



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107792390 B

(45) 授权公告日 2022.11.11

(21) 申请号 201710795168.X

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2017.09.06

B64F 5/40 (2017.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107792390 A

(56) 对比文件

US 2009277994 A1, 2009.11.12

(43) 申请公布日 2018.03.13

CN 103387045 A, 2013.11.13

(30) 优先权数据

US 5518208 A, 1996.05.21

15/258,919 2016.09.07 US

US 2013014367 A1, 2013.01.17

(73) 专利权人 波音公司

CN 104144852 A, 2014.11.12

地址 美国伊利诺伊州

US 2012153082 A1, 2012.06.21

审查员 官中运

(72) 发明人 R·A·斯塔尔 N·内尔塞西安

权利要求书2页 说明书16页 附图9页

G·D·奥克斯

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限

公司 11245

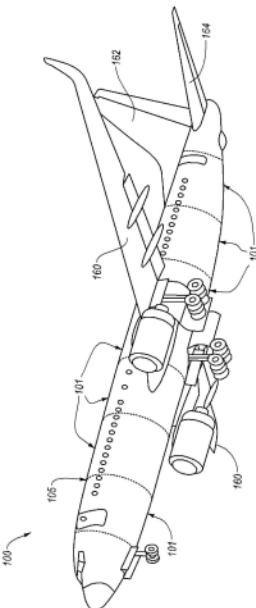
专利代理人 徐东升 赵蓉民

(54) 发明名称

更换飞行器的机身筒体的一部分的方法及
飞行器的机身筒体装配件

(57) 摘要

本申请公开一种修复飞行器的具有整体构造的机身筒体的损伤的方法。该方法包括在平行于机身筒体的纵轴的方向上沿着机身筒体确定至少第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线。该方法还包括探测在第一虚拟拼接线与第二虚拟拼接线之间的机身筒体的第一部段中的损伤。该方法进一步包括沿着第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线切穿机身筒体，以使第一部段从机身筒体的主部段物理地分离。该方法还包括从机身筒体的主部段移除第一部段，并且将新部段拼接到机身筒体的主部段以替代第一部段。



1.一种更换飞行器(100)的机身筒体(102)的一部分的方法(200),所述机身筒体具有无缝整体构造,所述方法包括:

在平行于所述机身筒体的纵轴(106)的方向上沿着所述机身筒体确定至少第一拼接线(104A)和第二拼接线(104B);

随着确定所述第一拼接线和所述第二拼接线后,探测在所述第一拼接线与所述第二拼接线之间的所述机身筒体的第一部段(108A)中的损伤;

在检测到所述损伤之后,沿着所述第一拼接线和所述第二拼接线切穿所述机身筒体,以使所述第一部段从所述机身筒体的主部段(103)物理地分离;

从所述机身筒体的所述主部段移除所切下的所述第一部段;以及

将不与所述主部段共同形成的新部段拼接到所述机身筒体的所述主部段以替代被移除的所述第一部段。

2.根据权利要求1所述的方法(200),其中:

所述机身筒体(102)沿着所述纵轴(106)从第一端(112)纵向延伸到第二端(114);并且

所述第一拼接线(104A)和所述第二拼接线(104B)都从所述机身筒体的所述第一端延伸到所述机身筒体的所述第二端。

3.根据权利要求1所述的方法(200),其中将所述新部段拼接到所述机身筒体(102)的所述主部段(103)包括:在所述新部段与所述机身筒体的所述主部段之间,沿着所述第一拼接线(104A)形成平行于所述纵轴(106)的第一对接接头(124)并且沿着所述第二拼接线(104B)形成平行于所述纵轴(106)的第二对接接头(125)。

4.根据权利要求1所述的方法(200),其中响应于所述第一拼接线(104A)和所述第二拼接线(104B)在所述机身筒体上的位置,在所述机身筒体(102)的损伤(107)之前预先制造所述新部段(110)。

5.根据权利要求1所述的方法(200),其中所述第一部段(108A)和所述新部段(110)中的每一个形成所述机身筒体(102)的至少四分之一。

6.一种飞行器(100)的机身筒体装配件(101),其包括:

具有无缝整体构造的机身筒体(102)的主部段(103),所述机身筒体具有在所述机身筒体的第一部段中的损伤,所述第一部段在平行于所述机身筒体的纵轴的方向上沿着所述机身筒体处于第一拼接线与第二拼接线之间,其中所述机身筒体的所述第一部段已经被沿着所述第一拼接线和所述第二拼接线切割并从所述机身筒体的所述主部段移除;

不与所述主部段共同形成的所述机身筒体的新部段(110),所述新部段具有整体构造并且沿着所述主部段与所述新部段之间的第一对接接头(124)和沿着所述主部段与所述新部段之间的第二对接接头(125)被拼接到所述主部段,所述第一对接接头(124)是沿着所述第一拼接线形成的,而所述第二对接接头(125)是沿着所述第二拼接线形成的;

第一拼接板(126),其在所述第一对接接头上方紧固到所述机身筒体的所述主部段和所述新部段;

第二拼接板(127),其在所述第二对接接头上方紧固到所述机身筒体的所述主部段和所述新部段;

耦连到所述第一拼接板的第一替换剪切系带(138);

耦连到所述第二拼接板的第二替换剪切系带(140);以及

框架元件(132),其耦连到所述第一替换剪切系带和所述第二替换剪切系带两者。

7. 根据权利要求6所述的机身筒体装配件(101),其中:

所述主部段(103)包括平行于所述第一对接接头(124)延伸的第一纵梁(116)和平行于所述第二对接接头(125)延伸的第二纵梁;

所述新部段(110)包括平行于所述第一对接接头延伸的第三纵梁和平行于所述第二对接接头延伸的第四纵梁;

所述机身筒体(102)进一步包括:

第一填充物,其在所述第一拼接板(126)与所述第一对接接头之间,并且在所述第一纵梁与所述第三纵梁之间;以及

第二填充物,其在所述第二拼接板(127)与所述第二对接接头之间,并且在所述第二纵梁与所述第四纵梁之间。

8. 根据权利要求7所述的机身筒体装配件(101),其中:

所述主部段(103)包括平行于所述第一对接接头(124)延伸的第一纵梁(116)和平行于所述第二对接接头(125)延伸的第二纵梁;

所述新部段(110)包括平行于所述第一对接接头延伸的第三纵梁和平行于所述第二对接接头延伸的第四纵梁;

所述第一拼接板(126)被支撑于并且紧固到所述第一纵梁、所述第三纵梁和所述第一填充物上;并且

所述第二拼接板(127)被支撑于并且紧固到所述第二纵梁、所述第四纵梁和所述第二填充物上。

9. 根据权利要求6所述的机身筒体装配件(101),其中:

所述第一对接接头(124)和所述第二对接接头(125)彼此周向间隔开;

所述第一对接接头和所述第二对接接头平行于所述机身筒体(102)的纵轴(106)延伸;并且

所述第一对接接头和所述第二对接接头从所述机身筒体的第一端(112)延伸到所述机身筒体的第二端(114)。

10. 根据权利要求6所述的机身筒体装配件(101),其中所述主部段(103)、所述新部段(110)、所述第一拼接板(126)和所述第二拼接板(127)由纤维增强聚合物制成。

更换飞行器的机身筒体的一部分的方法及飞行器的机身筒体 装配件

技术领域

[0001] 本公开总体涉及飞行器的机身筒体，并且更具体地涉及修复由纤维增强聚合物制成的飞行器的机身筒体。

背景技术

[0002] 典型的飞行器具有由金属制成的机身筒体，机身筒体包括多个已有的互连分段。通常，在飞行器的首次操作之前当飞行器被初始装配时，由金属制成的常规机身筒体的互连分段在搭接接头处耦连到一起。当这种常规机身筒体发生损伤时，包含损伤的互连分段中的一个或多个分段被沿着生产拼接线分离，从机身筒体中移除并且用无损伤的一个或多个分段替换。因为由金属制成的常规机身筒体起初被制造成具有多块构造，所以可以相对简单地完成由金属制成的常规机身筒体的损伤的修复。

[0003] 诸如纤维增强聚合物的技术先进的材料允许构造整体机身筒体，这消除了围绕机身筒体互连多个嵌板的需求。移除和替换机身嵌板的常规方法对于由整体构造制成的机身筒体是不够的。例如，修复具有整体构造的机身筒体的损伤的常规方法可能是困难、费时和昂贵的，并且造成不期望的美感。

发明内容

[0004] 响应于当前的现有技术，并且特别响应于与修复具有整体构造的机身筒体的损伤相关联的尚未被当前可用技术完全解决的问题和劣势，已经开发出本申请的主题。因此，本申请的主题被研发，以提供修复具有整体构造的机身筒体的损伤的方法，该方法克服现有技术的至少一些上述缺点。更具体地，在一种实施方式中，为了利用整体筒体设计的结构效率和制造效率，公开了有助于确保涉及大规模损伤事件的机体可以被快速修复并返回服务中的方法。

[0005] 本文公开了一种修复飞行器的机身筒体的损伤的方法。该机身筒体具有整体构造 (one-piece construction)。该方法包括：在机身筒体损伤之前，在平行于机身筒体的纵轴的方向上沿着机身筒体确定至少第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线。该方法还包括探测在第一虚拟拼接线与第二虚拟拼接线之间的机身筒体的第一部段中的损伤。该方法进一步包括沿着第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线切穿机身筒体，以使第一部段从机身筒体的主部段物理地分离。该方法还包括从机身筒体的主部段移除第一部段。该方法额外地包括将新部段拼接到机身筒体的主部段以替代第一部段。本段的前述主题表征本公开的示例1。

[0006] 机身筒体沿着纵轴从第一端纵向延伸到第二端。第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线都从机身筒体的第一端延伸到机身筒体的第二端。本段的前述主题表征本公开的示例2，其中示例2也包括根据上述示例1所述的主题。

[0007] 将新部段拼接到机身筒体的主部段包括：在新部段与机身筒体的主部段之间，沿着第一虚拟拼接线形成平行于纵轴的第一对接接头并且沿着第二虚拟拼接线形成平行于

纵轴的第二对接接头。本段的前述主题表征本公开的示例3，其中示例3也包括根据上述示例1或2中的任何一个所述的主题。

[0008] 将新部段拼接到机身筒体的主部段进一步包括：用第一拼接板覆盖第一对接接头，用第二拼接板覆盖第二对接接头，并且将第一拼接板和第二拼接板紧固到机身筒体的主部段的内表面上和新部段的内表面上。本段的前述主题表征本公开的示例4，其中示例4也包括根据上述示例3所述的主题。

[0009] 从机身筒体的主部段移除第一部段包括：从第一剪切系带(shear tie)和第二剪切系带上解耦围绕机身筒体周向延伸的框架元件，其中第一剪切系带在第一虚拟拼接线上方耦连到机身筒体并且第二剪切系带在第二虚拟拼接线上方耦连到机身筒体；从机身筒体上解耦第一剪切系带；并且从机身筒体上解耦第二剪切系带。将新部段拼接到机身筒体的主部段包括：将第一替换剪切系带耦连到第一拼接板，其中第一替换剪切系带被配置为与第一剪切系带不同；将第二替换剪切系带耦连到第二拼接板，其中第二替换剪切系带被配置为与第二剪切系带不同；并且将框架元件耦连到第一替换剪切系带和第二替换剪切系带。本段的前述主题表征本公开的示例5，其中示例5也包括根据上述示例4所述的主题。

[0010] 第一拼接板包括沿着第一对接接头基本端对端布置的多个第一拼接板分段。第二拼接板包括沿着第二对接接头基本端对端布置的多个第二拼接板分段。将新部段拼接到机身筒体的主部段进一步包括：用至少一个耦连器将相邻的第一拼接板分段互相耦连，其中该耦连器被固定于并且横跨相邻的第一拼接板分段的至少一部分。将新部段拼接到机身筒体的主部段进一步包括：用至少一个耦连器将相邻的第二拼接板分段互相耦连，其中该耦连器被固定于并且横跨相邻的第二拼接板分段的至少一部分。本段的前述主题表征本公开的示例6，其中示例6也包括根据上述示例4或5中的任何一个所述的主题。

[0011] 多个纵梁耦连到机身筒体上，所述多个纵梁彼此周向间隔开并且平行于机身筒体的纵轴沿着机身筒体延伸。多个纵梁被至少分组成第一对纵梁和第二对纵梁，第一对纵梁包括第一纵梁，第二对纵梁包括第三纵梁。第一虚拟拼接线在第一对纵梁之间延伸。第二虚拟拼接线在第二对纵梁之间延伸。本段的前述主题表征本公开的示例7，其中示例7也包括根据上述示例4-6中的任何一个所述的主题。

[0012] 将新部段拼接到机身筒体的主部段包括：在第一拼接板与第一对接接头之间以及在新部段的第一纵梁与第二纵梁之间放置第一填充物，并且在第二拼接板与第二对接接头之间以及在新部段的第三纵梁与第四纵梁之间放置第二填充物。本段的前述主题表征本公开的示例8，其中示例8也包括根据上述示例7所述的主题。

[0013] 机身筒体、第一拼接板、第二拼接板和多个纵梁由纤维增强聚合物制成。本段的前述主题表征本公开的示例9，其中示例9也包括根据上述示例7或8中的任何一个所述的主题。

[0014] 该飞行器包括以端对端方式彼此耦连的多个机身筒体，以形成飞行器的机身。从机身筒体的主部段移除第一部段包括：从相邻的机身筒体上解耦机身筒体的第一部段。将新部段拼接到机身筒体的主部段包括：将新部段耦连到相邻的机身筒体。本段的前述主题表征本公开的示例10，其中示例10也包括根据上述示例1-9中的任何一个所述的主题。

[0015] 响应于第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线在机身筒体上的位置，在机身筒体损伤之前预先制造新部段。本段的前述主题表征本公开的示例11，其中示例11也包括根据上述

示例1-10中的任何一个所述的主题。

[0016] 确定至少第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线包括：探测沿着机身筒体的内表面的路径，该路径具有从路径一端到路径相对端的视线；并且沿着该路径定位第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线中的一个。本段的前述主题表征本公开的示例12，其中示例12也包括根据上述示例1-11中的任何一个所述的主题。

[0017] 第一部段和新部段中的每一个形成机身筒体的至少四分之一。本段的前述主题表征本公开的示例13，其中示例13也包括根据以上示例1-12中的任何一个所述的主题。

[0018] 该方法进一步包括：在机身筒体损伤之前，在平行于机身筒体的纵轴的方向上沿着机身筒体确定至少第三虚拟拼接线。本段的前述主题表征本公开的示例14，其中示例14也包括根据上述示例1-13中的任何一个所述的主题。

[0019] 还公开了一种飞行器的机身筒体装配件。该机身筒体装配件包括具有整体构造的机身筒体的主部段。该机身筒体装配件还包括具有整体构造的机身筒体的新部段，并且该新部段沿着主部段与新部段之间的第一对接接头并且沿着主部段与新部段之间的第二对接接头拼接到主部段。该机身筒体装配件进一步包括：在第一对接接头上方紧固到机身筒体的主部段和新部段上的第一拼接板，以及在第二对接接头上方紧固到机身筒体的主部段和新部段上的第二拼接板。该机身筒体装配件额外包括：耦连到第一拼接板上的第一替换剪切系带，耦连到第二拼接板上的第二替换剪切系带，以及耦连到第一替换剪切系带和第二替换剪切系带两者的框架元件。本段的前述主题表征本公开的示例15的特性。

[0020] 主部段包括平行于第一对接接头延伸的第一纵梁和平行于第二对接接头延伸的第二纵梁。新部段包括平行于第一对接接头延伸的第三纵梁和平行于第二对接接头延伸的第四纵梁。机身筒体进一步包括：在第一拼接板与第一对接接头之间和在第一纵梁与第三纵梁之间的第一填充物，以及在第二拼接板与第二对接接头之间和在第二纵梁与第四纵梁之间的第二填充物。本段的前述主题表征本公开的示例16，其中示例16也包括根据上述示例15所述的主题。

[0021] 主部段包括平行于第一对接接头延伸的第一纵梁和平行于第二对接接头延伸的第二纵梁。新部段包括平行于第一对接接头延伸的第三纵梁和平行于第二对接接头延伸的第四纵梁。第一拼接板被支撑于并且紧固到第一纵梁、第三纵梁和第一填充物上。第二拼接板被支撑于并且紧固到第二纵梁、第四纵梁和第二填充物上。本段的前述主题表征本公开的示例17，其中示例17也包括根据上述示例16所述的主题。

[0022] 第一对接接头和第二对接接头彼此周向间隔开。第一对接接头和第二对接接头平行于机身筒体的纵轴延伸。第一对接接头和第二对接接头从机身筒体的第一端延伸到机身筒体的第二端。本段的前述主题表征本公开的示例18，其中示例18也包括根据上述示例15-17中的任何一个所述的主题。

[0023] 主部段、新部段、第一拼接板和第二拼接板由纤维增强聚合物制成。本段的前述主题表征本公开的示例19，其中示例19也包括根据上述示例15-18中的任何一个所述的主题。

[0024] 一种飞行器被公开。该飞行器包括彼此互连的多个机身筒体装配件。至少一个机身筒体装配件包括具有整体构造的机身筒体的主部段。该至少一个机身筒体装配件还包括具有整体构造的机身筒体的新部段，该新部段沿着在主部段与新部段之间的第一对接接头和沿着在主部段与新部段之间的第二对接接头被拼接到主部段上。该至少一个机身筒体装

配件额外包括：在第一对接接头上方紧固到机身筒体的主部段和新部段上的第一拼接板，以及在第二对接接头上方紧固到机身筒体的主部段和新部段上的第二拼接板。该至少一个机身筒体装配件进一步包括：耦连到第一拼接板的第一替换剪切系带，耦连到第二拼接板的第二替换剪切系带，以及耦连到第一替换剪切系带和第二替换剪切系带两者的框架元件。多个机身筒体装配件在机身筒体装配件的相应机身筒体的邻接端处以端对端配置互连。本段的前述主题表征本公开的示例20。

[0025] 所描述的关于本公开的主题的特征、结构、优势和/或特性可以在一个或多个实施例和/或实施方式中以任何合适的方式被组合。在以下说明中，提供了多个具体细节，以便给予对本公开的主题的实施例的透彻理解。相关领域技术人员将意识到，可以在无需特定实施例或实施方式的具体特征、细节、装配件、材料和/或方法中的一个或多个的情况下实施本公开的主题。在其他实例中，可以在可能未在所有实施例或实施方式中出现的某些实施例和/或实施方式中认识到附加的特征和优势。进一步地，在一些实例中，为了避免使本公开的主题的一些方面变得模糊，没有详细示出或描述公知的结构、材料或操作。本公开的主题的特征和优势将通过以下说明和随附的权利要求而变得更加完全地显而易见，或者可以通过实践下文提出的主题而被获悉。

附图说明

[0026] 为了可以更容易地理解本主题的优势，将通过参考附图中所说明的具体实施例来提供对上文简要描述的主题的更详细描述。应理解的是，这些附图仅描绘本主题的典型实施例，并且因此不应被认为是限制本主题的范围，本主题将以贯穿附图使用的附加特质和细节而被描述和解释，其中：

[0027] 图1是根据本公开的一个或多个实施例的具有多个机身筒体装配件的飞行器的透视图；

[0028] 图2是根据本公开的一个或多个实施例的具有虚拟拼接线的机身筒体装配件的透视图；

[0029] 图3是根据本公开的一个或多个实施例的从机身筒体的主部段中移除的机身筒体的第一部段的透视图；

[0030] 图4是根据本公开的一个或多个实施例的耦连到机身筒体的主部段上的机身筒体的新部段的透视图；

[0031] 图5是根据本公开的一个或多个实施例的耦连到机身筒体的主部段上的机身筒体的新部段的透视图；

[0032] 图6是根据本公开的一个或多个实施例的耦连到机身筒体的主部段上的机身筒体的新部段的透视图，所示没有紧固件；

[0033] 图7是根据本公开的一个或多个实施例的耦连到机身筒体的主部段上的机身筒体的新部段的透视图，所示具有紧固件；

[0034] 图8是根据本公开的一个或多个实施例的耦连到机身筒体的主部段上的机身筒体的新部段的侧面正视图，所示没有替换剪切系带和框架元件；

[0035] 图9是根据本公开的一个或多个实施例的耦连到机身筒体的主部段中的机身筒体的新部段的侧面正视图，所示具有替换剪切系带和框架元件；

[0036] 图10是根据本公开的一个或多个实施例的修复飞行器的机身筒体的损伤的方法。

具体实施方式

[0037] 贯穿本说明书提及的“一个实施例”、“实施例”或相似语言意味着结合实施例被描述的特定特征、结构或特性被包括在本公开的至少一个实施例中。贯穿本说明书出现的语句“在一个实施例中”、“在实施例中”和相似语言可以但不必全部指代相同实施例。相似地，术语“实施方式”的使用意味着具有结合本公开的一个或多个实施例所描述的特定特征、结构或特性的实施方式，但是如果沒有明确的相关性来指示相反情况，则实施方式可以与一个或多个实施例相关联。

[0038] 参考图1，其示出飞行器100的一个实施例。飞行器100是可移动复杂结构。在一些实施方式中，飞行器100可以是诸如交通工具(例如，船舶、火箭、汽车等)的各种其他可移动复杂结构或静止复杂结构(例如，工厂、建筑物、机器等)中的任何一种。飞行器100包括：机身105；耦连到机身105并且从机身105延伸的一对机翼160；耦连到机身105并且从机身105延伸的垂直安定面162；以及耦连到机身105或垂直安定面162并且从机身105或垂直安定面162延伸的一对水平安定面164。飞行器100包括代表商用客机或军用运输机的特征。但是，飞行器100可以是各种其他类型的商用或非商用飞行器中的任何一种，诸如个人飞行器、喷气式战斗机、直升机、航天器等等。

[0039] 飞行器100的机身105包括多个机身筒体装配件101，这些机身筒体装配件彼此互连以形成机身105。如图2所示，每个机身筒体装配件101包括机身筒体102。机身筒体102具有中空且细长的管状构造。例如，机身筒体102沿着纵轴106在长度方向上延伸，纵轴106限定从机身筒体102的第一端112到机身筒体102的第二端114的机身筒体102的中心轴线。沿着垂直于纵轴106的平面的机身筒体102的横截面形状基本是圆形的或环状的环。

[0040] 机身筒体102被形成为整体的独块构造。换句话说，机身筒体102是无缝的，并且不包括被分离地形成且然后被装配或连结到一起的部件。确切地说，整个机身筒体102在相同的制造过程中被形成为整体。在一些实施方式中，机身筒体102由纤维增强聚合物(例如，碳纤维增强聚合物)制成。例如，机身筒体102可以由连续长度的纤维形成，这些纤维和未固化的树脂或环氧树脂旋转成机身筒体102的形状并且被固化。在机身筒体102被固化之后，通过切割和移除经固化的机身筒体102的相应部分，诸如窗口166和门口168的特征件可以被形成在机身筒体102中。

[0041] 飞行器100的机身105通过以端对端方式互连多个机身筒体装配件101来形成。此外，通过互连相邻的机身筒体102的相应的第一端112和第二端114，机身筒体装配件101被可移除地彼此互连。基本上，相邻的机身筒体102的第一端112和第二端114共同形成机身105的生产拼接部(例如，缝隙)，使得机身105包括多个生产拼接部。通过使用各种耦连技术中的任一种，诸如用拼接元件加固的搭接接头或对接接头，相邻的机身筒体102的第一端112和第二端114可以被可移除地互连。在一些实施方式中，相邻的机身筒体102的第一端112和第二端114可以通过使用隔板或相似的互连元件而被可移除地互连。第一端112和第二端114可以通过使用紧固件而被可移除地互连，其中该紧固件可变紧以使第一端112和第二端114互连到一起，并且可松开以使第一端112和第二端114彼此断开连接。

[0042] 还参考图2，每个机身筒体装配件101包括围绕机身筒体102的内表面122彼此周向

间隔开的多个纵梁116。此外，多个纵梁116在平行于机身筒体102的纵轴106的方向上沿着机身筒体102的内表面122延伸。纵梁116可以从第一端112到第二端114延伸机身筒体102的全长。纵梁116被耦连到机身筒体102的内表面122并且提升机身筒体102的结构性刚度。如图9所示，每个纵梁116包括帽状部分180(例如，凸起部分)和从帽状部分180的相对侧延伸的凸缘182。凸缘182被直接耦连到机身筒体102的内表面122上。在一些实施方式中，纵梁116由纤维增强聚合物制成并且与机身筒体102共同固化，以将凸缘182耦连到机身筒体102的内表面122上。

[0043] 每个机身筒体装配件101进一步包括可移除地耦连到机身筒体102的内表面122上的多个剪切系带，诸如第一剪切系带134和第二剪切系带136。参考图9，每个剪切系带包括直立部分184和相对于直立部分184垂直延伸的凸缘186。每个剪切系带的凸缘186基本平行于机身筒体102的内表面122，并且每个剪切系带的直立部分184垂直于机身筒体102的内表面122。在一种实施方式中，每个剪切系带经由一个或多个紧固件176在相应的一对纵梁116之间可移除地耦连到机身筒体102的内表面122上，其中这些紧固件176延伸穿过凸缘186并且至少部分地延伸到机身筒体102中。如图9所示，剪切系带可以被配置，以使得它们从相应的一对纵梁116中的一条纵梁延伸到另一条纵梁。在这种实施方式中，每个剪切系带可以搁置在这一对纵梁116的凸缘182上，并且一个或多个紧固件176可以延伸穿过剪切系带的凸缘186和该对纵梁116的凸缘182并且至少部分地延伸到机身筒体102中，以便将剪切系带可移除地耦连到机身筒体102的内表面122上。尽管两排紧固件176被显示在由边缘170限定的拼接线的每一侧上，但可以在拼接线的每一侧上使用多于或少于两排的紧固件176(例如，三排紧固件176)。

[0044] 另外，每个机身筒体102包括多个框架元件132，每个框架元件132诸如经由紧固件176而可移除地耦连到沿着机身筒体102的周长周向对准的剪切系带的直立部分184上。当被可移除地耦连到剪切系带时，框架元件132通过防止机身筒体102鼓胀而提升机身筒体102的结构性刚度。每个框架元件132是至少部分环状的板，其具有与机身筒体102的内表面122的曲率互补的曲率。在一些实施方式中，至少一个框架元件132沿着机身筒体102的内表面122的至少四分之一周长延伸。在某些实施方式中，多个框架元件132可以被周向对准，以便有效地或合作地沿着机身筒体102的内表面122的全部或大部分周长延伸。根据一种实施方式，至少一个框架元件132沿着机身筒体102的内表面122的全部周长延伸。框架元件132包括多个凸舌部(tab)139和在凸舌部139之间的凹槽141。凸舌部139接收将框架元件132耦连到剪切系带上的紧固件176。相比之下，凹槽141限定一个空间，纵梁116的帽状部分180可以延伸进入该空间。以此方式，框架元件132经由剪切系带间接地耦连到机身筒体102上。

[0045] 在每个机身筒体装配件101被装配并耦连到一起以形成飞行器100的机身105之后，可以执行进一步的装配过程、测试过程和/或制造过程，以便使飞行器100为操作做好准备。在飞行器100的操作之前，在平行于机身筒体102的纵轴106的方向上沿着机身筒体102确定虚拟拼接线。参考图2，示出了四条虚拟拼接线(例如，第一虚拟拼接线104A、第二虚拟拼接线104B、第三虚拟拼接线104C、第四虚拟拼接线104D)的表象。尽管显示了四条虚拟拼接线，但可以在飞行器100的操作之前确定多于四条虚拟拼接线。如本文所限定，虚拟拼接线可以被认为是预定的拼接部；或者是在虚拟空间中被建模的拼接部，作为对未来可能的修复的预备。

[0046] 虚拟拼接线在机身筒体102上的周向位置和数量可以在飞行器100被设计时并且在飞行器100的装配之前、在飞行器100的装配期间或者在飞行器100的装配之后被确定。虚拟拼接线的数量和周向位置可以根据各种因素来确定。

[0047] 虚拟拼接线的位置和数量可以基于在不妨碍机身筒体102的其他特征件或耦连到机身筒体102的物品的情况下切穿机身筒体102的简便性。例如,在一种实施方式中,至少一条虚拟拼接线位于沿着机身筒体102的内表面122的路径上,其具有从该路径的一端(例如,机身筒体102的第一端112)到该路径的相对端(例如,机身筒体102的第二端114)的视线(line of sight)。在另一示例中,至少一条虚拟拼接线位于沿着机身筒体102的内表面122的路径上,其穿过最少的机身筒体102的特征件或耦连到机身筒体102的物品。根据一种实施方式,至少一条虚拟拼接线平行于多个纵梁116中的一对纵梁(例如,一对纵梁118和一对纵梁119)并且在其之间延伸,以限制虚拟拼接线穿过的障碍物的数量。尽管每条虚拟拼接线的至少一部分平行于纵轴106延伸,但在一些实施方式中,至少一条虚拟拼接线的一部分可以相对于纵轴106对角地或垂直地(例如,周向地)延伸,以避开物体或对飞行器100的损伤107为最小的地方。

[0048] 在一些实施方式中,虚拟拼接线的位置和数量可以基于在飞行器100的机身筒体102损伤之前被预先制造的或者可获得的新部段110的期望尺寸和/或数量。如本文所限定,通过使用有资格等同于制造机身筒体102的过程或者从另一(例如,备用的)机身筒体102上切割新部段110的过程的过程,新部段110可以被预先制造。例如,在新部段110仅包括机身筒体102的四分之一部段的情况下,可能存在彼此等距离分开的四条虚拟拼接线以将机身筒体102分成四个相等尺寸的部段。如图2所示,机身筒体102包括四条虚拟拼接线(例如,第一虚拟拼接线104A、第二虚拟拼接线104B、第三虚拟拼接线104C和第四虚拟拼接线104D),这些虚拟拼接线将机身筒体102划分成四个部段(例如,第一部段108A、第二部段108B、第三部段108C和第四部段108D)。

[0049] 在某些实施方式中,虚拟拼接线的位置和数量由计算装置自动确定。该计算装置可以接收关于机身筒体装配件101的设计配置的输入以及任何各种用户指定的输入,诸如上文提及的或用于确定虚拟拼接线的其他方式中的期望的一种。然后,在操作中的机身筒体102的损伤107之前或在机身筒体102和机身筒体装配件101的装配之前/期间,该计算装置基于这些输入确定虚拟拼接线的位置和数量。该计算装置可以是现有技术中已知的各种计算设备中的任一种。

[0050] 在确定虚拟拼接线之后,可以根据期望来操作飞行器100。如果机身筒体装配件101的机身筒体102在操作期间发生损伤107,则机身筒体102中发生损伤107的部段在损伤107被探测到之后被确定。在一些实施方式中,机身筒体102中发生全部损伤107的部段被确定。在一些实施方式中,如果损伤107延伸跨过虚拟拼接线进入机身筒体102的两个部段中,则可以使用其他预定的、可替换的拼接线来确定机身筒体102中发生全部损伤107的可替换的部段。

[0051] 在机身筒体102中具有损伤107的部段被确定之后,沿着限定机身筒体102的一个部段的虚拟拼接线切割机身筒体102,以便将机身筒体102的该部段与机身筒体102的主部段或剩余部段物理地分离。例如,如图3所示,通过沿着第一虚拟拼接线104A和第二虚拟拼接线104B切割,将包括全部损伤107的第一部段108A与机身筒体102的主部段103分离。另

外,在一些实施例中,在主部段103与相邻的装配件101保持连接的同时,第一部段108A与相邻的机身装配件101断开。通常,即使损伤107仅占据第一部段108A的小百分比,全部第一部段108A也被移除。如本文所限定,机身筒体102的主部段103是机身筒体102中具有损伤107的部段被移除之后所剩余的机身筒体102的部段。

[0052] 在机身筒体102中具有损伤107的部段被从机身筒体的主部段移除之前,并且在机身筒体102被沿着拼接线切割之前或之后,机身筒体装配件101被至少部分地拆分,为移除具有损伤107的部段做准备。例如,再参考图3,在第一部段108A被从主部段103中移除之前,横跨第一虚拟拼接线104A和第二虚拟拼接线104B的框架元件132以及相应的剪切系带134、136被从机身筒体102上移除。通过松开并移除将剪切系带134、136和机身筒体102耦连到一起的紧固件176以及在一些实施方式中将框架元件132与剪切系带134、136耦连到一起的紧固件176,可以实现框架元件132和剪切系带134的移除。但是,在一些实施方式中,剪切系带134、136与框架元件132被整体形成(例如,共同固化),使得从框架元件132上移除剪切系带134、136包括将剪切系带134、136从框架元件132上修剪、剪切或切割下来。另外,在某些实施方式中,诸如在剪切系带134、136被不可移除地耦连到机身筒体102上(例如,齐平于并且粘附或结合到机身筒体102的内表面122上)的情况下,从机身筒体102上移除剪切系带134、136可以包括将剪切系带134、136从机身筒体102上修剪、剪切或切割下来。应注意,在图3中,为了清晰显示机身筒体装配件101的其他特征,示出了多个框架元件132中的仅一个框架元件和剪切系带134、136中的仅一些剪切系带被从机身筒体102上移除。

[0053] 如图4所示,在机身筒体102的第一部段108A被从机身筒体102的主部段103移除后,新部段110被拼接到主部段103以替代第一部段108A,以生成经修复的机身筒体装配件101A。新部段110被配置成与第一部段108A相同。例如,新部段110具有与第一部段108A相同的尺寸和形状。另外,新部段110与第一部段108A由相同的材料制成,在一些实施方式中,该材料是纤维增强聚合物。此外,在某些实施方式中,新部段110在第一部段108A发生损伤107之前被制成。换句话说,在第一虚拟拼接线104A和第二虚拟拼接线104B被确定之后但在第一部段108A发生任何损伤之前,新部段110被制成为与第一部段108A匹配。但是,在其他实施方式中,在第一虚拟拼接线104A和第二虚拟拼接线104B被确定之后并且在第一部段108A发生损伤107之后,新部段110被制成与第一部段108A匹配。

[0054] 通过在新部段110与主部段103之间沿着第一虚拟拼接线104A构造第一对接接头124并且沿着第二虚拟拼接线104B构造第二对接接头125,新部段110被拼接到主部段103。在一些实施方式中,第一对接接头124和第二对接接头125的至少一部分或全部平行于纵轴106延伸。如图8和图9所示,通过相对于主部段103定位新部段110以使得在机身筒体102的第一端112与第二端114之间的、新部段110和主部段103的边缘170彼此基本邻接或直接相邻,第一对接接头124和第二对接接头125中的任何一个被形成。换句话说,新部段110和主部段103在第一对接接头124和第二对接接头125处没有彼此重叠的部分。

[0055] 参考图4-7,通过用分别覆盖第一对接接头124和第二对接接头125的相应的第一拼接板126和第二拼接板127将新部段110和主部段103耦连到一起,第一对接接头124和第二对接接头125被加固。再次参考图8和图9,第一拼接板126和第二拼接板127的一部分被固定到新部段110上,并且第一拼接板126和第二拼接板127的另一部分被固定到主部段103上。因此,当被固定到新部段110和主部段103上时,第一拼接板126横跨过第一对接接头

124;并且当被固定到新部段110和主部段103上时,第二拼接板127横跨过第二对接接头125。在一些实施方式中,第一拼接板126和第二拼接板127定位成与主部段103的内表面122和新部段110的内表面128齐平,分别内插到第一纵梁150与第二纵梁152之间和第三纵梁154与第四纵梁156之间,使得第一拼接板126和第二拼接板127接触并直接耦连到内表面122和128上。但是,在可替换的实施方式中,诸如图8和9所示,第一拼接板126和第二拼接板127分别定位成与第一纵梁150与第二纵梁152的凸缘182以及第三纵梁154与第四纵梁156的凸缘182齐平,使得在主部段103的内表面122与新部段110的内表面128之间存在空隙。该空隙可以被填充物(诸如第一填充物146和第二填充物148中相应的一种)填满。第一填充物146和第二填充物148中的每一个可以由各种材料(诸如,纤维增强聚合物、聚合物、金属和/或类似物)中的任何一种制成。可替换地,在某些实施方式中,每个剪切系带可以直接搁置在机身筒体102的内表面122、128上,而无需填充物。

[0056] 通过使用紧固件(诸如,用于将第一剪切系带134和第二剪切系带136固定到机身筒体102上的相同紧固件176或相似紧固件),可以将第一拼接板126和第二拼接板127固定到主部段103和新部段110上。紧固件176延伸穿过第一拼接板126和第二拼接板127,在一些实施方式中延伸穿过纵梁的凸缘182和/或填充物,并且延伸进入主部段103和新部段110中的一个。当在第一对接接头124和第二对接接头125上方被固定到主部段103和新部段110时,相应的第一拼接板126和第二拼接板127有利于压力负载跨过第一对接接头124和第二对接接头125传递并且帮助提升在周向或环向方向上的机身筒体102中的负载连续性。

[0057] 第一拼接板126和第二拼接板127中的每一个具有大于厚度的宽度和大于该宽度的长度。另外,第一拼接板126和第二拼接板127由与机身筒体102的主部段103和新部段110相同的材料制成。例如,第一拼接板126和第二拼接板127可以由纤维增强聚合物制成。第一拼接板126和第二拼接板127的纤维增强聚合物的基质在将第一拼接板和第二拼接板固定到主部段103和新部段110上之前被固化。

[0058] 在一些实施方式中,第一拼接板126和第二拼接板127中的每一个是连续的、整体的和不分段的板,其从相应的第一对接接头124和第二对接接头125的第一端(例如,在机身筒体102的第一端112处)延伸到相应的第一对接接头124和第二对接接头125的第二端(例如,在机身筒体102的第二端114处)。但是,如图5所示,第一拼接板126和第二拼接板127中的每一个可以被分别分段成多个互连的第一拼接板分段142和第二拼接板分段144。通常,第一拼接板分段142纵向沿着第一对接接头124以端对端方式覆盖第一对接接头124,并且第二拼接板分段144纵向沿着第二对接接头126以端对端方式覆盖第二对接接头126。通过确保一个拼接板分段的损伤不影响其他拼接板分段的性能并因此不影响拼接板作为整体的性能,将第一拼接板126和第二拼接板127分段成多个第一拼接板分段142和多个第二拼接板分段144提升了对第一拼接板126和第二拼接板127的损伤的容限。为了促进在前后方向或纵向方向上的机身筒体102中的负载连续性,一个或多个耦连器130被固定到并且横跨在形成拼接板的相邻拼接板分段的至少部分上。换句话说,耦连器130将给定拼接板的拼接板分段有效地拼接到一起。耦连器130可以是各种耦连器中的任一种,诸如板、托架、剪切系带和类似物。另外,耦连器130可以经由诸如紧固件、结合件和类似物等各种技术中的任一种被固定到拼接板分段上。

[0059] 参考图9,将新部段110拼接到主部段103中还包括分别将替换剪切系带(诸如,第

一替换剪切系带138和第二替换剪切系带140)固定到第一拼接板126和第二拼接板127上。通过延伸穿过每个替换剪切系带138、140的凸缘186的紧固件(诸如,紧固件176),替换剪切系带138、140可以被固定到第一拼接板126和第二拼接板127上。类似于第一剪切系带134和第二剪切系带136,替换剪切系带138、140包括凸缘186和从凸缘186横向延伸的直立部184。但是,因为替换剪切系带138、140被固定到第一拼接板126和第二拼接板127上并且剪切系带134、136被固定到纵梁的凸缘上或机身筒体102的内表面上,所以替换剪切系带138、140比剪切系带134、136被定位成更加径向地靠内。因此,为了确保框架元件132的径向位置保持不变,替换剪切系带138、140相比于剪切系带134、136被不同地配置。更具体地,在一些实施方式中,在每个替换剪切系带138、140的直立部分184中用于接收紧固件176以固定框架元件132的孔相比于剪切系带134、136被定位于更靠近凸缘186的位置。此外,根据某些实施方式,替换剪切系带138、140的直立部分184的尺寸可以不同于(例如,短于)剪切系带134、136的直立部分184的尺寸。剪切系带134、136(例如,生产剪切系带)和替换剪切系带138、140可以由与机身筒体102相同或相似的纤维增强聚合物制成。

[0060] 随着替换剪切系带138、140被分别固定到第一拼接板126和第二拼接板127上,框架元件132可以被固定到每个替换剪切系带138、140的直立部分184上。此外,每个框架元件132被重新附连到固定于机身筒体102的主部段103上且与替换剪切系带138周向对准的原始剪切系带134、136上。另外,虽然未显示,但是在新部段110与主部段103形成第一对接接头124和第二对接接头125之前或之后,剪切系带134、136被固定到新部段110上。每个框架元件132被附连到固定于机身筒体102的主部段110上且与替换剪切系带138周向对准的剪切系带134、136上。在一些实施方式中,框架元件132经由一个或多个紧固件176被固定到直立部分184。在一些实施方式中,在替换剪切系带138、140被固定到第一拼接板126和第二拼接板127上之前,框架元件132被固定到替换剪切系带138、140上。

[0061] 如图6和图7所示,经修复的机身装配件101A的新部段110被重新连接到一个或多个原始机身装配件101或生产机身装配件101(例如,为了执行对受损的机身装配件的机身筒体102的修复而与第一部段108A断开连接的同样的一个或多个机身装配件101)。通常,在一些实施例中,环状带190被用于将相邻的机身筒体装配件101的机身筒体102的末端(例如,末端112)拼接到一起。环状带190在与纵轴106垂直的周向方向上围绕相邻机身筒体装配件的内部而延伸。另外,环状带190在垂直于周向方向的纵向方向或轴向方向上横跨在相邻机身筒体的对接端之间的接头上。通过使用诸如紧固件176的各种固定元件中的任何一种,环状带190可以被固定到相邻机身筒体上。在一些实施方式中,环状带190包括多个环状带分段,这些环状带分段以端对端配置沿着在相邻机身筒体的对接端之间的接头布置。

[0062] 在相邻机身筒体的对接端之间的接头可以进一步包括纵向横跨过对接端和环状带190的至少一个纵向构件194。在一些实施方式中,纵向构件194可以包括相对于彼此成角度延伸的两个纵向部分,使得纵向构件194具有基本L形或V形的横截面。通过使用诸如紧固件176的各种固定元件中的任何一种,纵向构件194可以被附着到彼此对接的每个机身筒体上的纵梁116中的相应一个纵梁的凸缘上,并且被附着到环状带190上。如果需要,足部(未显示)可以被安置在每个纵向构件194与纵梁116的凸缘之间,以促进在纵向构件194与纵梁116的凸缘之间的适当间隔。在一些实施方式中,如所示,两个纵向构件194以彼此间隔开的方式被安置并且被固定在每对纵梁116之间。由于在一对纵梁116之间的纵向构件194被周

向地分隔开,所以这种纵向构件194与一对纵梁116一起使用,在该对纵梁116之间,机身筒体102中不存在轴向生产后拼接线或切口(例如,边缘170)。

[0063] 对于在其之间存在机身筒体102中的纵向生产后(post-production)拼接线或切口的一对纵梁116,诸如对于经修复的机身装配件101A,接头包括在间隔开的纵向构件194之间的环状带190上方的附加配件或拼接板。在纵向构件194之间的附加配件横跨环状带190并且(诸如,用紧固件176)附着到环状带190上,其有助于分配置于接头上的周向负载。在一些实施方式中,两个纵向构件194和在纵向构件194之间的附加配件可以被合并成单一配件,诸如H形配件192。H形配件192包括与两个纵向构件194相似的两个纵向直线部分196。两个纵向直线部分196由横向部分198或叉形构件周向地连接,其横跨接头和环状带190并且有助于在两个纵向直线部分196之间分配周向负载。因此,在平面视图中,H形配件192具有大体H形状。两个纵向直线部分196诸如通过紧固件176在H形配件192的一侧上被附着到拼接板126、127之一,并且在H形配件192的相对侧上被附着到相邻的生产机身装配件上的纵梁116的凸缘(或足部)。H形配件192的横向部分198可以诸如通过紧固件176被附着到环状带190上。由于拼接板的增加的厚度,因此在一些实施方式中,不需要在纵向构件194或H形配件192的直线部分196与经修复的机身装配件101A上的纵梁的凸缘之间的足部,H形配件192的纵向构件194被附着到该足部上。

[0064] 参考图10,其示出修复飞行器的机身筒体的损伤的方法200的一个实施例。在某些实施方式中,机身筒体可以具有整体构造并且由纤维增强聚合物制成。另外,与方法200相关联的特征和元件可以与上文呈现的飞行器100和机身筒体装配件101的相似特征和相似元件相同或类似。

[0065] 方法200包括:在步骤202中,在机身筒体损伤之前,在平行于机身筒体的纵轴的方向上沿着机身筒体确定至少第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线。在一些实施方式中,确定第一虚拟拼接线和/或第二虚拟拼接线包括:沿着机身筒体的内表面探测一条或多条路径,所述路径具有从一条或多条路径的一端到该路径的相对端的视线。第一虚拟拼接线和/或第二虚拟拼接线沿着这些路径中的一条路径被定位。方法200还可以包括:在机身筒体102损伤之前,在平行于机身筒体102的纵轴106的方向上沿着机身筒体102确定至少第三虚拟拼接线。

[0066] 此外,方法200包括:在步骤204中,探测在第一虚拟拼接线与第二虚拟拼接线之间的机身筒体的第一部段中的损伤。通常,机身筒体的损伤可以被手动地(诸如经由视觉检测)探测,或者被自动地(诸如经由传感器和电子系统)探测。

[0067] 方法200还包括:在步骤206中,沿着第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线切穿机身筒体,以使第一部段从机身筒体的主部段物理地分离。切割机身筒体可以通过使用现有技术中已知的任何各种切割技术(诸如,机械(例如,刀片)切割、光学或激光切割、等离子切割等)。通常,切割机身筒体不包括切割附连到机身筒体的下衬的(underlying)子结构,诸如剪切系带和框架元件。在一些实施方式中,剪切系带和框架元件在切穿机身筒体之前被移除。

[0068] 方法200还包括:在步骤208中,从机身筒体的主部段移除第一部段。从主部段移除第一部段可以包括:从第一剪切系带和第二剪切系带上解耦框架元件,其中第一剪切系带在第一虚拟拼接线上方耦连到机身筒体上并且第二剪切系带在第二虚拟拼接线上方耦连

到机身筒体上。此外,从主部段移除第一部段可以包括:从机身筒体上解耦第一剪切系带并且从机身筒体上解耦第二剪切系带。如本文所限定,解耦可以包括修剪、切割、剪切、松开、解开或以其他方式移除。在飞行器包括多个机身筒体的情况下,从机身筒体的主部段移除第一部段可以包括:沿着生产拼接部从相邻的机身筒体上解耦机身筒体的第一部段。

[0069] 方法200还包括:在步骤210中,将新部段拼接到机身筒体的主部段以替代第一部段。将新部段拼接到机身筒体的主部段可以包括:沿着第一虚拟拼接线形成第一对接接头,并且沿着第二虚拟拼接线形成第二对接接头。拼接可以包括:用第一拼接板覆盖第一对接接头,用第二拼接板覆盖第二对接接头,并且将第一拼接板和第二拼接板紧固到机身筒体的主部段和新部段上。拼接还可以包括:将第一替换剪切系带耦连到第一拼接板上,将第二替换剪切系带耦连到第二拼接板上,并且将框架元件耦连到第一替换剪切系带和第二替换剪切系带上。另外,拼接可以包括:用至少一个耦连器将第一拼接板的相邻的第一拼接板分段互相耦连,并且用至少一个耦连器将第二拼接板的相邻的第二拼接板分段互相耦连。拼接还可以包括:在第一拼接板与第一对接接头之间和第一纵梁与新部段的第三纵梁之间安置第一填充物并且在第二拼接板与第二对接接头之间和第二纵梁与新部段的第四纵梁之间安置第二填充物。

[0070] 在以上描述中,可能使用某些术语,诸如“上”、“下”、“上部”、“下部”、“水平”、“竖直”、“左”、“右”、“上方”、“下方”等。这些术语在合适的情况下使用,以便在处理相对关系时提供一些清晰的描述。但是,这些术语不旨在暗示绝对关系、位置和/或取向。例如,对于物品而言,“上部”表面可以仅通过将物品翻转而变成“下部”表面。然而,其还是相同的物体。进一步地,除非明确地指明,否则术语“包括”、“包含”、“具有”及其变形意味着“包括但不限于”。除非明确地指明,否则枚举的一系列物品不意指该物品中的任何或所有物品是互相排斥的和/或互相包含的。除非明确地指明,否则术语“一个”和“该”也指代“一个或多个”。进一步地,术语“多个”可以被限定为“至少两个”。

[0071] 此外,在本说明书的实例中,一个元件“耦连到”另一元件可以包括直接耦连和间接耦连。直接耦连可以被限定为一个元件耦连到另一元件并且有一些接触。间接耦连可以被限定为在彼此不直接接触的两个元件之间的耦连,但是在耦连的元件之间具有一个或多个附加元件。进一步地,如本文所用,将一个元件固定到另一元件上可以包括直接固定和间接固定。此外,如本文所用,“相邻”不必然表示接触。例如,一个元件可以与另一元件相邻而无需与该元件接触。

[0072] 如本文所用,当短语“其中的至少一个”与一系列项目一起使用时,其意味着可以使用一个或多个所列举项目的不同组合并且可能仅需要列表中的项目中的一个。该项目可以是具体的物体、事情或类型。换句话说,“其中的至少一个”意味着可以使用来自列表的项目的任何组合或项目的任何数量,但是可能不需要列表中的所有项目。例如,“项目A、项目B和项目C中的至少一个”可以意味着:项目A;项目A和项目B;项目B;项目A、项目B和项目C;或者项目B和项目C。在一些情况下,“项目A、项目B和项目C中的至少一个”可以意味着例如但不限制为:两个项目A、一个项目B和10个项目C;四个项目B和七个项目C;或者一些其他合适的组合。

[0073] 除非另外指示,术语“第一”、“第二”等在本文中仅作为标签使用,并且不旨在对这些术语所涉及的项目施加次序的、位置的或层级的要求。另外,对例如“第二”项目的引用不

要求或不阻碍例如“第一”或更低编号项目的存在和/或例如“第三”或更高编号项目的存在。

[0074] 本文包括的示意性流程图被基本阐述为逻辑流程图。因此，所描绘的次序和所标注的步骤对本方法的一个实施例是指示性的。可以设想与所说明的方法的一个或多个步骤或部分步骤在功能、逻辑或效果上等价的其他步骤和方法。此外，所应用的格式和符号被提供用于解释方法的逻辑性步骤并且应被理解为不限制方法的范围。虽然可以在流程图中应用各种箭头类型和线类型，但是它们应被理解为不限制相应的方法的范围。确实，一些箭头或其他连接物可以被仅用于指示方法的逻辑性流程。例如，箭头可以指示在所描绘方法的所枚举步骤之间的时间长度不明确的等待或监控时期。此外，特定方法发生的次序可以严格遵照或者可以不严格遵照所显示的相应步骤的次序。

[0075] 进一步地，本公开包括依据以下条款所述的实施例：

[0076] 条款1.一种修复飞行器的机身筒体的损伤的方法，该机身筒体具有整体构造，该方法包括：

[0077] 在机身筒体损伤之前，在平行于机身筒体的纵轴的方向上沿着机身筒体确定至少第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线；

[0078] 探测在第一虚拟拼接线与第二虚拟拼接线之间的机身筒体的第一部段中的损伤；

[0079] 沿着第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线切穿机身筒体，以使第一部段从机身筒体的主部段物理地分离；

[0080] 从机身筒体的主部段移除第一部段；以及

[0081] 将新部段拼接到机身筒体的主部段以替代第一部段。

[0082] 条款2.根据条款1所述的方法，其中：

[0083] 机身筒体沿着纵轴从第一端纵向延伸到第二端；并且

[0084] 第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线都从机身筒体的第一端延伸到机身筒体的第二端。

[0085] 条款3.根据条款1所述的方法，其中将新部段拼接到机身筒体的主部段包括：在新部段与机身筒体的主部段之间，沿着第一虚拟拼接线形成平行于纵轴的第一对接接头并且沿着第二虚拟拼接线形成平行于纵轴的第二对接接头。

[0086] 条款4.根据条款3所述的方法，其中将新部段拼接到机身筒体的主部段进一步包括：

[0087] 用第一拼接板覆盖第一对接接头；

[0088] 用第二拼接板覆盖第二对接接头；并且

[0089] 将第一拼接板和第二拼接板紧固到机身筒体的主部段的内表面上和新部段的内表面上。

[0090] 条款5.根据条款4所述的方法，其中：

[0091] 从机身筒体的主部段移除第一部段包括：

[0092] 从第一剪切系带和第二剪切系带上解耦围绕机身筒体周向延伸的框架元件，其中第一剪切系带在第一虚拟拼接线上方耦连到机身筒体并且第二剪切系带在第二虚拟拼接线上方耦连到机身筒体；

[0093] 从机身筒体上解耦第一剪切系带；并且

- [0094] 从机身筒体上解耦第二剪切系带；并且
- [0095] 将新部段拼接到机身筒体的主部段包括：
- [0096] 将第一替换剪切系带耦连到第一拼接板，其中第一替换剪切系带被配置为与第一剪切系带不同；
- [0097] 将第二替换剪切系带耦连到第二拼接板，其中第二替换剪切系带被配置为与第二剪切系带不同；并且
- [0098] 将框架元件耦连到第一替换剪切系带和第二替换剪切系带上。
- [0099] 条款6.根据条款4所述的方法，其中：
 - [0100] 第一拼接板包括沿着第一对接接头基本端对端布置的多个第一拼接板分段；
 - [0101] 第二拼接板包括沿着第二对接接头基本端对端布置的多个第二拼接板分段；
 - [0102] 将新部段拼接到机身筒体的主部段中进一步包括：用至少一个耦连器将相邻的第一拼接板分段互相耦连，其中该耦连器被固定于并且横跨相邻的第一拼接板分段的至少一部分；并且
 - [0103] 将新部段拼接到机身筒体的主部段中进一步包括：用至少一个耦连器将相邻的第二拼接板分段互相耦连，其中该耦连器被固定于并且横跨相邻的第二拼接板分段的至少一部分。
- [0104] 条款7.根据条款4所述的方法，其中：
 - [0105] 多个纵梁耦连到机身筒体上，所述多个纵梁彼此周向间隔开并且平行于机身筒体的纵轴沿着机身筒体延伸；
 - [0106] 多个纵梁被至少分组成第一对纵梁和第二对纵梁，第一对纵梁包括第一纵梁，第二对纵梁包括第三纵梁；
 - [0107] 第一虚拟拼接线在第一对纵梁之间延伸；并且
 - [0108] 第二虚拟拼接线在第二对纵梁之间延伸。
- [0109] 条款8.根据条款7所述的方法，其中将新部段拼接到机身筒体的主部段包括：
 - [0110] 在第一拼接板与第一对接接头之间以及在新部段的第一纵梁与第二纵梁之间放置第一填充物；并且
 - [0111] 在第二拼接板与第二对接接头之间以及在新部段的第三纵梁与第四纵梁之间放置第二填充物。
- [0112] 条款9.根据条款7所述的方法，其中机身筒体、第一拼接板、第二拼接板和多个纵梁由纤维增强聚合物制成。
- [0113] 条款10.根据条款1所述的方法，其中：
 - [0114] 该飞行器包括以端对端方式彼此耦连的多个机身筒体，以形成飞行器的机身；
 - [0115] 从机身筒体的主部段中移除第一部段包括：从相邻的机身筒体上解耦机身筒体的第一部段；并且
 - [0116] 将新部段拼接到机身筒体的主部段中包括：将新部段耦连到相邻的机身筒体上。
 - [0117] 条款11.根据条款1所述的方法，其中响应于第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线在机身筒体上的位置，在机身筒体损伤之前预先制造新部段。
 - [0118] 条款12.根据条款1所述的方法，其中确定至少第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线包括：

- [0119] 探测沿着机身筒体的内表面的路径,该路径具有从路径一端到路径相对端的视线;并且
- [0120] 沿着该路径定位第一虚拟拼接线和第二虚拟拼接线中的一个。
- [0121] 条款13.根据条款1所述的方法,其中第一部段和新部段中的每一个形成机身筒体的至少四分之一。
- [0122] 条款14.根据条款1所述的方法,其进一步包括,在机身筒体损伤之前,在平行于机身筒体的纵轴的方向上沿着机身筒体确定至少第三虚拟拼接线。
- [0123] 条款15.一种飞行器的机身筒体装配件,其包括:
- [0124] 具有整体构造的机身筒体的主部段;
- [0125] 具有整体构造的机身筒体的新部段,其沿着主部段与新部段之间的第一对接接头和主部段与新部段之间的第二对接接头被拼接到主部段上;
- [0126] 第一拼接板,其在第一对接接头上方被紧固到机身筒体的主部段和新部段上;
- [0127] 第二拼接板,其在第二对接接头上方被紧固到机身筒体的主部段和新部段上;
- [0128] 被耦连到第一拼接板上的第一替换剪切系带;
- [0129] 被耦连到第二拼接板上的第二替换剪切系带;以及
- [0130] 框架元件,其被耦连到第一替换剪切系带和第二替换剪切系带两者上。
- [0131] 条款16.根据条款15所述的机身筒体装配件,其中:
- [0132] 主部段包括平行于第一对接接头延伸的第一纵梁和平行于第二对接接头延伸的第二纵梁;
- [0133] 新部段包括平行于第一对接接头延伸的第三纵梁和平行于第二对接接头延伸的第四纵梁;
- [0134] 机身筒体进一步包括:
- [0135] 第一填充物,其在第一拼接板与第一对接接头之间并且在第一纵梁与第三纵梁之间;以及
- [0136] 第二填充物,其在第二拼接板与第二对接接头之间并且在第二纵梁与第四纵梁之间。
- [0137] 条款17.根据条款16所述的机身筒体装配件,其中:
- [0138] 主部段包括平行于第一对接接头延伸的第一纵梁和平行于第二对接接头延伸的第二纵梁;
- [0139] 新部段包括平行于第一对接接头延伸的第三纵梁和平行于第二对接接头延伸的第四纵梁;
- [0140] 第一拼接板被支撑于并紧固到第一纵梁、第三纵梁和第一填充物上;并且
- [0141] 第二拼接板被支撑于并紧固到第二纵梁、第四纵梁和第二填充物上。
- [0142] 条款18.根据条款15所述的机身筒体装配件,其中:
- [0143] 第一对接接头和第二对接接头彼此周向间隔开;
- [0144] 第一对接接头和第二对接接头平行于机身筒体的纵轴延伸;并且
- [0145] 第一对接接头和第二对接接头从机身筒体的第一端延伸到机身筒体的第二端。
- [0146] 条款19.根据条款15所述的机身筒体装配件,其中主部段、新部段、第一拼接板和第二拼接板由纤维增强聚合物制成。

- [0147] 条款20.一种飞行器,其包括:
 - [0148] 彼此互连的多个机身筒体装配件,其中至少一个机身筒体装配件包括:
 - [0149] 具有整体构造的机身筒体的主部段;
 - [0150] 具有整体构造的机身筒体的新部段,其沿着主部段与新部段之间的第一对接接头和主部段与新部段之间的第二对接接头被拼接到主部段上;
 - [0151] 第一拼接板,其在第一对接接头上方被紧固到机身筒体的主部段和新部段上;
 - [0152] 第二拼接板,其在第二对接接头上方被紧固到机身筒体的主部段和新部段上;
 - [0153] 被耦连到第一拼接板上的第一替换剪切系带;
 - [0154] 被耦连到第二拼接板上的第二替换剪切系带;以及
 - [0155] 框架元件,其被耦连到第一替换剪切系带和第二替换剪切系带两者上;
 - [0156] 其中多个机身筒体装配件在机身筒体装配件的相应机身筒体的对接端处以端对端配置互连。
- [0157] 本主题可以以其他具体形式来呈现而不会背离其精神或本质特性。所描述的实施例在所有方面仅被认为是说明性的和非限制性的。在权利要求的等价物的意图和范围之内的所有改变都将被涵盖在权利要求的范围内。

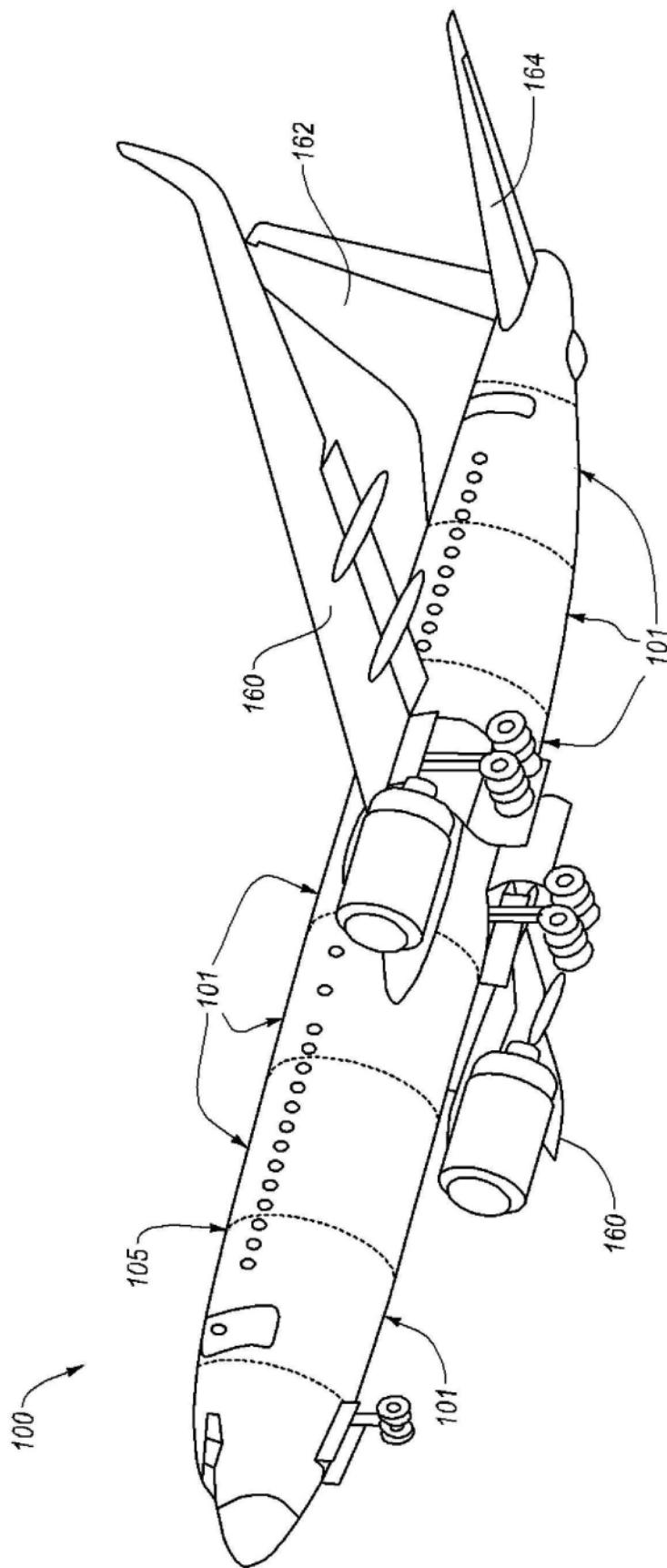


图1

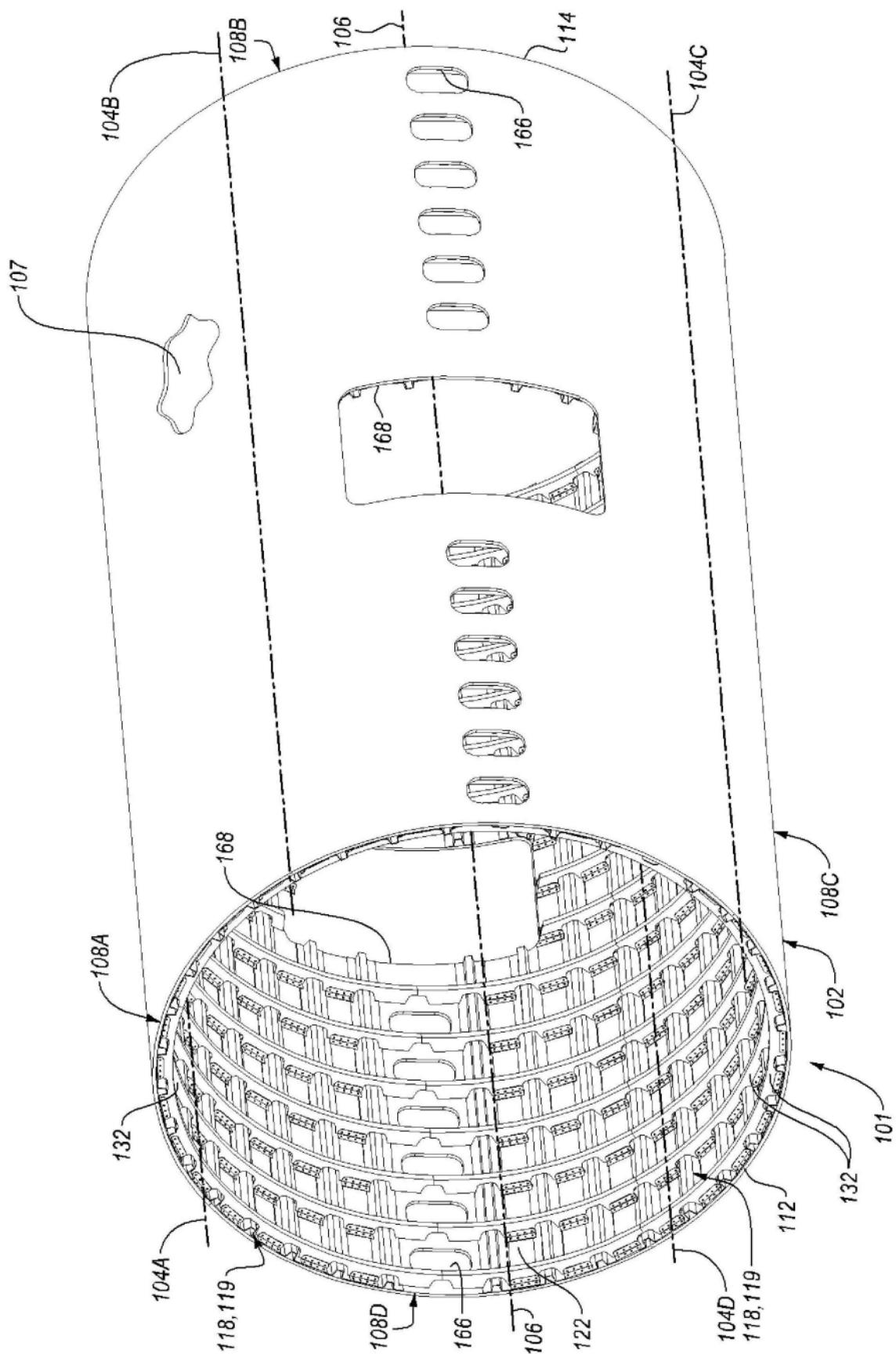


图2

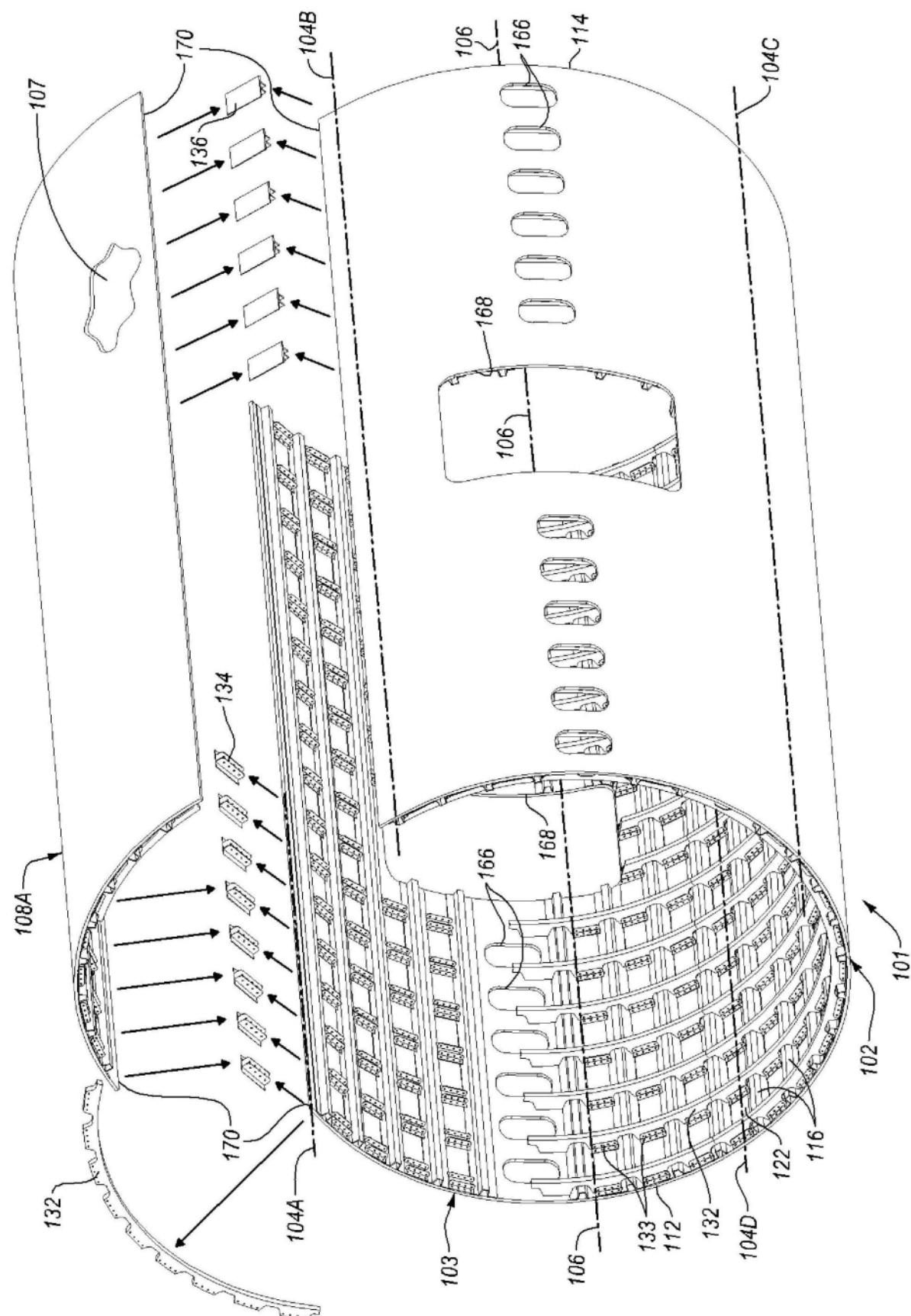


图3

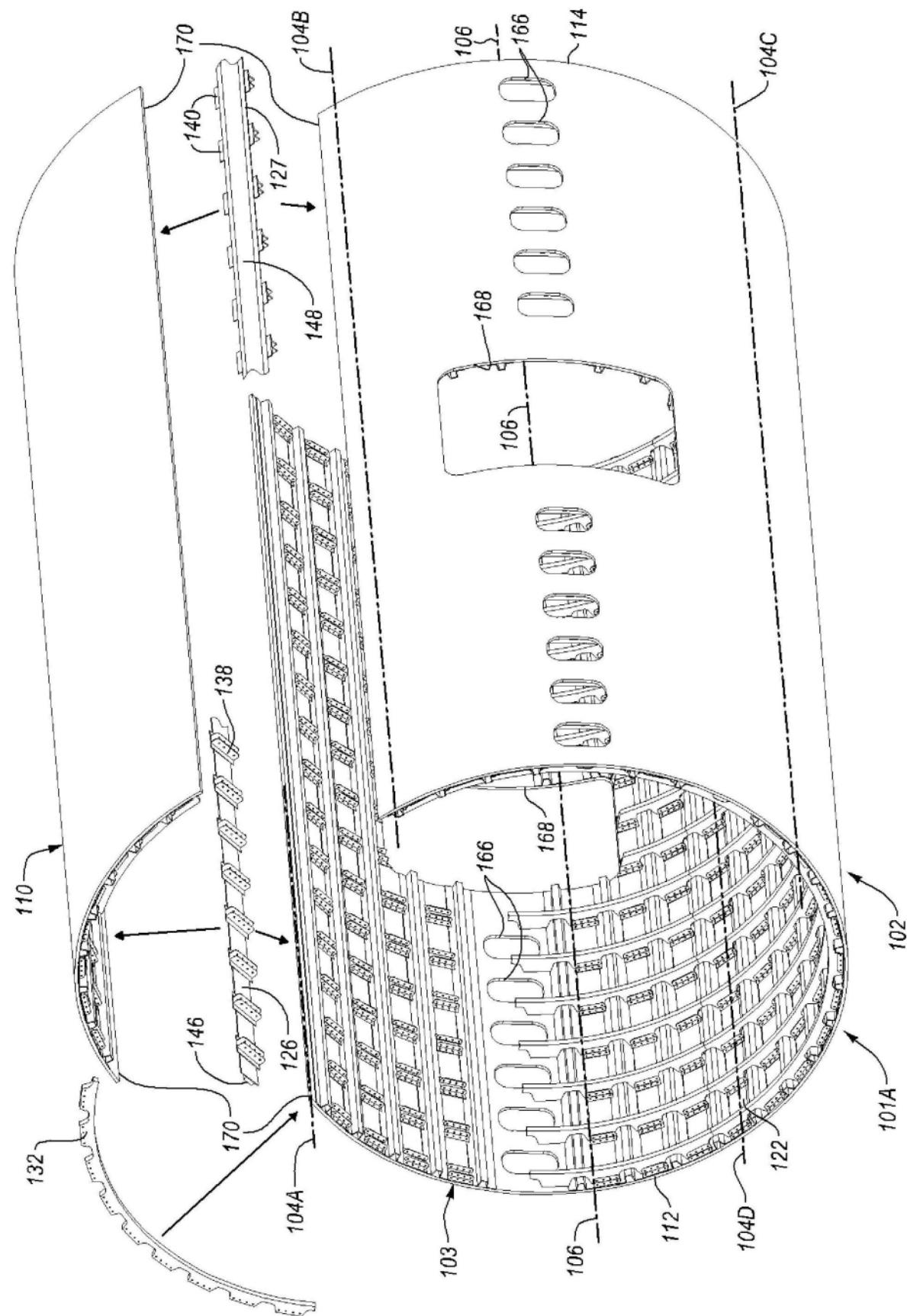


图4

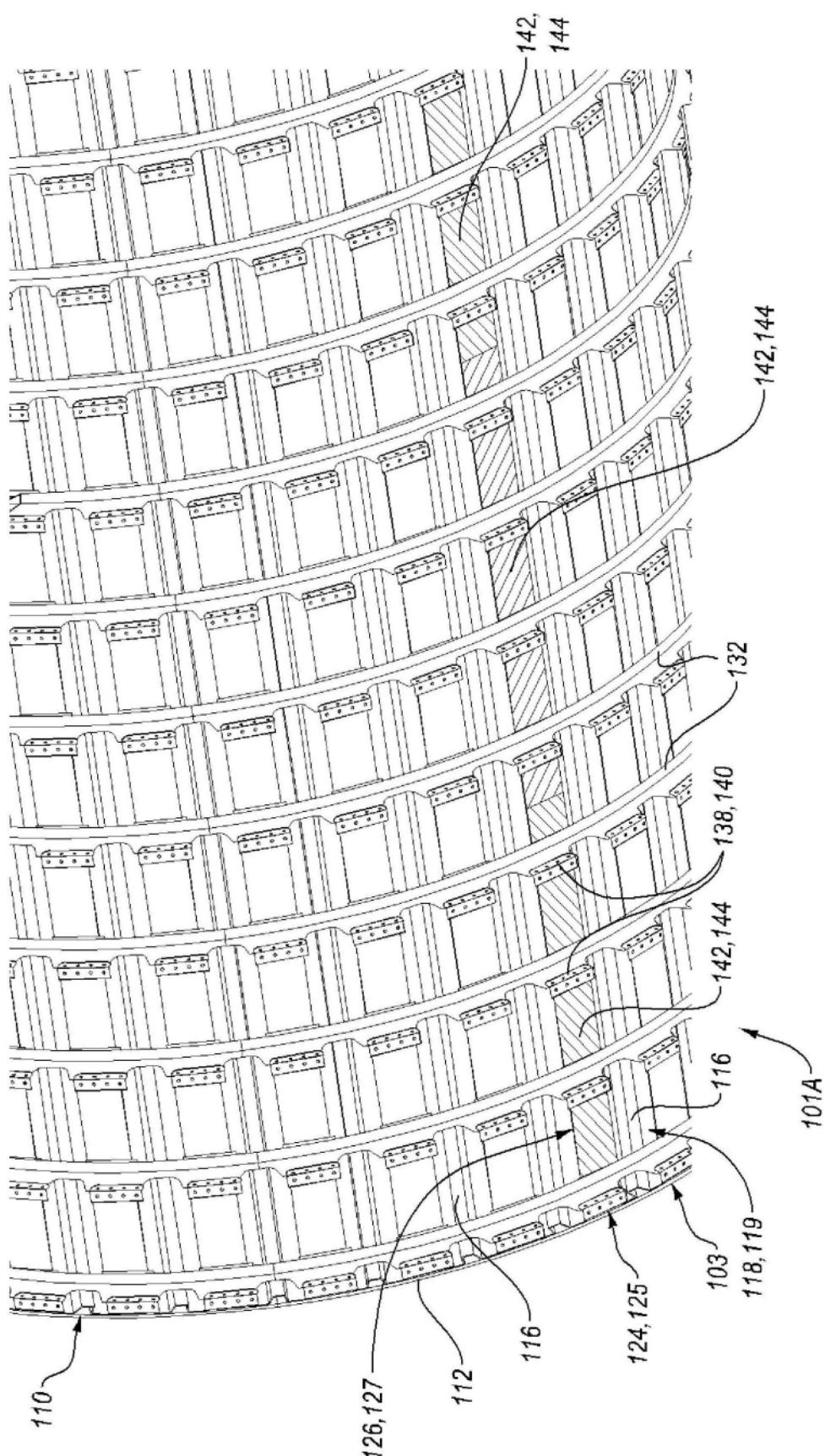


图5

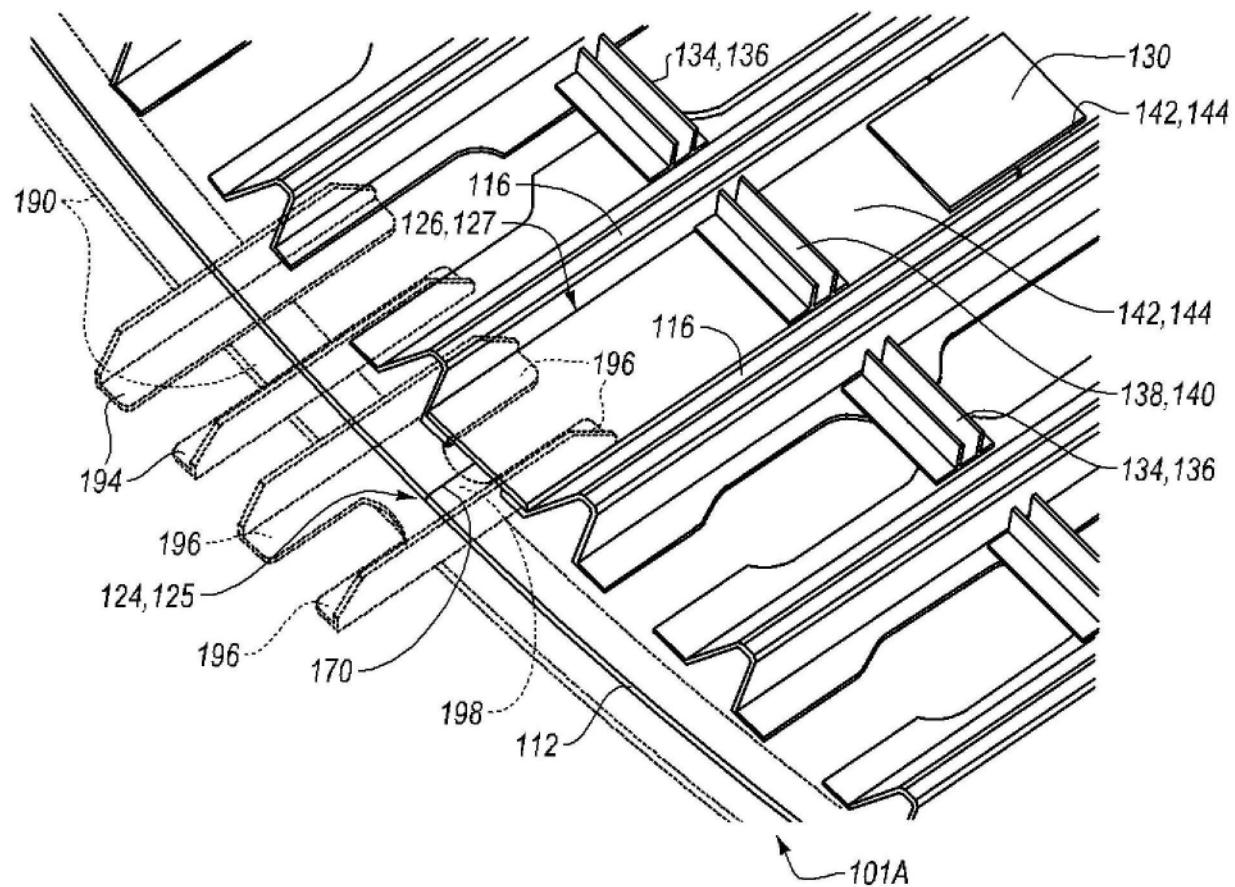


图6

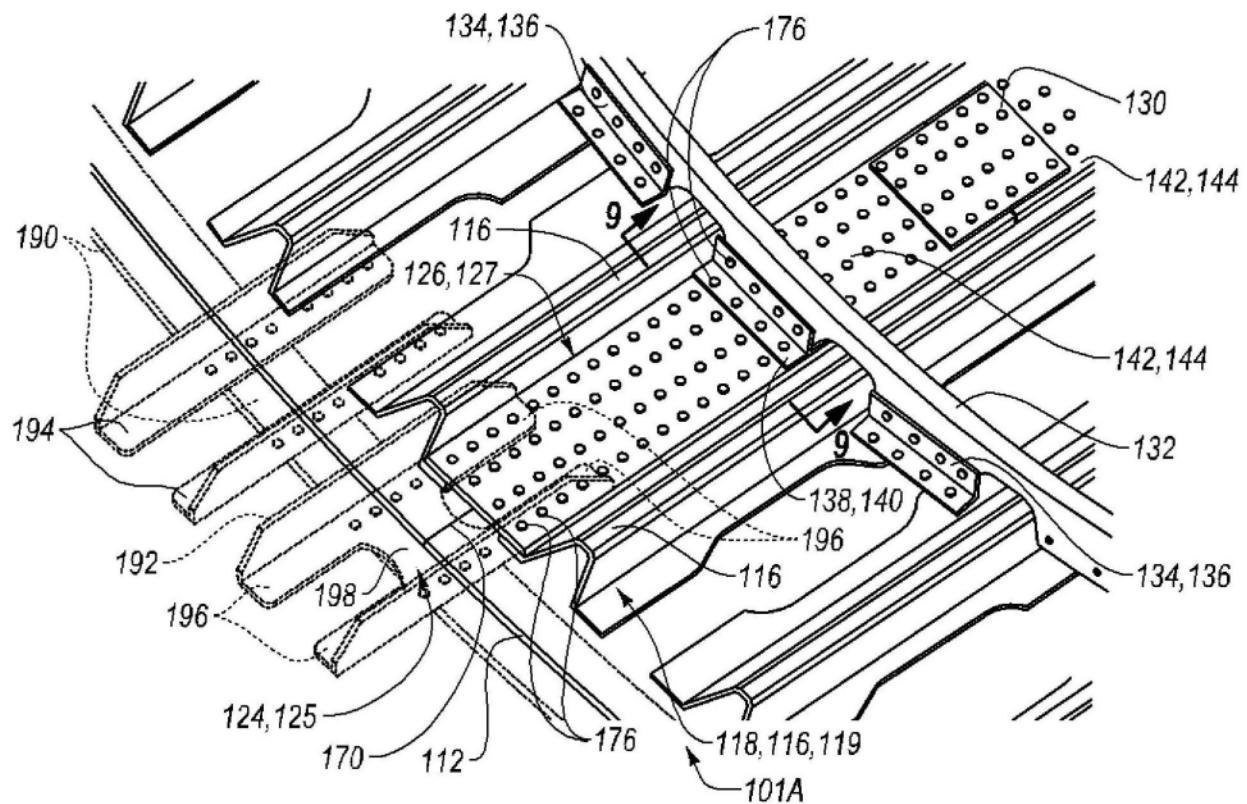


图7

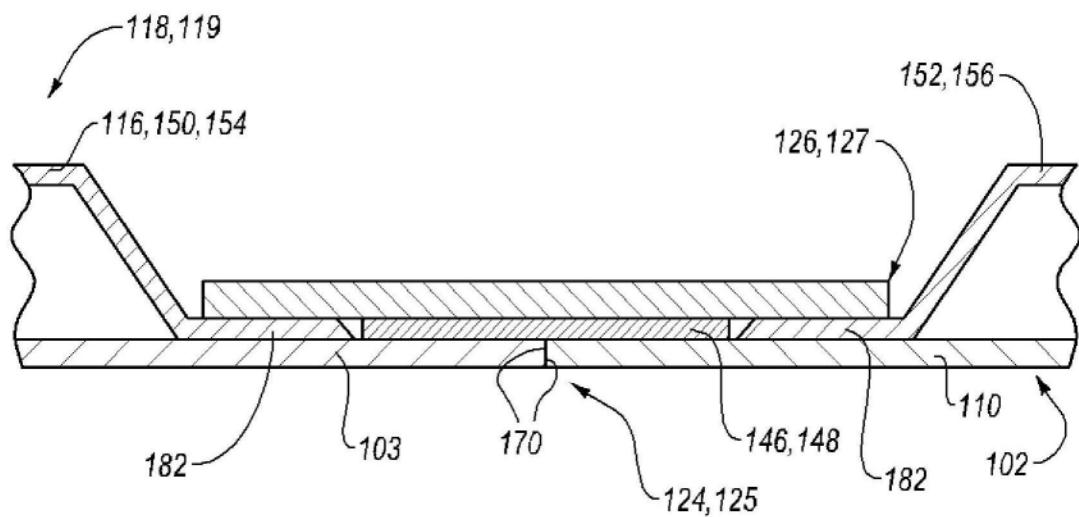


图8

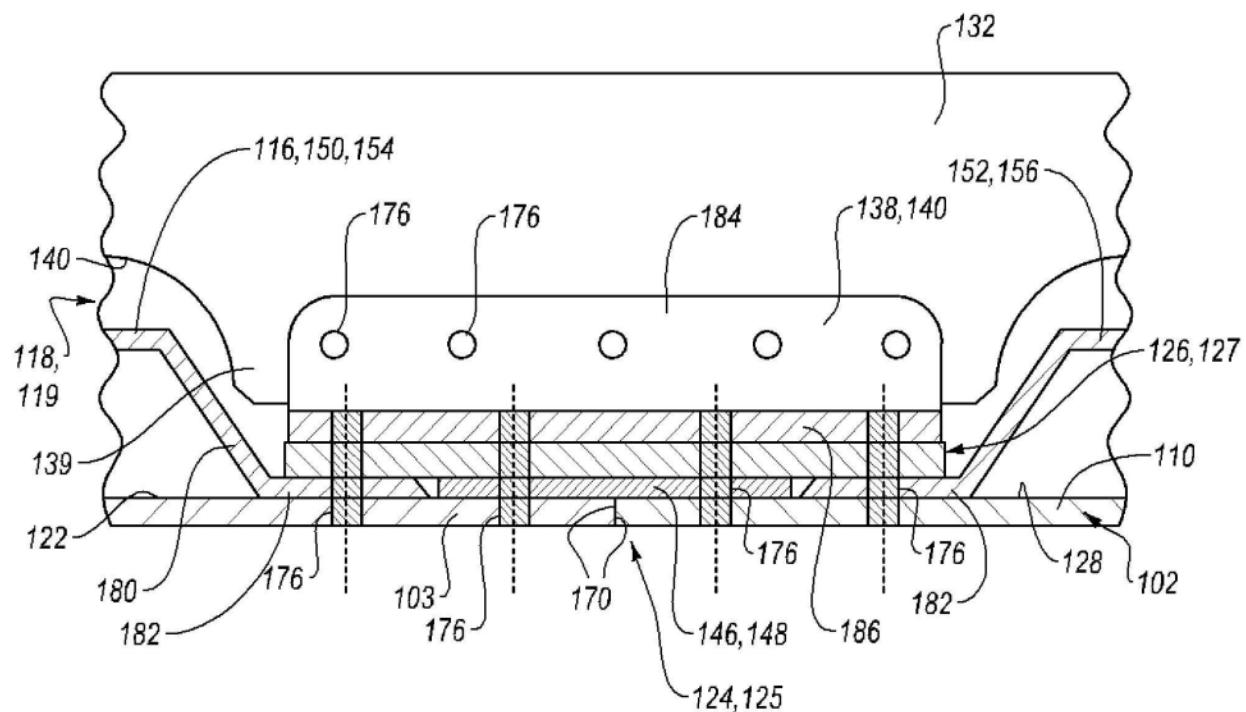


图9

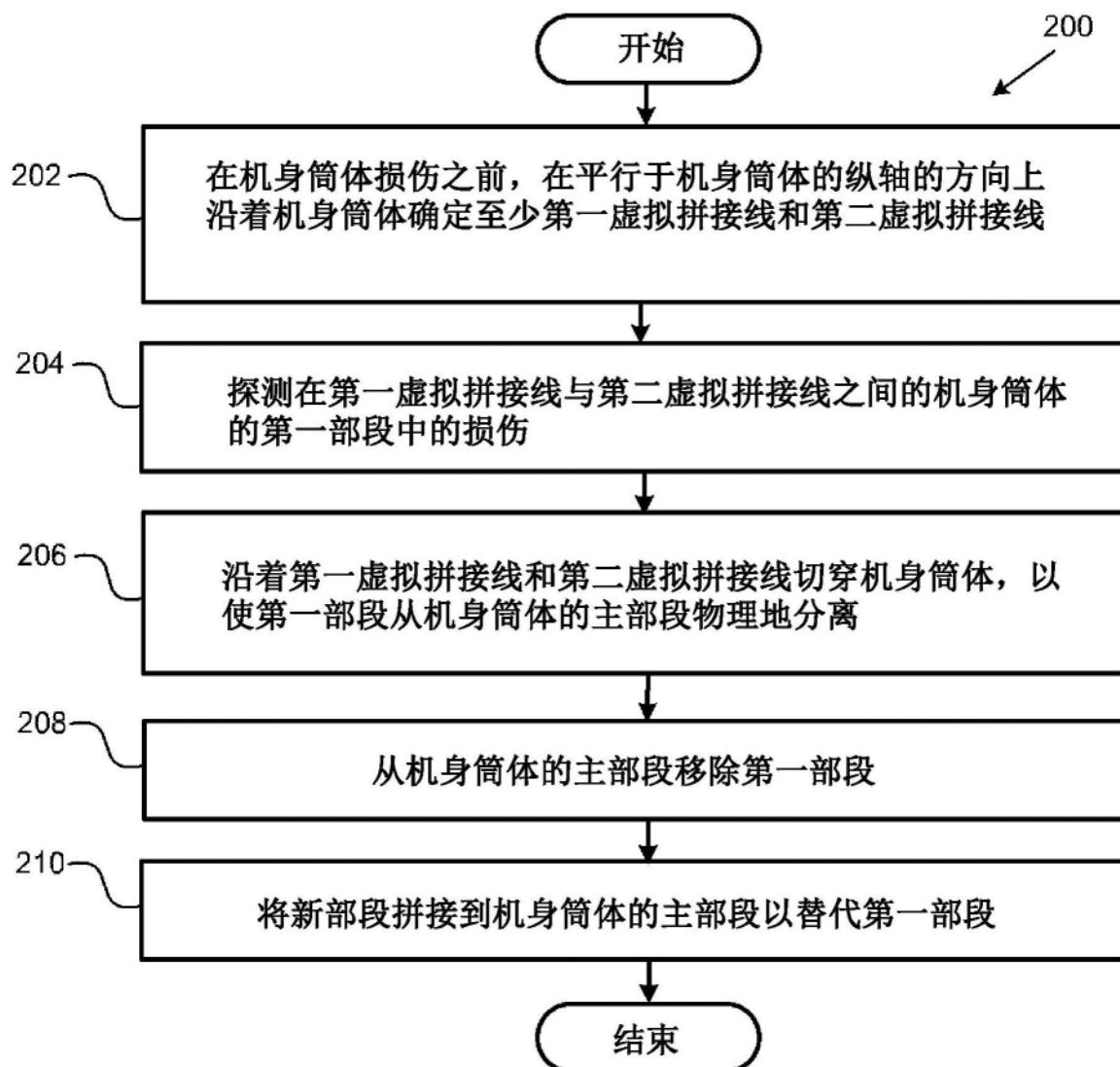


图10