



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102712142 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 16

(21) 申请号 201080057416. 7

(22) 申请日 2010. 11. 12

(30) 优先权数据

12/641, 897 2009. 12. 18 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 06. 18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/056605 2010. 11. 12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/075252 EN 2011. 06. 23

(73) 专利权人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 M·R·安德森 E·P·迪帕斯

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

公司 11245

代理人 赵蓉民 张全信

(51) Int. Cl.

B29C 70/44(2006. 01)

B29C 73/00(2006. 01)

B29C 35/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2005253309 A1, 2005. 11. 17,

US 2008083493 A1, 2008. 04. 10,

CN 101151142 A, 2008. 03. 26,

CN 1659012 A, 2005. 08. 24,

审查员 陆万祥

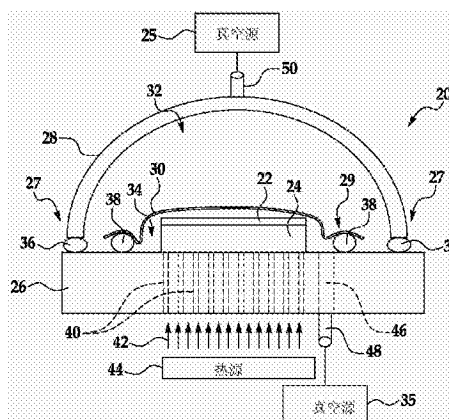
权利要求书3页 说明书8页 附图10页

(54) 发明名称

复合材料零件的双真空固化处理

(57) 摘要

使用包括整合内部真空室和外部真空室的双真空室组件,执行复合材料零件的非高压釜固化。



1. 固化复合材料零件的方法,其包括:

放置所述复合材料零件紧靠工具,所述工具至少具有第一面和与所述第一面相对的第二面,所述复合材料零件紧靠所述第一面放置;

在所述复合材料零件上,相应地在第一真空区域和第二真空区域,抽出第一真空和第二真空,所述复合材料零件位于所述第一真空区域内,所述第二真空区域在所述第一真空区域外,所述第一真空具有第一压力并且所述第二真空具有第二压力,所述第一压力最初等于所述第二压力;

增加所述复合材料零件的温度;和

在所述温度达到所述复合材料零件的固化温度之前,降低所述第二压力,同时在整个固化期间维持所述第一压力在恒定的水平。

2. 权利要求 1 所述的方法,其中抽出所述第一真空和所述第二真空包括:

在所述复合材料零件上放置袋以形成所述第一真空区域,

在所述袋和所述工具之间形成充分真空紧密密封,

通过所述工具内的第一真空口从所述袋抽出空气,

在所述袋和所述复合材料零件上放置罩,以形成所述第二真空区域,以及

通过所述罩内的第二真空口从所述罩抽出空气。

3. 权利要求 2 所述的方法,进一步包括在所述袋和所述罩之间形成真空紧密密封。

4. 权利要求 2 所述的方法,进一步包括使用磁铁保持所述袋的周边紧靠所述工具。

5. 权利要求 1 所述的方法,进一步包括:使用热源维持所述复合材料零件的温度基本上在所述固化温度下预选时间期间;以及

在已维持所述固化温度所述预选时间期间后,降低所述复合材料零件的温度。

6. 权利要求 1 所述的方法,其中增加所述温度进一步包括:

基本上持续以基本上恒定的速率增加所述温度至预选固化温度。

7. 权利要求 2 所述的方法,其中所述袋是基本上柔性的以及所述罩是基本上刚性的。

8. 权利要求 1 所述的方法,其中增加所述温度通过使用配置来将热直接施加在所述工具的仅第二面的热源加热所述复合材料零件来执行,所述工具的第二面不包括在所述第一真空区域和所述第二真空区域中。

9. 权利要求 1 所述的方法,其中增加所述温度使用烘箱执行。

10. 固化复合材料零件的方法,其包括:

放置所述复合材料零件紧靠工具,所述工具具有第一面和与所述第一面相对的第二面;

通过在所述零件上放置大体刚性的罩在所述复合材料零件上在所述第一面形成第二真空室;

通过将大体柔性的袋放置在所述罩内在所述复合材料零件上,在所述零件上在所述第一面形成第一真空室;

在所述罩和所述袋之间形成第二充分真空紧密密封;

在所述袋和所述工具之间形成第一充分真空紧密密封;

在所述第一真空室内抽出具有第一压力的第一真空;

在所述第二真空室内抽出具有第二压力的第二真空,所述第一压力等于所述第二压

力；

加热所述工具和所述零件；

在温度达到所述复合材料零件的固化温度之前，降低所述第二压力，同时在整个固化期间维持所述第一压力在恒定的水平；

其后增加所述温度至所述固化温度。

11. 权利要求 10 所述的方法，进一步包括：

维持所述固化温度预选时间期间；

在已维持所述固化温度所述预选时间期间后，降低所述工具和所述复合材料零件的温度；以及，

在降低温度之后，终止所述第一真空和所述第二真空。

12. 权利要求 10 所述的方法，其中所述袋是基本上柔性的以及所述罩是基本上刚性的。

13. 权利要求 10 所述的方法，其中加热进一步包括：

以基本上恒定的速率基本上持续地加热至预选固化温度。

14. 权利要求 10 所述的方法，其中加热包括仅从所述工具的所述第二面加热所述工具和所述零件，所述第二面不包括在所述第一真空室和所述第二真空室中。

15. 固化复合材料零件的方法，其包括：

放置所述复合材料零件紧靠工具，所述工具具有第一面和与所述第一面相对的第二面；

通过在所述零件上放置大体刚性的罩在所述复合材料零件上在所述第一面形成第二真空室；

通过将大体柔性的袋放置在所述罩内在所述复合材料零件上，在所述零件上在所述第一面形成第一真空室；

在所述罩和所述袋之间形成第二充分真空紧密密封；

在所述袋和所述工具之间形成第一充分真空紧密密封；

在所述第一真空室内抽出具有第一压力的第一真空；

在所述第二真空室内抽出具有第二压力的第二真空，所述第一压力等于所述第二压力；

加热所述工具和所述零件，其中加热在第一速率下进行；

其后，在温度达到所述复合材料零件的固化温度之前，在第二速率下加热所述工具和所述零件，所述第二速率小于所述第一速率；

其后，在所述温度达到所述固化温度之前，在第三速率下加热所述工具和所述零件，所述第三速率大于所述第二速率；

在所述第二速率增加至所述第三速率时，降低所述第二压力，同时在整个固化期间维持所述第一压力在恒定的水平；

其后在所述第三速率下增加所述温度至所述固化温度；维持所述固化温度预选时间期间；

在已维持所述固化温度所述预选时间期间后，降低所述工具和所述复合材料零件的温度；以及，

在降低温度之后,终止所述第一真空和所述第二真空。

16. 权利要求 15 所述的方法,其中在所述第一速率、所述第二速率、第三速率下增加所述温度通过使用配置来将热直接施加在所述工具的仅第二面的热源加热所述复合材料零件来执行,所述工具的第二面不包括在所述第一真空区域和所述第二真空区域中。

复合材料零件的双真空固化处理

技术领域

[0001] 一般而言,本公开涉及制造复合材料零件的装置和方法,并且更具体地涉及复合材料的双真空固化处理。

背景技术

[0002] 高压釜被广泛用于固化具有需要严格尺寸公差和低孔隙率的较高性能规格的复合材料零件。在高压釜内加热复合材料产生化学反应,该化学反应固化树脂并在复合材料内产生通过施加至高压釜内气氛的压力逐出的挥发物。相似地,通过经由可膨胀囊(inflatable bladder)将热和压力施加至加热的零件,压力釜可用于固化复合材料。但是,由于它们启动和操作需要的它们的较高资本成本和劳力,高压釜、压力釜和类似设备可能不期望用于一些应用中。而且,高压釜和压力釜固化处理可能受可被处理的零件尺寸限制。

[0003] 也可采用双真空袋(DVB)处理以固化复合材料零件如预浸渍层压材料。与高压釜固化不同,DVB处理不受零件的尺寸限制。DVB处理与高压釜处理相比还是较小的资金设备密集型,并且与高压釜处理或单个真空袋(SVB)处理相比,可在固化零件中提供更严格的尺寸控制和较高的机械性能。

[0004] 先前的DVB设备和处理方法可能是相对劳动密集型的并且耗时的。DVB设备包括必须利用手工劳动单独放置于并且密封至工具基底的内部和外部真空袋。在处理开始前,每一个袋必须被进行渗漏检查。另外,当对零件上升至期望固化温度时在基本恒定水平下保持零件温度一段时间的处理循环期间内,目前的DVB处理技术需要中间低温保持步骤。该中间低温保持增加了零件的总处理时间。

[0005] 因此,对降低人工成本和处理时间的、用于固化复合材料零件的简化双真空固化设备和相关方法存在需要。

发明内容

[0006] 公开的实施方式提供了利用双真空处理固化预浸渍层压材料的设备以及相关方法。该设备在去除挥发物方面是有效的,并且可产生具有降低的尺寸公差变化以及改进的机械性能的零件。可通过使用包括永久附连至大体刚性的外部罩上的柔性内部袋的整合双真空室组件,降低建立设备和固化零件需要的时间和劳力。当零件的温度被增加至固化温度时,该设备的使用可允许减少或除去中间低温保持,从而进一步减少处理时间。该方法和设备可用于在最初制造过程中生产复合材料零件或使用复合材料补片(composite patch)再次加工零件。

[0007] 根据一个公开的实施方式,提供了用于固化复合材料零件的设备。该设备包括可在固化期间紧靠其压缩零件的固化工具。大体刚性的罩在复合材料零件上形成第一外部真空室并且由罩覆盖的真空袋在复合材料零件上形成第二内部真空室。可提供将袋固定至罩的机构,其可包括粘合剂。在一个变化中,袋可包括用于将袋的周边附连至工具的磁性机构。

[0008] 根据另一实施方式,提供用于非高压釜固化(out-of-autoclave curing)未固化复合材料零件的设备,其包括在其上可放置未固化零件的工具和双真空室组件。双真空室组件包括形成第一外部真空室的大体刚性的部分和形成内部真空室的大体柔性的部分。真空室组件的柔性部分基本上布置在第一部分内并附连至第一部分。真空室组件的柔性和刚性部分中的每一个可包括允许在室内抽出真空的真空口。工具可包括在工具内的至少一个开孔,通过其可接收温热空气以直接加热该工具。该设备可进一步包括附连至工具以改善通过工具传热至零件的热质。

[0009] 根据公开的方法实施方式,固化复合材料零件包括将零件放置在工具上并且在零件上抽出第一和第二真空。基本上持续地并以基本上恒定的速率将零件的温度增加至预选的固化温度。当零件的温度被增加至固化温度时降低第一真空。方法进一步包括在固化温度下充分维持零件温度一段预选时期,并且在已维持固化温度一段预选时期后降低零件温度。当温度持续增加至固化温度时以及在温度维持在固化温度的时期期间保持内部室中的真空基本上恒定。可通过将柔性袋放置在零件上、在袋和工具之间形成基本上真空类型的密封、通过工具内的真空口从袋抽出空气、将大体刚性的罩放置在袋和零件上以及通过罩内的真空口从罩抽出空气,抽出第一和第二真空。

[0010] 根据进一步的实施方式,提供了固化复合材料零件的方法,其包括放置零件紧靠工具并在零件上抽出第一和第二真空。该方法进一步包括基本上持续增加零件温度至预选的固化温度,包括当持续增加温度时改变温度增加速率至少一次。该方法还包括当零件温度持续增加至固化温度时减小第一真空的量。在固化温度下充分维持零件温度一段预选时期。在固化温度已维持一段预选时期后降低零件温度。

[0011] 根据另一实施方式,提供固化用于再次加工结构区域的复合材料补片并且从该补片去除挥发物的方法。该方法包括形成双真空室组件并将该双真空室组件放置在补片上。双真空室组件被密封至补片周围的结构,并被用于在补片上抽出第一和第二真空。该方法进一步包括将补片温度基本上持续增加至预选的固化温度,并且当补片温度增加至固化温度时降低第一真空的量。补片温度在固化温度下充分维持一段预选时期,然后在已维持固化温度一段预选时期后降低。

[0012] 总之,根据本发明的一个方面,提供固化复合材料零件的设备,包括:固化工具,在固化期间紧靠所述固化工具可压缩所述零件;在所述复合材料零件上形成第一外部真空室的大体刚性的罩;以及由所述罩覆盖并在所述复合材料零件上形成第二内部真空室的真空袋。

[0013] 有利地,进一步包括将所述袋固定至所述罩的机构。

[0014] 有利地,将所述袋固定至所述罩的所述机构包括粘合剂层。

[0015] 有利地,将所述袋固定至所述罩的所述机构包括在所述罩和所述袋之间的充分真空紧密密封件。

[0016] 有利地,所述罩和所述工具的每一个包括真空口,以允许在内部真空室和外部真空室内抽出真空。

[0017] 有利地,所述工具包括在其中的至少一个开孔,所述开孔适于接收热量,以加热所述工具和所述零件。

[0018] 有利地,所述袋包括磁性机构,以用于将所述袋的周边附连至所述工具。

[0019] 根据本发明的另一个方面,提供非高压釜固化未固化复合材料零件的设备,其包括在其上可放置所述未固化零件的工具;以及在所述未固化零件上形成内部真空室和外部真空室的双真空室组件,所述组件包括形成所述外部真空室的大体刚性的部分和形成所述内部真空室的大体柔性的部分,所述柔性部分基本上安置在第一部分内并附连至所述第一部分。

[0020] 有利地,通过在所述柔性部分和刚性部分之间绕它们各自周边形成充分真空紧密密封的粘合剂,将所述柔性部分附连至所述刚性部分。

[0021] 有利地,所述工具包括正面和背面,在所述正面上可放置所述零件,并且所述工具的背面包括至少一个开孔,通过所述开孔可接收温热空气以加热所述工具。

[0022] 有利地,所述设备进一步包括附连至所述工具背面以增强通过所述工具传热至所述零件的热质。

[0023] 根据本发明的另一个方面,提供固化复合材料零件的方法,其包括:放置所述零件紧靠工具;在所述零件上抽出第一真空和第二真空;基本上持续并以基本上恒定的速率增加所述零件的温度至预选的固化温度;当所述零件的温度增加至所述固化温度时,降低所述第一真空的量;在所述固化温度下充分维持所述零件的温度一段预选时期;以及在已维持所述固化温度一段预选时期后,降低所述零件的温度。

[0024] 有利地,包括抽出第一真空和第二真空的方法进一步包括下列步骤:在所述零件上放置柔性袋,在所述袋和所述工具之间形成充分真空紧密密封,通过所述工具内的真空口从所述袋抽出空气,在所述袋和所述零件上放置大体刚性的罩,以及通过所述罩内的真空口从所述罩抽出空气。

[0025] 有利地,包括在所述零件上形成所述第一真空的方法包括在所述袋和所述罩之间形成真空紧密密封。

[0026] 有利地,所述方法进一步包括使用磁铁将袋放置在所述零件上以保持所述袋的周边紧靠所述工具的步骤。

[0027] 根据本发明的另一个方面,提供固化复合材料零件的另一方法,其包括:放置所述零件紧靠工具;在所述零件上抽出第一真空和第二真空;基本上持续地增加所述零件的温度至预选的固化温度,包括当所述温度持续增加时改变温度增加的速率至少一次;当所述零件的温度持续增加至所述固化温度时,降低所述第一真空的量;在所述固化温度下充分维持所述零件的温度一段预选时期;并且在已维持所述固化温度一段预选时期后,降低所述零件的温度。

[0028] 有利地,降低所述第一真空的量的方法步骤包括将所述第一真空降低至引起所述第二真空对所述零件施加压实压力的水平。

[0029] 有利地,增加所述温度和改变所述速率的方法步骤包括:在第一时间间隔内以第一速率增加所述温度,在第二时间间隔内以小于所述第一速率的第二速率增加所述温度,在第三时间间隔内以大于所述第二速率的第三速率增加所述温度。

[0030] 根据本发明的另一个方面,提供从用于再次加工结构的区域的复合材料补片去除挥发物的方法,其包括:在所述补片周围将双真空室组件密封至所述结构;使用所述双真空室组件以在所述补片上抽出第一真空和第二真空;基本上持续增加所述补片温度至预选的固化温度;当所述补片温度被增加至所述固化温度时降低所述第一真空的量;以及去除

来自所述补片的挥发物。

[0031] 有利地,以基本上恒定的速率基本上持续地增加所述补片的温度。

[0032] 有利地,增加所述补片的温度的方法步骤包括当持续增加所述温度时,改变温度增加的速率至少一次。

[0033] 有利地,所述方法进一步包括:在所述固化温度下充分维持所述补片温度一段预选时期;并且在已维持所述固化温度一段预选时期后,降低所述补片温度。

[0034] 有利地,降低所述第一真空的量的方法步骤包括将所述第一真空降低至引起所述第二真空对所述补片施加压实压力的水平,并且形成所述双真空室包括将柔性真空袋的周边密封至大体刚性的罩的周边。

[0035] 根据本发明的另一个方面,提供非高压釜固化未固化复合材料零件的设备,其包括:紧靠其可放置所述未固化零件的工具,所述工具具有真空口并进一步包括在其中的至少一个开孔;引入热至所述工具中的开孔以加热所述工具和所述零件的热源;以及适于放置在所述零件上以压缩所述零件并从所述零件去除挥发物的可再使用的双真空室组件,所述双真空室组件包括覆盖所述零件的大体刚性的外部罩,所述罩包括外围法兰并且在所述零件上形成第一外部真空室,通过其可在所述罩内抽出真空的所述罩内的真空口,覆盖所述零件并在所述零件上形成第二内部真空室的柔性袋,将所述袋固定至所述罩的外围法兰并在所述罩和所述袋之间形成充分真空紧密密封的粘合剂层,在所述双真空室组件和所述工具之间形成充分真空紧密密封的密封件,以及将所述密封件固定至所述袋的周边并在所述密封件和所述袋之间形成充分真空紧密密封的粘合剂层。

[0036] 根据本发明的另一个方面,提供固化复合材料零件的方法,其包括:放置所述零件紧靠工具;通过在所述零件上放置大体刚性的罩在所述零件上形成第一外部真空室;通过将柔性袋放置在所述罩内在所述零件上,在所述零件上形成第二内部真空室;在所述罩和所述袋之间形成充分真空紧密密封;在所述袋和所述工具之间形成充分真空紧密密封;在所述第一真空室内抽出真空;在所述第二真空室内抽出真空;以基本上恒定的速率加热所述工具和所述零件,直至所述工具和零件达到预选的固化温度;当所述工具和所述零件被加热至所述固化温度时,降低所述第一真空室内的真空;在所述固化温度下充分维持所述工具和所述零件的温度一段预选时期;在已维持所述固化温度一段预选时期后,降低所述工具和零件的温度;并且终止所述第一真空室和第二真空室内的真空。

[0037] 公开的实施方式提供了用于双真空固化复合层压材料的设备和相关方法,其消除了对高压釜处理的需要,并且可生产具有降低的零件-与-零件的尺寸变化和改进的机械性能的零件。

[0038] 附图简述

[0039] 图 1 是根据一个实施方式用于双真空固化复合层压材料的设备的截面图的图解。

[0040] 图 2 是其中采用磁性机构将柔性内部袋附连至工具的设备的可能形式的截面图的图解。

[0041] 图 3 是其中将柔性内部袋和外部刚性罩整合为单个组件的设备的另一实施方式的截面图的图解。

[0042] 图 4 是其中在工具内提供开孔以改进工具加热的设备的另一实施方式的截面图的图解。

- [0043] 图 5 是采用热电偶和使用整合入工具的加热源的设备的进一步实施方式的图解。
- [0044] 图 6 是其中已将热质加入至工具以提高至零件的传热的设备的另一实施方式的图解。
- [0045] 图 7 是其中将加热导管整合入工具的设备的另一实施方式的透视图的图解。
- [0046] 图 8 是显示双真空固化复合层压材料的方法的步骤的流程图的图解。
- [0047] 图 9 是显示根据一个方法实施方式的温度和真空压力之间随时间的关系的图表的图解。
- [0048] 图 10 是对于可选方法实施方式的类似于图 9 的图表的图解。
- [0049] 图 11 是航空器生产和使用方法的流程图的图解。
- [0050] 图 12 是航空器的方框图的图解。

[0051] 详述

[0052] 首先参照图 1, 双真空室设备 20 被用于执行复合材料零件 22 的非高压釜固化。如本文使用, “零件”和“复合材料零件”以它们最广泛的意义被使用并且包括但不限于各种形式的结构如非限制性的梁、支撑物、面板、结构和非结构部件、元件和子组件, 仅举几个例子。零件 22 可包括放置在或紧靠在金属工具基底 26 上支撑的工具 24 上的多层预浸渍层压材料。通过密封件 36 将大体刚性的外部罩 28 在它的外围 27 周围密封至工具基底 26, 从而在复合材料零件 22 上形成第一外部真空室 32。在一个实施方式中, 密封件 36 可包括永久固定至外部罩 28 周边 27 上的可再用弹性密封件。外部罩 28 可包括具备足够刚性的任何适合的材料如金属或复合材料以使得罩 28 充分地自支撑并保持它的形状。罩 28 在印迹 (footprint) 和横截面上可具有适于覆盖待固化的具体零件 22 的任何各种形状。外部罩 28 包括与适合真空源 25 连接的真空口 50, 可操作真空源 25 以在外部真空室 32 内抽出期望的真空。

[0053] 包含于外部罩 28 内的柔性内部真空袋 30 也覆盖零件 22 并在它的周边 29 周围被密封至工具基底 26, 从而在零件 22 上形成第二内部真空室 34。袋 30 可包括例如并且非限制性的常规一次性使用的尼龙袋, 并且密封件 38 可以是常规、不可再用的密封剂。可选地, 袋 30 可以是由例如并且非限制性的弹性材料制造的可再使用型, 并且密封件 38 可包括可再使用的弹性密封件。虽然为了清晰的目的未在图 1 中显示, 但是可在零件 22 之上、柔性袋 30 之下放置附加材料层, 其包括但不限于分离膜、通气器和隔板 (caul plate)。

[0054] 工具基底 26 可在其内包括与内部真空室 34 连通的通道 46。通道 46 通过真空口 38 被连接至真空源 35, 所述真空源用于在固化处理期间在内部真空室 34 内抽出期望的真空水平。工具基底 26 也可在其内包括一个或多个通风孔 40 以使得来自热源 44、由箭头 42 表示的热被直接对工具 24 排放。可选地, 可在用于加热复合材料零件 22 至需要的固化温度的烘箱 (未显示) 内进行使用设备 20 的固化处理。

[0055] 图 2 图解了其中可再使用型弹性内部真空袋 30 覆盖复合材料零件 20 的设备 20 的可选实施方式。袋 30 包括整合入并且围绕在袋 30 周边的磁条 52 以保持袋 30 紧靠金属工具基底 26。袋 30 进一步包括永久结合至袋 30 的可再使用真空密封件 54, 以在磁条 52 外部并且围绕零件 22 形成真空紧密密封。袋 30、磁条 52 和可再使用密封件 54 整合为单个组件使得袋 30 在零件 22 上被快速展开并被密封至工具基底 26。

[0056] 现在注意集中在图 3, 其图解了设备 20 的另一实施方式, 在设备 20 中内部柔性袋

30 永久附连至外部罩 28 周边 27 以使外部罩 28 和内部袋 30 形成可被容易并快速地放置在工具基底 26 上并密封至工具基底 26 的单个双真空室组件 37, 其覆盖零件 22。外部罩 28、内部袋 30 和密封件 36 整合为单个组件 37 允许在零件 22 上安装外部罩 28 和内部袋 30 之前检查它们的渗漏, 从而减少处理时间。在该实例中, 将可再使用的密封件 36 附连至罩 28 周边 27, 内部袋 30 夹在它们之间, 以使密封件 36 在工具基底 26 上分别起密封外部真空室 32 和内部真空室 34 的作用。

[0057] 此处应当注意, 尽管关于生产最初复合材料零件作为制造过程的零件描述各种实施方式, 但是可采用包括双真空室组件 37 的设备的各种部件, 以及公开的方法可用于再次加工零件或结构。例如, 可采用实施方式固化复合材料补片 (未显示) 并且从其中除去挥发物, 该复合材料补片用于再次加工部分结构如航空器表皮 (未显示), 以便改进结构或者恢复结构至最初规格。在实施方式的再次加工应用中, 可将双真空室组件 37 放置在并密封至该结构上, 而不是如图中显示的放置在并密封至工具基底 26。

[0058] 现在注意集中在图 4, 其图解了设备 20 的另一实施方式, 在设备 20 中安装在工具基底 26 上的工具 24 包括在工具 24 背面 57 上形成开孔 56 的大致 U- 形的横截面。开孔 56 允许来自适合热源 (未显示) 的、由箭头 58 显示的温热空气均匀地在工具 24 背面 57 周围循环并直接接触工具 24 背面 57, 从而提高至复合材料零件 22 的传热。在该具体实例中, 工具 24 包括用于加热并维持零件 22 形状的一对工具表面 24a、24b。外部罩 28 设置有形成表面 39 的外围法兰 28a, 密封件 36 可贴合紧靠表面 39 以在外部真空室 32 周围形成真空紧密密封。

[0059] 现在参看图 5, 设备 20 的进一步形式包括内部柔性袋 30 和可再使用密封件 36 永久地附连至其上的大体刚性的外部罩 28, 以使罩 28、袋 30 和密封件 36 可作为单一组件 37 在零件 22 上安装和去除。在该实例中, 可在罩 28 内和 / 或在工具 24 内提供热电偶 60 以便测量零件 22 的温度。可提供适合的显示器 62 以显示由热电偶 60 感测的温度。在该实施方式中, 辐射体 (radiant) 或其它形式的热源 65 可放置在开孔 56 内以便紧邻工具 24 的背面 57 并沿着工具 24 的背面 57 直接加热, 以便增加效率并减少传热至零件 22 所需的时间。

[0060] 图 6 图解了设备 20 的另一实施方式, 在设备 20 中包括导热材料如非限制性的铜或铝的热质 64 被附连至工具 24 的背面 57, 以便进一步最大化传热至零件 22 的速率和效率, 以及更均匀地加热零件 22。图 6 中显示的设备 20 的实施方式利用类似于图 3 和 5 中显示的整合的双真空室构造。将袋 30 的外围 29 通过粘合剂层 66 粘合至罩 28 上的法兰 28。又将密封件 36 通过第二粘合剂层 68 粘合至袋 30 的周边 30。

[0061] 图 7 图解了设备 20 的实施方式, 在设备 20 中通过盖 70 封闭工具 24 的背面 57 内的开孔 56 以形成通过工具 24 的导管 72。温热空气 74 的适当来源可引导温热空气通过由箭头 76 示出的导管 72, 以便直接温热工具 24 的背面 57, 并且从而温热零件 22。为了清晰的目的, 未在图 7 中示出外部罩 28 和内部袋 30。

[0062] 图 8 图解了可采用图 1-7 中显示的设备 20 的、双真空固化复合材料零件 22 的方法的步骤。在步骤 78 开始, 在适合的固化工具 24 上或紧靠适合的固化工具 24 放置未固化的复合材料零件 22。如在 80 显示的, 然后使用分别通过外部罩 28 和内部袋 30 形成的真空室 32、34 在零件 22 上抽出第一和第二真空。如将在下文更详细讨论的, 最初地, 第一真空

的水平可几乎等于第二真空的水平。在步骤 82, 随着已经抽出第一和第二真空, 通过加热持续增加零件 22 的温度, 直至零件温度达到预选的固化温度。如将在下文说明的, 零件温度可以以恒定速率增加或可以不以恒定速率增加, 但是, 它基本上持续地增加。当零件 22 的温度增加至固化温度时, 如在步骤 84 显示的, 将第一真空降低至一定的预选的水平, 以使第二真空的水平大于第一真空的水平。一旦零件 22 达到固化温度, 如在步骤 86 显示的维持固化温度一段预选时期, 在该时期内零件 22 固化。在零件 22 被固化后, 如在步骤 88 显示的降低零件 22 的温度, 并且如在步骤 90 显示的终止第一和第二真空。

[0063] 图 9 和 10 根据适于双真空固化复合材料零件 22 的两个不同处理安排分别图解了真空压力和温度曲线。但是, 如先前指出的, 利用图 9 和 10 中显示的处理安排的公开方法也可用于去除挥发物, 并固化用于再次加工零件或结构的区域的复合材料补片 (未显示)。具体参照图 9, 从时间 t_0 至 t_2 以基本上恒定的速率持续增加由曲线 92 表示的零件 22 的温度, 直至在 t_2 到达预选的固化温度。在 t_0 开始, 分别由曲线 94 和 96 表示的外部真空室 32 和内部真空室 34 内的真空压力被抽至预选水平, 它们可以是几乎相等的。在一些情况中, 外部真空室 32 内的第一真空压力 94 可以稍微低于、等于或稍微高于内部室 34 内的真空压力 96。

[0064] 在该实施方式中, 在整个过程循环期间, 内部室 34 内的真空压力 96 基本上维持恒定。但是, 在一些点, 在 t_0 和 t_2 之间的 t_1 , 外部真空室 32 内的真空压力 94 被降至实质上小于内部真空室 34 内的真空压力 96 的水平。在 t_0 和 t_1 之间的时期内, 因为两个压力 94、96 几乎相等, 所以外部真空室 32 内的真空压力 94 防止内部袋 30 将全部压实压力 (压缩压力, compaction pressure) 施加在零件 22 上, 从而当温度 92 上升至固化温度时, 使零件 22 内的挥发物更容易地逸出。但是, 在时间 t_1 , 真空压力 94 的降低使得内部室 34 内的真空压力 96 将几乎全部压力施加至零件 22, 以便压实零件 22 并挤出层压零件 22 内的气泡以避免多孔性。 t_2 和 t_3 之间的时期表示预选时期, 在该时期内温度 92 被维持在恒定固化温度下。在 t_3 开始, 在冷却循环期间温度 92 在 t_4 降低至环境温度, 在该点可终止真空压力 94、96。

[0065] 图 10 图解了大致类似于图 9 的固化处理安排, 但是温度 92 至固化温度的上升, 尽管连续, 但是不是恒定的, 而是在温度增加速率方面包括一个或多个改变。在图解的实例中, 以大于图 9 安排中显示的速率, 在 t_0 和 t_1 之间增加温度 92。但是, 在 t_1 , 降低温度增加的速率直至 t_2 , 在该点下, 再恢复温度增加的速率, 直至在 t_3 达到固化温度。

[0066] 公开的实施方式可在各种潜在的应用中, 特别在运输工业包括例如航空航天、海运和汽车应用中得到应用。因此, 现在参考图 11 和 12, 本公开的实施方式可如图 11 所示在航空器制造和服务方法 98 和如图 12 所示在航空器 100 的情况中使用。在生产前期间, 示例性的方法 98 可包括航空器 100 的规格和设计 80 和材料获得 104。在生产期间, 进行航空器 100 的部件和子组件制造 106 和系统整合 108。公开的方法和设备可用于固化步骤 106 中制造的以及步骤 108 中整合的复合材料零件。此后, 航空器 100 可以经历发照和交货 100 以进行使用 112。在客户使用的同时, 航空器 100 可以被安排进行日常维护和保养 114 (其也可以包括改进、重新配置、整修等)。公开的方法和设备可用于在维护和保养 114 中固化安装在航空器 100 上的复合材料零件。

[0067] 可以由系统整合者、第三方和 / 或操作者 (例如用户) 进行或执行方法 98 的每个过程。对本说明书的目的, 系统整合者可以非限制性地包括诸多航空器制造商和主要系统

转包商 ; 第三方可以非限制性地包括诸多销售商、转包商和供应商 ; 以及操作者可以是航空公司、租赁公司、军事实体、服务组织等。

[0068] 如图 12 所示, 通过示例性方法 98 生产的航空器 100 可以包括带有多个系统 118 的机体 116 和内部 120。高水平的系统 118 的例子包括一个或多个推进系统 122、电力系统 124、水压系统 126 和环境系统 128。可以包括许多其它系统。尽管显示了航空实例, 但是本公开的原理可以应用于其它工业, 如海运、汽车和建筑业。

[0069] 本文实施的设备和方法可以在生产和服务方法 98 的任意一个或多个阶段期间使用。例如, 相应于生产过程 98 的部件和子组件可以被以类似于使用航空器 100 时生产的部件和子组件的方式进行构造或制造。同样, 例如, 通过显著加速航空器 100 的组装或减少航空器 100 的成本, 在生产阶段 106 和 108 可以使用一种或多种设备实施方式、方法实施方式或其组合。类似地, 在使用航空器 100 时, 一种或多种设备实施方式、方法实施方式或其组合可以例如但不限于用于维护和保养 114。

[0070] 尽管本公开的实施方式已就某些示例性实施方式进行了描述, 但是应当理解, 具体实施方式是用于阐述目的并且是非限制性的, 本领域技术人员可以想到其它变化。

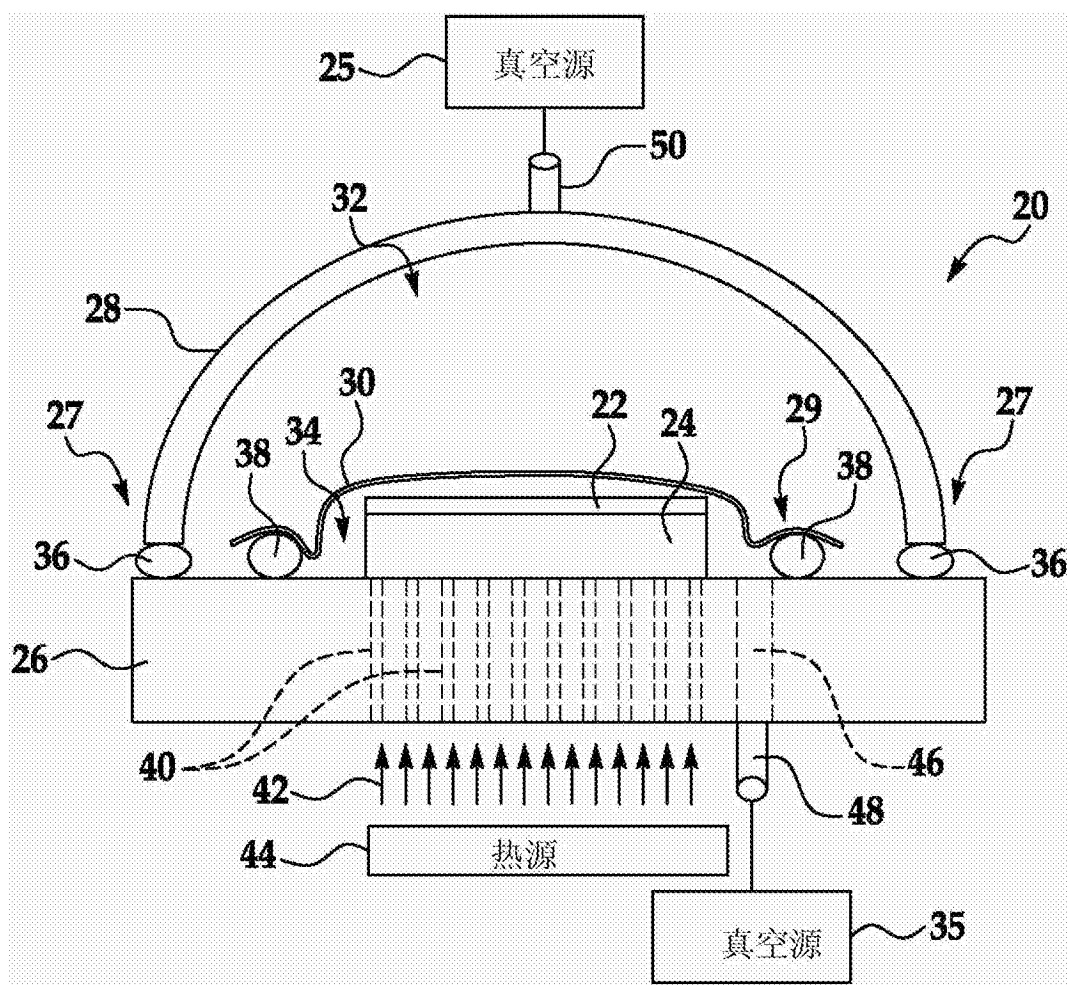


图 1

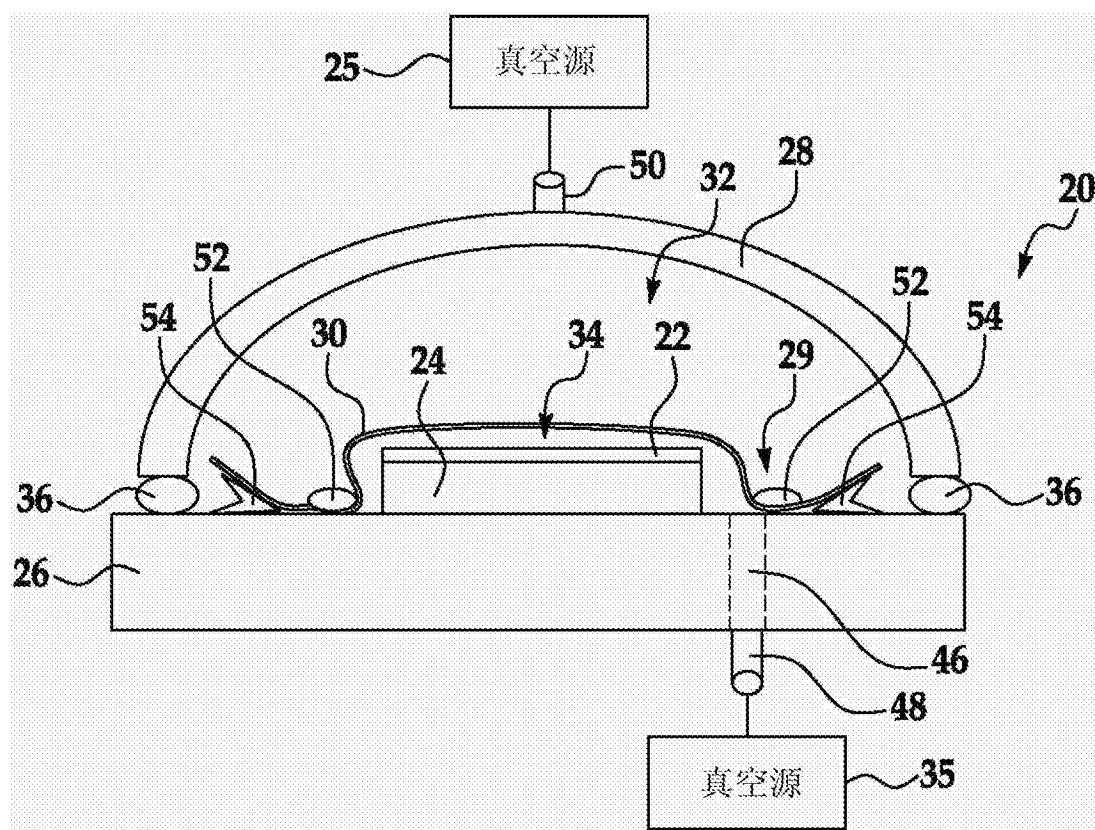


图 2

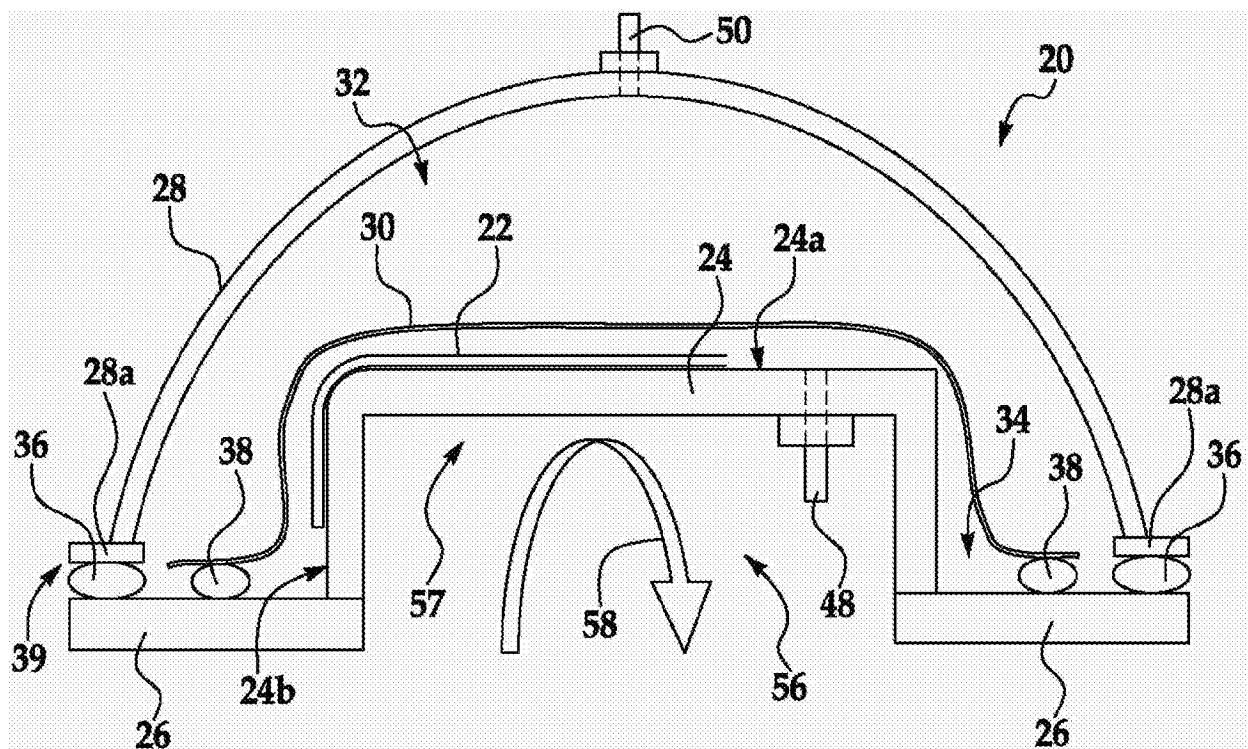


图 4

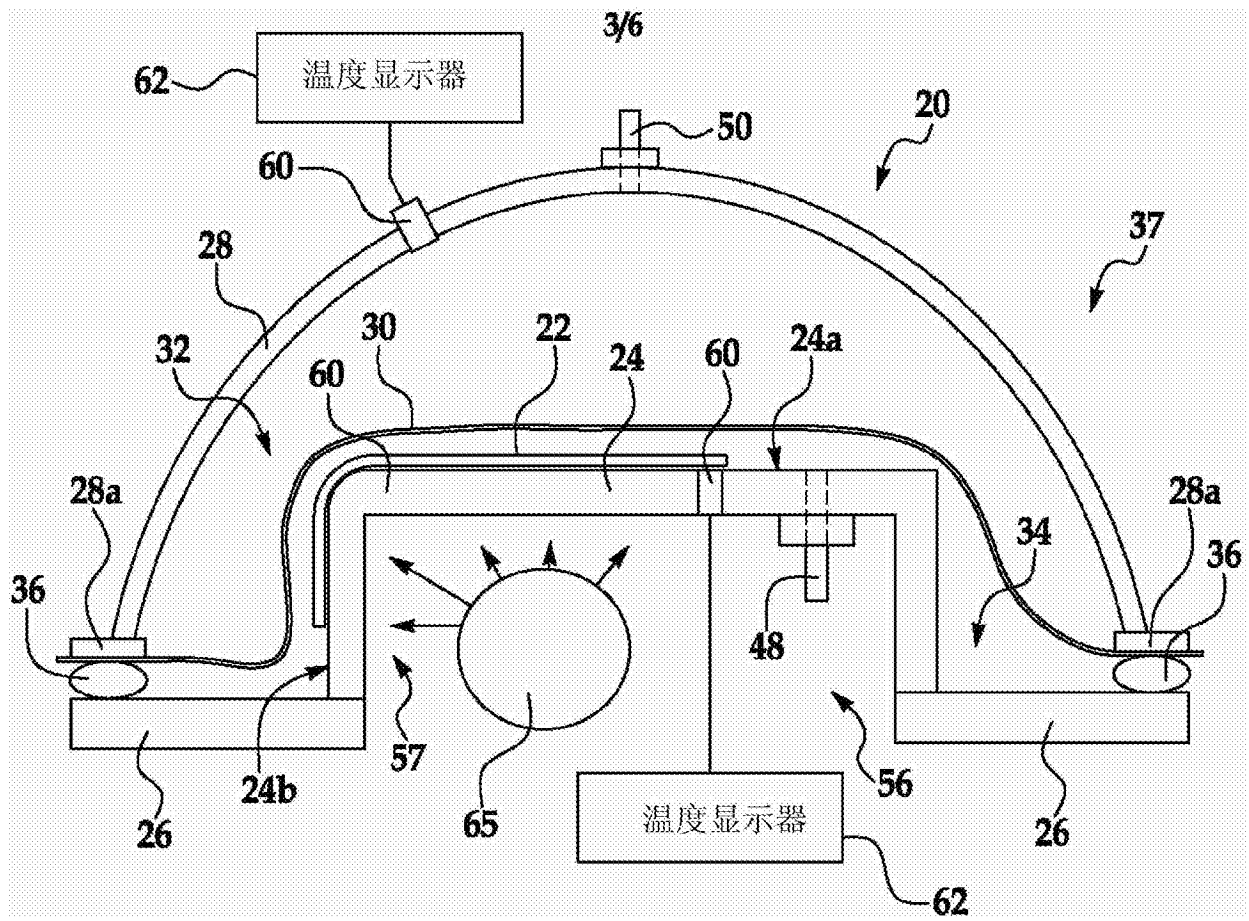


图 5

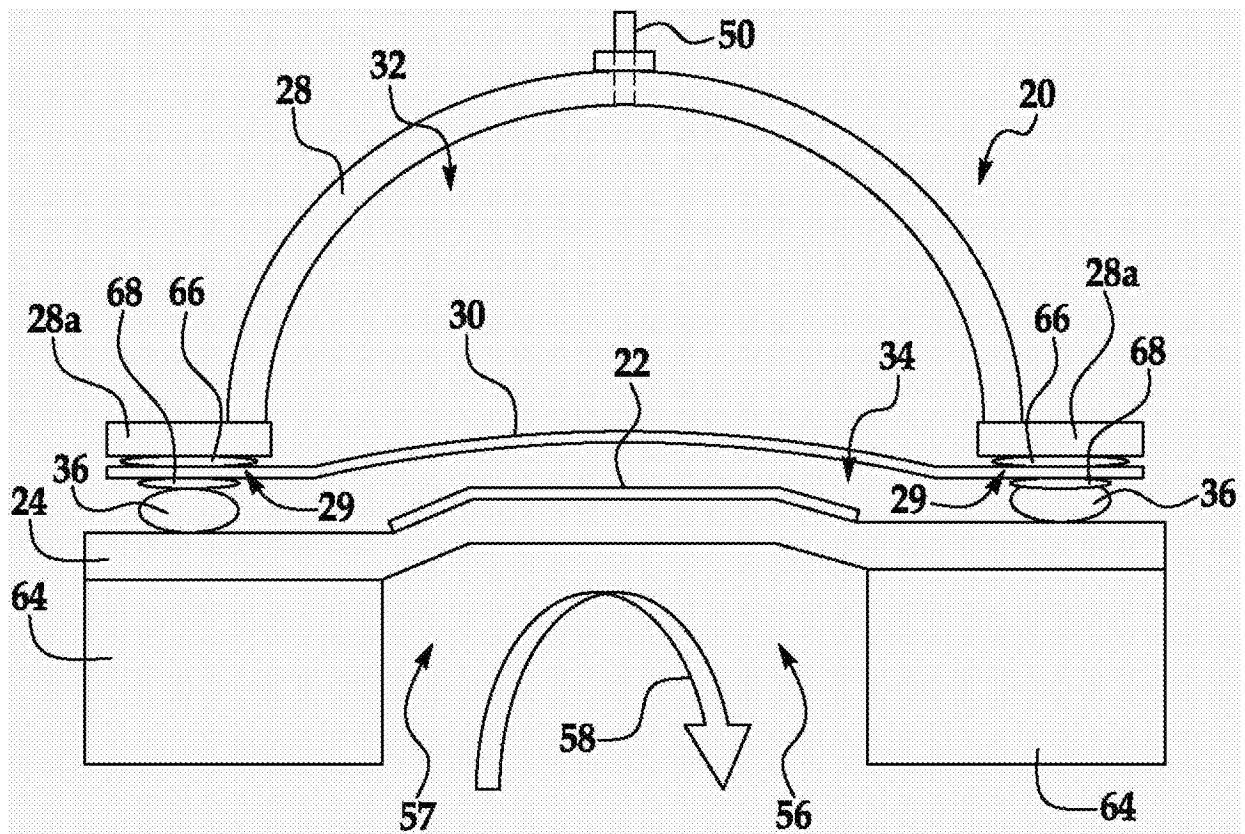


图 6

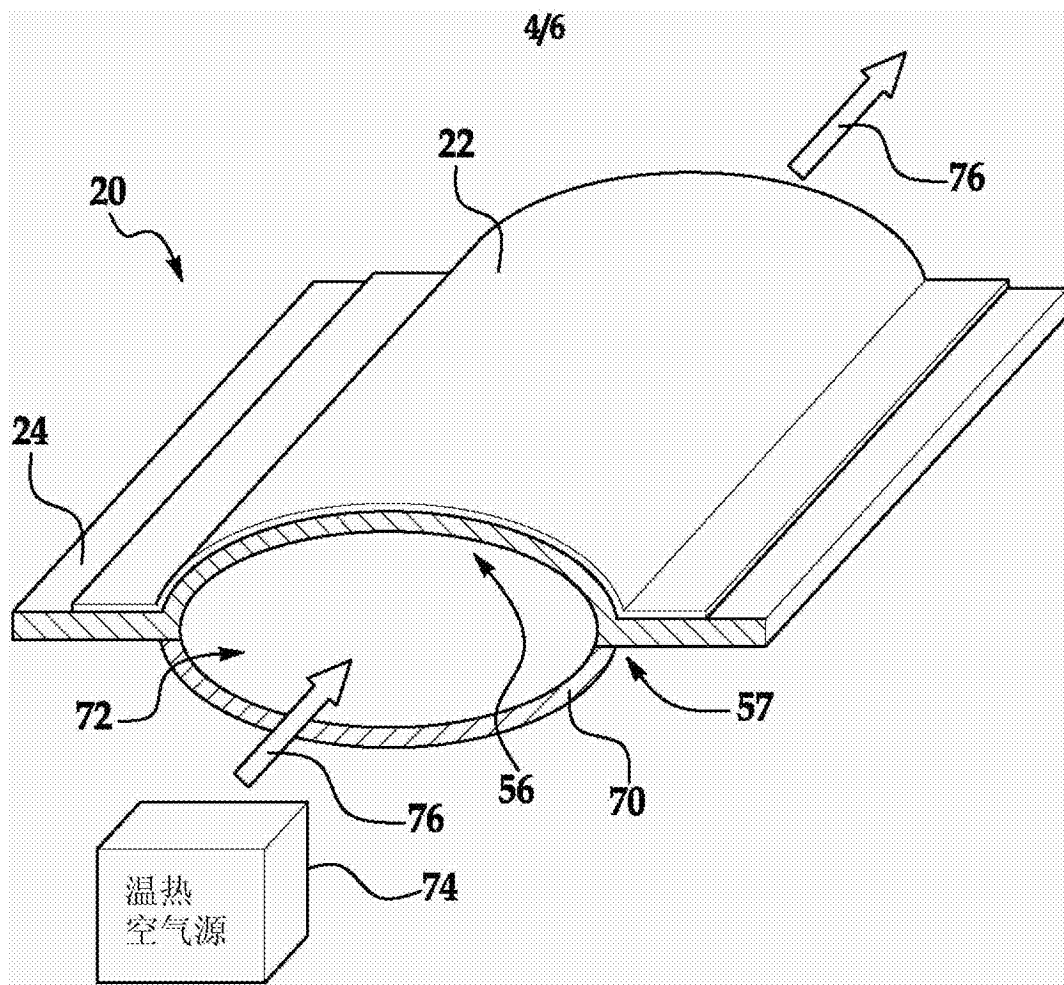


图 7

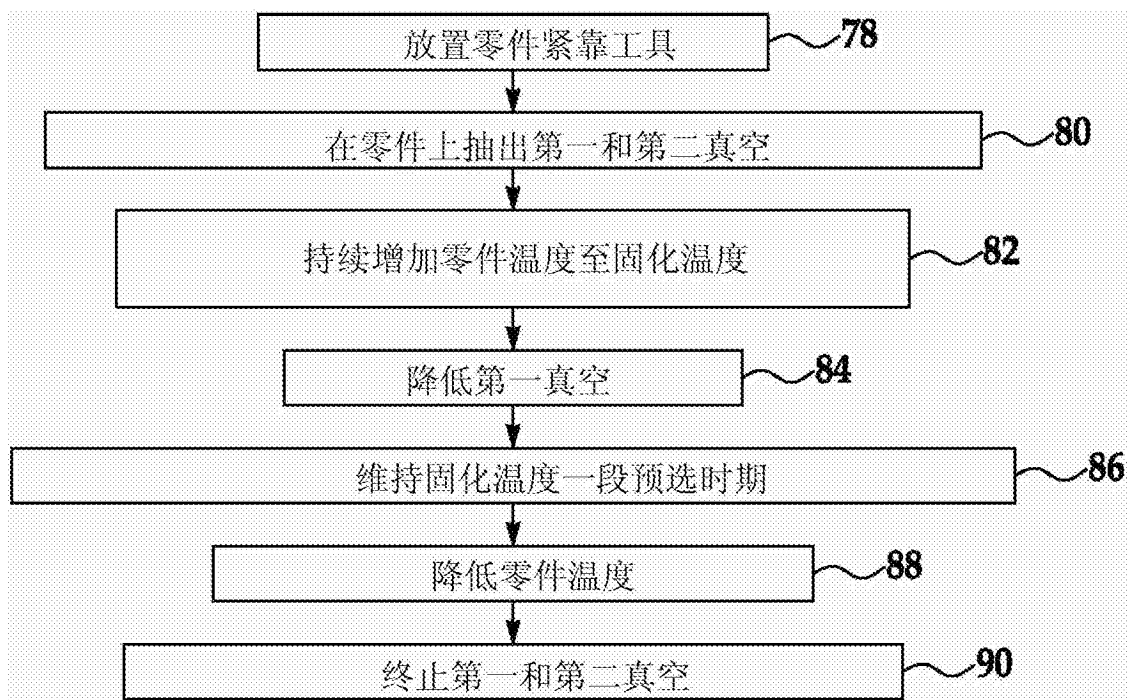


图 8

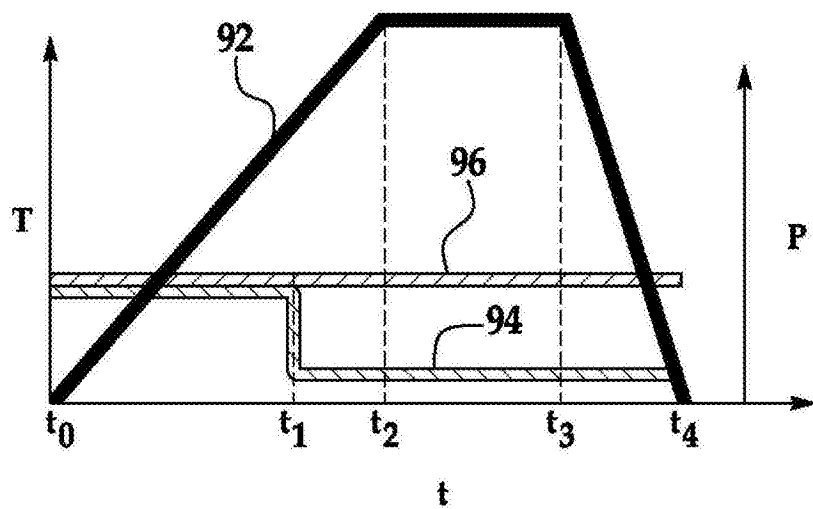


图 9

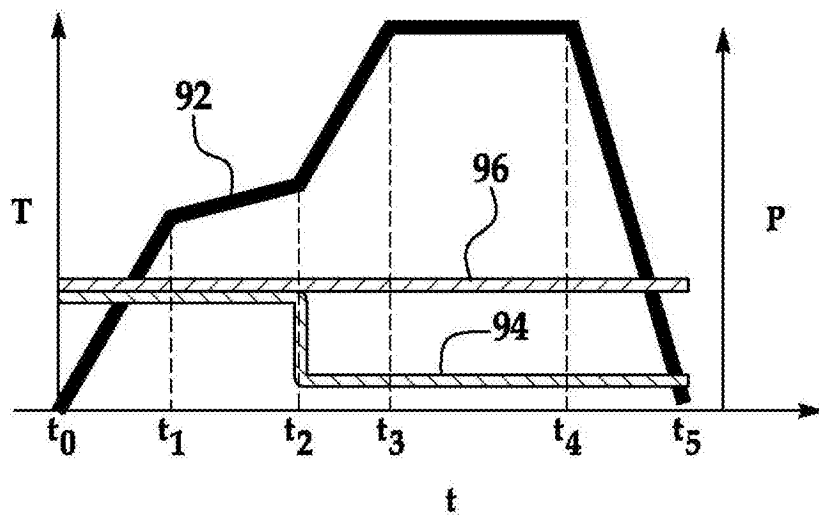


图 10

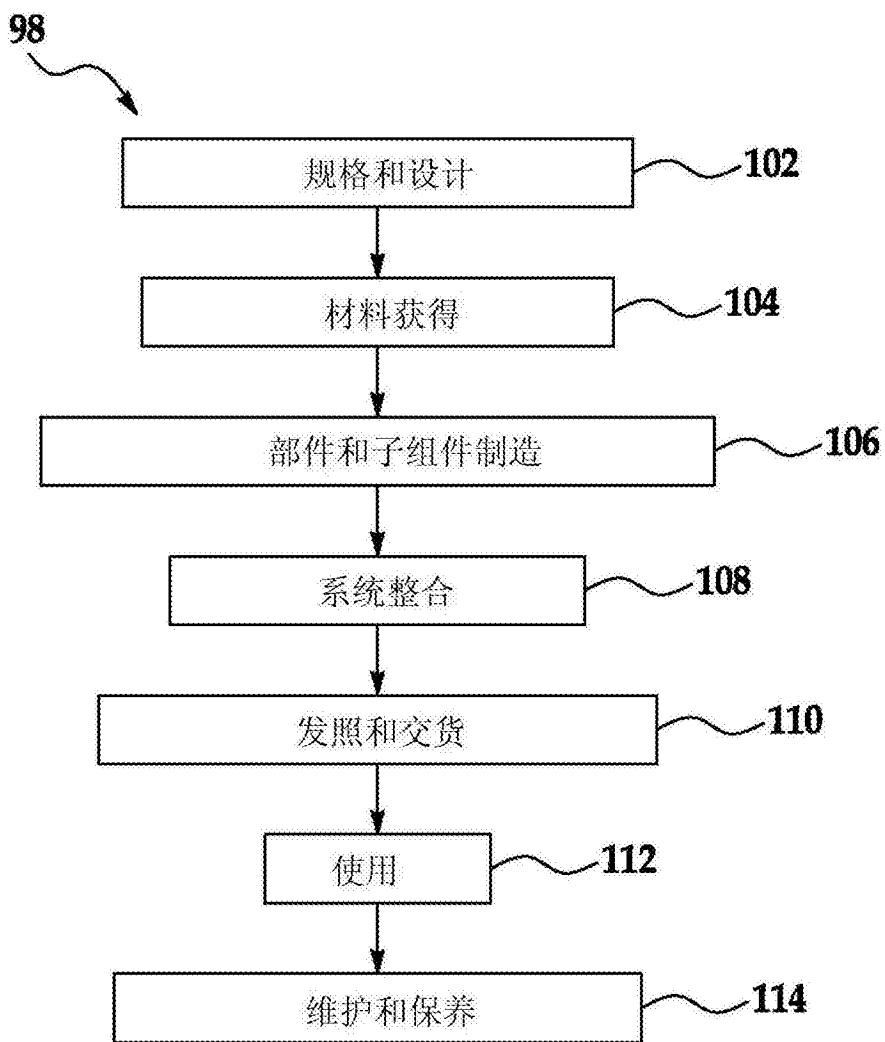


图 11

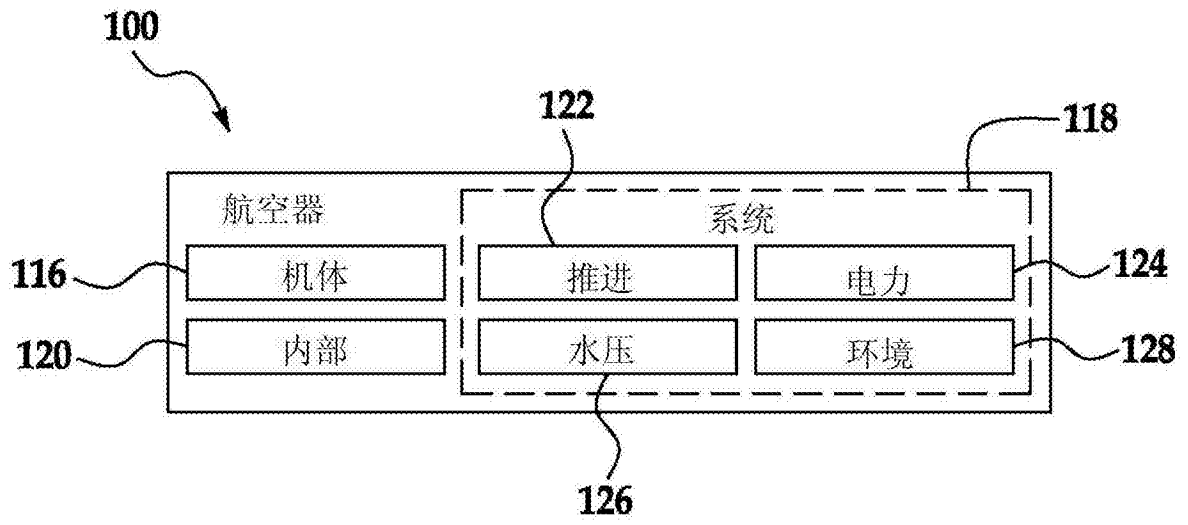


图 12