



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113441901 A

(43) 申请公布日 2021.09.28

(21) 申请号 202110184059.0

(22) 申请日 2021.02.10

(30) 优先权数据

16/830,841 2020.03.26 US

(71) 申请人 波音公司

地址 美国伊利诺斯州

(72) 发明人 拉里·D·里奇韦

詹姆士·H·亨德森

迈克尔·A·拉扎尔

史蒂夫·J·莫斯 戴维·J·亨吉

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限
责任公司 11240

代理人 瞿艺

(51) Int. Cl.

B23P 6/00 (2006.01)

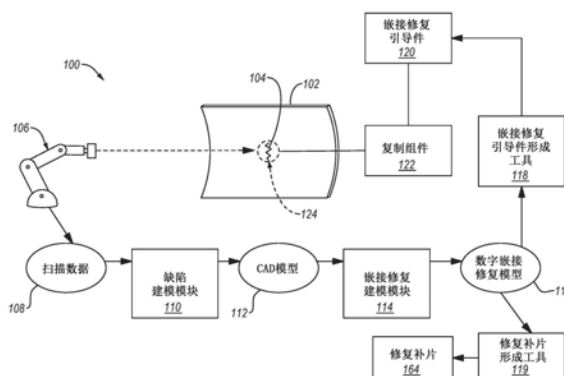
权利要求书2页 说明书15页 附图10页

(54) 发明名称

嵌接修复设备、系统和方法

(57) 摘要

本文公开了嵌接修复设备、系统和方法。一种复制组件用于在部件的层压材料中形成与嵌接修复引导件中的第二空隙匹配的第一空隙,该第一空隙可以是分层的。复制组件包括臂,该臂包括第一端部和第二端部。第一端部与第二端部间隔开。复制组件还包括探针,该探针固定到臂的第一端部并且配置为追踪嵌接修复引导件中的第二空隙。复制组件还包括铣削工具,该铣削工具固定到臂的第二端部,使得铣削工具经由臂与探针可共同移动地联接。



1. 一种用于在部件 (102) 的层压材料中形成与嵌接修复引导件 (120) 中的第二空隙 (142) 匹配的第一空隙 (144) 的复制组件 (122), 其中, 所述复制组件 (122) 包括:

臂 (134), 包括第一端部 (146) 和第二端部 (148), 其中, 所述第一端部 (146) 与所述第二端部 (148) 间隔开;

探针 (136), 固定到所述臂 (134) 的所述第一端部 (146) 并配置为追踪所述嵌接修复引导件 (120) 中的所述第二空隙 (142); 以及

铣削工具 (140), 固定到所述臂 (134) 的所述第二端部 (148), 使得所述铣削工具 (140) 经由所述臂 (134) 与所述探针 (136) 能共同移动地联接。

2. 根据权利要求1所述的复制组件 (122), 还包括固定到所述第一端部 (146) 的手柄 (138), 其中, 所述手柄 (138) 与所述探针 (136) 能共同移动地联接。

3. 一种用于在部件 (102) 的层压材料中形成第一空隙 (144) 以修复所述部件 (102) 的系统 (100), 其中, 所述系统 (100) 包括:

嵌接修复引导件 (120), 相对于所述部件 (102) 不能移动地固定并包括第二空隙 (142), 其中, 所述第一空隙 (144) 与所述第二空隙 (142) 匹配; 以及

臂组件 (132), 所述臂组件包括:

臂 (134), 包括第一端部 (146) 和第二端部 (148), 其中, 所述第一端部 (146) 与所述第二端部 (148) 间隔开;

探针 (136), 固定到所述臂 (134) 的所述第一端部 (146) 并配置为追踪所述嵌接修复引导件 (120) 中的所述第二空隙 (142); 以及

铣削工具 (140), 固定到所述臂 (134) 的所述第二端部 (148), 使得所述铣削工具 (140) 经由所述臂 (134) 与所述探针 (136) 能共同移动地联接, 其中, 所述铣削工具 (140) 配置为在所述部件 (102) 中形成所述第一空隙 (144) 以在所述探针 (136) 追踪所述嵌接修复引导件 (120) 中的所述第二空隙 (142) 时匹配所述嵌接修复引导件 (120) 中的所述第二空隙 (142)。

4. 一种制造用于修复部件 (102) 的层压材料的嵌接修复引导件 (120) 的方法 (200), 其中, 所述方法 (200) 包括:

扫描至少所述部件 (102) 的包含异常 (104) 的部分;

响应于扫描至少所述部件 (102) 的包含所述异常 (104) 的部分而生成与所述异常 (104) 对应的数据;

至少部分地基于与所述异常 (104) 对应的数据来生成数字嵌接修复模型 (116); 以及

基于所述数字嵌接修复模型 (116) 来制造所述嵌接修复引导件 (120)。

5. 根据权利要求4所述的方法 (200), 还包括基于与所述异常 (104) 对应的数据来生成至少所述部件 (102) 中的所述异常 (104) 的计算机辅助设计模型 (112), 并且其中, 基于所述计算机辅助设计模型 (112) 来生成数字嵌接修复模型 (116)。

6. 根据权利要求4至5中任一项所述的方法 (200), 其中, 与所述异常 (104) 对应的数据包括所述部件 (102) 的取向、所述部件 (102) 上的所述异常 (104) 的位置以及所述异常 (104) 的形状。

7. 一种修复部件 (102) 的层压材料的方法 (300), 其中, 所述方法 (300) 包括:

用探针 (136) 追踪相对于所述部件 (102) 不能移动地固定的嵌接修复引导件 (120) 的第二空隙 (142);

当所述探针 (136) 追踪所述第二空隙 (142) 时,使铣削工具 (140) 与所述探针 (136) 共同移动;以及

在所述铣削工具 (140) 与所述探针 (136) 共同移动时用所述铣削工具 (140) 移除所述部件 (102) 的层压材料,以在所述部件 (102) 的层压材料中形成与所述嵌接修复引导件 (120) 中的所述第二空隙 (142) 匹配的第一空隙 (144)。

8. 根据权利要求7所述的方法 (300), 其中:

用所述探针 (136) 追踪所述第二空隙 (142) 的步骤包括根据至少三个自由度中的任何一个来移动所述探针 (136); 并且

使所述铣削工具 (140) 共同移动的步骤包括所述铣削工具 (140) 根据至少三个自由度中的任何一个的运动。

9. 根据权利要求7至8中任一项所述的方法 (300), 其中:

用所述探针 (136) 追踪所述第二空隙 (142) 的步骤包括响应于所述嵌接修复引导件 (120) 中的所述第二空隙 (142) 的轮廓变化而使所述探针 (136) 枢转; 以及

使所述铣削工具 (140) 共同移动的步骤包括使所述铣削工具 (140) 与所述探针 (136) 共同枢转。

10. 根据权利要求7至8中任一项所述的方法 (300), 其中, 用所述探针 (136) 追踪所述第二空隙 (142) 的步骤包括沿着所述第二空隙 (142) 手动地移动所述探针 (136)。

嵌接修复设备、系统和方法

技术领域

[0001] 本公开总体上涉及修复具有异常的部件,更具体地涉及使用嵌接修复设备、系统和工艺修复层压部件。

背景技术

[0002] 许多结构由纤维增强聚合物制成,因为其强度高且重量轻。然而,修复对纤维增强聚合物部件的损坏可能是复杂的、耗时的和昂贵的。虽然已经特别设计了一些技术,例如嵌接修复技术,以修复纤维增强聚合物部件,但是这种技术仍然存在一些缺点。例如,传统的空隙形成技术不能准确地估计异常的大小(例如,深度和形状),因此不能准确地确定部件中适应异常移除的空隙的大小。因此,在一些传统的嵌接修复技术中,估计空隙的尺寸并且手动地使其形成更大(例如,更宽和更深)以确保将异常充分地移除,这可能导致部件的层压材料的不必要的浪费和部件的结构完整性的降低。另外,使用传统方法手动嵌接板层会引入变化,并且会不利地影响整体修复的外观。

发明内容

[0003] 响应于本领域的当前状态,并且特别地,响应于当前可用的技术尚未完全解决的传统嵌接修复技术的缺点,已经开发了本申请的主题。因此,本申请的主题已经被开发以提供克服现有技术的上述缺点中的至少一些的设备、系统和方法。例如,本文所述的设备、系统和方法通过提供修复区域外观的显著改进而提高精度、减少材料和劳动损失,以及减少传统手动嵌接过程中的固有变化。

[0004] 以下是本文公开的主题的实例的非穷举列表,其可以或可以不被要求保护。

[0005] 本文公开了一种用于在部件的层压材料中形成与嵌接修复引导件中的第二空隙匹配的第一空隙的复制组件。复制组件包括臂,该臂包括第一端部和第二端部。第一端部与第二端部间隔开。复制组件还包括探针,该探针固定到臂的第一端部并且配置为追踪嵌接修复引导件中的第二空隙。复制组件还包括铣削工具,该铣削工具固定到臂的第二端部,使得铣削工具经由臂与探针可共同移动地联接。本段的前述主题表征本公开的实例1。

[0006] 复制组件还包括固定到第一端部的手柄。手柄与探针可共同移动地联接。本段的前述主题表征本公开的实例2,其中,实例2还包括根据以上实例1的主题。

[0007] 探针可响应于嵌接修复导引件中的第二空隙的轮廓变化而相对于臂移动。铣削工具与第二端部可枢转地联接。铣削工具响应于探针相对于臂的移动而相对于臂枢转。本段的前述主题表征本公开的实例3,其中,实例3还包括根据以上实例1至2中的任一个的主题。

[0008] 复制组件还包括联接到臂的可铰接臂。可铰接臂可相对于部件和嵌接修复引导件手动地移动,以相对于部件和嵌接修复引导件手动地移动该臂。本段的前述主题表征本公开的实例4,其中,实例4还包括根据以上实例1至3中的任一个的主题。

[0009] 可铰接臂可围绕至少三个旋转轴线手动地移动,使得探针和铣削工具可围绕至少三个旋转轴线手动地移动。本段的前述主题表征本公开的实例5,其中,实例5还包括根据以

上实例4的主题。

[0010] 臂、探针和铣削工具形成臂组件。臂组件选择性地可释放地联接到可铰接臂。本段的前述主题表征本公开的实例6,其中,实例6还包括根据以上实例4至5中的任一个的主题。

[0011] 本文还公开了一种用于在部件的层压材料中形成第一空隙以修复部件的系统。该系统包括嵌接修复引导件,该嵌接修复引导件相对于部件不可移动地固定并且包括第二空隙。第一空隙与第二空隙匹配。该系统还包括臂组件。臂组件包括臂,该臂包括第一端部和第二端部。第一端部与第二端部间隔开。臂组件还包括探针,该探针固定到臂的第一端部并且配置为追踪嵌接修复引导件中的第二空隙。臂组件还包括铣削工具,该铣削工具固定到臂的第二端部,使得铣削工具经由臂与探针可共同移动地联接。铣削工具配置为在部件中形成第一空隙以在探针追踪嵌接修复引导件中的第二空隙时匹配嵌接修复引导件中的第二空隙。本段的前述主题表征本公开的实例7。

[0012] 该系统还包括嵌接修复建模模块,该嵌接修复建模模块配置为至少部分地基于与部件中的异常对应的数据来生成数字嵌接修复模型。该系统还包括配置为基于数字嵌接修复模型来制造嵌接修复引导件的嵌接修复引导件形成工具。本段的前述主题表征本公开的实例8,其中,实例8还包括根据以上实例7的主题。

[0013] 嵌接修复引导件形成工具包括增材制造机器。本段的前述主题表征本公开的实例9,其中,实例9还包括根据以上实例8的主题。

[0014] 该系统还包括缺陷建模模块,其配置为基于与部件中的异常对应的数据来生成至少部件中的异常的计算机辅助设计(CAD)模型。嵌接修复建模模块还配置为至少部分地基于CAD模型来生成数字嵌接修复模型。本段的前述主题表征本公开的实例10,其中,实例10还包括根据以上实例8至9中的任一个的主题。

[0015] 嵌接修复建模模块还配置为根据在生成至少部件中的异常的CAD模型之前定义的嵌接修复参数来生成数字嵌接修复模型。本段的前述主题表征本公开的实例11,其中,实例11还包括根据以上实例10的主题。

[0016] 该系统还包括扫描工具,该扫描工具配置为扫描部件以生成与部件中的异常对应的数据。本段的前述主题表征本公开的实例12,其中,实例12还包括根据以上实例10至11中的任一个的主题。

[0017] 臂组件还配置为在部件的表面中形成第一空隙,并且嵌接修复引导件不可移动地附接到部件的表面。本段的前述主题表征本公开的实例13,其中,实例13还包括根据以上实例7至12中的任一个的主题。

[0018] 另外,本文公开了一种制造用于修复部件的层压材料的嵌接修复引导件的方法。该方法包括扫描至少部件的包含异常的部分。该方法还包括响应于扫描至少部件的包含异常的部分而生成与异常对应的数据。该方法还包括至少部分地基于与异常对应的数据来生成数字嵌接修复模型。该方法另外包括基于数字嵌接修复模型来制造嵌接修复引导件。本段的前述主题表征本公开的实例14。

[0019] 该方法还包括基于与异常对应的数据来生成至少部件中的异常的计算机辅助设计(CAD)模型。基于该CAD模型来生成数字嵌接修复模型。本段的前述主题表征本公开的实例15,其中,实例15还包括根据以上实例14的主题。

[0020] 与异常对应的数据包括部件的取向、部件上的异常的位置、以及异常的形状。本段

的前述主题表征本公开的实例16,其中,实例16还包括根据以上实例14至15中的任一个的主题。

[0021] 本文还公开了一种修复部件的层压材料的方法。该方法包括用探针追踪相对于部件不可移动地固定的嵌接修复引导件的第二空隙。该方法还包括当探针追踪第二空隙时使铣削工具与探针共同移动。该方法还包括在铣削工具与探针共同移动时用铣削工具移除部件的层压材料,以在部件的层压材料中形成与嵌接修复引导件中的第二空隙匹配的第一空隙。本段的前述主题表征本公开的实例17。

[0022] 用探针追踪第二空隙的步骤包括根据至少三个自由度中的任何一个来移动探针。使铣削工具共同移动的步骤包括铣削工具根据至少三个自由度中的任何一个的运动。本段的前述主题表征本公开的实例18,其中,实例18还包括根据以上实例17的主题。

[0023] 用探针追踪第二空隙的步骤包括响应于嵌接修复引导件中的第二空隙的轮廓变化而使探针枢转。使铣削工具共同移动的步骤包括使铣削工具与探针共同枢转。本段的前述主题表征本公开的实例19,其中,实例19还包括根据以上实例17至18中的任一个的主题。

[0024] 用探针追踪第二空隙的步骤包括沿着第二空隙手动地移动探针。本段的前述主题表征本公开的实例20,其中,实例20还包括根据以上实例17至19中的任一个的主题。

[0025] 本公开的主题的所描述的特征、结构、优点和/或特性可以任何合适的方式组合在一个或多个实例和/或实现方式中。在以下描述中,提供了许多具体细节以给予对本公开的主题的实例的透彻理解。相关领域的技术人员将认识到,可以在没有特定实例或实现方式的具体特征、细节、部件、材料和/或方法中的一个或多个的情况下实践本公开的主题。在其他实例中,在某些实例和/或实现方式中可以认识到可能不在所有实例或实现方式中都存在的附加特征和优点。此外,在一些情况下,没有详细示出或描述公知的结构、材料或操作,以避免使本公开的主题的各方面模糊。本公开的主题的特征和优点将从以下描述和所附权利要求书中变得更完全显而易见,或者可以通过如下文阐述的主题的实践来学习。

附图说明

[0026] 为了可以更容易地理解本主题的优点,将通过参考在附图中示出的具体实例来呈现以上简要描述的主题的更具体的描述。应理解,这些附图不是必须按比例绘制,仅描绘了主题的某些实例,因此不应被认为是对其范围的限制,将通过使用附图以附加的特征和细节来描述和解释主题,在附图中:

[0027] 图1是根据本公开的一个或多个实例的用于修复部件的系统的示意性框图;

[0028] 图2是根据本公开的一个或多个实例的从复制组件的第一侧观察的图1的系统的复制组件和嵌接修复引导件的透视图;

[0029] 图3是根据本公开的一个或多个实例的从复制组件的后部观察的图1的系统的复制组件和嵌接修复引导件的透视图;

[0030] 图4是根据本公开的一个或多个实例的从复制组件的第二侧观察的图1的系统的复制组件和嵌接修复引导件的透视图;

[0031] 图5是根据本公开的一个或多个实例的从复制组件的顶部观察的图1的系统的复制组件和嵌接修复引导件的透视图;

[0032] 图6是根据本公开的一个或多个实例的用于修复部件的系统的复制组件的臂组件

的沿着与图3的线6-6类似的线截取的局部横截面侧正视图；

[0033] 图7是根据本公开的一个或多个实例的图6的臂组件的沿着与图3的线6-6类似的线截取的局部横截面侧正视图；

[0034] 图8是根据本公开的一个或多个实例的用于修复部件的系统的复制组件的臂组件的沿着与图3的线6-6类似的线截取的局部横截面侧正视图；

[0035] 图9是根据本公开的一个或多个实例的联接到形成在部件中的空隙的修复补片的横截面侧正视图；

[0036] 图10是根据本公开的一个或多个实例的制造用于修复部件的层压材料的嵌接修复引导件的方法的示意性流程图；以及

[0037] 图11是根据本公开的一个或多个实例的修复部件的层压材料的方法的示意性流程图。

具体实施方式

[0038] 在整个本说明书中对“一个实例”、“一实例”或类似语言的引用意味着结合该实例描述的特定特征、结构或特性包括在本公开的至少一个实例中。在整个本说明书中，短语“在一个实例中”、“在一实例中”和类似语言的出现可以但不是必须全部指代相同的实例。类似地，术语“实现方式”的使用意味着具有结合本公开的一个或多个实例描述的特定特征、结构或特性的实现方式，然而，在没有明确相关性来指示其他方面的情况下，实现方式可以与一个或多个实例相关联。

[0039] 本文公开了一种改进层压部件的修复的系统、组件和方法。更具体地，本文公开的系统、组件和方法促进了嵌接修复部件的层压材料的简化、容易和准确。参考图9，示出了嵌接修复方法的一个实例。通常，嵌接修复包括通过移除异常所处的层压材料并且用修复补片替换移除的层压材料来移除层压材料中的异常。如图9所示，部件102的层压材料（例如，复合结构）包括以堆叠形式结合在一起的多个层170或板层。部件102可以是或形成较大结构的一部分，例如飞机、另一交通工具（例如，直升机、船、航天器、汽车等）或非移动复杂结构（例如，建筑物、桥梁、机械等）。

[0040] 部件102的层压材料可以具有异常104（例如见图1）。异常104可以是可能影响部件的性能或结构完整性的各种异常中的任何一种。例如，异常104可以是随着时间的推移和部件102的继续使用而发展的裂纹或脱粘。在替代实例中，异常103可以是制造缺陷。因此，异常104可具有各种形状和尺寸中的任何形状和尺寸并且可以是各种类型中的任何类型。对于由层压材料制成的部件，异常104可穿过层压材料的多个板层。为了消除异常104并确保部件102的安全和持续使用，可使用嵌接修复方法来修复部件102。根据某些实例，嵌接修复方法包括移除部件102的受损部分（例如，部件102的包含异常104的部分）以在部件102中形成空隙144（例如见图9）。形成在部件102中的空隙144从部件102的表面126延伸。在一个实例中，表面126是部件102的外表面或外部表面，在另一实例中，是部件102的内表面或内部表面。虽然在图9中示出为仅部分地延伸穿过部件102的厚度，使得空隙144被认为是盲空隙，但是在某些实例中，空隙144完全延伸穿过部件102的厚度，使得空隙144被认为是贯穿空隙。

[0041] 限定空隙144的部件102的侧面或表面是锥形的，以与部件102的表面126限定角

度。限定空隙144的部件102的表面的渐缩导致空隙144的表面在远离表面126穿过部件102的厚度延伸的方向上会聚。空隙144是锥形的,以促进部件102和插入空隙144中的修复补片164(例如见图9)之间的结合,并且改善部件102和修复补片164之间的载荷分布。在某些实例中,嵌接修复方法包括在插入修复补片164之前将粘合层174定位在空隙144之上或之中。在此位置中,当修复补片164定位在空隙144内时,粘合层174插入在部件102和修复补片164之间。粘合层174促进了修复补片164和部件102之间的牢固的固定接合,以及提供了用于部件102和修复补片164之间的载荷分布的介质。在一些实例中,粘合层174是由各种粘合材料中的任何一种(诸如环氧树脂)制成的柔性膜粘合片。

[0042] 空隙144是锥形的以促进部件102的结构完整性的恢复。当空隙144延伸到部件102的层压材料的多个层170中时,例如在某些实例中所示,修复补片164包括可以与部件102的多个层170对应或不对应的多个层172。通常,恢复部件102的结构完整性所需的锥度与修复补片164的强度(例如,修复补片164的层172的强度)对应。例如,用于修复复合结构的传统嵌接修复工艺可以使用具有28:1至32:1的长度与深度锥度比的空隙,并且可以低至15:1至20:1。

[0043] 通常,空隙144的锥度越小或空隙144越小,从部件102移除的材料越少,通过保持更多的部件102完整而促进部件102的结构完整性,并且导致进行修复的时间和劳动更少以及修复补片164中的材料更少,从而促进材料成本和劳动的降低。然而,传统的空隙形成技术不能准确地估计异常的大小(例如,深度和形状),因此不能准确地确定适应异常移除的空隙的大小。因此,在传统的空隙形成技术中,空隙尺寸被猜测并且手动地形成成为大于确保异常被充分移除所需的尺寸(例如,更宽和更深),这可能导致部件102的层压材料的不必要的浪费以及部件102的结构完整性的降低。本文公开的系统、组件和方法连同其他优点一起有助于准确地确定适应异常移除的空隙的尺寸,并且因此促进在嵌接修复之后部件102的移除的材料的减少和部件102的结构完整性的增加。

[0044] 参考图1,根据某些实例,示出了用于在部件102的层压材料中形成空隙144的系统100。系统100包括扫描工具106,扫描工具106配置为扫描部件102并且基于部件102的扫描生成扫描数据108。如图1中所描绘的,在一个实例中,扫描工具106是自主机器人(例如,机械臂)。自主机器人包括具有扫描头的末端执行器。扫描头包括一个或多个摄像头或传感器,其可操作以检测部件102的一个或多个特性和/或异常104的特性。扫描工具106可包括各种计算机处理器、控制器等中的任何一种,其检测并分配部件102的该一个或多个特性和/或异常104的特性作为扫描数据108。因此,扫描数据108包括与部件102中的异常104对应的数据。

[0045] 在某些实例中,扫描头包括一个或多个在部件102处发射诸如光学信号(例如,激光信号、红外信号等)、声音信号(例如,超声信号)或电磁信号(例如,射频识别(RFID)信号)的信号的发射器、以及一个或多个从部件接收对应的反射信号的接收器。基于在部件102处传输的信号的特性与从部件102反射的信号的对应该特性之间的比较,检测部件102的特性和/或异常103的特性。

[0046] 在某些实例中,可由扫描工具106检测的部件的特性包括但不限于部件102相对于包括部件102的结构(例如,飞机)的取向的对准位置(例如,取向)、部件102上与部件102的预先存在的计算机辅助设计(CAD)模型同步的数据点等。在某些实例中,扫描工具106可以

扫描在扫描工具106的体积覆盖区的范围内的任何其他部件/模型的相同或不同的特性,以帮助获取用于建模和制造嵌接修复引导件120的有用的扫描数据。根据相同或其他的实例,可由扫描工具106检测的异常104的特性包括但不限于部件102上的异常104的位置、异常104的总面积、异常104的形状、异常104的深度、异常104的类型等。

[0047] 虽然在图1中描绘为自主机器人,但是根据一些实例,扫描工具106是手动操作工具,例如手持式工具或可手动移动的工具。与自主机器人相同,手动操作工具可具有扫描头,该扫描头包括一个或多个可操作以检测部件102的一个或多个特性和/或异常104的特性的摄像头或传感器。

[0048] 系统100另外包括缺陷建模模块110,该缺陷建模模块配置为生成部件102中的异常104的CAD模型112。CAD模型112至少包括部件102中的异常104。在一些实例中,CAD模型112还包括其中形成异常104的部件102的部分,例如部件102的围绕异常104的部分。根据某些实例,CAD模型112包括其中形成异常104的部件102的整体,并且在一些情况下,可以包括包含部件102的整个结构(例如,飞机)。在可选地对准和解析扫描数据108以获得离群值信息之后,缺陷建模模块110基于扫描数据108(例如,与部件102中的异常104对应的数据)生成CAD模型112。在一些实例中,缺陷建模模块110另外基于部件102的预先存在的CAD模型来生成CAD模型112。实际上,缺陷建模模块110可配置为将异常104数字地并入到部件102的预先存在的CAD模型中,以生成CAD模型112。在一些实例中,缺陷建模模块110依赖于CAD建模软件(例如,CATIA®、Solidworks®、AutoCAD®、Pro/ENGINEER®等)的特征来将异常104建模成部件102的模型。或者,在某些实例中,缺陷建模模块110例如通过使用激光测量技术,在不依赖部件102的任何预先存在的CAD模型的情况下,创建部件102的新模型。

[0049] 系统100还包括嵌接修复建模模块114,其配置为至少部分地基于由缺陷建模模块110生成的CAD模型112来生成数字嵌接修复模型116。因为CAD模型112是基于扫描数据108生成的,所以数字嵌接修复模型对应地是基于扫描数据108生成的。数字嵌接修复模型116是将用于修复部件102的物理嵌接修复引导件120的数字模型。因此,数字嵌接修复模型116包括嵌接修复引导件120的用于执行部件102的嵌接修复的特征,例如嵌接修复引导件120中的空隙142的构造。在一些实例中,数字嵌接修复模型116还包括帮助促进部件102的嵌接修复的其他特征,例如嵌接修复引导件120的部件接合表面152的构造。

[0050] 在一些实例中,嵌接修复建模模块114根据在生成CAD模型112之前定义的嵌接修复参数来生成数字嵌接修复模型116。嵌接修复参数可以是基于嵌接修复各种材料和尺寸的部件中的各种类型和尺寸的异常的标准或已证明的方法的预定义参数。此外,在一些实例中,嵌接修复建模模块114包括CAD建模软件(例如,CATIA®),其利用预定义参数并且将其与异常104的CAD模型112进行比较以生成数字嵌接修复模型116。根据某些实例,嵌接修复建模模块114包括异常和部件特征值以及相关联的嵌接修复参数值的查找表。例如,查找表可包括用于移除具有给定特性(例如,裂纹或脱粘以及相关联的尺寸或形状)的异常的空隙144的深度、面积(例如,直径)、形状和锥度(例如,深度与锥度)值以及具有给定特性(例如,复合材料类型、板层的数量、板层的厚度、板层的取向等)的部件。在另一实例中,空隙表示可以由CAD建模软件基于底层几何形状以及缺陷尺寸和深度来形成。通过考虑层压材料的原始构造,可以优化空隙体积以减少移除的材料量,从而减少结构冲击、劳动和材

料成本。因为部件102中的异常104的检测和建模是精确的,所以嵌接修复引导件120和嵌接修复引导件120的空隙142的建模也是部件中的用于适应异常104的精确移除而不浪费材料的空隙的精确表示。

[0051] 系统100还包括配置为制造嵌接修复引导件120的嵌接修复引导件形成工具118。嵌接修复引导件形成工具118利用由嵌接修复建模模块114生成的数字嵌接修复模型116来制造嵌接修复引导件120。更具体地,在某些实例中,嵌接修复引导件形成工具118是自动制造工具,其基于从数字嵌接修复模型116中导出的CNC(计算机数字控制)编程代码(例如,G代码和M代码)自动地制造嵌接修复引导件120。在一个实例中,嵌接修复引导件形成工具118是增材制造机器或另一CNC机器。如本文使用的,嵌接修复引导件120的空隙142在材料已经从嵌接修复引导件120移除以产生空的空间的意义上并非必须是空隙,而是空隙142是形成在嵌接修复引导件120中的特征或模板,其有助于在部件中形成空隙。因此,术语空隙用于定义嵌接修复引导件120中的模板或特征,仅仅是为了使模板或特征与将形成在部件中的空隙相关联的一致性。

[0052] 根据一些实例,以上公开的系统100能够执行制造用于修复部件102的嵌接修复引导件120的方法200。参考图9,方法200包括(框202)扫描至少部件102的包含异常104的部分。在一个实例中,在框202处,扫描步骤由扫描工具106执行。方法200还包括(框204)响应于在框202处扫描至少部件102的包含异常104的部分而生成扫描数据108。方法200另外包括(框206)至少部分地基于扫描数据108生成数字嵌接修复模型116。在一个实例中,在框206处,由嵌接修复建模模块114执行生成数字嵌接修复模型116的步骤。方法200还包括(框208),基于数字嵌接修复模型116制造嵌接修复引导件120。根据一个实例,在框208处,由嵌接修复引导件形成工具118执行制造嵌接修复引导件120的步骤。

[0053] 在一些实例中,系统100还包括修复补片形成工具119。修复补片形成工具119配置为制造用于堵塞作为嵌接修复工艺的一部分而形成在部件102中的空隙144的修复补片164。在一些实现方式中,修复补片形成工具119是自动制造工具,其基于从数字嵌接修复模型116导出的CNC编程代码自动地制造修复补片164。因此,在某些实例中,除了嵌接修复引导件120的数字模型之外,嵌接修复建模模块114配置为将修复补片164的数字模型包括在数字嵌接修复模型116中。在一个实例中,修复补片形成工具119是CNC机器或增材制造机器,并且可以是与嵌接修复引导件形成工具118相同的工具。

[0054] 系统100另外包括复制组件122,其利用由嵌接修复引导件形成工具118制成的嵌接修复引导件120来在部件102中形成空隙144。复制组件122配置为实际上复制部件102中的嵌接修复引导件120的空隙142。因此,复制组件122可操作以在部件102中形成与嵌接修复引导件120中的空隙142匹配的空隙。以这种方式,部件102中的空隙144可以精确地制造,这减少了浪费的材料和资源。

[0055] 参考图2至图5,复制组件122包括臂组件132和可铰接臂130。臂组件132联接到可铰接臂130,并且可铰接臂130可相对于部件102手动地移动,以使臂组件132相对于部件102手动地移动。臂组件132包括臂134、探针136和铣削工具140。

[0056] 臂132是刚性且细长的杆,其具有第一端部146和第二端部148(例如见图3)。第一端部146与第二端部148相对并间隔开。第一端部146包括臂132的第一端,第二端部148包括臂132的第二端。臂132的第二端与臂132的第一端相对。

[0057] 探针136固定到臂134的第一端部146。通常,探针136配置为追踪嵌接修复引导件120中的空隙142。在图3的所示实例中,探针136是无源的刚性杆,其以基本垂直的角度从臂134延伸。因此,探针136包括固定到第一端部146的固定部分159和与固定部分间隔开的末端167,该末端接合嵌接修复引导件120的探针接合表面150(例如见图6)。在一个实例中,探针136的末端167包括圆形表面,当探针136相对于探针接合表面150处于各种角度中的任何角度时,该圆形表面有助于减小探针136和限定空隙142的探针接合表面150之间的摩擦。参考图8,在一些实例中,探针136包括可旋转末端160,当可旋转末端160追踪空隙142的变化轮廓时,该可旋转末端围绕枢转轴线162旋转。在一个实例中,探针136包括位置传感器,该位置传感器感测可旋转末端160相对于臂134的位置(例如,角位置)。可旋转末端160可包括一个或多个偏压弹簧或开关,其帮助保持可旋转末端160垂直于所追踪的表面。

[0058] 铣削工具140固定到臂134的第二端部148。因此,铣削工具140与探针136间隔开。因为臂134是刚性的,所以铣削工具140经由臂134可与探针136共同移动。换句话说,铣削工具140随着探针136的移动而移动。铣削工具140是配置为加工部件102的各种加工工具中的任何一种。因此,尽管铣削工具140被称为“铣削工具”,但是铣削工具140可以是除了铣削工具140之外的各种加工工具中的任何一种。然而,在所示实例中,铣削工具140是在部件102上执行铣削操作的加工工具。因此,所示实例中的铣削工具140包括电机部分155和钻头154,该钻头由电机部分155围绕与钻头154同心的旋转轴线157可旋转地驱动。钻头154包括切割刀片,该切割刀片配置为当可旋转地驱动到部件102中时从部件102移除材料。电机部分155包括壳体和至少部分地由壳体容纳的旋转电机。在一些实例中,如图6和图7所示,铣削工具140成角度地固定到臂134,使得钻头154的旋转轴线157相对于臂134成角度地固定。然而,在其他实例中,如图8所示,铣削工具140可移动地固定到臂134,使得钻头154的旋转轴线157可相对于臂134成角度地移动。虽然未示出,但是铣削工具140相对于臂134的角运动可由伺服电机或其他旋转致动器促进。

[0059] 在一些实例中,如图2至图8所示,臂组件132还包括固定到臂134的第一端部146的手柄138。手柄138经由臂134与探针136可共同移动地联接。因此,手柄138的移动导致探针136的相应移动,从而导致铣削工具140的相应移动。手柄138配置为由操作者抓握并且手动地移动以追踪嵌接修复引导件120的空隙142,如下面更详细地解释的。因此,在一些实例中,手柄138包括抓握增强特征以便于操作者抓握手柄138。在一些实现方式中,如图所示并且为了促进接近手柄138,手柄138在与探针136从臂134延伸的方向相反的方向上从臂134延伸。更具体地,在某些实现方式中,当探针136从臂134朝向部件102延伸时,手柄138从臂134远离部件102延伸。

[0060] 可铰接臂130包括第一臂段134A和第二臂段134B。第二臂段134B可共同移动地固定到臂组件132的臂134,使得探针136的移动导致第二臂段134B的相应移动。在某些实例中,臂134可选择性地可释放地联接到第二臂段134B,使得臂组件132可选择性地可释放地联接到第二臂段134B。这种构造允许多个不同构造(例如,不同尺寸、不同钻头等)的臂组件132可互换地与第二臂段134B联接,以便于在部件102中可互换地形成不同构造的空隙。

[0061] 第一臂段134A可移动地联接到第二臂段134B,使得第一臂段134A可相对于第二臂段134B移动。在所示实例中,如图5所示,第二臂段134B可相对于第一臂段134A围绕至少一个第一旋转轴线180(例如,垂直轴线)和至少一个第二旋转轴线182(例如,水平轴线)枢转。

参考图2和图3,第二臂段134B相对于第一臂段134A围绕第一旋转轴线180的枢转允许臂134(包括探针136和铣削工具140)沿着(例如平行)部件102在第一线性方向190上平移地移动。相反,还参考图2和图3,第二臂段134B相对于第一臂段134A围绕第二旋转轴182的枢转允许臂134(包括探针136和铣削工具140)沿着部件102在第二线性方向192上平移地移动。第一线性方向190垂直于第二线性方向192。

[0062] 参考图2、图3和图5,在一些实例中,复制组件122另外包括第一臂段134A可枢转地固定到于此的移动基座128。移动基座128可沿着部件102支撑于其上的底板移动,以将复制组件122相对于部件102移动到修复位置124。此外,一旦在修复位置124处,可移动基座128就可选择性地锁定(例如,经由可锁定脚轮)以临时防止可移动基座128相对于部件102的移动。第一臂段134A可相对于移动基座128围绕第三旋转轴线184和第四旋转轴线186枢转。参考图3和图5,第一臂段134A相对于移动基座128围绕第三旋转轴线184的枢转允许臂134(包括探针136和铣削工具140)沿着部件102在第二线性方向192上平移地移动。相反,参考图2、图3和图5,第一臂段134A相对于移动基座128围绕第四旋转轴186的枢转允许臂134(包括探针136和铣削工具140)在第三线性方向194上朝向和远离部件102平移地移动。第三线性方向194垂直于第一线性方向190和第二线性方向192。以这种方式,可铰接臂130围绕至少三个旋转轴线可运动(例如,可铰接),使得探针136和铣削工具140也围绕至少三个旋转轴线可运动。

[0063] 参考图11,在形成嵌接修复引导件120之后,根据一些实例,修复部件102的方法300包括相对于部件102不可移动地固定嵌接修复引导件120。在某些实例中,如图所示,嵌接修复引导件120直接附接到部件102,例如附接到部件102的其中将形成空隙144的同一表面126。可以使用各种附接技术中的任何一种,例如紧固、粘合、粘附等,将嵌接修复引导件120附接到部件102的表面126。在替代实例中,嵌接修复引导件120附接到相对于部件不可移动地固定的另一结构(例如,墙壁、桌子、夹具、固定装置等)。

[0064] 将嵌接修复引导件120相对于部件102不可移动地固定在与臂134的第一端部146处的探针136和臂132的第二端部148处的铣削工具140之间的距离D1对应的位置处(例如见图6)。更具体地,将嵌接修复引导件120的位置选择为使得当探针136与嵌接修复引导件120的空隙142的给定部分接合时,铣削工具140的钻头154在部件102上的空隙144的期望位置处与部件102的空隙144的匹配部分接合。因此,嵌接修复引导件120的位置(例如,空隙144的期望位置与嵌接修复引导件120之间的距离D2)基于空隙144的期望位置以及探针136与铣削工具140之间的距离D1。空隙144的期望位置可由缺陷建模模块110或嵌接修复建模模块114基于扫描数据108生成。然后可以在部件102上标记期望位置,以用作定位和不可移动地固定嵌接修复引导件120的参考。

[0065] 在将嵌接修复引导件120相对于部件102不可移动地固定在用于形成空隙144的适当位置中之后,方法300另外包括(框302)用探针136追踪嵌接修复引导件120的空隙142。在一些实例中,在框302处,追踪空隙142的步骤包括沿着嵌接修复引导件120的限定空隙142的探针接合表面150并与其接触地手动移动探针136。当操作者抓握臂组件132的手柄138并相对于部件102手动地移动手柄138时,手动地移动探针136。如上所述,手柄138的运动导致探针136和铣削工具140的相应运动。因此,方法300还包括(框304)当探针136追踪嵌接修复引导件120的空隙142时,使铣削工具140与探针136共同移动。方法300另外包括(框306)当

铣削工具140与探针136共同移动时,利用铣削工具140从部件102移除材料,以在部件102中形成与嵌接修复引导件120中的空隙142匹配的空隙144。换句话说,当探针136追踪嵌接修复引导件120的空隙142时,操作铣削工具140以使钻头154以切割旋转速度旋转,以在用于形成空隙144的适当位置处切入部件102中并从该部件移除材料。

[0066] 如图7所示,在一些实例中,探针159的末端167从钻头154的末端偏移(例如,远离部件102),以当探针159追踪空隙142并且嵌接修复引导件120固定到部件102时允许钻头154接合部件102并从该部件移除材料。在其他实例中,由于部件102的轮廓或嵌接修复引导件120固定到与部件分离的结构,所以在探针159的末端167与钻头154的末端之间不存在偏移,或者偏移被反转。

[0067] 根据一些实例,用探针136追踪嵌接修复引导件120的空隙142的步骤包括根据至少三个自由度中的任何一个沿着空隙142移动探针136。相应地,共同移动铣削工具140的步骤包括铣削工具140根据至少三个自由度中的任何一个的移动。更具体地,在某些实例中,通过在第一线性方向190和/或第二线性方向192(例如见图2)上移动探针136以在空隙142的2维区域上追踪而用探针136追踪空隙142。如图6和图7所示,臂组件132在与第二线性方向192和/或第一线性方向190平行的线性方向上从第一位置(图6)移动到第二位置(图7)。探针136对空隙142的追踪可以遵循期望路径或追踪图案,例如光栅或阶梯图案,以在空隙142的整个2维区域上追踪。当探针136追踪空隙142的2维区域时,通过在第三线性方向194上移动探针136来利用探针136追踪空隙142的3维特征。操作者经由手柄138向探针136施加压力,以确保当经由在第一线性方向190和第二线性方向192上追踪来追踪空隙142的平面形状时,探针136沿着空隙142中的深度方向轮廓来追踪。这种追踪确保了在正在形成的部件102中的空隙144,当追踪嵌接修复引导件120中的空隙142时,匹配嵌接修复引导件120中的空隙142的2维和3维形状。因此,通过在嵌接修复引导件120中形成并追踪设计成精确地配合异常104的空隙142,部件102中的空隙144形成为精确地配合异常104。

[0068] 在一些实例中,保持探针136相对于限定空隙142的探针接合表面150垂直是期望的,以确保空隙142的轮廓的精确追踪。因此,在这种实例中,方法300包括响应于空隙142的轮廓变化而使探针136枢转,以及使铣削工具140与探针136共同枢转。在一些实例中,使探针136枢转包括使可旋转末端160旋转,并且使铣削工具140枢转包括响应于检测到的可旋转末端160的旋转而致动电机以使铣削工具140枢转。

[0069] 在充分地追踪嵌接修复引导件120的空隙142以在部件102中充分地形成匹配空隙144之后,将嵌接修复引导件120从部件102移除(如果附接到部件)。然后将修复补片164在部件102中的空隙144内插入并固定到位,以完成嵌接修复过程。可以执行其他步骤,例如在部件102中形成空隙144之前对部件102进行预处理(例如,清洁),和/或在切割空隙144之后但是在附接修复补片162之前对空隙144进行后处理(例如,砂磨)。

[0070] 在以上描述中,可以使用某些术语,例如“上”、“下”、“上部”、“下部”、“水平”、“垂直”、“左”、“右”、“上方”、“下方”等。在适用的情况下,当处理相对关系时,使用这些术语以提供描述的一些清晰度。但是,这些术语并非旨在暗示绝对关系、位置和/或取向。例如,对于物体,“上”表面可以简单地通过翻转物体而变成“下”表面。然而,其仍然是相同的物体。此外,术语“包括”、“包含”、“具有”及其变型表示“包括但不限于”,除非另外明确指出。列举的物品列表并不意味着任何或所有物品是互斥的和/或相互包含的,除非另外明确指出。术

语“一”、“一个”和“该”也指“一个或多个”，除非另外明确指出。此外，术语“多个”可以定义为“至少两个”。此外，除非另外指出，否则如本文定义的，多个特定特征不是必须意味着特定特征的整个集合或类别中的每个特定特征。

[0071] 另外，在本说明书中，一个元件“联接”到另一个元件的情况可包括直接和间接联接。直接联接可以定义为一个元件联接到另一个元件并且与另一个元件有一些接触。间接联接可以定义为两个元件之间的联接，这两个元件彼此不直接接触，但是在联接的元件之间具有一个或多个附加元件。此外，如本文使用的，将一个元件固定到另一个元件可以包括直接固定和间接固定。另外，如本文使用的，“相邻”不是必须表示接触。例如，一个元件可以与另一个元件相邻而不与该元件接触。

[0072] 如本文使用的，当与物品列表一起使用时，短语“至少一个”意味着可以使用所列物品中的一个或多个的不同组合，并且可能仅需要列表中的物品中的一个。该物品可以是特定的物体、事物或类别。换句话说，“至少一个”意味着可以使用列表中的物品的任何组合或物品的数量，但是可能不需要列表中的所有物品。例如，“物品A、物品B和物品C中的至少一个”可以指物品A；物品A和物品B；物品B；物品A、物品B和物品C；或者物品B和物品C。在一些情况下，“物品A、物品B和物品C中的至少一个”可以表示，例如但不限于，物品A中的两个、物品B中的一个和物品C中的十个；物品B中的四个和物品C中的七个；或者一些其他合适的组合。

[0073] 除非另外指出，否则术语“第一”、“第二”等在这里仅用作标记，而并非旨在对这些术语所指的物品施加顺序、位置或层次要求。此外，例如对“第二”物品的引用不要求或排除例如“第一”或较低编号的物品和/或例如“第三”或较高编号的物品的存在。

[0074] 如本文使用的，“配置为”执行指定功能的系统、设备、结构、物品、元件、部件或硬件实际上能够在没有任何更改的情况下执行指定功能，而不是仅具有在进一步修改之后执行指定功能的可能性。换句话说，为了执行指定功能的目的，特别地选择、创建、实现、利用、编程和/或设计“配置为”执行指定功能的系统、设备、结构、物品、元件、部件或硬件。如本文使用的，“配置为”表示使得系统、设备、结构、物品、元件、部件或硬件能够在不进一步修改的情况下执行指定功能的系统、设备、结构、物品、元件、部件或硬件的现有特性。为了本公开的目的，描述为“配置为”执行特定功能的系统、设备、结构、物品、元件、部件或硬件可以另外地或替代地描述为“适于”和/或“操作为”执行该功能。

[0075] 本文包括的示意性流程图通常被阐述为逻辑流程图。这样，所描述的顺序和所标记的步骤表示所提出的方法的一个实例。可以设想在功能、逻辑或效果上与所示方法的一个或多个步骤或其部分等效的其他步骤和方法。另外，所采用的格式和符号用于解释该方法的逻辑步骤，并且理解为不限制该方法的范围。尽管在流程图中可以采用各种箭头类型和线类型，但是其不应理解为限制相应方法的范围。实际上，一些箭头或其他连接符可以用于仅指示方法的逻辑流程。例如，箭头可以指示在所描绘方法的列举步骤之间的未指定持续时间的等待或监测周期。另外，特定方法发生的顺序可以严格地遵守所示相应步骤的顺序，也可以不严格地遵守所示相应步骤的顺序。

[0076] 在本说明书中描述的许多功能单元已经被标记为模块，以便更具体地强调其实现独立性。例如，模块可以实现为硬件电路，其包括定制VLSI电路或门阵列、诸如逻辑芯片、晶体管或其他分立部件的现成半导体。模块还可以在可编程硬件装置中实现，例如现场可编

程门阵列、可编程阵列逻辑、可编程逻辑装置等。

[0077] 模块也可以代码和/或软件实现,以便由各种类型的处理器执行。例如,所标识的代码模块可以包括一个或多个可执行代码的物理或逻辑块,其可以例如被组织为对象、过程或函数。然而,标识模块的可执行代码不需要物理地位于一起,而是可以包括存储在不同位置的不同指令,当这些指令逻辑地结合在一起时,包括该模块并实现该模块的规定目的。

[0078] 实际上,代码模块可以是单个指令,或者许多指令,并且甚至可以分布在若干不同的代码段上、在不同的程序之间,以及跨越若干存储器装置。类似地,操作数据可以在模块内被标识和示出,并且可以任何合适的形式体现并且组织在任何合适类型的数据结构内。操作数据可以被收集为单个数据集,或者可以分布在不同位置上,包括分布在不同的计算机可读存储装置上。在模块或模块的部分以软件实现的情况下,软件部分存储在一个或多个计算机可读存储装置上。

[0079] 可以利用一个或多个计算机可读介质的任何组合。计算机可读介质可以是计算机可读存储介质。计算机可读存储介质可以是存储代码的存储装置。存储装置可以是例如但不限于电子、磁、光、电磁、红外、全息、微机械或半导体系统、设备或装置,或者前述的任何合适的组合。

[0080] 存储装置的更具体的实例(非穷举列表)将包括以下装置:具有一个或多个导线的电连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM或闪存)、便携式光盘只读存储器(CD-ROM)、光存储装置、磁存储装置,或前述的任何合适的组合。在本文档的上下文中,计算机可读存储介质可以是任何有形介质,其可以包含或存储由指令执行系统、设备或装置使用或与指令执行系统、设备或装置结合使用的程序。

[0081] 用于执行例如操作的代码可以一种或多种编程语言的任意组合来编写,该编程语言包括面向对象的编程语言,例如Python、Ruby、Java、Smalltalk、C++,等等,以及传统的过程式编程语言,例如“C”编程语言,等等,和/或机器语言,例如汇编语言。代码可以完全在用户的计算机上执行,部分地在用户的计算机上执行,作为独立的软件包执行,部分地在用户的计算机上并且部分地在远程计算机上执行,或者完全在远程计算机或服务器上执行。在后一种情况下,远程计算机可以通过任何类型的网络连接到用户的计算机,包括局域网(LAN)或广域网(WAN),或者可以连接到外部计算机(例如,使用因特网服务提供商而通过因特网)。

[0082] 应理解,示意性流程图和/或示意性框图中的每个框以及示意性流程图和/或示意性框图中的框的组合可以由代码来实现。这些代码可以被提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生机器,使得经由计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令创建用于实现在示意性流程图和/或示意性框图的一个或多个框中指定的功能/动作的装置。

[0083] 代码还可以存储在存储装置中,该存储装置可以引导计算机、其他可编程数据处理设备或其他装置以特定方式工作,使得存储在存储装置中的指令产生包括实现示意性流程图和/或示意性框图的一个或多个框中指定的功能/动作的指令的制品。

[0084] 代码还可以加载到计算机、其他可编程数据处理设备或其他装置上,以导致在计算机、其他可编程设备或其他装置上执行一系列操作步骤,以产生计算机实现的过程,使得

在计算机或其他可编程设备上执行的代码提供用于实现流程图和/或框图的一个或多个框中指定的功能/动作的过程。

[0085] 附图中的示意性流程图和/或示意性框图示出了根据各种实例的设备、系统、方法和程序产品的可能实现方式的架构、功能和操作。在这点上,示意性流程图和/或示意性框图中的每个框可以表示代码的模块、段或部分,其包括一个或多个用于实现指定逻辑功能的代码的可执行指令。

[0086] 还应注意,在一些替代实现方式中,框中标注的功能可以不按图中标注的顺序发生。例如,连续示出的两个框实际上可以基本上同时执行,或者这些框有时可以相反的顺序执行,这取决于所涉及的功能。可以设想在功能、逻辑或效果上与所示附图的一个或多个框或其部分等效的其他步骤和方法。

[0087] 本主题可以其他特定形式来体现,而不脱离其精神或本质特征。所描述的实例在所有方面都应被认为仅是说明性的而非限制性的。在权利要求的等效含义和范围内的所有改变都将包含在其范围内。

[0088] 此外,本公开包括根据以下条款的实施方式:

[0089] 条款1.一种用于在部件(102)的层压材料中形成与嵌接修复引导件(120)中的第二空隙(142)匹配的第一空隙(144)的复制组件(122),该复制组件(122)包括:

[0090] 臂(134),包括第一端部(146)和第二端部(148),其中,第一端部(146)与第二端部(148)间隔开;

[0091] 探针(136),固定到臂(134)的第一端部(146)并且配置为追踪嵌接修复引导件(120)中的第二空隙(142);以及

[0092] 铣削工具(140),固定到臂(134)的第二端部(148),使得铣削工具(140)经由臂(134)与探针(136)可共同移动地联接。

[0093] 条款2.根据条款1所述的复制组件(122),还包括固定到第一端部(146)的手柄(138),其中,手柄(138)与探针(136)可共同移动地联接。

[0094] 条款3.根据条款1至2中任一项所述的复制组件(122),其中:

[0095] 探针(136)可响应于嵌接修复引导件(120)中的第二空隙(144)的轮廓变化而相对于臂(134)移动;

[0096] 铣削工具(140)与第二端部(148)可枢转地联接;以及

[0097] 铣削工具(140)响应于探针(136)相对于臂(134)的移动而相对于臂(134)枢转。

[0098] 条款4.根据条款1至3中任一项所述的复制组件(122),还包括联接到臂(134)的可铰接臂(130),其中,可铰接臂(130)可相对于部件(102)和嵌接修复引导件(120)手动地移动,以相对于部件(102)和嵌接修复引导件(120)手动地移动臂(134)。

[0099] 条款5.根据条款4所述的复制组件(122),其中,可铰接臂(130)可围绕至少三个旋转轴线手动地移动,使得探针(136)和铣削工具(140)可围绕至少三个旋转轴线手动地移动。

[0100] 条款6.根据条款4至5中任一项所述的复制组件(122),其中:

[0101] 臂(134)、探针(136)和铣削工具(140)形成臂组件(132);并且

[0102] 臂组件(132)选择性地可释放地联接到可铰接臂(130)。

[0103] 条款7.一种用于在部件(102)的层压材料中形成第一空隙(144)以修复部件(102)

的系统(100),该系统(100)包括:

[0104] 嵌接修复引导件(120),相对于部件(102)不可移动地固定并且包括第二空隙(142),其中,第一空隙(144)与第二空隙(142)匹配;以及

[0105] 臂组件(132),包括:

[0106] 臂(134),包括第一端部(146)和第二端部(148),其中,第一端部(146)与第二端部(148)间隔开;

[0107] 探针(136),固定到臂(134)的第一端部(146)并且配置为追踪嵌接修复引导件(120)中的第二空隙(142);以及

[0108] 铣削工具(140),固定到臂(134)的第二端部(148),使得铣削工具(140)经由臂(134)与探针(136)可共同移动地联接,其中,铣削工具(140)配置为在部件(102)中形成第一空隙(144)以在探针(136)追踪嵌接修复引导件(120)中的第二空隙(142)时匹配嵌接修复引导件(120)中的第二空隙(142)。

[0109] 条款8.根据条款7所述的系统(100),还包括:

[0110] 嵌接修复建模模块(144),配置为至少部分地基于与部件(102)中的异常(104)对应的数据来生成数字嵌接修复模型(116);以及

[0111] 嵌接修复引导件形成工具(118),配置为基于数字嵌接修复模型(116)来制造嵌接修复引导件(120)。

[0112] 条款9.根据条款8所述的系统(100),其中,嵌接修复引导件形成工具(118)包括增材制造机器。

[0113] 条款10,根据条款8至9中任一项所述的系统(100),还包括缺陷建模模块(110),该缺陷建模模块配置为基于与部件(102)中的异常(104)对应的数据来生成至少部件(102)中的异常(104)的计算机辅助设计(CAD)模型(112),其中,嵌接修复建模模块(114)还配置为至少部分地基于CAD模型(112)来生成数字嵌接修复模型(116)。

[0114] 条款11.根据条款10所述的系统(100),其中,嵌接修复建模模块(114)还配置为根据在生成至少部件(102)中的异常(104)的CAD模型(112)之前定义的嵌接修复参数来生成数字嵌接修复模型(116)。

[0115] 条款12.根据条款10至11中任一项所述的系统(100),还包括扫描工具(106),该扫描工具配置为扫描部件(102)以生成与部件(102)中的异常(104)对应的数据。

[0116] 条款13.根据条款7至12中任一项所述的系统(100),其中:

[0117] 臂组件(132)还配置为在部件(102)的表面(126)中形成第一空隙(144);并且

[0118] 嵌接修复引导件(120)不可移动地附接到部件(102)的表面(126)。

[0119] 条款14.一种制造用于修复部件(102)的层压材料的嵌接修复引导件(120)的方法(200),该方法(200)包括:

[0120] 扫描至少部件(102)的包含异常(104)的部分;

[0121] 响应于扫描至少部件(102)的包含异常(104)的部分而生成与异常(104)对应的数据;

[0122] 至少部分地基于与异常(104)对应的数据来生成数字嵌接修复模型(116);以及

[0123] 基于数字嵌接修复模型(116)来制造嵌接修复引导件(120)。

[0124] 条款15.根据条款14所述的方法(200),还包括基于与异常(104)对应的数据来生

成至少部件 (102) 中的异常 (104) 的计算机辅助设计 (CAD) 模型 (112), 并且其中, 基于 CAD 模型 (112) 来生成数字嵌接修复模型 (116)。

[0125] 条款16. 根据条款14至15中任一项所述的方法 (200), 其中, 与异常 (104) 对应的数据包括部件 (102) 的取向、部件 (102) 上的异常 (104) 的位置以及异常 (104) 的形状。

[0126] 条款17. 一种修复部件 (102) 的层压材料的方法 (300), 该方法 (300) 包括:

[0127] 用探针 (136) 追踪相对于部件 (102) 不可移动地固定的嵌接修复引导件 (120) 的第二空隙 (142);

[0128] 当探针 (136) 追踪第二空隙 (142) 时, 使铣削工具 (140) 与探针 (136) 共同移动; 以及

[0129] 在铣削工具 (140) 与探针 (136) 共同移动时用铣削工具 (140) 移除部件 (102) 的层压材料, 以在部件 (102) 的层压材料中形成与嵌接修复引导件 (120) 中的第二空隙 (142) 匹配的第一空隙 (144)。

[0130] 条款18. 根据条款17所述的方法 (300), 其中:

[0131] 用探针 (136) 追踪第二空隙 (142) 的步骤包括根据至少三个自由度中的任何一个来移动探针 (136); 以及

[0132] 使铣削工具 (140) 共同移动的步骤包括铣削工具 (140) 根据至少三个自由度中的任何一个的运动。

[0133] 条款19. 根据条款17至18中任一项所述的方法 (300), 其中:

[0134] 用探针 (136) 追踪第二空隙 (142) 的步骤包括响应于嵌接修复引导件 (120) 中的第二空隙 (142) 的轮廓变化而使探针 (136) 枢转; 以及

[0135] 使铣削工具 (140) 共同移动的步骤包括使铣削工具 (140) 与探针 (136) 共同枢转。

[0136] 条款20. 根据条款17至19中任一项所述的方法 (300), 其中, 用探针 (136) 追踪第二空隙 (142) 的步骤包括沿着第二空隙 (142) 手动地移动探针 (136)。

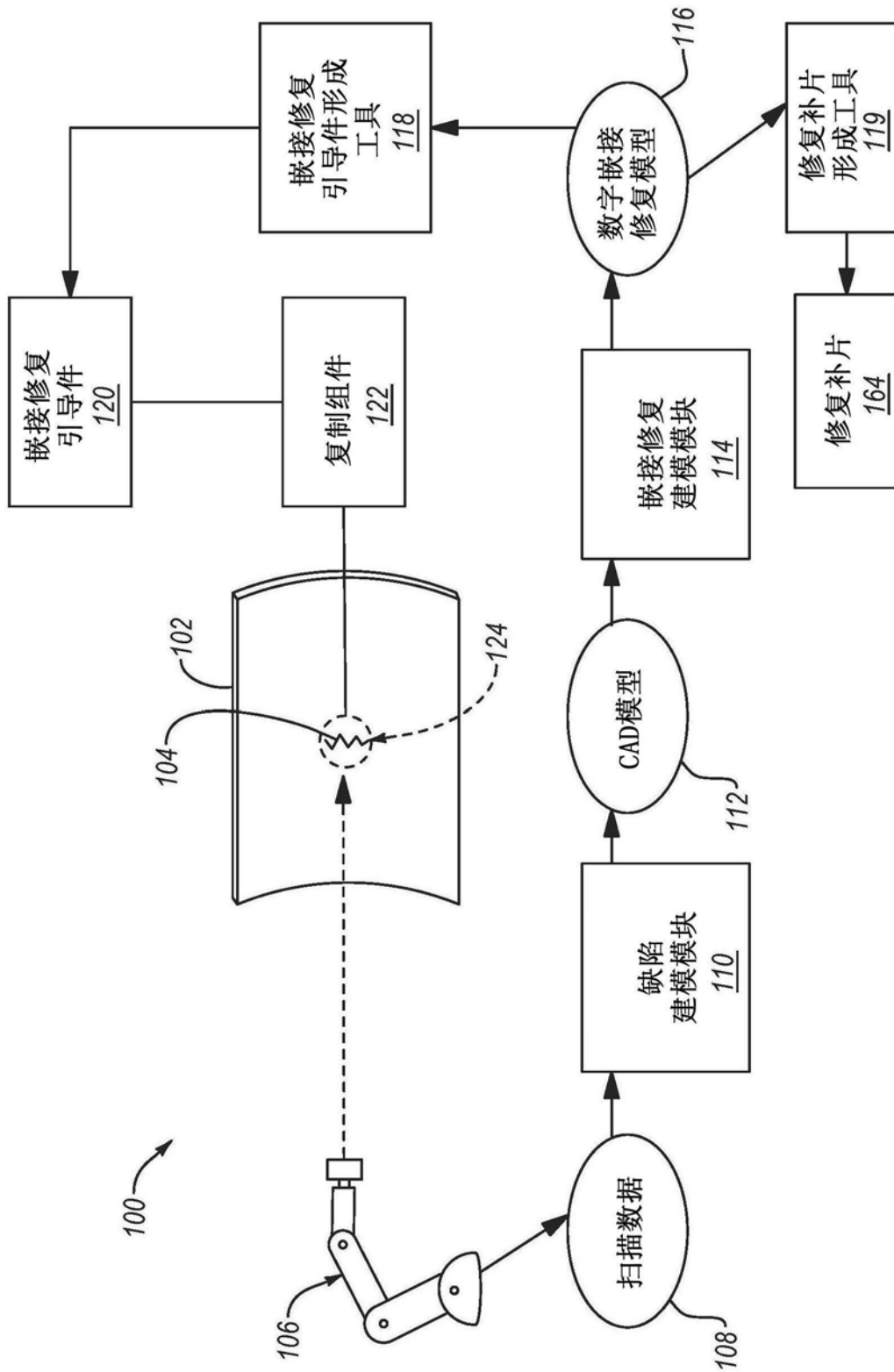


图1

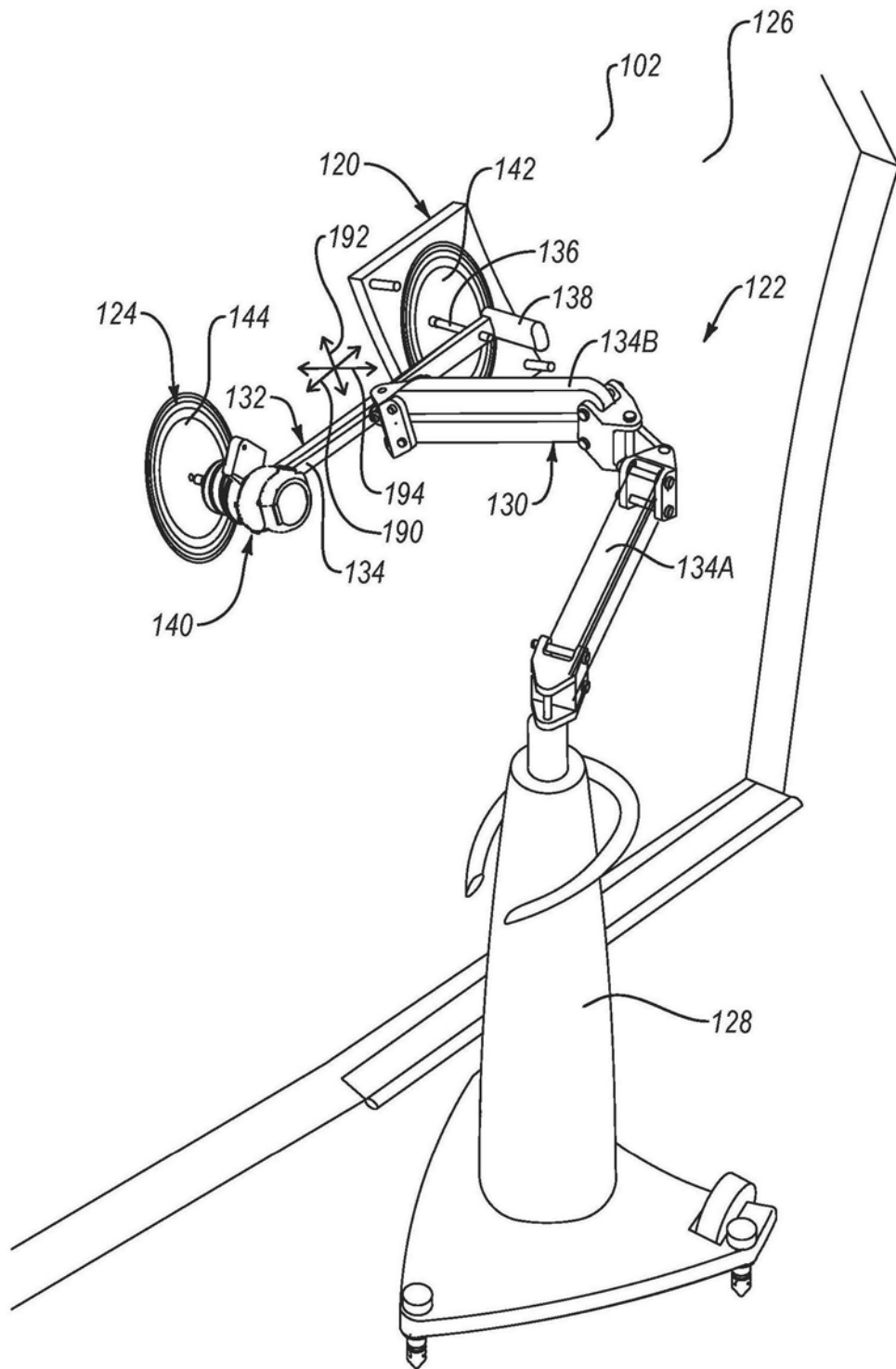


图2

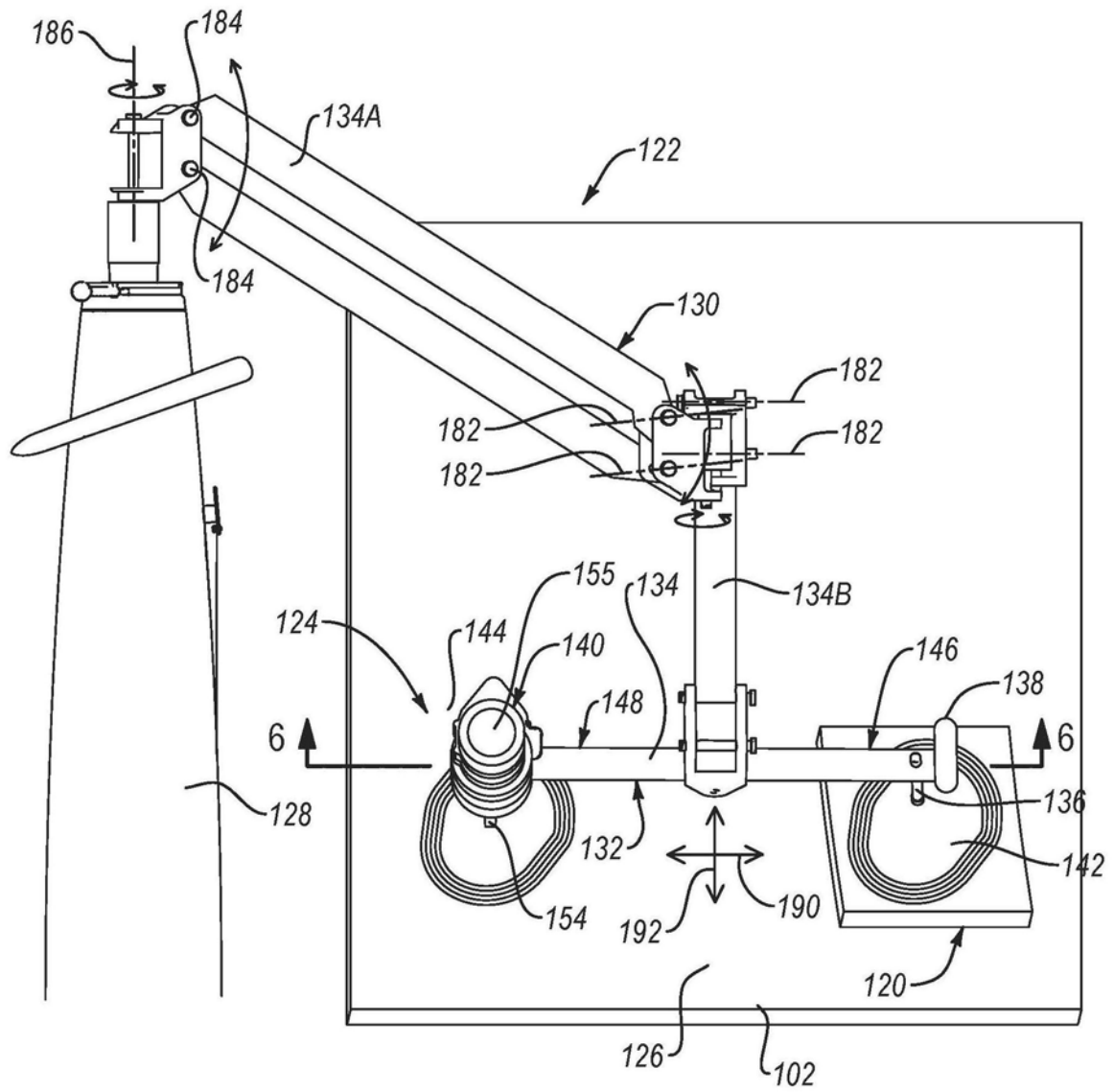


图3

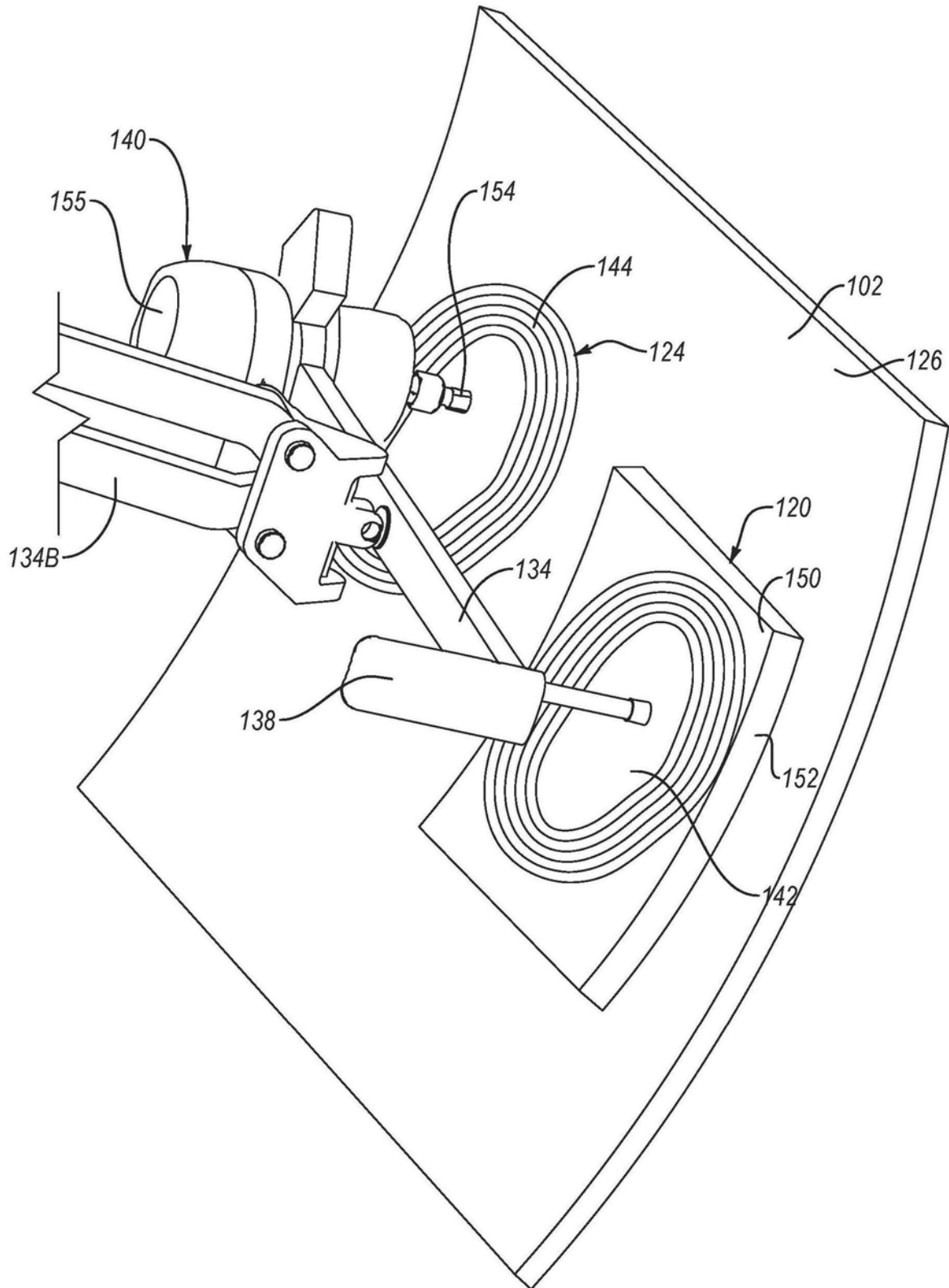


图4

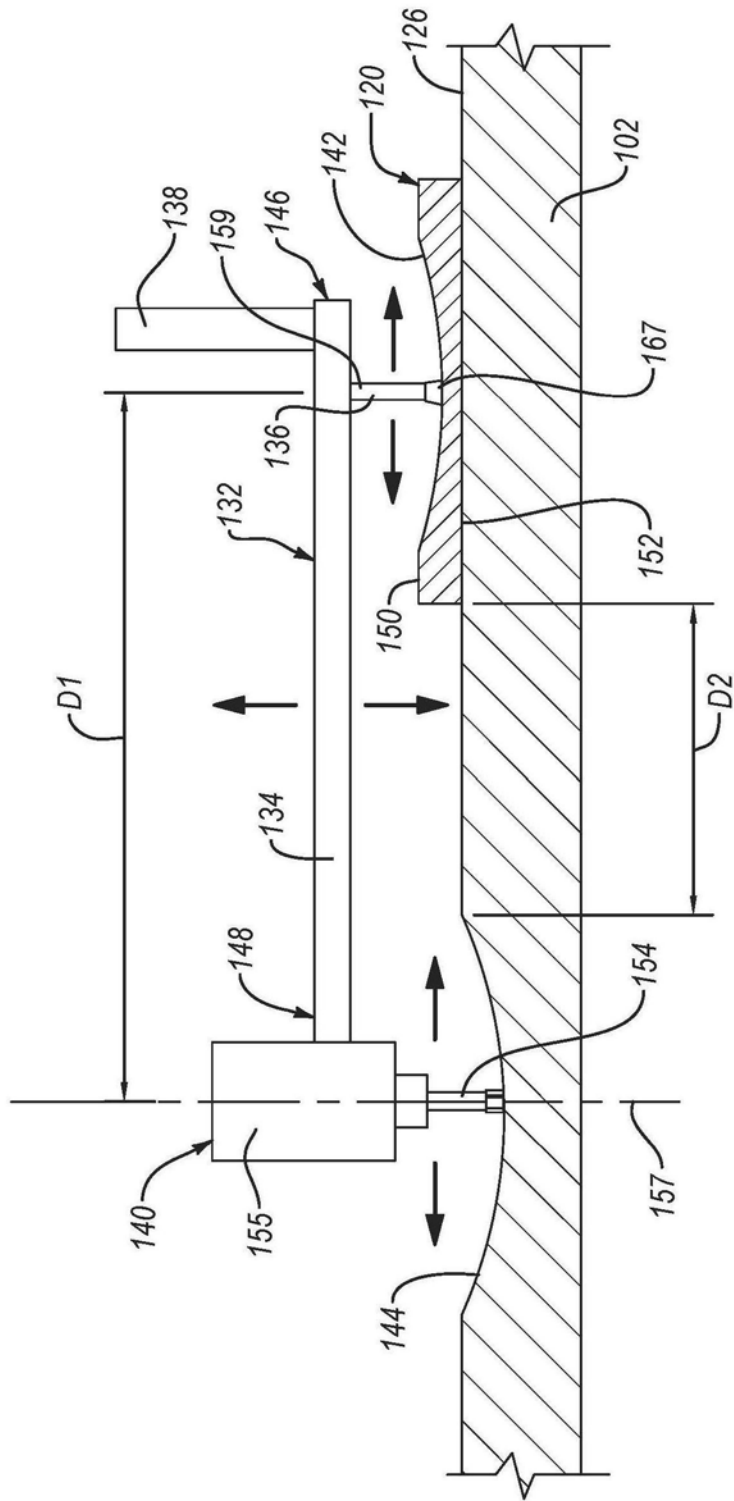


图6

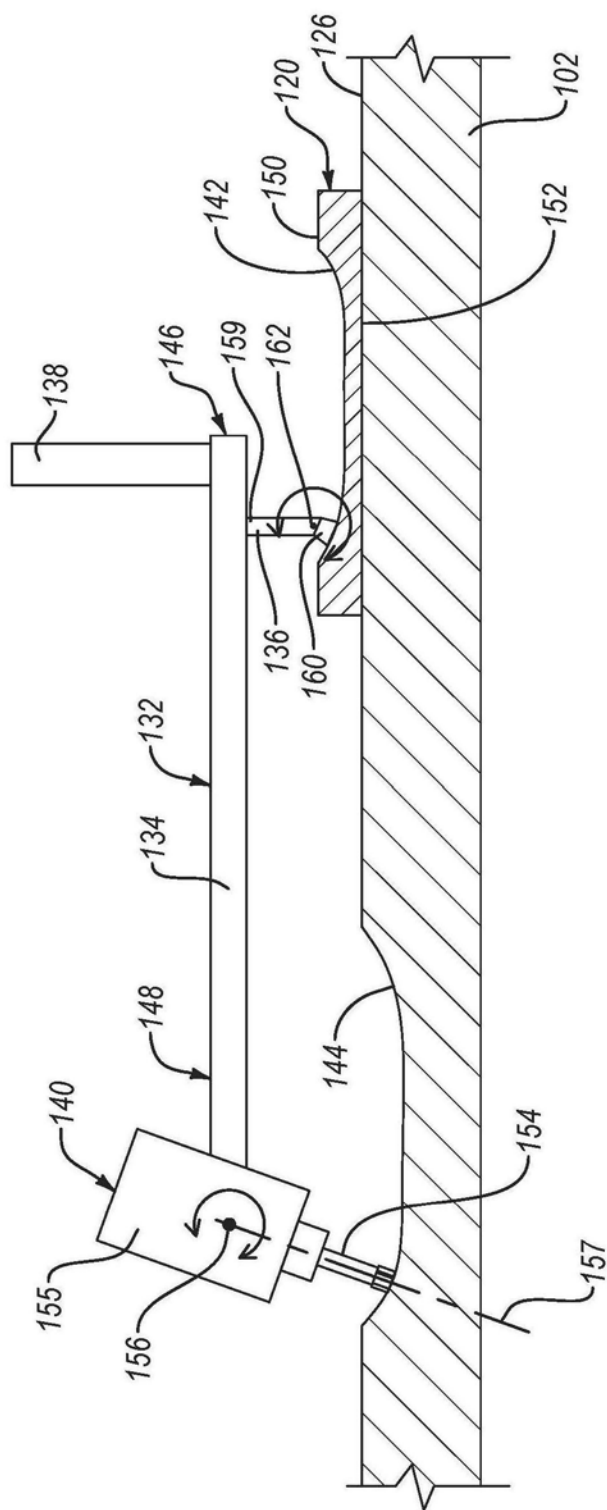


图8

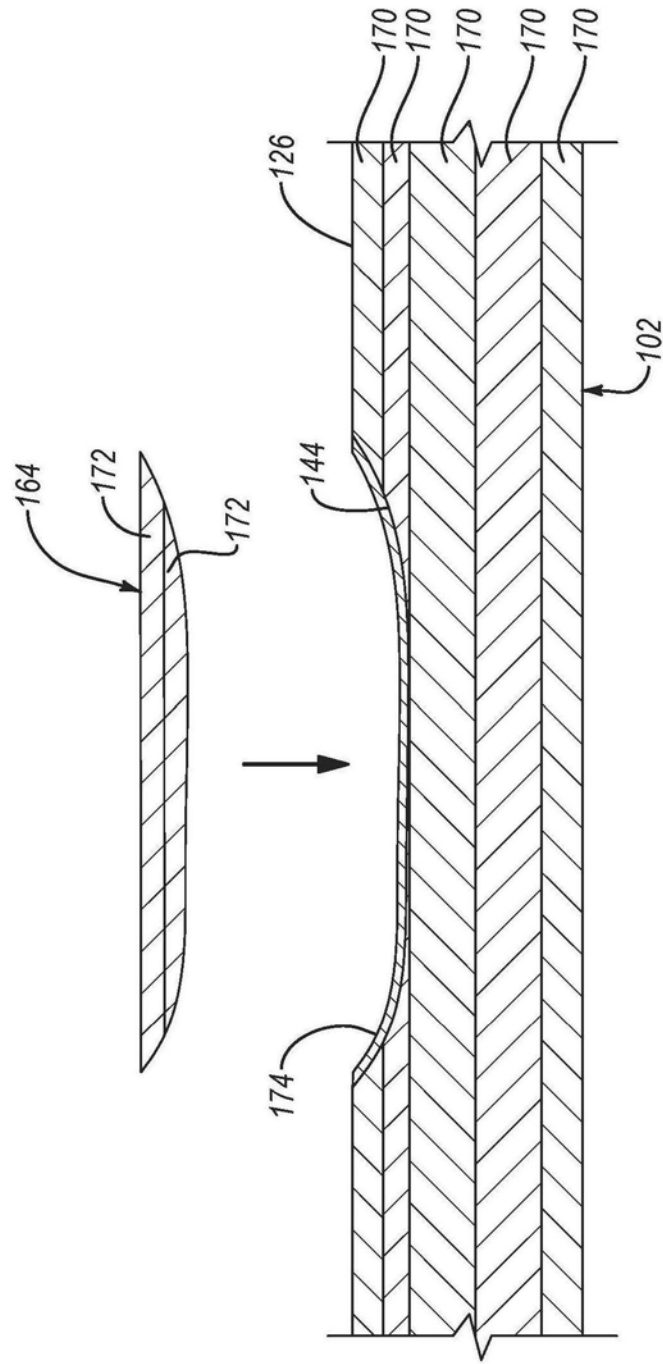


图9

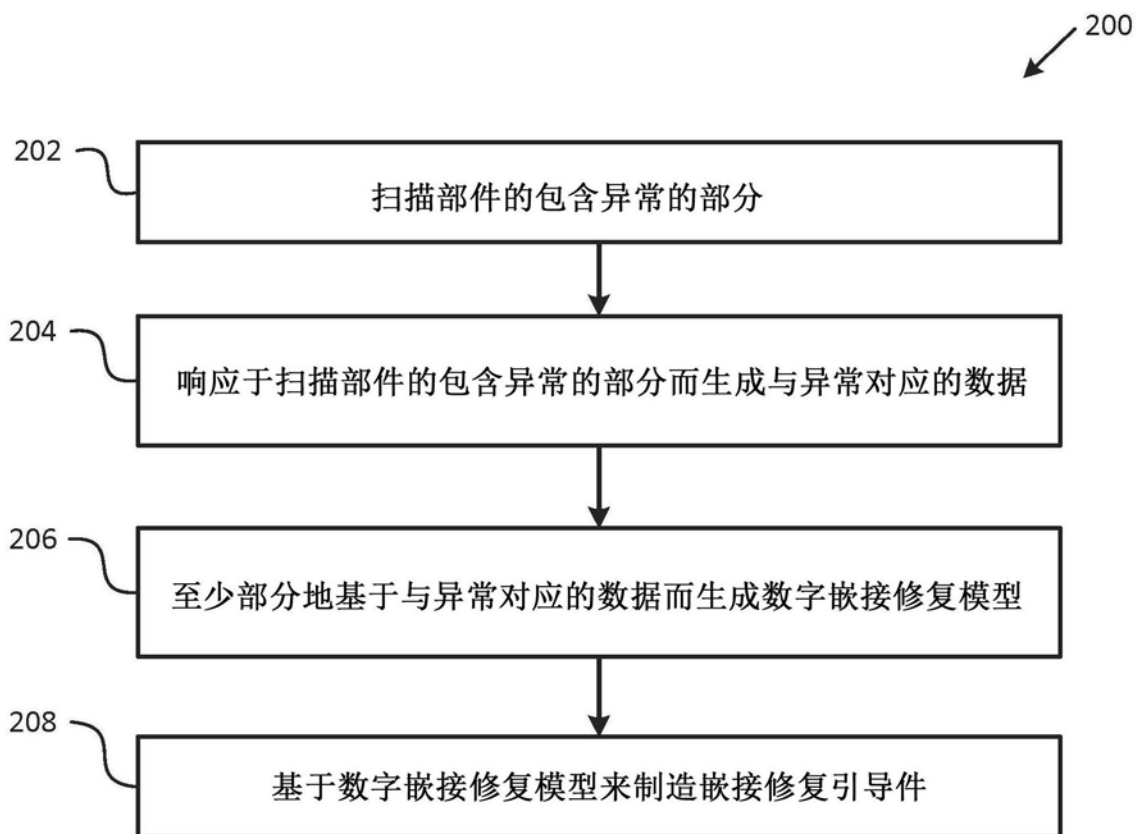


图10

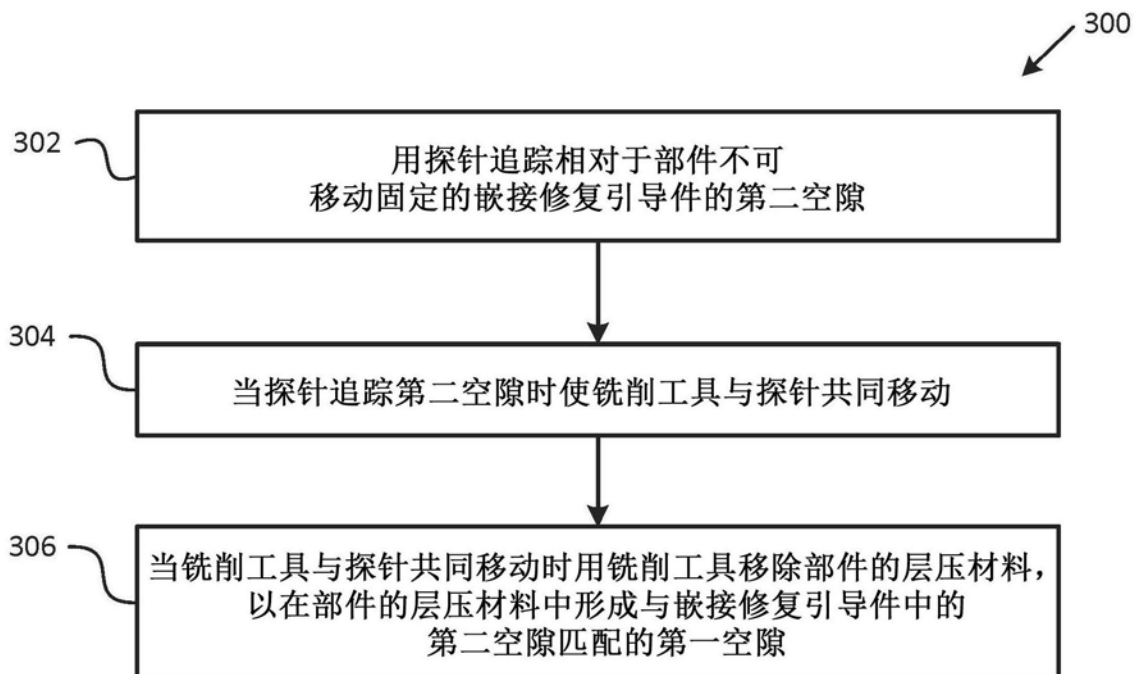


图11