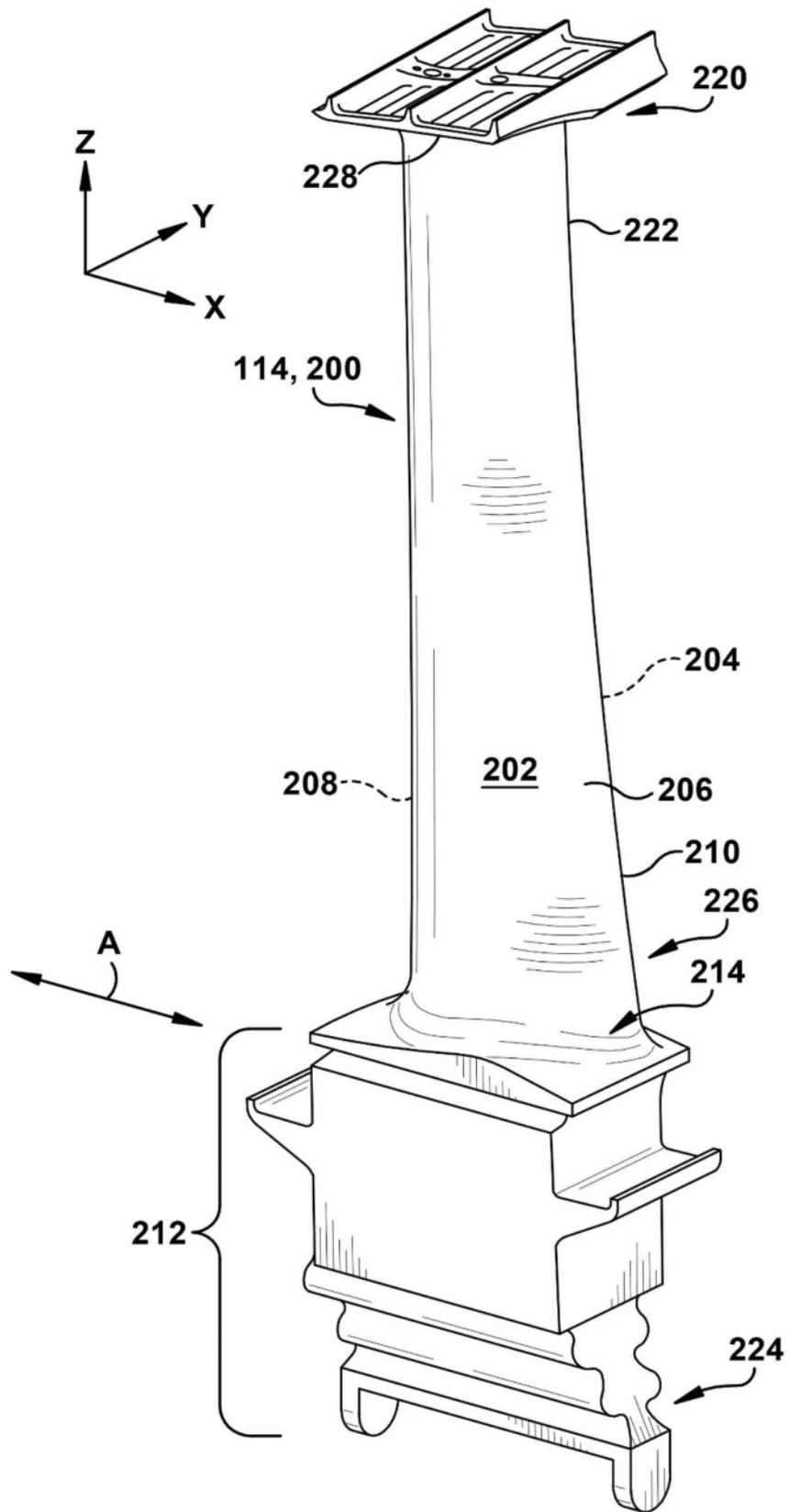


图3

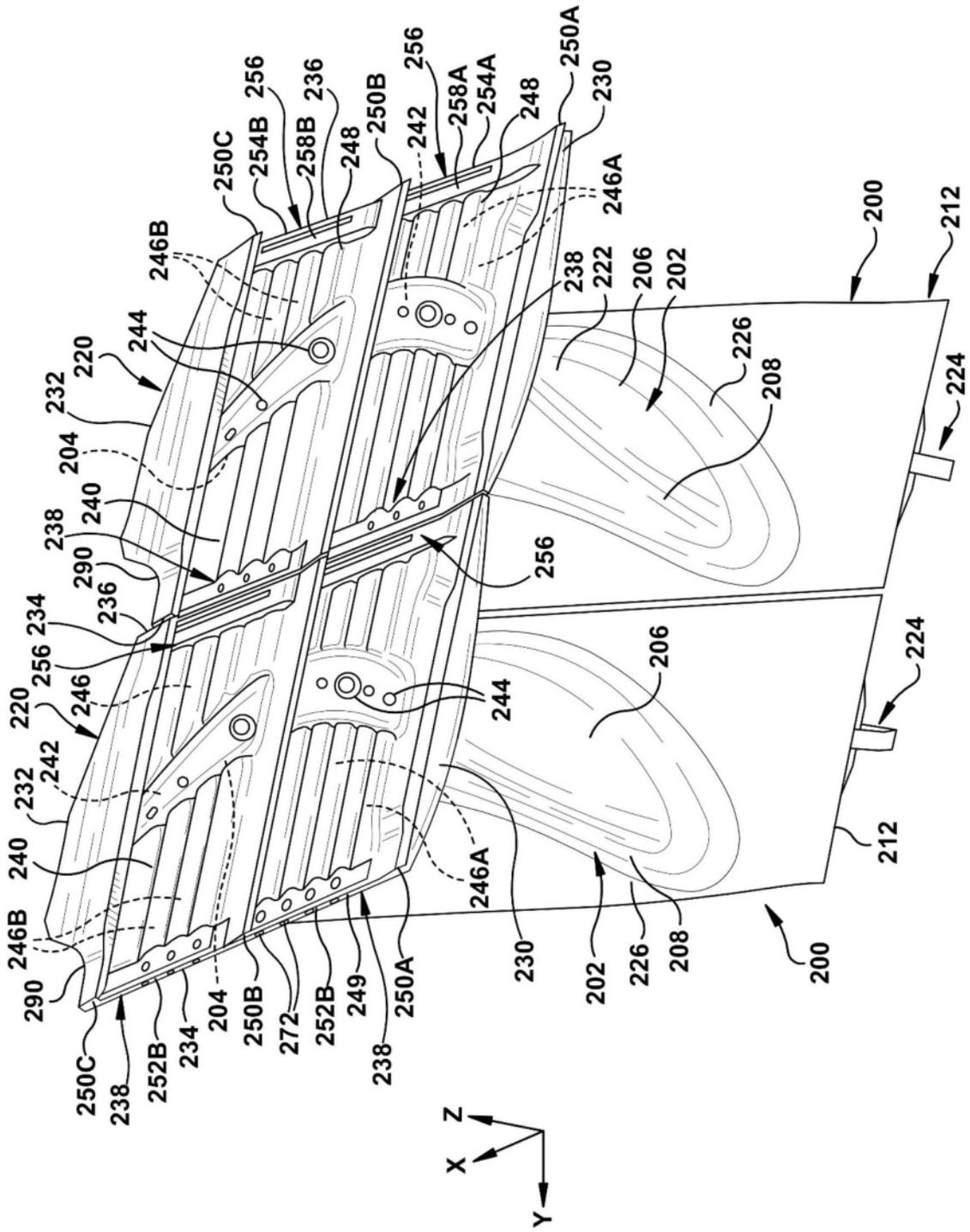


图4

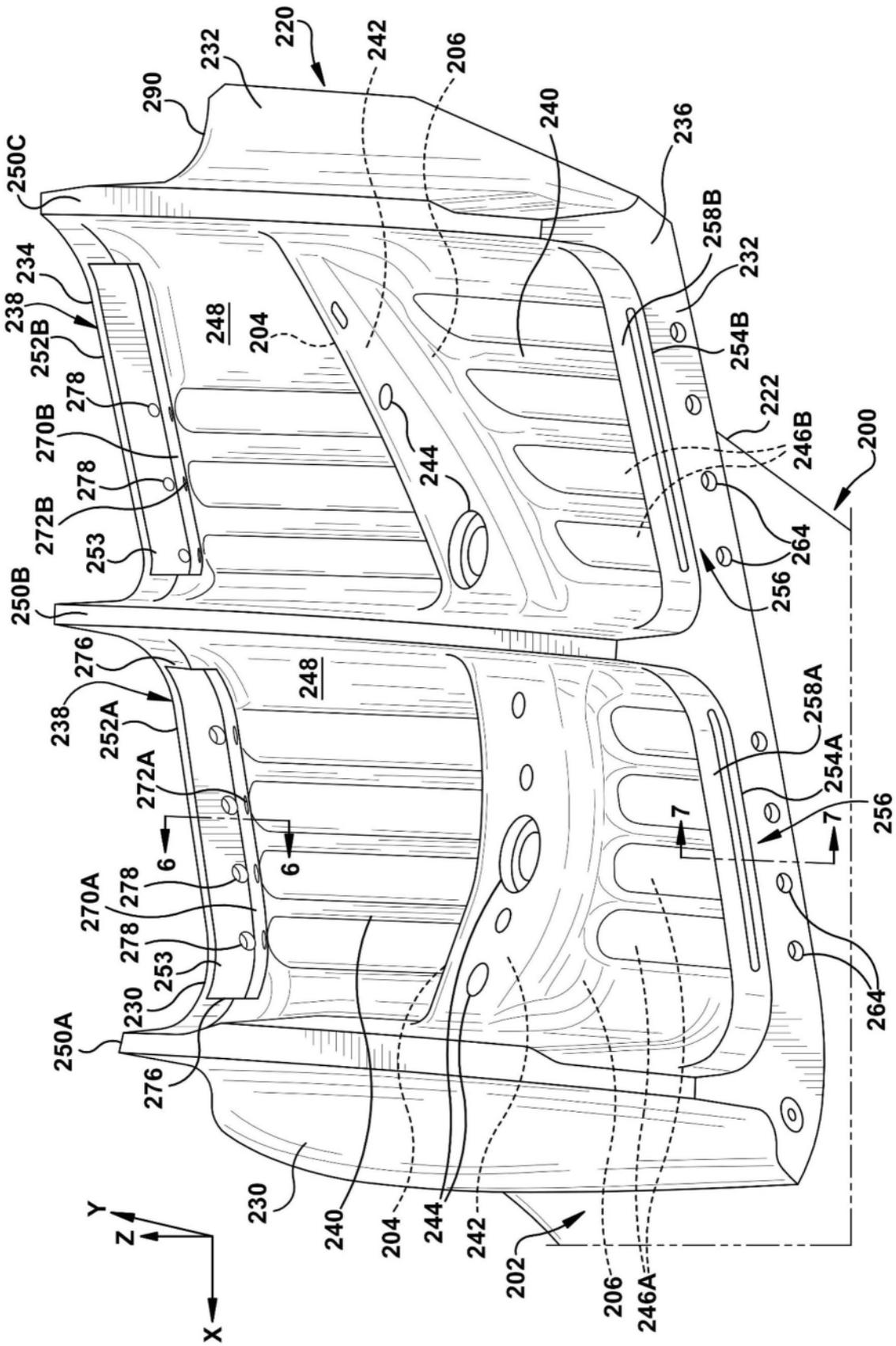


图5

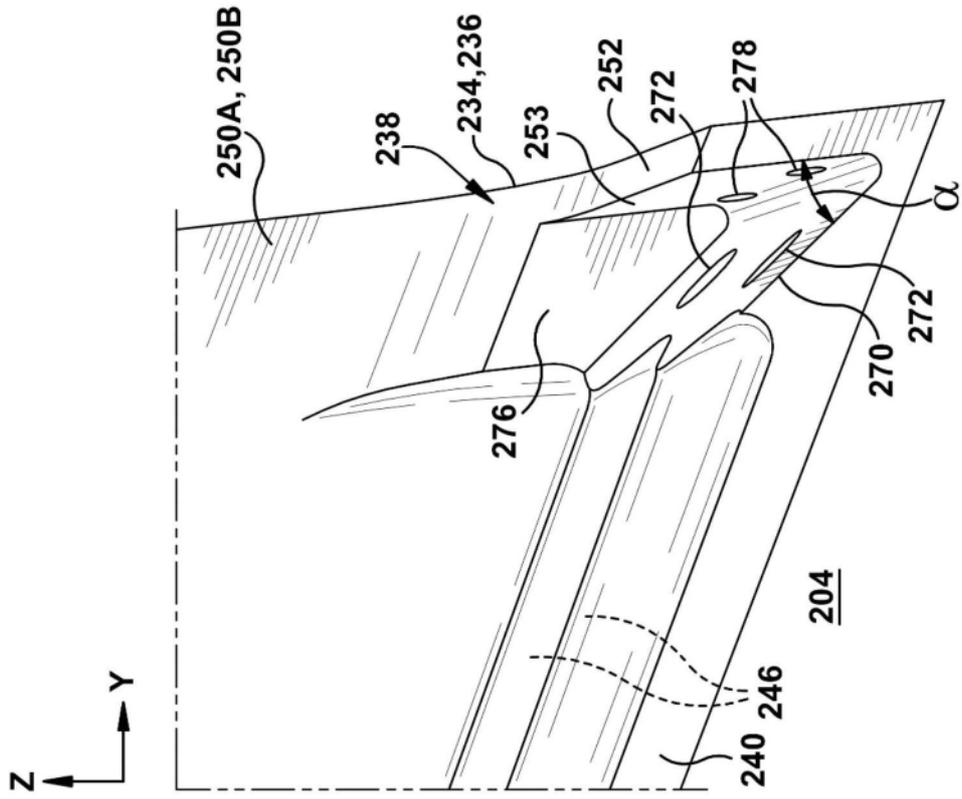


图6

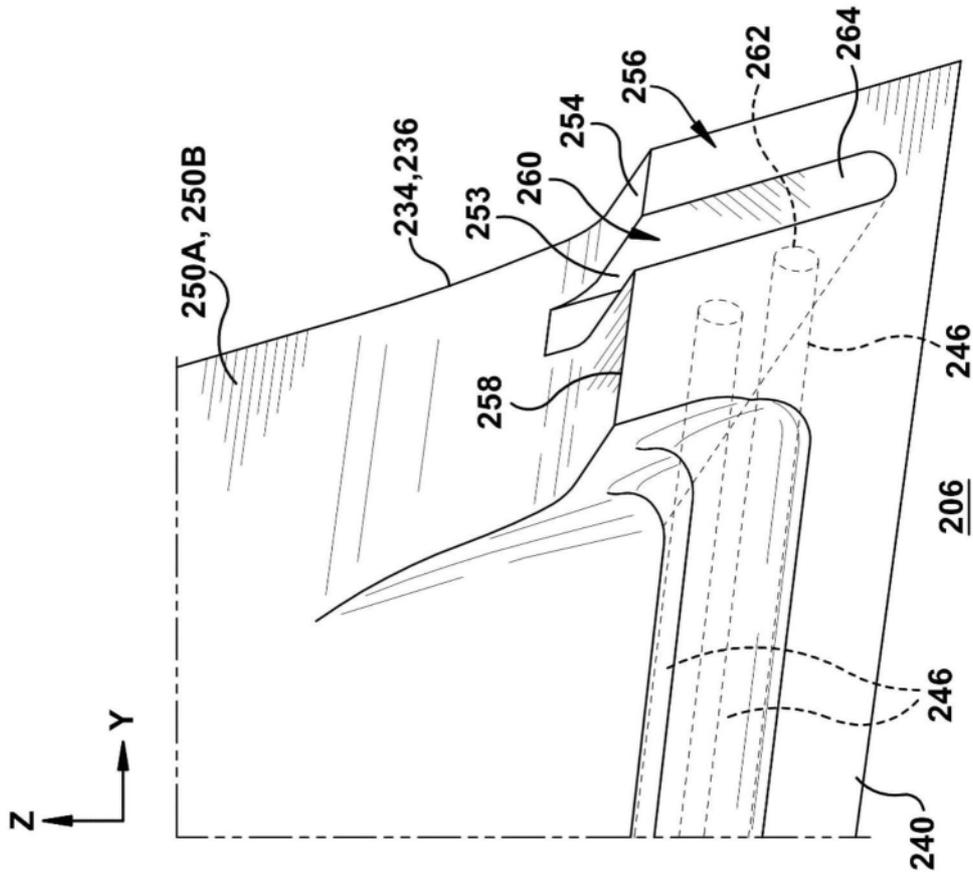


图7

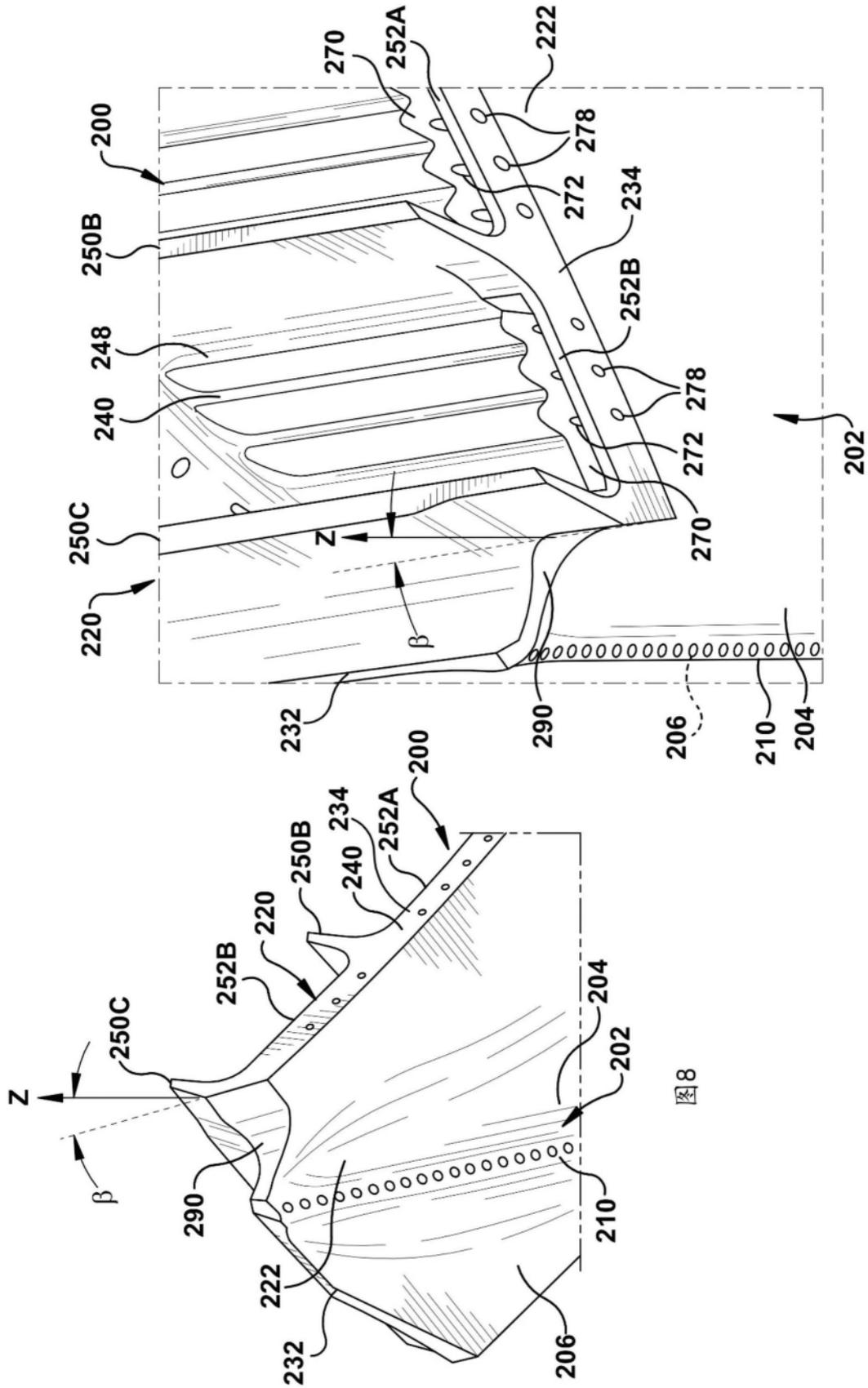


图8

图9

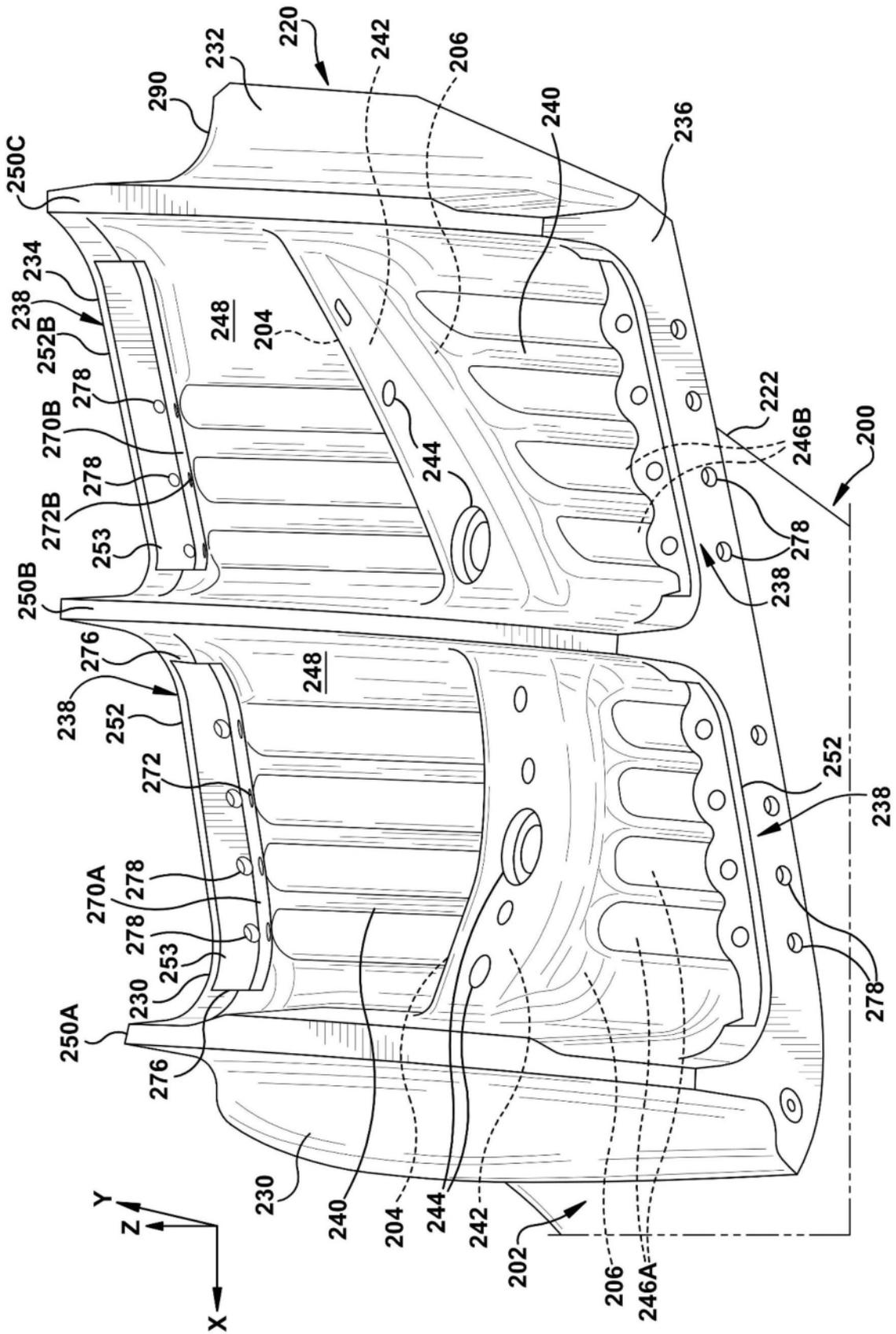


图10

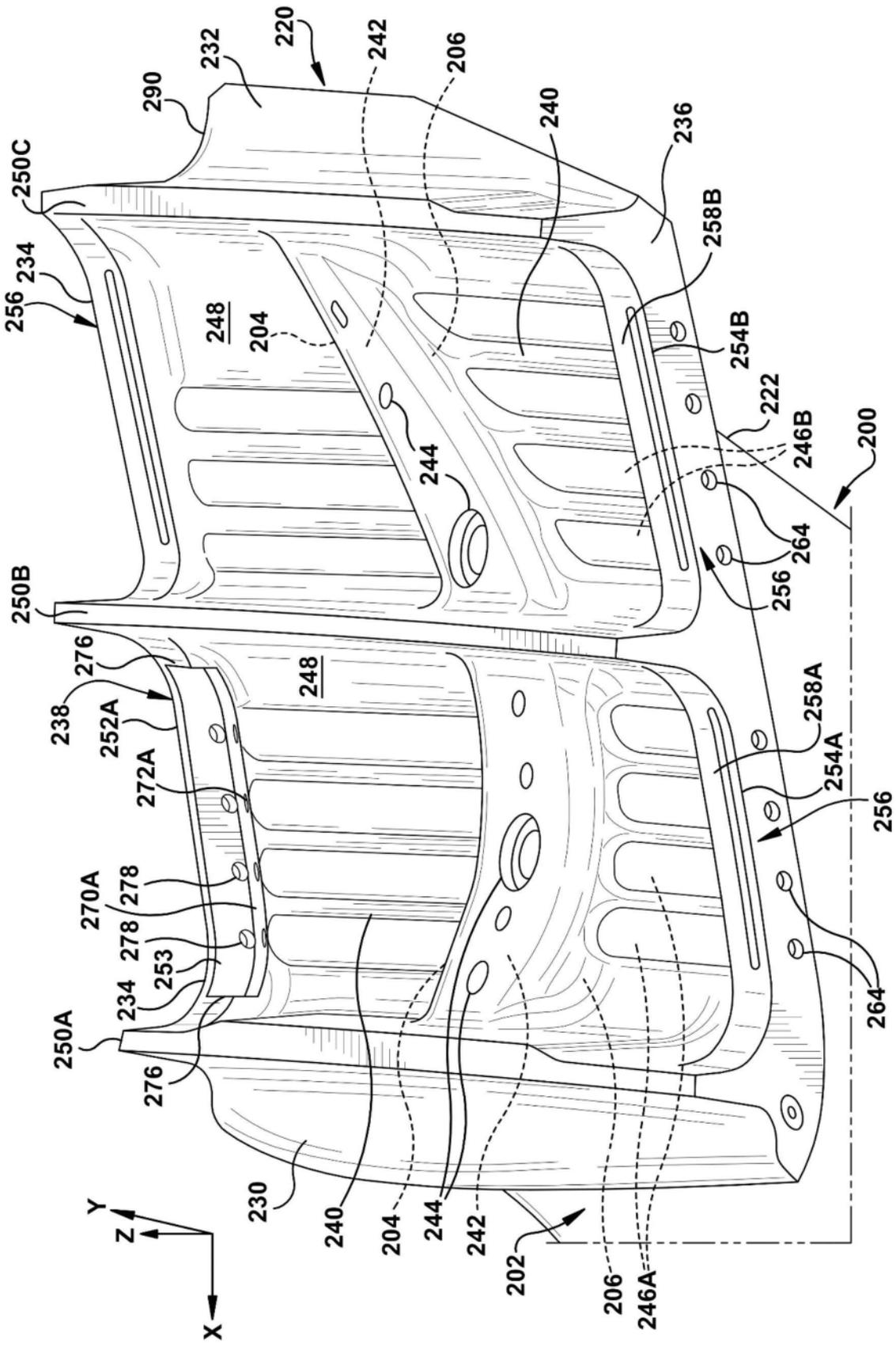


图11

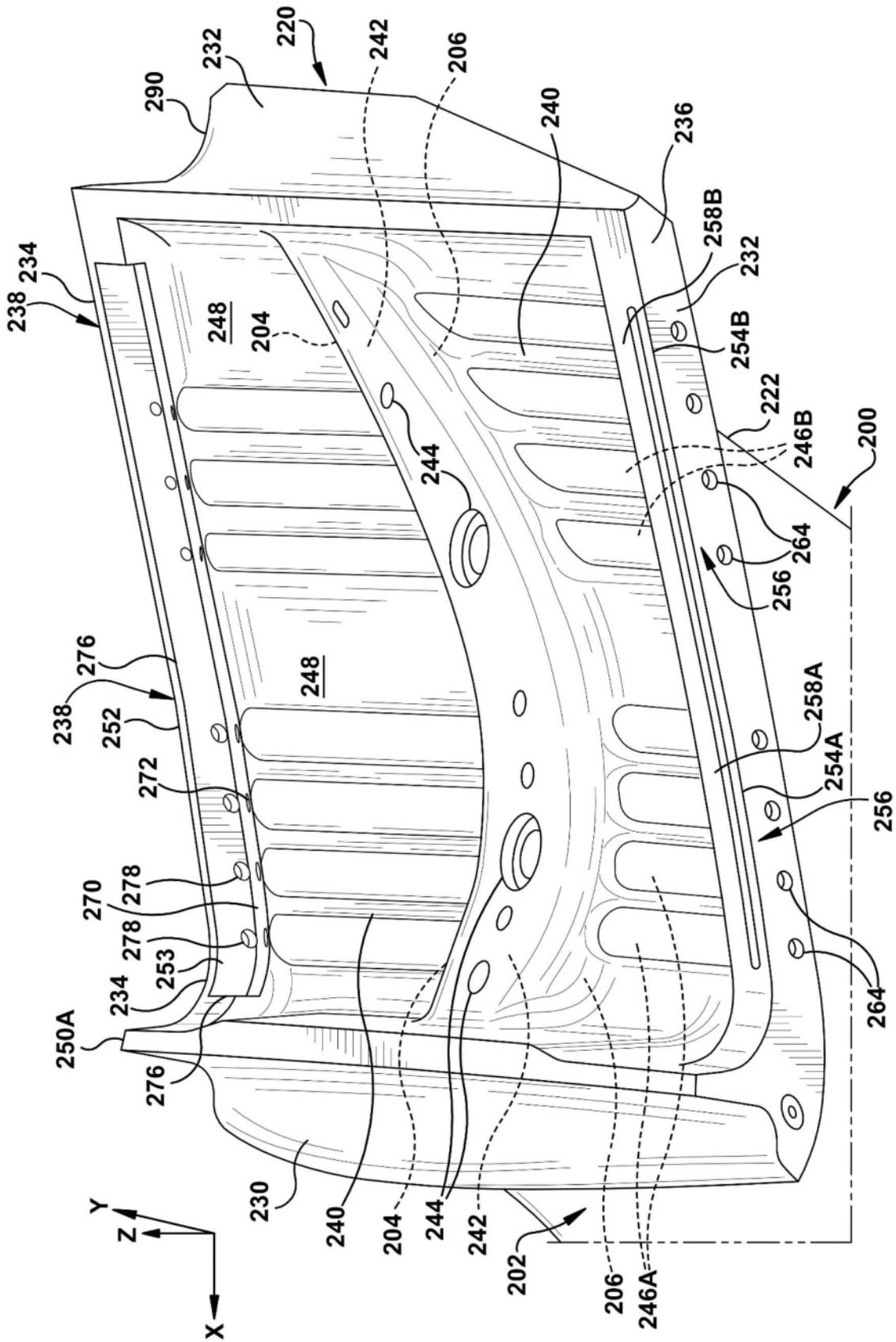


图12

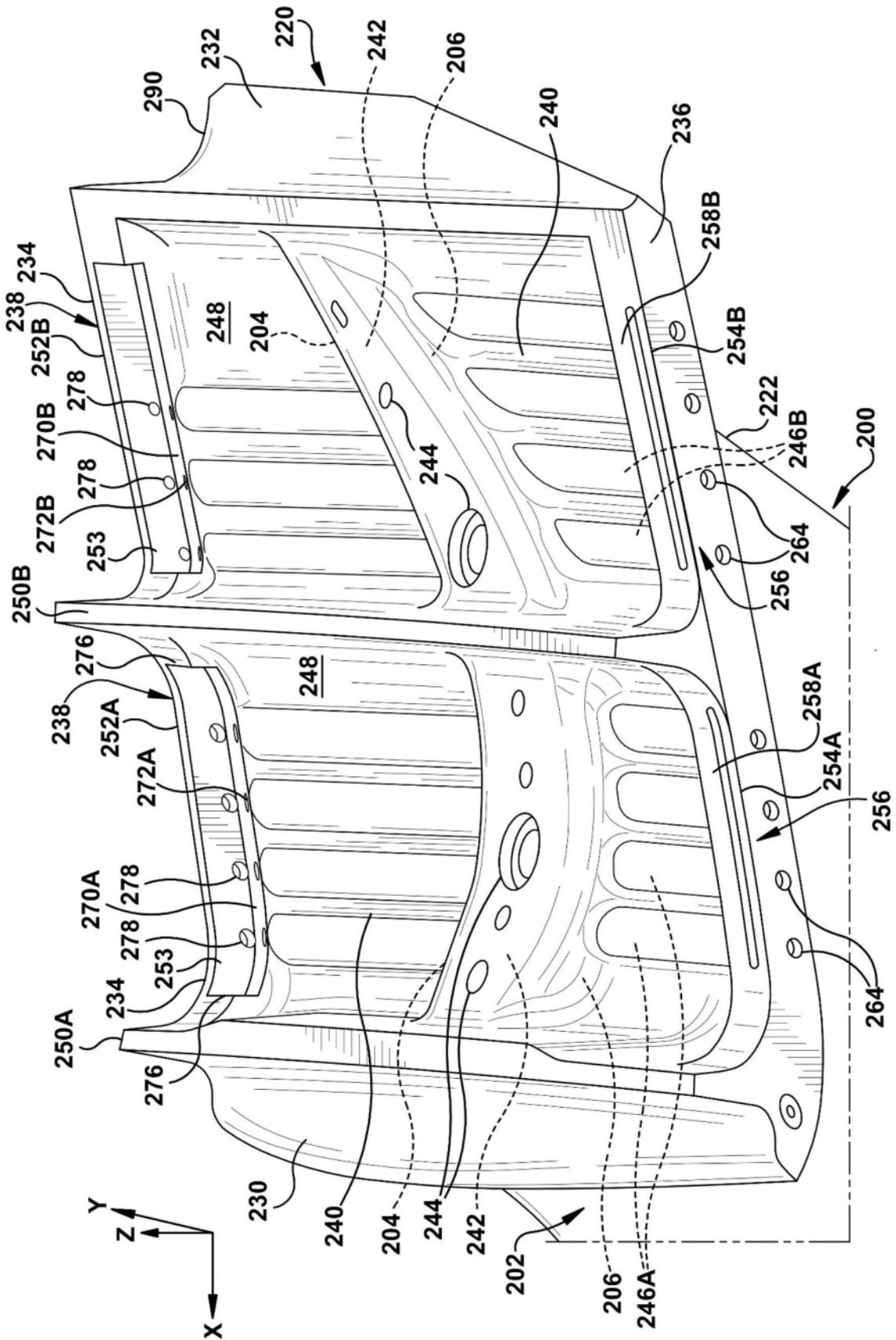


图13

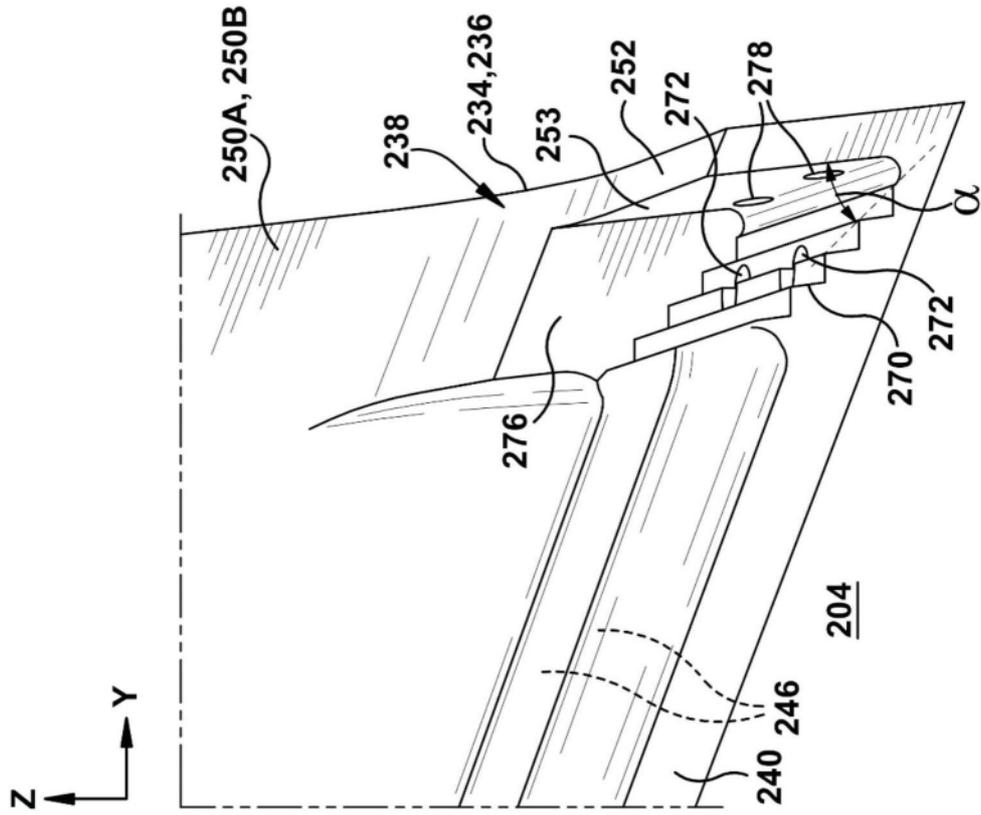


图14

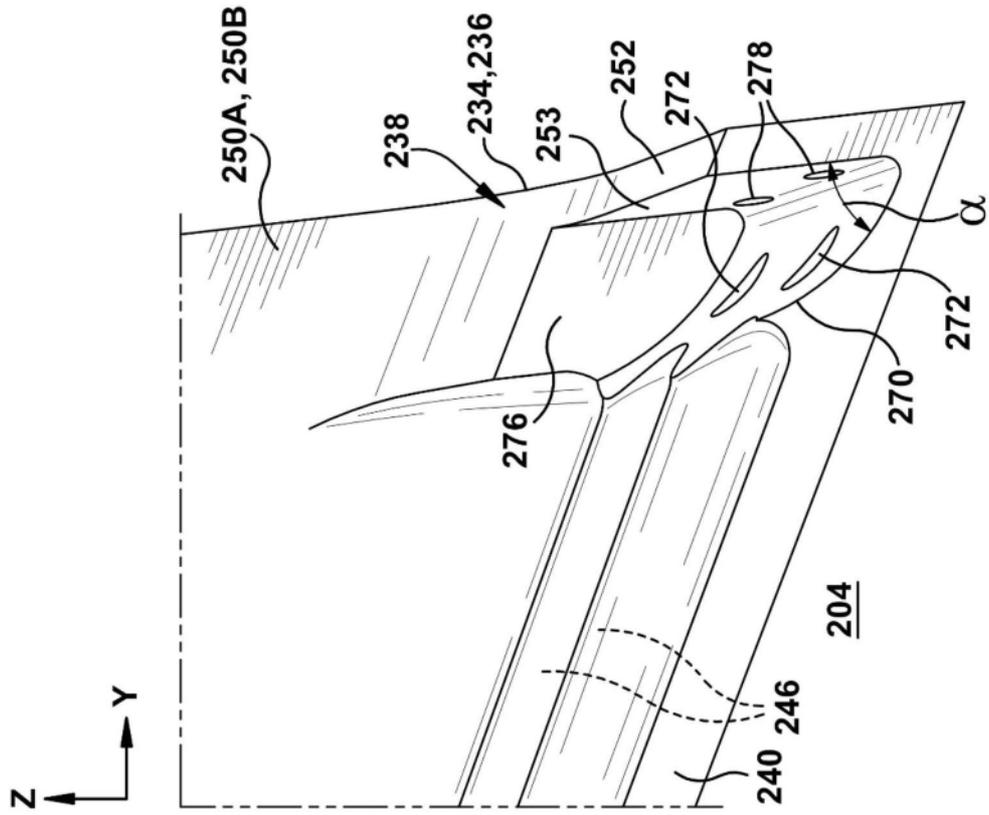


图15