



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107512014 B

(45)授权公告日 2019.11.29

(21)申请号 201710704803.9

(22)申请日 2010.11.05

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107512014 A

(43)申请公布日 2017.12.26

(30)优先权数据  
12/633,753 2009.12.08 US

(62)分案原申请数据  
201080054521.5 2010.11.05

(73)专利权人 波音公司  
地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 M·W·伊文斯 M·N·沃特森  
M·H·瓦尔加斯

(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 赵志刚 赵蓉民

(51)Int.Cl.  
B29C 73/10(2006.01)  
B29C 73/26(2006.01)

(56)对比文件  
US 6031212 A, 2000.02.29,  
US 2001050032 A1, 2001.12.13,  
US 4221962 A, 1980.09.09,  
GB 2213596 A, 1989.08.16,  
US 2007095457 A1, 2007.05.03,  
US 2010024958 A1, 2010.02.04,  
US 4622091 A, 1986.11.11,

审查员 武敏

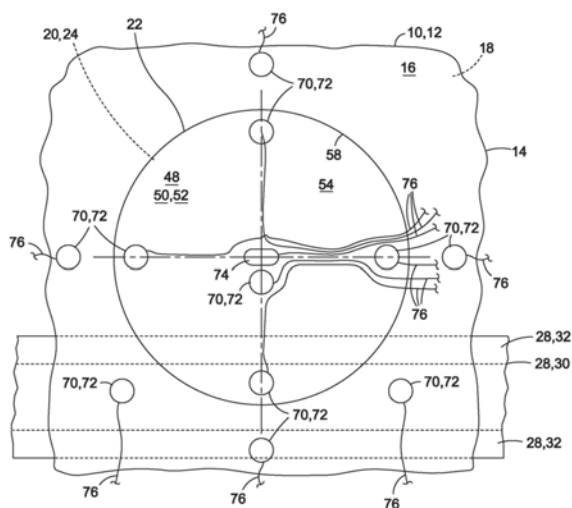
权利要求书2页 说明书14页 附图11页

### (54)发明名称

用于复合修复过程的代用补片

### (57)摘要

一种用于结构的返修区域的代用补片组装件,其包括代用补片主体,该代用补片主体由用于从返修区域吸取湿气的材料形成。补片组装件可包括安装至代用补片主体的传感器。传感器可包含热传感器以用于感测返修区域和代用补片主体的温度。传感器可包含湿气传感器以用于感测吸至代用补片主体内的湿气。



1. 一种用于结构(10)的返修区域的代用补片组装件(50),其包含:  
代用补片主体(52),其由用于从所述返修区域吸取湿气的材料形成,其中所述材料是羊毛、棉、丝、麻、聚酯、尼龙、丙烯酸树脂、毡或其任意组合;以及  
至少一个传感器(70,74),其被安装到所述代用补片主体(52)并且被配置成下列之一:  
热传感器(70),其用于感测所述返修区域和所述代用补片主体(52)中的至少一个的温度;以及  
湿气传感器(74),其用于感测所述代用补片主体(52)内的湿气。
2. 根据权利要求1所述的代用补片组装件,其中:  
所述湿气传感器(74)包含湿气检测带和电化学阻抗谱传感器即EIS传感器中的至少一个。
3. 根据权利要求1所述的代用补片组装件,其中:  
所述代用补片主体(52)包括具有安装在其上的多个湿气传感器(74)的顶表面。
4. 根据权利要求1所述的代用补片组装件,其中:  
所述代用补片主体(52)具有顶表面和底表面,所述传感器(70,74)中的至少一个被安装至下列位置之一中:所述顶表面、所述底表面、在所述顶表面和所述底表面之间被嵌入所述代用补片主体(52)内。
5. 根据权利要求1所述的代用补片组装件,其中:  
所述代用补片主体(52)包含多个层;  
所述传感器(70,74)中的至少一个被插入到一对所述层之间。
6. 根据权利要求1所述的代用补片组装件,其中:  
所述返修区域被配置成接收补片;  
所述代用补片主体(52)具有基本相等于所述补片的比热容和导热性中的至少一个的比热容和导热性。
7. 一种使用在返修区域内可接收的补片来修复结构(10)的代用补片系统(48),所述系统包含:  
代用补片组装件(50),其包括:由用于从所述返修区域吸取湿气的材料形成的代用补片主体(52)以及被安装到所述代用补片主体(52)的至少一个传感器(70,74),并且所述至少一个传感器(70,74)被配置成下列之一:热传感器(70),其用于感测所述返修区域和所述代用补片主体(52)中的至少一个的温度;和湿气传感器(74),其用于感测所述代用补片主体(52)内的湿气;  
所述代用补片主体(52),其由具有与所述补片的热性质基本相似的热性质的非复合材料形成,所述热性质包含比热容和导热性中的至少一个,其中所述材料是羊毛、棉、丝、麻、聚酯、尼龙、丙烯酸树脂、毡或其任意组合;  
至少一个热传感器(70),其被安装在所述代用补片主体(52)上以用于感测所述代用补片主体(52)的温度;以及  
至少一个热传感器(40),其被安装在所述返修区域上以用于感测所述返修区域的温度。
8. 根据权利要求7所述的代用补片系统,其中:  
所述代用补片主体(52)由用于从所述返修区域抽取湿气的材料形成。

9. 根据权利要求7所述的代用补片系统,其中:  
所述代用补片主体(52)包括安装在其上的多个湿气传感器(74)。
10. 根据权利要求9所述的代用补片系统,其中:  
所述代用补片主体(52)包含多个层;  
所述热传感器(70)和所述湿气传感器(74)中的至少一个被插入到一对所述层之间。
11. 根据权利要求7所述的代用补片系统,其中所述结构(10)包括上表面(16)和下表面(18),以及具有安装在所述下表面(18)上、邻近所述返修区域的至少一个散热件(28),所述系统还包含:  
被安装在所述上表面(16)上、与所述下表面(18)上的所述散热件(28)的位置相反的至少一个热传感器(70)。
12. 一种修复具有上表面(16)和下表面(18)的复合结构(10)的方法,其包含以下步骤:  
形成代用补片主体(52),所述代用补片主体的材料用于从所述复合结构(10)的返修区域吸取湿气,其中所述材料是羊毛、棉、丝、麻、聚酯、尼龙、丙烯酸树脂、毡或其任意组合;  
在所述代用补片主体(52)上安装至少一个传感器(70,74);  
在所述返修区域内安置所述代用补片主体(52);以及  
执行以下项中的至少一项:  
实施所述返修区域的热勘测;  
从所述返修区域去除湿气。
13. 根据权利要求12所述的方法,其还包含以下步骤:  
在所述返修区域内安装至少一个热传感器(70)。
14. 根据权利要求12所述的方法,其中在所述返修区域内安装至少一个传感器的步骤包含:  
在所述代用补片主体(52)上安装至少一个热传感器(70)以用于感测所述返修区域和所述代用补片主体(52)中的至少一个的温度;以及  
在所述代用补片主体(52)上安装至少一个湿气传感器(74)以用于感测从所述返修区域吸取的湿气。
15. 根据权利要求12所述的方法,其还包含以下步骤:  
使用包装膜(116)将所述代用补片主体(52)真空包装至所述上表面(16);以及  
在所述包装膜(116)上抽真空。

## 用于复合修复过程的代用补片

[0001] 本申请是申请日为2010年11月5日、发明名称为“用于复合修复过程的代用补片”的中国专利申请201080054521.5 (PCT/US2010/055684) 的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明一般涉及结构修复,更具体地,涉及在准备复合结构修复中执行的操作。

### 背景技术

[0003] 在广泛应用中越来越多地使用复合材料。例如,由于复合材料良好的机械性能,商用飞行器将越来越大量的复合材料集合到主要和次要结构中。如此良好的性能可以转化为重量的减轻,同时增加净载荷能力和燃料效率。另外,与由金属构造形成的飞行器相比较,复合材料可为飞行器提供延长的使用寿命。

[0004] 为去除不一致性,偶尔需要在复合结构上返修。不一致性可包含复合结构中的裂缝、剥离、空隙、凹痕、多孔性或其他不一致性。当不一致性处于理想公差之外时,需要返修该不一致性。不一致性的去除可能需要通过去除复合结构中包含不一致性的部分并使用补片替换被去除的材料,从而返修复合结构中包含不一致性的区域。补片可以被形成复合材料板层的堆叠,该复合材料可以与形成复合结构的材料类型相同或不同。补片内的复合板层的堆叠顺序和纤维取向可对应于组成复合材料的板层的堆叠顺序和纤维取向。

[0005] 在由堆叠板层组装成补片后,通常,借助胶合剂将补片粘合至返修区域,其中该胶合剂被安置在补片和返修区域间的粘合线处。通常,例如借助加热垫和真空袋,将热和压力施加至补片。加热垫被用于将粘合线升高至适当的胶合剂固化温度。真空袋可被用于巩固/压实(consolidate)补片。在固化过程中,为了完全固化胶合剂,可在预定时段保持粘合线处于相对狭窄的温度范围内。此外,粘合线的整个区域可被保持在粘合线上基本没有变化的温度范围内。

[0006] 在将补片粘合至返修区域之前,需要对返修区域进行热勘测。热勘测可被要求用于识别通过加热垫对返修区域的非均匀加热的位置。可充当将热从返修区域的局部部分吸走热量的散热件的相邻结构会导致粘合线的差异化加热,从而可造成非均匀加热。就此而言,热勘测可提供用于识别返修区域内的热点和冷点的手段,以便通过为复合结构添加临时绝缘(temporary insulation),和/或通过调整来自加热垫的热,直到温度处于所需范围内,从而能够做出调整。

[0007] 传统热勘测过程需要组装代用补片,该补片是要被永久粘合至复合结构的补片的副本(duplicate)。就此而言,传统的代用补片是由与最终补片相同类型的复合材料形成并且具有与最终补片相同数量的板层。传统的代用补片的构造是耗费时间的并且劳动密集的过程,其通常需要手工切割多个复合板层,且其中对于每一个要被替换的返修区域板层,每个复合板层具有独特的尺寸和形状。热勘测后,传统的代用补片通常在使用一次后被丢弃。

[0008] 除热勘测之外,还可能需要湿气去除过程以用于从返修区域去除多余的湿气,以便通过减少粘合线内多孔性的可能来改善补片和返修区域之间的最终粘合。传统的湿气去

除过程包含干燥循环,并且在已被使用了一定时间段的复合结构上以及/或者当在修复过程中使用某些胶合剂时需要这种湿气去除过程。

[0009] 遗憾地是通常传统的干燥循环需要多于24小时的时间去完成,而这超出了现场(例如在服役的飞行器上)执行返修操作可用的时间量。此外,将热勘测和干燥循环作为两个分开过程执行的传统做法将导致在复合结构上施加两次加热循环,这将影响使用寿命。更进一步,传统热勘测需要制造传统代用补片的劳动密集且消耗时间的制作过程,且之后在使用一次后将丢弃该代用补片。就此而言,根据使用的材料量和类型,用于形成复合代用补片的材料是相对昂贵的。

[0010] 可以看出,本领域需要用于执行热勘测的系统和方法,且该系统和方法省去制作最终补片副本的需要。此外,本领域需要用于在复合结构上的返修区域上执行湿气去除过程的系统和方法,且该系统和方法避免了在复合结构上施加额外的加热循环。

## 发明内容

[0011] 通过提供省去对最终补片副本的需要的代用补片组装件,满足了上述指出的有关复合结构返修区域的热勘测和湿气去除的需要。通过包括由从返修区域吸水的材料形成的代用补片主体,代用补片组装件可以有助于结构的返修。代用补片主体可包括至少一个安装至代用补片主体的传感器。传感器可被配置用作热传感器,以用于感测至少返修区域和/或代用补片主体的温度。传感器还可被配置用作湿气传感器以用于感测已通过代用补片主体的材料从返修区域吸取的湿气。

[0012] 在进一步的实施例中,公开了用于复合结构返修区域的代用补片组装件,其中代用补片组装件包含具有顶表面和底表面并且限定了基本均匀厚度的代用补片主体。代用补片主体可由用于从返修区域吸水的毡形成。毡可具有近似0.01到1.0W/mK的导热性和近似600到1100J/(kgK)的比热容。代用补片组装件可包括多个安装至代用补片主体的热传感器,其用于感测返修区域和代用补片主体的温度。至少一个热传感器可被嵌入顶表面和底表面之间的代用补片主体内。多个湿气传感器可被安装至代用补片主体的顶表面上,用于感测从返修区域吸收的湿气。

[0013] 同样公开了借助可接收在返修区域内的补片来修复结构的代用补片组装件。代用补片系统可包含形成代用补片主体,且该代用补片主体的非复合材料具有与补片的热性质基本类似的热性质。热性质可包含比热容和/或导热性。代用补片系统可包括至少一个安装至代用补片主体的热传感器,以用于感测其温度。代用补片系统可包括至少一个湿气传感器以用于感测从返修区域吸取的湿气。另外,代用补片系统可包括至少一个安装至返修区域的热传感器以用于感测其温度。

[0014] 另外,公开了修复具有上表面和下表面的复合结构的方法。该方法可包含形成代用补片主体的步骤,且其中该代用补片主体的材料从复合结构的返修区域吸取湿气。该方法可包括在代用补片主体上安装至少一个传感器,以及在返修区域内安装至少一个热传感器。可在返修区域内安置代用补片主体。方法可包括执行返修区域的热勘测和/或将返修区域的湿气去除到代用补片主体内的至少一个。

[0015] 在进一步实施例中,公开了修复具有上表面和下表面的复合结构的方法。该方法可包含形成代用补片主体的步骤,且其中该代用补片主体的材料从复合结构的返修区域吸

取湿气。该材料可具有基本相似于补片的比热容和导热性的比热容和导热性。方法还可还包括在代用补片主体上安装热传感器以用于感测返修区域和代用补片主体中至少一个的温度。方法还包括在代用补片主体上安装湿气传感器以用于感测从返修区域吸取的湿气。热传感器还可被安装在复合结构的上表面上相反于下表面上的散热件的位置。可在返修区域的底部中心和/或斜面上安装热传感器。

[0016] 方法还可包括使用隔离膜覆盖返修区域,以及在隔离膜之上返修区域内安置代用补片主体。方法还包括使用多孔隔离膜和透气层覆盖代用补片主体、在透气层之上安置加热垫以及在加热垫之上安置透气层。可使用包装膜 (bagging film) 将代用补片主体和加热垫真空袋装至结构的上表面。可加热返修区域,并且在包装膜上抽真空。方法可包括执行返修区域的热勘测和/或从返修区域去除湿气中的至少一个。

[0017] 一种用于结构的返修区域的代用补片组装件的实施例,其包含:

[0018] 代用补片主体,其由用于从所述返修区域吸取湿气的材料形成;以及

[0019] 至少一个传感器,其安装至所述代用补片主体并且被配置成下列之一:

[0020] 热传感器,其用于感测所述返修区域和所述代用补片主体中至少一个的温度;以及

[0021] 湿气传感器,其用于感测所述代用补片主体内的湿气。

[0022] 一种代用补片组装件的实施例,其中所述湿气传感器包含湿气检测带 (moisture detection strip) 和电化学阻抗谱 (EIS) 传感器中至少一个。

[0023] 一种代用补片组装件的实施例,其中所述代用补片主体包括具有在其上安装多个湿气传感器的顶表面。

[0024] 一种代用补片组装件的实施例,其中所述代用补片主体具有顶表面和底表面,至少一个所述传感器被安装至下列位置之一:所述顶表面、所述底表面、被嵌入在所述顶表面和底表面之间的所述代用补片主体内。

[0025] 一种代用补片组装件的实施例,其中所述代用补片主体包含多层;在一对所述层之间插入至少一个所述传感器。

[0026] 一种代用补片组装件的实施例,其中所述材料包含天然和合成材料之一,其中该材料包括下述至少之一:羊毛、棉、丝、麻、聚酯、尼龙、丙烯酸树脂。

[0027] 一种代用补片组装件的实施例,其中所述材料包括毡。

[0028] 一种代用补片组装件的实施例,其中所述代用补片主体三维上具有顺应性,以便所述代用补片主体顺应/相符于所述返修区域。

[0029] 一种代用补片组装件的实施例,其中所述返修区域经配置接收补片;所述代用补片主体具有基本相等于所述补片的比热容和导热性中至少一个的比热容和导热性。

[0030] 一种代用补片组装件的实施例,其中所述代用补片组装件是由具有导热性范围从近似0.01W/mK到近似1.0W/mK的材料形成。

[0031] 一种代用补片组装件的实施例,其中所述代用补片组装件是由具有比热容范围从近似600J/(kgK)到近似1100J/(kgK)的材料形成。

[0032] 一种用于复合结构的返修区域的代用补片组装件的另一实施例,其包含:代用补片主体,其具有顶表面和底表面并且限定了基本均匀厚度,所述代用补片主体由用于从所述返修区域吸水的毡形成,所述毡具有近似0.01到1.0W/mK的导热性和近似600到1100J/

(kgK)的比热容;多个热传感器,其安装至所述代用补片主体以用于感测所述返修区域和所述代用补片主体的温度,至少一个所述热传感器被嵌入所述顶表面和底表面之间的所述代用补片主体内;以及多个湿气传感器,其可被安装至所述代用补片主体的所述顶表面上以用于感测从所述返修区域吸取的湿气。

[0033] 一种借助可接收在返修区域内的补片来修复结构的代用补片系统的实施例,所述系统包含代用补片主体,其由具有与所述补片的热性质基本类似的热性质的非复合材料形成,所述热性质包含比热容和/或导热性中的至少一个;至少一个安装在所述代用补片主体上的热传感器,其用于感测所述代用补片主体的温度;以及至少一个安装在所述返修区域上的热传感器,其用于感测所述返修区域的温度。

[0034] 一种代用补片系统的实施例,其中所述代用补片主体具有下列热性质中至少一个:

[0035] 范围从近似0.01W/mK到近似1.0W/mK的导热性;

[0036] 范围从近似600J/(kgK)到近似1100J/(kgK)的比热容。

[0037] 一种代用补片系统的实施例,其中所述代用补片主体由用于从所述返修区域吸水的材料形成。

[0038] 一种代用补片系统的实施例,其中所述代用补片主体包括多个安装在其上的湿气传感器。

[0039] 一种代用补片系统的实施例,其中所述代用补片主体包含多层;在一对所述层之间插入所述热传感器和湿气传感器中至少一个。

[0040] 一种代用补片系统的实施例,其中所述结构包括上表面和下表面,并且具有安装在下表面上邻近所述返修区域的至少一个散热件,所述系统还包含:至少一个热传感器,其安装在所述上表面上与所述散热件在所述下表面上的位置相反。

[0041] 一种修复具有上表面和下表面的复合结构的方法的实施例,其包含步骤:

[0042] 形成代用补片主体,且该代用补片主体的材料从所述复合结构的返修区域吸取湿气;

[0043] 在所述代用补片主体上安装至少一个传感器;

[0044] 在所述返修区域内安置所述代用补片主体;以及

[0045] 执行下列中的至少一个:

[0046] 实施所述返修区域的热勘测;

[0047] 从所述返修区域去除湿气。

[0048] 修复复合结构的方法的实施例,还包含步骤:在所述返修区域内安装至少一个热传感器。

[0049] 修复复合结构的方法的实施例,还包含下列步骤中的至少一个:形成具有导热性范围从近似0.01W/mK到近似1.0W/mK的所述代用补片主体;形成具有比热容范围从近似600J/(kgK)到近似1100J/(kgK)的所述代用补片主体。

[0050] 修复复合结构的方法的实施例,还包含步骤由毡形成所述代用补片主体。

[0051] 修复复合结构的方法的实施例,其中在所述返修区域内安装至少一个传感器的步骤包含:在所述代用补片主体上安装至少一个热传感器以用于感测所述返修区域和所述代用补片主体中至少一个的温度;以及在所述代用补片主体上安装至少一个湿气传感器以用

于感测从所述返修区域吸取的湿气。

[0052] 修复复合结构的方法的实施例,还包含步骤:使用包装膜将所述代用补片主体真空包装至所述上表面;以及在所述包装膜上抽真空。

[0053] 修复复合结构的方法的实施例,还包含步骤:加热所述返修区域。

[0054] 一种修复由多个板层构成的复合结构的方法的另一实施例,所述结构具有上表面和下表面,所述上表面包括用于接收补片的返修区域,所述下表面具有设置在其上的至少一个散热件,所述方法包含步骤:形成代用补片主体,其中该代用补片主体的材料从所述返修区域吸取湿气,所述代用补片主体具有基本相似于所述补片的比热容和导热性的比热容和导热性;在所述代用补片主体上安装热传感器以用于感测所述返修区域和所述代用补片主体中至少一个的温度;在所述代用补片主体上安装湿气传感器以用于感测从所述返修区域吸取的湿气;在所述复合结构的所述上表面上与所述散热件在所述下表面上的位置相反地安装热传感器;在所述返修区域的底部中心和斜面中的至少一个中安装热传感器;

[0055] 已讨论的特征、作用和优势能够在本发明的不同实施例中独立实现或在其他实施例中组合实现,参考下列描述和附图可理解本发明的进一步细节。

## 附图说明

[0056] 参考附图,本发明的这些和其他特征变得更加清晰,其中贯穿附图,相同的附图标记都涉及相同部分,并且附图中:

[0057] 图1示出具有形成于其内的返修区域的复合结构的一部分的透视图;

[0058] 图2示出具有真空袋组装件和加热垫的复合结构的俯视图,其中真空袋组装件和加热垫被安置到被安装在返修区域内的补片之上;

[0059] 图3示出沿图2中线3-3截取的安装至复合结构的真空袋组装件的截面图,并且其示出包含纵梁的散热件,其中该纵梁位于复合结构的下表面上相反于返修区域的一部分;

[0060] 图4示出代用补片系统的分解截面图,其包含被形成为被布置于堆叠构造中的多层的代用补片主体;

[0061] 图5示出被形成为单一结构的代用补片主体的分解截面图;

[0062] 图6示出按图5中的线6-6截取的代用补片组装件的俯视图,并且其示出多个被安装至代用补片主体和复合结构的热传感器和湿气传感器;

[0063] 图7示出可被安置在代用补片组装件之上用于实施返修区域热勘测的真空袋组装件的分解截面图,其中。

[0064] 图8示出在湿气去除过程中施加真空的情况下被安装在返修区域内的代用补片组装件实施例的截面图;

[0065] 图9示出代用补片系统的方框图;

[0066] 图10示出用于修复复合结构的方法的流程图;

[0067] 图11示出飞行器生产和服役方法的流程图;以及

[0068] 图12示出飞行器的方框图。

## 具体实施方式

[0069] 现在参考附图,其中附图仅为了说明本发明的优选和不同实施例,而不是为了限



制实施例,图1示出的是复合结构10的透视图,且可以使用如图4-9所述的代用补片组装件在该复合结构10上实施修复过程。更具体地,准备返修区域20可包括热勘测和/或湿气去除过程,这可以采用在此描述的并且在相对短时段内由低成本的材料制成的代用补片组装件50(图4-9),以下将更加详细地描述。

[0070] 在图1-2中,复合结构10可包括由复合材料板层12形成的蒙皮14,其中蒙皮14可具有上表面16和下表面18。复合结构10可包括形成于蒙皮14内的返修区域20,并且准备过程中复合材料可从该返修区域20被去除以用于接收补片40。如图3所示,虽然返修区域20可形成于下表面18内且/或可延伸穿过蒙皮14的厚度,不过返修区域20还可形成于上表面16内并且可至少部分延伸穿过蒙皮14。各散热件28可被安装至下表面18相反于返修区域20,该散热件28例如是但不限于在修复过程中可将热从返修区域20吸走热量的纵梁、加强件和翼梁。

[0071] 例如,图2-3示出纵梁30,其被安装至下表面18并且具有沿返修区域20右侧的一部分延伸的凸缘32,并且该纵梁30可从返修区域20吸走热。另外,返修区域20的剩余部分缺少可从返修区域20处吸走热的任意结构。就此而言,热勘测有助于识别在补片40和返修区域20之间的粘合线46(图3)中相对于粘合线的其他区域需要更大量的热输入的位置。热勘测还有助于识别返修区域20中需要将暂时与复合结构10隔离以便获得遍布粘合线46(图3)的基本温度均匀性的位置。

[0072] 图2-3示出的是在最终修复过程期间或在热勘测和/或湿气去除过程的预修复操作期间使用的真空袋组装件100。真空袋组装件100可包含加热垫104或其他加热器械。加热垫104可包括耦合至电源(未示出)的布线106以用于在热勘测或湿气去除过程中将返修区域20加热至理想温度。真空袋组装件100可包括覆盖加热垫104的包装膜116,并且可以借助于密封胶带122被密封至复合结构10的上表面16。真空探头118可以延伸自包装膜116,从而提供用于从返修区域20排出挥发物、空气和/或气体的器件。

[0073] 如图3所示,真空袋组装件100可以包含位于无孔隔离膜108(例如,剥离层板)之上的垫板(caul plate)102,从而有助于向补片40均匀施加压力。隔离膜可防止垫板102粘着至恰好位于垫板102下方的垫片。依次,隔离膜可被置于多孔排放层(bleeder layer)112之上,其中该排放层112可被放置多孔隔离膜110之上从而在将补片40粘合至复合结构10的过程中有助于挥发物逸出。补片40可以被接收在返修区域20内并且可以包括形成于补片边缘42上的斜面44,并且该斜面44基本匹配返修区域20的返修锥角 $\theta_{\text{返修区域}}$ 处形成的斜面24。代用补片主体52可以包括与复合结构10的板层12对应的多个板层。

[0074] 参考图4,示出的是代用补片组装件50,在将补片最终粘合至返修区域20之前该代用补片组装件50可被用于实施对返修区域20的热勘测和/或从返修区域20去除湿气。如图4中能够看到的,代用补片组装件50可包含代用补片主体52,其可由用于从返修区域20吸取湿气的材料形成。该材料可包含包括天然和/或合成材料的非复合材料,例如但不限于羊毛、棉、丝、麻、聚酯、尼龙和丙烯酸树脂以及任何其他材料或其组合。然而,还应想到代用补片主体的实施例可以包括复合材料,例如但不限于纤维增强的聚合材料。

[0075] 代用补片组装件50还可以包括一个或更多个传感器,例如热传感器70,其可以被安装至代用补片主体52以用于在热勘测期间感测返修区域20的温度。传感器还可以包括湿气传感器74,其可以用于在湿气去除过程期间感测从返修区域20被吸至代用补片主体52内

的湿气。热传感器70可以包括任何适合的温度测量仪器,其包括但不限于热电偶72和用于感测返修区域20和/或代用补片主体52温度的任何其他适合的元件。

[0076] 如上述指出的,代用补片组装件50的代用补片主体52优选地由如下材料形成,即该材料具有相似于形成最终补片40(图3)的复合材料的热性质。就此而言,代用补片主体52优选地由具有如下比热容和/或导热性的材料形成,即该比热容和/或导热性基本相等补片的比热容和导热性。在修复过程中,为了模拟热流动的方向,优选地按横向平面外方向(the transverse out-of-plane direction)测量补片的导热性。

[0077] 在实施例中,可由环氧预浸渍碳纤维(epoxy pre-impregnated carbon fiber)带和/或织物来制造补片40(图3)。不过,形成补片的复合材料还可以包含任何适合的预浸渍或湿法叠层复合材料,并且不限制于在此描述的材料。复合材料的比热容、导热性和其他热性质优选地是在完全固化和处于特定或某纤维体积分含量和密度时复合材料所呈现的那些性质。对于上述具有纤维体积分含量为0.56且密度为5.46E-21b/in<sup>3</sup>的环氧预浸渍碳纤维带材料,热性质可包含范围从近似0.01W/mK到近似1.0W/mK的导热性,其中该性质测量于近似20°C(即室温)的温度T<sub>0</sub>。

[0078] 就此而言,代用补片主体52可由如下材料形成,即该材料具有相似于上述范围从0.01W/mK到近似1.0W/mK的导热性。在实施例中,代用补片主体52的导热性可以近似为0.04W/mK。然而,代用补片主体52也可以由具有与形成补片40(图3)的材料的导热性互补或基本等同的任何导热性的材料形成。有利地,通过使用具有与补片的复合材料的导热性基本相似的导热性的材料来形成代用补片主体52,则可以在不需要如上所述制造单个切割复合层板构成的传统代用补片的情况下基本复制补片的加热特征。就此而言,能够显著减少通常与传统代用复合补片相关的花费和时间。

[0079] 代用补片主体52可由如下材料形成,即该材料具有优选在可以形成补片40(图3)的复合材料的比热容范围内的比热容。例如,代用补片主体52可以由具有范围从近似600J/(kgK)到近似1100J/(kgK)并且优选地近似830J/(kgK)的比热容的材料形成,其中所述比热容测量于近似273K(即室温)的温度T<sub>0</sub>。如上表明,这样的比热容和导热性代表可以形成补片的环氧预浸渍碳纤维带和/或织物的比热容和导热性,并且其不应理解为代用补片组装件50的可替代性热性质。

[0080] 仍参考图4,在实施例中,代用补片主体52的材料可由天然或合成材料或其任何组合形成。例如,可以形成代用补片主体52的材料可以包括羊毛、棉、丝、麻、聚酯、尼龙、丙烯酸树脂或可以基本复制形成最终补片的材料的热性质(即比热容和导热性)的任何其他适当材料。在一个实施例中,材料可以包括可以由粘合纤维构成的无纺材料或包括织物。例如,由于毡的良好芯吸性能(wicking property)和良好绝热性能,所以可由毡来形成代用补片主体52。毡的芯吸性能是使得可以因为毡材料的毛细管作用将流体从返修区域20吸走并吸入至代用补片主体52内。在实施例中,羊毛毡的导热性为近似0.04W/mK,这可以与可形成补片的复合材料的导热性相符合。

[0081] 虽然优选由毡形成代用补片主体52,不过代用补片主体52也可以由当代用补片主体52被置于与返修区域20接触时可从返修区域20吸取湿气的任何适当材料形成。例如,代用补片主体52可以由例如在与复合修复相关联的固化温度类似的高温下具有高吸水性的编织材料的可替代材料形成。就此而言,代用补片主体52的材料优选地使得例如来自加热

垫104的热穿透代用补片主体52的厚度,从而有助于准确测量在代用补片主体52和返修区域20之间的粘合线48处的温度。

[0082] 仍参考图4,可由多层60形成代用补片主体52,其中所述多层60可被布置成堆叠形式。补片组装件层60可以被形成为使得层边缘62一同限定基本与图4所示的返修锥角 $\theta_{\text{返修区域}}$ 相似的锥角。虽然示出具有大体锥形布置,且其中层60具有减少的宽度和/或直径,但是代用补片主体52的层60也可以具有基本等同的宽度,以便当层60被组装成堆叠布置时层边缘62基本相互对齐。就此而言,组装的代用补片主体52可以包括被接收在返修区域20内的多层60。

[0083] 在图4中,可由隔离膜将代用补片组装件50分隔于返修区域20,其中该隔离膜可以是无孔隔离膜108或多孔隔离膜110。代用补片组装件50可以包括一个或更多个热传感器70,其中在返修区域20上的战略位置处安装所述热传感器70,以便在施加热的过程中,监测返修区域20的这些位置处的温度。作为传统热勘测的一部分,例如热电偶72的热传感器70可被安置在返修区域20的底部中心26和返修区域20的锥形边界22,以便监测温度曲线。类似地,代用补片主体52可以包括一个或更多个热传感器70,以便在热勘测过程中测量温度。

[0084] 例如,如图4所示,代用补片主体52可以包括热传感器70,其被安装在顶表面54上,例如在顶表面54的中心处。热传感器70还可以被安装在代用补片主体52内,例如位于顶表面54和底表面56之间。就此而言,将代用补片主体52制成层60的堆叠可以促进在代用补片主体52内的不同位置安置热传感器70。还可沿代用补片主体52的周界58布置热传感器70。可以通过包括但不限于粘合和机械附接的任何适当手段,将传感器附接至代用补片主体52。显然地,热传感器70可被安装在返修区域20内的任何位置,例如返修区域20的斜面24上或返修区域20的底部中心26处或相反于与返修区域20的一部分至少部分重叠的例如纵梁30的散热件的位置的位置处。

[0085] 代用补片组装件50可以进一步包括湿气传感器74,其用于感测可被贮存在返修区域20内的湿气的存在和/或湿气的相对含量。在实施例中,湿气传感器74可包含传统的湿气检测带,例如但不限于氯化钴湿气检测带或在存在足够高水平的湿气或水的情况下会改变颜色的其他化学成分湿气检测带。然而,可在代用补片组装件50中实施用于检测例如水的湿气的存在性的任何适当传感器配置。例如,湿气传感器74可包括使用电化学阻抗谱(EIS)或任何其他适当感测技术来操作的传感器。湿气传感器74可以选择性地经配置用于提供与在代用补片主体52中从返修区域20吸取的湿气的存在性有关的指示(例如,可视指示)。这种湿气可以在代用补片主体52与返修区域20接触时和/或在施加热的过程中从返修区域20被吸取。如图6所示,结合下面更加详细地描述,湿气传感器74优选地以适当布置被安装在代用补片主体52上,例如沿代用补片主体52的顶表面54以彼此间隔开的关系被安装。

[0086] 参考图5,其示出代用补片组装件50,其中在实施例中提供一种代用补片主体52,其不同于图4所示的层60的布置而是包括单层或层板的单一结构。在图5中,代用补片主体52可被形成为近似于其内接收代用补片主体52的返修区域20的厚度的厚度。此外,代用补片主体52的周界58可以包括以补片锥角 $\theta_{\text{代用}}$ 形成的斜面64,其中该锥角 $\theta_{\text{代用}}$ 优选地与返修锥角 $\theta_{\text{返修区域}}$ 互补,以便代用补片主体52以与返修区域20紧密接触的方式被接收。如较早表明的,通过例如聚全氟乙丙烯共聚物(FEP)或其他相似的耐热且/或非粘附材料的多孔或无孔隔离膜108,可将代用补片主体52和返修区域20分离,从而在热勘测和/或湿气去除过程完

成后允许代用补片主体52从返修区域20释放。由图5可以看出,热传感器70可被安装至返修区域20内被指定区域内以及邻近返修区域20的区域内,并且可以借助于传感器布线76或通过无线手段被耦合至例如数据采集系统(未示出)的仪器(未示出)。类似地,借助于传感器布线76,安装在代用补片主体52上的热传感器70和/或湿气传感器74可以被耦合至仪器,从而有助于测量和记录代用补片主体52内的温度和/或湿度。

[0087] 参考图6,示出在代用补片主体52上和邻接返修区域20的复合结构10上安置热电偶72和/或湿气传感器74的平面图。如图所示,热传感器70可位于与纵梁30相反的复合结构10的顶表面54上,其中该纵梁30可从返修区域20吸走热。热传感器70可提供用于监测温度从而指示在纵梁30上需要的绝缘或者对纵梁30或其邻近区域的单独加热以便以理想速率加热返修区域20并将补片维持于理想温度范围内的手段。如图所示,代用补片主体52可包括一个或更多湿气传感器74,例如位于代用补片主体52中心处的湿气传感器74。然而,可沿代用补片主体52的顶表面54分布湿气传感器74,从而促进对返修区域20内被吸取湿气的区域的识别。热传感器70和/或湿气传感器74可提供关于返修区域20的热曲线和/或湿气曲线的数据。

[0088] 参考图7,示出包含代用补片组装件50并且还可以包括真空袋组装件100的代用补片系统48,其中该真空袋组装件100包含用于包裹加热垫104的包装膜116,当被安置在返修区域20内时其可覆盖补片组装件。如图7所示,根据热勘测是否包括湿气去除过程,可以借助于多孔和/或无孔隔离膜110、108将代用补片主体52分离于返修区域20。如上所述,在此描述的代用补片组装件50提供用于结合热勘测和湿气去除的手段,以便在复合结构10上施加单个热循环。能够看到真空袋组装件100包括包装膜116,其通过密封件122(例如在真空包装操作中传统使用的带状密封件122)将包装膜116密封至复合结构10的顶表面54。

[0089] 包装膜116可包裹透气层114,该透气层114可覆盖加热垫104并且可在加热垫104的一侧或两侧上延伸至密封件122区域。透气层114可在真空探头118下方延伸,其中该真空探头118可被设置在加热垫104的一侧上,以便在热循环和/或湿气去除过程中用于有助于在代用补片主体52基本均匀地施加真空压力。为了将压力均匀地施加至代用补片主体52,可在加热垫104下方放置垫板102。垫板102可由任何适合的刚性或半刚性材料形成,其中该材料包括但不限于例如固化硅橡胶板的橡胶垫板材料和/或金属材料或金属和非金属材料的任意组合。借助于隔离膜,可将垫板102分离于代用补片主体52,其中该隔离膜可由防止垫板102与返修区域20和/或代用补片主体52粘着或接触的任何适当材料形成。例如,隔离膜可以是有穿孔的(即多孔的)或无穿孔的(即,无孔的),并且可由包括聚全氟乙丙烯共聚物(FEP)的任意适当材料或任意其他适当材料形成。

[0090] 参考图8,示出代用补片主体52的横截面图,其中该代用补片主体52具有安装于其上的真空袋但是不包括加热垫104。在湿气去除过程中可实行这种布置。可选地,该组装件可以被安置在烤箱或压热器中从而有助于向复合结构10施加热。能够从图8看出,真空袋包括真空探头118以用于从包装膜116包裹的区域抽出气体。在真空袋组装件100的相反侧上的真空计120提供用于监测真空袋内真空压力的手段。能够看出代用补片主体52具有基本均匀的厚度。

[0091] 代用补片主体52可由上述材料中的任何一种形成。就此而言,代用补片主体52可由挠弹性材料(flexibly resilient material)形成,其在三维上能够和返修区域20的轮

廓或形状相符。能够看到在真空袋的压力下,代用补片主体52的周界58符合或部分压缩。通过透气层114,代用补片主体52可与包装膜116分离,从而允许湿气逸出。借助于多孔隔离膜108,代用补片主体52可与返修区域20分离,从而在允许湿气从返修区域20逸出的同时防止二者之间的接触。如图8所示且结合上述描述,热电耦72或其他热传感器70可被安置在返修区域20内的战略位置。类似地,代用补片主体52可包括沿代用补片主体52的位置、用于监测温度和湿气去除的热传感器70和/或湿气传感器74。

[0092] 简要参考图9,示出代用补片系统48的方框图,其中该代用补片系统48可被用于实施热勘测和/或湿气去除过程。能够从图9看出,代用补片系统48可包含真空袋组装件100,其中该真空袋组装件100包括借助于密封件122被安装至结构10的包装膜116。该包装膜116可包裹例如透气层114、加热垫104、垫板102、排放层112、隔离膜108和110的若干层以及包含代用补片主体52的代用补片组装件50。代用补片主体52可具有补片中心68和周界58。例如湿气传感器74或热传感器70(即,热电耦72)的一个或更多个传感器可被安装至代用补片主体52,例如沿周界58和/或补片中心68,或者被嵌入代用补片主体52内。代用补片主体52可被安装在返修区域20内,并且借助于隔离膜可与返修区域20分离。可在结构10中形成返修区域20,例如沿其上表面16形成。返修区域20可包括底部中心26,在该底部中心26内可安装例如湿气传感器74和/或热传感器70(即,热电耦)的传感器。类似地,可在返修区域20的斜面24上安装例如热传感器70的一个或更多个传感器。类似地,围绕返修区域20的结构10的上表面16可包括例如热电耦72的热传感器70,以便识别由于例如纵梁30的散热件28从返修区域20吸走热而导致的温度变化。

[0093] 参考图10,示出用于修复结构的方法的流程图,该结构例如具有返修区域的复合结构。该结构可包括上表面和下表面,并且包括至少一个散热件,其中该散热件可被设置在相对于返修区域的位置处,例如在结构的下表面上邻近返修区域。该方法可包含步骤200,该步骤200包括形成代用补片主体,其中该代用补片主体可选地被形成且成形为与返修区域的形状互补。例如,代用补片主体可由用于从返修区域吸走湿气的纺织或无纺材料形成。代用补片主体可具有顶表面和底表面,并且优选由例如在去除湿气过程中从返修区域吸走湿气的材料形成。此外,代用补片主体优选具有基本与可以形成最终补片的复合材料的热性质相似或互补的热性质。

[0094] 例如,代用补片主体可具有与环氧预浸渍碳纤维带和织物的比热容和/或导热性基本相等的比热容和/或导热性。然而,复合材料的热性质可包括任何复合材料的热性质,并且不限制于环氧预浸料或碳纤维带,而是可包括非预浸渍和/或湿法叠层材料系统。如上所述,代用补片主体可包括至少一个热传感器,其可被安装在代用补片主体顶表面上、底表面上或可以被嵌入代用补片主体内或上述任何组合。代用补片主体可还包括至少一个湿气传感器,其可被安装在代用补片主体的任何位置处,例如在补片中心或沿代用补片主体的周界或这些位置的组合。

[0095] 仍参考图10,步骤202可包含在代用补片主体上安装一个或更多个热传感器以用于感测返修区域和/或代用补片主体的温度。例如,例如但不限于热电耦的热传感器可被安装到代用补片主体的顶表面和/或底表面上。如图4所示且结合上述描述,热传感器可被选择性地嵌入代用补片主体内。代用补片主体的底表面上的热传感器可监测返修区域的温度和/或代用补片主体的温度。步骤204可包含在代用补片主体上安装一个或更多个湿气传感

器,其中所述湿气传感器可以用于感测从返修区域被吸入代用补片主体内的湿气。就此而言,代用补片主体可由具有如上所述的相对高的吸湿能力的任何材料形成。就此而言,代用补片主体可由在与复合材料处理相关的高温下具有相对高的吸收性的材料形成。

[0096] 仍参考图10,步骤206可包括在复合结构的上表面上安装一个或更多个热传感器。例如,热传感器可被安装在复合结构的上表面上、相反于一个或更多散热件的位置或者在上表面上的任何位置,其中该散热件被设置成邻近复合结构的底表面。步骤208可包含在返修区域内安装一个或更多个热传感器,例如在返修区域的底部中心和/或在返修区域的斜面(即锥角)上,以便监测在返修区域内的温度。修复结构的方法中的步骤210可包括使用多孔隔离膜(例如聚全氟乙丙烯共聚物(FEP)或任何其他适合的膜材料)覆盖返修区域,以便防止代用补片主体与复合结构和返修区域接触。然而,应考虑到形成代用补片主体的材料可省去对隔离膜的需求。

[0097] 步骤212可包括将代用补片组装件安置于返修区域内,例如多孔和/或无孔隔离膜的顶部上。例如,可按图8所示方法安置代用补片,其中代用补片主体可形成为具有基本恒定的厚度单一性或单层结构且其与返修区域的形状和/或轮廓基本相符。可替代地,代用补片主体可由如图4所示的按堆叠形式布置的多层形成,其中组成代用补片主体的材料层是顺应的或是弹性挠性的或是可压缩的以便允许使得代用补片主体符合返修区域的轮廓或形状。

[0098] 仍参考图10,方法的步骤214可还包括使用透气层覆盖代用补片主体和返修区域,从而促进真空压力基本均匀施加至代用补片主体。该方法可包括步骤216中安置加热垫或其他适当加热器械的步骤,并且如图7和图8所示。在热勘测过程中和/或在湿气去除过程中,加热垫可促进加热返修区域和代用补片主体。为了向代用补片主体提供均匀的压力分布,如图7所示,垫板102(图7)可选地被包括在透气层和加热垫104之间。

[0099] 图10中的步骤218可包含在如图7所示的加热垫之上安置透气层,随后是步骤220中的真空包装以便由包装膜包裹代用补片主体和加热垫,其中如图8所示,该包装膜可被密封至复合结构10的顶表面。通过图8所示的真空探头可施加真空,以便在包装膜上抽真空,其中借助于按图8所示安置的真空计可监测真空。在步骤224的抽真空过程中,例如通过步骤222中的加热垫可施加热,以便在步骤226中,在返修区域上执行热勘测和/或湿气去除过程。

[0100] 热勘测过程相似于传统执行的热勘测过程,其中可加热返修区域并且监测温度。依据温度测量,绝缘可被局部地添加至复合结构的区域,例如邻近散热板或以上指示的其他区域,以便基本获得遍布粘合线的温度均匀性。在热勘测过程中,通过调整加热板,还可以调整对返修区域的加热,从而基本获得温度均匀性。湿气去除过程可包含通过加热垫加热返修区域以及记录由被安装在代用补片主体内的湿气传感器提供的湿气数据。可以在热勘测过程之前和/或期间执行湿气去除过程。有利地,代用补片主体配置可以如下方式促进热勘测和湿气去除过程的执行,即可以排除在传统预修复操作的单独的热勘测和湿气去除过程中所需的附加热循环。

[0101] 在实施例中,湿气去除过程可包含在被安置到返修区域之前称量代用补片主体。一旦完成热勘测和/或湿气去除过程,可再次称量代用补片主体,从而确定与返修区域的湿气含量相关联的湿气吸收水平。更具体地,湿气去除过程可包含在被安置到返修区域内之

前称量代用补片主体并且真空包装代用补片主体。该方法可包括在包装膜上抽真空后加热返修区域。可替代地,可省略加热垫,并且通过烤箱或在压热器中加热复合结构。在加热过程中,可使用来自热传感器的数据来监测返修区域的温度。加热会导致干燥(即,湿气去除)复合结构的返修区域。为了确定从返修区域吸取的湿气量,可从返修区域去除并称量代用补片组装件的代用补片主体。

[0102] 参考图11-图12,可在如图11所示的飞行器制造和服役方法300以及如图12所示的飞行器302的背景下描述本发明的实施例。在预生产过程中,示例性方法300可包括飞行器302的规格和设计304以及材料采购306。在生产过程中,发生飞行器302的组件和子组装件制造308和系统整合310。接下来,为了被置于服役314,飞行器302将通过认证和交付312。在客户使用时,飞行器302进行常规维护和维修316(这可以包括修改、重组、翻新等等)。

[0103] 可通过系统综合供应商、第三方和/或操作者(例如,客户)执行或实施方法300的每个过程。为了描述的目的,系统综合供应商可以包括但不限于任意数量的飞行器制造商和主系统转包商;第三方可以包括但不限于任意数量的卖主、转包商和供应商;以及操作者可以是航空公司、租赁公司、军事机构、服务组织等。

[0104] 如图12所示,由示例性方法300生产的飞行器302可包括具有多个系统320和一个内部322的机身318。高级系统320的例子包括推进系统324、电气系统326、液压系统328以及环境系统330中的一个或多个。可包括许多其他系统。尽管示出航空和航天的例子,但是本发明实施例的原则可被应用至其他产业,例如汽车制造业。

[0105] 在生产和服役方法300的任何一个或多个阶段,可采用包含在此的设备和方法。例如,对应于生产过程308的组件或子组装件可以以相似于飞行器302服役时生产的组件或子组装件的方式被制作或制造。同样地,在生产阶段308和310,例如,通过极大地加快飞行器302组装或减少成本,可运用一个或多个设备实施例、方法实施例或其组合。相似地,例如并非限制,当飞行器302服役时,可使用一个或多个设备实施例、方法实施例或其组合,从而维护和维修316。

[0106] 此外,本发明还包括根据以下条款的实施例。

[0107] 条款1:一种用于结构的返修区域的代用补片组装件,其包含:

[0108] 代用补片主体,其由用于从所述返修区域吸取湿气的材料形成;和

[0109] 至少一个传感器,其被安装到所述代用补片主体并且被配置成下列之一:热传感器,其用于感测所述返修区域和所述代用补片主体中至少一个的温度;以及湿气传感器,其用于感测所述代用补片主体内的湿气。

[0110] 条款2:根据条款1所述的代用补片组装件,其中:所述湿气传感器包含湿气检测带和电化学阻抗谱(EIS)传感器中的至少一个。

[0111] 条款3:根据条款1所述的代用补片组装件,其中:所述代用补片主体包括具有安装在其上的多个湿气传感器的顶表面。

[0112] 条款4:根据条款1所述的代用补片组装件,其中:所述代用补片主体具有顶表面和底表面,至少一个所述传感器被安装至下列位置之一:所述顶表面、所述底表面、在所述顶表面和底表面之间被嵌入所述代用补片主体内。

[0113] 条款5:根据条款1所述的代用补片组装件,其中:所述代用补片主体包含多层;至少一个所述传感器被插入到一对所述层之间。



[0114] 条款6:根据条款1所述的代用补片组装件,其中:所述返修区域被配置成接收补片;所述代用补片主体具有基本相等于所述补片的比热容和导热性中的至少一个的比热容和导热性。

[0115] 条款7:一种使用可被接收在返修区域内的补片来修复结构的代用补片系统,所述系统包含:

[0116] 代用补片主体,其由具有与所述补片的热性质基本相似的热性质的非复合材料形成,所述热性质包含比热容和/或导热性中的至少一个;

[0117] 被安装在所述代用补片主体上以用于感测所述代用补片主体的温度的至少一个热传感器;以及

[0118] 被安装在所述返修区域上以用于感测所述返修区域的温度的至少一个热传感器。

[0119] 条款8:根据条款7所述的代用补片系统,其中:所述代用补片主体由用于从所述返修区域抽取湿气的材料形成。

[0120] 条款9:根据条款7所述的代用补片系统,其中:所述代用补片主体包括安装在其上的多个湿气传感器。

[0121] 条款10:根据条款9所述的代用补片系统,其中:所述代用补片主体包含多层;所述热传感器和所述湿气传感器中的至少一个被插入一对所述层之间。

[0122] 条款11:根据条款7所述的代用补片系统,其中所述结构包括上表面和下表面,以及具有安装在所述下表面上、邻近所述返修区域的至少一个散热件,所述系统还包含:

[0123] 被安装在所述上表面上、与所述底表面上的所述散热件的位置相反的至少一个热传感器。

[0124] 条款12:一种修复具有上表面和下表面的复合结构的方法,其包含步骤:

[0125] 形成代用补片主体,其中所述代用补片主体的材料用于从所述复合结构的返修区域吸取湿气;

[0126] 在所述代用补片主体上安装至少一个传感器;

[0127] 在所述返修区域内安置所述代用补片主体;以及

[0128] 执行下列中的至少一个:实施对所述返修区域的热勘测;去除所述返修区域的湿气。

[0129] 条款13:根据条款12所述的方法,还包含步骤:

[0130] 在所述返修区域内安装至少一个热传感器。

[0131] 条款14:根据条款12所述的方法,其中在所述返修区域内安装至少一个传感器的步骤包含:

[0132] 在所述代用补片主体上安装至少一个热传感器以用于感测所述返修区域和所述代用补片主体中至少一个的温度;以及

[0133] 在所述代用补片主体上安装至少一个湿气传感器以用于感测从所述返修区域吸取的湿气。

[0134] 条款15:根据条款12所述的方法,还包含步骤:

[0135] 使用包装膜将所述代用补片主体真空包装至所述上表面;以及

[0136] 在所述包装膜上抽真空。

[0137] 条款16:一种用于复合结构的返修区域的代用补片组装件,其包含:



[0138] 代用补片主体,其由用于从所述返修区域吸取湿气的材料形成,在最终补片永久粘合至所述返修区域之前将所述代用补片主体从所述返修区域去除;以及

[0139] 至少一个传感器,其被安装到所述代用补片主体并且被配置成下列之一:

[0140] 热传感器,其用于感测所述返修区域和所述代用补片主体中至少一个的温度;以及湿气传感器,其用于感测所述代用补片主体内的湿气。

[0141] 条款17:一种使用可被接收在返修区域内的补片来修复复合结构的代用补片系统,所述系统包含:

[0142] 根据条款16所述的代用补片组装件,所述代用补片主体由具有与所述补片的热性质基本相似的热性质的非复合材料形成,所述热性质包含比热容和导热性中的至少一个;

[0143] 被安装在所述代用补片主体上以用于感测所述代用补片主体的温度的至少一个热传感器;以及

[0144] 被安装在所述返修区域上以用于感测所述返修区域的温度的至少一个热传感器。

[0145] 条款18:一种修复具有上表面和下表面的复合结构的方法,其包含步骤:

[0146] 形成代用补片主体,其中所述代用补片主体的材料用于从所述复合结构的返修区域吸取湿气;

[0147] 在所述代用补片主体上安装至少一个传感器;

[0148] 在所述返修区域内安置所述代用补片主体;

[0149] 去除所述返修区域的湿气;以及

[0150] 从所述返修区域去除所述代用补片主体。

[0151] 本领域技术人员应明白本发明的附加修正和改进。因此,在此描述和说明的部件的特殊组合仅要表明本发明某些实施例,而不是要限制本发明精神和范围内的可替换的实施例或装置。

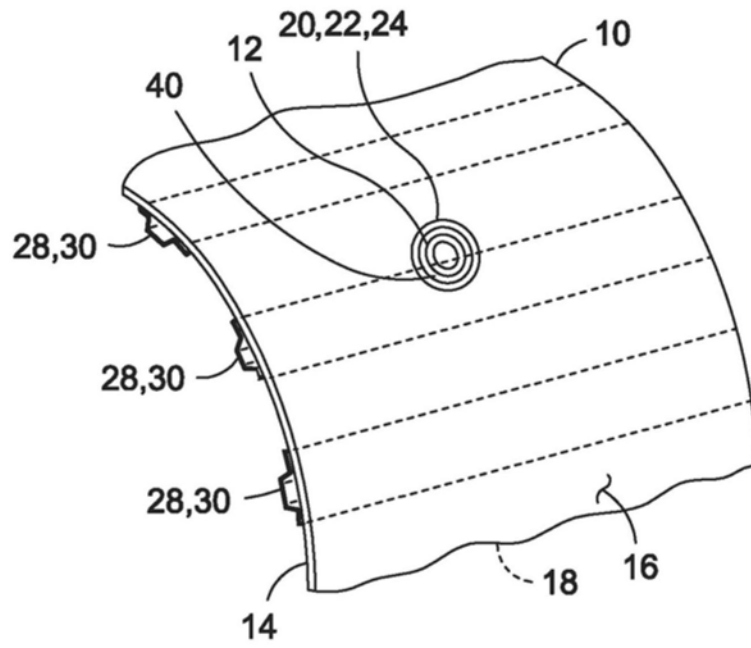


图1

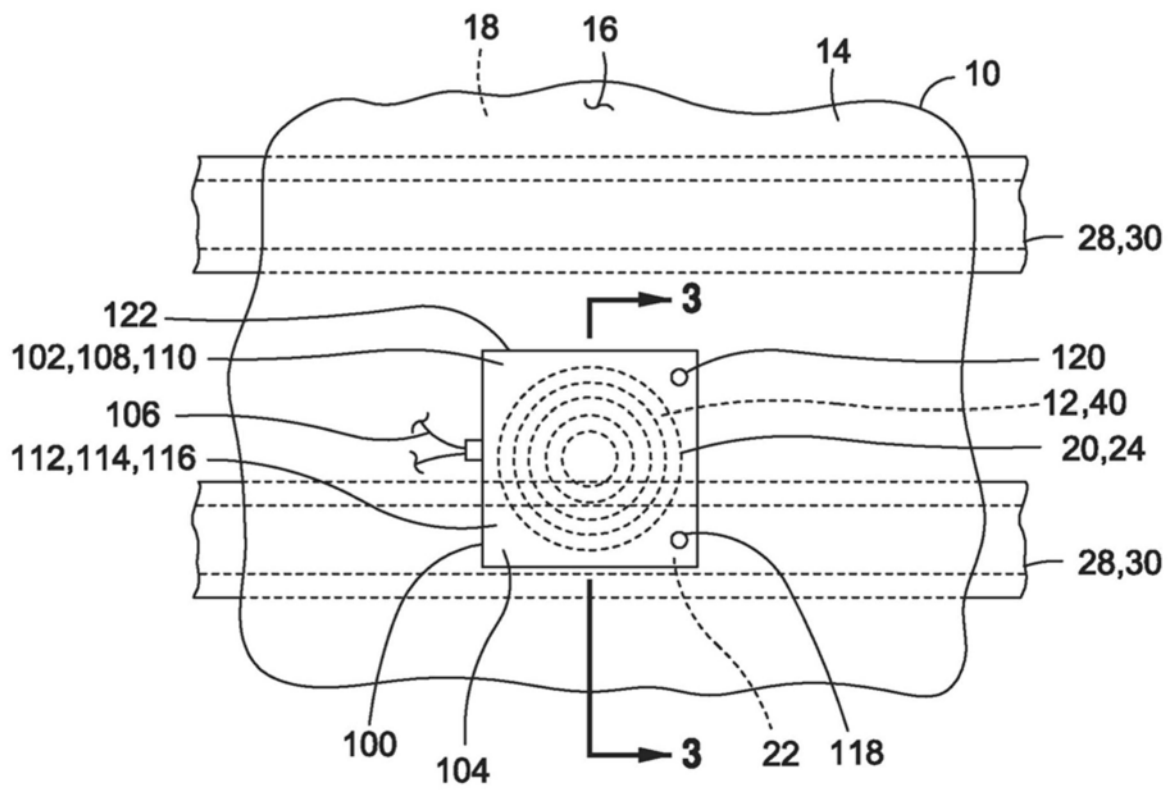


图2

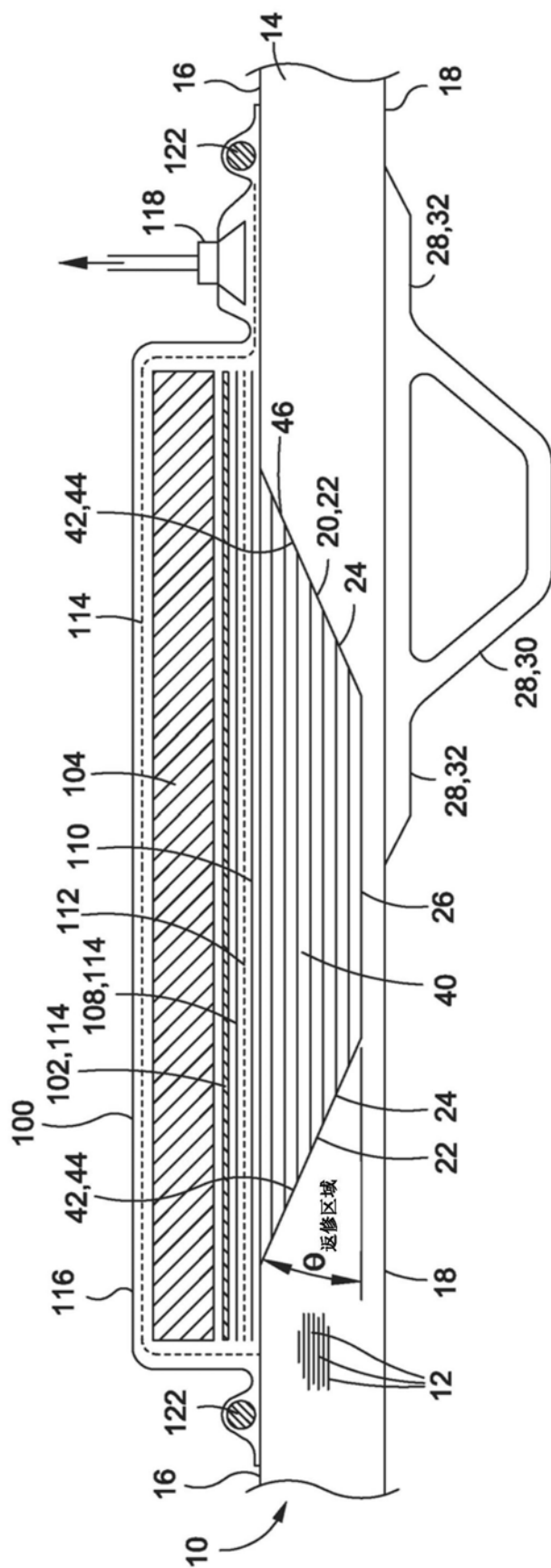


图3

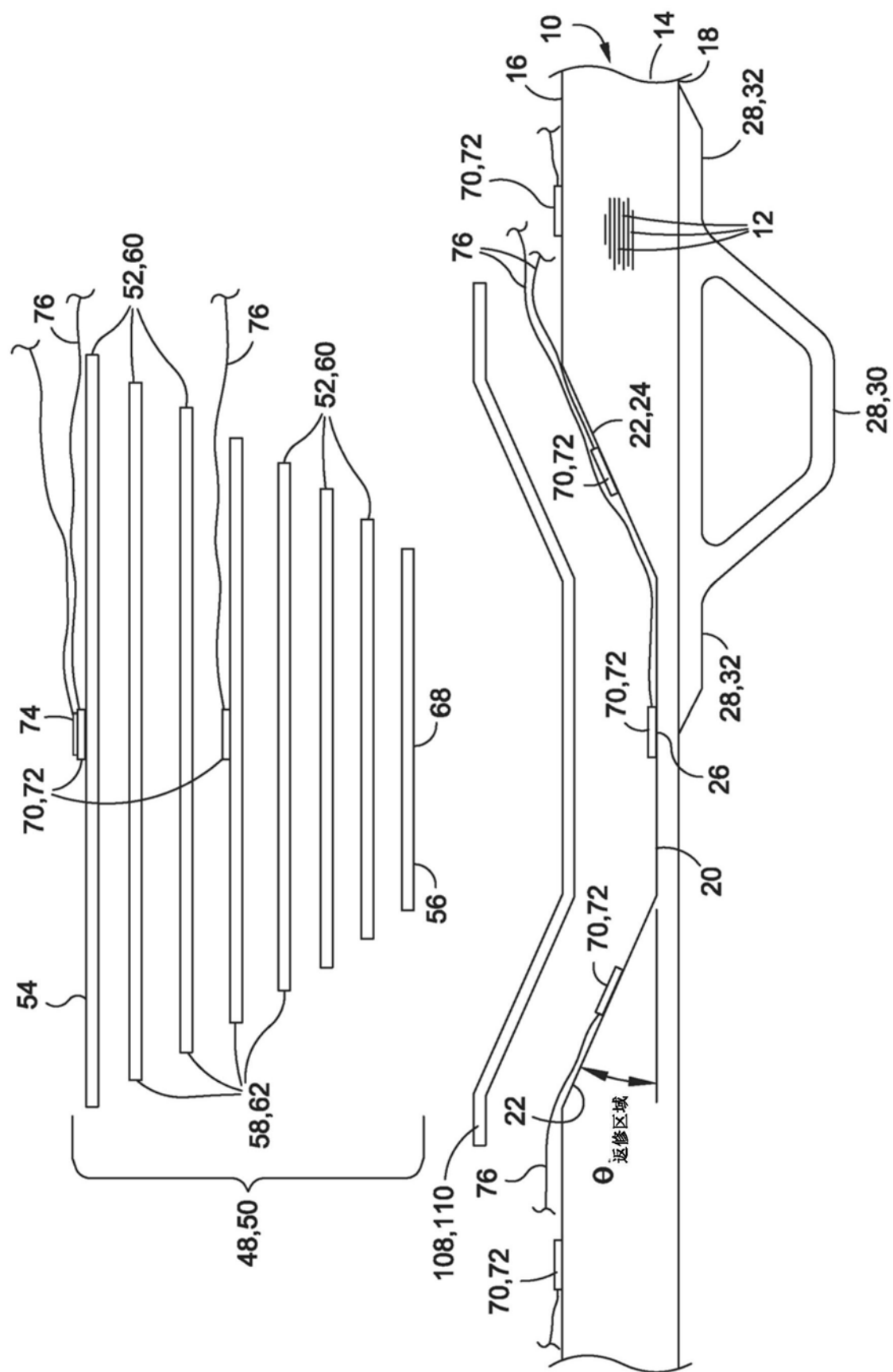


图4

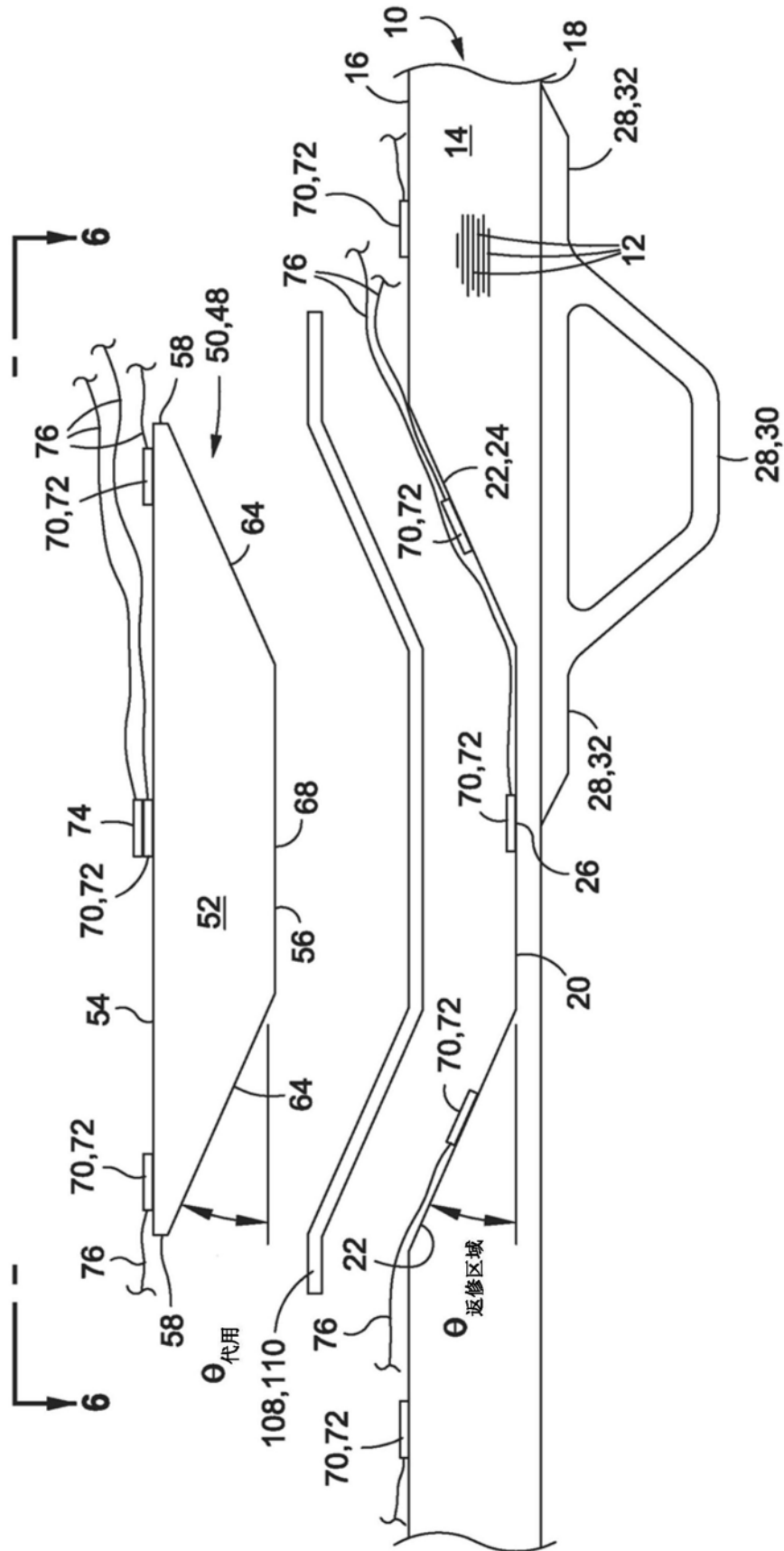


图5

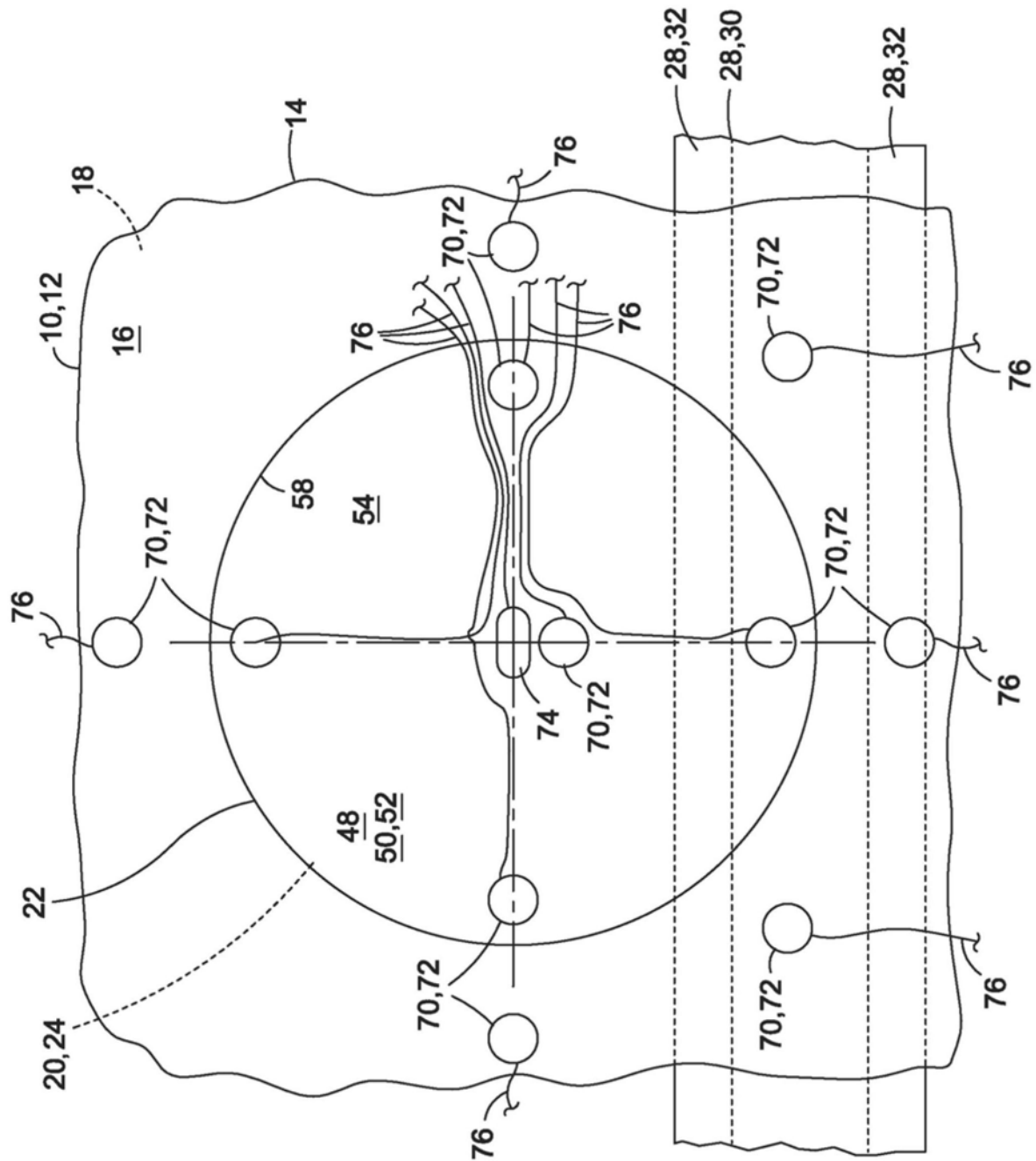


图6

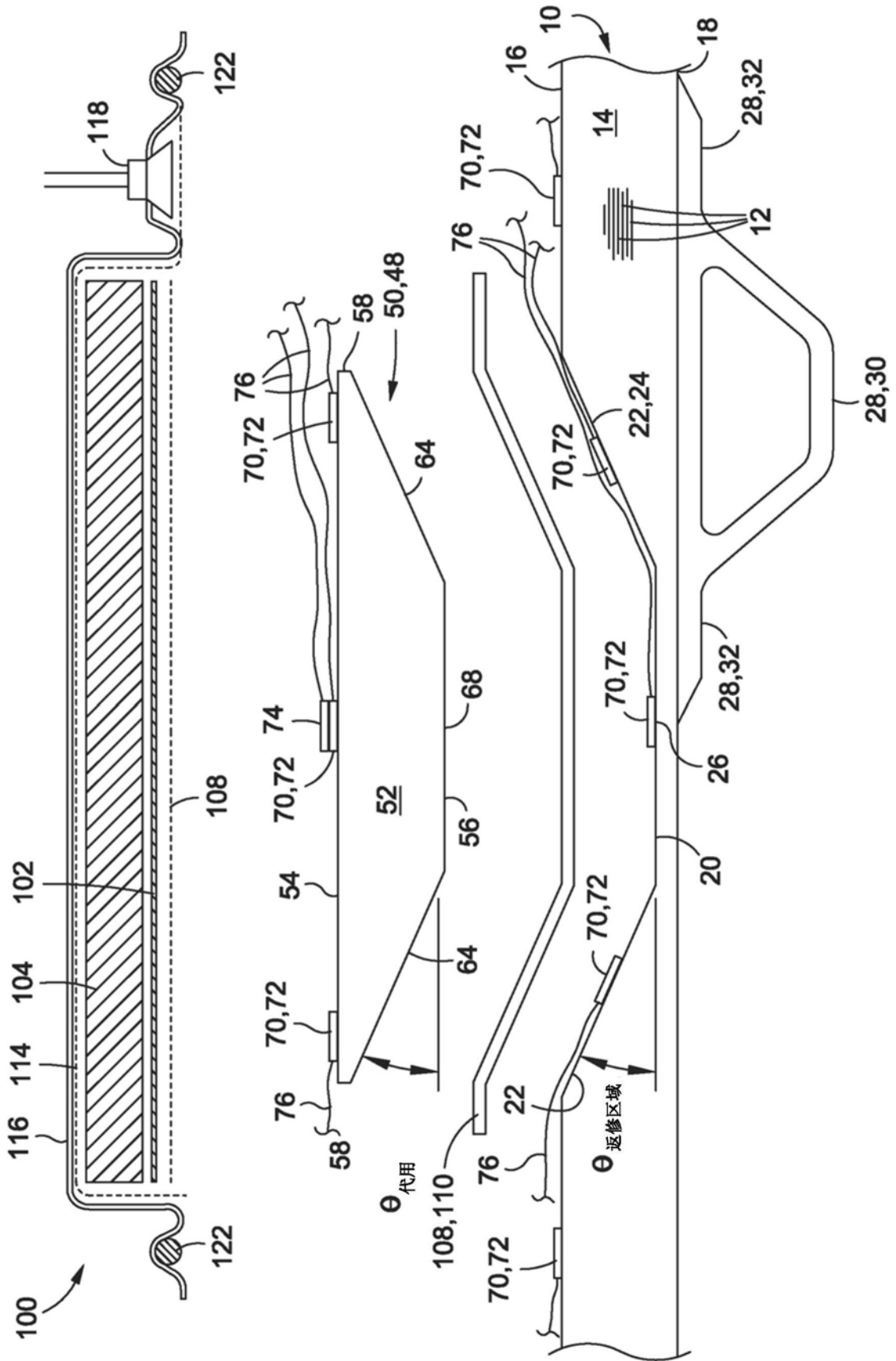


图7

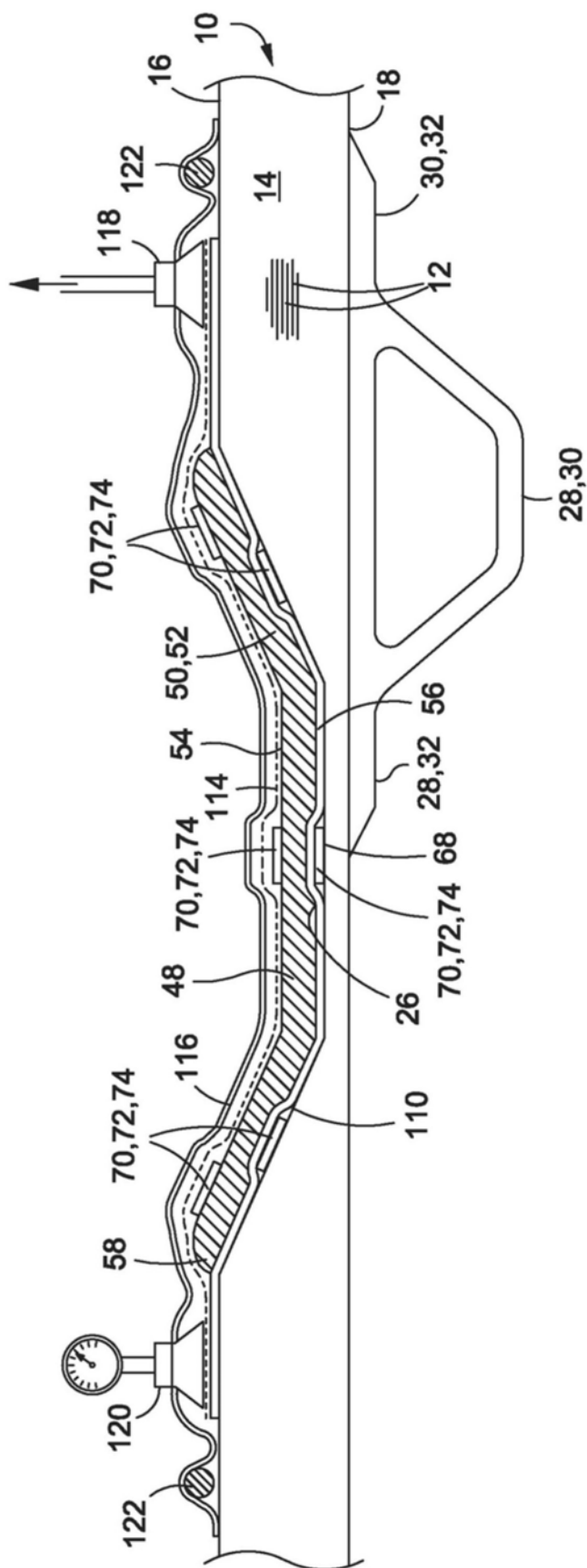


图8



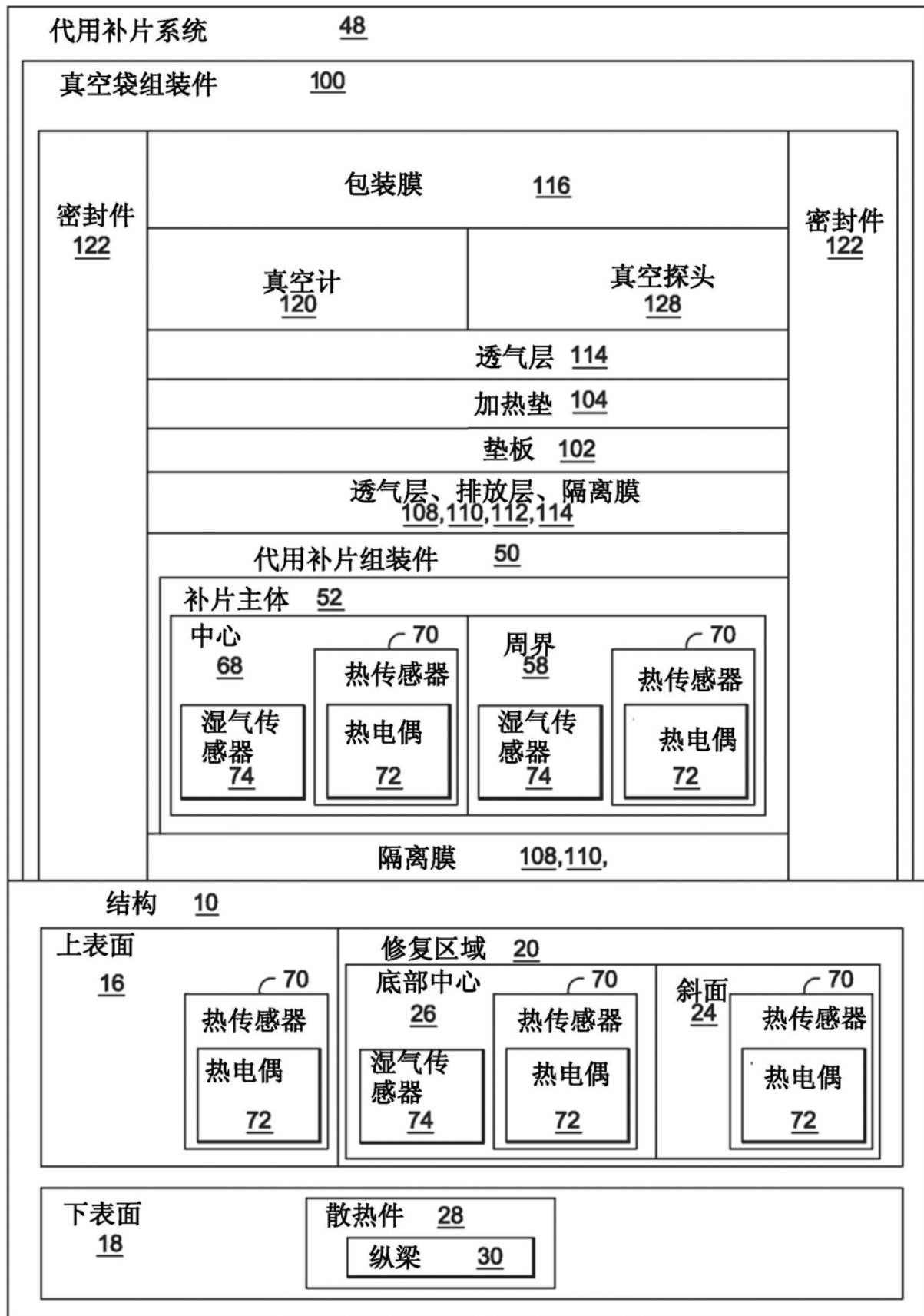


图9

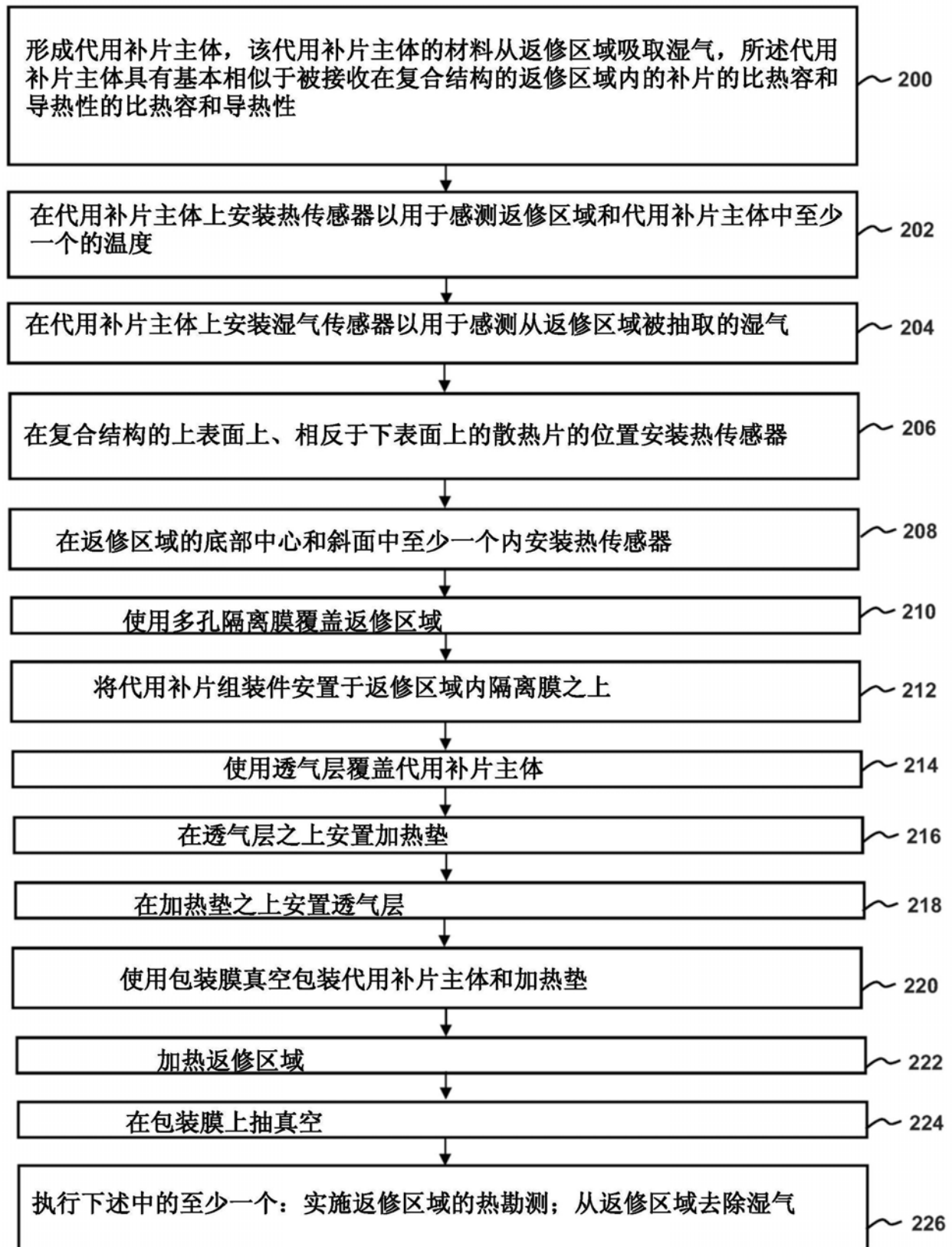


图10

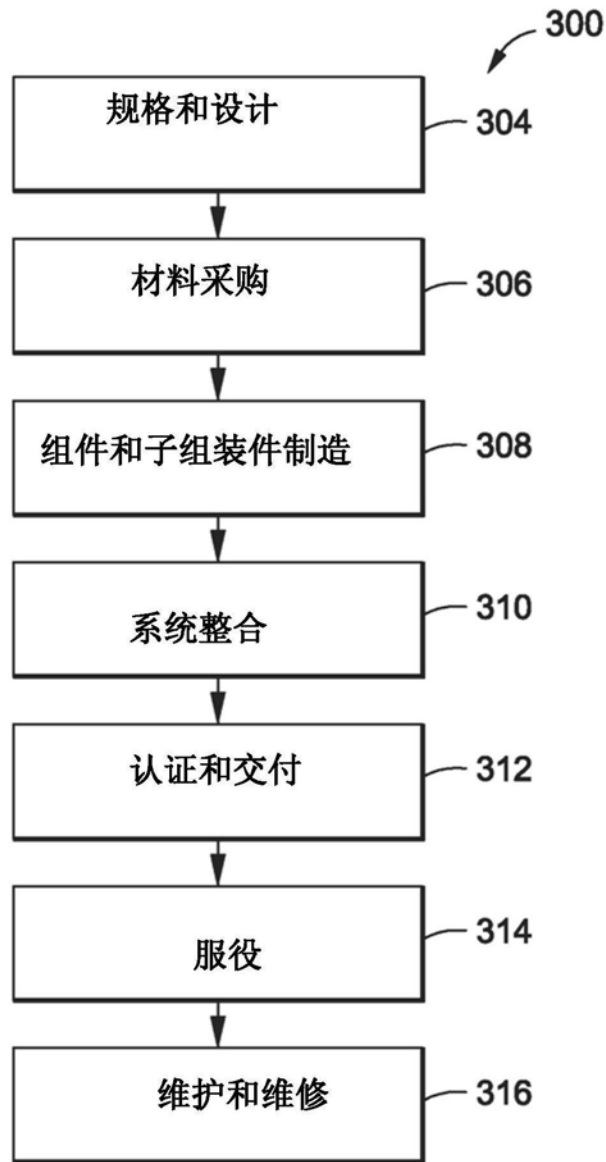


图11

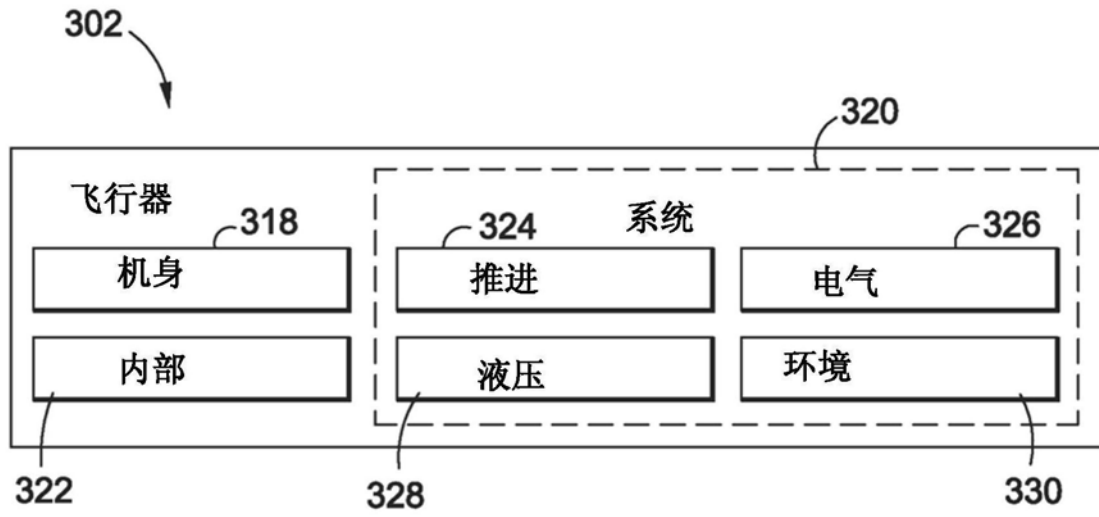


图12