



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104718058 B

(45)授权公告日 2017.12.19

(21)申请号 201380052712.1

(22)申请日 2013.09.12

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104718058 A

(43)申请公布日 2015.06.17

(30)优先权数据  
13/649,013 2012.10.10 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.04.09

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2013/059512 2013.09.12

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/058561 EN 2014.04.17

(73)专利权人 波音公司  
地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 R·T·洛夫特斯 J·M·鲁滨逊  
M·J·李

(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 赵蓉民

(51)Int.Cl.  
B29C 35/02(2006.01)  
B29C 33/38(2006.01)  
B29C 37/00(2006.01)  
B29C 70/46(2006.01)  
B29C 35/00(2006.01)  
B29D 99/00(2006.01)

(56)对比文件  
US 2009/0176026 A1,2009.07.09,  
CN 101448631 A,2009.06.03,  
FR 2587271 A1,1987.03.20,  
US 6458451 B1,2002.10.01,  
EP 2439060 A2,2012.04.11,

审查员 熊军

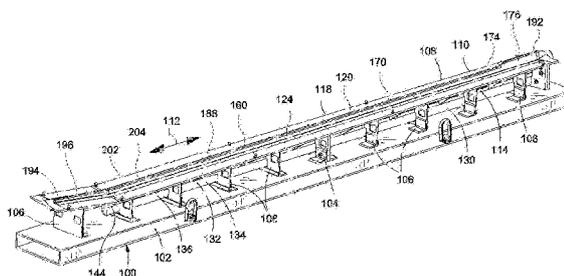
权利要求书3页 说明书12页 附图15页

(54)发明名称

用于固化复合零件的形状变形工具系统和  
方法

(57)摘要

工具系统可以包含固化工具和偏压元件。固化工具可以具有固化工具热膨胀系数(CTE)并且可以被配置为固化由具有不相似的组件CTE的两个或多个组件形成的复合制品。偏压元件可以被固定地附连到固化工具并且具有可以不同于固化工具CTE的偏压元件CTE。偏压元件可以被配置为当被加热时固化工具CTE和偏压元件CTE的结合在固化工具内引起热位移,并且复合制品被固化为变形形状。当已固化复合制品被冷却时,已固化复合制品可以基本呈现出设计的形状。



1. 一种工具系统,其包括:

固化工具(108),其具有固化工具热膨胀系数(CTE)(110)并且被配置为固化由具有不相似的组件CTE(176)的两个或多个组件(174)形成的复合制品(170),所述固化工具配置为支撑具有设计的形状的所述复合制品(170),并且所述复合制品(170)被加载到所述固化工具(108)上,使得所述固化工具支撑具有所述设计的形状的所述复合制品;

偏压元件(130),其被固定地附连到所述固化工具(108)并且具有不同于所述固化工具CTE(110)的偏压元件CTE(134);以及

所述偏压元件(130)被配置为使得当被加热时,所述固化工具CTE(110)和所述偏压元件CTE(134)的结合在所述固化工具(108)中引起热位移(150),并且所述复合制品(170)被固化为变形形状(162),使得当被冷却时,已固化复合制品(172)由于所述复合制品的所述不相似的组件CTE而基本上呈现出所述设计的形状(160)。

2. 根据权利要求1所述的工具系统(100),其中:

所述偏压元件(130)被固定地附连到所述固化工具(108)的某位置,使得所述热位移(150)与在无偏压固化工具(302)上固化的已固化复合制品(370)的冷却位移(350)在方向(154)上基本相反。

3. 根据权利要求2所述的工具系统(100),其中:

所述偏压元件(130)被配置为使得所述热位移(150)与在无偏压固化工具(302)上固化的已固化复合制品(370)的所述冷却位移(350)在幅度(152)上基本相等。

4. 根据权利要求1所述的工具系统(100),其中:

所述热位移(150)包括沿所述固化工具(108)的纵长方向(112)的弯曲(164)。

5. 根据权利要求1所述的工具系统(100),其中:

所述偏压元件(130)具有沿所述固化工具(108)的长度变化的至少一个偏压元件参数(132),所述偏压元件参数(132)包含以下参数中的至少一个:

所述偏压元件CTE(134);

偏压元件横截面(136);以及

偏压元件(130)硬度。

6. 根据权利要求5所述的工具系统(100),其中:

所述偏压元件参数(132)沿所述固化工具(108)的纵长方向(112)非线性变化。

7. 根据权利要求5所述的工具系统(100),其中:

所述偏压元件(130)包括具有不相似的偏压元件参数(132)的至少两个所述偏压元件(130);以及

所述偏压元件(130)被配置为在所述固化工具(108)内生成非线性热位移(150)。

8. 根据权利要求1所述的工具系统(100),其进一步包括:

支撑框架(102),用于支撑所述固化工具(108)并且被配置为限制所述固化工具(108)向与所述热位移(150)相关联的方向(154)的移动。

9. 一种工具系统(100),其包括:

固化工具(108),其具有固化工具热膨胀系数(CTE)(110)并且被配置为固化由具有不相似的组件CTE(176)的两个或多个组件(174)形成的复合制品(170),所述固化工具配置为支撑具有设计的形状的所述复合制品,并且所述复合制品(170)被加载到所述固化工具

(108) 上,使得所述固化工具支撑具有所述设计的形状的所述复合制品;

偏压元件 (130),其被固定地附连到所述固化工具 (108) 并且具有不同于所述固化工具 CTE (110) 的偏压元件 CTE (134);

所述偏压元件 (130) 被配置为使得当被加热到固化温度时,所述固化工具 CTE (110) 和所述偏压元件 CTE (134) 的结合在所述固化工具 (108) 中引起热位移 (150),并且所述复合制品 (170) 被固化为变形形状 (162),使得当被冷却到环境温度时,已固化复合制品 (172) 在不受约束时由于所述复合制品的所述不相似的组件 CTE 而基本呈现出所述设计的形状 (160); 以及

所述偏压元件 (130) 被固定地附连到所述固化工具 (108) 的某位置,使得所述热位移 (150) 与在无偏压固化工具 (302) 上固化的已固化复合制品 (370) 的冷却位移 (350) 在方向 (154) 上基本相反。

10. 一种制造复合制品 (170) 的方法,其包括:

提供固化工具 (108),该固化工具 (108) 具有与其固定地附连的偏压元件 (130),所述固化工具 (108) 具有固化工具热膨胀系数 (CTE) (110),所述偏压元件 (130) 具有不同于所述固化工具 CTE (110) 的偏压元件 CTE (134),所述固化工具配置为支撑具有设计的形状的复合制品;

将复合制品 (170) 加载在所述固化工具 (108) 上,使得所述固化工具支撑具有所述设计的形状的所述复合制品,所述复合制品 (170) 由具有不相似的组件 CTE (176) 的组件 (174) 组成;

将所述复合制品 (170) 和所述固化工具 (108) 加热到固化温度;

由于所述固化工具 CTE (110) 和所述偏压元件 CTE (134) 间的差异使得响应于将所述固化工具 (108) 的温度升高到所述固化温度,使所述固化工具 (108) 变形成变形形状 (162);

将所述复合制品 (170) 固化为所述变形形状 (162); 以及

冷却已固化复合制品 (172),使得所述已固化复合制品 (172) 由于所述复合制品的所述不相似的组件 CTE 而从所述变形形状 (162) 改变形状为所述设计的形状 (160)。

11. 根据权利要求 10 所述的方法,其进一步包括以下步骤:

向所述固化工具 (108) 提供附连到所述固化工具 (108) 的某位置的偏压元件 (130),使得所述已固化复合制品 (172) 的热位移 (150) 与在无偏压固化工具 (302) 上固化的已固化复合制品 (370) 的冷却位移 (350) 在方向 (154) 上基本相反。

12. 根据权利要求 10 所述的方法,其进一步包括以下步骤:

向所述固化工具 (108) 提供偏压元件 (130),所述偏压元件 (130) 具有沿所述固化工具 (108) 的纵长方向 (112) 变化的偏压元件参数 (132),所述偏压元件参数 (132) 包含以下参数中的至少一个:

所述偏压元件 CTE (134);

偏压元件横截面 (136); 以及

偏压元件 (130) 硬度。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,其进一步包括以下步骤:

向所述固化工具 (108) 提供偏压元件 (130),所述偏压元件 (130) 具有沿所述固化工具 (108) 的所述纵长方向 (112) 非线性变化的偏压元件参数 (132)。

14. 根据权利要求12所述的方法,其进一步包括以下步骤:

向所述固化工具(108)提供偏压元件(130),所述偏压元件(130)由具有不相似的偏压元件参数(132)的至少两个偏压元件(130)形成,所述不相似的偏压元件参数(132)被配置为在所述固化工具(108)中生成非线性热位移(150)。

15. 根据权利要求10所述的方法,其进一步包含以下步骤:

当被加热到所述固化温度时,允许所述固化工具(108)和所述复合制品(170)弯曲成所述变形形状(162);以及

当冷却到环境温度时,允许所述复合制品(170)基本呈直线地成为所述设计的形状(160)。

## 用于固化复合零件的形状变形工具系统和方法

### 技术领域

[0001] 本公开总体涉及复合材料制造并且更特别地,涉及在复合材料制品的固化期间控制热诱导形状变形。

### 背景技术

[0002] 由于复合材料具有优秀的硬度和强度属性以及抗腐蚀性,所以许多直升机和其他旋翼飞机的主旋翼叶片是由复合材料制作的。这种高硬度和强度属性为处于直升机的高振动环境中的旋翼叶片提供了增加的疲劳寿命。此外,复合材料提供了一种手段以便对沿旋翼叶片的跨度的不同位置处的质量和硬度特性进行调适,以便优化旋翼叶片的气动弹性性能。

[0003] 在这方面,主旋翼叶片可以用被定位在旋翼叶片的翼型形状内的不同位置的不同类型的材料构造,以实现具体的结构硬度和平衡特性。不同的材料也可以被定位在沿翼型形状的具体位置处,或者材料厚度可以沿着长度变化以便为旋翼叶片提供可操作的耐用性。例如,金属蒙皮可以被包含在旋翼叶片的复合翼梁的前缘上,以便为旋翼叶片提供侵蚀耐久性。

[0004] 在旋翼叶片内用于不同组件的不同类型的材料的使用可以导致不相似材料的热膨胀特性的失衡。例如,金属蒙皮可以具有比复合翼梁的热膨胀系数更高的热膨胀系数。金属蒙皮可以以固化工具内提高的固化温度被粘合地接合到复合翼梁。金属蒙皮和复合翼梁的不同的热膨胀系数可以导致金属蒙皮沿着纵长方向收缩大于复合翼梁的收缩程度。因为在粘合固化期间发生的交叉接合,刚性接合线在金属蒙皮和复合翼梁之间形成。从固化温度冷却下来后,刚性粘结线导致了金属蒙皮和复合翼梁间的应力累积,其可以导致形状变形,例如已固化翼梁组件内的弯曲。

[0005] 在旋翼叶片的制造期间使形状变形最小化的常规途径包含使用固化工具,其被设计为具有高刚性,和/或其具有低热膨胀系数以便在固化周期期间使变形最小,从而试图将旋翼叶片维持在期望(如,笔直的)形状。在尝试将旋翼叶片组件锁定在期望的笔直状态的过程中,复杂的保持特征也可以被并入子组装件零件以及随后的固化工具内。不幸的是,常规途径不能恰当地解决由于固化后不相似材料关于热收缩性的失衡而导致的在复合旋翼叶片内发生的形状变形(如,弯曲)。已固化复合子组装件内的这种形状变形可以在将已固化子组装件装配到随后的固化工具的过程中提出挑战并且危害最终零件的集成度。

[0006] 如能够看到的,在本领域内存在对用于最小化或消除由不相似材料组成的已固化复合制品的形状变形的系统和方法的需要。

### 发明内容

[0007] 与复合结构内热诱导的形状变形相关联的上文指出的需要具体地通过本公开而被解决和缓解,本公开提供了一种具有固化工具和偏压元件的工具系统。固化工具具有固化工具热膨胀系数(CTE)并且可以被配置为固化由具有不相似组件CTE的两个或多个组件

形成的复合制品。偏压元件可以被固定地附连到固化工具并且具有可以不同于固化工具CTE的偏压元件CTE。偏压元件可以被配置为使得当受热时固化工具CTE和偏压元件CTE的结合导致热位移进入固化工具的变形形状内。复合制品可以被固化为变形形状,使得当冷却时,已固化复合制品可以基本呈现出设计的形状。

[0008] 在进一步的实施例中,公开了一种工具系统,其包括具有固化工具热膨胀系数(CTE)并且可以被配置为固化由具有不相似组件CTE的两个或多个组件形成的复合制品的固化工具。工具系统可以进一步包含可以被固定地附连到固化工具的偏压元件。偏压元件可以具有不同于固化工具CTE的偏压元件CTE。偏压元件可以被配置为使得当被加热到固化温度时,固化工具CTE和偏压元件CTE的结合导致固化工具内的热位移,并且复合制品被固化成变形形状,使得当冷却到环境温度时,固化复合制品在不被约束的情况下基本上呈现出设计的形状。偏压元件可以在固化工具上的某位置处被固定地附连到固化工具,从而使热位移与被固化在无偏压固化工具上的已固化复合制品的冷却位移在方向上基本相反。

[0009] 还公开了一种制造复合制品的方法,该方法可以包含提供固化工具,该固化工具具有被固定地附连到其上的偏压元件。固化工具具有固化工具热膨胀系数(CTE)。偏压元件可以具有不同于固化工具CTE的偏压元件CTE。该方法可以包含将复合制品加载在固化工具上。复合制品可以由具有不相似组件CTE的组件构成。该方法可以包含将复合制品和固化工具加热到固化温度。该方法可以额外地包含由于固化工具CTE和偏压元件CTE的差异而响应于将固化工具的温度提高到固化温度,将固化工具变形成变形形状。该方法也可以包含将复合制品固化成变形形状,并且然后冷却已固化复合制品,从而使已固化复合制品从变形形状改变形状为设计的形状。

[0010] 已经论述的特征、功能以及优点能够在本公开的不同实施例中独立实现,或者可以在又一些其他的实施例中结合,其更多细节通过参考之后的描述和以下附图能够被获知。

## 附图说明

[0011] 通过参考附图,本公开的这些和其他的特征将变得更加明显,其中全文相同标号指相同的零件,并且其中:

[0012] 图1是旋翼叶片的翼梁组装件的透视图,所述旋翼叶片包括预固化复合D翼梁和被接合到D翼梁的金属侵蚀带,并且其中D翼梁和金属侵蚀带可以具有不相似的热膨胀系数(CTE);

[0013] 图2是工具系统的一个实施例的透视图,所述工具系统可以被实施用于将金属带接合到D翼梁前缘以形成图1中说明的翼梁组装件;

[0014] 图3是工具系统的侧视图,其说明了固化工具被支撑在支撑框架上并且进一步说明了偏压元件被固定地附连到固化工具的工具基座的下侧,并且其中偏压元件的热膨胀系数(CTE)不同于固化工具CTE;

[0015] 图4是沿图3中的线4获得的工具系统的横截面视图,并且说明了偏压元件被附连到工具基座的下侧,并且进一步说明了被加载在由工具基座和工具盖限定的固化工具腔内的金属侵蚀带和复合D翼梁;

[0016] 图5是固化工具的透视图,所述固化工具具有被安装到工具基座的上侧的工具盖

并且偏压元件被固定地附连到工具基座的下侧；

[0017] 图6是固化工具、偏压元件以及翼梁组装件的分解透视图并且其说明了可以被加载到固化工具内的金属侵蚀带和D翼梁；

[0018] 图7是包含工具盖、固化工具、偏压元件的工具系统的分解横截面图，并且其进一步说明了可以使用固化工具而接合到D翼梁的翼梁组装件；

[0019] 图8是缺少偏压元件的无偏压工具系统的分解侧视图；

[0020] 图8A是包含工具盖和工具基座而无偏压元件的无偏压工具系统的分解横截面图；

[0021] 图9是图8中的无偏压工具系统处于组装状态的侧视图；

[0022] 图9A是图9的无偏压工具系统的横截面图；

[0023] 图10是被固化在无偏压工具系统内的翼梁组装件的侧视图并且说明了由于复合D翼梁和金属侵蚀带的不相似的热膨胀系数而发生在翼梁组装件内的具有沿翼展方向的弯曲形式的冷却位移；

[0024] 图11是根据本文公开的工具系统的一个实施例的分解侧视图，所述工具系统具有被固定地附连到工具基座的下侧的偏压元件；

[0025] 图11A是图11的工具系统的分解侧视图；

[0026] 图12是在图11-11A的工具系统内正被固化的翼梁组装件的侧视图并且说明了当被加热到固化温度时由于偏压元件CTE和固化工具CTE之间的差异而导致的并且引起翼梁组装件被固化成变形(如,弯曲)形状的固化工具内的热位移；

[0027] 图13是从固化温度冷却下来后被从工具系统中去除的翼梁组装件的侧视图，并且使得翼梁组装件呈现出沿翼展方向基本笔直或无弯曲的形状；以及

[0028] 图14是说明了可以被包含在制造复合制品的方法内的一个或多个操作的流程图。

### 具体实施方式

[0029] 现在参考附图，其中的显示内容是出于说明本公开的优选且不同实施例的目的，图1中所显示的是用于(例如用于直升机的)旋翼叶片190的翼梁组装件202的透视图。翼梁组装件202包括复合制品170，其包含具有不同的组件热膨胀系数(CTE) 176的至少两个组件174。在这方面，翼梁组装件202可以包含复合组件174，其包括从旋翼叶片190的根部192延伸到尖端194的复合D翼梁204，并且复合D翼梁204可以具有后掠尖端部分196。复合D翼梁204可以被形成为具有复合叠层热膨胀系数(CTE) 180的纤维增强材料复合叠层178。翼梁组装件202可以进一步包含金属组件182，其包括具有金属组件CTE 184的金属带186。金属带186可以升高的固化温度被粘连地接合到复合D翼梁204的前缘200。尽管金属带186被显示为从根部192延伸到后掠尖端部分196，但是主旋翼叶片190可以被构造为使得金属带186可以终止在任何位置，例如在尖端194处。

[0030] 图2说明了工具系统100的一个实施例，所述工具系统100可以有利地被用于制造复合制品170(例如图1中说明的翼梁组装件202)的制造过程中而没有已固化复合制品172中的显著的形状变形。例如，图2中的工具系统100可以被用于固化粘合剂188(图1)，以便在升高的固化温度下将金属带186(图1)接合到复合D翼梁204。但是，如在此公开的工具系统100可以被配置为制造具有各种不同尺寸、形状以及配置中的任何一种(但不作为限制)的复合制品170，并且不限于制造旋翼叶片190的翼梁组装件202(图1)。

[0031] 而且,在此公开的工具系统100和方法不限于固化用于接合不相似的组件174的粘合剂188(图1)。在这方面,在此公开的工具系统100可以被实施以用于由具有不相似组件CTE 176的两个或多个组件174(如,材料)组成的任何类型的复合制品170的任何类型的升高温度的处理。例如,工具系统100和方法可以被实施以用于固化包含至少一个未固化复合叠层178(图1)的复合制品170和/或用于在接合具有不相似组件CTE 176的两个组件174的接合操作过程中固化粘合剂188。工具系统100也可以被实施以用于在升高处理温度下的共同固化操作和/或共同接合操作,或用于复合制品170中的在升高处理温度下的任何其他类型的操作,所述复合制品170包括具有不同组件CTE 176的至少两个组件174。

[0032] 例如,工具系统100可以被实施以便处理由复合组件形成的复合制品170。这种复合组件可以包含由纤维增强聚合材料形成的复合叠层178(图1),所述纤维增强聚合材料例如纤维增强热塑性基体或者例如环氧树脂或任何其他类型树脂的纤维增强热固性基体或树脂。热塑性树脂或热固性树脂可以采用各种不同类型纤维中的任何一种而增强,所述纤维包含但不限于,碳纤维、玻璃纤维、聚芳基酰胺纤维以及其他类型纤维。工具系统100也可以被实施以便处理包含金属组件、复合组件和/或非金属组件或者其任何结合的复合制品170,其中至少两个组件具有不相似的组件CTE 176。

[0033] 在图2中,工具系统100可以包含基本刚性的支撑框架102以便支撑包含将被固化的复合制品170的固化工具108。固化工具108可以包含固化工具腔120以便包含例如处于设计的形状160中的复合制品170。固化工具108可以有利地包含偏压元件130,其可以被固定地附连到固化工具108。有利的是,偏压元件130可以具有不同于固化工具CTE 110的偏压元件CTE 134。正如将在下文更详细地描述的,偏压元件130的尺寸可以设置为、配置为、并且被定位在固化工具108上,从而当固化工具108和复合制品170被加热到固化温度时,固化工具CTE 110和偏压元件CTE 134的结合导致固化工具108变形。例如,当固化工具108和复合制品170被升高到固化温度或者其他处理温度时,固化工具CTE 110和偏压元件CTE 134的结合可导致固化工具108经历热位移150(图12)或形状改变。固化工具108内的复合制品170可以被固化成变形形状162(图12),从而当复合制品170从固化温度冷却到降低的温度例如环境温度或室温时,已固化复合制品172当不受固化工具108约束时可以呈现出设计的形状160,正如在下文更加详细地所述的。

[0034] 在图2-3中,支撑框架102可以包含在支撑框架102和固化工具108间延伸的多个支架104、106。支架104、106可以被附连到固化工具108并且可以被通常垂直地取向并且可以彼此间隔开。支架中的一个或多个可以包括固定支架104并且剩余的支架可以是浮动支架106。例如,在图2-3中,位于中央的支架中的一个可以是固定支架104,并且剩余支架可以是浮动支架106。固定支架104(如,非浮动支架)可以被配置为将固化工具108中的某点与支撑框架102不可移动地固定以防止在固化工具108上的该位置处固化工具108相对于支撑框架102移动。一个或多个浮动支架106可以被配置为允许固化工具108和偏压元件130在热位移150(图12)方向154(图12)上移动,同时约束固化工具108在其他方向上的移动,例如扭转移动、横向移动或者不在热位移150的方向154上的固化工具108的任何其他移动。

[0035] 参考图4,显示的是工具系统100的横截面,其说明了被支架104、106支撑的固化工具108自支撑框架102向上延伸。在图4中横截面的位置处,固化工具108被显示为被非垂直取向,其可以说明可以被设计成旋翼叶片190(图5)的翼梁组装件202(图5)的顺翼展方向的

叶片扭转。支撑框架102可以被配置为相对刚性结构,该刚性结构被配置为向支撑框架102提供相对高的扭转硬度和高抗弯硬度。支撑框架102的高扭转硬度和抗弯硬度可以将固化工具108和偏压元件130的移动约束或限制为对应于热位移150(图12)的移动。在这方面,支撑框架102可以被配置为基本防止或最小化固化工具108的移动,例如复合制品170在以升高的固化温度固化期间可能不期望呈现出的固化工具108的不期望的扭转移动或横向移动。

[0036] 在固化本文所述的旋翼叶片190(图5)的翼梁组装件202(图5)的背景下,固化工具108和偏压元件130的热位移150(图12)可以包含当被如上文所述地加热时,固化工具108和偏压元件130的热诱导弯曲164(图12)变为变形形状162。支撑框架102和支架104、106可以被配置为防止固化工具108的扭转或横向移动。支撑框架102和支架104、106可以被配置为允许固化工具108和偏压元件130在加热时热膨胀从而促使固化工具108的弯曲164变为变形形状162,使得一旦冷却下来后,已固化复合制品172呈现出设计的形状160,其中已固化复合制品172是基本笔直的。从固化温度下的变形形状162改变到环境温度(如,室温)下的设计的形状160是由于热诱导的机械应力引起的,由于已固化复合制品172的不相似组件CTE 176,所述热诱导的机械应力在冷却过程中发生在已固化复合制品172中。

[0037] 可以意识到的是,固化工具108和偏压元件130可以被配置为各种不同形状、尺寸以及配置中的任何一种,以便促进固化工具108内任何类型或方向154的热位移150,并且不限于固化工具108的热位移150变为弯曲的形状(图12)。在这方面,固化工具108和偏压元件130可以被配置为使得热位移150导致多维热位移150,其中固化工具108变形成复杂的曲率形状,并且不限于实质上的一维热位移150,例如本文公开的翼梁组装件202(图5)的一维弯曲。而且,固化工具108和偏压元件130可以被配置为在升高的固化温度或处理温度下的固化工具108内引起非线性热位移150,正如下文更详细地描述的。

[0038] 在图4中,在一个实施例中,偏压元件130可以由例如钛或其他金属或非金属材料形成。固化工具108可以由殷钢、钢或其他合金形成。固化工具108也可以由复合材料或者其他非金属材料形成。偏压元件130可以由具有不同于固化工具CTE 110的偏压元件CTE 134的任何材料形成。在所示实施例中,偏压元件130可以被固定地附连到固化工具108的下侧。例如,偏压元件130可以在偏压工具130和固化工具108之间的界面144处被固定地附连到固化工具108。工具系统100可以包含支架104、106(图3)内的切口,使得支架104、106相对于偏压元件130非接触地排列以便允许偏压元件130在加热和冷却期间不受约束的热膨胀和收缩。可替换地,固化工具108上的每个支架位置可以包含在偏压元件130的相对侧面上的分开的支架104、106,并且其中支架104、106相对于偏压元件130非接触地排列以便允许其在加热和冷却期间不受约束地热膨胀及收缩。

[0039] 在图4中,偏压元件130可以包括由任何合适的金属材料和/或非金属材料形成的基本刚性的构件,并且其中偏压元件130具有不同于固化工具CTE 110的偏压元件CTE 134。例如,偏压元件CTE 134可以低于或高于固化工具CTE 110,以便使固化工具108的热位移150(图12)的期望方向154(图12)变为变形形状162。在所示实施例中,偏压元件130可以被固定地附连到固化工具108。例如,偏压元件130可以用防止偏压元件130和固化工具108间至少在固化工具108的纵长方向112(图3)上的相对移动的方式被机械地紧固、结合或者以其他方式附连到固化工具108。用这种方式,偏压元件的热膨胀和收缩可以被直接给予固化

工具108。但是,可以预期的是,偏压元件130可以用防止两者间的至少沿着与热位移150相应的方向154的相对移动的方式被附连到固化工具108,并且可以允许在与热位移150不相关的方向上的相对移动的方式浮动。

[0040] 参考图5,所显示的是固化工具108和偏压元件130的透视图,其中支撑框架和支架为了清晰而被省略。偏压元件130可以从固化工具108的根部192末端延伸到复合制品170的后掠尖端194部分的位置。但是,偏压元件130可以被配置为沿着固化工具108的任何长度或部分延伸并且不限于沿着固化工具108的全部长度延伸。而且,偏压元件130可以被配置为非连续构件以便当被升高到固化温度或者其他处理温度时,在固化工具108内实现期望的变形形状162。在所示的实施例中,偏压元件130可以被提供有偏压元件长度142(图6)并且具有任何尺寸、形状以及配置(但不作为限制)的偏压元件横截面136,以便在冷却之前实现已固化复合制品172的期望变形形状。

[0041] 参考图6,所显示的是固化工具108、偏压元件130以及翼梁组装件202的分解图。在所示的实施例中,偏压元件130可以被提供有沿着固化工具108的纵长方向112延伸的偏压元件长度142。偏压元件130可以具有任何尺寸、形状以及配置(但不作为限制)的偏压元件横截面136。在这方面,偏压元件130不限于图6中所示的大体矩形形状的偏压元件横截面136。

[0042] 在图6中,金属带186(如,侵蚀带)被显示为在安装到复合D翼梁204的前缘200上之前并且在加载已组装金属带186和复合D翼梁204到固化工具腔120内之前。固化工具108盖可以沿着固化工具108的长度延伸并且可以被配置为封闭固化工具腔120,以便包含将被固化的复合制品170(如,翼梁组装件202)。应该注意到,尽管本文公开的固化工具108包含由工具盖124封闭的凹形固化工具腔120,但是固化工具108可以被提供为包含凸形固化工具配置(未显示)的任何配置,其中例如复合叠层的复合制品可以被应用在凸形固化工具之上。固化工具108可以被提供为任何的尺寸、形状以及配置并且可以包含与其固定地附连并且具有不同于固化工具CTE 110的偏压元件CTE 134(图5)的偏压元件130,以便引起复合制品170内的热位移150(图12),该热位移150使得已固化复合制品172在从固化温度冷却下来后呈现出设计的形状160。

[0043] 参考图7,所显示的是包含工具盖124、固化工具108以及偏压元件130的工具系统100的分解图。还显示了包含金属带186的翼梁组装件202,所述金属带186可以被应用到复合D翼梁204并且被加载到固化工具腔120内以便固化粘合剂188,从而将金属带186接合到复合D翼梁204。固化工具腔120可以由模制部分116和工具盖124限定。工具基座114可以包含从模制部分116横向向外延伸的一对基座法兰118。工具盖124可以包含盖部分126和从该盖部分126横向向外延伸的一对盖法兰128。盖法兰128可以接收在相应的一对凹槽122内,凹槽122可以在基座法兰118内形成以维持盖部分126与模制部分116对准。工具盖124可以被配置为与工具基座114可移除地匹配。盖部分126和模制部分116可以共同限定或封闭固化工具腔120。

[0044] 在图7中,偏压元件130被显示为具有偏压元件横截面136,其中矩形形状具有偏压元件宽度140和偏压元件高度138。但是,偏压元件横截面136可以被提供为任何形状和尺寸并且不局限于矩形形状。该这方面进一步地,偏压元件横截面136可以沿固化工具108的长度变化。例如,为了在加热到升高的固化温度期间实现固化工具108的非线性变形,偏压元

件横截面136面积可以通过使偏压元件宽度140、偏压元件高度138和/或偏压元件形状变化而变化。

[0045] 偏压元件130被显示为安装在工具基座114的底面上。由于偏压元件CTE 134不同于固化工具CTE 110,因此偏压元件130在纵长方向112内的热膨胀使得固化工具108和偏压元件130经历热位移150(图12),在此期间,固化工具108和偏压元件130呈现弯曲的变形形状162。如可以意识到的是,偏压元件130可以在固化工具108上的某位置处被固定地附连到固化工具108,从而使热位移150与方向154(图12)基本相反并且基本上等于在无偏压固化工具302(图9-9A)上固化的已固化复合制品370(图10)的冷却位移350(图10)的幅度152(图12),正如下文更详细描述。

[0046] 参考图8-8A,所显示的是无偏压工具系统300的分解透视图和横截面图,所述无偏压工具系统300被配置为与图2-7中所示的工具系统100相似,除了该无偏压工具系统300缺少偏压元件130以外。无偏压工具系统300在此被公开以说明当复合制品170在升高的固化温度下被固化成大体上不变形的形状162并且然后在冷却到环境温度后变形时发生的冷却位移350(图10)。在图8-8A中,无偏压工具系统300包含具有纵长方向304的无偏压固化工具302。无偏压固化工具302可以包含具有模制部分308和一对基座法兰310的工具基座306。它们可以包含具有盖部分126(图7)和一对盖法兰128(图7)的工具盖124(图7)以便接合基座法兰310。在无偏压工具系统300内固化的复合制品170可以具有与图2-7中所示的工具系统100基本相同的配置。

[0047] 参考图9-9A,所显示的是图8-8A中的无偏压工具系统300处于组装状态的视图。复合制品170(图8)可以被加载到工具基座314的固化工具腔312内。无偏压工具系统300的温度可以被升高到固化温度。一旦将无偏压工具系统300加热到升高的固化温度,工具基座314和工具盖316可以热膨胀成大体上不弯曲的形状或者笔直形状。

[0048] 参考图10,所显示的是可以在图8-9A中所说明的无偏压工具系统300中被固化的已固化翼梁组装件202的侧视图。图10说明了冷却位移350,该冷却位移350可以沿着已固化翼梁组装件202的翼展方向198以弯曲164的形式在已固化翼梁组装件202的冷却期间发生。已固化翼梁组装件202具有冷却位移350幅度352和方向354。已固化翼梁组装件202内的弯曲356可以由于金属带186和复合D翼梁204的不相似的CTE而发生。在这方面,已固化翼梁组装件202的冷却表现出已固化复合制品172对由于不相似的组件CTE 176而导致的已固化复合制品172内的热诱导的机械应力失衡的响应。

[0049] 参考图11-11A,所显示的是图2-7中所说明的工具系统100的分解透视图和截面图。工具系统100有利地包含了被固定地附连到工具基座114的偏压元件130。如上所述,偏压元件130可以被附连到固化工具108中与已固化复合制品370(图10)的冷却位移350方向(图10)相对的一侧(如,下侧),所述已固化复合制品370被固化在图8-9A中所示的无偏压工具系统300上。

[0050] 参考图12,所显示的是在升高的固化温度下工具系统100的侧视图并且其说明了当被加热到固化温度时固化工具108内的热位移150。如上所指示的,由于偏压元件CTE 134不同于固化工具CTE 110,所以工具系统100可以呈现出与热位移150相应的变形形状162(如,弯曲形状)。在一个实施例中,偏压元件130可以具有偏压元件CTE 134和偏压元件横截面136,其使得固化工具108的热位移150的幅度152基本等于使用图8-9A中所示的无偏压工

具系统300的已固化翼梁组装件202的冷却位移350(图10)的幅度352(图10)。

[0051] 参考图13,所显示的是在从升高的固化温度冷却下来后被从工具系统100(图12)中去除的已固化翼梁组装件202。由于金属带186的CTE相对于复合D翼梁204的CTE的差异导致的已固化翼梁组装件202内的热诱导的应力失衡,已固化翼梁组装件202可以呈现出设计的形状160,其可以有利地包括翼梁组装件202沿翼展方向198大体上笔直或无弯曲的形状。

[0052] 参考图14,所显示的是说明了可以被包含在制造已固化复合制品172的方法400内的一个或多个操作的流程图。有利的是,该方法提供了一种利用发生在由具有不同组件CTE 176(图1)的组件174(图1)形成的复合制品170(图1)内的热诱导机械应力失衡的手段。

[0053] 图14中方法400的步骤402可以包含提供固化工具108(图3),该固化工具108具有与其固定地附连的偏压元件130(图3)。如上所指示的,偏压元件130可以具有不同于固化工具CTE 110(图3)的偏压元件CTE 134(图3)。例如,偏压元件CTE 134可以比固化工具CTE 110更高或更低。在图2-8中,偏压元件130具有沿偏压元件130的长度不变的横截面136形状和尺寸。由于固化工具108具有大体不变的横截面136形状和尺寸,所以图2-8中所示的偏压元件130配置可以导致固化工具108沿固化工具108的纵长方向112的线性位移。

[0054] 但是,固化工具108(图7)可以被提供在一个实施例内,其中偏压元件130(图7)具有沿着固化工具108的长度线性或非线性变化的至少一个偏压元件参数132(图7)。可以沿着固化工具108的长度变化的偏压元件参数132的示例包括但不限于,偏压元件CTE 134、偏压元件横截面136(图7)和/或偏压元件130硬度或杨氏模量。偏压元件横截面136可以包含横截面尺寸和/或横截面形状。例如,图7中,偏压元件130包含大体上呈矩形的横截面,其具有偏压元件宽度140和偏压元件高度138。偏压元件宽度140和/或偏压元件高度138可以沿着偏压元件130的长度变化,从而改变偏压元件130的横截面面积并且在固化工具108内实现非线性热位移150(图12)。偏压元件横截面136形状也可以沿着偏压元件130的长度变化。例如,偏压元件130可以被提供从矩形形状改变到不同横截面形状(如I形梁形状或任何其他形状)的横截面,以使固化工具108变形成特定的变形形状162(图12)。

[0055] 偏压元件参数132(图6)可以沿着固化工具108(图6)的长度非线性地变化以使得固化工具108内的热位移150(图12)在处理温度下是非线性的。用这种方式,复合制品170(图6)可以固化为特定的变形形状162(图12),这使得已固化复合制品172在冷却到环境温度后呈现出特定的设计的形状160(图13)。例如,一个或多个偏压元件参数132可以沿着固化工具108的长度非线性变化,从而对应于已固化复合制品172内的非线性热诱导应力,所述非线性热诱导应力可以由沿翼梁组装件202(图6)的长度的金属带186(图6)的厚度的渐缩而产生。

[0056] 在这方面进一步地,工具系统100可以包含可以被固定地附连到工具基座114(图6)的两个或多个独立的偏压元件130(图6)。偏压元件130可以具有不相似的偏压元件参数132。例如,由具有不相似的CTE的不同材料形成的两个或多个独立偏压元件130可以被端对端地接合并且被固定地附连到工具基座114。将固化工具108(图6)和偏压元件130加热到指定固化温度或处理温度后,非线性热位移150(图12)可以在固化工具108内生成以对应于非线性冷却位移350(图10),该非线性冷却位移350可以由于复合制品172中一个或多个组件的机械属性的非线性几何性质而发生在已固化复合制品172(图13)内。例如,翼梁组装件202(图6)的金属带186(图6)可以具有沿D翼梁204(图6)的长度渐缩的厚度。

[0057] 图14中的方法400的步骤404可以包含将复合制品170(图6)加载到固化工具108(图6)上或固化工具108内。复合制品170可以由具有不相似的组件CTE 176(图6)的两个或多个组件174(图6)组成。例如,图6中,翼梁组装件202的金属带186可以具有不同于复合D翼梁204的复合组件CTE 176的金属组件CTE 184。但是,复合制品170可以包含由任何材料而不作为限制形成的组件174。例如,一个或多个复合制品170可以包括未固化复合叠层、预固化复合叠层、金属组件、粘合剂或者任何类型的金属组件或非金属组件而不作为限制。

[0058] 图14中的方法400的步骤406可以包含将复合制品170(图7)和固化工具108(图7)加热到升高的固化温度。在这方面,复合制品170可以在环境温度或室温或其他温度下被加载到固化工具108上或固化工具108内。然后,固化工具108可以被定位在热压器(未显示)内侧并且温度可以被升高到固化粘合剂188(图7)所要求的指定固化温度,以便将金属带186(图7)接合到复合D翼梁204(图7)。但是,固化工具108和复合制品170可以通过任何装置加热并且不限于使用热压器加热。

[0059] 而且,复合制品170(图7)中的固化工具108(图7)可以被加热到任何温度并且不限于加热到粘合剂188(图7)的固化温度或复合叠层178(图7)的固化温度。例如,固化工具108和偏压元件130(图7)可以被升高到高于粘合剂188或复合叠层178的固化温度的温度,并且这可以引起固化工具108内的热位移150(图12)的量增加。通过使固化工具108内的热位移150的量增加,已固化复合制品172可以在冷却到环境温度后经历增加量的形状改变。

[0060] 图14中的方法400的步骤408可以包含响应于将固化工具108的温度升高到固化温度,使固化工具108(图12)和复合制品170(图12)变形成为与热位移150(图12)相关的变形形状162(图12)。由于固化工具CTE 110(图12)相对于偏压元件CTE 134的差异导致变形可以发生在固化工具108内。例如,图12说明了当被加热到固化温度时固化工具108变形成为沿纵长方向112的弯曲形状。

[0061] 图14中的方法400的步骤410可以包含固化处于变形形状162(图12)的复合制品170(图12)。图12中,当复合制品170处于固化温度时,金属带186和复合D翼梁204间的粘合剂188可以固化。在一个实施例中,复合制品170可以包含具有树脂基体的未固化复合叠层178(如,预浸渍复合层片),当被保持在指定固化温度达到指定的时间段时,所述树脂基体(如,热固性树脂)可以固化,和/或当冷却到低于热塑性树脂的玻璃转变温度的温度时,所述树脂基体可以凝固(如,热塑性树脂)。

[0062] 图14中的方法400的步骤412可以包含将已固化复合制品172冷却(如,冷却到环境温度)(图13),从而当已固化复合制品172(图13)被从固化工具108(图12)中去除或者当已固化复合制品172否则不受约束时,已固化复合制品172的形状从变形形状162(如,处于固化温度)(图12)改变到设计的形状160(如,处于环境温度)。例如,图13说明了当被冷却到降低的温度(如,环境温度)时,由于金属带186和复合D翼梁204的不相似的CTE而导致的热诱导应力,已固化翼梁组装件202基本成直线。

[0063] 在一个实施例中,本文公开的方法可以包含使用工具系统100(图7),从例如一个或多个未固化或预固化复合叠层178(如,复合D翼梁204)的任何类型组件以及可以与复合叠层178层叠的例如金属带186(图7)的任何金属组件形成直升机旋翼叶片190(图7)。但是,工具系统100可以被实施以便形成具有两个或多个组件174(图7)的各种不同复合制品170(图7)中的任何一种,其中所述两个或多个组件174具有不相似的组件CTE 176(图7),并且

不限于形成旋翼叶片190。

[0064] 在所显示的实施例中,固化工具108和偏压元件130可以被配置使得在将固化工具108和偏压元件130加热到升高的温度以引起热位移150并且允许复合制品170固化之后,使已固化复合制品172经历形状改变成可以是弯曲形状的最终设计的形状。例如,尽管未显示在附图内,但是固化工具108和偏压元件130可以最初被配置为在加热之前将未固化复合制品170保持在弯曲形状中。固化工具108和偏压元件130可以被加热到升高的固化温度,进而导致固化工具108和偏压元件130经历热位移变为例如笔直形状的变形形状。一旦冷却到例如环境温度,则已固化复合制品172可以呈现出弯曲形状。

[0065] 本公开另外的修改和改进对于本领域内技术人员来说可以是显然的。因此,本文所述和所说明的零件的特定结合旨在仅仅表现本公开的某些实施例,并且不意在用作限制本公开的实质和范围内的替换实施例或者设备。

[0066] 可替换实施例可以被要求保护如下:

[0067] A1.一种工具系统,其包括:

[0068] 固化工具(108),其具有固化工具热膨胀系数(CTE)(110)并且被配置为固化由具有不相似组件CTE(176)的两个或多个组件(174)形成的复合制品(170);

[0069] 偏压元件(130),其被固定地附连到所述固化工具(108)并且具有不同于所述固化工具CTE(110)的偏压元件CTE(134);以及

[0070] 所述偏压元件(130)被配置为当被加热时所述固化工具CTE(110)和所述偏压元件CTE(134)的结合在所述固化工具(108)内引起热位移(150),并且所述复合制品(170)被固化为变形形状(162),从而当冷却时,已固化复合制品(172)基本上呈现设计的形状(160)。

[0071] A2.根据权利要求A1所述的工具系统(100),其中:

[0072] 所述偏压元件(130)在某位置处被固定地附连到所述固化工具(108)使得所述热位移(150)与在无偏压固化工具(302)上固化的已固化复合制品(370)的冷却位移(350)在方向(154)上基本相反。

[0073] A3.根据权利要求A2所述的工具系统(100),其中:

[0074] 所述偏压元件(130)被配置使得所述热位移(150)与在无偏压固化工具(302)上固化的已固化复合制品(370)的所述冷却位移(350)在幅度(152)上基本相等。

[0075] A4.根据权利要求A1所述的工具系统(100),其中:

[0076] 所述热位移(150)包括沿所述固化工具(108)的纵长方向(112)的弯曲(164)。

[0077] A5.根据权利要求A1所述的工具系统(100),其中:

[0078] 所述偏压元件(130)具有沿所述固化工具(108)的长度变化的至少一个偏压元件参数(132),所述偏压元件参数(132)包含以下参数中的至少一个:

[0079] 所述偏压元件CTE(134);

[0080] 偏压元件横截面(136);以及

[0081] 偏压元件(130)硬度。

[0082] A6.根据权利要求A5所述的工具系统(100),其中:

[0083] 所述偏压元件参数(132)沿所述固化工具(108)的纵长方向(112)非线性变化。

[0084] A7.根据权利要求A5所述的工具系统(100),其中:

[0085] 所述偏压元件(130)包括具有不相似偏压元件参数(132)的至少两个所述偏压元

件(130);以及

[0086] 所述偏压元件(130)被配置为在所述固化工具(108)中生成非线性热位移(150)。

[0087] A8.根据权利要求A1所述的工具系统(100),其进一步包括:

[0088] 支撑框架(102),其用于支撑所述固化工具(108)并且被配置为限制所述固化工具(108)向与所述热位移(150)相关的方向(154)的移动。

[0089] A9.根据权利要求A1所述的工具系统(100),其中:

[0090] 所述固化工具(108)包括用于直升机旋翼叶片(190)的翼梁组装件(204)的固化工具(108);以及

[0091] 所述复合制品(170)的所述组件(174)包括具有复合叠层CTE(180)的复合叠层(178)和具有不同于所述复合叠层CTE(180)的金属组件CTE(184)的金属组件(182)。

[0092] A10.一种工具系统(100),其包括:

[0093] 固化工具(108),其具有固化工具热膨胀系数(CTE)(110)并且被配置为固化由具有不相似的组件CTE(176)的两个或多个组件(174)形成的复合制品(170);

[0094] 偏压元件(130),其被固定地附连到所述固化工具(108)并且具有不同于所述固化工具CTE(110)的偏压元件CTE(134);

[0095] 所述偏压元件(130)被配置为使得当被加热到固化温度时,所述固化工具CTE(110)和所述偏压元件CTE(134)的结合在所述固化工具(108)内引起热位移(150),并且所述复合制品(170)被固化为变形形状(162),从而当冷却到环境温度时,已固化复合制品(172)在不受约束时基本呈现出设计的形状(160);以及

[0096] 所述偏压元件(130)在某位置处被固定地附连到所述固化工具(108),使得所述热位移(150)与在无偏压固化工具(302)上固化的已固化复合制品(370)的冷却位移(350)在方向(154)上基本相反。

[0097] A11.一种制造复合制品(170)的方法,其包括:

[0098] 提供具有与其固定地附连的偏压元件(130)的固化工具(108),所述固化工具(108)具有固化工具热膨胀系数(CTE)(110),所述偏压元件(130)具有不同于所述固化工具CTE(110)的偏压元件CTE(134);

[0099] 将复合制品(170)加载在所述固化工具(108)上,所述复合制品(170)由具有不相似的组件CTE(176)的组件(174)组成;

[0100] 将所述复合制品(170)和所述固化工具(108)加热到固化温度;

[0101] 由于所述固化工具CTE(110)和所述偏压元件CTE(134)间的差异使得响应于将所述固化工具(108)的所述温度升高到所述固化温度,使所述固化工具(108)变形成变形形状(162);

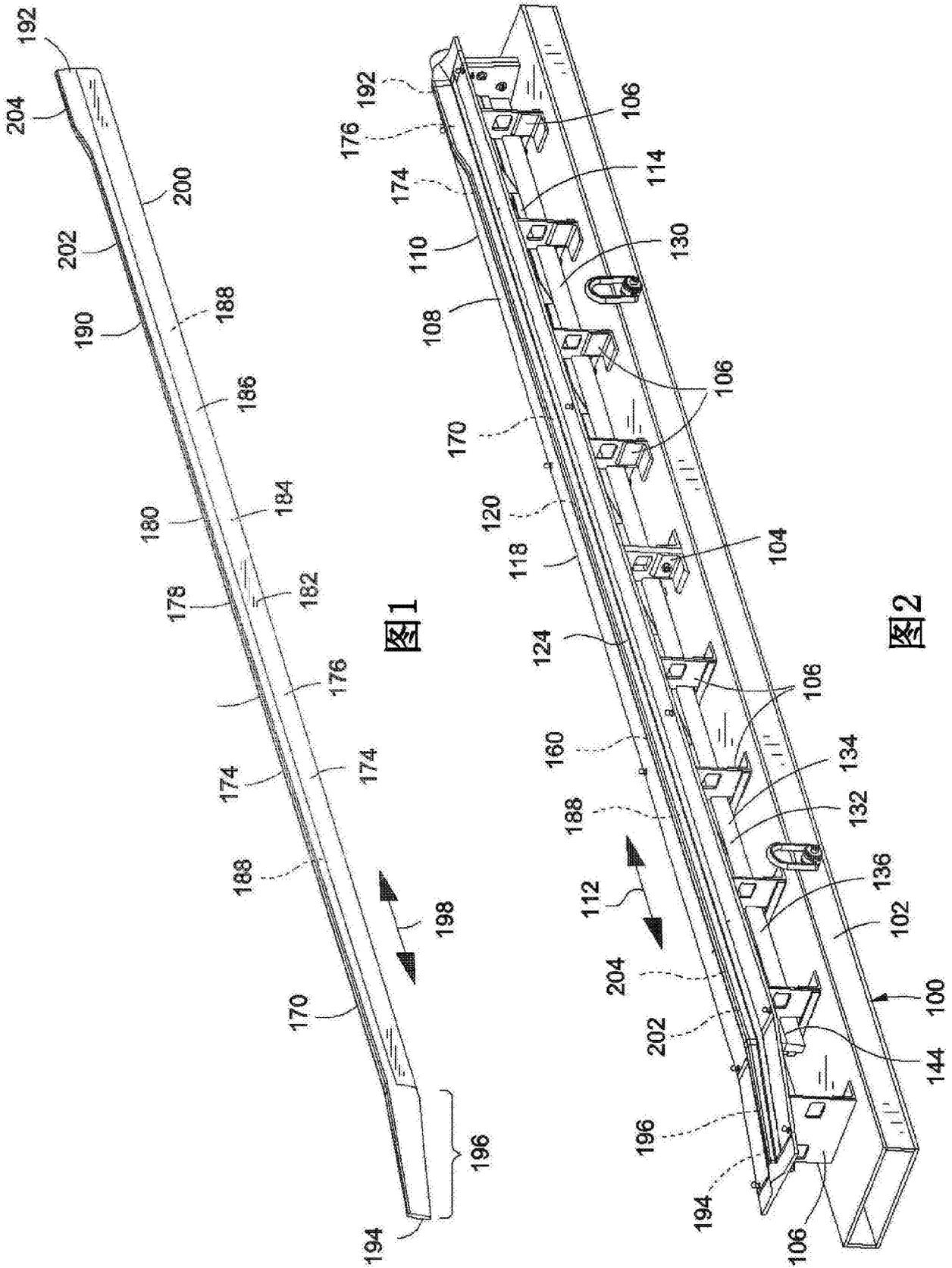
[0102] 将所述复合制品(170)固化为所述变形形状(162);以及

[0103] 冷却已固化复合制品(172),使得所述已固化复合制品(172)从所述变形形状(162)改变形状为设计的形状(160)。

[0104] A12.根据权利要求A11所述的方法,其进一步包括以下步骤:

[0105] 向所述固化工具(108)提供附连到所述固化工具(108)的某位置的偏压元件(130),使得所述已固化复合制品(172)的热位移(150)与在无偏压固化工具(302)上固化的已固化复合制品(370)的冷却位移(350)在方向(154)上基本相反。

- [0106] A13. 根据权利要求A12所述的方法,其进一步包括以下步骤:
- [0107] 向所述固化工具(108)提供附连到所述固化工具(108)的某位置的偏压元件(130),使得所述热位移(150)与所述冷却位移(350)在幅度(152)上基本相等。
- [0108] A14. 根据权利要求A11所述的方法,其进一步包括以下步骤:
- [0109] 向所述固化工具(108)提供偏压元件(130),所述偏压元件(130)具有沿所述固化工具(108)的纵长方向(112)变化的偏压元件参数(132),所述偏压元件参数(132)包含以下参数中的至少一个:
- [0110] 所述偏压元件CTE(134);
- [0111] 偏压元件横截面(136);以及
- [0112] 偏压元件(130)硬度;
- [0113] A15. 根据权利要求A14所述的方法,其进一步包括以下步骤:
- [0114] 向所述固化工具(108)提供偏压元件(130),所述偏压元件(130)具有沿所述固化工具(108)的所述纵长方向(112)非线性变化的偏压元件参数(132)。
- [0115] A16. 根据权利要求A14所述的方法,其进一步包括以下步骤:
- [0116] 向所述固化工具(108)提供偏压元件(130),所述偏压元件(130)由具有不相似的偏压元件参数(132)的至少两个偏压元件(130)形成,所述不相似的偏压元件参数(132)被配置为在所述固化工具(108)中生成非线性热位移(150)。
- [0117] A17. 根据权利要求A11所述的方法,其进一步包含以下步骤:
- [0118] 当被加热到所述固化温度时,允许所述固化工具(108)和所述复合制品(170)弯曲成所述变形形状(162);以及
- [0119] 当冷却到环境温度时,允许所述复合制品(170)基本呈直线地成为所述设计的形状(160)。
- [0120] A18. 根据权利要求A11所述的方法,其中所述将所述复合制品(170)加载到所述固化工具(108)上的步骤包括将至少一个下列组件(174)加载到所述固化工具(108)上:
- [0121] 未固化复合叠层(178)、预固化复合叠层(178)、金属组件(182)、粘合剂(188)。
- [0122] A19. 根据权利要求A11所述的方法,其中所述固化所述复合制品(170)的步骤包括以下项目中的至少一个:
- [0123] 固化所述组件(174)的树脂基体;以及
- [0124] 固化将所述组件(174)接合到一起的粘合剂(188)。
- [0125] A20. 根据权利要求A11所述的方法,其进一步包括以下步骤:
- [0126] 使用所述固化工具(108),由复合叠层(178)和包括在所述固化工具(108)中的所述复合叠层(178)中的金属组件(182)形成直升机旋翼叶片(190)。



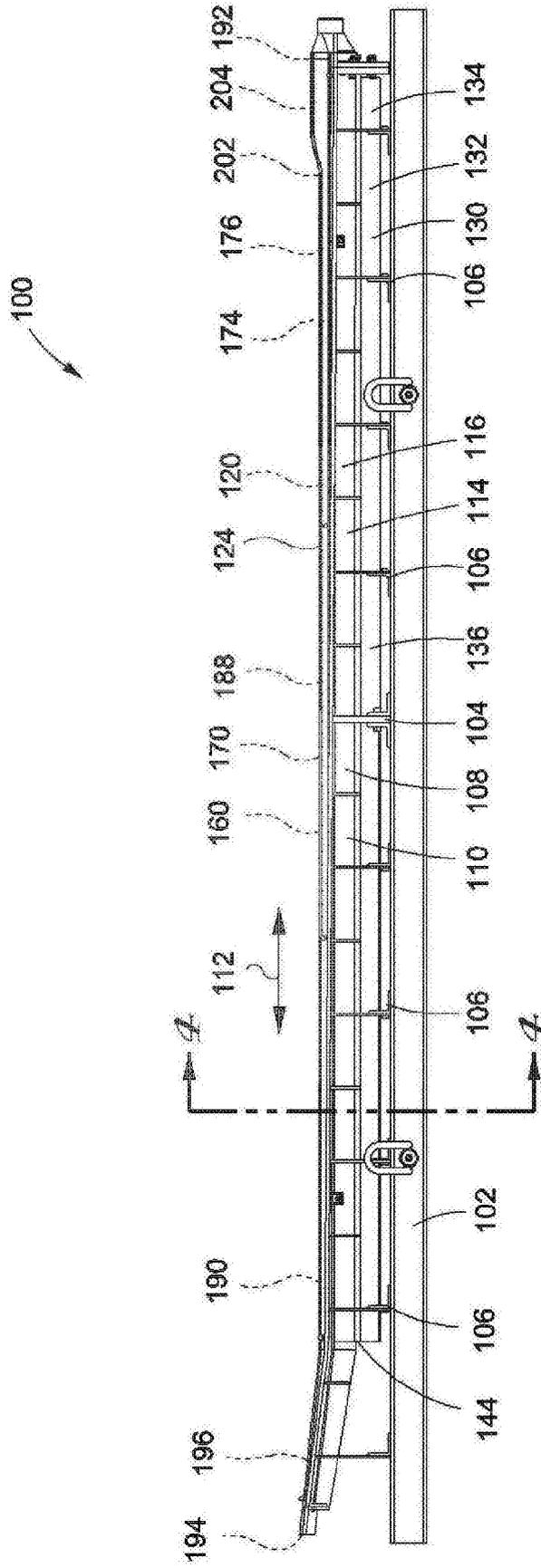


图3

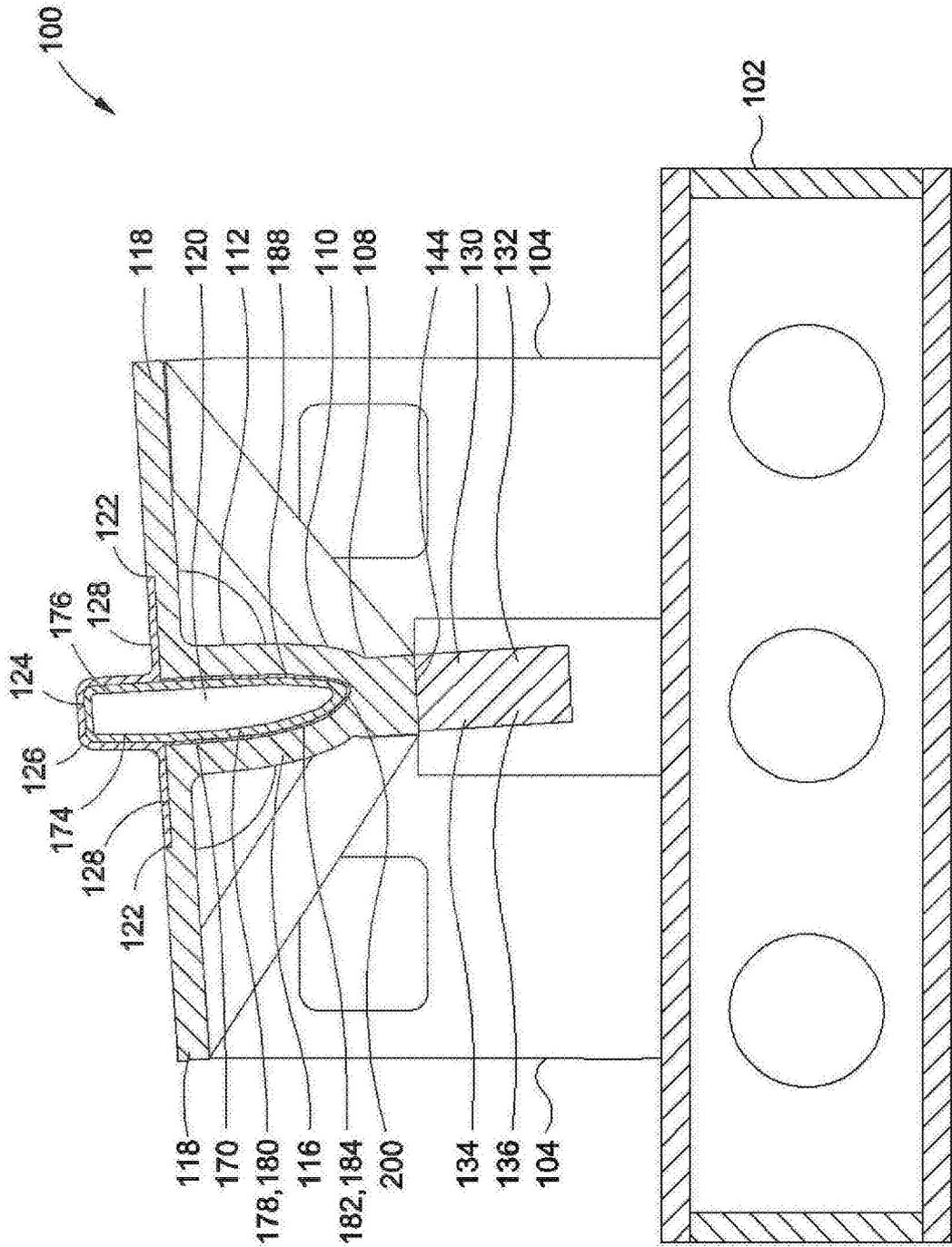


图4

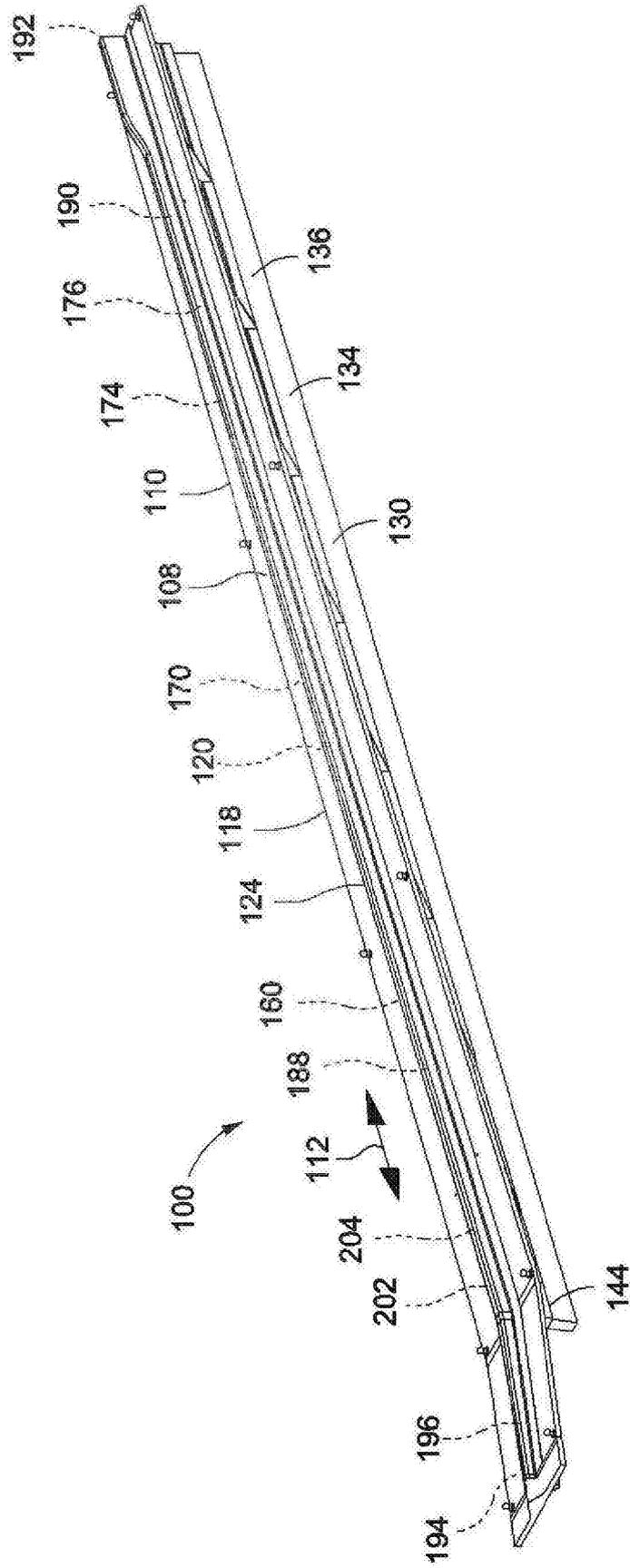


图5

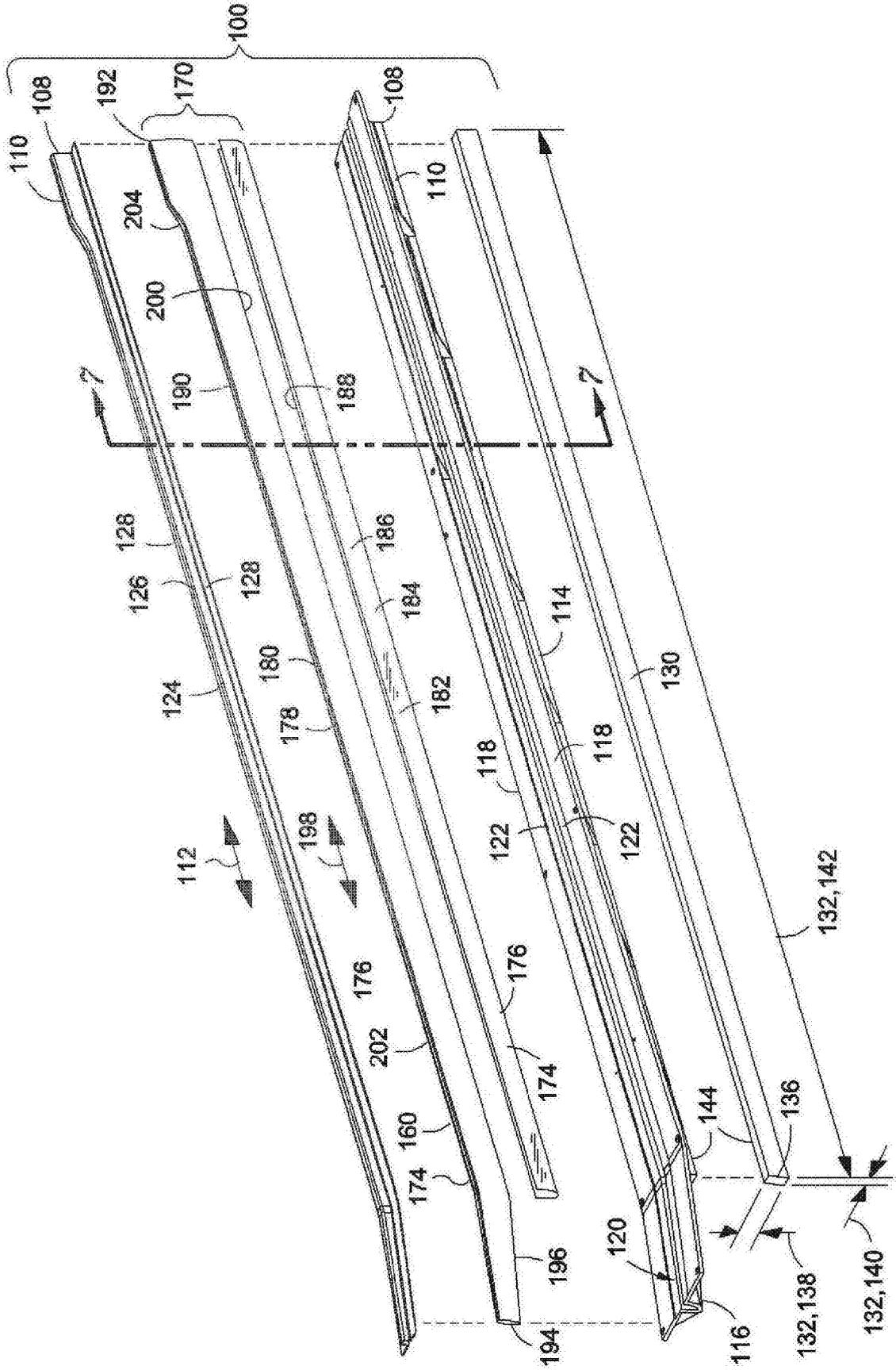


图6

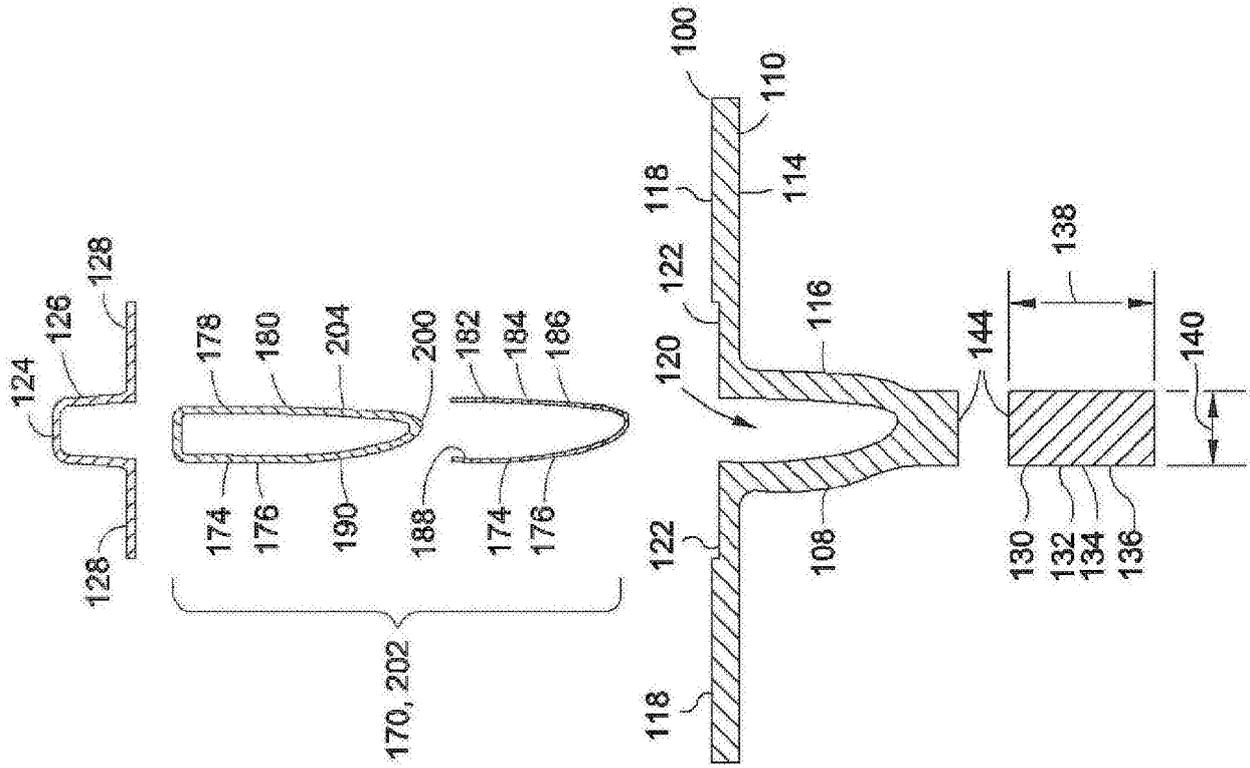


图7



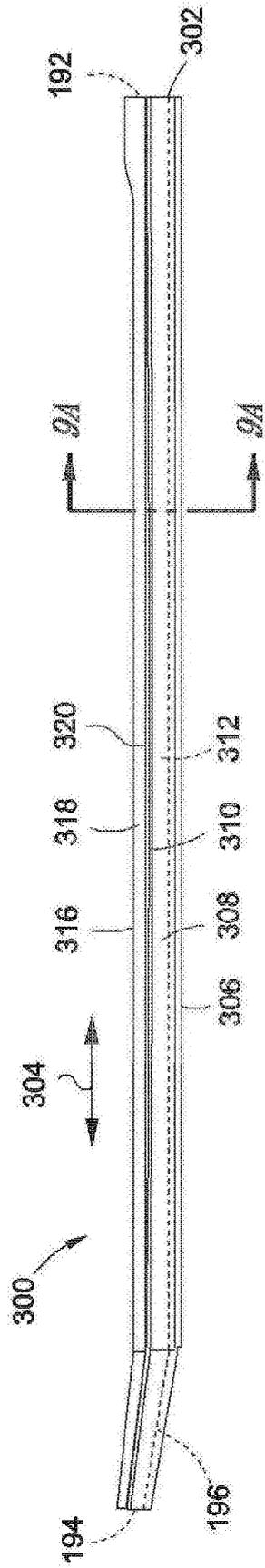


图9

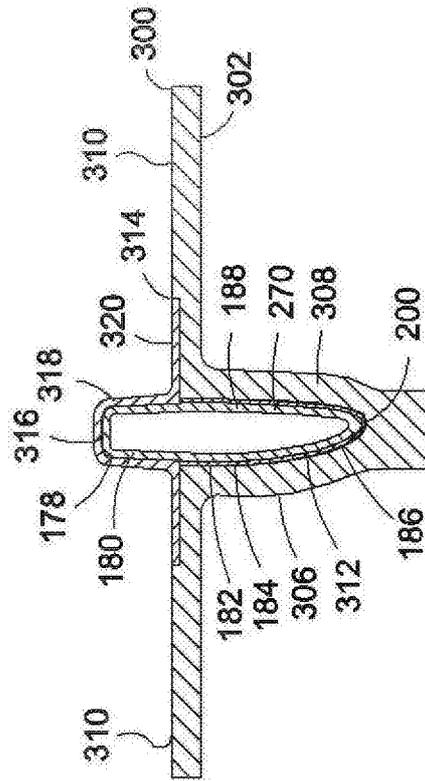


图9A

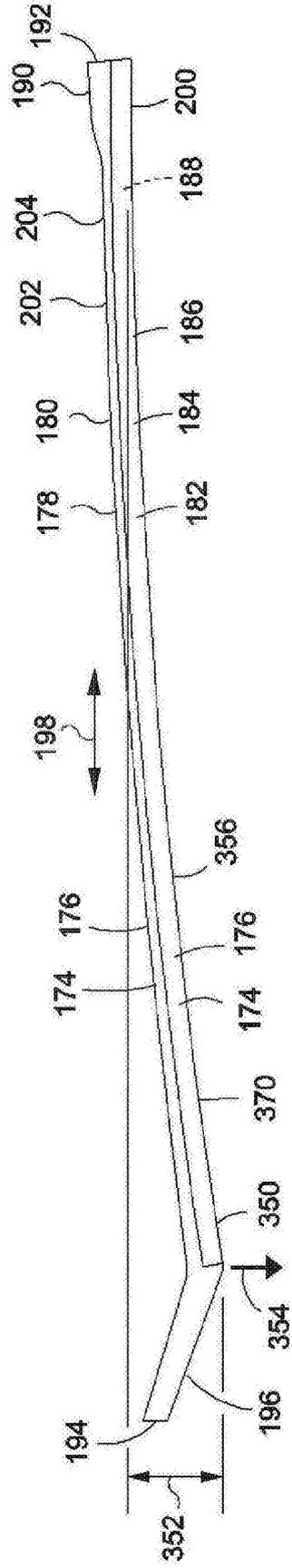


图10

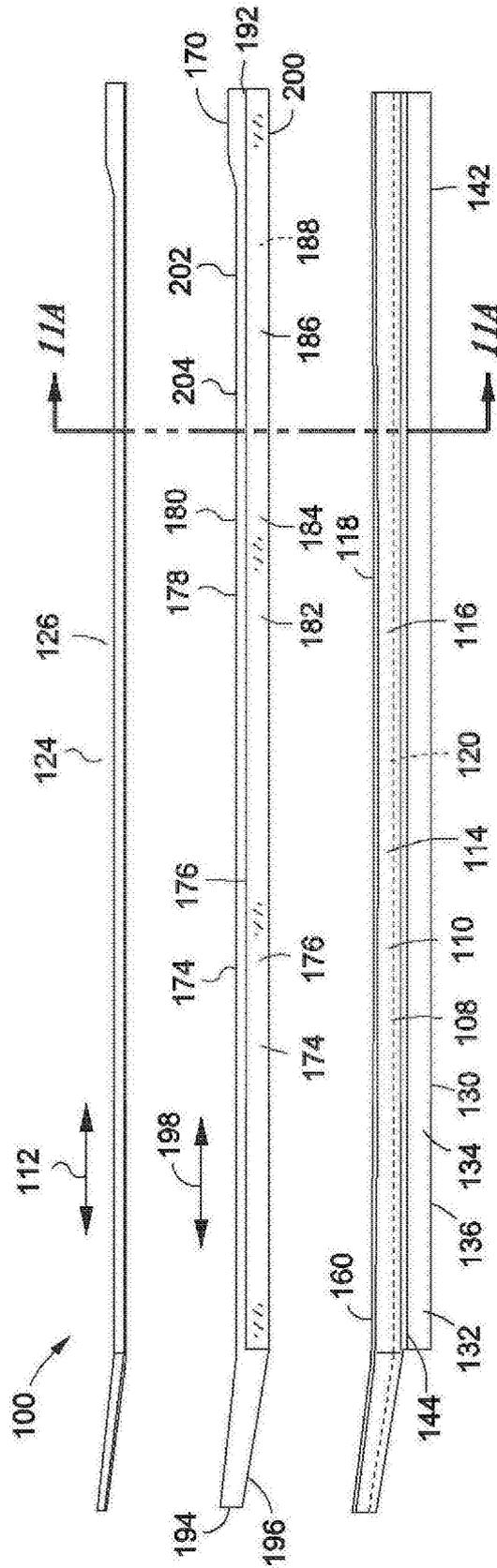


图11

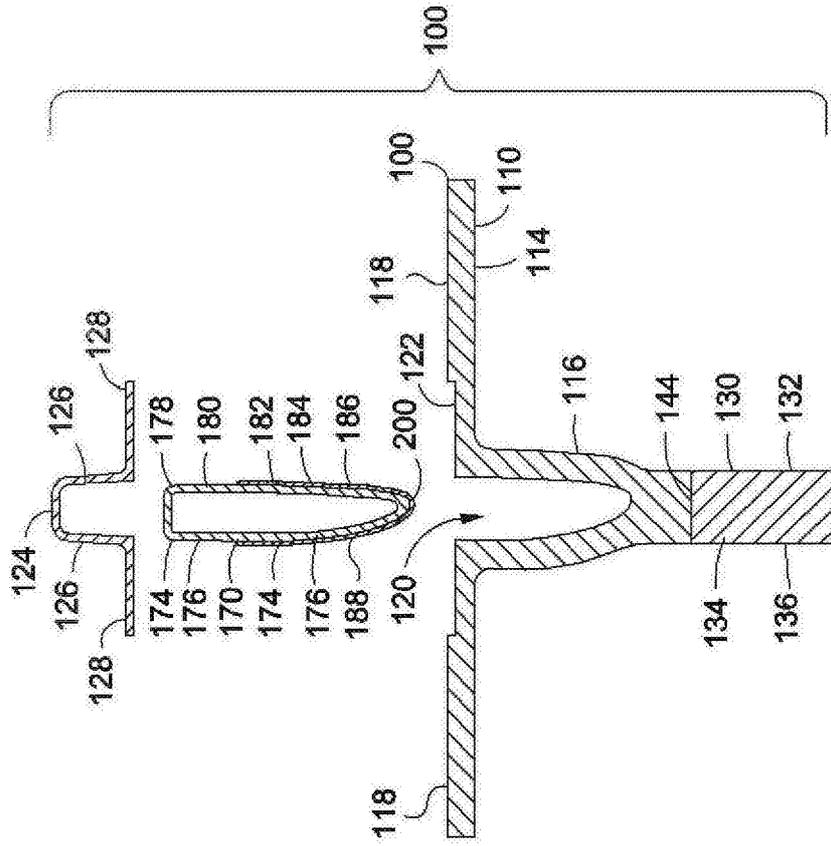


图11A

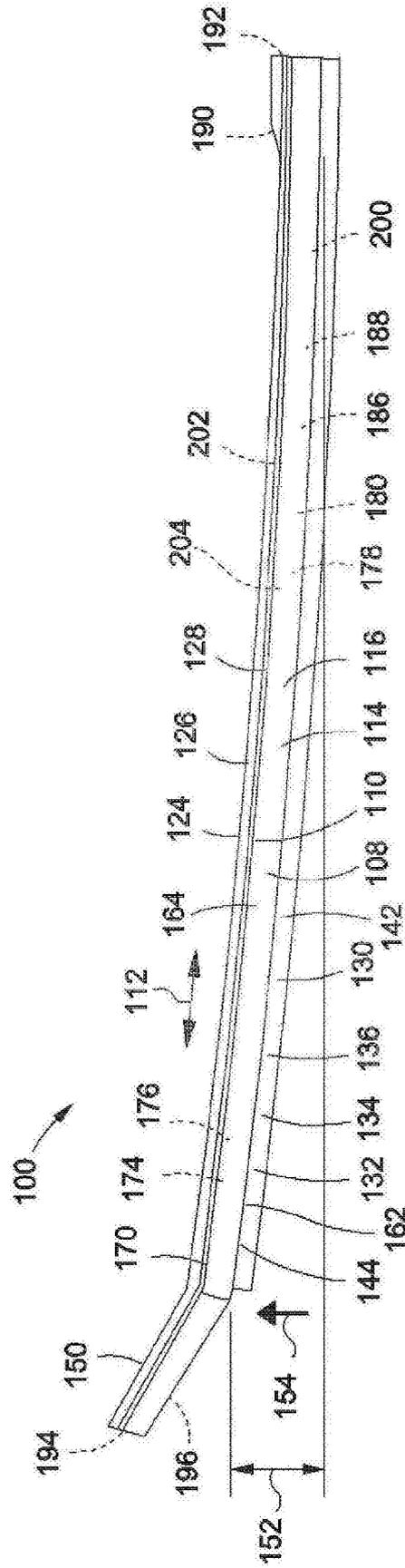


图12

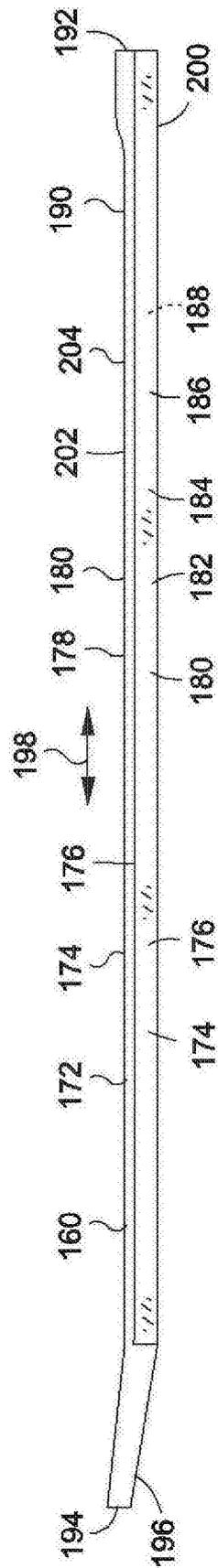


图13

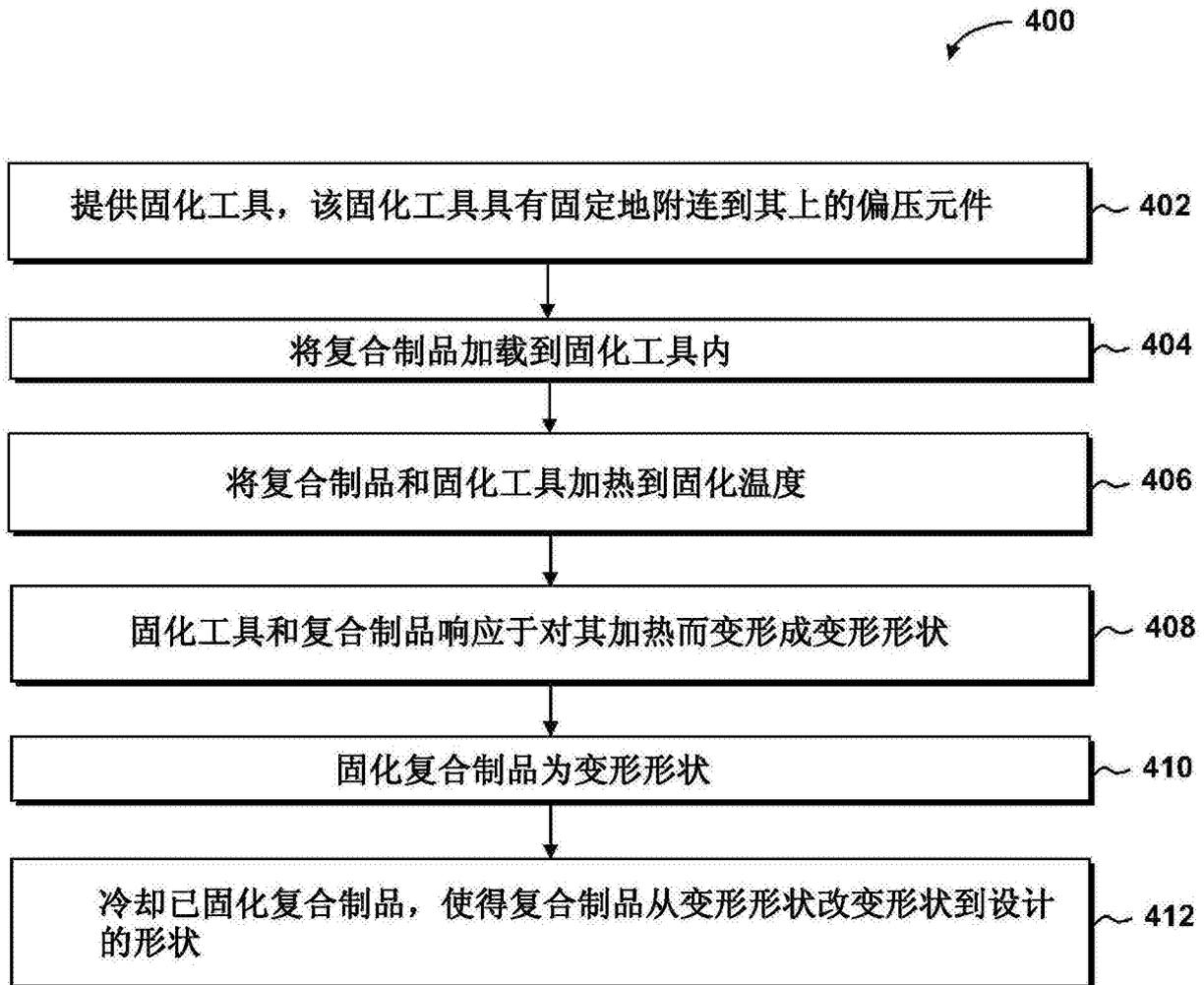


图14