



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104105848 B

(45)授权公告日 2016.08.17

(21)申请号 201280069831.3

(22)申请日 2012.11.09

(30)优先权数据

13/326455 2011.12.15 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.08.15

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/064378 2012.11.09

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/122635 EN 2013.08.22

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 祝绮 S.R.芬

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 肖日松 谭祐祥

(51)Int.Cl.

F01D 25/24(2006.01)

F01D 5/28(2006.01)

F02K 3/06(2006.01)

B29C 70/02(2006.01)

B65D 81/02(2006.01)

(56)对比文件

US 2009/0155044 A1,2009.06.18,说明书第[0023]-[0048]段及附图1-8.

US 5246520 A,1993.09.21,说明书第4栏第26-35行.

US 2008/0185874 A1,2008.08.07,说明书第[0001]、[0063]、[0139]-[0142]段.

US 4035550 A,1977.07.12,摘要,说明书第2栏第30-45行.

US 2009/0155044 A1,2009.06.18,说明书第[0023]-[0048]段及附图1-8.

US 2009/0226310 A1,2009.09.10,全文.

US 4197756 A,1980.04.15,说明书第1栏第30-40行.

审查员 刘玲

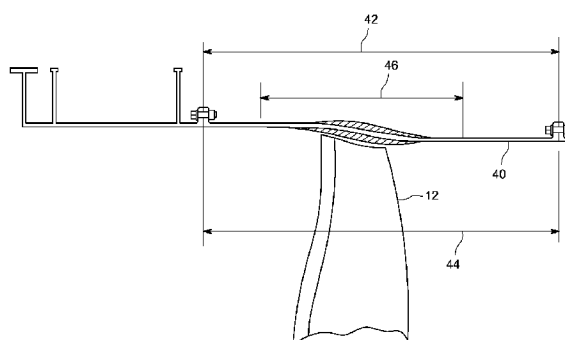
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

燃气涡轮风扇复合容纳外壳及制作方法

(57)摘要

一种容纳外壳包括具有外表面和内表面的复合芯、连结于复合芯的内表面的至少一个抗击穿层,以及连结于复合芯的外表面的至少一个能量捕获层。抗击穿层具有冲击下的高贯穿厚度抗剪强度和高层间韧性。能量捕获层具有冲击下的高平面内抗拉强度和对分层和纤维基质剥离的低阻力。一种制造容纳外壳的方法包括以下步骤:将一层或更多层抗击穿材料设置在铺设心轴上,将一层或更多层结构复合材料设置在抗击穿材料的外表面上,将一层或更多层能量捕获材料设置在结构材料的外表面上,以及使多个层中的树脂固化。



1. 一种燃气涡轮风扇复合容纳外壳, 包括:

具有内表面和外表面的复合芯;

与所述复合芯集成的至少一个抗击穿层, 其中所述至少一个抗击穿层包括用以将所述至少一个抗击穿层连结于所述复合芯的内表面的树脂, 并且其中所述至少一个抗击穿层包括具有冲击下的高贯穿厚度抗剪强度和高层间韧性的纤维和树脂材料; 以及

与所述复合芯集成的至少一个能量捕获层, 其中所述至少一个能量捕获层包括用以将所述至少一个能量捕获层连结于所述复合芯的外表面的树脂, 并且其中所述至少一个能量捕获层包括具有高平面内抗拉强度和对分层和纤维基质剥离的低阻力的纤维和树脂材料, 其中所述至少一个能量捕获层中的所述树脂具有大于总复合物体积的5%的多孔性水平。

2. 根据权利要求1所述的容纳外壳, 其特征在于, 所述至少一个抗击穿层包括非织造织物、外罩、覆盖层、卷绕物、织造织物、针织物或编织物中的至少一个。

3. 根据权利要求2所述的容纳外壳, 其特征在于, 所述非织造织物包括粗梳非织造织物。

4. 根据权利要求2所述的容纳外壳, 其特征在于, 所述至少一个抗击穿层包括纤维以及具有高断裂韧度的树脂, 所述纤维包括S2玻璃、E玻璃、石英、矾土、硅石、氧化硼或碳中的至少一个。

5. 根据权利要求4所述的容纳外壳, 其特征在于, 所述至少一个抗击穿层包括S2玻璃纤维和双环戊二烯(DCPD)树脂。

6. 根据权利要求1所述的容纳外壳, 其特征在于, 所述至少一个能量捕获层包括非织造织物、外罩、覆盖层、卷绕物、织造织物、针织物或编织物中的至少一个。

7. 根据权利要求6所述的容纳外壳, 其特征在于, 所述非织造织物包括粗梳非织造织物。

8. 根据权利要求7所述的容纳外壳, 其特征在于, 所述至少一个能量捕获层包括纤维以及树脂, 所述纤维包括石墨、碳、聚酰亚胺、芳族聚酰胺或超高分子量聚乙烯中的至少一个, 所述树脂未与所述纤维良好连结以便于分层和纤维基质剥离。

9. 根据权利要求8所述的容纳外壳, 其特征在于, 所述至少一个能量捕获层还包括纤维涂料或表面处理中的至少一个, 用于最小化纤维与树脂的粘合。

10. 根据权利要求8所述的容纳外壳, 其特征在于, 所述至少一个能量捕获层包括碳纤维和双环戊二烯(DCPD)树脂。

11. 根据权利要求1所述的容纳外壳, 其特征在于, 所述至少一个抗击穿层包括S2玻璃纤维和双环戊二烯(DCPD)树脂, 而所述至少一个能量捕获层包括碳纤维和双环戊二烯(DCPD)树脂。

12. 根据权利要求1所述的容纳外壳, 其特征在于, 所述复合芯包括增强织物。

13. 根据权利要求12所述的容纳外壳, 其特征在于, 所述复合芯还包括用以在冲击时控制分层的增强缝合。

14. 一种燃气涡轮风扇复合容纳外壳, 包括:

具有内表面和外表面的复合芯;

设置在主冲击地带中并且与所述复合芯集成的至少一个抗击穿层, 其中所述至少一个抗击穿层构造成与一定长度的所述复合芯共同延伸, 并且包括用以将所述至少一个抗击穿

层连结于所述复合芯的内表面的树脂,所述至少一个抗击穿层的特征在于冲击下的高贯穿厚度抗剪强度和高层间韧性;以及

设置在主冲击地带中并且与所述复合芯集成的至少一个能量捕获层,其中所述至少一个能量捕获层构造成与一定长度的所述复合芯共同延伸,并且包括用以将所述至少一个能量捕获层连结于所述复合芯的外表面的树脂,所述至少一个能量捕获层的特征在于冲击下的高平面内抗拉强度和对分层和纤维基质剥离的低阻力,其中所述至少一个能量捕获层中的所述树脂具有大于总复合物体积的5%的多孔性水平。

15. 据权利要求14所述的容纳外壳,其特征在于,所述至少一个抗击穿层包括纤维以及具有高断裂韧度的树脂,所述纤维包括S2玻璃、E玻璃、石英、矾土、硅石、氧化硼或碳纤维。

16. 根据权利要求15所述的容纳外壳,其特征在于,所述至少一个抗击穿层包括S2玻璃纤维和双环戊二烯(DCPD)树脂。

17. 根据权利要求14所述的容纳外壳,其特征在于,所述至少一个能量捕获层包括纤维以及树脂,所述纤维包括石墨、碳、聚酰亚胺、芳族聚酰胺或超高分子量聚乙烯中的至少一个,所述树脂未与所述纤维良好连结以便于分层和纤维基质剥离。

18. 根据权利要求17所述的容纳外壳,其特征在于,所述至少一个能量捕获层包括碳纤维和双环戊二烯(DCPD)树脂。

19. 根据权利要求14所述的容纳外壳,其特征在于,所述至少一个抗击穿层包括S2玻璃纤维和双环戊二烯(DCPD)树脂,而所述至少一个能量捕获层包括碳纤维和双环戊二烯(DCPD)树脂。

20. 一种制造燃气涡轮风扇复合容纳外壳的方法,所述方法包括:

将一层或更多层抗击穿材料设置在铺设心轴上;

将一层或更多层结构复合材料设置在所述抗击穿材料的外表面上;

将一层或更多层能量捕获材料设置在所述结构复合材料的外表面上;以及

固化所述结构复合材料、所述一层或更多层抗击穿材料和所述一层或更多层能量捕获材料中的树脂,其中所述一层或更多层能量捕获材料中的所述树脂具有大于总复合物体积的5%的多孔性水平。

21. 根据权利要求20所述的方法,其特征在于,还包括以树脂浸透所述结构复合材料、所述一层或更多层抗击穿材料和所述一层或更多层能量捕获材料。

22. 根据权利要求20所述的方法,其特征在于,所述一层或更多层抗击穿材料包括纤维以及具有高断裂韧度的树脂,所述纤维包括S2玻璃、E玻璃、石英、矾土、硅石、氧化硼或碳纤维。

23. 根据权利要求20所述的方法,其特征在于,所述一层或更多层能量捕获材料包括纤维以及树脂,所述纤维包括石墨、碳、聚酰亚胺、芳族聚酰胺或超高分子量聚乙烯中的至少一个,所述树脂未与所述纤维良好连结以便于分层和纤维基质剥离。

24. 根据权利要求20所述的方法,其特征在于,还包括在将一层或更多层能量捕获材料设置在所述结构复合材料的外表面上之前至少部分地固化所述结构复合材料和所述一层或更多层抗击穿材料中的树脂的步骤。

燃气涡轮风扇复合容纳外壳及制作方法

技术领域

[0001] 本发明大体上涉及容纳外壳,并且更具体地涉及具有加强的抗冲击性的容纳外壳。

背景技术

[0002] 燃气涡轮发动机广泛用于推进飞行器。典型的涡扇发动机包括置于发动机的前部处的较大的导管风扇。风扇用于产生更大的推力并且减小比燃料消耗。在此类发动机操作期间,存在外来物体(诸如鸟)可冲击(多个)风扇并且引起严重风扇损坏的极小可能性。该损坏可导致部分或所有风扇叶片变为与毂分开,并且冲击风扇外壳或壳。此类分开的风扇叶片如果不由风扇外壳容纳,则可对由发动机供能的飞行器引起相当大的损坏。如果风扇叶片由于疲劳而遭受故障,则也可导致类似的损坏。为了防止此类损坏,已经使用了各种容纳系统。常规的容纳外壳或壳典型地由固体金属形成,该固体金属具有足以耐受风扇的平面内的风扇叶片的冲击的厚度。然而,由这些方法实现的叶片容纳大体上招致了显著的附加重量。

[0003] 正在评估复合材料在容纳外壳中的使用,并且复合材料将提供相当大的重量益处。然而,复合物可在容纳外壳的内表面处经受击穿。具体而言,复合叶片容纳外壳易受由于尖锐物体冲击而产生的损坏。因此,将有利的是提供具有改进的抗冲击性的叶片容纳外壳。

发明内容

[0004] 根据一个示例性实施例,公开了一种叶片容纳外壳。叶片容纳外壳包括具有内表面和外表面的复合芯、至少一个抗击穿层,以及至少一个能量捕获层。至少一个抗击穿层与复合芯集成,并且包括用以将至少一个抗击穿层联结于复合芯的内表面的树脂。至少一个能量捕获层与复合芯集成,并且包括用以将至少一个能量捕获层联结于复合芯的外表面的树脂。

[0005] 根据另一个示例性实施例,公开了一种容纳外壳,其包括具有内表面和外表面的复合芯、设置在主冲击地带中并且与复合芯集成的至少一个抗击穿层,以及设置在主冲击地带中并且与复合芯集成的至少一个能量捕获层。至少一个抗击穿层构造成与一定长度的复合芯共同延伸,并且包括用以将至少一个抗击穿层联结于复合芯的内表面的树脂。至少一个抗击穿层的特征在于冲击下的高贯穿厚度抗剪强度和高层间韧性。至少一个能量捕获层构造成与一定长度的复合芯共同延伸,并且包括用以将至少一个能量捕获层联结于复合芯的外表面的树脂。至少一个能量捕获层的特征在于冲击下的高平面内抗拉强度和对分层和纤维基质剥离的低阻力。

[0006] 根据另一个示例性实施例,公开了一种制造容纳外壳的方法。该方法包括以下步骤:将一层或更多层抗击穿材料设置在铺设心轴上、将一层或更多层结构复合材料设置在抗击穿材料的外表面上,将一层或更多层能量捕获材料设置在结构材料的外表面上,以及

使复合芯、一层或更多层抗击穿材料和一层或更多层能量捕获材料中的树脂固化。

[0007] 这些和其它优点和特征将从结合附图提供的本发明的优选实施例的以下详细描述中更好地理解。

附图说明

[0008] 当参照附图阅读如下详细描述时,公开实施例的这些及其它特征、方面和优点将变得更好理解,在该附图中,相似标记遍及附图表示相似零件,其中:

[0009] 图1为示出并入根据实施例的叶片容纳系统的示例性燃气涡轮发动机的纵截面视图;

[0010] 图2为示出图1中所示的叶片容纳外壳的放大片段纵向示意性截面视图;

[0011] 图3为示出根据实施例的图2中所示的叶片容纳外壳的一部分的进一步放大的片段纵截面视图;

[0012] 图4为示出根据实施例的图3中所示的叶片容纳外壳的一部分的进一步放大的片段纵截面视图;

[0013] 图5为示出根据实施例的叶片容纳外壳的一部分的进一步放大的片段纵截面视图;

[0014] 图6为示出根据实施例的图2中所示的叶片容纳外壳的放大片段纵截面视图;

[0015] 图7为示出根据实施例的图7中所示的叶片容纳外壳的一部分的示意性截面视图;

[0016] 图8为示出根据实施例的图7中所示的叶片容纳外壳的一部分的示意性截面视图;

[0017] 图9为根据实施例的制造叶片容纳外壳的方法的流程图;以及

[0018] 图10为根据实施例的制造叶片容纳外壳的方法的流程图。

具体实施方式

[0019] 在以下描述中,相似的附图标记遍及附图中所示的若干视图指示相似或对应的零件。还理解的是用语(诸如“顶部”、“底部”、“向外”、“向内”、“第一”、“第二”等)是方便的词语,并且将不看作是限制用语。此外,每当本发明的特定方面被说成包括或包含其集合和组合的一定数量的元件中的至少一个时,理解的是,方面可包括或包含单独的或与该集合的其它元件中的任一个组合的、集合的元件中的任一个。

[0020] 大体上参照附图,将理解的是,示图出于描述本文中公开的叶片容纳外壳、系统和方法的特定实施例的目的,并且不旨在限制。

[0021] 下面详细描述了用于燃气涡轮发动机的叶片容纳外壳。图1示意性地示出了燃气涡轮发动机10。公开的实施例不限于在特定燃气涡轮发动机中使用,并且图1中所示的发动机仅出于说明性的目的。燃气涡轮10包括风扇组件12和芯发动机13,芯发动机13包括高压压缩机14、燃烧器16、高压涡轮18、低压涡轮20和增压器22。风扇组件12由叶片容纳外壳23包绕,并且包括从转子盘26沿径向向外延伸的风扇叶片阵列24。发动机10具有进气侧28和排气侧30。风扇组件12和低压涡轮20由第一转子轴31联接,并且压缩机14和高压涡轮18由第二转子轴32联接。

[0022] 在操作期间,空气沿中心轴线34流过风扇组件12,并且压缩空气供应至高压压缩机14。高度压缩的空气输送至燃烧器16。来自燃烧器16的空气流(图1中未示出)经由第一转

子轴31驱动风扇组件12。

[0023] 图2为示出大体上类似于图1的叶片容纳外壳23的叶片容纳外壳40的放大片段纵向示意性截面视图。图3和图4为进一步示出大体上类似于图1的叶片容纳外壳23的叶片容纳外壳50的进一步放大的片段纵向示意性截面视图。更具体参照图2,在示例性实施例中,叶片容纳外壳40为硬壁容纳系统,其包括近似等于风扇组件长度44的长度42。更具体而言,长度42界定风扇组件12的主冲击区46。如本文中限定的“主冲击区”意指围绕复合芯的内表面沿轴向和沿周向两者延伸的区,其中,风扇叶片很有可能从风扇组件弹射出。下文将详细描述叶片容纳外壳40的细节。

[0024] 在图3和图4中所示的示例性实施例中,叶片容纳外壳50包括具有内表面54和外表面56的复合芯52。如图3和图4中指示的,至少一个抗击穿层58在其内表面54上与复合芯52集成。至少一个抗击穿层58以树脂60联结于复合芯52的内表面54。有益地,(多个)抗击穿层58将减少其中叶片容纳外壳50在风扇叶片故障期间被击穿的情况。此外,至少一个能量捕获层62在其外表面56上与复合芯52集成。至少一个能量捕获层62以树脂64联结于复合芯52的外表面56。有益地,(多个)外能量捕获层62将提供由于高抗拉和分层性质引起的叶片容纳外壳50的变形。对于所示的实施例,(多个)抗击穿层58和(多个)能量捕获层62与一定长度的复合芯52共同延伸。然而,在其它实施例中,(多个)层58和62中的一个或两者可局部地设置。例如,(多个)抗击穿层58可构造成邻近(多个)风扇叶片的前缘,以提供局部的加强的抗冲击性。

[0025] 利用多个材料层或地带,并且更具体是与复合芯52组合来利用(多个)抗击穿层58和(多个)能量捕获层62,对于叶片容纳,基于不同材料层的不同冲击失效机制和不同材料的能力提供了抗冲击性的优化。在尖锐物体冲击区(诸如主冲击区46)处,叶片容纳外壳50的冲击内层经受贯穿厚度剪切显著的负载,而外层经受张力显著的负载。具有对叶片容纳外壳50的内表面处的贯穿厚度剪切和分层两者的较大阻力和对叶片容纳外壳50的外表面处的张力和易于分层的较大阻力的材料系统将提供有益的抗冲击质量。

[0026] 因此,在许多应用中,(多个)抗击穿层58包括纤维/树脂材料,其具有冲击下的高贯穿厚度抗剪强度和高层间韧性。更具体而言,在实施例中,(多个)抗击穿层58可包括纤维(其包括S2玻璃、E-玻璃、石英、矾土、硅石、氧化硼),或碳纤维,以及韧化的树脂,诸如具有高断裂韧度的二环戊二烯(DCPD)或其它树脂(具有或没有纳米颗粒和树脂增韧剂)、陶瓷材料、纺织物架构,或具有高贯穿厚度抗剪能力的其它材料或架构。

[0027] 纤维66可包括可用的各种纤维架构中的任一个。在所示的实施例中,(多个)抗击穿层58可包括S2玻璃纤维66,其可包括切短纤维、连续单丝、丝束、纱,或由大量单丝构成的粗纱,或可由较短纤维制成并且织造或编织成织物的连续纤维丝束或纱。本领域的技术人员将取决于最终使用要求来选定特定的纤维架构。更具体而言,纤维架构的选定可取决于若干因素。这些因素包括纤维66将经受的应力的方向性,以及各种其它因素。玻璃纤维66可形成织造织物、非织造物、外罩、覆盖层、卷绕物、针织物、粗梳非织造织物或编织物。

[0028] 任何适合的增强织物(诸如陶瓷织物或非陶瓷织物)可用于复合芯52中。非陶瓷织物的一些实例包括但不限于碳纤维、石墨纤维、聚酰亚胺纤维或芳族聚酰胺纤维、超高分子量聚乙烯以及它们的组合。超高分子量聚乙烯提供了相对高的能量吸收,并且例如在商标Spectra®和Dyneema®下出售。Spectra®纤维由Honeywell Specialty Materials

(Morris NewJersey)出售。Dyneema® 纤维由荷兰的Dutch State Mines(DSM)出售。在示例性实施例中,非陶瓷织物包括碳纤维,其提供较高的机械强度和刚度。

[0029] 在许多应用中,(多个)能量捕获层62可包括具有冲击下的高平面内抗拉强度和对分层和纤维基质剥离的低阻力的纤维/树脂材料。纤维可包括可用的各种纤维架构中的一个。更具体而言,在实施例中,(多个)能量捕获层62可包括纤维(其包括石墨、碳、聚酰亚胺、芳族聚酰胺或超高分子量聚乙烯),以及树脂(诸如,二环戊二烯(CDPD))或与纤维连结并不良好以便于分层的其它树脂、带架构或具有高平面内抗拉能力的其它材料或架构。此外,在实施例,纤维涂料和/或表面处理可用于保持纤维与树脂连结。在所示的实施例中,(多个)能量捕获层62可包括碳纤维68,其可包括切短纤维、连续单丝、丝束、纱,或由大量单丝构成的粗纱,或可由较短纤维制成并且织造成织物的连续纤维丝束或纱。本领域的技术人员将取决于最终使用要求来选定特定的纤维架构。更具体而言,纤维架构的选定可取决于若干因素。这些因素包括纤维将经受的应力的方向性,以及各种其它因素。碳纤维可形成织造织物、非织造物、外罩、覆盖层、卷绕物、针织物、粗梳非织造织物或编织物。

[0030] 任何适合的树脂可用于使(多个)抗击穿层58与复合芯52连结,以及使(多个)能量捕获层62与复合芯52连结。连同(多个)抗击穿层58使用的示例性树脂包括二环戊二烯(DCPD)或具有高断裂韧度的其它树脂,其能够与(多个)抗击穿层58中利用的纤维良好粘合,诸如但不限于环氧树脂、双马来酰亚胺和聚酰亚胺。在备选实施例中,(多个)抗击穿层58可包括树脂增韧剂,诸如让与同一受让人的美国专利8,017,188中公开的,并且该专利通过该引用并入本文中。连同(多个)能量捕获层62使用的示例性树脂包括二环戊二烯(DCPD)、脆性树脂或其它树脂,其包括与(多个)能量捕获层62中利用的纤维较弱粘合的性质,诸如但不限于,环氧树脂、双马来酰亚胺、聚酰亚胺、聚酯和乙烯基酯。

[0031] 叶片容纳外壳的各种层的厚度、成分和位置可基于所需的物理性能和最终使用应用来设计。图4示意性地示出了图3中所示的叶片容纳外壳50的一部分的截面,其中如图4中所示,至少一个(多个)抗击穿层58设置在复合芯52的内表面54上,并且至少一个(多个)能量捕获层62设置在复合芯52的外表面56上。在以上实施例中,各种层的厚度可根据经验确定,并且取决于使用的材料和设计标准广泛地变化。典型地,(多个)抗击穿层58在复合芯52的内表面54的主冲击区46(图2)上延伸,并且沿一定长度的复合芯52延伸。此外,典型地,(多个)能量捕获层62在复合芯52的外表面56的主冲击区46(图2)上延伸,并且沿一定长度的复合芯52延伸。有益地,(多个)抗击穿层58、复合芯52和(多个)能量捕获层62的使用可减少重量和/或成本,同时提供叶片容纳。

[0032] 有益地,通过使(多个)抗击穿层58和(多个)能量捕获层62与复合芯52集成,消除了与已知的容纳外壳构造相关联的上述问题。以该方式,容纳外壳50接收(多个)抗击穿层58和(多个)能量捕获层62在冲击地带处的抗剪强度和抗拉强度的益处,以便硬物体在冲击下偏离外壳,而不击穿叶片容纳外壳。由于(多个)抗击穿层58与复合芯52集成,故它们不经受冲击下的破碎。

[0033] 在优选实施例中,(多个)抗击穿层58和(多个)能量捕获层62可便于制造恒定厚度的复合芯52。图5示意性地示出了包括恒定厚度的复合芯52的叶片容纳外壳70的实施例。在此类实施例中,复合芯52的特征在于在包括主冲击区46和根部冲击区72的复合芯52的轴向长度上的大致一致的厚度。类似于前述实施例,叶片容纳外壳70包括(多个)抗击穿层58和

(多个)能量捕获层62的抗剪强度和抗拉强度的益处。

[0034] 现在参照图6-8,在实施例中,大体上类似于图3-5的复合芯52的复合芯91还可包括增强缝合,以通过保持任何当前的分层免于扩散到主冲击区92外来控制冲击时的分层。更具体参照图6,以示意性截面视图示出了叶片容纳外壳90的一部分(并且更具体示出了复合芯52),其构造成大体上类似于本文所述的图3和图4的叶片容纳外壳50。为了图示清楚,注意的是,(多个)抗击穿层58和(多个)能量捕获层62未在图6中示出。叶片容纳外壳90包括主冲击区92、前缝合地带94和后缝合地带96。前缝合地带94和后缝合地带96的合并防止了由冲击引起的分层扩散到主冲击地带92外并且朝前端凸缘98和后缘凸缘100,它们是主结构附件。参照图7,示出了复合芯91的一部分。复合芯91可包括多个复合材料层102,并且包括贯穿厚度缝合104。贯穿厚度缝合104位于前缝合地带94和/或后缝合地带96中。在备选实施例中并且如图8中最佳示出,贯穿厚度缝合106可设在前缝合地带94和/或后缝合地带96中,并且/或者与前缝合地带96和/或后缝合地带98中的一个的贯穿厚度缝合104(图7)组合。

[0035] 上述叶片容纳外壳具有优异的抗冲击性和损坏忍受性质,并且相比于常规金属外壳提供了显著的重量节省。如公开的叶片容纳外壳便于在叶片在操作期间从发动机释放的情况下将释放的叶片或叶片部分容纳在容纳外壳内,并且有效地保护了发动机的其它部分。

[0036] 参照图9描述了用于制造叶片容纳外壳的方法。任何期望形状的容纳外壳可由任何适合的形成技术形成,诸如,树脂传递模制(RTM)、真空协助树脂传递模制(VARTM)、树脂膜浸透、热成形,以及真空成形,诸如真空浸透或压力喷射,以及其它技术。例如,如图9中指示的,方法120包括在步骤122中使用卷绕或纤维放置工艺来将一层或更多层抗击穿材料设置在铺设心轴上。在步骤124处,使用卷绕或纤维放置工艺将一层或更多层结构复合材料设置在抗击穿材料的外表面上。在步骤126处,使用卷绕或纤维放置工艺将一层或更多层能量捕获材料设置在结构材料的外表面上。在步骤128处,在利用未浸渍的材料层的情况下,复合材料、抗击穿材料和能量捕获材料浸透有树脂。在备选方法中,具有在材料沉积之前施加于纤维的树脂的预浸渍带可在步骤122,124和126中沉积,从而消除对步骤128的需要。树脂在步骤130中固化。

[0037] 更具体而言,公开了用于制造本文中公开的叶片容纳外壳的备选方法。在第一方法中,预浸渍带(在材料沉积之前树脂施加于纤维)用作输入材料。首先,一层或更多层抗击穿材料使用卷绕或纤维放置工艺设置在铺设心轴上。这些层将仅位于叶片容纳外壳的中间区中,并且因此不在工具的整个范围上延伸。为了实现高抗冲击性,特殊卷绕图案可用于提供大量纤维连锁(关于包括此类卷绕图案的附加信息可由让与同一受让人的美国专利第7,713,021号提供,并且该专利通过该引用并入本文中)。接下来,一层或更多层结构复合材料使用卷绕或纤维放置工艺设置在抗击穿材料的上表面上。结构复合材料层中的至少一些将延伸至容纳外壳的前缘和后缘。结构复合材料层可利用常规卷绕途径,其中不包括纤维的连锁,因此向操作和振动负载提供了较高的强度。在设置结构复合材料层之后,一层或更多层能量捕获材料使用卷绕或纤维放置工艺设置在复合结构材料的上表面上。(多个)能量捕获材料层将典型地仅位于叶片容纳外壳的中间区中。在实施例中,(多个)能量捕获材料层可不与(多个)抗冲击材料层对齐。在实施例中,(多个)能量捕获材料层可构造成包括高度连锁的布置,诸如让与同一受让人的美国专利第7,713,021号中所述,并且该专利通过该引

用并入本文中。固化过程典型地在热和压力下可提供成使预浸渍材料层固化。

[0038] 在另一种公开的方法中,未浸渍材料和更具体是干织造材料、编织材料或已经有粘性的独立纤维丝束用作输入材料。首先,一层或更多层抗击穿材料(例如,编织物或织造物)使用包覆、卷绕或纤维放置工艺设置在铺设心轴上。类似于先前公开的方法,这些层将仅位于叶片容纳外壳的中间区中,并且因此将不在工具的整个范围上延伸。类似地,为了实现高抗击穿性,特殊卷绕图案可用于提供大量纤维连锁。接下来,一层或更多层结构复合材料使用包覆、卷绕或纤维放置工艺设置在抗击穿材料的上表面上。结构复合材料层中的至少一些将延伸至容纳外壳的前缘和后缘。结构复合材料层可包括织造图案,其具有非常小的纤维起伏,或者使用卷绕或纤维放置工艺设置来放置干纤维丝束。在实施例中,纤维丝束可具有与树脂的略微的粘性,以提供充分的粘合,但不完全浸渍有树脂。不同类型的增粘剂和施加方法是本领域的技术人员公知的,并且此处不重复。在设置结构复合材料层之后,一层或更多层能量捕获材料(例如,编织物或织造物)使用包覆、卷绕或纤维放置工艺设置在复合结构材料的上表面上。(多个)能量捕获材料层将典型地仅位于叶片容纳外壳的中间区中,并且可不与(多个)抗击穿材料层对齐。接下来,(多个)结构复合材料层、(多个)抗击穿材料层和(多个)能量捕获材料层浸透有树脂(例如,环氧树脂、DCPD)。固化过程典型地在热和压力下可随后提供成使现在浸渍的材料层固化。

[0039] 关于步骤122,124和126,各种材料层的数量和位置取决于复合外壳的期望构造。在备选实施例中,这些材料层可设在模具中。模具的形状、尺寸和构造可部分地取决于待制作的复合外壳的形状和尺寸。模具和相关联的零件是本领域中已知的,并且在本文中不详细描述。

[0040] 关于步骤128,对于树脂传递过程,树脂的浸透可由压力梯度控制。压力梯度和树脂注入的来源的数量和位置部分地取决于特殊系统设计和树脂制品构造。各个树脂和真空源可使用阀或停止材料流动的其他器件来独立地控制。当足够的树脂已经进入层时,树脂流动可停止。流动可通过适当地调整树脂胶凝时间和/或测量已经进入层的树脂的量和在预先计量的量的树脂已经浸透层时停止树脂流动来控制,或者使用传感器来控制树脂的流动。本领域的技术人员将能够基于特定要求控制树脂的浸透。

[0041] 关于步骤130,树脂可为了高温固化或室温固化和为了各种固化时间来催化,如与工艺要求相容。树脂可在注入到纤维预型件之前适当地催化和脱气。多种可用的树脂和制备树脂的方法所有都是本领域中公知的。本领域的技术人员将知道如何选择适合的树脂并且取决于最终使用应用来对其处理。

[0042] 在又一个备选方法中,(多个)能量捕获材料层中的树脂可形成为具有异常高水平的多孔性,以便便于纤维与包括(多个)材料层的树脂之间的剥离,并且促进(多个)材料层之间的分层。在典型的结构复合物中,努力保持多孔性水平低于总复合物体积的大约2%。在其中(多个)能量捕获层中的树脂形成为具有异常高水平的多孔性的实施例中,多孔性水平可大于5%,并且在示例性实施例中,大于20%。

[0043] 因此,参照图10描述了用于制造叶片容纳外壳的方法,其中(多个)能量捕获层中的树脂可形成为具有异常高水平的多孔性。类似于先前限定的(多种)方法,容纳外壳可具有任何期望形状并且由任何适合的形成技术形成,诸如树脂传递模制(RTM)、真空协助树脂传递模制(VARTM)、树脂膜浸透、热成形,以及真空成形,诸如真空浸透或压力喷射,以及其

它技术。例如,如图10中指示的,方法150包括在步骤152中使用卷绕或纤维放置工艺来将一层或更多层抗击穿材料设置在铺设心轴上。在步骤154处,使用卷绕或纤维放置工艺将一层或更多层结构复合材料设置在抗击穿材料的外表面上。在步骤156处,并且相比于其中使用未浸渍的材料层的(多种)前述方法,复合材料和抗击穿材料在能量捕获材料沉积之前浸透有树脂。在备选方法中,具有在材料沉积之前施加于纤维的树脂的预浸渍带可在步骤152和154中沉积,从而消除对步骤156的需要。接下来,在步骤158处,复合材料和抗击穿材料部分地或完全地固化。复合材料和抗击穿材料中的树脂的完全或部分固化将增大树脂的粘性,并且阻止树脂在随后处理下流入能量捕获层中。

[0044] 步骤160包括使用卷绕或纤维放置工艺将一层或更多层能量捕获材料设置在结构材料的外表面上。可使用预浸渍或“干”材料,如先前提到的。如果使用“干”材料,则纤维可与少量树脂粘结,以允许它们附连于复合材料。如果期望(多个)能量捕获材料层中的较高水平的多孔性,则进一步的树脂浸透可不为必要的。如果期望附加的树脂,则其可在单独的浸透步骤中使用处理条件来添加于能量捕获材料,这将促进高多孔性,诸如低浸透压力。更具体而言,在步骤162处,在利用未浸渍的材料层的情况下,(多个)能量捕获材料层可浸透有树脂。最后,整个组件在步骤164处经受固化周期,以固化(多个)能量捕获材料层中的树脂,并且如果需要,则完成(多个)复合芯材料层和(多个)抗击穿材料层中的树脂的固化。可在该周期中期望低固化压力以便于能量捕获层中的高多孔性。

[0045] 对于所示的(多种)方法,(多个)抗击穿层和(多个)能量捕获层可包括任何适合的材料,包括上文参照复合外壳实施例列出的材料和织物。

[0046] 尽管本文已经示出和描述了本发明的仅某些特征,但本领域的技术人员将想到许多改型和变化。因此,将理解的是,所附权利要求旨在涵盖落入本发明的真正精神内的所有此类改型和变化。应当理解的是,尽管以上实施例参照用于涡轮机器的容纳外壳论述,但本发明的实施例可在其中需要类似保护的其它应用中利用。

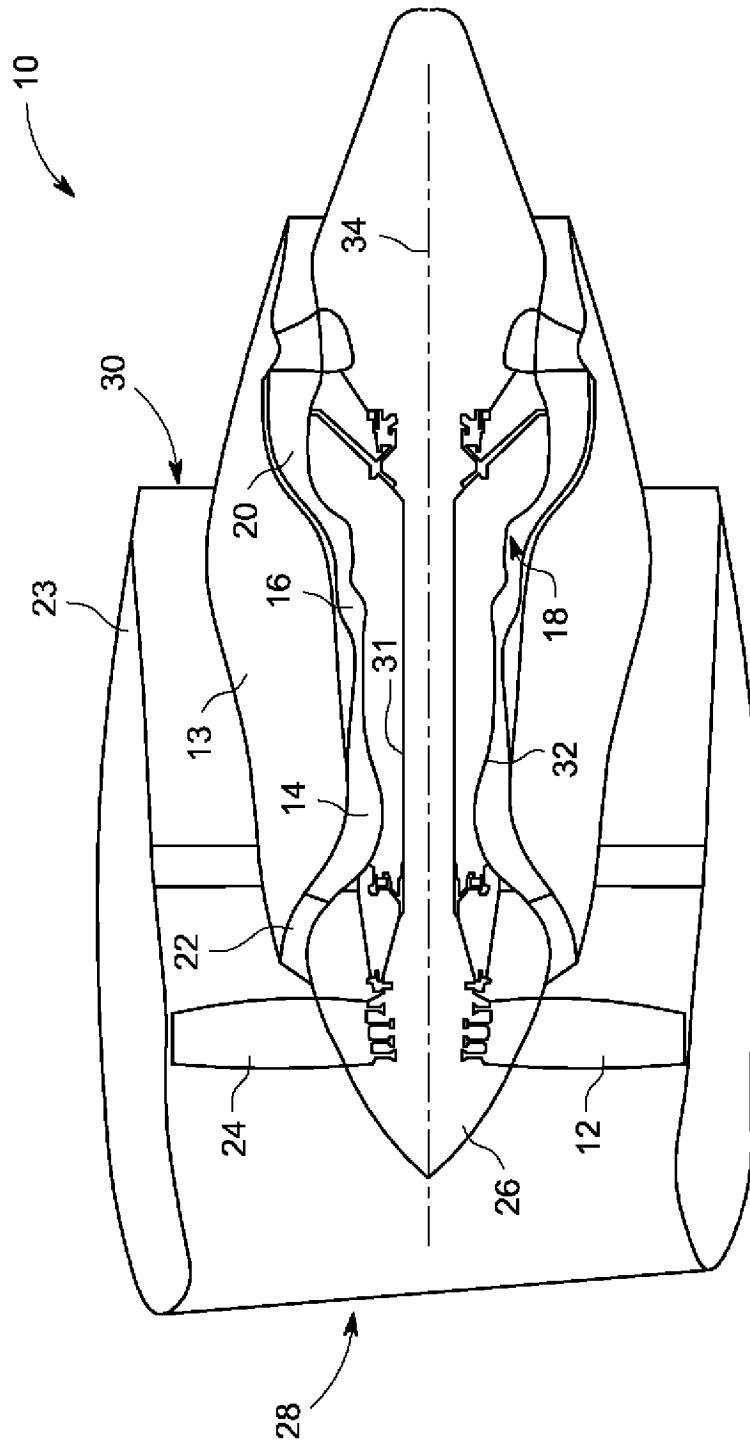


图 1

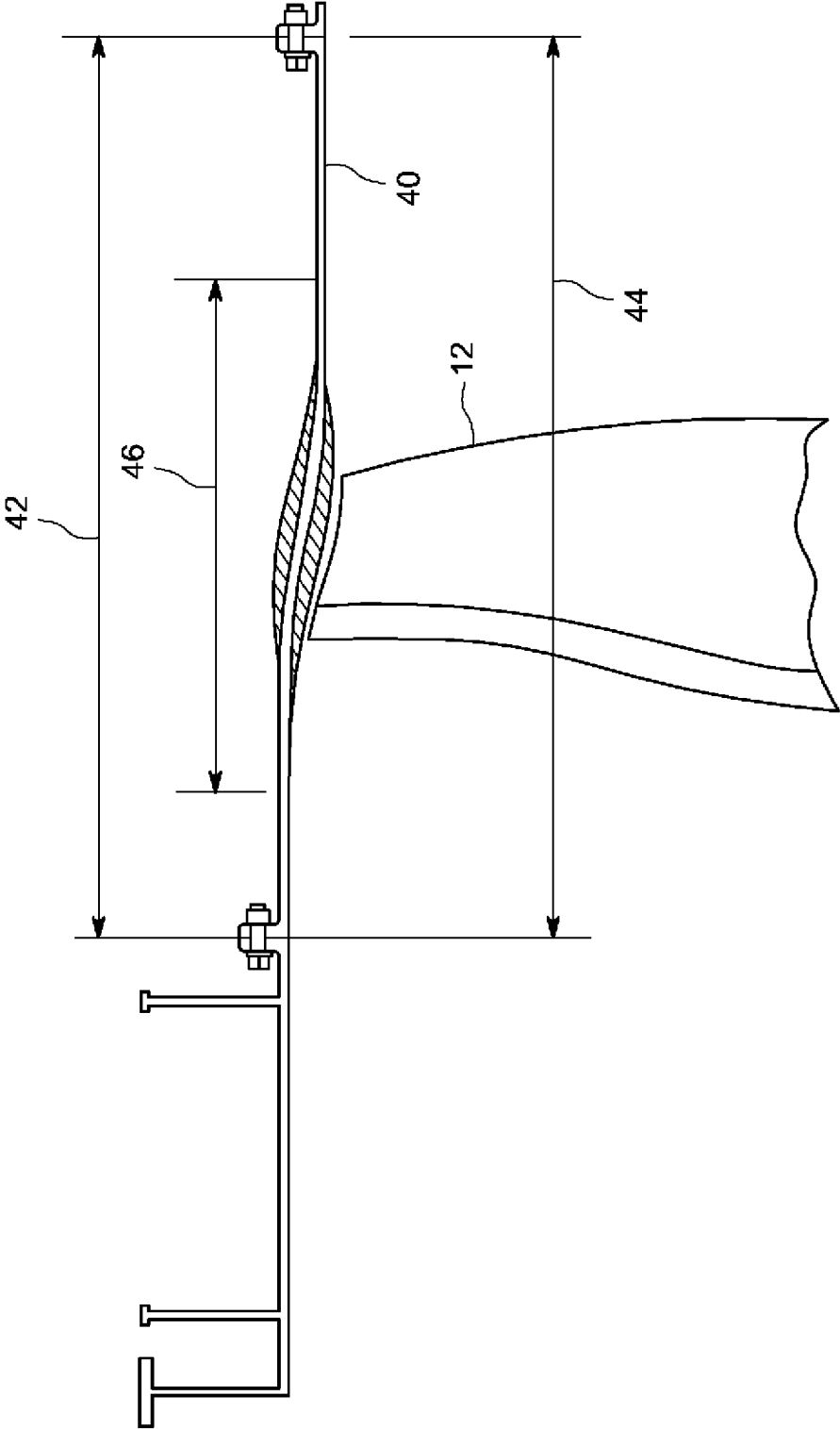


图 2

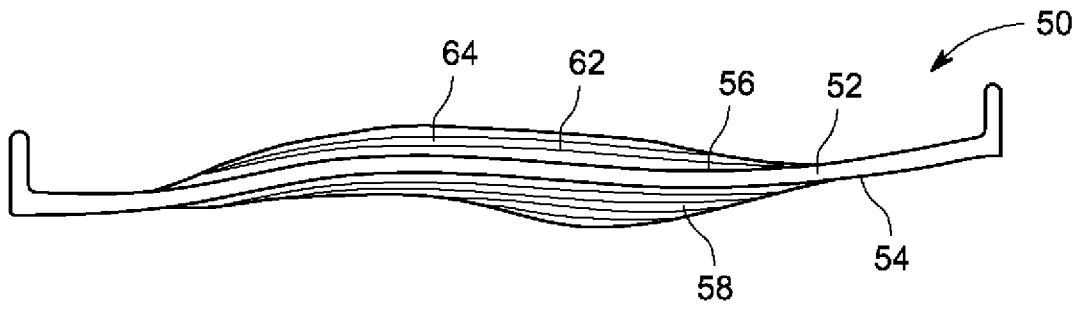


图 3

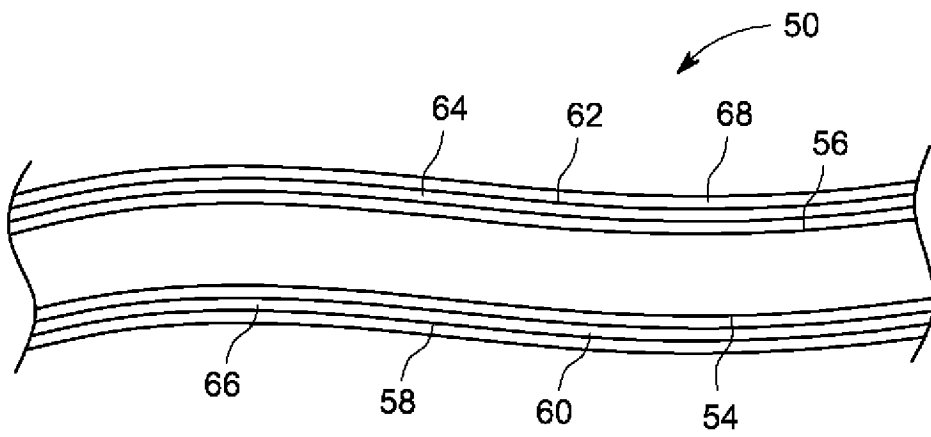


图 4

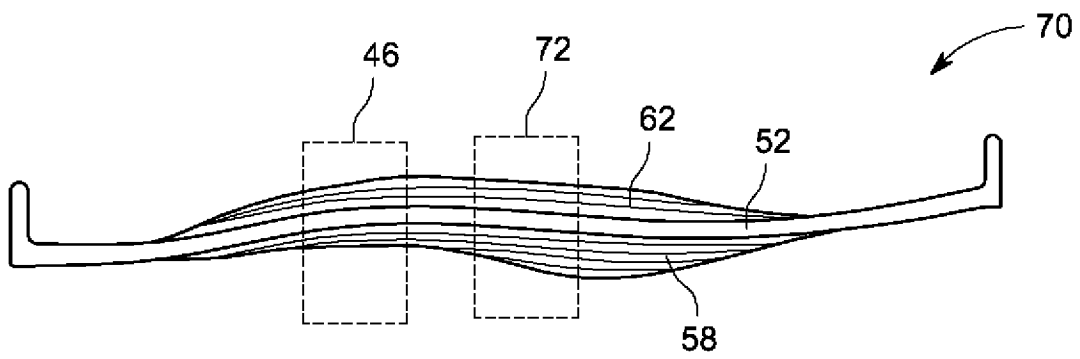


图 5

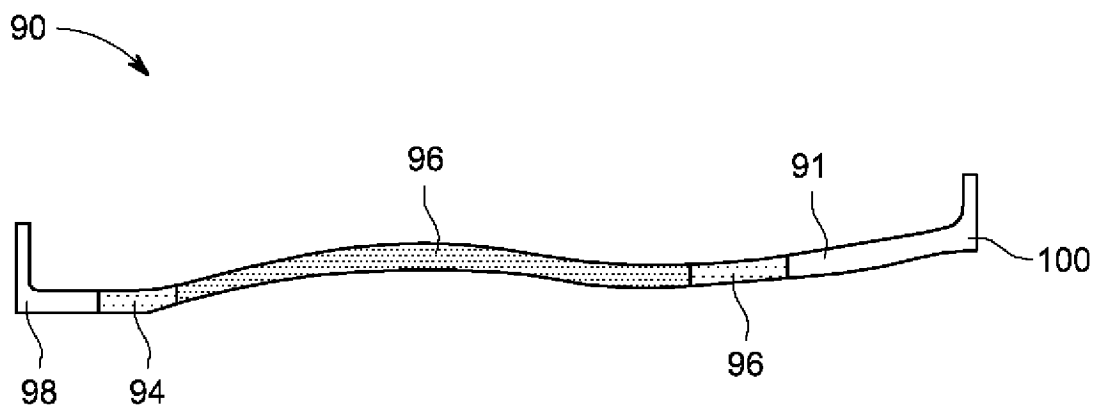


图 6

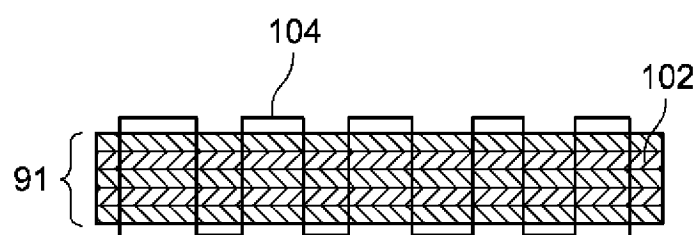


图 7

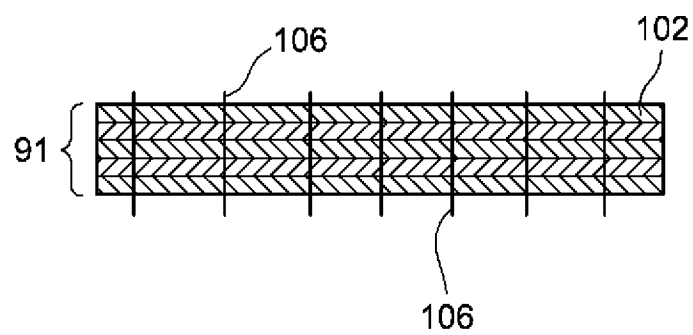


图 8

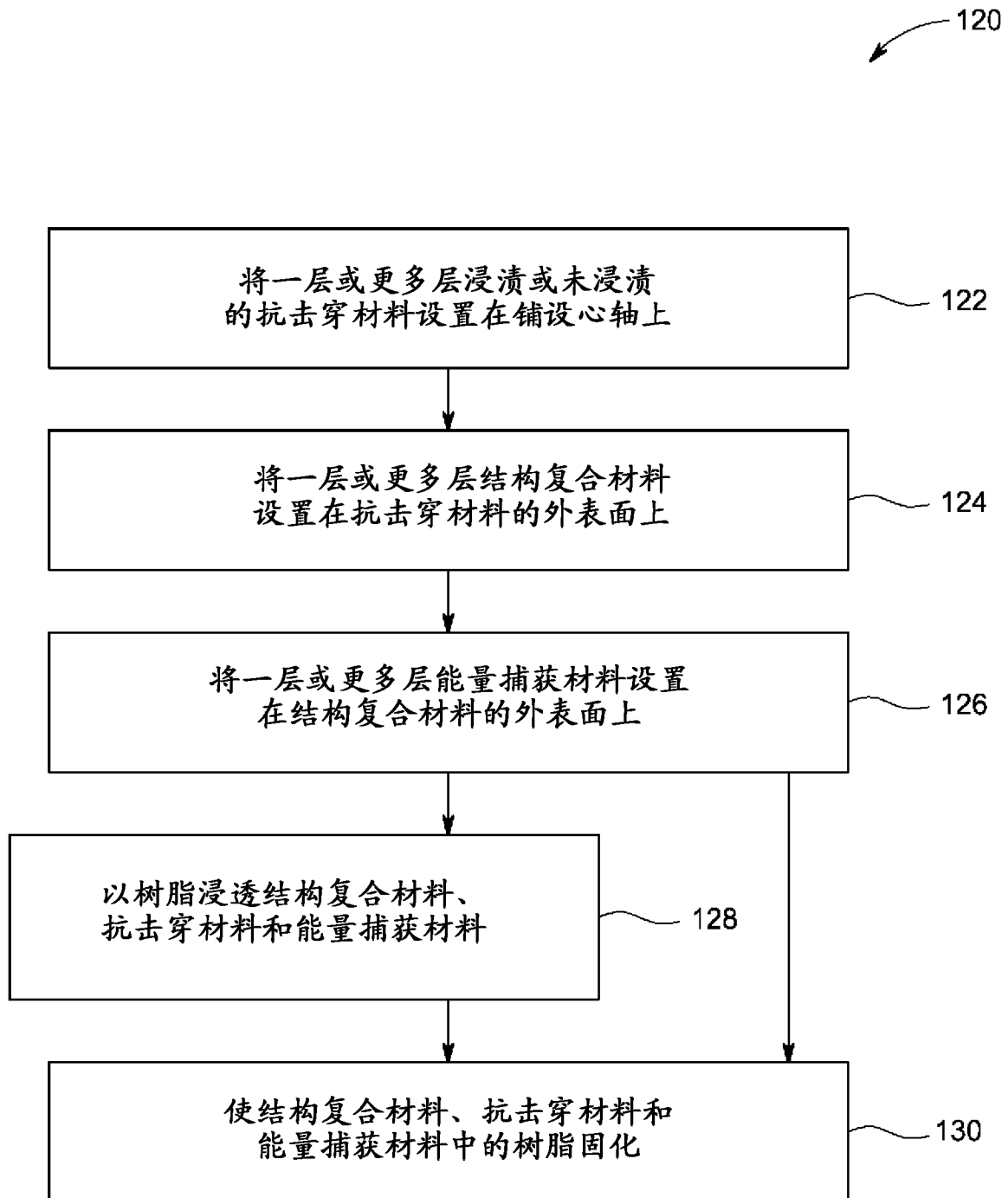


图 9

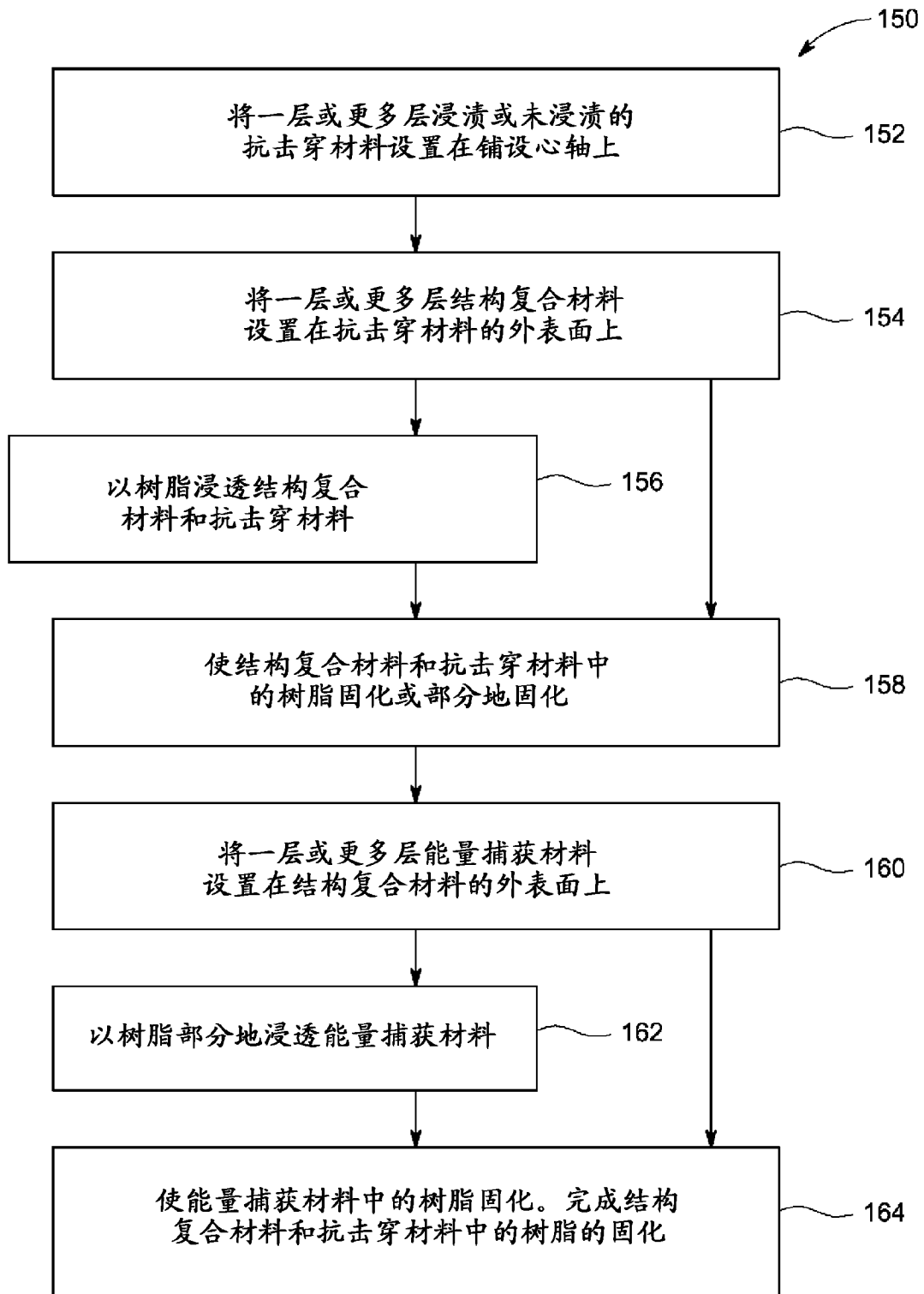


图 10