



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115111184 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 27

(21) 申请号 202210275498.7

(22) 申请日 2022.03.21

(30) 优先权数据

17/207,911 2021.03.22 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 尼泰什·杰恩

尼古拉斯·约瑟夫·克莱

(74) 专利代理机构 上海华诚知识产权代理有限

公司 31300

专利代理师 陈海琴

(51) Int. Cl.

F04D 29/02 (2006.01)

F04D 29/52 (2006.01)

F02C 7/00 (2006.01)

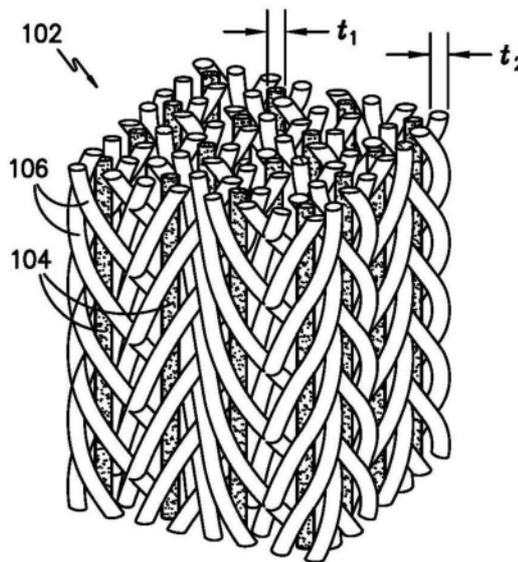
权利要求书1页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

由混合材料形成的部件

(57) 摘要

提供了混合材料部件和形成混合材料部件的方法。例如，混合材料部件包括多个金属丝束和多个非金属丝束。多个金属丝束中的每个金属丝束由多个非金属丝束的一部分围绕，使得多个金属丝束嵌入多个非金属丝束内。示例性混合材料部件是燃气涡轮发动机的容纳组件。形成这种部件的方法包括形成混合材料；铺设多层材料以形成叠层；以及处理叠层，使得多个金属丝束和多个非金属丝束共固化。



1. 一种燃气涡轮发动机的容纳组件,其特征在于,包括:

容纳外壳,所述容纳外壳围绕所述燃气涡轮发动机的纵向中心线沿轴向方向延伸,所述容纳外壳由混合材料形成,所述混合材料包括多个金属丝束和多个非金属丝束,

其中,所述多个金属丝束中的每个金属丝束由所述多个非金属丝束中的非金属丝束围绕,使得所述多个金属丝束嵌入所述多个非金属丝束内。

2. 根据权利要求1所述的容纳组件,其特征在于,其中,所述混合材料是三维编织材料。

3. 根据权利要求1所述的容纳组件,其特征在于,其中,所述混合材料是机织材料。

4. 根据权利要求1所述的容纳组件,其特征在于,其中,所述多个金属丝束包括铝锂(Al-Li)合金丝束。

5. 根据权利要求4所述的容纳组件,其特征在于,其中,所述铝锂(Al-Li)合金丝束包括电流保护层。

6. 根据权利要求5所述的容纳组件,其特征在于,其中,所述多个非金属丝束包括碳丝束。

7. 根据权利要求1所述的容纳组件,其特征在于,其中,所述多个金属丝束包括钢丝束或钛(Ti)丝束。

8. 根据权利要求1所述的容纳组件,其特征在于,其中,所述多个非金属丝束包括碳丝束。

9. 根据权利要求1所述的容纳组件,其特征在于,其中,所述多个金属丝束中的每个金属丝束具有第一厚度并且所述多个非金属丝束中的每个非金属丝束具有第二厚度,并且其中所述第一厚度不同于所述第二厚度。

10. 根据权利要求1所述的容纳组件,其特征在于,其中,所述混合材料形成为多个层,并且其中金属材料片设置在所述混合材料的相邻层之间。

由混合材料形成的部件

技术领域

[0001] 本主题大体涉及由混合材料形成的部件。更具体地,本主题涉及由混合材料形成的外壳,例如燃气涡轮发动机的风扇外壳容纳系统。

背景技术

[0002] 飞行器燃气涡轮发动机在各种条件下运行,并且异物可能被摄入发动机中。在发动机运行期间,特别是在由发动机提供动力的飞行器运动期间,风扇叶片可能受到异物的撞击和损坏,例如鸟或跑道上掀起的碎片。对风扇叶片的撞击可能会损坏叶片并导致叶片碎片或整个叶片脱落并以相对较高的速度径向向外飞行。

[0003] 为了限制或最小化脱落的叶片或叶片碎片造成的损坏,一些已知的发动机包括金属或复合材料外壳或壳体,以有助于增加发动机的径向和轴向刚度,并有助于降低发动机外壳穿透附近的应力。为了提供叶片容纳,来自释放的叶片或叶片碎片的大部分动能必须被外壳或壳体材料吸收。对于较小直径的发动机,可以通过足够厚的金属“硬壁”外壳来实现足够的容纳能力,以抵抗叶片碎片的穿透。一层复合材料,诸如石墨环氧聚合物基质复合材料,可应用于金属外壳的外表面,以增强外壳的容纳能力。因此,外壳的金属和复合元件是独立的层。

[0004] 然而,对于较大直径的发动机,足够厚以抵抗穿透的金属外壳非常重。因此,复合硬壁系统(使用复合外壳而不是金属外壳)或复合“软壁”容纳系统可用于较大直径的发动机。在软壁系统中,轻质、高强度的防弹织物,例如由芳族聚酰胺纤维(例如,Kevlar®)形成的织物,可以围绕相对薄的支撑结构多层包裹。在操作中,分离的叶片或叶片碎片局部穿透支撑结构并撞击织物。织物层旨在捕获和容纳叶片或叶片碎片。传统的支撑结构可以基于重量考虑由铝或纤维增强复合材料制成,例如,支撑结构可以包括铝蜂窝结构。因此,与典型的硬壁容纳系统一样,典型的软壁容纳系统可以利用独立的金属和复合材料来形成容纳外壳。

[0005] 以通常在硬壁和软壁容纳系统中使用的方式,容纳系统中使金属材料 and 复合材料分层可以增加使用容纳系统的发动机的重量和成本。此外,所有金属容纳系统或所有复合材料(例如碳)容纳系统也可能相对较重和/或成本较高。因此,改进的用于燃气涡轮发动机的容纳外壳或壳体将是需要的。例如,在不过度增加容纳系统的重量和/或成本的情况下增加容纳组件的强度和能量吸收将是需要的。

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述,或者可以从描述中显而易见,或者可以通过本发明的实践来了解。

[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的容纳组件。容纳组件包括围绕燃气涡轮发动机的纵向中心线沿轴向方向延伸的容纳外壳。容纳外壳由混合材料形成。混合材料包括多个金属丝束和多个非金属丝束。多个金属丝束中的每个金属丝

束由多个非金属丝束中的非金属丝束围绕,使得多个金属丝束嵌入多个非金属丝束内。

[0008] 在本主题的另一个示例性实施例中,提供了一种燃气涡轮发动机的混合材料部件。混合材料部件包括多个金属丝束和多个非金属丝束。多个金属丝束中的每个金属丝束由多个非金属丝束的一部分围绕,使得多个金属丝束嵌入多个非金属丝束内。

[0009] 在本主题的进一步示例性实施例中,提供了一种用于形成燃气涡轮发动机的混合材料部件的方法。该方法包括由多个金属丝束与多个非金属丝束混合形成混合材料;铺设多个混合材料层以形成混合材料叠层;以及处理混合材料叠层。处理混合材料叠层包括固化混合材料叠层,使得多个金属丝束和多个非金属丝束共固化。

[0010] 本发明的这些和其他特征、方面和优点将通过参考以下描述和所附权利要求变得更好理解。并入本说明书并构成本说明书一部分的附图示出了本发明的实施例,并且与描述一起用于解释本发明的原理。

附图说明

[0011] 在参考附图的说明书中阐述了针对本领域普通技术人员的本发明的完整且使能的公开,包括其最佳模式,其中:

[0012] 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。

[0013] 图2提供了根据本主题的示例性实施例的风扇容纳外壳组件的示意性横截面视图。

[0014] 图3A提供了根据本主题的示例性实施例的三维编织混合材料的一部分的立体图。

[0015] 图3B提供了根据本主题的示例性实施例的包括多个混合材料层的混合材料的一部分的示意性横截面视图。

[0016] 图4提供了根据本主题的示例性实施例的混合材料的一部分的示意性侧视图,该混合材料包括多个混合材料层,金属片设置在其间。

[0017] 图5提供了说明用于形成燃气涡轮发动机的容纳组件的方法的流程图。

具体实施方式

[0018] 现在将详细参考本发明的当前实施例,其一个或多个示例在附图中示出。详细描述使用数字和字母标号来指代附图中的特征。附图和描述中的相似或类似标号已用于指代本发明的相似或类似部分。

[0019] 如本文所使用的,术语“第一”、“第二”和“第三”可以互换使用以区分一个部件与另一个部件,并且不旨在表示各个部件的位置或重要性。

[0020] 术语“前”和“后”指的是燃气涡轮发动机或运载器内的相对位置,并且指的是燃气涡轮发动机或运载器的正常运行姿态。例如,对于燃气涡轮发动机,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。

[0021] 术语“上游”和“下游”指的是相对于流体路径中的流体流动的相对方向。例如,“上游”指的是流体从其流动的方向,“下游”指的是流体流向其的方向。

[0022] 除非本文另有说明,否则术语“联接”、“固定”、“附接到”等既指直接联接、固定或附接,也指通过一个或多个中间部件或特征间接联接、固定或附接。

[0023] 单数形式“一”、“一个”和“该”包括复数指代,除非上下文另有明确规定。

[0024] 本文在整个说明书和权利要求书中使用的近似语言被应用于修改任何可以允许改变而不导致与其相关的基本功能改变的定量表示。因此,由诸如“大约”、“近似”和“基本上”的一个或多个术语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该值的仪器的精度,或用于构造或制造部件和/或系统的方法或机器的精度。例如,近似语言可以指在单个值、值范围和/或限定值范围的端点的1%、2%、4%、10%、15%或20%的余量内。

[0025] 在此以及在整個说明书和权利要求书中,范围限制被组合和互换,此类范围被标识并包括其中包含的所有子范围,除非上下文或语言另有指示。例如,本文公开的所有范围包括端点,并且端点可以彼此独立地组合。

[0026] 通常,本主题提供混合材料部件,更具体地,由将金属丝束与非金属丝束结合的材料形成的部件。金属丝束可以由非金属丝束围绕,例如通过将金属丝束和非金属丝束机织或编织在一起。因此,用于形成部件的混合材料可以包括与金属材料相等或更大体积分数的非金属材料。混合材料可用于形成层片或预制件,用于形成容纳外壳,例如风扇容纳外壳组件的风扇外壳。层片或预制件最初可以是“干的”(例如,金属丝束和非金属丝束机织成织物或编织成三维编织物)或预浸渍有基质材料。此外,容纳外壳可以进行功能分级,优化整个容纳外壳中金属丝束与非金属丝束的比例。还提供了用于形成混合材料部件的方法。

[0027] 现在参考附图,其中相同的数字在所有附图中表示相同的元件,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视图。更具体地,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10,本文称为“涡轮风扇发动机10”。如图1所示,涡轮风扇发动机10限定了轴向方向A(平行于提供用于参考的纵向中心线12延伸)和径向方向R。一般来说,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。

[0028] 所描绘的示例性核心涡轮发动机16通常包括限定环形入口20的基本管状外壳18。外壳18以串联流动关系包围:压缩机区段,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,包括高压(HP)涡轮28和低压(LP)涡轮30;和喷射排气喷嘴区段32。高压(HP)轴或线轴34将HP涡轮28驱动地连接到HP压缩机24。低压(LP)轴或线轴36将LP涡轮30驱动地连接到LP压缩机22。

[0029] 对于所描绘的实施例,风扇区段14包括风扇38,风扇38具有以间隔开的方式联接到盘或轮毂42的多个风扇叶片40。如所描绘的,风扇叶片40通常沿径向方向R从盘42向外延伸。风扇叶片40和盘42可通过LP轴36一起围绕纵向中心线12旋转。在一些实施例中,可以包括具有多个齿轮的动力齿轮箱,用于将LP轴36的旋转速度降低到更有效的风扇旋转速度。

[0030] 仍然参考图1的示例性实施例,盘42被可旋转前机舱48覆盖,该前机舱48具有空气动力学轮廓以促进气流通过多个风扇叶片40。另外,示例性风扇区段14包括环形风扇外壳或外机舱50,其周向围绕风扇38和/或核心涡轮发动机16的至少一部分。应当理解,风扇外壳(机舱)50可构造成通过多个周向间隔开的出口导向轮叶52相对于核心涡轮发动机16被支撑。此外,风扇外壳50的下游区段54可以在核心涡轮发动机16的外部部分上方延伸,以便在它们之间限定旁通气流通道56。

[0031] 在涡轮风扇发动机10运行期间,一定体积的空气58通过风扇外壳和/或风扇区段

14的相关入口60进入涡轮风扇10。当一定体积的空气58穿过风扇叶片40时,如箭头62所示的空气58的第一部分被引导或导通到旁通气流通道56,并且如箭头64所示的空气58的第二部分被引导或导通到LP压缩机22中。空气的第一部分62和空气的第二部分64之间的比率通常称为旁通比。空气的第二部分64的压力然后随着其被引导通过高压(HP)压缩机24并进入燃烧区段26而增加,在燃烧区段26中它与燃料混合并燃烧以提供燃烧气体66。

[0032] 燃烧气体66被引导通过HP涡轮28,其中通过联接到外壳18的HP涡轮定子轮叶68和联接到HP轴或线轴34的HP涡轮转子叶片70的顺序级提取来自燃烧气体66的一部分热能和/或动能,使HP轴或线轴34旋转,从而支持HP压缩机24的操作。燃烧气体66然后被引导通过LP涡轮30,其中通过联接到外壳18的LP涡轮定子轮叶72和联接到LP轴或线轴36的LP涡轮转子叶片74的顺序级从燃烧气体66提取第二部分热能和动能,使LP轴或线轴36旋转,从而支持LP压缩机22的操作和/或风扇38的旋转。

[0033] 燃烧气体66随后被引导通过核心涡轮发动机16的喷射排气喷嘴区段32,以提供推进推力。同时,随着空气的第一部分62在其从涡轮风扇10的风扇喷嘴排气区段76排出之前被引导通过旁通气流通道56,空气的第一部分62的压力显著增加,也提供推进推力。HP涡轮28、LP涡轮30和喷射排气喷嘴区段32至少部分地限定热气路径78,用于引导燃烧气体66通过核心涡轮发动机16。

[0034] 在一些实施例中,涡轮风扇发动机10的部件可以包括复合材料,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。复合材料通常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成分,而复合材料的基质用于将纤维粘合在一起并用作将外部施加的应力传递和分布到纤维的介质。

[0035] PMC材料通常通过用树脂(预浸料)浸渍织物或单向带然后固化来制造。在浸渍之前,织物可以称为“干”织物并且通常包括两个或更多个纤维层(层片)的堆叠。纤维层可以由多种材料形成,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(例如芳族聚酰胺或Kevlar®)纤维和金属纤维。纤维增强材料可以以相对较短的短切纤维形式使用,通常长度小于2英寸,更优选地小于1英寸,或者以长连续纤维形式使用,后者通常用于生产机织织物或单向带。PMC材料由将干纤维分散到模具中,然后使基质材料在增强纤维周围流动,或通过使用预浸料来生产。例如,可以将多层预浸料堆叠到零件的适当厚度和取向,然后可以固化和凝固树脂以提供纤维增强复合材料零件。用于PMC基质材料的树脂通常可分为热固性或热塑性。热塑性树脂通常归类为在加热时可以反复软化和流动而在充分冷却时由于物理变化而不是化学变化而硬化的聚合物。热塑性树脂的显著示例类别包括尼龙、热塑性聚酯、聚芳醚酮以及聚碳酸酯树脂。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)以及聚苯硫醚(PPS)。相反,一旦完全固化成坚硬的固体,热固性树脂在加热时不会发生明显的软化,而是在充分加热时发生热分解。热固性树脂的显著示例包括环氧树脂、双马来酰亚胺(BMI)以及聚酰亚胺树脂。

[0036] 在一些实施例中,“干”织物(即,未浸渍的织物)可以用作涡轮风扇发动机10的部件的一层或多层。例如,织物可以由如上所述的碳、玻璃、聚合物和/或金属的纤维形成。在没有用树脂浸渍织物的情况下,织物层可以包裹在部件的其他分段周围,例如,由于用于形

成织物的纤维而赋予部件某些特性。

[0037] 如本文中更详细描述,发动机10的风扇区段14包括风扇容纳外壳组件,该风扇容纳外壳组件包括风扇外壳50并且包围和围绕风扇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轮风扇发动机的转子释放时,就会出现“叶片脱落事件”或风扇叶片脱落(FBO)事件。当在飞行过程中突然被释放时,风扇叶片会以相当大的力撞击围绕的风扇外壳,有时会穿透风扇外壳并进入风扇容纳外壳组件。

[0038] 参考图2,示出了根据本主题的示例性实施例的风扇容纳外壳组件100。风扇容纳外壳组件100包括风扇外壳50,该风扇外壳50沿轴向方向A延伸,使得风扇外壳50围绕纵向中心线12(图1)设置,并且可以在风扇外壳50的内部包括沟槽填料51,例如以减轻叶片摩擦的影响。例如,沟槽填料51可以接合到风扇外壳50,使得在组件100内,沟槽填料51设置在风扇外壳50的径向内侧,即,沟槽填料51沿径向方向R设置在风扇外壳50和多个风扇叶片40之间。风扇外壳50形成风扇容纳外壳组件100的径向最外部分,帮助容纳向外行进的物体以防止继续行进超出风扇区段14。因此,风扇外壳50也可以称为容纳外壳50。

[0039] 参考图3A和3B,容纳外壳50由材料102形成,其中金属和非金属结合以形成该材料。例如,材料102可以包括金属纤维和非金属纤维,它们用作复合材料(诸如陶瓷基质复合材料或聚合物基质复合材料)中的增强纤维。因此,该材料可以被称为一体式金属和复合材料102或混合材料102。由一体式金属和复合材料或混合材料102形成的风扇外壳或容纳外壳50可以被称作混合材料风扇或容纳外壳50。

[0040] 混合材料102包括多个金属丝束104和多个非金属丝束106。将理解的是,本文使用的术语“丝束”包括未加捻的连续长丝或纤维束。如图3A和3B的示例性实施例所示,多个金属丝束104与多个非金属丝束106混合。更具体地,多个金属丝束104中的每个金属丝束104由非金属丝束106围绕,使得多个金属丝束104嵌入多个非金属丝束106内。换句话说,每个金属丝束104由多个非金属丝束106的一部分围绕,使得多个金属丝束104嵌入多个非金属丝束106内。

[0041] 在图3A所示的实施例中,混合材料102是三维(3D)编织材料。在其他实施例中,混合材料102是机织材料。即,多个金属丝束104和多个非金属丝束106可以机织成纺织物(例如,形成为织物),使得金属丝束104嵌入非金属丝束106内或由非金属丝束106围绕。在其他实施例中,金属丝束104和非金属丝束106可以被加工成任何常见的形式以形成混合金属/非金属风扇外壳50或混合材料风扇外壳50。例如,丝束104,106可以缝合或加工成其他三维编织品以形成混合材料风扇外壳50。

[0042] 包括金属合金等在内的多种金属可用于金属丝束104。在示例性实施例中,多个金属丝束104包括铝锂(Al-Li)合金丝束。在其他示例性实施例中,多个金属丝束104包括钢丝束。在又一其他示例性实施例中,多个金属丝束104包括钛(Ti)丝束。在又一其他示例性实施例中,可以在多个金属丝束104中使用多于一种金属。例如,多个金属丝束104可以包括第一多个金属丝束104,其包括铝锂(Al-Li)合金丝束,以及第二多个金属丝束104,其包括钢丝束。在合适的实施例中,可以使用两种或更多种不同类型的金属纤维的组合来形成金属丝束104,即,可以使用两种或更多种不同类型的金属纤维来形成单个丝束104。也可以使用其他金属和金属纤维或金属丝束104的组合。

[0043] 类似地,多种非金属材料可用于非金属丝束106。尤其是,通常用于PMC材料中的增强纤维可选择用于非金属丝束106。在示例性实施例中,多个非金属丝束106包括碳丝束。在其他示例性实施例中,多个非金属丝束106包括玻璃丝束或芳族聚酰胺丝束。在又一其他示例性实施例中,可以在多个非金属丝束106中使用多于一种的非金属纤维。例如,多个非金属丝束106可以包括第一多个非金属丝束106,其包括碳丝束,以及第二多个非金属丝束106,其包括玻璃丝束。在一些实施例中,两种或更多种不同类型的非金属增强纤维的组合可以用于形成非金属丝束106,即,两种或更多种不同类型的非金属增强纤维可以用于形成单个丝束106。也可以使用其他金属和金属纤维或金属丝束104的组合。

[0044] 在一些实施例中,金属丝束104可以各自包括保护层或涂层108。也就是说,保护层108可以围绕每个丝束104。这样的层或涂层可以抑制金属材料的腐蚀等。例如,在多个金属丝束104包括铝锂(A1-Li)合金丝束的实施例中,A1-Li丝束104可以包括电流保护层108。也可以使用其他保护层或涂层,并且保护层108或没有保护层108可以对应于用于形成丝束104的金属。例如,第一多个金属丝束104包括第一保护层108,并且第二多个金属丝束104包括第二保护层108(其中形成第一多个丝束104的金属不同于形成第二多个丝束104的金属,并且第一保护层108不同于第二保护层108),但是第三多个金属丝束104不包括保护层108。

[0045] 在示例性实施例中,多个金属丝束104包括涂有电流保护层108的铝锂(A1-Li)合金丝束,并且多个非金属丝束106包括碳丝束。然而,金属丝束104和非金属丝束106的其他组合可以用于形成混合材料102。例如,在一些实施例中,混合材料102包括钢金属丝束104和碳非金属丝束106,并且在其他实施例中,材料102包括钛(Ti)金属丝束104和碳非金属丝束106。也可以使用其他金属丝束104和非金属丝束106。

[0046] 在将多个丝束104、106机织、编织或以其他方式加工成混合材料102之后,材料102可形成多个层110。层110可用于形成风扇外壳50或风扇容纳外壳50。每个层110包括多个金属丝束104和多个非金属丝束106。当铺设时,层110可以是“干的”(例如,金属丝束104和非金属丝束106机织成织物或编织成如图3所示的三维编织物)或浸渍有基质材料112,诸如树脂或其他PMC基质,如图3B所示。如本文所述,如果干的,则层110在固化之前注入基质材料112。

[0047] 转向图4,在一些实施例中,金属材料片114设置在混合材料102的相邻层110之间。金属片114可以插入在机织或编织架构的层之间,或者在由其他技术形成的层之间,诸如混合材料102的层110。如图4所示,在示例性实施例中,金属片114设置在混合层110之间,使得在每个金属片114之间存在两个混合层110,即,层110与金属片114的比率是二比一(2:1)。也可以使用层110与金属片114的其他比率,例如3:1、4:1或更大。

[0048] 此外,混合层110可以比金属片114厚,即,金属片114可以具有小于或少于每个层110的层厚度 t_{layer} 的片厚度 t_{sheet} (换句话说,层厚度 t_{layer} 大于或多于片厚度 t_{sheet} ,使得 $t_{\text{layer}} > t_{\text{sheet}}$)。因此,在层110与金属片114的比率为2:1的实施例中,对于每个相对薄的金属片114,混合材料102包括两个相对厚的层110。此外,金属片114可以由任何合适的金属材料,诸如关于金属丝束104描述的金属,例如铝锂(A1-Li)合金、钢、钛(Ti)或任何其他合适的金属材料。

[0049] 再次参考图3A和3B,不同厚度或直径的丝束104、106可用于形成混合材料102。在一些实施例中,多个金属丝束104中的每个金属丝束104具有第一丝束厚度或直径 t_1 ,多个

非金属丝束106中的每个非金属丝束106具有第二丝束厚度或直径 t_2 ，并且第一丝束厚度或直径 t_1 不同于第二丝束厚度或直径 t_2 。在一些实施例中，第一丝束厚度 t_1 大于第二丝束厚度 t_2 ，但在其他实施例中，第二丝束厚度 t_2 大于第一丝束厚度 t_1 。在又一其他实施例中，金属丝束104的厚度或直径可以在多个金属丝束104之中变化，并且非金属丝束106的厚度或直径可以在多个非金属丝束106之中变化。第一丝束厚度或直径 t_1 或金属丝束104的厚度/直径可在约3微米或0.003毫米(0.003毫米)到约0.400毫米的范围内，或在约5微米或0.005毫米到约0.325毫米的范围内。第二丝束厚度或直径 t_2 或非金属丝束106的厚度/直径可在约0.100mm到约0.500mm的范围内，或在约0.200mm至约0.425mm的范围内。改变丝束104、106的厚度或直径(无论是在金属丝束104和非金属丝束106之间和/或在多个金属丝束104和/或多个非金属丝束106内)可以改变混合材料102的特性。

[0050] 混合材料102可以包括不同数量的金属丝束104和非金属丝束106。更具体地，多个金属丝束104是混合材料102的金属体积分数，并且材料102的剩余体积是材料的非金属部分，即多个非金属丝束106和基质材料112，诸如环氧树脂。也就是说，金属体积分数和非金属丝束106以及基质材料112一起形成材料102的总体积。在示例性实施例中，金属体积分数在总体积的约5%至约50%的范围内，并且更具体地，金属体积分数在总体积的约10%至约30%的范围内。例如，在一个实施例中，金属体积分数为约10%，而在另一实施例中，金属体积分数为约25%。作为进一步的示例，在一个实施例中，金属体积分数为至少5%或至少10%但小于非金属丝束106和基质材料112的组合体积分数，或金属体积分数为至少5%或至少10%但小于非金属丝束106的体积分数。

[0051] 此外，在一些实施例中，金属体积分数可以在整个风扇容纳外壳组件100中变化，例如，金属体积分数可以周向地、轴向地和/或径向地变化。例如，风扇外壳50或混合材料102可以被称为功能梯度材料(FGM)，其中风扇外壳50或材料102的成分和/或结构在其体积上逐渐变化，导致相应的风扇外壳50或材料102的特性发生变化。如本文所述，混合材料102可形成用于构造混合风扇外壳50的多个层。因此，金属丝束104与非金属丝束106的比率或金属丝束104与非金属丝束106和基质材料112的比率可以例如通过使用具有不同金属体积分数的层优化以形成材料102并由此构造成风扇外壳50。因此，可以生产功能梯度的风扇容纳外壳组件100，其在某些位置处，例如在前边缘撞击区或根部撞击区处或在风扇外壳50的内表面处具有增加的强度。更具体地，风扇外壳50可以被分割成周向区域、轴向区域和/或径向区域，并且金属丝束104的体积分数(即，金属体积分数)在一个或多个这样的区域中可以比在其他这样的区域中的更大。作为一个示例，通过测试、分析FBO事件等，可以将彼此周向间隔开的多个区域识别为比风扇外壳50的其余部分具有更大的物体撞击可能性。在多个周向区域处的风扇外壳50内的金属丝束104的体积分数(即，金属体积分数)大于至少在多个周向区域之间的周向位置处的金属体积分数。例如，金属体积分数在多个周向区域中可以为25%或更大，而在风扇外壳50的其余部分中为10%或更少。

[0052] 作为另一个示例，金属丝束104的体积分数可以径向地变化，例如，金属体积分数可以从风扇外壳50的内部部分到风扇外壳50的外部部分逐渐变细。在示例性实施例中，风扇外壳50包括的金属丝束104的比例在风扇外壳50的内表面118处比在风扇外壳50内的从内表面118径向向外的位置处更大。例如，风扇外壳50内的金属丝束104的比例可以从风扇外壳50的内表面118到风扇外壳50的外表面120减小。作为又一示例，金属丝束104的体积分

数可以轴向地变化,例如,金属体积分数可以在风扇外壳50的一个或多个轴向位置处比沿风扇外壳50的其余轴向位置处更大。因此,金属丝束104的体积分数可以通过风扇外壳50改变以优化风扇外壳50的特性以抵抗损坏,例如通过撞击组件100的物体切割、刺穿等。

[0053] 在一些实施例中,风扇容纳外壳组件100还包括风扇区段14的入口60。如前所述,入口60在风扇外壳50的上游。因此,入口60可以与风扇外壳50分离地形成,并且包括混合材料102。通过将材料102结合到入口60中,入口60也将受益于改进的抗碎片损坏性。因此,通过将混合材料102结合到容纳外壳(例如风扇外壳50)以及入口60中,可以提高整个风扇区段14的抗损坏性。

[0054] 现转向图5,提供了流程图,其说明用于形成燃气涡轮发动机的混合材料部件(例如涡轮风扇发动机10的风扇容纳外壳50)的示例性方法500。如在502所示,示例性方法500包括由多个金属丝束104与多个非金属丝束106混合形成混合材料102,其结合金属和复合材料。更具体地,每个金属丝束104可以由多个非金属丝束106围绕,使得金属材料(即,金属丝束104)嵌入非金属复合材料(即,非金属丝束106)内。如本文所述,金属丝束104可由任何合适的金属材料形成,并且非金属丝束106可由任何合适的复合纤维材料形成。此外,形成混合材料102可以包括将金属丝束104和非金属丝束106机织在一起以形成混合织物或布,或者将金属丝束104和非金属丝束106编织在一起以形成三维(3D)编织物。机织或编织的混合材料102可以被称为预制件,其可以被切割成多个层片或层110。可选地,金属丝束104和非金属丝束106可以用基质材料112浸渍,形成可以切割成多个混合材料层片或层110的带。

[0055] 参考图5中的504,方法500还包括铺设混合材料102的多个层110以形成混合材料叠层。层110可以被铺设以交替丝束104、106内的多个纤维的纤维方向,或者层110可以被铺设成使得丝束104、106内的纤维基本上是单向的。在一些实施例中,混合材料叠层限定了混合材料部件的形状。例如,在混合材料部件是混合复合风扇外壳50的情况下,混合材料叠层可以具有大致圆柱形的形状。对于“干的”层110,铺设多个层110还包括用基质材料112(例如本文所述的环氧树脂)注入混合材料叠层。对于预浸料层110,基质材料112是每个层110的一部分,使得不需要用基质材料112注入叠层。

[0056] 如在图5中的506所示,在一些实施例中,方法500包括在混合材料102的相邻层110之间插入金属材料层或片114。如本文所述,金属片114可以比混合材料层110薄,例如金属片114可以具有小于混合材料层110的层厚度 t_{layer} 的片厚度 t_{sheet} 。此外,在一些实施例中,对于每个金属片114,混合材料叠层可以包括两个混合材料层110,使得混合材料叠层具有2:1的层110与层114的比率。

[0057] 如在图5中的508所示,示例性方法500进一步包括处理混合材料叠层。至少部分地,处理混合材料叠层包括固化叠层,使得多个金属丝束104和多个非金属丝束106共固化。在一些实施例中,混合材料叠层可以是树脂传递模塑(RTM)或真空辅助树脂传递模塑(VARTM)。

[0058] 因此,形成混合材料部件可以包括类似于用于形成复合部件(例如由PMC材料形成的部件)的那些步骤的步骤。作为一个示例,金属丝束104和非金属丝束106可以用基质材料112浸渍,并且将所得组合物切割成混合材料102的层或层片110。作为另一个示例,金属丝束104和非金属丝束106可以被机织或编织成三维预制件,其可以被切割成混合材料102的层或层片110。形成混合材料部件,例如混合材料风扇容纳外壳50,然后可包括逐层铺设多

个混合复合层片110,构建层片叠层。将理解的是,层片叠层可以通过将混合层片铺设在工具、心轴或其他支撑件上来形成。然后,层片叠层可以经历热处理和/或化学处理以形成部件。例如,在经历致密化和最终固化之前,可以例如在高压釜中在升高的温度和压力下对混合材料层片叠层进行压实和固结。因此,金属材料和非金属(例如,复合材料)材料被共固化以产生混合材料部件。在一些实施例中,处理混合材料层片叠层可包括树脂传递模塑工艺或真空辅助树脂传递模塑工艺,使得所得混合材料部件可称为树脂传递模塑(RTM)或真空辅助树脂传递模塑(VARTM)。用于层片叠层的热处理和/或化学处理的具体处理技术和参数将取决于用于形成层片的材料的特定成分。作为示例,可以使用用于固化复合层片的其他已知方法或技术。此外,如本文所述,金属丝束104可以在容纳外壳中的一个或多个特定位置处设置比在容纳外壳中的其他位置处更大的比例或浓度。

[0059] 在混合材料部件是混合复合风扇容纳外壳50的实施例中,在容纳外壳形成之后,风扇容纳外壳组件100的其他部件可以组装以形成组件100。尤其是,沟槽填料51可以接合、附接或联接到或以其他方式抵靠混合材料风扇外壳50设置以形成风扇容纳外壳组件100。然后组件100可以在风扇38上滑动,或者风扇38可以插入或组装在风扇容纳外壳组件100内。

[0060] 当然,混合材料部件可以是另一个或与风扇外壳不同的部件。例如,将理解的是,一体式金属/复合材料或混合材料102,可以如本文所述形成,然后用于制造或构造一个或多个燃气涡轮发动机部件,作为风扇外壳50的补充或替代。

[0061] 因此,本主题涉及部件和形成部件的方法,包括一体式金属和复合材料,也称为混合材料。如本文所述,例如与由单独的金属和复合材料区段形成的部件、全金属部件或全复合部件相比,通过将金属纤维与非金属纤维集成在编织或机织材料内,可以增加部件的强度和/或能量吸收,而不会过度增加部件的重量和/或成本。风扇外壳或容纳系统可以由这种混合材料形成,例如以在风扇叶片脱落事件中改进叶片容纳。更具体地,本主题提供风扇容纳外壳组件以及用于形成此类组件的方法,其利用用于机织或编织架构的一体式碳和金属(例如,Al-Li)丝束来创建混合构造的风扇容纳外壳组件。在一些实施例中,混合构造可以包括插入机织/编织架构的层之间的金属片。包括由碳和金属形成的丝束的混合结构可以具有高强度并且可以在风扇叶片脱落(FBO)的事件中有助于能量吸收,这可能有助于在FBO事件中容纳风扇叶片和/或其碎片。此外,与例如全碳风扇外壳相比,混合结构具有减少的重量和成本。也可以实现本主题的其他好处和优点。

[0062] 本发明的进一步方面由以下条项的主题提供:

[0063] 1. 一种燃气涡轮发动机的容纳组件,包括:容纳外壳,所述容纳外壳围绕所述燃气涡轮发动机的纵向中心线沿轴向方向延伸,所述容纳外壳由混合材料形成,所述混合材料包括多个金属丝束和多个非金属丝束,其中,所述多个金属丝束中的每个金属丝束由所述多个非金属丝束中的非金属丝束围绕,使得所述多个金属丝束嵌入所述多个非金属丝束内。

[0064] 2. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述混合材料是三维编织材料。

[0065] 3. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述混合材料是机织材料。

[0066] 4. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述多个金属丝束包括铝锂(Al-Li)合金丝束。

- [0067] 5. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述铝锂 (Al-Li) 合金丝束包括电流保护层。
- [0068] 6. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述多个非金属丝束包括碳丝束。
- [0069] 7. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述多个金属丝束包括钢丝束。
- [0070] 8. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述多个金属丝束包括钛 (Ti) 丝束。
- [0071] 9. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述多个非金属丝束包括碳丝束。
- [0072] 10. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中所述多个金属丝束中的每个金属丝束具有第一厚度,并且所述多个非金属丝束中的每个非金属丝束具有第二厚度,并且其中所述第一厚度不同于所述第二厚度。
- [0073] 11. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中所述混合材料形成为多个层,并且其中金属材料片设置在所述混合材料的相邻层之间。
- [0074] 12. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述混合材料包括按体积计约 5% 至约 50% 的金属。
- [0075] 13. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述混合材料包括按体积计约 10% 至约 30% 的金属。
- [0076] 14. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述容纳组件围绕附接到盘的多个风扇叶片,所述多个风扇叶片中的每个风扇叶片沿径向方向延伸,并且其中,所述盘能够围绕所述纵向中心线旋转。
- [0077] 15. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,进一步包括:
- [0078] 沟槽填料,所述沟槽填料接合到所述容纳外壳,所述沟槽填料设置在所述容纳外壳的径向内侧,使得所述沟槽填料沿所述径向方向设置在所述容纳外壳和所述多个风扇叶片之间。
- [0079] 16. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述金属丝束在所述混合材料中的体积分数径向地、轴向地或周向地变化。
- [0080] 17. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述金属丝束的体积分数从所述容纳外壳的径向内部部分到所述容纳外壳的径向外部分减小。
- [0081] 18. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述金属丝束的体积分数从所述容纳外壳的内表面到所述容纳外壳内的从所述内表面径向向外的位置减小。
- [0082] 19. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述金属丝束的体积分数从所述容纳外壳的内表面到所述容纳外壳的外表面减小。
- [0083] 20. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,在所述容纳外壳的一个轴向位置处的所述金属丝束的体积分数大于在所述容纳外壳的另一轴向位置处的所述金属丝束的体积分数。
- [0084] 21. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,在周向上彼此间隔开的多个区域处的所述金属丝束的体积分数大于在周向位置处在所述多个区域之间的所述金属丝束的体积分数。

[0085] 22. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述混合材料中的所述金属丝束的体积分数是所述混合材料的总体积的至少5%但小于所述非金属丝束和基质材料的组合体积分数。

[0086] 23. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,在所述混合材料中的所述金属丝束的体积分数是所述混合材料的总体积的至少10%但小于所述非金属丝束和基质材料的组合体积分数。

[0087] 24. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,在所述混合材料中的所述金属丝束的体积分数是所述混合材料的总体积的至少5%但小于所述非金属丝束的体积分数。

[0088] 25. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,在所述混合材料中的所述金属丝束的体积分数是所述混合材料的总体积的至少10%但小于所述非金属丝束的体积分数。

[0089] 26. 一种燃气涡轮发动机的混合材料部件,包括:

[0090] 多个金属丝束;和

[0091] 多个非金属丝束,

[0092] 其中,所述多个金属丝束中的每个金属丝束由所述多个非金属丝束的一部分围绕,使得所述多个金属丝束嵌入所述多个非金属丝束内。

[0093] 27. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述多个金属丝束与所述多个非金属丝束编织成三维编织材料,并且其中所述多个金属丝束包括铝锂(Al-Li)合金,并且所述多个非金属丝束包括碳。

[0094] 28. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述多个金属丝束与所述多个非金属丝束机织成机织织物材料,并且其中所述多个金属丝束包括铝锂(Al-Li)合金,并且所述多个非金属丝束包括碳。

[0095] 29. 根据前述条项中任一项所述的容纳组件,其中,所述多个金属丝束和所述多个非金属丝束形成为多个层,并且其中所述多个层形成所述燃气涡轮发动机的风扇容纳外壳。

[0096] 30. 一种形成燃气涡轮发动机的混合材料部件的方法,包括:由多个金属丝束与多个非金属丝束混合形成混合材料;铺设多个混合材料层以形成混合材料叠层;以及处理所述混合材料叠层,其中处理所述混合材料叠层包括固化所述混合材料叠层,使得多个金属丝束和所述多个非金属丝束共固化。

[0097] 31. 根据前述条项中任一项所述的方法,其中,所述多个金属丝束中的每个金属丝束由所述多个非金属丝束中的金属丝束围绕,使得所述金属丝束嵌入在所述非金属丝束内。

[0098] 32. 根据前述条项中任一项所述的方法,其中,铺设多个混合材料层包括使所述多个金属丝束内的多个金属纤维的纤维方向与所述多个非金属丝束内的多个非金属纤维的纤维方向交替。

[0099] 33. 根据前述条项中任一项所述的方法,其中,铺设多个所述混合材料层包括铺设所述多个层,使得所述多个金属丝束和所述多个非金属丝束中的每一个内的纤维是单向的。

[0100] 34. 根据前述条项中任一项所述的方法,其中,所述混合材料叠层具有大致圆柱形的形状。

[0101] 35. 根据前述条项中任一项所述的方法,进一步包括在所述混合材料的相邻层之间插入金属材料片。

[0102] 36. 根据前述条项中任一项所述的方法,其中,所述混合材料叠层包括用于每个金属材料片的两个混合材料层。

[0103] 37. 根据前述条项中任一项所述的方法,其中所述混合材料叠层是树脂传递模塑(RTM),作为处理所述混合材料叠层的一部分。

[0104] 38. 根据前述条项中任一项所述的方法,其中,所述混合材料叠层是真空辅助树脂传递模塑(VARTM),作为处理所述混合材料叠层的一部分。

[0105] 该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装置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。如果这些其他示例包括与权利要求书的字面语言没有区别的结构元件,或者如果它们包括与权利要求书的字面语言没有实质性差异的等效结构元件,则这些其他示例意图落入权利要求书的范围内。

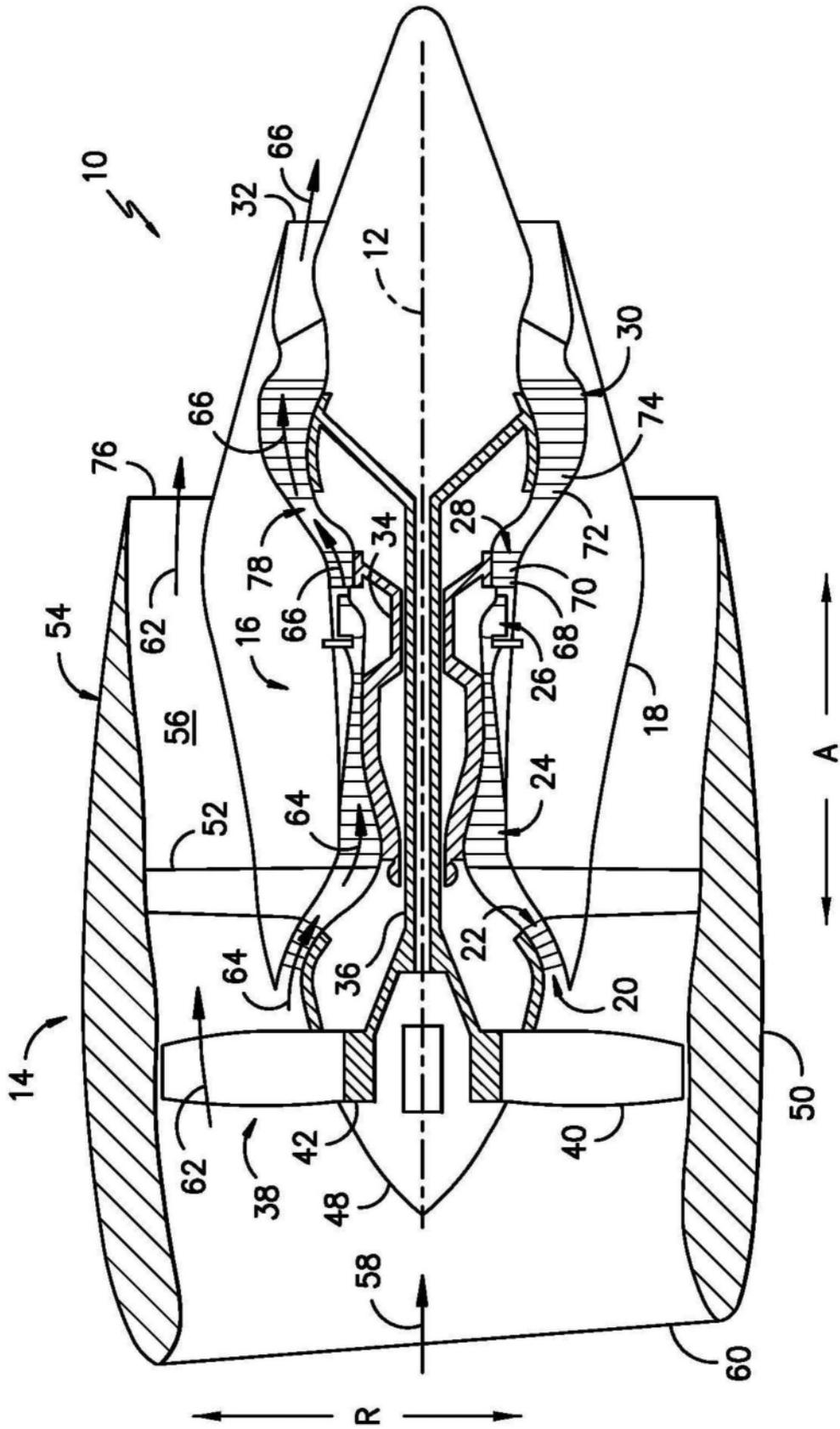


图1

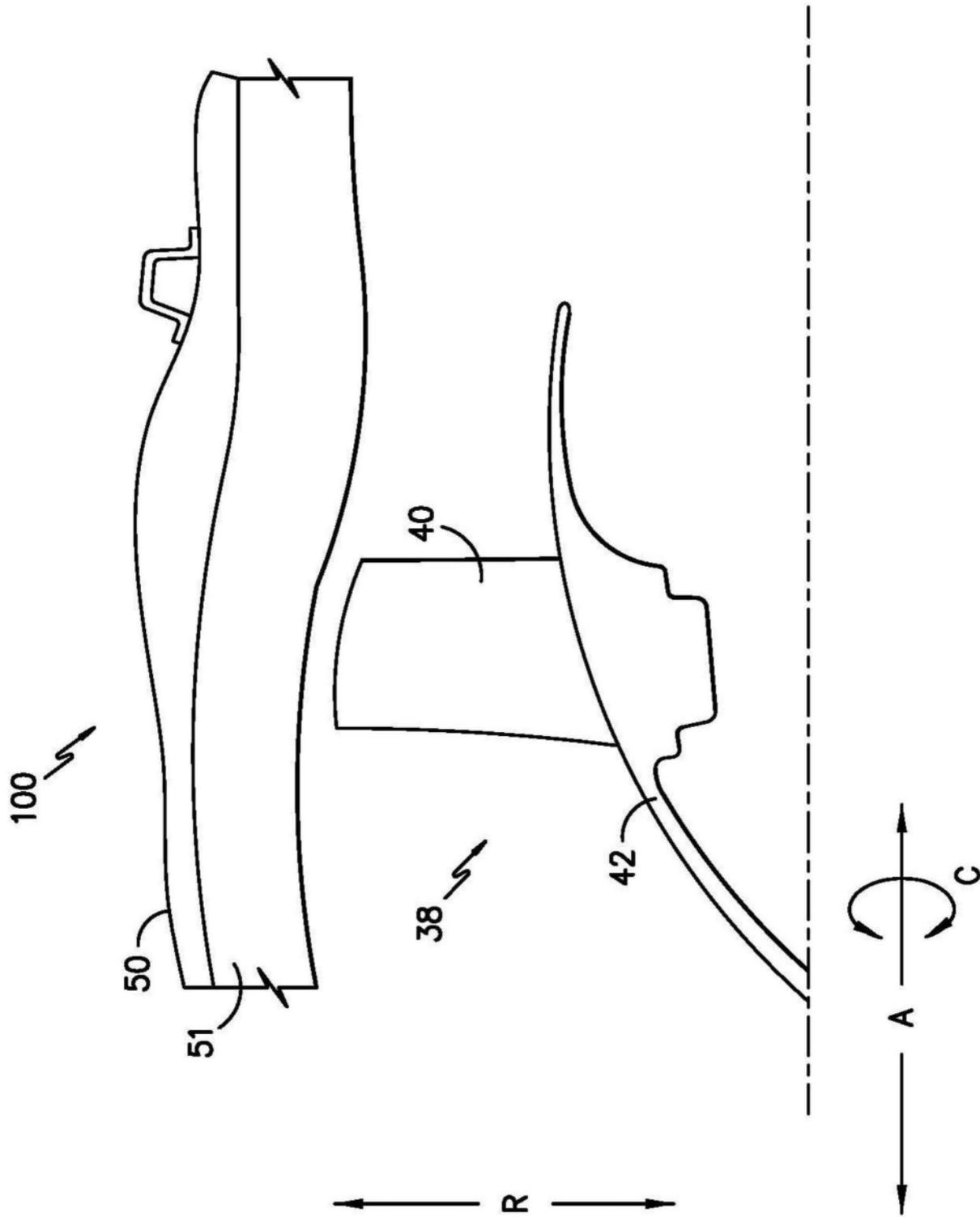


图2

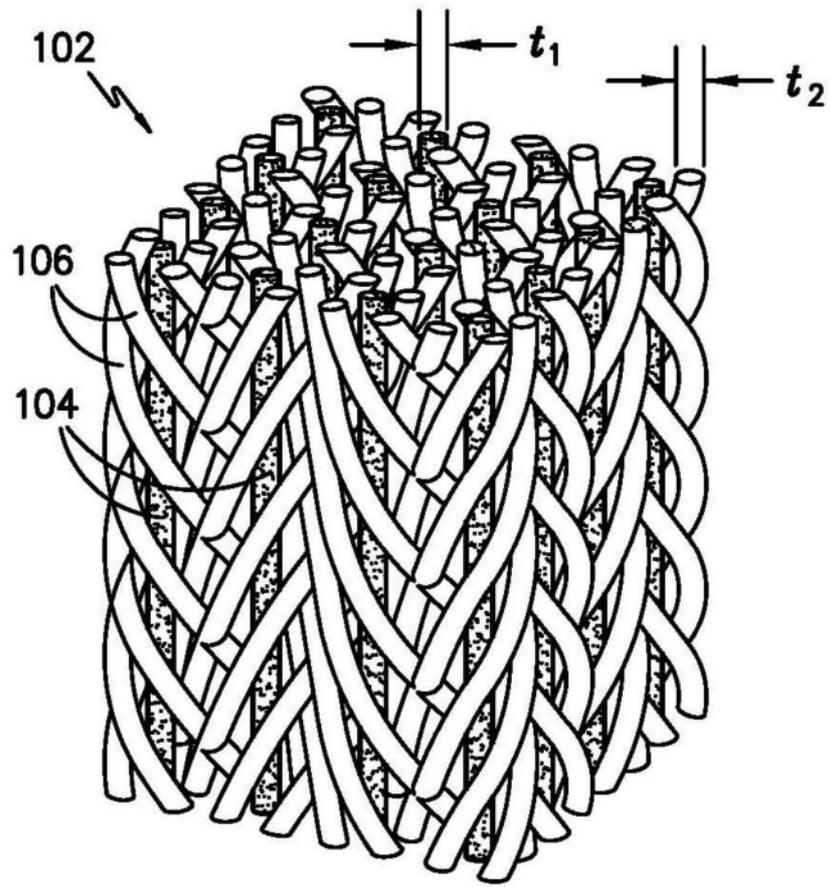


图3A

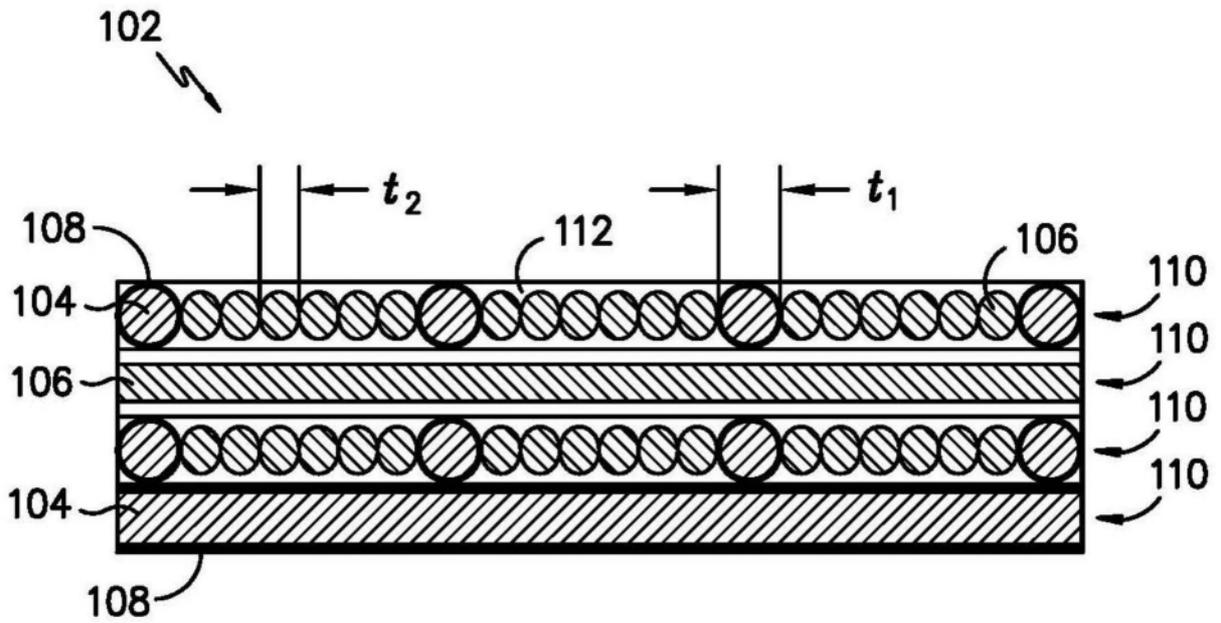


图3B

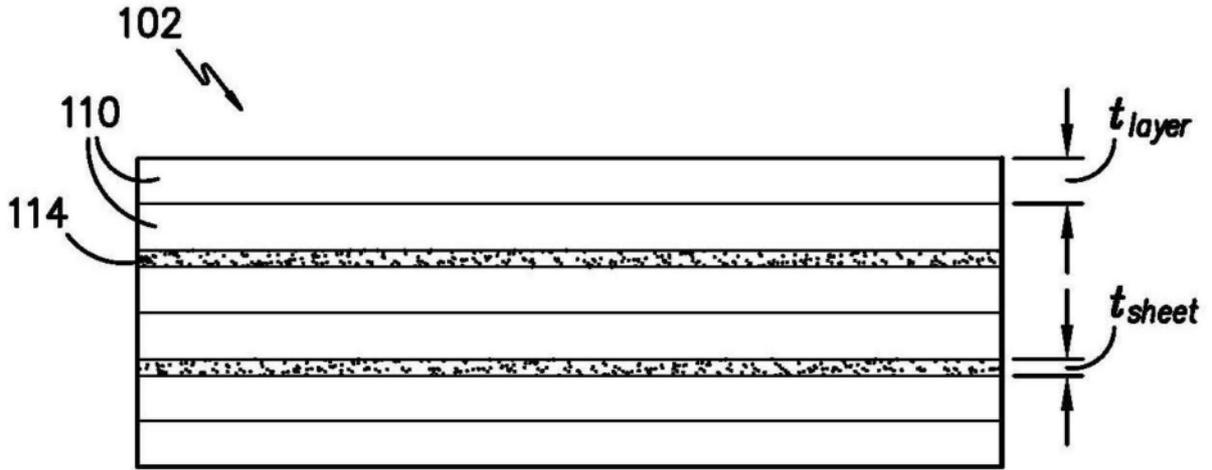


图4

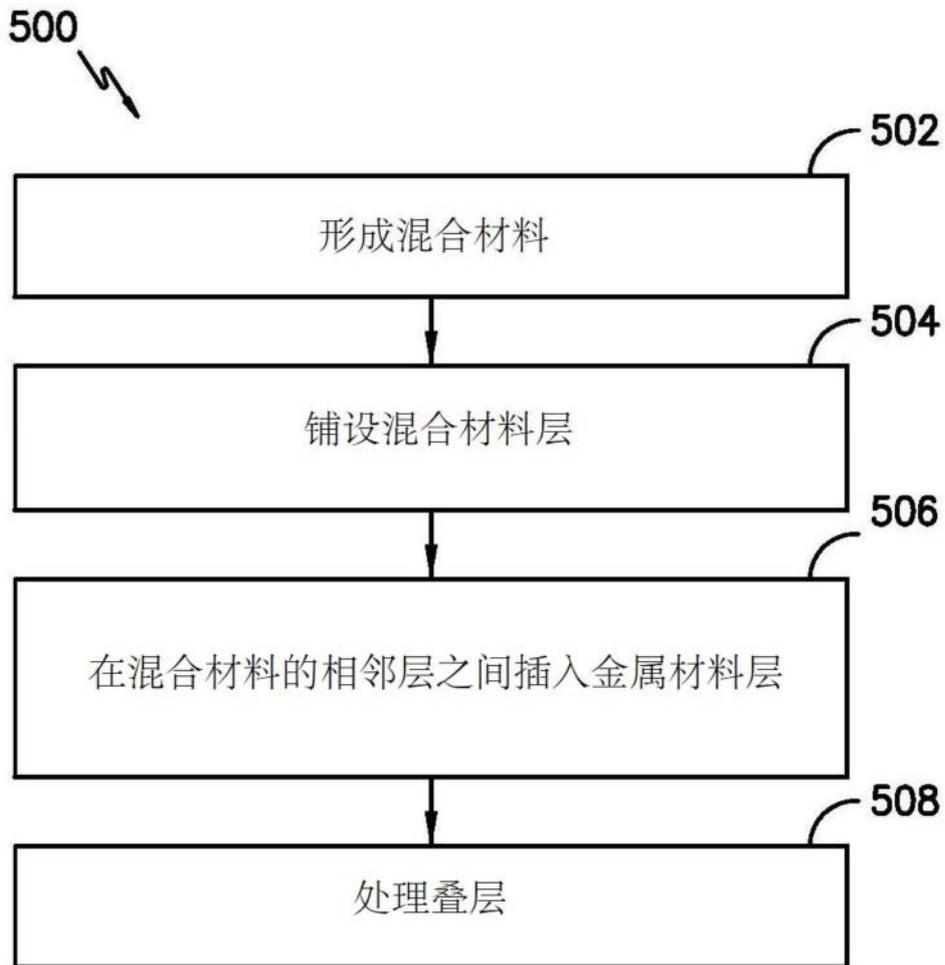


图5