



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108284624 B

(45)授权公告日 2020.10.23

(21)申请号 201810319720.2

(22)申请日 2014.05.30

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108284624 A

(43)申请公布日 2018.07.17

(30)优先权数据  
61/829,639 2013.05.31 US  
13/925,970 2013.06.25 US

(62)分案原申请数据  
201410240280.3 2014.05.30

(73)专利权人 波音公司  
地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 K·M·达尔

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 徐东升 赵蓉民

(51)Int.Cl.  
B29C 70/44(2006.01)  
B29C 70/54(2006.01)

(56)对比文件  
US 8303758 B2,2012.11.06  
审查员 黄庆鑫

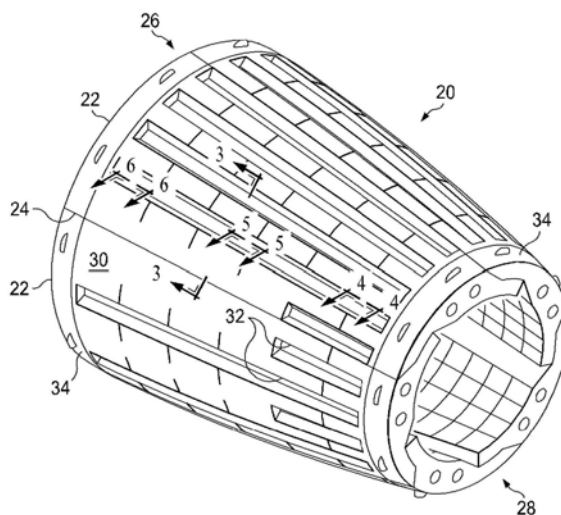
权利要求书1页 说明书9页 附图10页

### (54)发明名称

密封和测试分段式工具

### (57)摘要

本发明涉及密封和测试分段式工具。沿着第一与第二工具节段之间的接缝基本上气密的三重密封件装置包括形成第一和第二基本上气密的真空腔室的内部密封件、中间密封件和外部密封件。



1. 一种对工具的至少两个节段进行密封并且测试所述至少两个节段之间的密封完整性的方法,包括:

布置内部密封件、外部密封件和中间密封件以在两个工具节段之间形成第一密封件腔室和第二密封件腔室;

向所述第一密封件腔室和第二密封件腔室中的每一个施加真空;

通过向所述工具的所述节段施加热压压力来压紧所述内部密封件、所述外部密封件和所述中间密封件;以及

通过感测所述第一密封件腔室和第二密封件腔室内的真空压力变化来检测所述内部密封件或所述外部密封件内的泄漏。

2. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括:

在所述两个工具节段之间形成H形密封区域,并且将所述H形密封区域的支腿连接到所述中间密封件和所述外部密封件中的每一个。

3. 根据权利要求2所述的方法,进一步包括:

在所述两个工具节段上放置内部真空袋;并且

将所述内部真空袋密封到所述H形密封区域上。

4. 根据权利要求3所述的方法,进一步包括:

在所述两个工具节段上放置外部真空袋以覆盖所述内部真空袋;并且

将所述外部真空袋密封到所述H形密封区域的支腿上。

5. 根据权利要求4所述的方法,进一步包括:

使用所述外部真空袋向所述内部真空袋与所述H形密封区域之间的密封件施加压力。

6. 一种对分段式工具上的复合部件进行热压处理的方法,该方法包括:

在所述工具的邻接节段之间形成三重密封件,其包括形成内部密封件、中间密封件和外部密封件;

在所述分段式工具上放置内部真空袋以覆盖所述复合部件;

通过在所述内部真空袋与所述内部密封件之间形成密封件来形成内部袋真空腔室;

在所述分段式工具上放置外部真空袋以覆盖所述内部真空袋;

通过在所述外部真空袋与所述外部密封件之间形成密封件来形成外部袋真空腔室;

分别抽吸在所述内部真空袋腔室与所述外部真空袋腔室内的真空;

使用所述外部真空袋向所述内部真空袋与所述内部密封件之间的所述密封件施加压力;以及

通过向所述工具的所述节段施加热压压力来压紧所述三重密封件。

7. 根据权利要求6所述的方法,进一步包括:

检测所述内部密封件、所述中间密封件或所述外部密封件中任一个中的泄漏。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中所述内部密封件、所述中间密封件和所述外部密封件被布置成形成内部密封件腔室和外部密封件腔室,并且检测所述泄漏是通过感测所述内部密封件腔室或所述外部密封件腔室内的真空压力变化来进行的。

9. 根据权利要求7所述的方法,其中形成所述外部真空袋腔室进一步包括在所述内部真空袋腔室外部,在所述工具的所述邻接节段之间形成H形密封件。

## 密封和测试分段式工具

[0001] 本申请是于2014年5月30日提交的名称为“密封和测试分段式工具”的中国专利申请2014102402803的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明总体上涉及具有被密封在一起的多个部件的分段式工具,并且具体涉及一种三重密封件装置以及允许对单独密封件的完整性进行测试和监测的相关方法。

### 背景技术

[0003] 一些工具包括必须进行组装的多个部件或节段,但工具需要作为无缝的单一工具发挥功能和作用。例如,在飞行器行业,可以将大的复合的机身区段成层在真空袋上并且接着热压固化在总体圆柱形的包括多个圆周心轴节段的心轴上。心轴节段沿着多条接缝进行组装。在固化和除袋之后,必须拆除心轴节段以便允许将固化的机身区段从该工具上释放和移除。

[0004] 心轴节段之间的每条接缝都可以用沿着相邻心轴节段的接合表面延伸的基本上气密的密封件进行密封。空气透过密封件中的任何一个泄漏都可能减小在固化过程中被施加给机身区段的压紧压力。在固化过程中由于空气泄漏造成的压紧压力减小可能对该固化的机身区段的品质和/或性能具有不利的影响。

[0005] 针对密封件泄漏问题所提出的解决方案涉及沿着心轴节段接缝之间的接缝提供双重密封件。双重密封件被装置成形成腔室,该腔室可以用来进行合格或不合格泄漏测试,然而该测试并不指示双重密封件中的哪个可能失去了其完整性。如果该测试失败,表明密封件中的至少一个的完整性可能已经受损,则必须拆卸工具节段并且必须修复或更换密封件,在此之后必须重新组装心轴节段并且必须重复该泄漏测试。拆卸/重新组装和更换密封件的过程是耗时的、费力的并且可能降低生产效率和建造速度。

[0006] 相应地,需要一种用于对分段式工具例如心轴中的密封件进行密封并且测试其完整性的方法,该方法允许连续地监测密封件完整性。还需要一种将识别出密封件中哪个(如果有的话)正在泄漏并且是否有至少一个密封件保有其完整性的密封件装置和测试方法。

### 发明内容

[0007] 所公开的实施例提供了用于在热压环境中密封和测试多件式工具诸如分段式心轴的一种方法和系统。沿着心轴节段之间的接缝的三重密封件提供了对抗由于密封件泄漏造成的真空压力损失的额外保护。在心轴的组装过程中,可以在将成层物放置在工具上并且加载到热压器中之前测试该三重密封件的泄漏。这减少了对于更换和/或修复密封件的需要,可以改善固化后的部件的品质并且可以提高生产率。

[0008] 根据所公开的一个实施例,提供了用于在热压环境中密封和监测心轴的多个节段的方法。该方法包括形成重叠在心轴节段的端部和接缝上的内部袋真空腔室、以及在心轴节段之间的内部密封件,并且形成在该内部袋真空腔室的相对端部上的外部真空袋腔室和

H形密封区域。该方法还包括使用该H形密封区域、该内部密封件和中间密封件形成外部密封件腔室,使用该中间密封件和该内部密封件形成内部密封件腔室,并且监测该该内部密封件、该中间密封件和该外部密封件中任何一个的完整性。该方法可以进一步包括将该内部密封件、该中间密封件和该外部密封件以及该H形密封区域的支腿挤压到心轴节段内的凹槽之中。形成该外部真空袋腔室包括将该H形密封区域的支腿密封到该内部真空袋和外部真空袋上。形成该外部真空袋腔室包括将该H形密封区域的支腿密封到该内部密封件和中间密封件上。监测完整性包括感测该内部袋真空腔室、该内部密封件腔室和该外部密封件腔室中任何一个内的真空压力变化。

[0009] 根据另一个实施例,提供了密封和测试工具的至少两个节段之间的密封件的完整性的方法,该方法包括装置内部密封件、外部密封件和中间密封件以在这两个工具节段之间形成第一和第二密封件腔室,并且向该第一和第二密封件腔室各自施加真空。通过感测该第一和第二密封件腔室内的真空压力变化来检测该内部密封件或外部密封件内的泄漏。该方法可以进一步包括在这两个工具节段之间放置H形密封区域、并且将该H形密封区域的支腿连接到该中间密封件和外部密封件上。该方法还可以包括在这两个工具节段上放置内部真空袋、并且将该内部真空袋密封到该H形密封区域上。该方法可以进一步包括在这两个工具节段上放置外部真空袋以覆盖该内部真空袋,并且将该外部真空袋密封到该H形密封区域的支腿上。该方法还可以包括使用该外部真空袋来向该内部真空袋与该H形密封区域之间的密封件施加压力。

[0010] 根据又另一个实施例,提供了用于对分段式工具上的复合部件进行热压处理的方法,该方法包括在该工具的邻接节段之间形成三重密封件,这包括形成内部密封件、中间密封件和外部密封件,在该分段式工具上放置内部真空袋以覆盖复合部件,并且通过在该内部真空袋与该内部密封件之间形成密封件来形成内部袋真空腔室。该方法还可以包括在分段式工具上放置外部真空袋以覆盖内部真空袋、通过在该外部真空袋与该外部密封件之间形成密封件来形成外部袋真空腔室、分别在该内部真空袋腔室与该外部真空袋腔室内抽真空、并且使用该外部真空袋来向该内部真空袋与该内部密封件之间的密封件施加压力。该方法进一步包括通过向该工具的节段施加热压压力来压紧该三重密封件。该方法还可以包括检测该内部密封件、中间密封件和外部密封件中任一个中的泄漏。该内部密封件、中间密封件和外部密封件被装置成形成内部密封件腔室和外部密封件腔室,并且检测泄漏是通过感测该内部密封件腔室或该外部密封件腔室内的真空压力变化来进行的。形成该外部真空袋腔室进一步包括在该内部真空袋腔室外部、在该工具的邻接节段之间形成H形密封件。

[0011] 根据又另一个实施例,提供了沿着第一与第二工具节段之间的接缝的基本上气密的密封件装置,该密封件装置包括形成了第一和第二基本上气密的真空腔室的内部密封件、中间密封件和外部密封件。该内部密封件、中间密封件和外部密封件沿着该接缝的长度延伸、并且在该截面的相对端部中的每个端部处被装置成H形图案。该第一与第二工具节段被装置成形成成层表面,并且该H形图案包括第一和第二支腿,其适合于密封到覆盖该成层表面的第一和第二真空袋上。该内部密封件、中间密封件和外部密封件是与接缝间隔开的并且沿着该接缝纵向地延伸。在变体中,该内部密封件和中间密封件是彼此间隔开的并且形成该第一真空腔室,并且该中间密封件和外部密封件是彼此间隔开的并且形成该第二真空腔室。该密封件装置可以进一步包括H形密封区域,该密封区域位于该接缝的相对端部处

并且连接至该中间密封件和该外部密封件上。该第一和第二真空腔室各自适用于与真空源和通气孔耦接,以便于用于独立地测试该内部密封件、中间密封件和外部密封件的空气泄漏。该密封件装置还可以包括第一和第二真空探头,其分别用于感测该第一和第二真空腔室中的真空压力。

[0012] 综上所述,根据本发明的一个方面,提供了用于在热压环境中密封和监测心轴节段的方法,该方法包括形成重叠在心轴节段的端部和接缝上的内部袋真空腔室、以及在心轴节段之间的内部密封件;形成在该内部袋真空腔室的相对端部上的外部真空袋腔室和H形密封区域;使用该H形密封区域、该内部密封件和中间密封件形成外部密封件腔室;使用该中间密封件和该内部密封件形成内部密封件腔室;并且监测该内部密封件、该中间密封件和该外部密封件中任何一个的完整性。

[0013] 有利地,该方法进一步包括将该内部密封件、该中间密封件和该外部密封件以及该H形密封区域的支腿挤压到心轴节段内的凹槽中。

[0014] 有利地,在该方法中,形成该外部真空袋腔室包括将该H形密封区域的支腿密封到该内部真空袋和外部真空袋上。

[0015] 有利地,在该方法中,形成该外部真空袋腔室包括将该H形密封区域的支腿密封到该内部密封件和中间密封件上。

[0016] 有利地,在该方法中,监测该完整性包括感测该内部袋真空腔室、该内部密封件腔室和该外部密封件腔室中任何一个内的真空压力变化。

[0017] 根据本发明的另一个方面,提供了密封和测试工具的至少两个节段之间的密封件完整性的方法,该方法包括装置内部密封件、外部密封件和中间密封件以在这两个工具节段之间形成第一和第二密封件腔室;向该第一和第二密封件腔室各自施加真空;并且通过感测该第一和第二密封件腔室内的真空压力变化来检测该内部密封件或该外部密封件内的泄漏。

[0018] 有利地,该方法进一步包括在这两个工具节段之间放置H形密封区域,并且将该H形密封区域的支腿连接到该中间密封件和外部密封件每个上。

[0019] 有利地,该方法进一步包括在这两个工具节段上放置内部真空袋,并且将该内部真空袋密封到该H形密封区域上。

[0020] 有利地,该方法进一步包括在这两个工具节段上放置外部真空袋以覆盖该内部真空袋,并且将该外部真空袋密封到该H形密封区域的支腿上。

[0021] 有利地,该方法进一步包括使用该外部真空袋来向该内部真空袋与该H形密封区域之间的密封件施加压力。

[0022] 根据本发明的又一个方面,提供了用于对分段式工具上的复合部件进行热压处理的方法,该方法包括在该工具的邻接节段之间形成三重密封件,这包括形成内部密封件、中间密封件和外部密封件;在该分段式工具上放置内部真空袋以覆盖复合部件;通过在该内部真空袋与该内部密封件之间形成密封件来形成内部袋真空腔室;在分段式工具上放置外部真空袋以覆盖该内部真空袋;通过在该外部真空袋与该外部密封件之间形成密封件来形成外部袋真空腔室;分别在该内部真空袋腔室与该外部真空袋腔室内抽真空;使用该外部真空袋来向该内部真空袋与该内部密封件之间的密封件施加压力;并且通过向该工具的节段施加热压压力来压紧该三重密封件。

[0023] 有利地,该方法进一步包括检测该内部密封件、中间密封件和外部密封件中任一中的一个中的泄漏。

[0024] 有利地,在该方法中,该内部密封件、中间密封件和外部密封件被装置成形成内部密封件腔室和外部密封件腔室,并且检测泄漏是通过感测该内部密封件腔室或该外部密封件腔室内的真空压力变化来进行的。

[0025] 有利地,在该方法中,形成该外部真空袋腔室进一步包括在该内部真空袋腔室外部在该工具的邻接节段之间形成H形密封件。

[0026] 根据本发明的又一个方面,提供了沿着第一与第二工具节段之间的接缝基本气密的密封件装置,该密封件装置包括形成了第一和第二基本上气密的真空腔室的内部密封件、中间密封件和外部密封件。

[0027] 有利的,在该密封件装置中,该内部、中间和外部密封件沿着该接缝的长度延伸,并且在截面的相对端部中的每个端部处被装置成H形图案。

[0028] 有利的,在该密封件装置中,该第一与第二工具节段被装置成形成成层表面,并且该H形图案包括第一和第二支腿,其适用于密封到覆盖该成层表面的第一和第二真空袋上。

[0029] 有利的,在该密封件装置中,该内部密封件、中间密封件和外部密封件是与接缝间隔开的并且沿着该接缝纵向地延伸。

[0030] 有利的,在该密封件装置的变体中,该内部密封件和中间密封件彼此间隔开并且形成第一真空腔室,并且该中间密封件和外部密封件彼此间隔开并且形成第二真空腔室。

[0031] 有利的,该密封件装置进一步包括H形密封区域,该密封区域位于该接缝的相对端部处并且连接至中间密封件和外部密封件。

[0032] 有利的,在该密封件装置中,第一和第二真空腔室均适用于与真空源和通气孔耦接,以便于用于独立地测试该内部密封件、中间密封件和外部密封件的空气泄漏。

[0033] 有利的,该密封件装置进一步包括第一和第二真空探头,分别用于感测该第一和第二真空腔室中的真空压力。

[0034] 特征、功能和优点可以在本公开的不同实施例中单独实现,或个在其他实施例中结合,其进一步的细节可以参见以下具体实施方式和附图。

## 附图说明

[0035] 在所附权利要求中阐述了说明性实施例的被确认为新颖性特征的特性。但是,通过在结合附图阅读时参考本发明的说明性实施例的以下具体实施方式,将最好地理解所述说明性实施例以及优选的使用方式、进一步的目及其优势,其中:

[0036] 图1是根据所公开方法的具有用三重密封件形成的接缝的分段式心轴的透视视图的图示说明。

[0037] 图2是铺放并固化在图1中所示的分段式心轴上的复合外壳的截面视图的图示说明。

[0038] 图3是沿着图1中的线3-3截取的截面视图的图示说明。

[0039] 图4是在心轴节段之间,在沿着图1中表示为“4”的接缝的位置处的三重密封件的前端透视视图的图示说明。

[0040] 图5是在心轴节段之间、在沿着图1中表示为“5”的接缝的位置处的三重密封件的

中间区段的透视图的图示说明。

[0041] 图6是在心轴节段之间、在沿着图1中表示为“6”的接缝的位置处的三重密封件的后端的透视图的图示说明。

[0042] 图7是在两个心轴节段之间的接缝的另一个实施例的截面视图的图示说明。

[0043] 图8是在两个心轴节段之间的接缝的又一个实施例的截面视图的图示说明。

[0044] 图9是沿着接缝之一的图解截面视图的图示说明,其示出三重密封件如何连接到内部和外部真空袋上。

[0045] 图10是类似于图9的图示说明,但示出了在组装心轴区段的过程中用于测试三重密封件而安装的临时板。

[0046] 图11是功能框图的图示说明,其示出了分段式心轴以及用于测试并监测该三重密封件的相关控制系统的部件。

[0047] 图12是用于密封分段式工具的方法的流程图图示说明。

[0048] 图13是用于密封分段式工具的方法的替代性实施例的流程图图示说明。

[0049] 图14是飞行器生产和维护方法的流程图的图示说明。

[0050] 图15是飞行器的框图图示说明。

## 具体实施方式

[0051] 参见图1和2,分段式成层工具20(图1)可以用作可以在上面铺放并固化复合部件的心轴,该成层工具在下文中也可以称为分段式心轴20。例如且不限于,该分段式心轴20可以用于成层并且固化图2中所示的复合外壳36。该复合外壳36包括外部复合蒙皮38,其通过纵向延伸的复合桁条40加强。虽然在图2中未示出,但该复合外壳36可以附接至环圆周延伸的内部框架上以形成飞行器机身(未示出)的机筒区段。

[0052] 该成层工具20包括前端26和后端28,并且包括沿着纵向接缝24接合在一起的心轴节段22。如下文中将更详细讨论的,接缝24包括三重的、基本上气密的密封件(图1中未示出),其将心轴节段22密封在一起使其作为单一工具。在图示说明的实施例中,成层工具20具有总体上逐渐变细的柱形或筒形形状,但其他形状也是可能的,这取决于有待制造的部件的形状。

[0053] 心轴节段22一起形成成层表面30,可以在该成层表面上成层复合材料例如预浸布,以形成图2所述的复合外壳36。成层表面30形成了复合蒙皮38的IML(内模具线)并且可以包括环圆周间隔开、纵向延伸的桁条凹槽32,在将蒙皮38成层到成层表面30上之前可以将预成形的复合桁条成层物(图1中未示出)放入凹槽中。成层工具20进一步包括位于前端和后端26、28上基本光滑的、环圆周延伸的箍圈34,其被定位成纵向地超出该成层表面30。箍圈34提供一个或多个随后讨论的真空袋(在图1或2中未示出)可以附接并密封地表面,以便在固化过程中压紧并固结复合外壳36,这可以在热压器(未示出)中进行。

[0054] 图3至图6图示说明了两个相邻心轴节段22a、22b之间的搭接接头或接缝24的一个实施例。图3描绘了复合蒙皮56,其具有已经成层在成层表面30上由隔板58覆盖的内真空袋60和外真空袋94。为了简化描述,没有示出其他元件,例如离型膜、通气装置等等。如下文中将更详细讨论的,内真空袋60在成层表面30之外被密封到箍圈34(图1)上。在一个实施例中,心轴节段22a、22b之间的接缝24是通过将外圈内凸缘和外凸缘68、70重叠而形成匹配的

密封表面42来形成的。密封表面42通过基本气密的三重密封件44密封在一起,该三重密封件包括外部第一密封件46、中间第二密封件48和内部第三密封件50。密封件46、48、50的相对端部被装置且连接成形成H形密封区域82,密封区域对应地定位成超出了蒙皮成层物56的端部、位于箍圈34之下。

[0055] 参见图4和图6,H形密封区域82包括一对内支腿83、84,一对外支腿85、86,以及横向支腿87。在图示说明的实施例中,支腿83、84、85、86和87被装置成“H”形状,但是取决于应用,支腿可以被装置形成其他形状。外支腿85、86的外端或外尖端85a、86a对应地密封到内部真空袋和外部真空袋60、94(见图9)上。例如但不限于,密封件46、48、50通过浇注和/或挤出适当的材料如硅酮而形成。外部、中间和内部密封件46、48、50分别是环圆周地彼此间隔开并且在图示说明的实施例中保持在分别相关联的凹槽52(图3)中,凹槽形成在外凸缘70的密封面42中。例如但不限于,尖端85a、86a可以由Viton®或类似的氟弹性体等材料形成,该材料适合于提供与用于将尖端85a、85b密封到内部和外部真空袋60、94上的真空袋密封剂(未示出)的良好粘附性。在其他实施例中,对应的外部、中间和内部密封件46、48、50以及H形密封区域82可以被保持在内凸缘68中所形成的凹槽(未示出)中并且密封在外凸缘70上。在另外的其他实施例中,密封件46、48、50和密封区域82的一部分可以形成在内凸缘和外凸缘68、70的每个中。

[0056] 中间密封件48与内部密封件50之间的区域形成了内部第一密封件腔室64,并且中间密封件48与外部密封件46之间的区域形成了外部第二密封件腔室66。内凸缘68配备有至少一个真空端口72以及与该外部密封件腔室66连通的压力探头76。内凸缘68也配备有至少一个真空端口74以及与该内部密封件腔室64连通的压力探头78。真空端口72用于选择性地外部密封件腔室66抽真空或排气,并且外部密封件腔室66中的压力变化可以由压力探头76感测到。类似地,真空端口74用于选择性地内部密封件腔室64抽真空或排气,并且内部密封件腔室64中的压力变化可以由真空压力探头78感测到。虽然在图3中未示出,但一个或多个真空端口和压力探头是与内部和外部真空袋60、94各自下方的区域耦接的,以便将真空袋60、94排空并且分开地感测内部和外部真空袋60、94内的真空压力。内部袋60形成了内部袋真空腔室92(图9),在该内部袋真空腔室中抽出部分真空71。外部袋94所施加的压力以及外部热压压力62补充了内部袋60对复合蒙皮成层物56施加的压紧压力。

[0057] 图7图示说明采用类似于图3所示实施例的三重密封件44的接缝24之一的替代性实施例。在这个实例中,相邻心轴节段22a、22b之间的接缝24是邻近于桁条凹槽32的中心线54形成的,在复合蒙皮38被成层在成层工具20上之前,桁条成层物(未示出)被放入凹槽中。在这个实例中,每个桁条凹槽32的一部分是沿着心轴节段22a、22b中的每一个在接缝24处形成的。

[0058] 图8图示说明了相邻心轴节段22a、22b之间的接缝24的另一个实施例。在这个实例中,心轴节段22a、22b分别具有相对的凸缘88、90,凸缘从成层表面30向内径向地延伸,从而在心轴节段22a、22b之间沿着接缝24有效地形成了密封接头。

[0059] 现在关注图9,该图中图解地图示说明了成层工具20沿着接缝24之一的部件;为简单起见已省略了隔板、通气装置以及离型膜。复合蒙皮56被成层在成层表面30上,该成层表面形成了成品部件的IML。内部真空袋60被内部袋密封件100密封到成层工具20上的箍圈34周围、并且密封到H形密封区域82的外支腿86的尖端85a上。在使用了隔板(未示出)的实施



例中,内部真空袋60可以被密封到该隔板上或隔板真空袋(未示出)上。

[0060] 外部真空袋94被外部袋密封件98密封到箍圈34而位于内部袋密封件100之外、并且密封到H形密封区域82的外支腿85的尖端86a上。密封件外支腿85、86以及密封件支腿87形成外部袋真空腔室96,该外部袋真空腔室与外部真空袋94下方的区域93连通。内部真空袋60与由内部密封件50和该H形密封区域82的外支腿86形成的内部真空袋腔室92是连通的。内部密封件腔室64是由中间密封件48、内部密封件50以及该H形密封区域82的内支腿83、84限定的。外部密封件腔室66是由外部密封件46、中间密封件48以及该H形密封区域82的内支腿83、84限定的。在热压处理该复合蒙皮成层物56的过程中,外部真空袋94的排空将外部真空袋94下拉抵靠在内部袋密封件100上并且挤压该内部袋密封件。由外部真空袋94向内部袋密封件100施加的挤压力补充了所施加的热压压力62,从而减小了空气穿过内部袋密封件100泄漏的可能性。

[0061] 内部真空袋60下方的区域80以及内部袋真空腔室92与真空端口104耦接。提供了一个或多个真空压力探头106以用于感测内部真空袋60和内部袋真空腔室92中的真空压力的变化。类似地,一个或多个真空端口74与内部密封件腔室64耦接以便选择性地将内部密封件腔室64抽真空或排气。使用一个或多个真空压力探头78来感测内部密封件腔室64中的真空压力的变化。而且,一个或多个真空端口72与外部密封件腔室66耦接以便选择性地将外部密封件腔室66抽真空或排气。使用一个或多个压力探头76来感测外部密封件腔室66中的真空压力的变化。使用另外的真空端口102来选择性地将外部袋真空腔室96抽真空或排气。

[0062] 现在参见图10,当正在组装心轴节段22时并且在将复合成层物放置在成层工具20上以进行处理之前,可以测试图1中所示的心轴节段22的正确组装以及三重密封件44和该H形密封区域82的完整性。通过在心轴组装阶段的过程中测试该三重密封件44,可以在将工具20和复合成层物加载到热压器中之前检测并且校正密封件的泄漏。为了测试该三重密封件44,将临时测试板105放置在心轴节段22之间的每条接缝24上并且通过外部密封件98和内部密封件100密封到该H形密封区域82的尖端85a、86a上。该测试板封闭了内部袋真空腔室92和外部袋真空腔室96。在内部密封件腔室64、外部密封件腔室66、内部袋真空腔室92和外部袋真空腔室96中抽真空。外部密封件46、中间密封件48或内部密封件50中的泄漏导致了内部密封件腔室64、外部密封件腔室66和/或内部袋真空腔室92内的真空压力的变化,并且真空压力的变化被对应的相关联的真空探头78、76、106检测到。

[0063] 类似地,可以针对泄漏来检测该H形密封区域82的完整性。在外部腿85具有泄漏的情况下,所造成的在外部袋真空腔室96中的真空压力变化将被真空探头107检测到。在外部腿85、87均具有泄漏的情况下,内部袋真空腔室92内的真空压力减小,并且这种真空压力的减小被真空探头106检测到。

[0064] 图11大体上图示说明了用于测试并监测被用于密封多件式的分段式工具(如分段式成层心轴20)的密封件的完整性的系统的部件。可以将复合成层物56成层在该分段式心轴20上并且用一个或多个真空袋60、94覆盖。将真空袋60、94独立地密封到该分段式心轴20上。将心轴20的节段22沿着多条接缝24通过三重密封件44密封到彼此上。将由该三重密封件44形成的气密性腔室64、66、92与真空压力探头76、78、106以及真空端口72、74、102、104耦接,如之前说明的。可以包括编程的通用计算机或PLC(可编程逻辑控制器)的一个控制器

108从真空压力探头76、78、106接收压力数据并且选择性地将真空端口72、74、102、104与真空源110或通气孔115相连接。

[0065] 再次参见图9,在已经组装心轴节段22并且已经将复合蒙皮56成层在心轴20的成层表面30上之后,将该心轴20放在热压器(未示出)中,在该热压器中施加热压压力62和热量。真空端口72、74、102、104被用来将内部密封件腔室64、外部密封件腔室66、内部真空袋腔室92和外部袋真空腔室96抽真空。在固化周期过程中,在内部袋真空腔室92中产生的真空连同热压压力62一起压紧并且固结该复合成层物56。该外部真空袋94可以向复合蒙皮成层物56增加额外的压紧压力并且还向内部袋密封件100施加压缩力。

[0066] 如果该三重密封件44正确地起作用(没有空气泄漏),则真空压力探头76、78和106显示相对低的、预选水平的真空压力,从而指示外部密封件46、中间密封件48和内部密封件50的完整性是完好的。在外部密封件46中存在泄漏的情况下,空气压力进入外部密封件腔室66中,从而导致外部密封件腔室66中的真空压力变化(减小)。这种真空压力变化被真空探头76检测到。在外部密封件46中存在泄漏的情况下,中间密封件48和内部密封件50在内部袋真空腔室92中维持所需的真空压力。

[0067] 在外部密封件46和中间密封件48均具有泄漏的情况下,空气压力进入内部密封件腔室64中但内部密封件50在内部袋真空腔室92中维持所需的真空压力。在情形下,中间密封件48中的泄漏允许空气压力进入内部密封件腔室64中。内部密封件腔室64中的真空压力减小被真空压力探头78检测到。在外部密封件46、中间密封件48和内部密封件50各自都存在泄漏的情况下,空气压力进入内部真空袋腔室92并且所导致的真空压力变化被真空探头106检测到。

[0068] 有可能在外部密封件46中无泄漏的情形下检测到中间密封件48中的泄漏。这种中间密封件48泄漏检测可以通过将内部密封件腔室64中的真空压力维持在高于外部密封件腔室66内所维持的真空压力的水平上。使用这种技术,中间密封件48中的泄漏将导致真空压力的变化,该变化被内部密封件腔室64中的真空压力探头78检测到。

[0069] 使用外部袋94与H形密封区域82的组合提供了针对密封件泄漏情况下压紧压力损失的进一步保护。该H形密封区域82以及内部和外部袋密封件98、100与外部袋94形成了双重密封件,双重密封件是独立于外部密封件46、中间密封件48和内部密封件50的。因此,在袋真空腔室92内存在真空压力损失的情况下,在外部袋真空腔室96内并且在外部真空袋94下方的区域93内仍然维持了真空压力。因此,外部真空袋94在复合蒙皮成层物56上维持了所需的压紧压力。

[0070] 图12图示说明了在热压环境中用于密封和测试心轴节段的总体步骤。在步骤112处,形成内部袋真空腔室92,该内部袋真空腔室重叠在心轴节段22的接缝24以及心轴节段22之间的内部密封件50上。在114处,在内部袋真空腔室92的相反端部上形成外部真空袋腔室96和H形密封区域82。在116处,使用该H形密封区域82、外部密封件46和中间密封件48形成外部密封件腔室66。在118,使用该中间密封件48和内部密封件50形成内部密封件腔室64。在120,检测内部密封件50、中间密封件48或外部密封件46中任何一个中的泄漏。该泄漏可能通过感测内部和外部真空袋腔室92、96内的真空压力变化来完成。

[0071] 图13图示说明了用于密封至少两个工具节段22并且测试工具节段之间的密封件完整性的替代性方法的总体步骤。在步骤122处,将内部密封件50、外部密封件46和中间密

封件48装置成分别形成第一和第二密封件腔室64、66。在124处,对第一和第二密封件腔室64、66各自施加真空。在126,通过感测第一和第二密封件腔室64、66各自之内的真空压力变化来检测该内部密封件50、外部密封件46和中间密封件48中任何一个的泄漏。

[0072] 本公开的实施例可以发现使用在各种潜在的应用中,尤其是在交通运输行业,包括例如,航空、海运、汽车应用以及必须对分段式工具(诸如用于以热压处理复合部件的工具)进行密封的其他应用。现在参考图14和15,公开的实施例可以被用于图14中所示的飞行器制造和维护方法128和图15所示的飞行器130的背景中。所公开的实施例的飞行器应用可以包含例如但不限于形成筒形机身区段的一部分的复合外壳。在预生产期间,示例性的方法128可以包含飞行器130的规格及设计132以及材料购买134。在生产过程中,进行飞行器130的组件和子配件制造136以及系统集成138。此后,飞行器130可以经历检验和交付140以便投入使用142。在由顾客使用时,飞行器130定期进行日常维修和维护144,其还可以包含改进、重新配置、翻新等等。

[0073] 方法128的每一个处理均可以由系统集成商、第三方和/或操作者(例如,顾客)来执行或完成。为了本说明书的目的,系统集成商可以包含但不限于任意数量的飞机制造商和主系统承包商;第三方可以包含但不限于任意数量的销售商、转包商和供应商;并且操作者可以是航空公司、租赁公司、军事实体、服务组织等等。

[0074] 如图15所示,由示例性方法128生产的飞机130可以包含机身146,所述机身146具有多个系统148和内部150。高级系统148的示例包含一个或更多的推进系统152、电气系统154、液压系统156和环境系统158。还可以包含任意数量的其它系统。虽然显示的是航空示例,但本公开的原理还可以应用于其它产业,例如船舶工业和汽车工业。

[0075] 本文呈现的系统和方法可在生产和维护方法128中的任何一个或更多的阶段中使用。例如,对应于生产处理136的组件或子配件可以与飞机130在使用中时生产的组件或子配件类似的方式被生产或制造。并且,一种或多个的设备实施例、方法实施例或其组合可以在生产阶段136和138中被利用,例如,通过充分加快飞机130的组装或降低飞机130的成本。同样的,一个或多个的设备实施例、方法实施例或其组合可以在飞机130投入使用时被利用,例如但不限于,在维修和维护142中使用。

[0076] 本文所使用的短语“至少一个”在与所列事项一起使用时指可以使用所列事项中一个或多个的不同组合并且可能仅需要所列事项中的一个。例如,“事项A、事项B、以及事项C中的至少一个”可以包括但不限于事项A、事项A和事项B、或事项B。该示例还可以包括事项A、事项B、以及事项C,或事项B和事项C。事项可以是具体的物体、事情或种类。也就是说,“至少一个”是指可以使用所列事项中事项的任意组合和数量,但不要求所列事项的全部。

[0077] 不同的说明性实施例的描述被提供以用于说明和描述的目的,并且不意图穷举或限制为所公开的实施例的形式。许多修改和变化对本领域的普通技术人员是显而易见的。而且,与其他说明性实施例相比较,不同的说明性实施例可以提供不同的优势。选择一个或多个实施例被选择和描述以便最好地解释实施例的原理及实际应用,并使本领域的其他普通技术人员能够理解具有适于预期的特定用途的各种改进的各种实施例的公开。

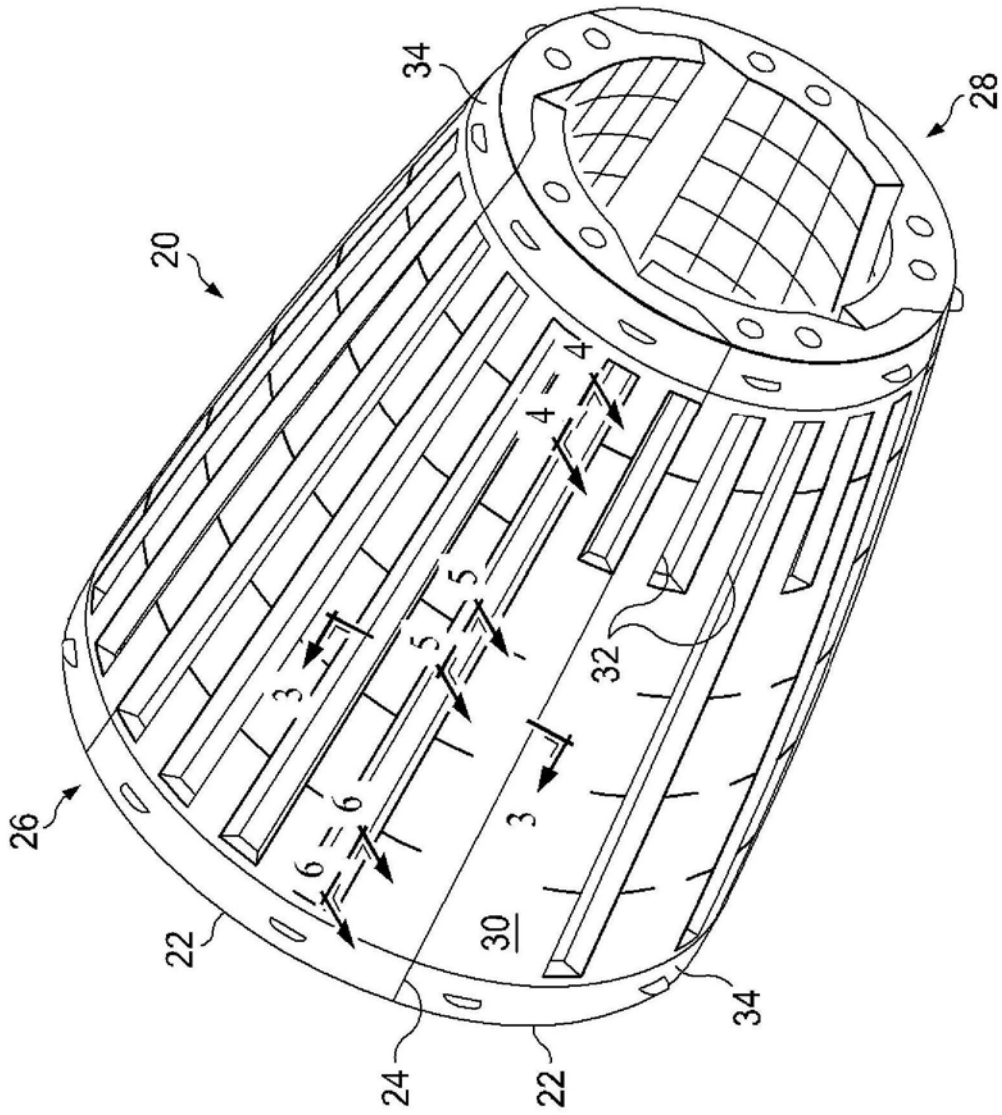


图1

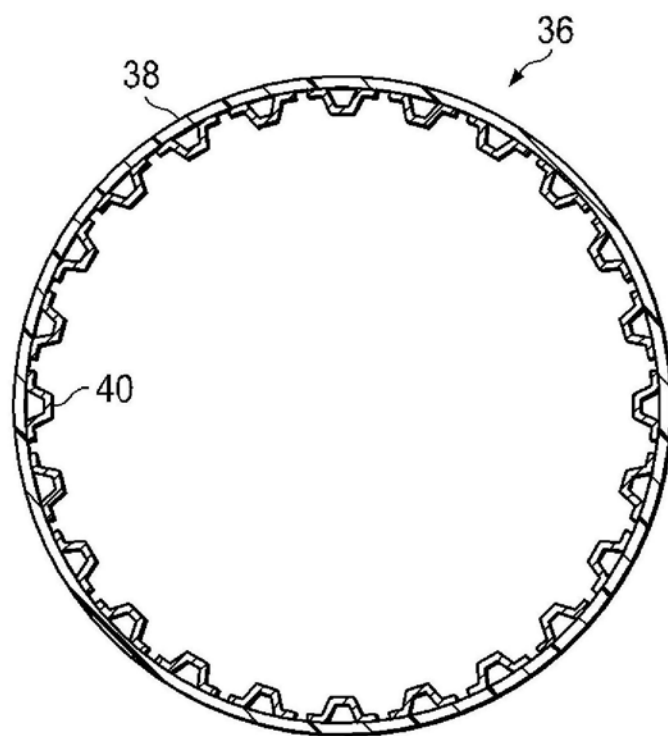


图2

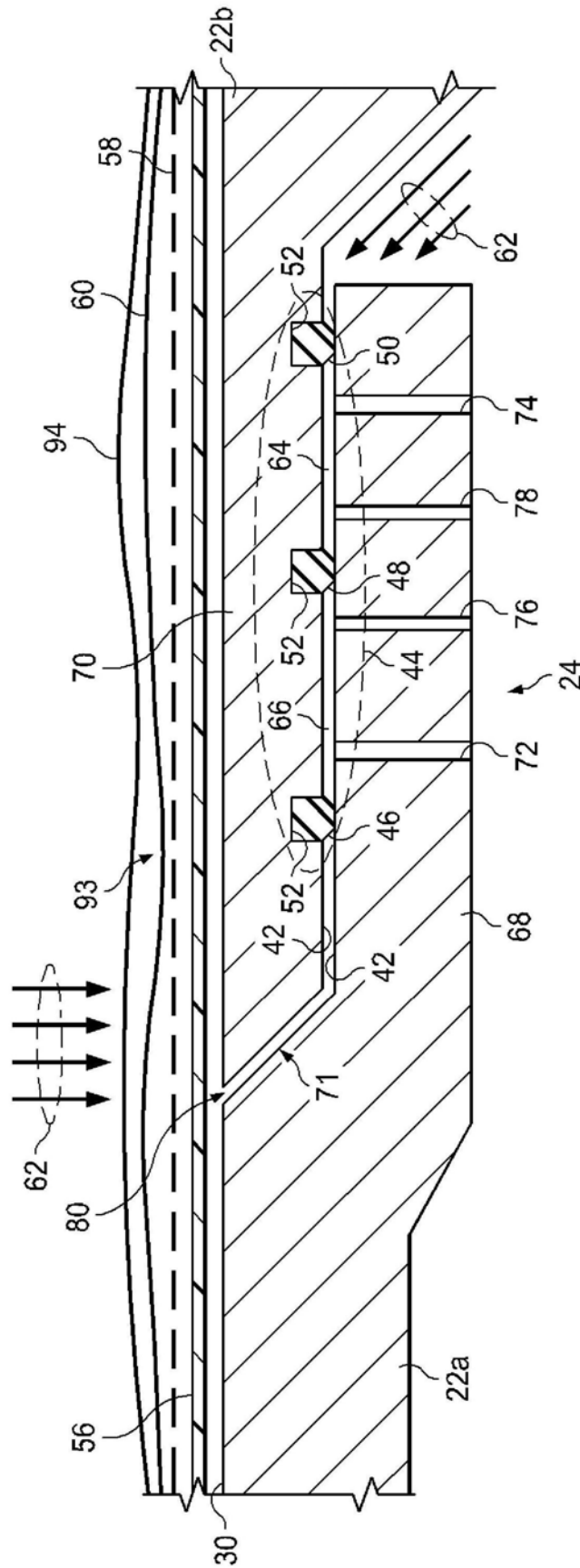


图3







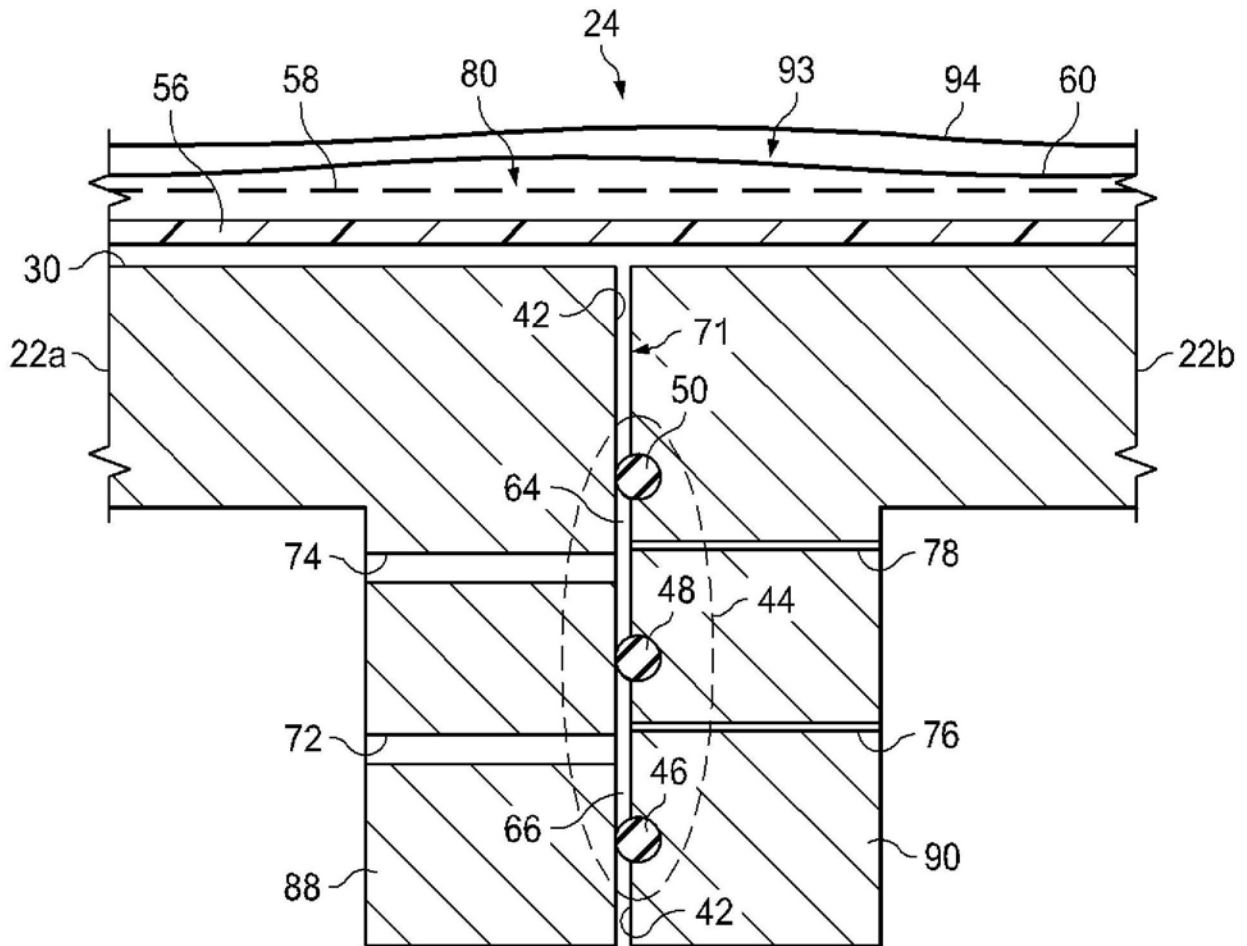


图8

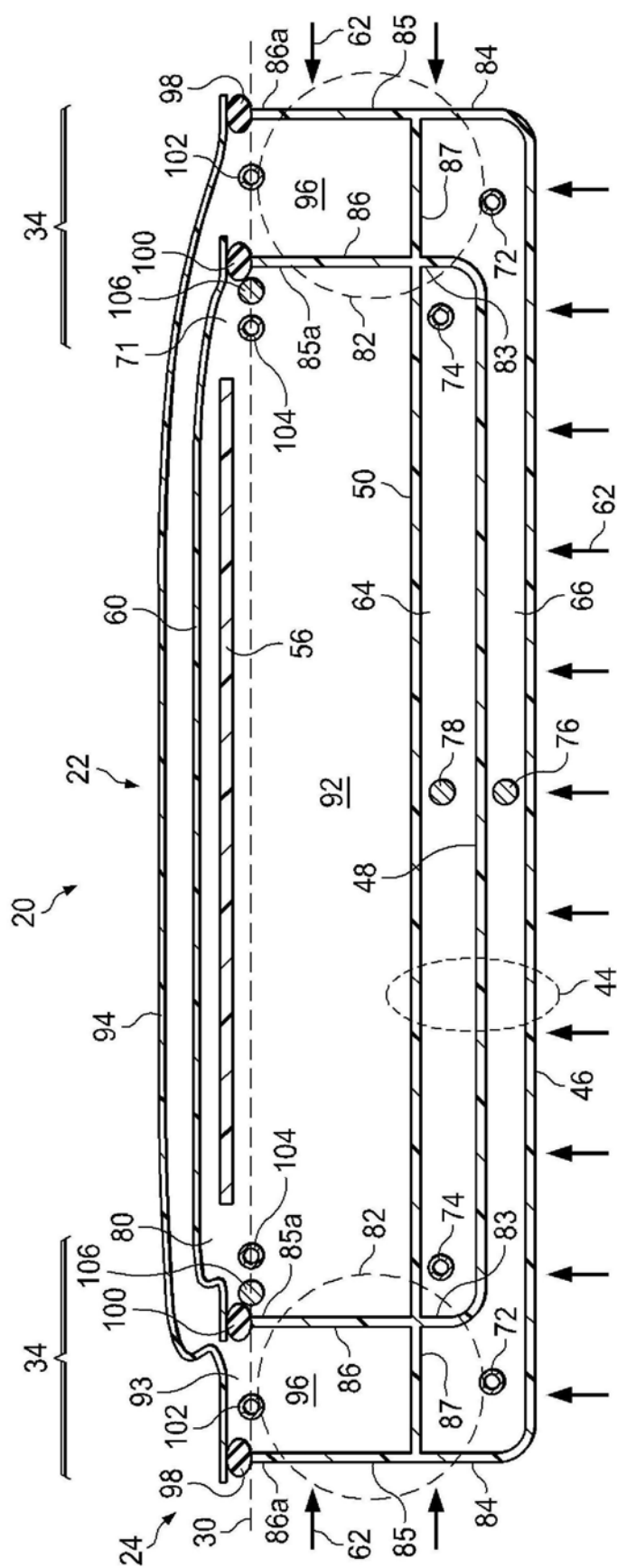


图9

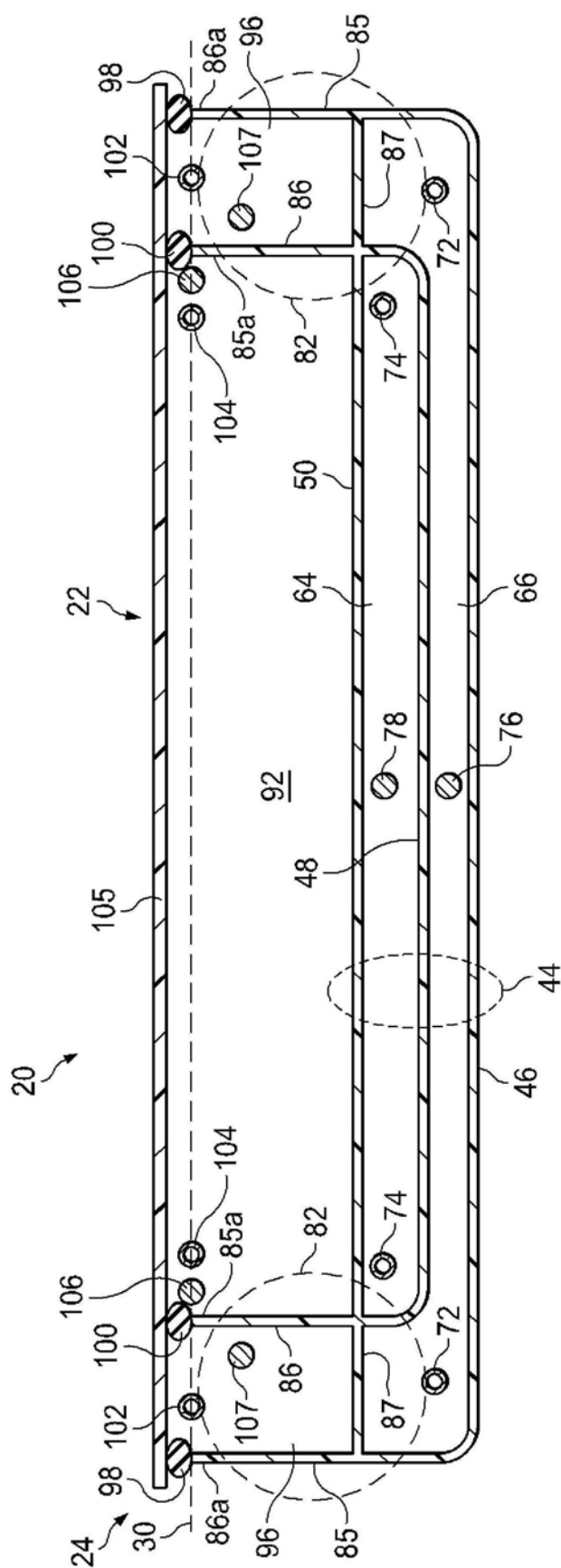


图10

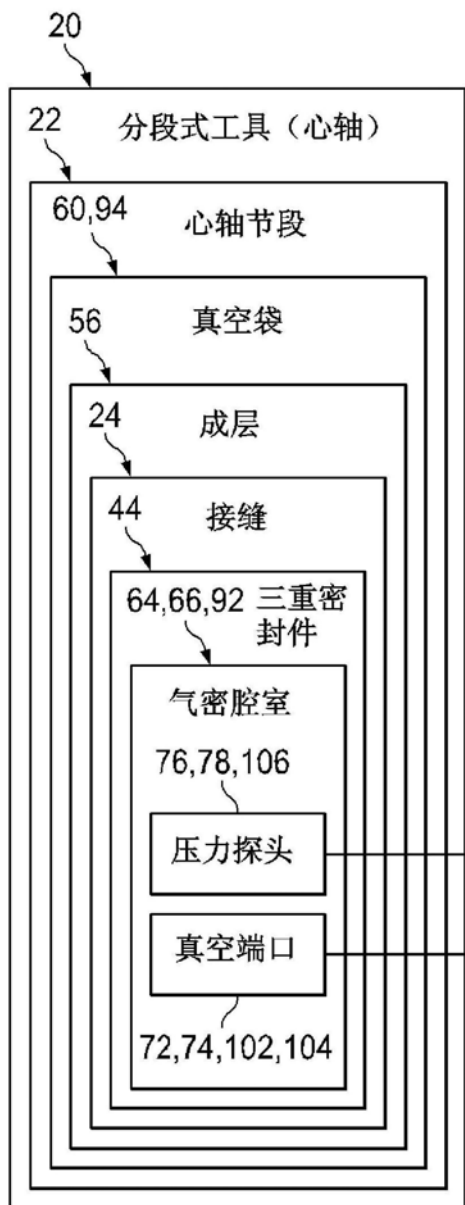


图11

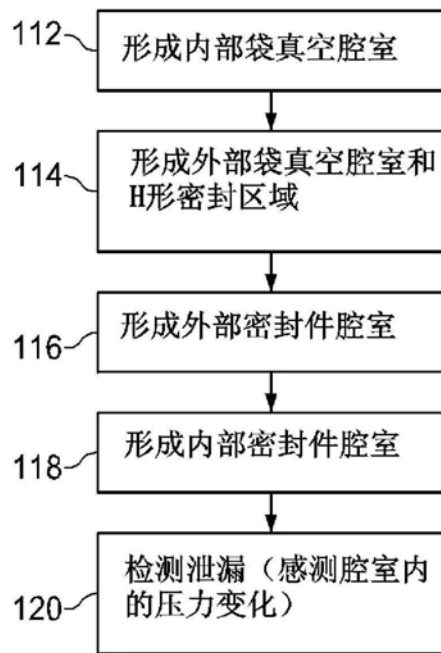


图12

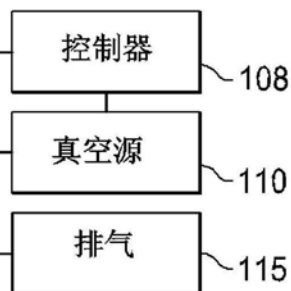
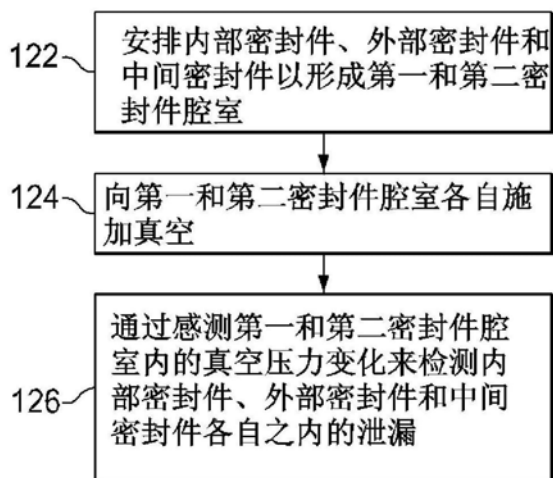


图13



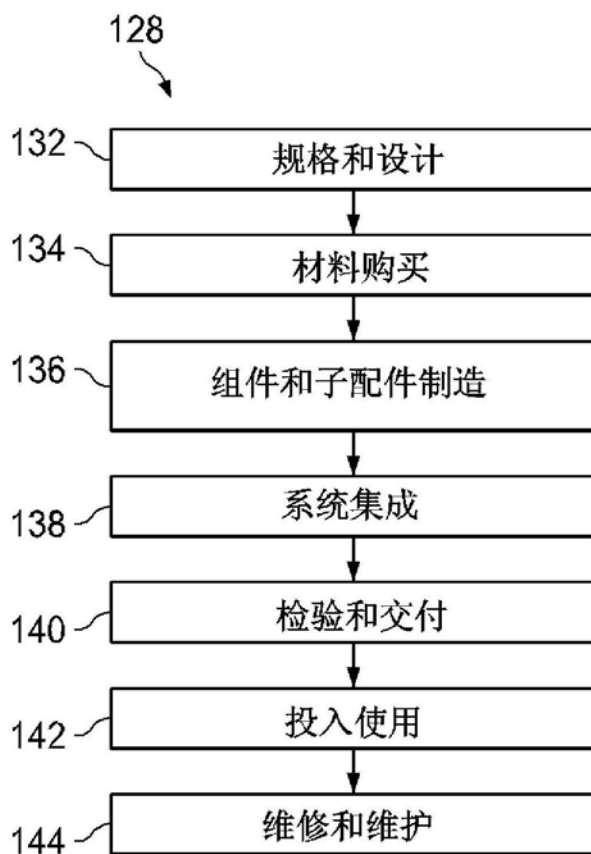


图14

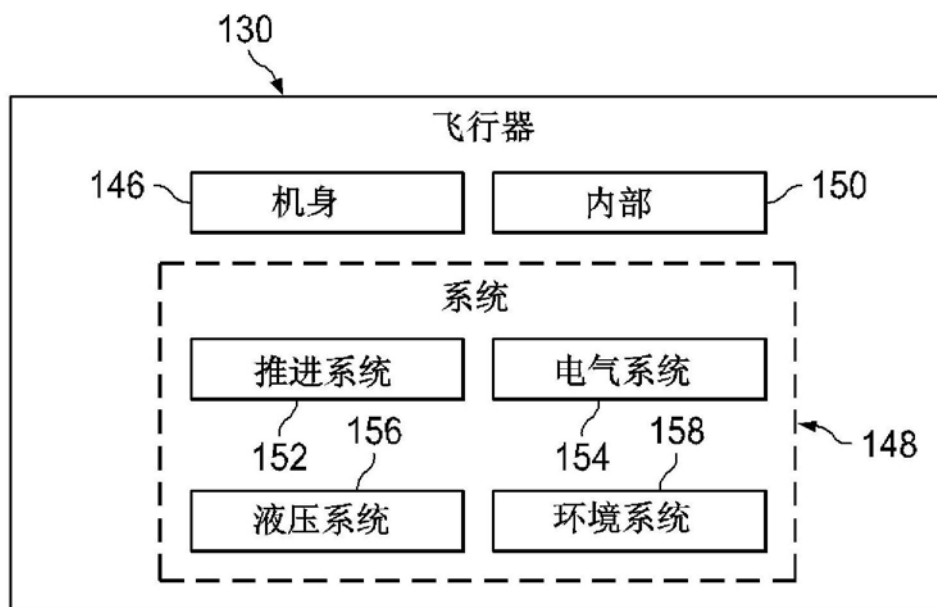


图15