



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110805480 A

(43)申请公布日 2020.02.18

(21)申请号 201910707436.7 *B32B 27/34*(2006.01)

(22)申请日 2019.08.01 *B32B 15/04*(2006.01)

(30)优先权数据 *B32B 7/02*(2019.01)

16/051943 2018.08.01 US *B32B 3/12*(2006.01)

(71)申请人 通用电气公司 *B32B 27/04*(2006.01)

地址 美国纽约州 *B32B 9/00*(2006.01)

(72)发明人 M.K.贾因 N.G.普拉巴卡 S.R.芬 *B32B 9/04*(2006.01)

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 *B32B 33/00*(2006.01)

司 72001

代理人 万欣 谭祐祥

(51)Int.Cl.

F01D 25/24(2006.01)

F04D 29/52(2006.01)

B32B 27/02(2006.01)

B32B 27/12(2006.01)

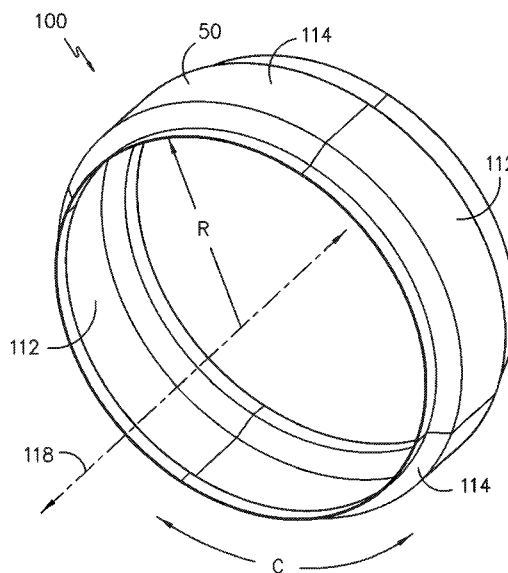
权利要求书1页 说明书13页 附图11页

(54)发明名称

具有非轴对称复合壁的罩壳

(57)摘要

提供了燃气涡轮发动机罩壳的壁、风扇壳和用于形成壁、例如风扇壳壁的方法。例如，壁包括以层板叠层布置的多个复合层板。壁是环形的并且周向地分段成包括至少一个第一区域和至少一个第二区域的多个区域。第一区域和第二区域中的层板叠层是不同的，使得层板叠层是非轴对称的。示例性风扇壳包括环形内壳体、填充层、环形背板和环形外层。背板沿周向分段成多个区域，包括至少一个第一区域和至少一个第二区域，并且包括以层板叠层布置的多个复合层板，所述层板叠层在第一区域和第二区域中不同，使得层板叠层是非轴对称的。



1. 一种燃气涡轮发动机罩壳的壁,包括:
布置成层板叠层的多个复合层板,
其中所述壁是环形的并且周向地分段成多个区域,所述多个区域包括至少一个第一区域和至少一个第二区域,以及
其中所述至少一个第一区域中的层板叠层与所述至少一个第二区域中的层板叠层不同,使得所述层板叠层是非轴对称的。
2. 根据权利要求1所述的壁,其中,所述至少一个第一区域中的所述层板叠层由第一多个层板形成,
其中所述第一多个层板包括沿第一方向定向的纤维和沿第二方向定向的纤维。
3. 根据权利要求2所述的壁,其中,所述至少一个第二区域中的所述层板叠层由所述第一多个层板和第二多个层板形成,
其中所述第二多个层板包括沿第三方向定向的纤维和沿第四方向定向的纤维,所述第三方向和第四方向不同于所述第一方向和第二方向。
4. 根据权利要求1所述的壁,其中,所述层板叠层具有厚度,并且
其中所述至少一个第二区域中的层板叠层关于中线不对称,所述中线在所述层板叠层的径向中心处围绕所述壁的圆周延伸。
5. 根据权利要求1所述的壁,其中,所述多个区域包括两个第一区域和两个第二区域。
6. 根据权利要求5所述的壁,其中,所述第一区域和所述第二区域中的每一个包括所述壁的基本相等的角部分。
7. 根据权利要求1所述的壁,其中,所述壁是所述燃气涡轮发动机的风扇壳的背板。
8. 一种风扇壳,包括:
环形内壳体;
填充层;
环形背板;以及
环形外层,
其中所述背板沿周向分段为多个区域,所述多个区域包括至少一个第一区域和至少一个第二区域,
其中所述背板包括多个复合层板,所述复合层板布置成层板叠层,以及
其中所述至少一个第一区域中的层板叠层与所述至少一个第二区域中的层板叠层不同,使得所述层板叠层是非轴对称的。
9. 根据权利要求8所述的风扇壳,其中,所述至少一个第一区域中的所述层板叠层由第一多个层板形成,
其中所述第一多个层板包括以 0° 定向来定向的纤维和以 90° 定向来定向的纤维。
10. 根据权利要求9所述的风扇壳,其中,所述至少一个第二区域中的所述层板叠层由所述第一多个层板和第二多个层板形成,
其中所述第二多个层板包括以 $+45^{\circ}$ 定向来定向的纤维和以 -45° 定向来定向的纤维。

具有非轴对称复合壁的罩壳

技术领域

[0001] 本主题大体上涉及复合构件。更具体地,本主题涉及环形复合构件中的非轴对称层板叠层(ply layup),如燃气涡轮发动机的风扇壳(case)。

背景技术

[0002] 飞行器燃气涡轮发动机在各种状态下操作,且外物可摄入到发动机中。在发动机的操作期间,且具体是在由发动机供能的飞行器移动期间,风扇叶片可由外物冲击和破坏,例如,如,飞鸟或跑道上带入的碎片。对风扇叶片的冲击可能会损坏叶片并导致叶片碎片或整个叶片断裂并以相对高的速度沿径向向外飞行。

[0003] 为了限制或最小化随之而来的破坏,一些已知发动机包括金属或复合罩壳(casing)或壳体(shell),以便于提高发动机的径向和轴向刚度,且便于减小接近发动机罩壳穿透的应力。已经开发了用于燃气涡轮发动机的复合风扇罩壳,如,2007年7月24日公告且转让给本受让人(General Electric Company,通用电气公司)的授予Xie等人的美国专利第7,246,990号中公开的那些。

[0004] 复合风扇壳和壳体经历在较大施加负载如风扇叶片断裂(FBO)期间引起的应变造成的损坏。这种损坏可传播到延伸的360度裂缝,这可削弱罩壳或壳体的整体承载能力,例如通过消除主要负载路径。需要负载路径,例如,以将风扇壳的入口和前部上的负载传递到发动机支架,该发动机支架可能位于风扇壳的后部。因此,高度希望提供一种复合容纳壳体或罩壳以限制FBO期间的损坏,并且高度希望这种损坏不会传播到延伸的360度裂缝。通常,复合风扇罩壳利用轴对称的层板叠层,其中形成罩壳的所有层板具有相同的定向,以例如向罩壳提供环向强度(hoop strength)。此外,FBO事件通常相对于风扇叶片的时钟位置(clocking position)是随机的,因此在圆周周围没有或多或少可能经受冲击事件的位置。因此,在FBO期间设计针对局部强度的壳将导致典型的轴对称设计。然而,如上所述,这种设计可能表现出较差的裂纹扩展特性。

[0005] 因此,用于燃气涡轮发动机的罩壳的改进的复合壁将是期望的。具体而言,具有非轴对称的层板叠层的环形壁、如用于燃气涡轮发动机风扇壳的背板将是有益的。此外,具有径向不对称的层板叠层的此复合壁或背板将是有益的。另外,用于形成此复合壁或背板的方法将是有益的。

发明内容

[0006] 本发明的方面和优点将在以下描述中部分地阐明,或可从描述中清楚,或可通过实践本发明学习到。

[0007] 在本主题的一个示例性实施例中,提供了一种燃气涡轮发动机罩壳的壁。该壁包括以层板叠层布置的多个复合层板。壁是环形的并且周向地分段成多个区域。多个区域包括至少一个第一区域和至少一个第二区域。至少一个第一区域中的层板叠层与至少一个第二区域中的层板叠层不同,使得层板叠层是非轴对称的。

[0008] 在本主题的另一示例性实施例中,提供了一种风扇壳。风扇壳包括环形内壳体、填充层、环形背板和环形外层。背板沿周向分段成多个区域,包括至少一个第一区域和至少一个第二区域。背板包括以层板叠层布置的多个复合层,并且至少一个第一区域中的层板叠层与至少一个第二区域中的层板叠层不同,使得层板叠层是非轴对称的。

[0009] 在本主题的另一示例性实施例中,提供了一种用于形成风扇壳的壁的方法。该方法包括层叠第一多个第一层板以形成环形风扇壳的第一区域,以及层叠第二多个第一层板和多个第二层板以形成风扇壳的第二区域。第二区域邻接第一区域。第一多个第一层板、第二多个第一层板和多个第二层板形成层板叠层。第二层板定向成与第一层板不同,使得层板叠层是非轴对称的。

[0010] 本发明的这些及其它特征、方面和优点将参照以下描述和所附权利要求书变得更好理解。并入且构成本说明书的一部分的附图示出了本发明的实施例,且连同描述用于阐释本发明的原理。

[0011] 技术方案1. 一种燃气涡轮发动机罩壳的壁,包括:

布置成层板叠层的多个复合层板,

其中所述壁是环形的并且周向地分段成多个区域,所述多个区域包括至少一个第一区域和至少一个第二区域,以及

其中所述至少一个第一区域中的层板叠层与所述至少一个第二区域中的层板叠层不同,使得所述层板叠层是非轴对称的。

[0012] 技术方案2. 根据任意前述技术方案所述的壁,其中,所述至少一个第一区域中的所述层板叠层由第一多个层板形成,

其中所述第一多个层板包括沿第一方向定向的纤维和沿第二方向定向的纤维。

[0013] 技术方案3. 根据任意前述技术方案所述的壁,其中,所述至少一个第二区域中的所述层板叠层由所述第一多个层板和第二多个层板形成,

其中所述第二多个层板包括沿第三方向定向的纤维和沿第四方向定向的纤维,所述第三方向和第四方向不同于所述第一方向和第二方向。

[0014] 技术方案4. 根据任意前述技术方案所述的壁,其中,所述层板叠层具有厚度,并且

其中所述至少一个第二区域中的层板叠层关于中线不对称,所述中线在所述层板叠层的径向中心处围绕所述壁的圆周延伸。

[0015] 技术方案5. 根据任意前述技术方案所述的壁,其中,所述多个区域包括两个第一区域和两个第二区域。

[0016] 技术方案6. 根据任意前述技术方案所述的壁,其中,所述第一区域和所述第二区域中的每一个包括所述壁的基本相等的角部分。

[0017] 技术方案7. 根据任意前述技术方案所述的壁,其中,所述壁是所述燃气涡轮发动机的风扇壳的背板。

[0018] 技术方案8. 一种风扇壳,包括:

环形内壳体;

填充层;

环形背板;以及

环形外层，

其中所述背板沿周向分段为多个区域，所述多个区域包括至少一个第一区域和至少一个第二区域，

其中所述背板包括多个复合层板，所述复合层板布置成层板叠层，以及

其中所述至少一个第一区域中的层板叠层与所述至少一个第二区域中的层板叠层不同，使得所述层板叠层是非轴对称的。

[0019] 技术方案9. 根据任意前述技术方案所述的风扇壳，其中，所述至少一个第一区域中的所述层板叠层由第一多个层板形成，

其中所述第一多个层板包括以 0° 定向来定向的纤维和以 90° 定向来定向的纤维。

[0020] 技术方案10. 根据任意前述技术方案所述的风扇壳，其中，所述至少一个第二区域中的所述层板叠层由所述第一多个层板和第二多个层板形成，

其中所述第二多个层板包括以 $+45^{\circ}$ 定向来定向的纤维和以 -45° 定向来定向的纤维。

[0021] 技术方案11. 根据任意前述技术方案所述的风扇壳，其中，所述第二多个层板层叠在所述第一多个层板的层之间。

[0022] 技术方案12. 根据任意前述技术方案所述的风扇壳，其中，所述层板叠层具有厚度，并且

其中所述至少一个第二区域中的层板叠层关于中线不对称，所述中线在所述层板叠层的径向中心处围绕所述背板的圆周延伸。

[0023] 技术方案13. 根据任意前述技术方案所述的风扇壳，其中，所述多个区域包括两个第一区域和两个第二区域，并且

其中每个第一区域包括所述背板的与每个第二区域不同的角部分，使得每个第一区域在尺寸上与每个第二区域不相等。

[0024] 技术方案14. 根据任意前述技术方案所述的风扇壳，其中，所述至少一个第一区域中的所述层板叠层由第一多个层板形成，

其中所述至少一个第二区域中的层板叠层由所述第一多个层板和第二多个层板形成，并且

其中在所述第一区域和所述第二区域之间的过渡区中，在所述第一多个层板和所述第二多个层板之间形成非交错对接拼接。

[0025] 技术方案15. 根据任意前述技术方案所述的风扇壳，其中，所述至少一个第一区域中的所述层板叠层由第一多个层板形成，

其中所述至少一个第二区域中的层板叠层由所述第一多个层板和第二多个层板形成，并且

其中在所述第一区域和所述第二区域之间的过渡区中，在所述第一多个层板和所述第二多个层板之间形成交错对接拼接。

[0026] 技术方案16. 根据任意前述技术方案所述的风扇壳，其中，所述至少一个第一区域中的所述层板叠层由第一多个层板形成，

其中所述至少一个第二区域中的层板叠层由所述第一多个层板和第二多个层板形成，并且

其中在所述第一区域和所述第二区域之间的过渡区中，在所述第一多个层板和所述第

二多个层板之间形成重叠拼接。

[0027] 技术方案17. 一种用于形成风扇壳的壁的方法,所述方法包括:

层叠第一多个第一层板以形成所述环形风扇壳的第一区域;以及

层叠第二多个第一层板和多个第二层板以形成所述风扇壳的第二区域,所述第二区域邻接所述第一区域,

其中所述第一多个第一层板、所述第二多个第一层板和所述多个第二层板形成层板叠层,并且

其中所述第二层板与第一层板不同地定向,使得所述层板叠层是非轴对称的。

[0028] 技术方案18. 根据任意前述技术方案所述的方法,其中,所述多个第一层板包括沿第一方向定向的纤维和沿第二方向定向的纤维,并且

其中所述多个第二层板包括沿第三方向定向的纤维和沿第四方向定向的纤维,所述第三方向和第四方向不同于所述第一方向和第二方向。

[0029] 技术方案19. 根据任意前述技术方案所述的方法,其中,所述层板叠层具有厚度,并且

其中所述第二区域中的层板叠层沿所述厚度不对称。

[0030] 技术方案20. 根据任意前述技术方案所述的方法,其中,在所述第一区域和所述第二区域之间的过渡区中,在所述第一层板和所述第二层板之间形成重叠拼接。

附图说明

[0031] 针对本领域的普通技术人员的包括其最佳模式的本发明的完整且能够实现的公开内容在参照附图的说明书中阐明,在附图中:

图1提供了根据本主题的各种实施例的示例性燃气涡轮发动机的示意性横截面视图。

[0032] 图2提供了根据本主题的一个示例性实施例的具有复合背板的风扇叶片容纳系统的透视图。

[0033] 图3提供了图2的风扇叶片容纳系统的示意性横截面视图。

[0034] 图4提供了根据本主题的一个示例性实施例的形成图2的风扇叶片容纳系统的背板的层板叠层的示意性横截面视图。

[0035] 图5提供了根据本主题的另一示例性实施例的形成图2的风扇叶片容纳系统的背板的层板叠层的示意性横截面视图。

[0036] 图6、7、8和9提供了示意性横截面视图,其示出了图2的风扇叶片容纳系统的背板的第一区域和第二区域之间的各种示例性过渡构造。

[0037] 图10提供了在风扇叶片断裂(FBO)或其它损坏事件之后的图2的风扇叶片容纳系统的透视图。

[0038] 图11提供了示出根据本主题的一个示例性实施例的用于形成燃气涡轮发动机罩壳的壁(如背板)的方法的流程图。

具体实施方式

[0039] 现在将详细参照本发明的实施例,其一个或多个示例在附图中示出。该详细描述使用了数字和字母标记来表示附图中的特征。附图和说明书中相似或类似的标记已用于表

示本发明的相似或类似的部分。

[0040] 如本文使用的,用语“第一”、“第二”和“第三”可互换使用,以将一个构件与另一个区分开,且并不旨在表示独立构件的位置或重要性。

[0041] 用语“前”和“后”是指燃气涡轮发动机或车辆内的相对位置,并且是指燃气涡轮发动机或车辆的正常操作姿态。例如,关于燃气涡轮发动机,前指的是更靠近发动机入口的位置,而后指的是更靠近发动机喷嘴或排气口的位置。

[0042] 用语“上游”和“下游”是指相对于流体通路中的流体流的相对方向。例如,“上游”是指流体流自的方向,且“下游”是指流体流至的方向。

[0043] 用语“联接”、“固定”、“附接到”等指的是直接联接、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,除非本文另有规定。

[0044] 单数形式“一个”、“一种”和“该”包括复数参考,除非上下文清楚地另外指出。

[0045] 如本文在说明书和权利要求书各处使用的近似语言用于修饰可允许地在不导致其涉及的基本功能的变化,的情况下改变的任何数量表达。因此,由一个或多个用语如“大约”、“大概”和“大致”修饰的值不限于指定的精确值。在至少一些情况下,近似语言可对应于用于测量值的仪器的精度,或用于构造或制造构件和/或系统的方法或机器的精度。例如,近似语言可表示在10%裕度内。

[0046] 这里和说明书和权利要求书各处,范围限制组合和互换,此范围被识别且包括包含在其中的所有子范围,除非上下文或语言另外指出。例如,本文公开的所有范围都包含端点,且端点可与彼此独立地组合。

[0047] 现在参看附图,其中相同的数字表示贯穿附图的相同元件,图1为根据本公开内容的一个示例性实施例的燃气涡轮发动机的示意性横截面视图。更具体而言,对于图1的实施例,燃气涡轮发动机为本文称为“涡扇发动机10”的高旁通涡扇喷气发动机10。如图1中所示,涡扇发动机10限定轴向方向A(平行于为了参照而提供的纵向中心线12延伸)和径向方向R。大体上,涡扇10包括风扇区段14和设置在风扇区段14下游的核心涡轮发动机16。

[0048] 描绘的示例性核心涡轮发动机16大体上包括基本上管状的外罩壳18,其限定环形入口20。外罩壳18包围成串流关系的包括增压或低压(LP)压缩机22和高压(HP)压缩机24的压缩机区段;燃烧区段26;包括高压(HP)涡轮28和低压(LP)涡轮30的涡轮区段;以及喷气排气喷嘴区段32。高压(HP)轴或转轴34将HP涡轮28传动地连接至HP压缩机24。低压(LP)轴或转轴36将LP涡轮30传动地连接至LP压缩机22。

[0049] 对于所描绘的实施例,风扇区段14包括风扇38,其具有以间隔开的方式连接到盘42的多个风扇叶片40。如所描绘的,风扇叶片40从盘42大体上沿径向方向R向外延伸。风扇叶片40和盘42可由LP轴36围绕纵轴线12一起旋转。在一些实施例中,具有多个齿轮的动力变速箱可被包括,以将LP轴36的转速逐步降低到更有效的风扇转速。

[0050] 仍参看图1的示例性实施例,盘42由可旋转的前机舱48覆盖,该前机舱48空气动力学上成轮廓,以促进空气流穿过多个风扇叶片40。另外,示例性风扇区段14包括环形风扇罩壳或外机舱50,其沿周向围绕风扇38和/或核心涡轮发动机16的至少一部分。应认识到的是,机舱50可构造成由多个沿周向间隔开的出口导向导叶52关于核心涡轮发动机16支承。此外,机舱50的下游区段54可在核心涡轮发动机16的外部上延伸,以便限定其间的旁通空气流通路56。

[0051] 在涡扇发动机10的操作期间,一定体积的空气58经由机舱50和/或风扇区段14的相关联的入口60进入涡扇10中。当一定体积的空气58穿过风扇叶片40时,如由箭头62指出的空气58的第一部分引导或传送到旁通空气流通路56中,且如由箭头64指出的空气58的第二部分引导或传送到LP压缩机22中。空气的第一部分62与空气的第二部分64之间的比率通常已知为涵道比。空气的第二部分64的压力然后在其传送穿过高压(HP)压缩机24且进入燃烧区段26中时增大,在该处其与燃料混合且燃烧以提供燃烧气体66。

[0052] 燃烧气体66传送穿过HP涡轮28,在该处,来自燃烧气体66的热能和/或动能的一部分经由联接至外罩壳18的HP涡轮定子导叶68和联接至HP轴或转轴34的HP涡轮转子叶片70的连续级提取,因此引起HP轴或转轴34旋转,从而支持HP压缩机24的操作。燃烧气体66然后传送穿过LP涡轮30,在该处,热能和动能的第二部分从燃烧气体66经由联接至外罩壳18的LP涡轮定子导叶72和联接至LP轴或转轴36的LP涡轮转子叶片74的连续级提取,因此引起LP轴或转轴36旋转,从而支持LP压缩机22的操作和/或风扇38的旋转。

[0053] 燃烧气体66随后传送穿过核心涡轮发动机16的喷气排气喷嘴区段32来提供推进推力。同时,空气62的第一部分的压力在空气62的第一部分在其从涡扇10的风扇喷嘴排气区段76排出之前传送穿过旁通空气流通路56时基本上增大,也提供了推进推力。HP涡轮28、LP涡轮30和喷气排气喷嘴区段32至少部分地限定热气体路径78,以将燃烧气体66传送穿过核心涡轮发动机16。

[0054] 在一些实施例中,涡扇发动机10的构件可包括复合材料,例如聚合物基质复合(PMC)材料或陶瓷基质复合(CMC)材料,其具有高温能力。复合材料大体上包括嵌入基质材料中的纤维增强材料,例如聚合物或陶瓷基质材料。增强材料用作复合材料的承载组成,而复合材料的基质用于将纤维粘合在一起并充当介质,外部施加的应力通过该介质传递并分配到纤维。

[0055] PMC材料通常通过以树脂(预浸料坯(prepreg))浸渍织物或单向带(unidirectional tape),然后固化来制造。在浸渍之前,织物可称为“干”织物,并且通常包括两个或更多个纤维层(层板)的叠层。纤维层可由多种材料形成,其非限制性示例包括碳(例如,石墨)、玻璃(例如,玻璃纤维)、聚合物(例如,Kevlar®)纤维、和金属纤维。纤维增强材料可以以相对短的短切纤维的形式使用,大体长度上小于2英寸,且更优选地小于1英寸,或长连续纤维,其后者通常用于生产织造织物或单向带。PMC材料可通过将干纤维分散到模具中,并然后使基质材料在增强纤维周围流动,或通过使用预浸料坯来生产。例如,可将多层预浸料坯堆叠到针对零件的适当厚度和定向,并且然后树脂可固化和凝固以形成纤维增强复合零件。用于PMC基质材料的树脂通常可分类为热固性塑料或热塑性塑料。热塑性树脂大体归类为聚合物,其在加热时可反复软化和流动,并且当由于物理而非化学变化而充分冷却时硬化。值得注意的热塑性树脂的示例类包括尼龙、热塑性聚酯、聚芳醚酮和聚碳酸酯树脂。已考虑用于航空航天应用的高性能热塑性树脂的具体示例包括聚醚醚酮(PEEK)、聚醚酮酮(PEKK)、聚醚酰亚胺(PEI)和聚苯硫醚(PPS)。相反,一旦完全固化成坚硬的刚性固体,热固性树脂在加热时不会经历显著的软化,而是改为在充分加热时热分解。热固性树脂的显著示例包括环氧树脂、双马来酰亚胺(BMI)和聚酰亚胺树脂。

[0056] 示例性CMC材料可包括碳化硅(SiC)、硅、二氧化硅或氧化铝基质材料及其组合。陶瓷纤维可嵌入基质内,如,包括单丝如蓝宝石或碳化硅(例如,Textron的SCS-6)的氧化稳定

增强纤维,以及包括碳化硅(例如,Nippon Carbon的NICALON®、Ube Industries的TYRANNO®和Dow Corning的SYLRAMIC®)、硅酸铝(例如,3M的Nextel 440和480)、以及短切晶须和纤维(例如,3M的Nextel 440和SAFFIL®)、以及可选地陶瓷颗粒(例如,Si、Al、Zr、Y的氧化物和它们的组合)以及无机填料(例如,叶腊石、钙硅石、云母、滑石、蓝晶石和蒙脱土)的粗砂和纱。例如,在某些实施例中,可包括陶瓷耐火材料涂层的纤维束形成为增强带,如单向增强带。多个带可一起层叠(例如,作为层板)以形成预制构件。在形成预制件(perform)之前或在形成预制件之后,可用浆料组成浸渍纤维束。预制件然后可经历热处理,如固化或烧尽,以在预制件中产生高焦炭残留物,并随后经历化学处理,如利用硅的熔融渗透,以达到由具有期望的化学组成的CMC材料形成的构件。在其它实施例中,CMC材料可形成为例如碳纤维布而非带。

[0057] 转到图2,发动机10的风扇区段14包括风扇叶片容纳系统100,其包括风扇壳50并且外接并围绕风扇38和风扇叶片40以保持从发动机风扇38脱落的任何风扇叶片40或风扇叶片碎片。当风扇叶片或其一部分意外地从高旁通涡扇发动机的转子释放时,出现“叶片断裂事件”或风扇叶片断裂(FBO)事件。当在飞行期间突然释放时,风扇叶片可以以较大的力冲击周围的风扇壳,且风扇壳上所得的负载可引起风扇壳的周向开裂。

[0058] 典型的风扇叶片容纳系统具有两种主要类型:“硬壁(hardwall)”系统和“软壁(softwall)”系统。硬壁系统包括由高强度材料制成的环形容纳壳,其具有足够的壳体厚度以吸收冲击风扇叶片的动能。软壁系统采用由内环形壳体和外环形壳体限定的嵌套区,其具有设置在其中的蜂窝或其它合适的结构。另外,可将防弹材料(如芳香族聚酰胺纤维(例如,Kevlar®))缠绕在壳结构周围。叶片碎片捕获在系统内,并防止与其它风扇叶片进一步接触。硬壁和软壁系统也可组合。

[0059] 如本文所述,风扇叶片容纳系统100是软壁系统。在所绘实施例中,风扇壳50包括至少一个复合壁,例如复合背板。风扇壳50的复合壁的复合材料优选地是轻质且高强度的材料,如PMC或CMC材料。如下面更详细描述,风扇壳50的示例性复合壁或背板104具有在周向上变化的层板叠层,使得在一个区域中的层板叠层的至少一个层板的定向不同于在相邻区域中的层板的定向。周向变化的层板叠层设计成用于引导在大的施加负载期间、例如在FBO事件期间引起的应变,并且阻止由叶片穿透、振动等引起的裂缝。在FBO事件期间阻止和引导裂缝传播以保持风扇壳的至少一个负载路径是非常有益的。

[0060] 参考图3,包括风扇壳50的风扇叶片容纳系统100是环形的并且具有环形内壳体102。环形背板104与内壳体102径向向外间隔开并围绕风扇叶片40。环形填充层106(如蜂窝层)设置在内壳体102和背板104之间。此外,环形外层108(如芳香族聚酰胺纤维)可覆盖并围绕围绕风扇叶片40的背板104。

[0061] 在一些实施例中,内壳体102是风扇叶片容纳系统100的金属内壁,即,内壳体102由金属或金属合金形成。然而,在其它实施例中,内壳体102是容纳系统100的复合内壁,由诸如PMC、CMC等的复合材料形成。此外,如前所陈述,背板104是容纳系统100的复合壁。复合背板104由包括多个复合材料层板的层板叠层110形成。参看回图2,环形背板104沿周向分段成多个区域,包括至少一个第一区域112和至少一个第二区域114。至少一个第一区域112邻接至少一个第二区域114。

[0062] 图4至图9提供了根据本主题的各种示例性实施例的形成背板104的层板叠层110

的示意性横截面视图。更确切地说,图4示出了背板104的第二区域114中的层板叠层110,并且图5示出了第二区域114中的层板叠层110的另一实施例。图6-9示出了第一区域112的层板叠层110与背板104的第二区域114之间的过渡区116。

[0063] 如图4-9所示,层板叠层110包括多个第一层板120和多个第二层板122。背板104的每个第一区域112仅包括第一层板120,而每个第二区域114包括第一层板120和第二层板122。因此,第一区域112中的层板叠层110与第二区域114中的层板叠层110不同,使得层板叠层110是非轴对称的。也就是说,层板叠层110关于风扇壳50的轴线118不对称。此外,将认识到的是,在一些实施例中,多个第一层板120包括具有沿第一方向定向的纤维的层板,其可称为第一方向层板120a,以及具有沿第二方向定向的纤维的层板,其可称为第二方向层板120b。第一方向通常与第二方向正交。类似地,多个第二层板122包括具有沿第三方向定向的纤维的层板,其可称为第三方向层板122a,以及具有沿第四方向定向的纤维的层板,其可称为第四方向层板122b。第三方向通常与第四方向正交,并且第三方向和第四方向与第一方向和第二方向不同。然而,在其它实施例中,多个第一层板120中的每个第一层板120可为具有沿第一方向定向的纤维与沿第二方向定向的纤维编织在一起的织造织物层板,使得每个第一层板120包括沿第一方向和第二方向两者的纤维。同样地,多个第二层板122中的每个第二层板122可为具有沿第三方向定向的纤维与沿第四方向定向的纤维编织在一起的织造织物层板,使得每个第二层板122包括沿第三方向和第四方向两者的纤维。

[0064] 第一层板120可为0/90层板。因此,在其中第一层板120是单向层板的实施例中,第一层板120相对于参考轴线具有0°定向和90°定向,例如,风扇壳50的轴向中心线118,其在风扇壳50安装在发动机中时,与发动机10的轴向中心线12相同。例如,第一方向层板120a可具有0°定向,而第二方向层板120b可具有90°定向。此外,在其中第一层板120是织造层板的实施例中,第一层板120由0°和90°纤维织造。此外,第二层板122可为+/-45层板。因此,在其中第二层板122是单向层板的实施例中,第二层板122具有相对于参考轴线的+45°定向和-45°定向。例如,第三方向层板122a可具有+45°定向,而第四方向层板122b可具有-45°定向。在其中第二层板122是织造层板的实施例中,第二层板122由+45°和-45°纤维织造。在其它实施例中,第一层板120是+/-45层板,而第二层板122是0/90层板。

[0065] 具体参看图4,其描绘了背板104的第二区域114中的层板叠层110的一部分,层板叠层110中的大多数层板是第一层板120,并且其余的层板是第二层板122。例如,对于包括沿径向方向R堆叠的十(10)个层板以形成背板104的厚度t的层板叠层110,与第一区域112(其仅包括第一层板120)相比,第二区域114中的第一层板120中的两个可用第二层板122代替。因此,第二区域114中的层板叠层110中的层板中的20%是第二层板122,并且层板中的剩余的80%是第一层板120。

[0066] 在其它实施例中,可将第二层板122添加到第二区域114中的层板叠层110,而不是用第二层板122替换第一层板120。如图5中所示,对于在第一区域112中包括总共十(10)个层板的层板叠层110,层板叠层110在第二区域114中包括多于十个层板。在所描绘的实施例中,对于第二区域114中的总共十二(12)个层板,层板叠层110包括十个第一层板120和两个第二层板122。因此,对于图5中所示的第二区域114的层板叠层110,层板中的大约17%是第二层板122,并且层板中的剩余的大约83%是第一层板120。

[0067] 作为包括单向层板120,122的层板叠层110的示例,在仅由第一层板120形成的第

一区域112中,第一方向层板120a可与第二方向层板120b层叠,使得层板叠层110沿背板104的厚度 t 在第一方向层板120a和第二方向层板120b之间交替。在由第一层板120以及第二层板122形成的第二区域114中,第一方向层板120a和第二方向层板120b可仍然沿厚度 t 交替,但是至少一层第三方向层板122a和至少一层第四方向层板122b或替换至少一层第一方向层板120a和/或至少一层第二方向层板120b,或添加到第一方向层板120a和第二方向层板120b的层中。如图4中所示,在各种实施例中,第一方向层板120a和第二方向层板120b中的哪一个是层板叠层110中的第一层板120的径向最内层板,以及第三方向层板122a和第四方向层板122b中的哪一个是层板叠层110中的第二层板122的径向最内层板可变化。例如,在一个实施例中,叠层110可以以第一方向层板120a作为径向最内层板开始,第二方向层板120b可堆叠在第一第一方向层板120a上,第三方向层板122a可堆叠在第一第二方向层板120b上,跟随有第二方向层板120b的第一方向层板120a可堆叠在第三方向层板122a上,第四方向层板122b可堆叠在第二第二方向层板120b上,然后是第一方向层板120a、第二方向层板120b,第一方向层板120a和第二方向层板120b可堆叠在第四方向层板122b上,以完成层板叠层110。在另一个实施例中,层板叠层110可以以第二方向层板120b开始,因为径向最内层板和第四方向层板122b可为层板叠层110中的第二层板122的径向最内层板。也可使用第二区域114中的第一层板120和第二层板122的其它顺序。

[0068] 作为包括织造层板120,122的层板叠层110的示例,第一区域112由第一层板120形成,即,多个第一层板120层叠以限定背板104的厚度 t 。在第二区域114中,第一层板120像它们在第一区域112中层叠一样层叠,但是至少两层第二层板122替换或添加到第一层板120的层。例如,如图4中所示,从叠层110中的径向最内层板计数的第二区域114中的层板叠层110中的第三和第六层板是第二层板122,并且层板叠层110包括总共十(10)个层板。在第一区域112中,第三层板和第六层板(以及第一区域112中的叠层110中的其余层板)是第一层板120,对于在第一区域112中的层板叠层110中的总共十个层板。因此,第二层板122替换第二区域114中的第一层板120,使得背板104具有均匀的厚度 t (即,第一区域112和第二区域114中的相同的厚度 t)。作为另一示例,如图5中所示,从叠层110中的径向最内层板计数的第二区域114中的层板叠层110中的第三和第六层板是第二层板122,但层板叠层110包括总共十二(12)个层板。在第一区域112中,第三和第六层板(以及第一区域112中的叠层110中的其余层板)是第一层板120,对于在第一区域112中的层板叠层110中的总共十个层板。因此,在图5的实施例中,第二层板122添加到第一层板120的叠层,并且背板104在第二区域114中具有增加的厚度 t (即,一个或多个第二区域114中的局部增加的厚度)。

[0069] 如图4和5的示例性实施例中所示,无论层板120,122是单向的还是织造的,第二层板122与第一层板120交错,使得壁或背板104沿其厚度 t 不对称。也就是说,第二区域114中的层板叠层110沿径向方向 R 是不对称的,或关于在层板叠层100的径向中心处围绕背板104的圆周延伸的中线不对称。在图4和5中所示的特定实施例中,第二层板122与整个层板堆叠相比径向向内定位,即,比第二层板122更多的第一层板120径向向外定位在层板叠层110中。因此,层板叠层110关于背板104的厚度 t 不对称。

[0070] 参看回图2,在本主题的一个示例性实施例中,对于总共四个区域,背板104包括两个第一区域112和两个第二区域114。然而,在其它实施例中,背板104可包括不同数量的第一区域112和第二区域114,例如,背板104对于总共六个区域可包括三个第一区域112和三

个第二区域114。每个区域112,114尺寸上可基本相等或尺寸上可不相等。例如,每个区域112,114包括环形背板104的角部分。在一些实施例中,第一区域112和第二区域114中的每一个包括背板104的基本相等的角部分,例如,对于四区域背板104,每个区域112,114延伸背板104的总共 360° 的 90° ,并且对于六区域背板104,每个区域112,114延伸总共 360° 的 60° 。在其它实施例中,每个第一区域112包括背板104的与每个第二区域114不同的角部分,使得每个第一区域112尺寸上与每个第二区域114不相等。举例来说,对于具有两个第一区域112和两个第二区域114的背板104,每个第一区域112可延伸背板104的总共 360° 的 120° ,并且每个第二区域114可延伸总共 360° 的 60° ,反之亦然(每个第一区域112延伸 60° 并且每个第二区域延伸 120°)。

[0071] 现在转到图6-9,将描述在第一区域112和第二区域114之间转换的不同方式。图6示出了非交错对接拼接过渡构造。在非交错对接拼接构造中,每个第二层板122的端部124沿层板叠层110的径向方向R或厚度t对齐。每个第一层板120的端部126位于第一区域112中与第二区域114中的第二层板122相同的径向位置处,位于第二层板122的端部124处或附近。因此,第二区域114的第二层板122抵靠或靠近第一区域112的第一层板120。如图6中所示,非交错对接拼接构造将第二层板120引入到层板叠层110中而不增加层板叠层110的厚度t,即,层板叠层110在第一区域112和第二区域114二者中具有恒定或均匀的厚度。

[0072] 图7示出了交错对接拼接过渡构造。在交错对接拼接构造中,第二区域114中的第二层板122的端部124未对齐。也就是说,一个第二层板122的端部124沿周向方向C偏离另一个第二层板122的端部124。因此,过渡区116限定在第一区域112和第二区域114之间,其中在特定径向位置处的层板从第一区域112中的第一层板120过渡到第二区域114中的第二层板122。与非交错对接拼接构造类似,每个第一层板120的端部126位于第一区域112中与第二区域114中的第二层板122相同的径向位置处,位于第二层板122的端部124处或附近。因此,第二区域114的第二层板122抵靠或靠近第一区域112的第一层板120,但是端部124,126相遇的地方沿层板叠层110的径向方向R或厚度t交错。此外,如图7中所示,交错对接拼接构造将第二层板120引入到层板叠层110中而不增加层板叠层110的厚度t,即,层板叠层110在第一区域112和第二区域114二者中具有恒定或均匀的厚度。

[0073] 图8示出了具有恒定或均匀厚度的重叠拼接过渡构造,并且图9示出了具有局部增加厚度的重叠拼接过渡构造。在重叠拼接构造中,第二层板122的端部124与第一层板120的端部126重叠,其位于第一区域112中的与第二层板122位于第二区域114中相同的径向位置处。因此,第二层板122的端部124处于与相应的层板122的其余部分不同的径向位置处。重叠拼接形成在第一区域112和第二区域114之间的过渡区116中。

[0074] 在图8的实施例中,其中第二层板120引入到层板叠层110中而不增加层板叠层110的厚度t,即,层板叠层110在第一区域112和第二区域114两者中具有恒定或均匀的厚度,第一层板120的端部126a定位在第二层板122的端部124处,该第二层板122与第一层板120处于相同的径向位置。此外,第一层板120的端部126b定位在第二层板122的端部124的下方(或径向向内),并且从重叠端部124到层板112的本体130抵靠第二层板122的过渡区域128。此外,另一个第一层板120的端部126c抵靠在层板122的本体130上方(或径向向外)的过渡区域128定位。另外,第二区域114中的第二层板122的端部124相对于彼此交错。以此方式,第一层板120补偿过渡区116处的第二层板122中的台阶。

[0075] 在图9的实施例中,第一层板120定位在第二层板122的端部124上方,使得第一层板120与第二层板122的重叠端部124重叠。因此,层板叠层110的厚度 t 在过渡区116中局部增加,其中第二层板122的端部124与第一层板120重叠,而另一个第一层板120上覆或重叠第二层板122。图9仅示出了层板叠层110的厚度 t 的一部分,但是将理解的是,相对于一个第二层板122示出的重叠拼接过渡构造将相对于第二区域114内的任何其它第二层板122复制,并因此,在第一区域112和第二区域114之间的过渡区116中产生局部增加的层板叠层110的厚度。

[0076] 在一些实施例中,不同的过渡构造可用于不同的第二层板122。例如,对接拼接可用于在一个径向位置处从第一层板120到第二层板122的过渡,并且重叠拼接可用于在另一个径向位置处从第一层板120到第二层板122的过渡。此外,将认识到的是,每个第一层板120具有两个端部126,一个端部126与另一个端部126相对,并且每个第二层板122具有两个端部124,一个端部124与另一个端部124相对。在一些实施例中,可在给定的第二层板122的两个端部124处使用相同的过渡构造。在其它实施例中,可在给定的第二层板122的每个端部124处使用不同的过渡构造。

[0077] 图10提供了在风扇叶片断裂(FBO)或其它损坏事件之后的如本文所述的风扇叶片容纳系统100的透视图。如图10中所示,风扇叶片,风扇叶片的一部分或其它碎片在风扇叶片容纳系统100的风扇壳50中形成了损坏区域150。此外,裂缝152已经形成在背板104的每个第一区域112中,或来自初始碎片冲击或来自风扇壳50的后续振动。单向或织造层板中的裂缝通常从平行于纤维方向中一个形成;因此,在不改变纤维方向的情况下,裂缝可 360° 或围绕风扇壳的整个圆周传播。然而,如示出的本文所述的主题的图10中所示,每个裂缝152的传播在背板104的第二区域114处被阻止。也就是说,裂缝152不延伸到第二区域114中,并且因此不会围绕环形背板104的整个圆周或全部 360° 延伸。相反,改变复合背板104的层板叠层110局部地加强背板104,即,与如本文所述的第一区域112相比,第二区域114的不同层板叠层110局部地加强第二区域112。局部加强的第二区域112有助于阻止和引导裂纹传播,从而即使在FBO或其它损坏事件期间损坏时也保留风扇壳50的至少一个负载路径。更具体地,添加或包括具有交替纤维方向的层板有助于桥接裂缝并导致裂缝停止或裂缝转动,使得 360° 裂缝不可能形成。

[0078] 现在转向图11,提供了示出用于形成风扇壳50和风扇叶片容纳系统100的壁(如背板104)的示例性方法1100的流程图。如图11中在1102-1106处所示,方法1100包括逐层层叠第一多个第一层板120和第二多个层板122至厚度 t ,以形成具有第一区域112和第一区域114的环形风扇壳50。如上所述并如图2和10中所示,第二区域114邻接第一区域112,并且如图4-9中所示,第一多个层板120和第二多个层板122形成层板叠层110。更确切地说,如1102和1104处所示,方法1100包括层叠多个第一层板120以在第一区域112和第二区域114中的每一个中形成层板叠层110的层。方法1100还包括如果第二层板122应该是该层的一部分,则层叠多个第二层板122以在第二区域114中形成层的一部分。如图4-9中所示,第二区域114包括由第一层板120形成的一些层和由第二层板122形成的一些层,使得层板叠层110的给定的层可包括或不包括第二区域114中的第二层板122。如图11中在1106处所示,方法1100包括继续形成第一层板120或第一层板120和第二层板122的组的层,即,重复1102、1104和1106处所示的步骤,直到形成层板叠层110的厚度 t 的最终层。此外,将认识到的是,

可通过将层板120,122从内向外层叠在工具、心轴或其它支承件上来形成层板叠层110;也就是说,通常层板叠层110中的层板的径向最内层板抵靠加工或支承表面,并且层板的其余层层叠在径向最内层板的顶部上。

[0079] 如本文所述,第二层板122具有与第一层板120不同地定向的纤维,使得层板叠层110是非轴对称的。在一些实施例中,第一层板120和第二层板122是单向的,并且多个第一层板120包括具有沿第一方向定向的纤维的第一方向层板120a和具有沿第二方向定向的纤维的第二方向层板120b,其中第一方向通常与第二方向正交。类似地,多个第二层板122包括具有沿第三方向定向的纤维的第三方向层板122a和具有沿第四方向定向的纤维的第四方向层板122b,其中第三方向通常与第四方向正交,并且第三方向和第四方向与第一方向和第二方向不同。在其它实施例中,第一层板120和第二层板122可由织造织物形成,使得多个第一层板120包括具有沿第一方向定向的纤维和沿第二方向定向的纤维的层板120,并且多个第二层板122包括具有沿第三方向定向的纤维和沿第四方向定向的纤维的层板122。第一方向可与第二方向正交,并且第三方向可与第四方向正交,但是第三方向和第四方向与第一方向和第二方向不同。

[0080] 另外,如关于图4和5所讨论的,层板叠层110具有厚度 t ,并且第二区域114中的层板叠层110沿厚度 t 不对称。例如,如图4-8中所示,第二层板122相对于层板叠层110中的层板120,122的堆叠径向向内定位。因此,更多的第一层板120相比径向向内定位成径向向外,并且第一层板120和第二层板122沿厚度 t 的分布是不均匀的。因此,第二区域114中的层板叠层110沿厚度 t 是不对称的,或关于在层板叠层110的径向中心处围绕背板104的圆周延伸的中线是不对称的。

[0081] 此外,如前所述,形成第一区域112和第二区域114的第一层板120和第二层板122层叠,使得层板叠层110在第二区域114中的径向位置处从第一层板120过渡到第二层板122。也就是说,在第二区域114中的给定的径向位置处,第二层板122定位在层板叠层110中而不是第一层板120中;第一层板120在第一区域112中的相同径向位置处定位在层板叠层110中。从第一层板120到第二层板122的过渡发生在第一区域112和第二区域114之间的过渡区116中,并且过渡可为若干过渡构造中的一种,其示例在图6-9中示出。例如,过渡可为如图6中所示的非交错对接拼接,如图7中所示的交错对接拼接,如图8中所示的具有恒定或均匀厚度的重叠拼接,或如图9中所示的具有局部增加厚度的重叠拼接。

[0082] 接下来,如图11中在1108处所示,层板叠层110经历热处理和/或化学处理以形成壁或背板104。例如,对于PMC壁或背板104,复合层板叠层110例如在高压釜中在升高的温度和压力下进行压实和固结,并经历致密化和最终固化。对于CMC壁或背板104,复合层板叠层110被压实,并且如果合适的话,在经受升高的压力和温度的同时固化以产生固化的预制件,例如,可在高压釜中固化叠层或预制件以形成高压处理的本体。在示例性实施例中,然后在真空或惰性气氛中加热(烧制)高压处理的本体以分解粘合剂,除去溶剂,并将前体转化为所期望的陶瓷基质材料。由于粘合剂的分解,对于预制件的结果是多孔CMC烧制体,其可经历致密化,例如熔体渗透(MI),以填充孔隙率并产生相应的CMC构件。用于层板叠层110的热和/或化学处理的具体处理技术和参数将取决于材料的特定组成。举例来说,可使用用于固化复合层板以及用于使CMC构件致密化的其它已知的方法或技术。

[0083] 在如关于方法1100的1102至1108所描述的那样形成壁或背板104之后或同时,可

如1110处所示形成或制备风扇叶片容纳系统100的附加构件。例如,内壳体102可由金属或复合材料形成,可制备填充层106(如蜂窝),并且可例如由芳香族聚酰胺纤维(例如,Kevlar®)或其它合适的材料形成或制备外层108。如图11中在1112处所示,可组装风扇叶片容纳系统100的构件,包括背板104,以形成容纳系统100。

[0084] 因此,如本文所述,可形成燃气涡轮罩壳的壁,例如为风扇叶片容纳系统的一部分的风扇壳的背板,其在损坏事件之后至少保留罩壳的次级负载路径。更具体地,壁由多个复合层板形成,所述复合层板层叠在层板叠层中,使得壁是非轴对称的。例如,壁沿周向分段成至少两个区域,并且一个区域中的层板叠层与另一个区域中的层板叠层不同。此外,相对于层板叠层的厚度,一个区域中的层板叠层可为不对称的。层板叠层可在区域之间变化,以在壁的某些区域内提供局部强化,这有助于阻止和引导裂缝传播。结果,可保留罩壳的至少一个次级负载路径,以将风扇壳的入口上的负载传递到发动机支架,以及在诸如风扇叶片断裂的损坏事件之后帮助容纳诸如风扇叶片的碎片。与用于局部加固罩壳的其它手段、例如添加凸缘或其它结构特征不同,可通过在壁的至少一个区域中利用具有不同层板定向的层来实现改变复合物的层板叠层,这提供了局部强化而没有增加(或没有明显增加)壁或罩壳的重量。本领域的普通技术人员还可实现本文描述的主题的其它优点。

[0085] 本书面描述使用了示例来公开本发明,包括最佳模式,且还使本领域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,以及执行任何并入的方法。本发明的可取得专利的范围由权利要求限定,且可包括本领域的技术人员想到的其它示例。如果此类其它示例包括并非不同于权利要求书的书面语言的结构元件,或如果它们包括与权利要求的书面语言无实质差别的等同结构元件,则期望此类其它示例在权利要求书的范围内。

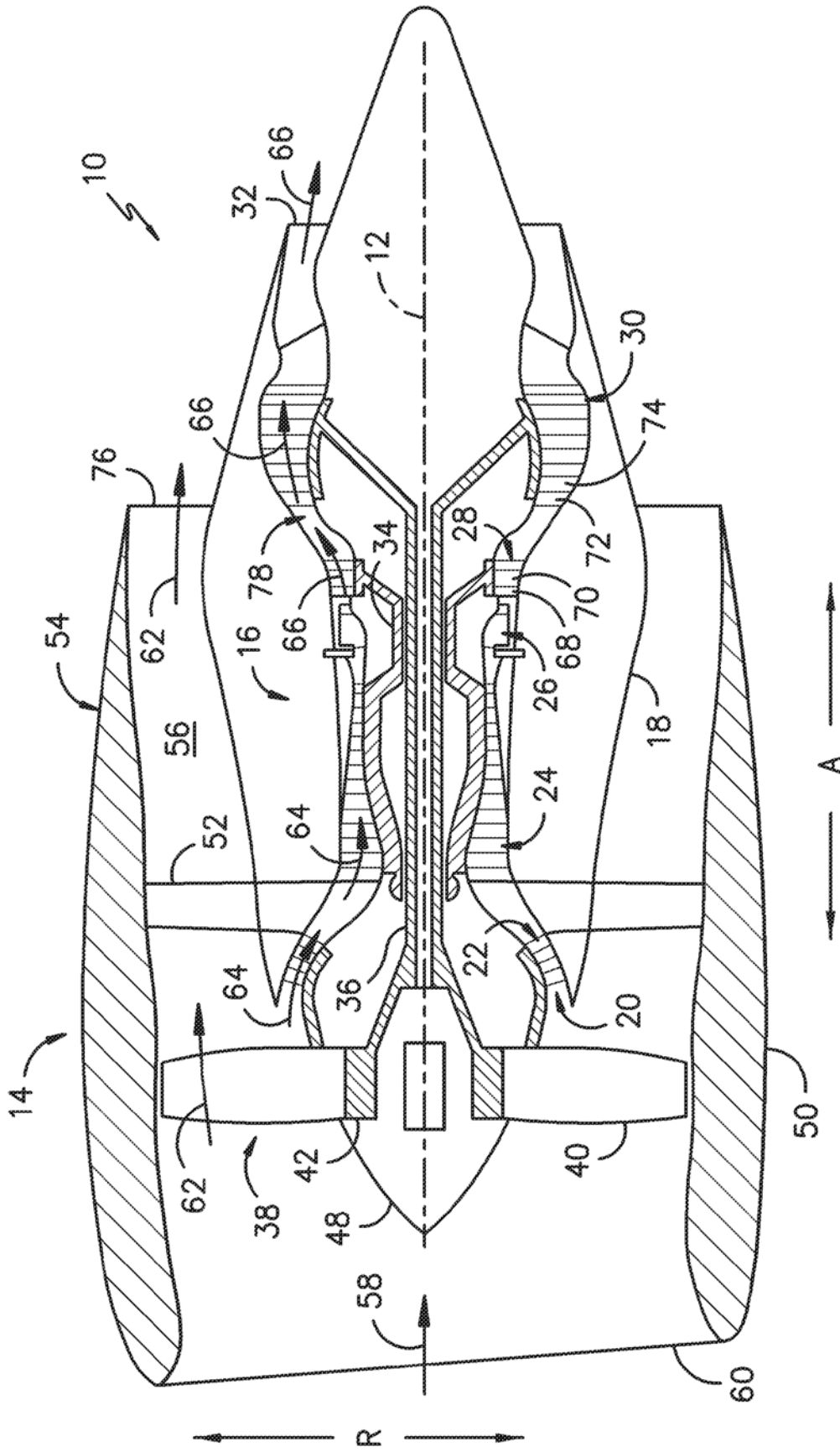


图 1

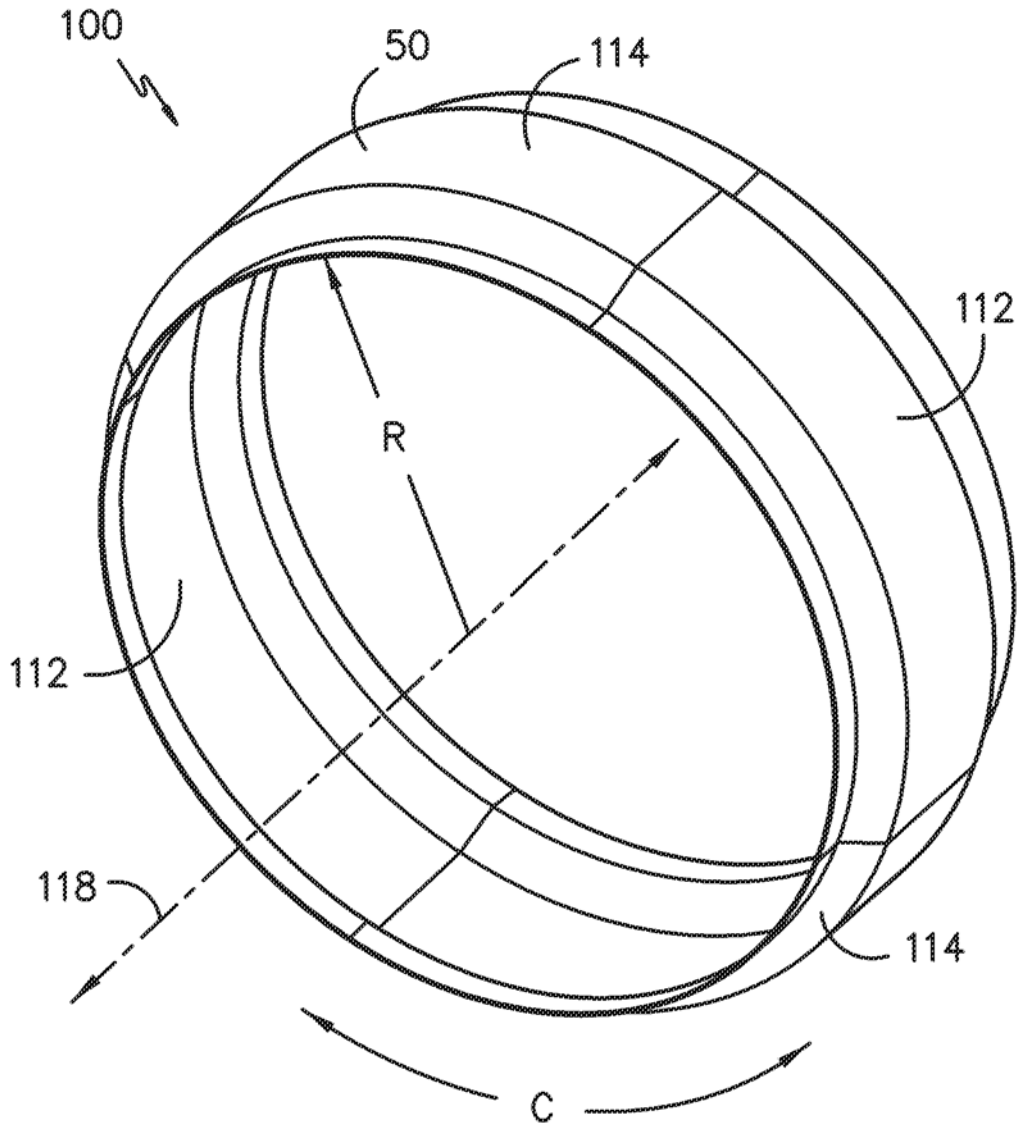


图 2

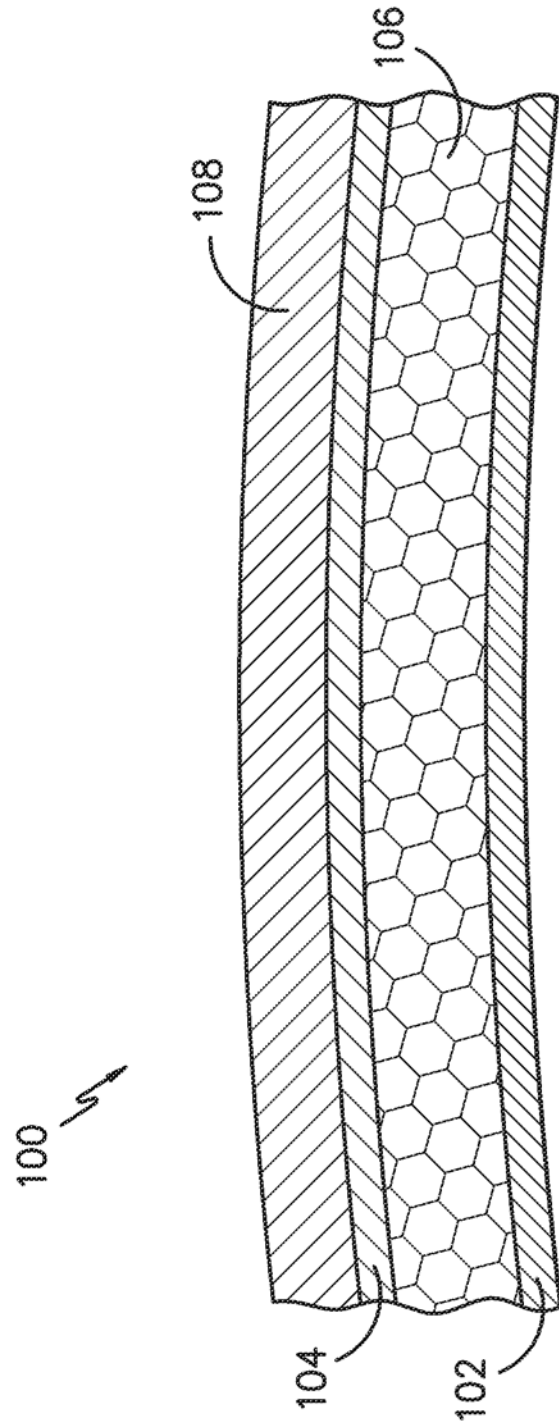


图 3

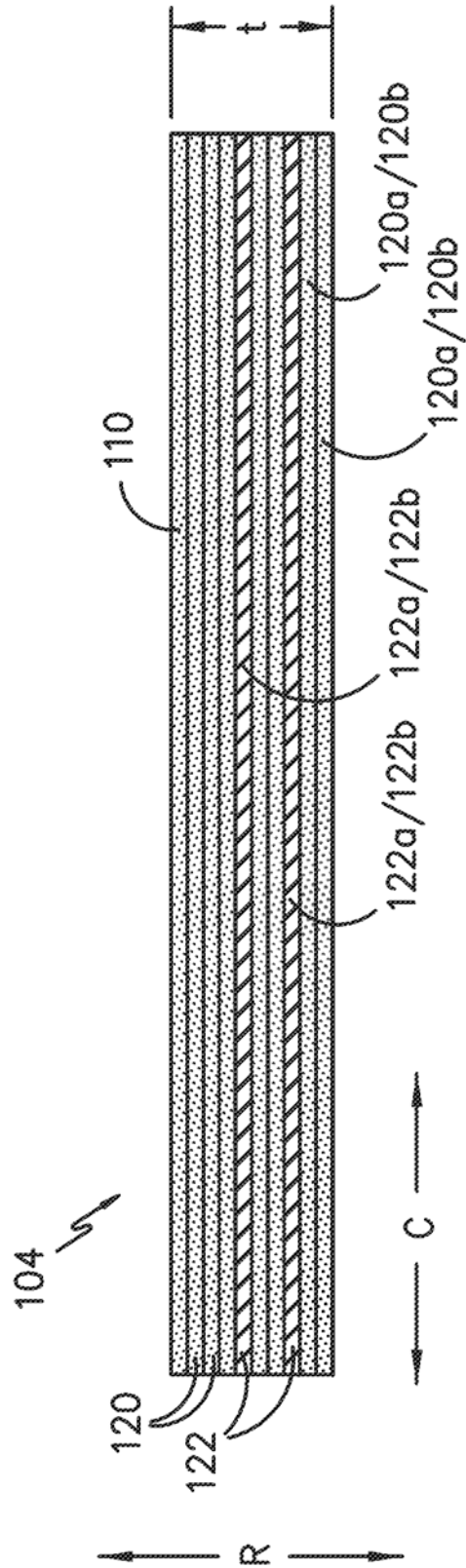


图 4

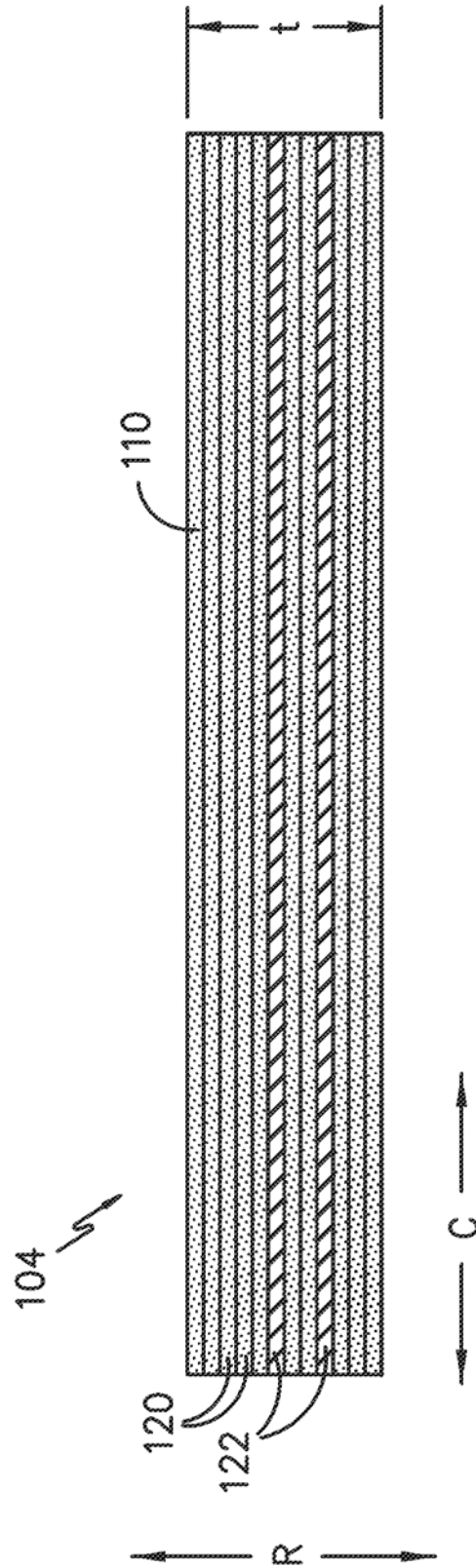


图 5

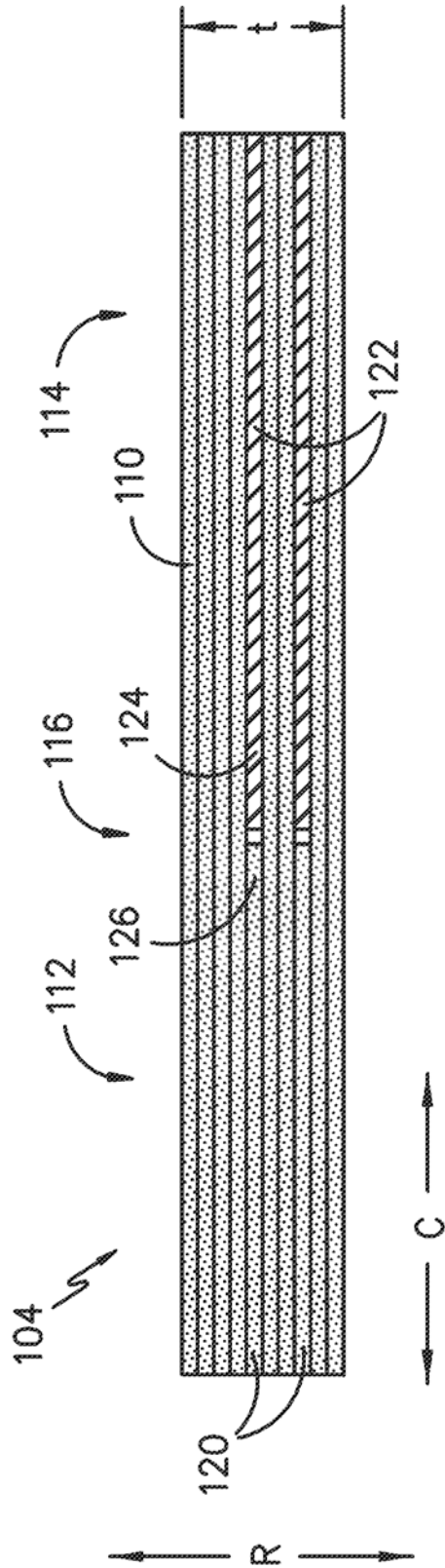


图 6

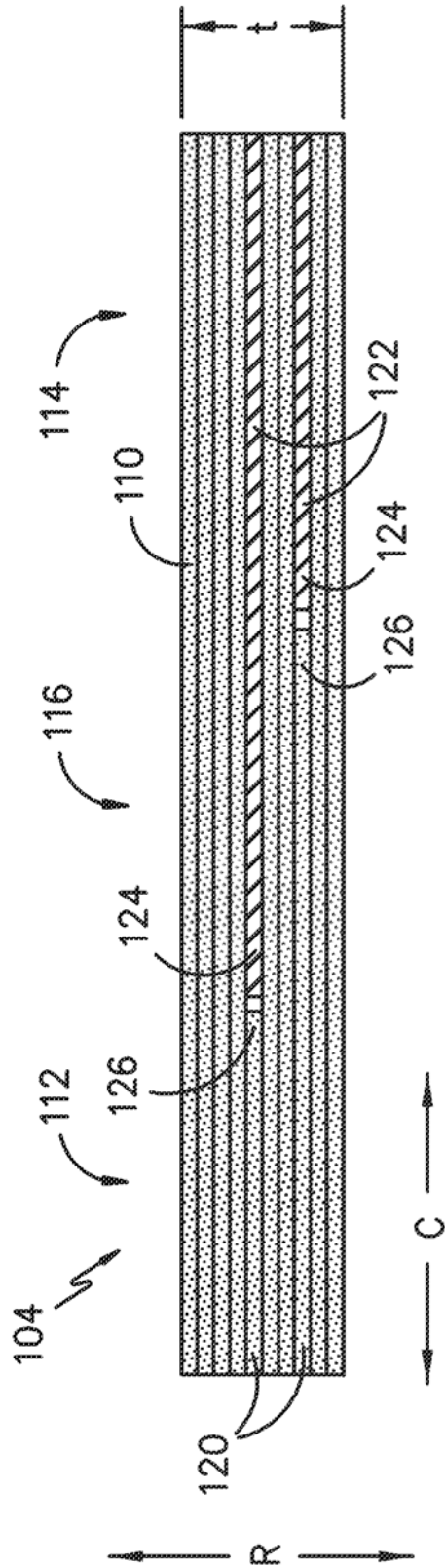


图 7

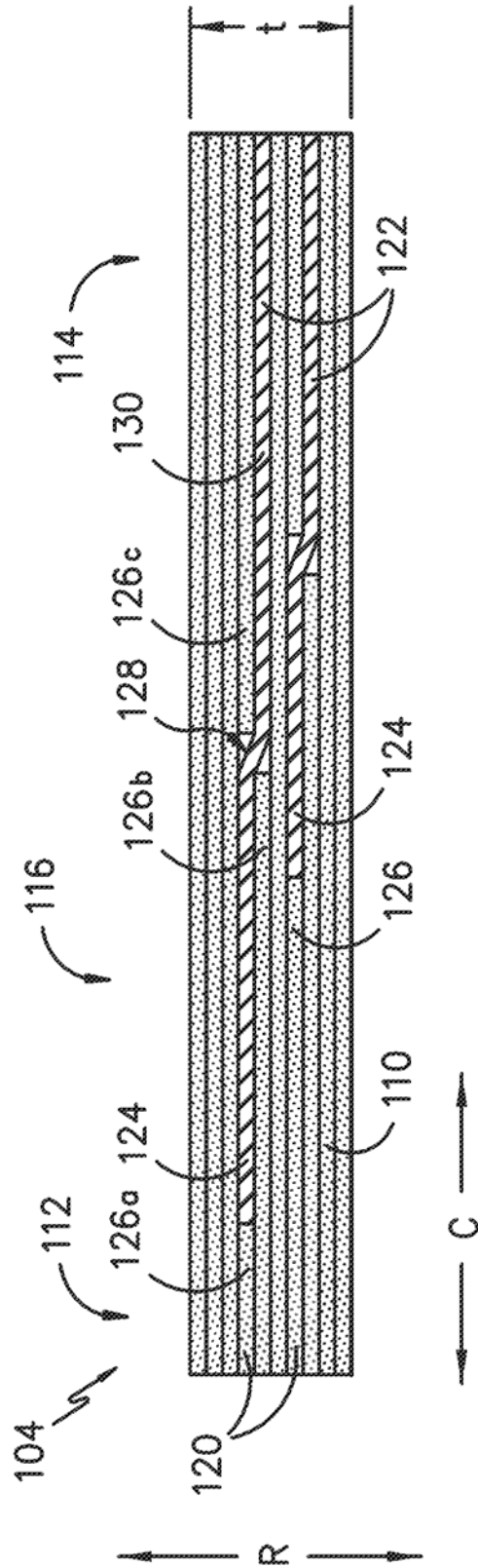


图 8

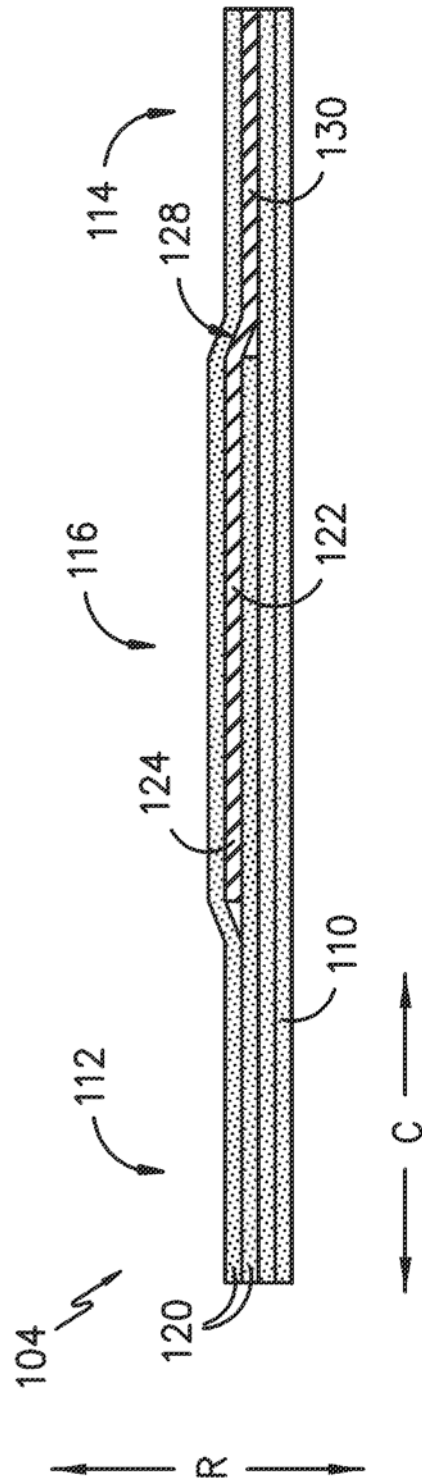


图 9

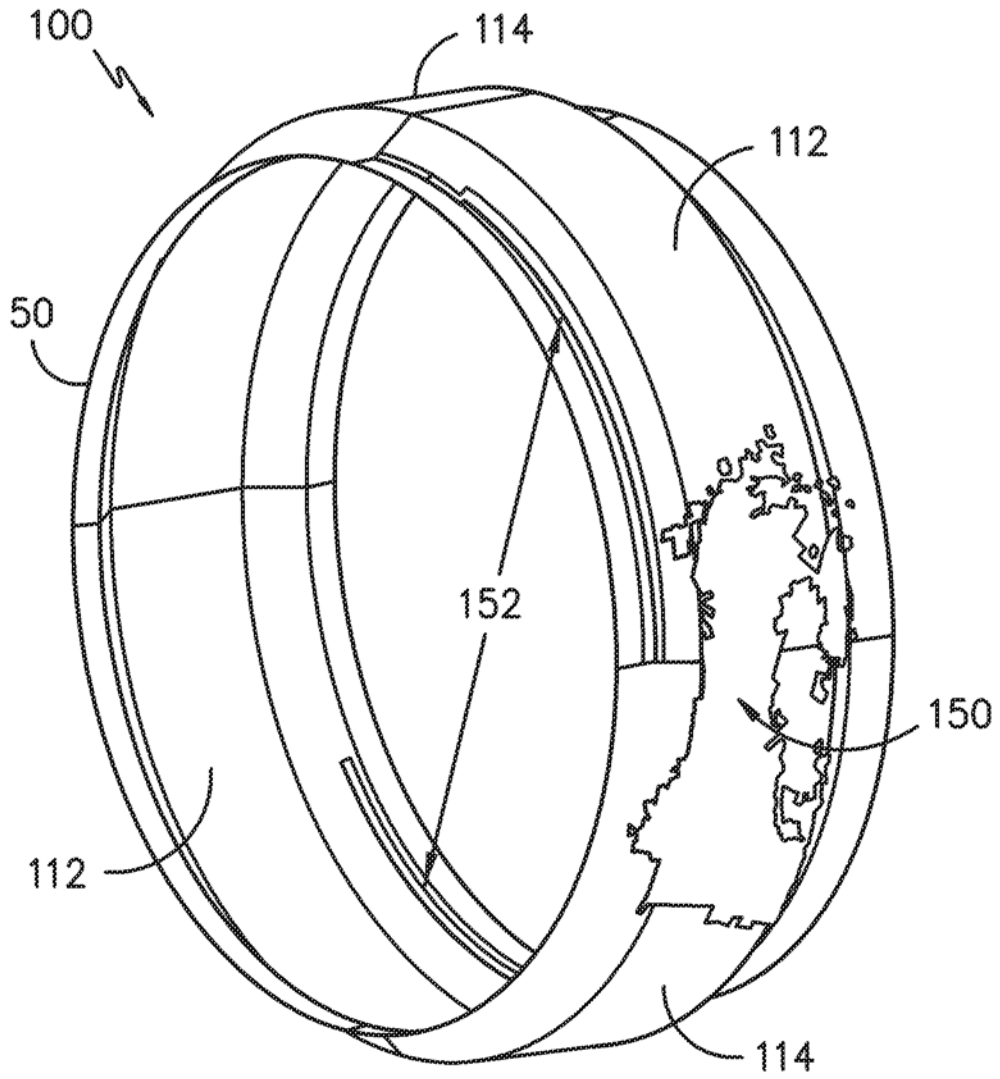


图 10

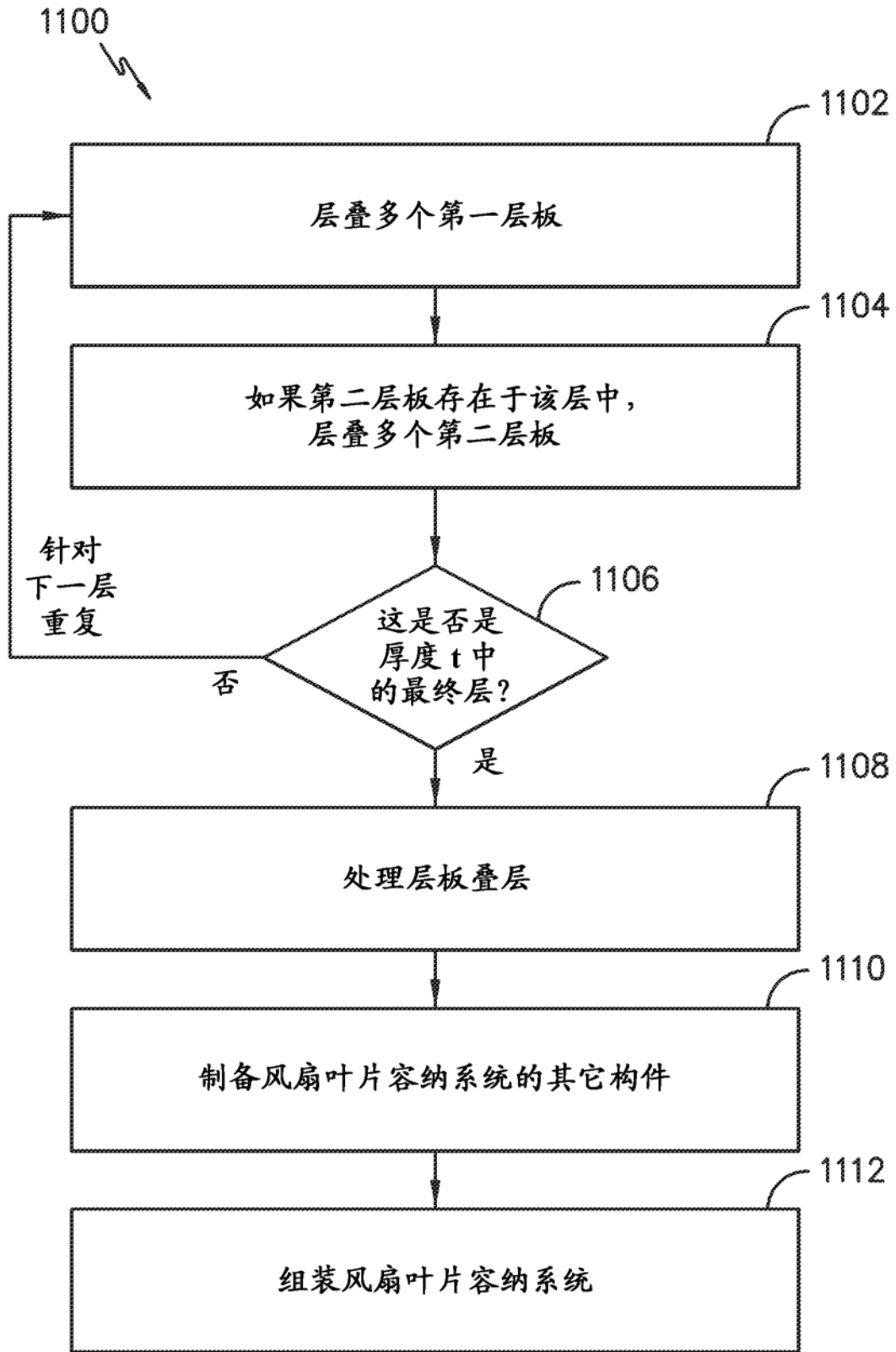


图 11