



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112930253 A

(43) 申请公布日 2021.06.08

(21) 申请号 201980068697.7

(22) 申请日 2019.08.20

(30) 优先权数据

16/114,035 2018.08.27 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.04.16

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/047286 2019.08.20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/046649 EN 2020.03.05

(71) 申请人 戴弗根特技术有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 安东尼奥·伯纳德·马丁内斯

理查德·温斯顿·霍伊尔

伊恩·霍索恩·阿什当

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332

代理人 王瑞朋 胡彬

(51) Int.Cl.

B29C 31/04 (2006.01)

B29C 70/16 (2006.01)

B29C 70/28 (2006.01)

B33Y 10/00 (2006.01)

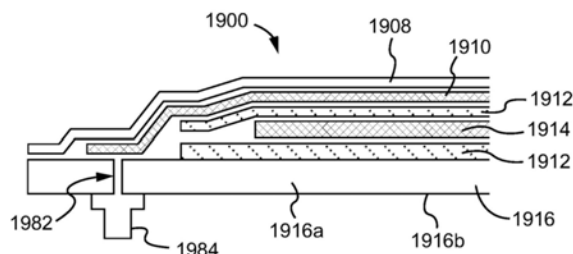
权利要求书3页 说明书13页 附图15页

(54) 发明名称

具有集成的3-D打印元件的混合复合结构

(57) 摘要

本发明公开了一种增材制造 (AM) 混合复合结构。该AM混合复合结构包括第一部分和第二部分。第二部分包括一个或多个AM元件，其构造为使得第二部分能够与第一部分集成，以形成包括第二部分和第一部分的集成部件。本发明公开了一种制造混合复合结构的方法。该方法包括制造第一部分，以及增材制造第二部分。增材制造第二部分的步骤包括共同打印一个或多个AM元件。该方法还包括使用一个或多个AM元件作为工具的一部分以将第一部分与第二部分集成在一起，并形成包括第一部分和第二部分的集成部件。



1. 一种增材制造 (AM) 混合复合结构, 包括:
第一部分, 该第一部分包括第一材料; 以及
第二部分, 该第二部分包括第二材料, 所述第二部分构造为与所述第一部分集成在一起, 所述第二部分还包括一个或多个 AM 元件, 所述 AM 元件构造为能够使所述第二部分与所述第一部分集成在一起, 以形成包括所述第二部分和所述第一部分的集成部件。
2. 根据权利要求 1 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述第一部分包括复合叠层。
3. 根据权利要求 1 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述第二部分包括增材制造 (AM) 工具。
4. 根据权利要求 3 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述 AM 工具包括工具壳和 AM 内芯。
5. 根据权利要求 4 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述一个或多个 AM 元件与所述 AM 内芯被共同打印。
6. 根据权利要求 1 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述集成部件进一步构造为组装到运输结构中。
7. 根据权利要求 1 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述一个或多个 AM 元件进一步构造为消除用于将所述第二部分与所述第一部分集成在一起的外部工具。
8. 根据权利要求 1 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述一个或多个 AM 元件包括一个或多个引导线。
9. 根据权利要求 8 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述第一部分包括一个或多个复合层。
10. 根据权利要求 9 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述一个或多个复合层是预堆叠的。
11. 根据权利要求 9 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述一个或多个引导线构造为助于放置所述一个或多个复合层。
12. 根据权利要求 9 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述第二部分包括增材制造 (AM) 工具, 其中所述一个或多个引导线与所述 AM 工具被共同打印。
13. 根据权利要求 9 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述一个或多个引导线包括一组或多组引导线, 所述一组或多组引导线构造为提供用于所述一个或多个复合层的修整操作的指令和边界。
14. 根据权利要求 9 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述一个或多个引导线包括一个或多个文本或数字指令。
15. 根据权利要求 9 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述一个或多个引导线包括一个或多个边缘标记。
16. 根据权利要求 8 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述一个或多个 AM 元件构造为放置工具的一部分。
17. 根据权利要求 1 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述一个或多个 AM 元件包括一个或多个端口以及一个或多个通道。
18. 根据权利要求 17 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述一个或多个 AM 元件包括真空工具的一部分。
19. 根据权利要求 17 所述的 AM 混合复合结构, 其中, 所述一个或多个 AM 元件包括树脂注入工具的一部分。

20. 根据权利要求17所述的AM混合复合结构,其中,所述第一部分包括复合层,其中所述第二部分包括AM工具,并且其中,所述一个或多个端口设置在所述AM工具的外表面上。

21. 根据权利要求20所述的AM混合复合结构,其中,所述一个或多个通道从所述AM工具的外表面上的相应的一个或多个端口向内延伸。

22. 根据权利要求17所述的AM混合复合结构,其中,所述一个或多个端口构造为使得负压能够经由相关联的一个或多个通道被施加到所述第一部分。

23. 根据权利要求17所述的AM混合复合结构,其中,所述一个或多个端口构造为使得树脂能够经由相关联的一个或多个通道被注入到所述第一部分中。

24. 根据权利要求17所述的AM混合复合结构,其中,所述一个或多个端口的第一组经由相关联的一个或多个通道构造为使得负压能够被施加到所述第一部分,并且所述一个或多个端口的第二组经由相关联的一个或多个通道构造为使得树脂能够被注入到所述第一部分中。

25. 一种制造混合复合结构的方法,包括:

制造第一部分;

增材制造第二部分,其包括共同打印一个或多个增材制造 (AM) 元件;

使用所述一个或多个AM元件作为工具的一部分以将所述第一部分与所述第二部分集成在一起;并且

形成包括所述第一部分和所述第二部分的集成部件。

26. 根据权利要求25所述的方法,其中,所述一个或多个AM元件包括一个或多个引导线,并且其中,所述第一部分包括一个或多个复合层。

27. 根据权利要求26所述的方法,其中,使用所述一个或多个AM元件作为工具的一部分包括使用所述一个或多个引导线来帮助放置所述一个或多个复合层。

28. 根据权利要求26所述的方法,进一步包括预堆叠所述一个或多个复合层。

29. 根据权利要求26所述的方法,其中,使用所述一个或多个AM元件作为工具的一部分包括使用所述一个或多个引导线来帮助所述一个或多个复合层的取向。

30. 根据权利要求25所述的方法,其中,所述一个或多个AM元件包括一个或多个端口以及一个或多个通道。

31. 根据权利要求30所述的方法,其中,使用所述一个或多个AM元件作为工具的一部分包括使用所述一个或多个AM元件以使得负压能够被施加到所述第一部分。

32. 根据权利要求30所述的方法,其中,使用所述一个或多个AM元件作为工具的一部分包括使用所述一个或多个AM元件以使得树脂能够被注入到所述第一部分中。

33. 根据权利要求30所述的方法,其中,所述第二部分包括工具壳和AM内芯,其中,共同打印一个或多个AM元件包括共同打印一个或多个AM端口与所述工具壳。

34. 根据权利要求30所述的方法,其中,所述第二部分包括工具壳和AM内芯,其中,共同打印一个或多个AM元件包括共同打印一个或多个AM通道与所述AM内芯。

35. 根据权利要求30所述的方法,其中,共同打印一个或多个AM元件包括共同打印一个或多个AM端口,所述一个或多个端口的第一部分构造为使得负压能够被施加到所述第一部分,所述一个或多个端口的第二部分构造为使得树脂能够被注入到所述第一部分中。

36. 根据权利要求30所述的方法,其中,共同打印一个或多个AM元件包括共同打印一个

或多个AM通道,所述一个或多个通道的第一组构造为使得负压能够被施加到所述第一部分,所述一个或多个通道的第二组构造为使得树脂能够被注入到所述第一部分中。

具有集成的3-D打印元件的混合复合结构

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2019年8月27日提交的、题为“具有集成的3-D打印元件的混合复合结构”的美国专利申请No.16/114,035的权益,其全部内容通过引用明确地结合于本文。

技术领域

[0003] 本公开总体上涉及制造技术,更具体地,涉及用于在车辆、船只、飞机和其它工程结构中使用的复合结构。

背景技术

[0004] 许多类型的复合结构被制造并在运输结构,例如车辆、卡车、火车、摩托车、船只、飞机等中使用。这种复合结构可以在运输结构内或作为运输结构的一部分用于功能、结构或美学目的中的任何一种或多种。

[0005] 通常,制造具有内芯的复合结构需要特定零件层压工具来限定和保持复合结构的形状,直到复合结构固化。

[0006] 例如,传统的层放置和/或取向是使用激光投影或层书(ply book)来实现的,这两者都增加了该过程的费用和时间。

[0007] 再例如,复合结构的制造需要在层压材料上应用真空袋,以加固复合材料并去除被捕获的气体。传统的方法需要将外部真空产生装置附接到真空袋的外侧。然而,袋子外部的真空装置可能会增加费用,并且具有可能泄漏的问题。

[0008] 又例如,制造复合结构的一种方法是将树脂注入干纤维中。在传统方法中,通过使用外部树脂进给管线将树脂注入干纤维中,该外部树脂进给管线也进给到真空袋中。然而,外部树脂进给管线也可能增加费用,并具有可能泄漏的问题。此外,仅依靠外部真空和树脂注入点,可能存在不完全注入或固化的风险。

[0009] 需要复合结构和相关的制造方法来促进工具功能并消除一些外部工具以降低制造过程的成本并节省制造过程的时间。

发明内容

[0010] 下文将参考三维打印技术更全面地描述增材制造(AM)混合复合结构。

[0011] 一方面,公开了一种增材制造(AM)的混合复合结构。该AM混合复合结构包括第一部分和第二部分。第一部分包括第一材料。第二部分包括第二材料。第二部分构造为与第一部分集成。第二部分还包括一个或多个AM元件,其构造为使得第二部分能够与第一部分集成,以形成包括第二部分和第一部分的集成部件。

[0012] 另一方面,公开了一种制造混合复合结构的方法。该方法包括制造第一部分,以及增材制造第二部分。增材制造第二部分的步骤包括共同打印一个或多个增材制造(AM)元件。该方法还包括使用一个或多个AM元件作为工具的一部分以将第一部分与第二部分集成在一起,并形成包括第一部分和第二部分的集成部件。

[0013] 应当理解的是,生产用于运输结构的零件的设备的和方法的其它方面对于本领域技术人员将从以下详细描述中变得显而易见,其中仅通过说明的方式示出和描述若干实施例。如本领域技术人员将意识到的,零件和生产零件的方法能够具有其它且不同的实施例,并且其若干细节能够在各种其它方面进行修改,所有这些都不背离本公开。因此,附图和详细描述在本质上被认为是说明性的,而不是限制性的。

附图说明

[0014] 现在将在附图中以示例的方式而非限制的方式在详细描述中呈现增材制造 (AM) 的混合复合结构,其中:

[0015] 图1是示出启动3-D打印过程的示例性过程的流程图;

[0016] 图2是示例性3-D打印机的框图;

[0017] 图3示出了3-D打印工具壳的透视图;

[0018] 图4示出了具有插入其中的CFRP (碳纤维增强塑料) 的3-D打印工具壳的透视图;

[0019] 图5是组合的材料和工具壳的横截面透视图;

[0020] 图6示出了运输结构中的使用双组部件的示例性内部门板610的侧视图;

[0021] 图7是示出了用于生产具有复合增强件的部件的示例性过程的流程图,该复合增强件覆盖工具壳以形成用于用作运输结构中的部件的集成结构;

[0022] 图8是由增材制造工具上的织物复合增强件的覆盖层构成的集成结构的图示;

[0023] 图9是包括通过内部网格结构形成的工具的集成结构的图示;

[0024] 图10是具有带有拓扑优化的口袋和工具的集成结构的图示;

[0025] 图11是使用共同模制节点的集成结构的图示;

[0026] 图12是示出了用于在工具壳上产生具有复合材料的部件以产生用于用作运输结构中的部件的集成结构的示例性过程的流程图;

[0027] 图13是包括夹置在节点之间并经由机械夹具紧固的复合材料的集成结构的图示;

[0028] 图14A-B示出了使用复合蒙皮和多材料工具的集成结构的示例;

[0029] 图15是在固化的复合材料表面上使用剥离层的集成结构的示例;

[0030] 图16是AM混合复合结构的图示;

[0031] 图17示出了具有一个或多个引导线的AM混合复合结构;

[0032] 图18A示出了具有一个或多个引导线的AM混合复合结构的俯视图;

[0033] 图18B示出了具有一个或多个图18A中的引导线的AM混合复合结构的侧视图;

[0034] 图19A-B示出了具有一个或多个真空通道的AM混合复合结构;

[0035] 图20A-B示出了具有一个或多个树脂通道的AM混合复合结构;

[0036] 图21示出了制造混合复合结构的方法。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图阐述的详细描述旨在提供对增材制造 (AM) 的混合复合结构的各种示例性实施例的描述,并且不旨在表示本发明可以实践的唯一实施例。遍及本公开使用的术语“示例性”意味着“用作示例、实例或说明”,并且不应该被解释为相对于本公开中呈现的其它实施例是优选的或有利的。详细描述包括为了提供全面和完整的向本领域技术人员

充分传达本发明的范围的公开的具体细节。然而,本发明可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些情况下,众所周知的结构和部件可以以框图形式示出,或者完全省略,以避免模糊遍及本公开呈现的各种概念。

[0038] 在一些方面,公开了一种AM混合复合结构。该AM混合复合结构包括第一部分和第二部分。第一部分包括第一材料。第二部分包括第二材料。第二部分构造为与第一部分集成在一起。第二部分还包括一个或多个AM元件,其构造为使得第二部分能够与第一部分集成,以形成包括第二部分和第一部分的集成部件。

[0039] 在一些方面,公开了一种制造混合复合结构的方法。该方法包括制造第一部分,以及增材制造第二部分。增材制造第二部分的步骤包括共同打印一个或多个增材制造(AM)元件。该方法还包括使用一个或多个AM元件作为工具的一部分以将第一部分与第二部分集成,并形成包括第一部分和第二部分的集成部件。

[0040] 内芯结构的3-D打印使得工具功能能够通过3-D打印的芯结构来促进,从而消除了一些外部工具的需求。下面描述可以包括在3-D打印的芯结构中的附加功能。

[0041] 增材制造,也称为3-D打印,在复合工具的背景下的使用提供了显著的灵活性,以使得机械结构和机械化组件的制造商能够制造具有复杂几何结构的零件。例如,3D打印技术为制造商提供了设计和构建通过传统制造工艺不可能制造的具有复杂内部网格结构和/或轮廓的零件的灵活性。

[0042] 图1是示出启动3-D打印过程的示例性过程的流程图100。渲染要打印的期望的3-D对象的数据模型(步骤110)。数据模型是3-D对象的虚拟设计。因此,数据模型可以反映3-D对象的几何和结构特征,以及其材料成分。可以使用各种方法创建数据模型,包括3D扫描、3D建模软件、摄影测量软件和相机成像。

[0043] 用于创建数据模型的3D扫描方法也可以使用各种用于生成3D模型的技术。这些技术可以包括例如飞行时间、体积扫描、结构光法、调制光法、激光扫描、三角测量等。

[0044] 继而,3-D建模软件可以包括众多商业上可获得的3-D建模软件应用之一。可以使用合适的计算机辅助设计(CAD)包(例如以STL格式)来渲染数据模型。STL文件是与商业上可获得的CAD软件相关联的文件格式的一个示例。可以使用CAD程序将3-D对象的数据模型创建为STL文件。随即,STL文件可以经历一个过程,凭此过程文件中的错误被识别和解决。

[0045] 在错误解决之后,数据模型可以被称为切片机的软件应用“切片(sliced)”,从而产生一组用于3-D打印对象的指令,其中,这些指令与要利用的特定3-D打印技术兼容并相关联(步骤120)。许多切片程序是商业上是可获得的。切片程序将数据模型转换为一系列代表要打印的对象的薄切片(例如,100微米厚)的单独层,连同包含用于3-D打印这些连续单独层的打印机特定指令的文件一起,以产生数据模型的实际3-D打印表示。

[0046] 用于此目的的常见文件类型是G代码文件,其是一种数控编程语言,其包括用于3-D打印对象的指令。将G代码文件或构成指令的其它文件上传到3-D打印机(步骤130)。因为包含这些指令的文件通常构造为可与特定3-D打印过程一起操作,所以可以理解的是,根据所使用的3-D打印技术,指令文件的许多格式都是可能的。

[0047] 除了命令要渲染什么和如何渲染对象的打印指令之外,3-D打印机渲染对象所必需使用的适当的物理材料通过使用若干传统的并且通常是打印机专用方法中的任何一种来装载到3-D打印机中(步骤140)。例如,在熔融沉积建模(FDM)3-D打印机中,材料通常作为

细丝装载在卷轴上,卷轴放置在一个或多个卷轴保持器上。细丝通常被进给到挤出机设备中,在将材料喷射到构建板或其它基底上之前,该挤出机设备在操作中将细丝加热成熔融形式,如下文进一步解释的。在选择性激光烧结(SLS)打印和其它方法中,材料可以作为粉末装载到将粉末进给到构建平台的室中。根据3-D打印机,可以使用其它技术来装载打印材料。

[0048] 然后,基于所提供的指令,使用(多种)材料打印3-D对象的相应的数据切片(步骤150)。在使用激光烧结的3-D打印机中,激光扫描粉末床,并在期望结构的地方将粉末熔融或烧结在一起,并避免扫描切片数据指示没有要打印的区域。该过程可以重复数千次,直到形成期望的结构,在此之后从制造机处移除打印的零件。在熔融沉积建模中,通过将模型和支撑材料的连续层施加到基底上来打印零件。一般来说,出于本公开的目的,可以采用任何合适的3-D打印技术。

[0049] 图2是示例性3-D打印机200的框图。虽然可以适当地采用任何数量的3-D打印技术,但是图2的3-D打印机200是在FDM技术的背景下讨论的。3-D打印机200包括FDM头部210,该头部又包括挤出喷嘴250A和250B、可移动构建台220和在构建台220的顶部处的构建板230。

[0050] 根据结构的预期组成和对为结构的悬伸元件提供支撑的任何支撑材料的需求(否则结构的悬伸元件可能经受重力变形或塌陷),多种材料可以用于打印对象。一种或多种合适的细丝材料260可以缠绕在卷轴(未示出)上,并被进给到FDM头部210中。(在上述其它技术中,材料可以以粉末或其它形式提供)。FDM头部210可以基于接收到的打印指令通过例如步进电机或伺服电机的数控机构在X-Y方向上移动。在一个示例性实施例中,可以构成热塑性聚合物的材料可以被进给到包括挤出喷嘴250A和250B的FDM头部210。FDM头部210中的挤出机将细丝材料260加热成熔融形式,并且挤出喷嘴250A喷射熔融材料并将其沉积到构建台220的构建板230上。

[0051] 响应于接收到的打印指令,FDM头部210绕水平(X-Y)平面移动,使得挤出喷嘴250A将细丝材料260滴落在目标位置,以形成施加的材料的线240。(在某些配置中,FDM头部210还可以构造为在Z方向上移动和/或绕一个或多个轴旋转)。细丝材料260的层270,包括线240,通过逐行沉积细丝材料260而形成,其中随着材料沉积在构建板230上,细丝材料260的每一根线都硬化。在层270形成在X-Y平面中的适当位置之后,下一层可以以类似的方式形成。

[0052] 构建板230可以是受控工作台的至少在竖直Z方向上可移动的部件。当层270的渲染完成时,构建台220和构建板230可以沿竖直(Z)方向降低与层270的厚度成比例的量。构建台220和构建板230可以被降低,使得打印机可以开始应用下一层。渲染和完成一个层并且降低构建台220和构建板230可以被重复,直到产生具有期望形状和组成的多个横截面层(例如,来自线240)。

[0053] 尽管为了简化在该图示中示出了基本上为矩形的层结构,但是应当理解的是,根据数据模型,实际的打印结构可以体现基本任何形状和构造。也就是说,渲染的层的实际形状将对应于被打印的3-D模型的限定的几何结构。

[0054] 此外,如上所述,可以使用多种不同的材料来打印对象。在一些情况下,两种不同的细丝材料260和280可以通过相应的挤出机喷嘴250A和250B同时施加。

[0055] 在示例性实施例中,通过使用适当形状和结构的工具壳来模制一层或多层复合材料形成用于运输结构的零件。复合材料被粘附到工具壳的表面,以形成包括复合材料和工具壳的集成结构。该集成结构可操作为用作在运输结构(例如车辆)中的部件。在示例性实施例中,工具壳是3-D打印的,从而消除了与费力的机加工过程相关联的通常昂贵且耗时的技术。在这些实施例中,工具壳可以起到模制复合材料和用作与模制材料结合的有用结构的双重角色,以形成用于在运输结构自身内组装的部件,例如车辆面板、接头或其它部件、飞机机翼等。

[0056] 图3示出了3-D打印工具壳300的透视图。工具壳可以包括任何具有合适或适合特性以模制另一种材料的材料。例如,如果使用工具壳模制的材料是碳纤维增强复合材料(CFRP),则因瓦合金可能是用于模制该材料的合适候选物,因为其热膨胀系数非常类似于碳纤维的热膨胀系数。在其它情况下,工具结构可以由其它材料构成,包括金属、合金和塑料。3-D打印工具壳300中的凹陷302可以具有用于容纳适量的待模制的材料的合适体积。在另一示例性实施例中,可以提供工具壳的上半部,以便在固化期间密封材料。在其它实施例中,真空和流体通道可以集成到3-D打印工具壳300中,以使树脂材料能够被提供到凹陷302以促进制造材料的过程。在其它实施例中,因为除了模具之外,3-D打印工具壳300最终可以用作结构零件,所以可以制作3-D打印工具壳300的材料的选择也可以受到适于组装到运输结构中的最终部件的材料类型的限制。

[0057] 在实施例中,用于CFRP和金属3-D打印模具的粘合剂可以是CFRP本身的基体材料。

[0058] 图3中还包括已经3-D打印到材料中的小表面凹陷304。因为3-D打印工具壳300和待模制的材料最终可以形成用于组装到运输结构中的单个部件,所以在一些实施例中,可能希望提供使部件粘附到3-D打印工具壳300的内部302的机构。小表面凹陷304的目的是助于在3-D打印工具壳300的内部部分与在3-D打印工具壳300中被模制的材料之间提供表面粘附。在其它实施例中,表面凹陷也可以形成在工具壳的内侧壁306上,以进一步促进表面粘合过程。在替代实施例中,可以使用其它手段来帮助表面粘附。例如,在插入待模制的材料之前,可以将树脂施加到内表面302和/或内侧壁306上。可选地,夹具、螺纹件、螺母和螺栓、钉子、热融合等可以用来将复合材料固定到工具壳上。

[0059] 图4示出了具有插入其中的CFRP的3-D打印工具壳400的透视图。如上所述,在3-D打印工具壳400内待模制的结构的几何构造404可以设计为符合3-D打印工具壳400的内表面的形状,这取决于模具是如何构造的。以这种方式,工具壳充当模具的一区段以成形将被固化成部件的一部分的复合材料,如下面进一步描述的。

[0060] 包括复合叠层(layup)的复合制造过程可以使用3-D打印工具壳400来执行。在该示例中,作为生产部件的第一步,碳纤维材料(或其它合适的材料)可以经由叠层过程施加在3-D打印工具壳400的内表面上。碳纤维材料可以放置在3-D打印工具壳400上、压缩和固化。

[0061] 图5是组合的材料502和工具壳504的横截面透视图500。材料502和工具壳504之间的阴影上的差异示出了,在该特定实施例中的两个结构具有不同的材料成分,尽管在某些实施例中这种特征不是必需的。

[0062] 图6示出了运输结构中的使用双组装部件600的示例性内部门板610的侧视图。在该实施例中,门板包括第一部件606和第二部件608,它们中的任一个可以是模制的或3-D打

印的。在该示例性实施例中，第一部件606经由任何可用的手段粘附到图3-5中描述的双组装部件600的表面607上。第二部件608经由任何可用的手段粘附到图4的部件的表面609上（即，图4中部件的未看到的底部）。内部门板610随即可以用在运输结构中，其中碳纤维材料604被适当地放置。应该理解的是，该部件与内部门板的集成纯粹是为了说明的目的，并且图4的部件可以用于运输结构的各个部分中的大量实际应用中。

[0063] 在一个示例性实施例中，叠层使用预浸渍（“预浸料”）碳纤维层，该碳纤维层被递送到施加有树脂基体的3-D打印工具壳400（图4）上。预浸料技术提供了有效的树脂渗透，并有助于确保树脂的基本均匀散布。预浸料层可以被施加到3-D打印工具壳400上，以形成层压堆叠。

[0064] 在另一实施例中，干叠层使用干编织纤维片材。在叠层完成后，树脂随即可以被施加到干层上，例如通过树脂注入。在可选的示例性实施例中，可以使用湿叠层，其中每层可以涂覆有树脂并在放置后被压实。

[0065] 如上所述，用于模具的顶壳或密封件可以是3-D打印的，并施加在3-D打印工具壳400上，以提供将材料502（图5）的结构例如模制成3-D打印工具壳400（图4）的内部部分的几何构造404的器件。模制过程完成后，碳纤维材料可以例如被真空压实并在烤箱中烘烤指定的时间段。

[0066] 在这些阶段期间使用的具体的模制和树脂注入过程可以根据变量、比如模制技术、设计约束和期望的制造产量而变化。一般来说，3-D打印工具壳可以与各种复合材料制造技术结合使用，包括例如树脂传递模制（RTM）、手工叠层、预浸料、片材模制和真空辅助树脂传递模制（VARTM）。

[0067] 图7示出了用于创建在运输结构中使用的部件的方法的示例性流程图。在702，使用几何构造对工具壳进行3-D打印，该几何构造最终能够使其用作集成结构的一部分，以进一步用于另一结构，例如车辆面板。工具壳可以设计为潜在地粘附到随后要使用的材料上。在704，施加比如CFRP或另外复合织物的材料，并且使用复合制造过程来模制和硬化该材料。在706，当复合制造完成时，该材料粘附到工具壳上，并且形成包括由固化的材料和工具壳构成的集成结构的所得部件。在708，集成结构作为部件组装到运输结构中。

[0068] 在另一示例性实施例中，3-D打印塑料框架首先用作用于复合工具的模板。复合材料的固化完成时，所得组件可以然后用作用于运输结构的框架或其它部件。图8是由增材制造工具上的织物复合增强件的覆盖层组成的结构的图示。3-D打印技术的选择可以由材料要求和打印过程的速度来驱动。形成3-D打印塑料框架802。有利的是，塑料打印过程通常比金属打印过程快25-50倍。使用增材制造塑料工具的进一步益处是获得更大的零件的能力，因为塑料3-D打印机的构建室通常比金属3-D打印机的构建室大得多。此外，在许多情况下，塑料3-D打印机可以打印更光滑的表面。在实施例中，使用的材料是丙烯腈丁二烯苯乙烯（ABS），一种常见的热塑性聚合物。然而，根据应用和所需材料的性质，可以使用任何数量的合适材料。

[0069] 此外，在所示的实施例中，CNC（计算机数控）泡沫芯806被增材制造，并使用粘合剂或其它可用的手段联接到3-D打印塑料框架802。在一个实施例中，3-D打印塑料框架802和计算机数控泡沫芯806在单个渲染中共同打印。泡沫芯可以由与3-D打印塑料框架802相同的材料构成。在另一实施例中，使用蜂窝板构造代替泡沫芯。应当理解的是，图8中所示的实

施例本质上是示例性的,因为多种材料和形状可以可选地用于本公开的目的。

[0070] 根据强度要求和其它因素,在随后的复合制造过程中可以使用各种纤维复合织物。可能的材料的一些示例包括玻璃纤维、碳纤维、芳纶等。在所示实施例中,玻璃纤维预浸料层804覆盖在增材制造工具上。在一个示例性实施例中,玻璃纤维预浸料层804可以包括纤维增强聚合物(FRP)蒙皮(E玻璃)。也可以使用其它复合材料,包括碳纤维。在FRP上执行叠层。在材料固化之后,由具有3-D打印塑料框架802和计算机数控泡沫芯806的ABS工具和覆盖的玻璃纤维复合材料(例如,玻璃纤维预浸料层804)构成的集成结构则可以用作运输结构中的部件。

[0071] 根据集成结构的应用和预期用途,为了增加的重量节省和/或改善的承载能力,3-D打印工具可以包括使用优化拓扑的结构。图9示出了包括通过内部网格结构形成的工具的集成结构的图示。塑料工具902包括网格结构,该网格结构为了当其被组装成部件时将经受的载荷而设计。泡沫芯或蜂窝板结构906被包括,其中玻璃纤维增强聚合物层904覆盖在工具结构上。这种结构的一个优点包括通过使用网格实现的塑料材料的节省。

[0072] 在另一示例性实施例中,该工具可以增材制造有用于齐平光洁度(flush finish)的口袋。图10是具有带有拓扑优化的口袋和工具的集成结构的图示。如图10看到的,工具部件1002是3-D打印的,带有口袋1007、1009和中空部分1008。口袋1007使得工具周围的玻璃纤维材料的端部区域能够具有齐平光洁度。该结构还包括具有蜂窝或泡沫填充物的部件1006。此外,为了在期望或需要机械增强的地方提供对口袋1007、1009之一的增强,可以使用CFRP(玻璃纤维增强聚合物)或另一种复合材料来为口袋提供局部增强。如前所述,GFRP(或另一种合适的复合材料)的预浸料层可以覆盖并固化在工具上,以产生集成结构。

[0073] 在一些实施例中,可能需要机械夹紧来将复合材料固定在适当位置。图11是使用共同模制节点的集成结构的图示。如在先前的实施例中,工具壳1102使用ABS或另一合适的材料增材地制造。FRP或另一合适的材料,例如复合材料1104,被镶嵌并固化在工具壳上。3-D打印内部节点1114与工具共同打印或单独打印,并被添加以固定复合材料1104的部分1120的第一侧。同样,3-D打印外部节点1112被插在复合材料的部分1120的第二侧上。因此,复合材料被夹紧并固定到工具壳上,并且整个集成结构可以用作运输结构中的部件。在一个示例性实施例中,使用铝来共同打印节点以确保强度。然而,其它材料可以同样适用。

[0074] 在示例性实施例中,AM金属节点可以被实施为与整体运输结构相关联的挤压轨道(Crush rail)的悬架拾取点(pick-up point)或接口。挤压轨道是能量吸收轨道结构,其可以在车辆上实施,以使车辆能够以受控和定向的方式吸收来自冲击的能量。轨道可以夹置在金属节点之间,这些金属节点又可以附接到车辆悬架。图13示出了这种布置的示例。在另一实施例中,机械夹紧件可以与真空连接器结合使用,以固化复合叠层。

[0075] 图13是包括夹置在节点之间并经由机械夹紧件紧固的复合材料的集成结构1300的图示。集成结构1300包括可以增材制造的上部和下部铝节点1302a-b。在节点1302b之下是工具壳1308,其可以使用FDM或其它合适的技术增材制造。在实施例中,工具壳1308由ABS或热塑性塑料、比如ULTEM(聚醚酰亚胺)构成。

[0076] 覆盖在工具壳1308上的是两个复合蒙皮层1306a和1306b,它们可以由GFRP构成。在它们的端部附近,GFRP层1306a和1306b与节点1302a-b接触。GFRP层1306a和1306b可以在铝节点1302b和FDM工具壳1308的顶部上固化。然后,GFRP层1306a-b可以被节点1302a夹紧,

该节点可以被放置在GFRP层1306a和1306b的顶部上。

[0077] 为了确保层1306a和1306b的夹紧,可以采用用于机械紧固的特征1304。该实施例中的特征1304是大的开口,螺栓或其它紧固件可以插入在该大的开口中。紧固件可以提供固定层1306a和1306b的力,例如通过使用标准螺纹螺栓、螺母-螺栓组合或任何其它合适的机械紧固或夹紧机构。在其它实施例中,夹紧特征可以不同于孔1304,并且可以包括其它类型的紧固件或容纳紧固件的开口。

[0078] 图13中还示出了来自节点1302b的凸起1310。该凸起包括孔,该孔构造为“卡扣配合”到另一凸起1312中,该另一凸起可以是来自FDM工具壳1308的凸起。在实施例中,凸起1312是从沿竖直方向布置的较长FDM构件(被节点1320b隐藏)突出的渐变凸起,其中较大的凸起1312位于末端。铝节点1302b可以接触并压靠较长的FDM构件。当铝节点1302b相对于较长的FDM构件向下移动时,压力或力导致较大的FDM凸起1312卡扣配合到适当位置。在实施例中,凸起1312可以固定到车辆悬架系统,从而将集成结构1300紧固到悬架系统。这些技术使铝夹紧机构能够与FDM工具接合。

[0079] 图12是示出了用于在工具壳上生产具有复合材料的部件以生产用于用作运输结构中的部件的集成结构的示例性过程的流程图。在1202,使用合适的3-D打印机,例如FDM 3-D打印机增材制造塑料工具壳,例如ABS壳。随即,在1204,泡沫芯或蜂窝板被3-D打印,并且铝节点也被3-D打印。在一个实施例中,在集体步骤1202、1204中增材制造三个结构中,两个或更多个结构被共同打印。应当注意的是,根据实施例和目的,可以使用不同于所识别的材料。

[0080] 在1206,工具壳联接到泡沫芯或与泡沫芯邻接。在一些实施例中,在两个部件被增材制造为单个单元的情形下,该步骤可以是不必要的。在其它实施例中,可以使用合适的粘合剂、螺纹件、夹具或其它连接手段。

[0081] 在1208,合适的材料,例如GFRP,被镶嵌在工具壳上,并且在复合制造过程中被制备和固化。在一些实施例中,工具壳和泡沫芯具有粘附到复合材料的粘附器件。在其它实施例中,可以使用其它粘附机构。例如,在1210,在1204被打印的铝节点可以用于以上面参照图11描述的方式将复合材料夹紧到工具壳上。

[0082] 随即,在1212,所得集成结构可以用作运输结构中的部件。在上面讨论的一些实施例中,该结构可以使用网格或其它机械布置,例如CFRP层,以根据该结构可能经受的应力来提供额外的支撑。工具壳可以优化并打印有口袋,用于在需要的地方放置额外的增强件。在实施例中,GFRP覆盖有工具结构,但是CFRP被用在工具壳上的口袋中,以优化负载传递的负载路径。这些构造还可以实现在工具壳上的口袋/特征中使用单向增强件以及编织增强件。在示例中,单向增强件在一个方向上具有纤维,而编织增强件可以具有以0度和90度角度或0度与90度之间的其它角度延伸的纤维。在运输结构和其它轮式车辆中,载荷传递是不同车轮在纵向和横向加速过程中(包括制动和减速过程)所承受的载荷的变化。其它类型的载荷也可以被包含在运输结构和机械化组件中。剪切载荷是施加到结构元件上时引起剪切应力的力。在零件的载荷传递机制(包括预期的剪切载荷)有要求的情况下,使用复合纤维材料、网格和其它结构进行增强可能是必要的。

[0083] 在其它实施例中,可以使用多材料工具。例如,工具的某些区段可以打印有可溶解材料。一旦复合材料被覆盖和固化,这些区段可以被溶解。该技术对于重量节省机构和仅需

要复合材料壳的设计可能是理想的。在某区段仅需要复合蒙皮的情况下,可以使用多材料工具。在实施例中,释放机构(脱模剂、工具表面制剂等)可以用于使工具的某些区段在复合材料固化后能够出来或变得可用,以实现仅具有复合材料蒙皮的区段。

[0084] 图14A-B是使用复合蒙皮和多材料工具的集成结构1400的示例。参考图14A,可以增材制造包括部件1404和1406的多材料工具壳。在此,与可以是普通热塑性塑料或使用FDM渲染的其它合适材料(或者在一些情况下,其可以是使用某些其它AM技术渲染的金属材料)的部件1404不同,部件1406可以构成已知的可溶解材料。如上所述,蒙皮或材料1402(例如GFRP或CFRP)被放置在工具壳上。期望最终的集成结构包括部件1404和1402。然而,部件1406仅用于模制目的,以使材料1402成形和稳定并允许其固化。因此,在材料1402固化之后,可以使用通常已知的技术来溶解掉部件1406,以产生图14B中的最终集成结构1400。结合本文公开的方法使用这些多材料技术,可以生产越来越多种类的结构。

[0085] 图15是包括例如GFRP、CFRP等复合材料1514的集成结构1500的示例。如在先前的实施例中,增材制造工具1516用于在叠层过程期间模制复合材料1514,并且作为正在构建的结构的一部分。为了改善固化的复合材料1514和3-D打印工具1516之间的结合,可以在工具1516与复合材料1514之间布置具有化学上合适性质的材料层,例如剥离层(peel ply) 1512。在一些实施例中,为了能够实现准确的结果,可以在复合材料1514上插入另一层剥离层1512。在上剥离层1512和袋状薄膜1508之间是通气层1510。袋状薄膜1508可以包括用于产生负压的穿透袋(thru-bag) 真空连接器。密封剂1502可以用于密封袋状薄膜1508,闪光带(flash tape) 1504可以用于将剥离层1512固定到复合材料1514上。

[0086] 固化完成后,剥离层1512的性质使得固化的复合材料1514能够从工具1516移除。剥离层1512可以在固化复合材料1514的表面上留下有助于粘合结合的特定纹理。在丢弃剥离层1512之后,可以在工具-复合材料界面之间施加粘合剂,以在工具1516和复合材料1514之间形成强力结合。

[0087] 图16是AM混合复合结构1600的图示。AM混合复合结构1600包括第一部分1614和第二部分1616。第一部分1614包括第一材料。例如,第一部分1614可以包括复合叠层。例如,第一材料可以是包括碳纤维和树脂的复合材料。第二部分1616包括第二材料。例如,第二部分1616可以包括AM工具。AM工具可以包括工具壳(例如AM工具壳)和AM内芯。第二部分1616构造为与第一部分1614集成在一起。第二部分161还包括一个或多个AM元件(未示出),所述AM元件构造为使得第二部分1616能够与第一部分1614集成,以形成集成部件,该集成部件是包括第二部分和第一部分的AM混合复合结构1600。例如,集成部件可以进一步构造为组装到运输结构中。

[0088] 在叠层过程期间,一个或多个AM元件构造为促进AM混合复合结构1600的第一部分1614和第二部分1616的集成。有利的是,AM工具1616使得工具功能能够通过AM工具共同打印的一个或多个AM元件被促进。例如,一个或多个AM元件可以与AM工具壳共同打印。又例如,一个或多个AM元件可以与AM内芯共同打印。一个或多个AM元件还构造为消除对外部工具的需求,该外部工具是传统制造过程中所需的专用工具。以此方式,制造成本和时间可以显著降低。

[0089] 图17示出了具有一个或多个引导线1772、1774的AM工具1716。传统的层布置和取向是通过使用外部工具实现的。例如,层书传统上用于引导层布置和取向。层书是2D图纸,

其以逐层为基础典型地记录了叠层过程。对于另一示例,激光投影系统可以用作引导层放置和取向过程的工具。然而,激光投影系统可能非常昂贵,并且层书可能非常耗时。具有一个或多个引导线1772、1774的AM工具1716可以引导层放置和取向,并且消除了对外部工具(比如激光投影系统或层书)的需求。如图17所示,有助于层放置的一个或多个引导线1772、1774可以被3-D打印到AM工具1716的表面中,以在制造复合层压阶段用作引导物。

[0090] 图18A示出了具有一个或多个引导线(例如,1872a-d、1874a-b、1876a-b)的AM混合复合结构1800的俯视图。图18B示出了具有一个或多个引导线(例如,1872a-d、1874a-b、1876a-b)的AM混合复合结构1800的侧视图。参考图18A-B,AM混合复合结构1800可以包括第一部分1814和第二部分1816。例如,第一部分1814可以包括复合叠层,该复合叠层可以包括一个或多个复合层。例如,第二部分1816可以包括AM工具1816。AM工具1816可以包括一个或多个AM元件,所述AM元件可以包括一个或多个引导线1872a-d、1874a-b、1876a-b,如图18A-B所示。例如,一个或多个引导线(例如,1872a-d、1874a-b、1876a-b)可以与AM工具1816共同打印。一个或多个引导线(例如,1872a-d、1874a-b、1876a-b)可以能够将第一部分1814(例如,碳纤维复合材料)精确地放置在第二部分1816(例如,AM工具)上。在一个或多个引导线(例如,1872a-d、1874a-b、1876a-b)与AM工具1816共同打印的情形下,因此不需要专用的外部工具,例如激光投影系统或层书。AM工具1816还构造为放置工具。一个或多个引导线(例如,1872a-d、1874a-b、1876a-b)构造为放置工具的一部分,因此消除了外部放置工具。一个或多个引导线(例如,1872a-d、1874a-b、1876a-b)可以放置在可以被放置一个或多个复合层1814的技术人员/机器人可见的表面上。

[0091] 如图18A所示,一个或多个引导线(例如,1872a-d、1874a-b、1876a-b)构造为助于放置一个或多个复合层。例如,第一部分1814的一个或多个复合层可以被预堆叠。例如,一个或多个引导线(例如,1872a-d、1874a-b、1876a-b)可以包括构造为提供用于一个或多个复合层的修整操作的指令和边界的一组或多组引导线。一个或多个复合层的每一层可以从该层的周边,例如位置、取向、边缘标记等获得引导线。例如,引导线1872a、1872b、1872c和1872d可以提供一个或多个复合层的取向和放置。作为另一示例,一个或多个引导线可以包括一个或多个文本或数字指令1874a、1874b。例如,引导线1874a可以提供坐标系来引导一个或多个复合层的运动。例如,一个或多个引导线可以包括一个或多个边缘标记1876a、1876b。在一些实施例中,复合叠层1814可以仅覆盖AM工具1816的横截面的一部分。引导线(例如,1872a-c、1874a-b、1876a)可以帮助放置和使复合叠层1814定向。在一些实施例中,复合叠层1814可以仅覆盖AM工具的整个横截面,并且引导线可以帮助放置和使复合叠层取向。

[0092] 如图18B所示,一个或多个引导线(例如,1872d、1876b)可以为一个或多个复合材料层的堆叠提供信息。由于一个或多个引导线(例如,1872d、1876b)在复合叠层1814的外部,所以它们可以具有关于一个或多个复合层的取向、织物/编织、材料、边缘标记的信息以及与复合叠层1814的每层相关的其它数字和文本信息。

[0093] 图19A-B示出了具有一个或多个真空通道1982的AM混合复合结构1900。在一些方面,AM混合复合结构1900可以包括第一部分1914和第二部分1916。例如,第一部分1914可以包括复合叠层,该复合叠层可以包括一个或多个复合材料层。例如,第二部分1916可以包括AM工具。例如,AM工具1916可以包括工具壳1916a和内芯1916b。AM工具1916可以包括一个或

多个AM元件,所述AM元件可以包括一个或多个真空通道1982和真空端口1984,如图19A-B所示。例如,一个或多个真空通道1982和真空端口1984可以与AM工具1916共同打印。

[0094] 如图19A所示,真空通道1982可以结合到整体复合结构1900中,从而不需要针对真空袋1908的外部真空装置。在复合结构制造中,在层压材料上应用真空装袋通常用于加固复合材料并去除捕获的气体。传统的方法需要附接到真空袋的外侧的外部真空产生装置。然而,将外部真空产生装置附接到真空袋的外侧可能会增加制造过程的成本。将外部真空装置附接到真空袋上可能需要额外的时间。此外,在外部真空产生装置和真空袋的外侧的附接点处可能存在泄漏。一个或多个真空通道1982可以是真空工具的一部分,并且消除了附接到真空袋1908的外部真空装置。有利地,将一个或多个真空通道1982与AM工具1916共同打印,以消除外部真空产生装置,从而降低制造过程的成本和时间。

[0095] 图19B是包括复合叠层1914的AM混合复合结构1900的示例。例如,复合叠层1914可以包括GFRP、CFRP等。增材制造的工具1916可以用于在叠层过程期间模制复合材料1914,以及作为正在构建的整体混合复合结构1900的一部分。为了改善固化的复合材料1914和3-D打印工具1916之间的结合,可以在AM工具1916与复合材料1914之间布置具有化学上合适性质的材料层,例如剥离层1912。在一些实施例中,为了能够实现准确的结果,可以在复合材料1914上方插入另一层剥离层1912。在上剥离层1912和真空袋1908之间可以是通气层1910。在一方面,密封剂可以用于密封真空袋1908,并且闪光带可以用于将剥离层1912固定到底部剥离层1912或工具1916。比较图19B和图15,重要的是,真空袋1908不包括穿透袋真空连接器。有利地,共同打印的一个或多个真空通道1982消除了附接到真空袋1908的外侧的外部真空产生装置。

[0096] 一个或多个真空通道1982可以是内芯1916b的一部分,并延伸出工具壳1916a。一个或多个端口1984可以设置在AM工具1916的外表面上。例如,一个或多个端口1984可以设置在工具壳1916b的外表面上。例如,一个或多个真空通道1982可以从AM工具1916的外表面上的相应的一个或多个端口1984向内延伸。例如,一个或多个端口1984可以构造为使得负压能够经由相关联的一个或多个真空通道1982施加到第一部分1914。

[0097] 图20A-B示出了具有一个或多个树脂通道2086和一个或多个树脂端口2088的AM混合复合结构2000。在一些方面,AM混合复合结构2000可以包括第一部分2014和第二部分2016。例如,第一部分2014可以包括复合叠层,该复合叠层可以包括一个或多个复合层。例如,第二部分2016可以包括AM工具。例如,AM工具2016可以包括工具壳2016a和内芯2016b。AM工具2016可以包括一个或多个AM元件,其可以包括一个或多个树脂通道2086和树脂端口2088,如图20A-B所示。例如,一个或多个树脂通道2086和树脂端口2088可以与AM工具2016共同打印。

[0098] 如图20A所示,树脂通道2086可以结合到整体复合结构2000中,从而不需要针对真空袋2008的外部树脂装置。制造复合结构的一种方法是将树脂注入到复合叠层,例如干纤维。在传统方法中,使用外部树脂进给管线将树脂注入纤维中,该外部树脂进给管线也进给到真空袋中。使用用于复合结构的3-D打印内部结构,树脂注入通道可以结合到3-D打印芯结构中,使得真空袋表面外部的硬件不是必需的。如上所述,将外部硬件附接到真空袋的外侧可能增加制造过程的成本和时间。此外,在外部硬件和真空袋的外侧的附接点处可能存在泄漏。一个或多个树脂通道2086可以是树脂工具的一部分,并且消除了附接到真空袋

2008的外部硬件。有利地,将一个或多个树脂通道2086与AM工具2016共同打印,以消除外部硬件,从而降低制造过程的成本和时间。

[0099] 图20B是包括复合叠层2014的AM混合复合结构2000的示例。为了改善固化的复合材料2014和3-D打印工具2016之间的结合,可以在AM工具2016与复合材料2014之间布置具有化学上合适性质的材料层,例如剥离层2012。在一些实施例中,为了实现准确的结果,可以在复合材料2014上方插入另一层剥离层2012。在上剥离层2012和真空袋2008之间可以是通气层2010。有利地,共同打印的一个或多个树脂通道2086消除了附接到真空袋2008的外侧的外部硬件。

[0100] 一个或多个树脂通道2086可以是内芯2016b的一部分,并延伸出工具壳2016a。一个或多个树脂端口2088可以设置在AM工具2016的外表面上。例如,一个或多个树脂端口2088可以设置在工具壳2016a的外表面上。例如,一个或多个树脂通道2086可以从AM工具2016的外表面上的相应的一个或多个树脂端口2088向内延伸。例如,一个或多个树脂通道2086可以是树脂注入工具的一部分。例如,一个或多个树脂端口2088可以构造为使得树脂能够经由相关联的一个或多个树脂通道2086注入到第一部分2014。

[0101] 在一些方面,AM混合复合结构可以包括第一部分和第二部分。例如,第一部分可以包括复合叠层,该复合叠层可以包括一个或多个复合层。例如,第二部分可以包括AM工具。例如,AM工具可以包括工具壳和内芯。AM工具可以包括一个或多个AM元件。一个或多个AM元件可以包括一个或多个端口以及一个或多个通道。一个或多个端口的第一组可以构造为使得负压能够经由相关联的一个或多个通道被施加到第一部分。一个或多个端口的第二组构造为使得树脂能够经由相关联的一个或多个通道被注入到第一部分中。

[0102] 在一些方面,公开了制造混合复合结构2100的方法,如图21所示。方法2100包括制造第一部分的步骤2102。方法2100包括增材制造第二部分的步骤2104。步骤2104包括共同打印一个或多个增材制造(AM)元件,如2106所示。方法2100包括使用一个或多个AM元件作为工具的一部分以将第一部分与第二部分集成的步骤2108。方法2100还包括形成包括第一部分和第二部分的集成部件的步骤2110。

[0103] 例如,一个或多个AM元件可以包括一个或多个引导线,并且其中,第一部分包括一个或多个复合材料层。例如,使用一个或多个AM元件作为工具的一部分包括使用一个或多个引导线来帮助放置一个或多个复合材料层。

[0104] 例如,方法2100可以进一步包括预堆叠一个或多个复合层。例如,步骤2108可以包括使用一个或多个引导线来帮助一个或多个复合层的取向。

[0105] 例如,一个或多个AM元件可以包括一个或多个端口以及一个或多个通道。例如,步骤2108可以包括使用一个或多个AM元件使得负压能够被施加到第一部分。例如,步骤2108可以包括使用一个或多个AM元件使得树脂能够被注入到第一部分中。

[0106] 例如,第二部分包括工具壳和内芯。例如,步骤2106可以包括将一个或多个AM端口与工具壳共同打印。例如,步骤2106可以包括:第二部分包括工具壳和AM内芯,其中共同打印一个或多个AM元件包括将一个或多个AM通道与AM内芯共同打印。

[0107] 例如,步骤2106可以包括共同打印一个或多个AM端口,一个或多个端口的第一部分构造为使得负压能够被施加到第一部分,一个或多个端口的第二部分构造为使得树脂能够被注入到第一部分中。例如,步骤2106可以包括共同打印一个或多个AM通道,一个或多个

通道的第一组构造为使得负压能够被施加到第一部分,一个或多个通道的第二组构造为使得树脂能够被注入到第一部分中。

[0108] 前述描述被提供以使本领域的任何技术人员能够实践本文描述的各个方面。对遍及本公开呈现的这些示例性实施例的各种修改对于本领域技术人员来说将是显而易见的,并且本文公开的概念可以应用于材料的复合嵌体的其它技术。因此,权利要求并不旨在限制于遍及本公开呈现的示例性实施例,而是要符合与权利要求的语言一致的全部范围。本领域普通技术人员已知的或以后将会知道的遍及本公开所描述的示例性实施例的元件的所有结构和功能的等同物旨在被权利要求所包含。此外,本文公开的任何内容都不旨在致力于公众,无论这种公开是否在权利要求中明确叙述。任何权利要求要素都不得根据美国法典第35篇第112(f)节的规定,或适用司法管辖区的类似法律进行解释,除非该要素明确地使用短语“用于……的手段(means for)”来叙述,或者在方法权利要求的情况下,该要素使用短语“用于……的步骤(step for)”来叙述。

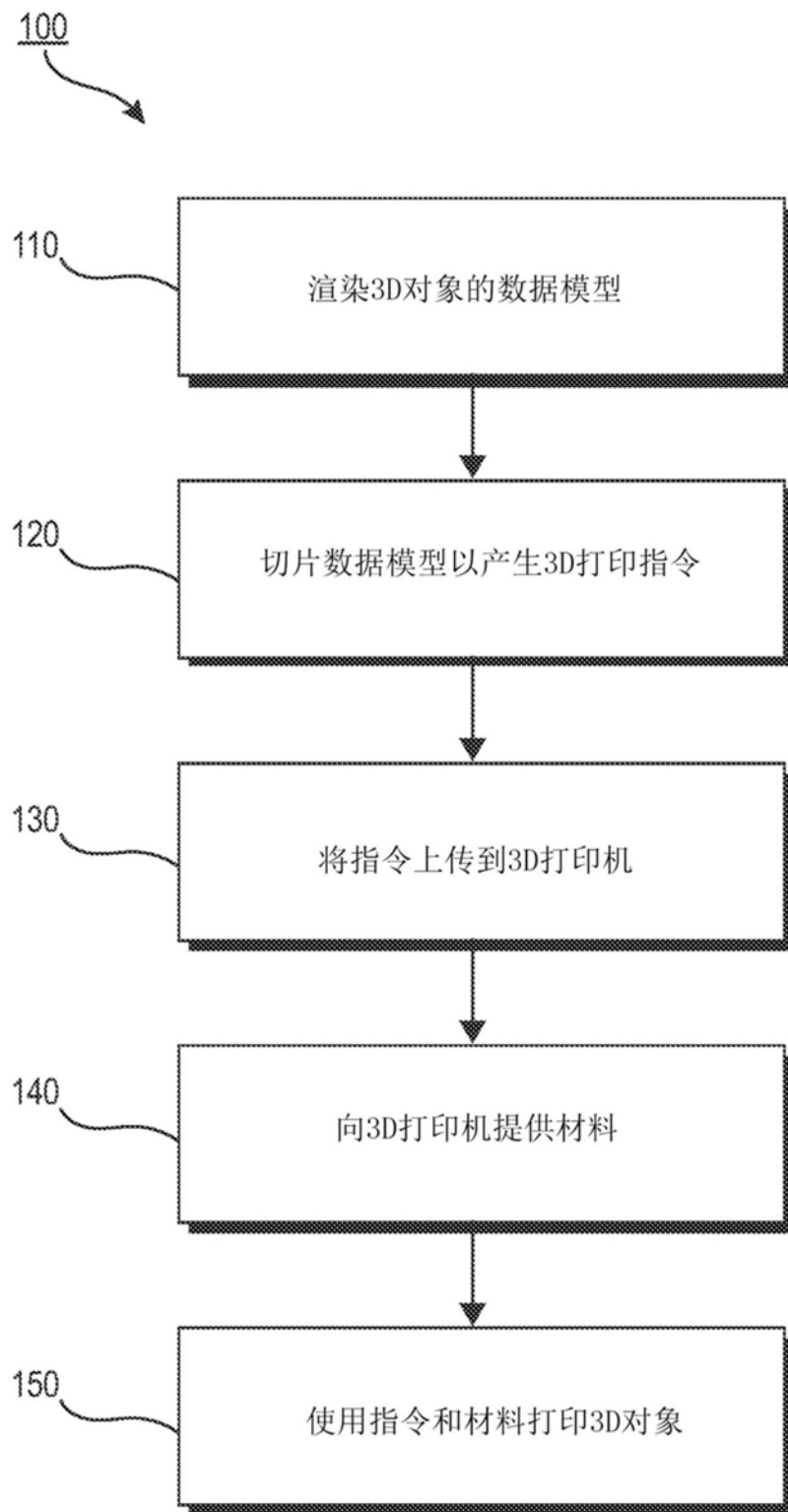


图1

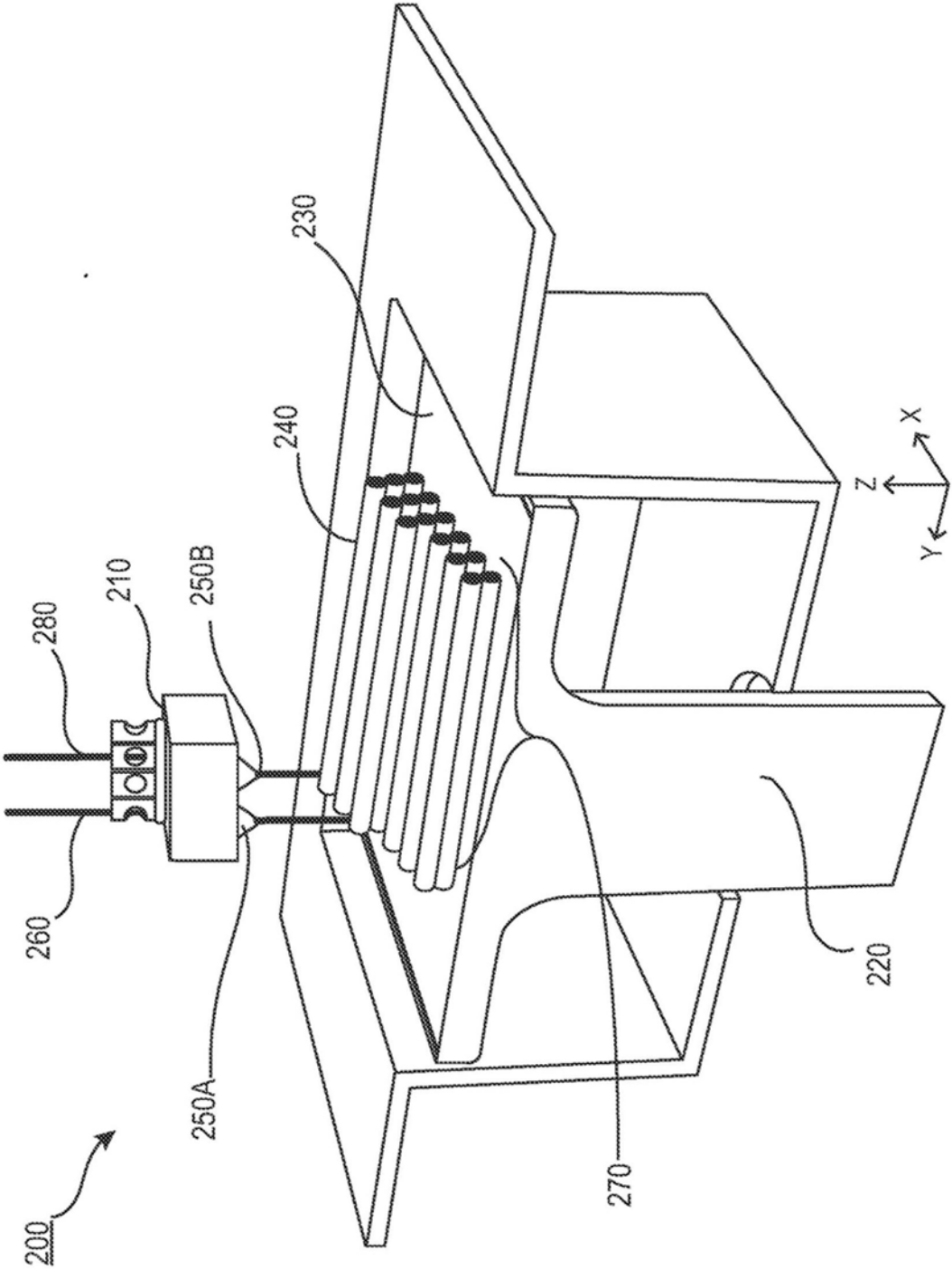


图2

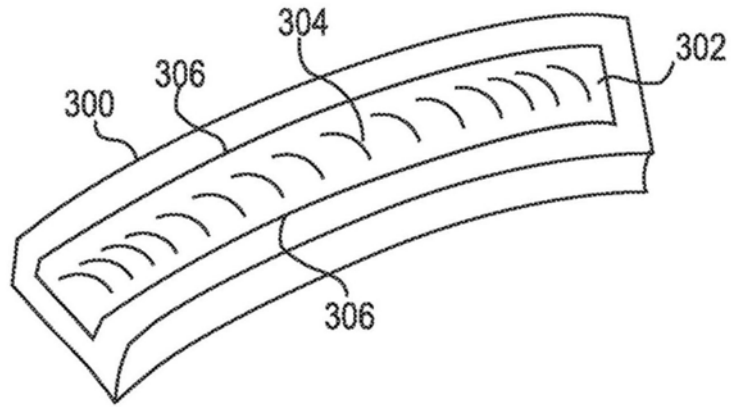


图3

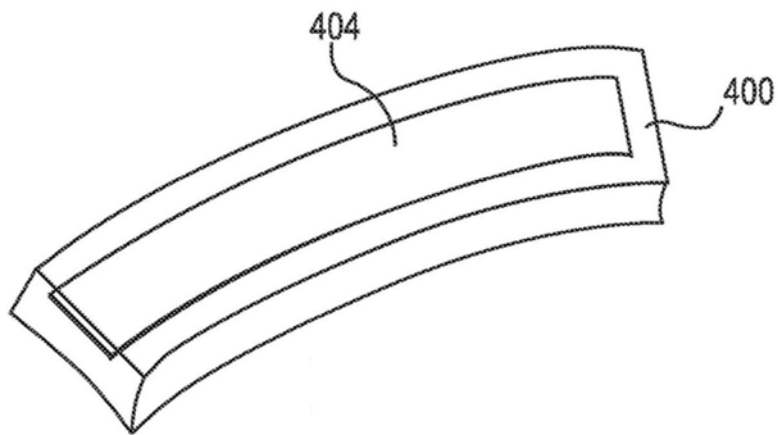


图4

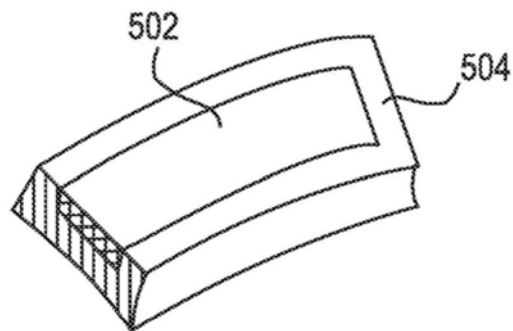


图5

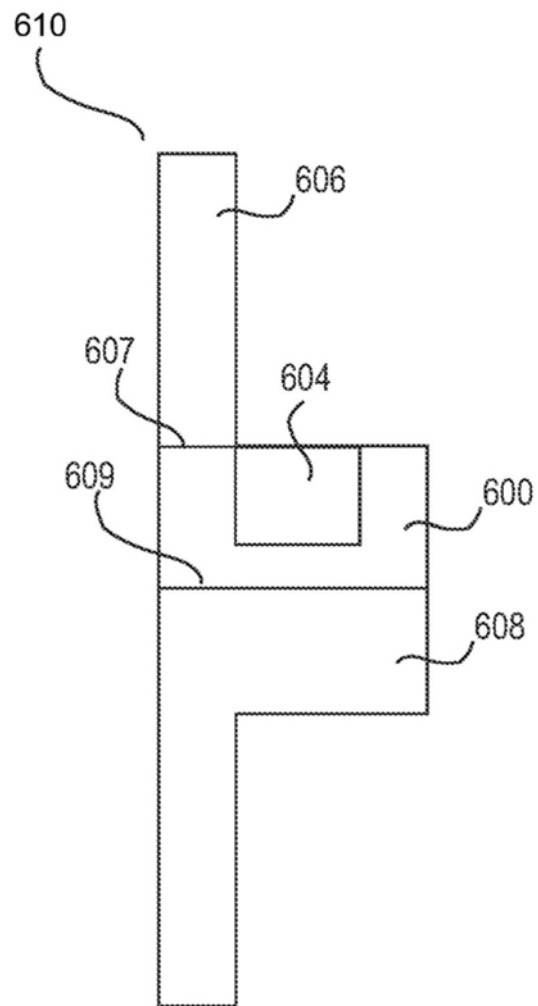


图6

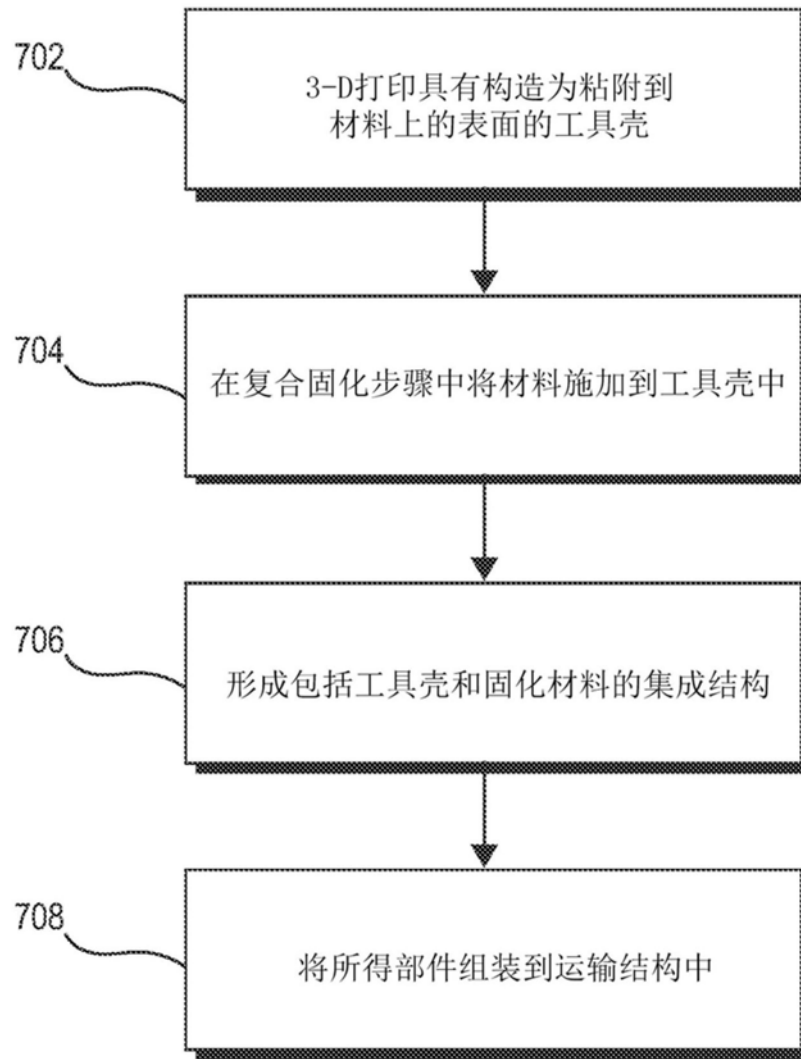


图7

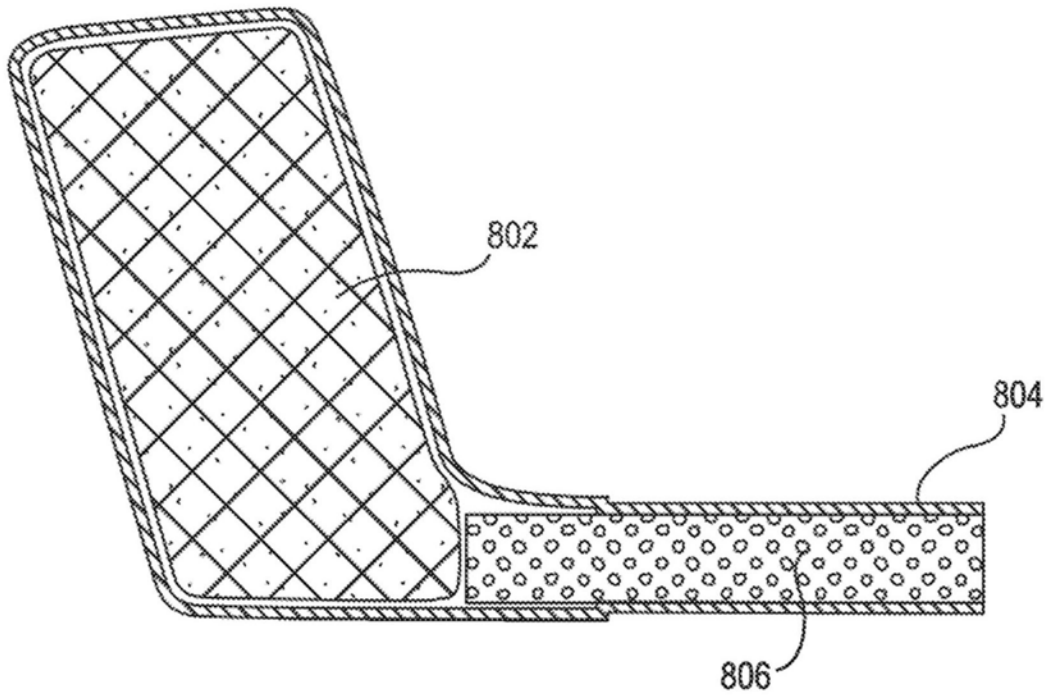


图8

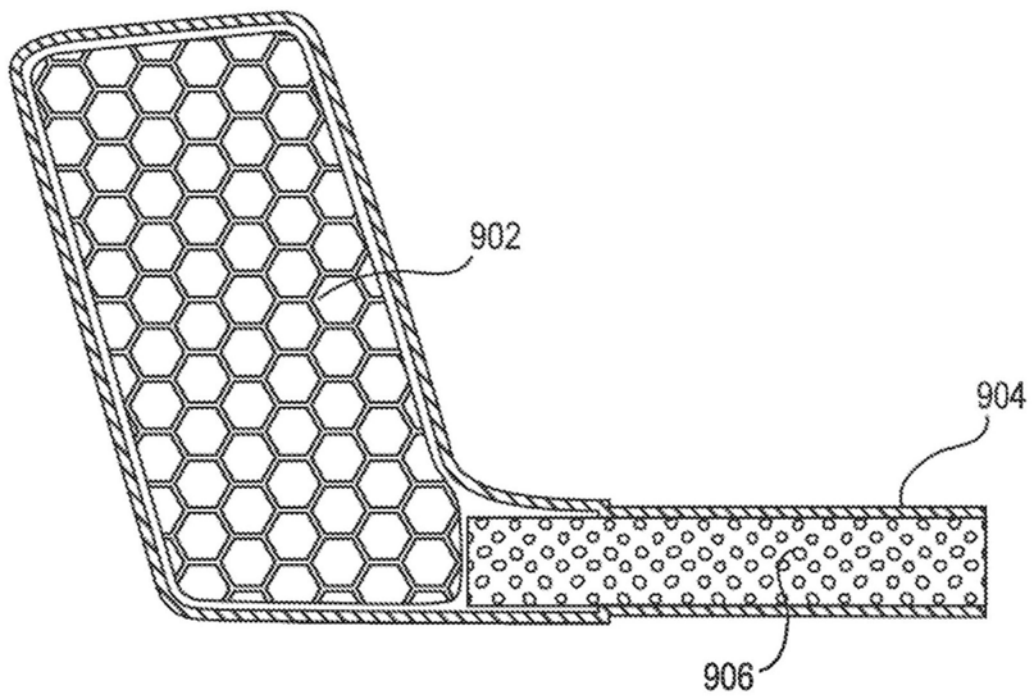


图9

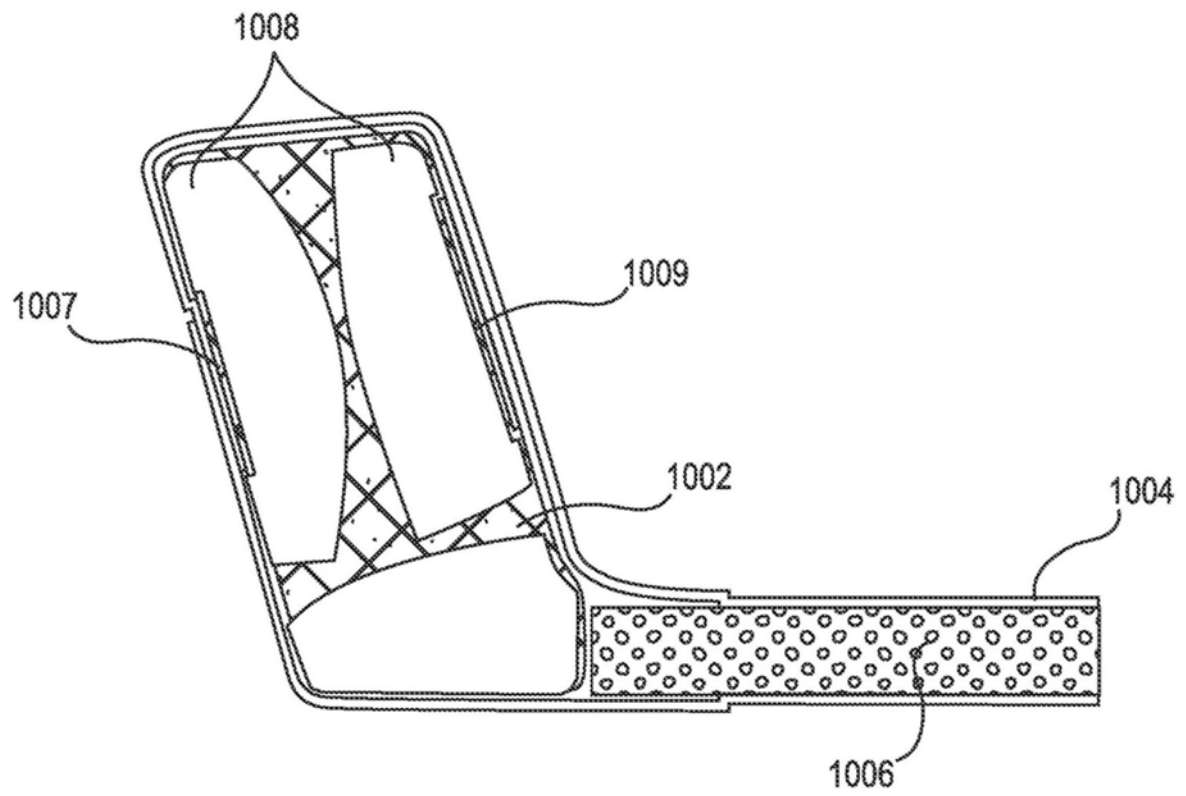


图10

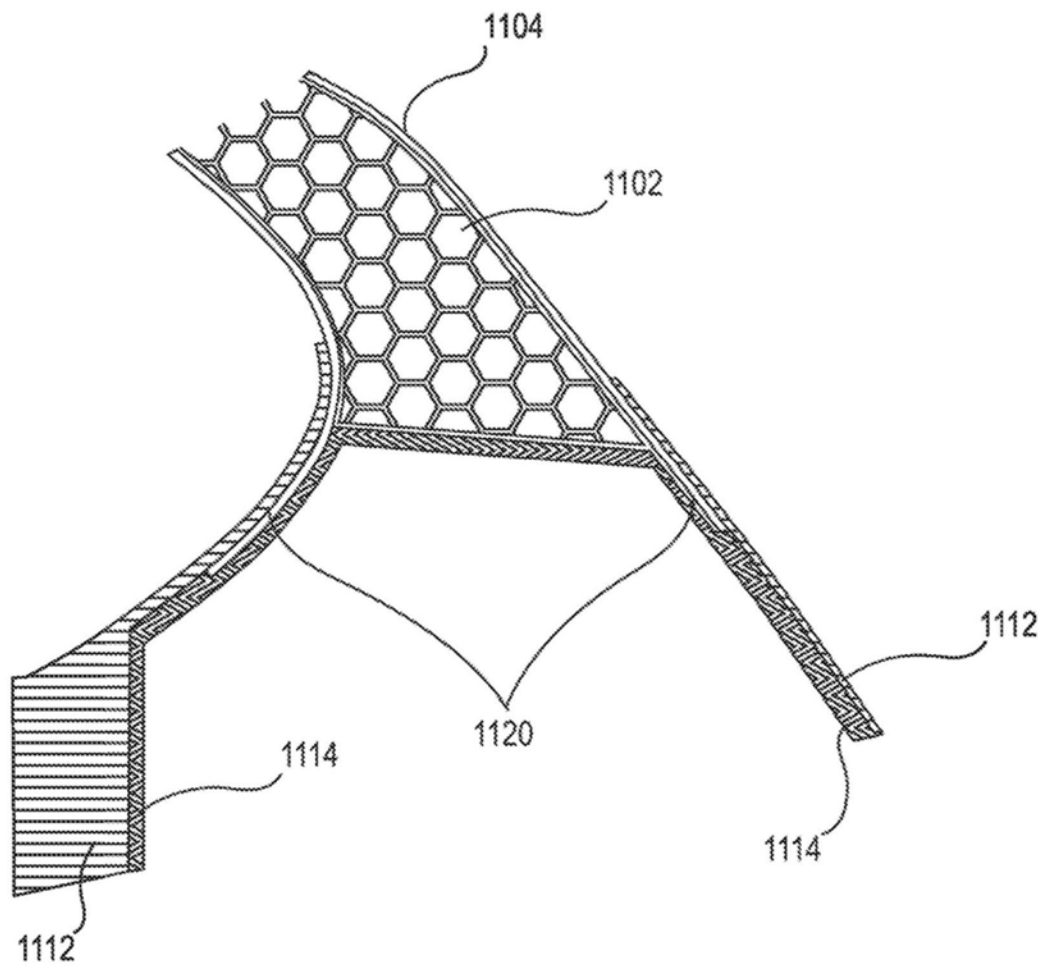


图11

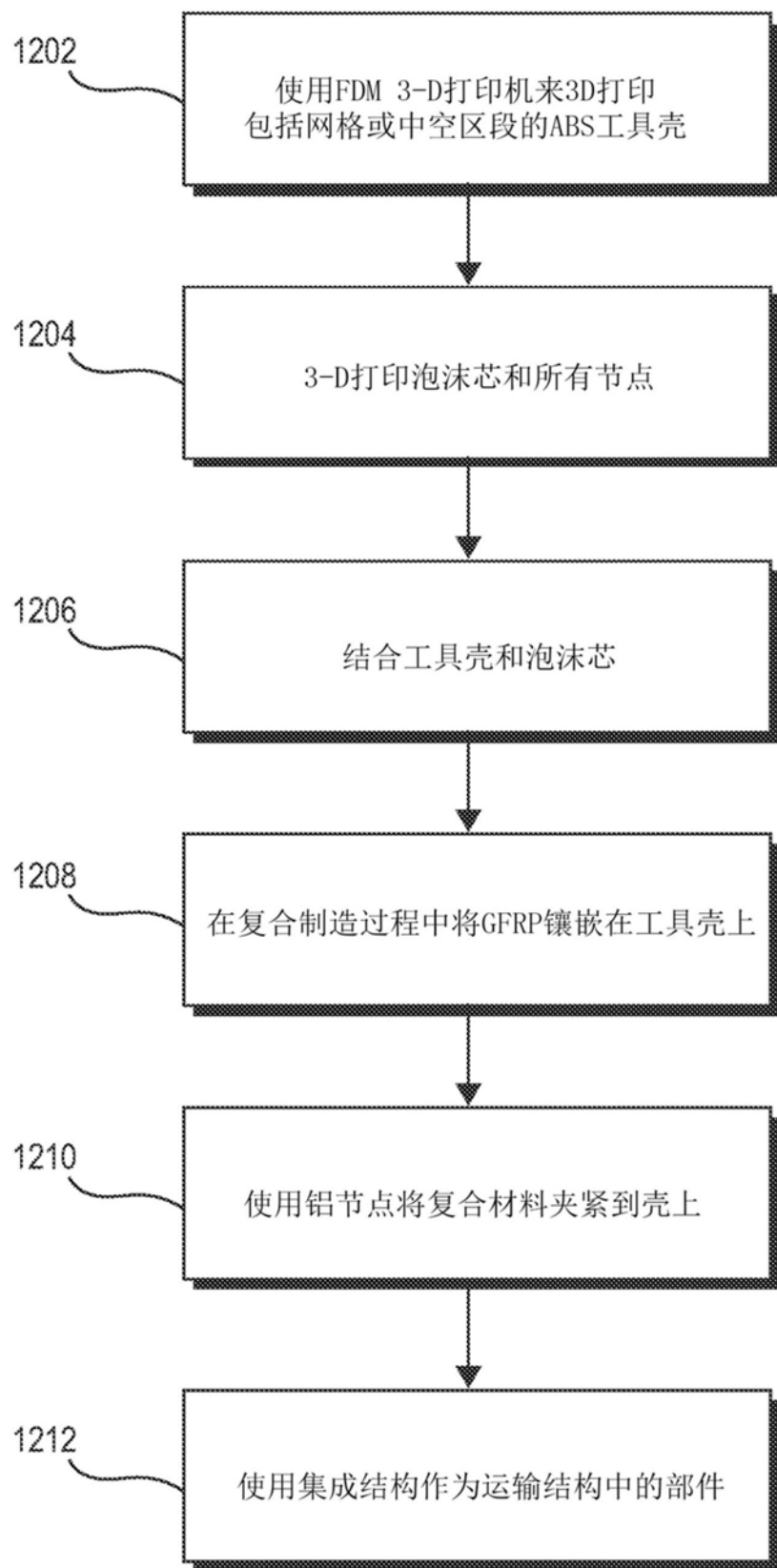


图12

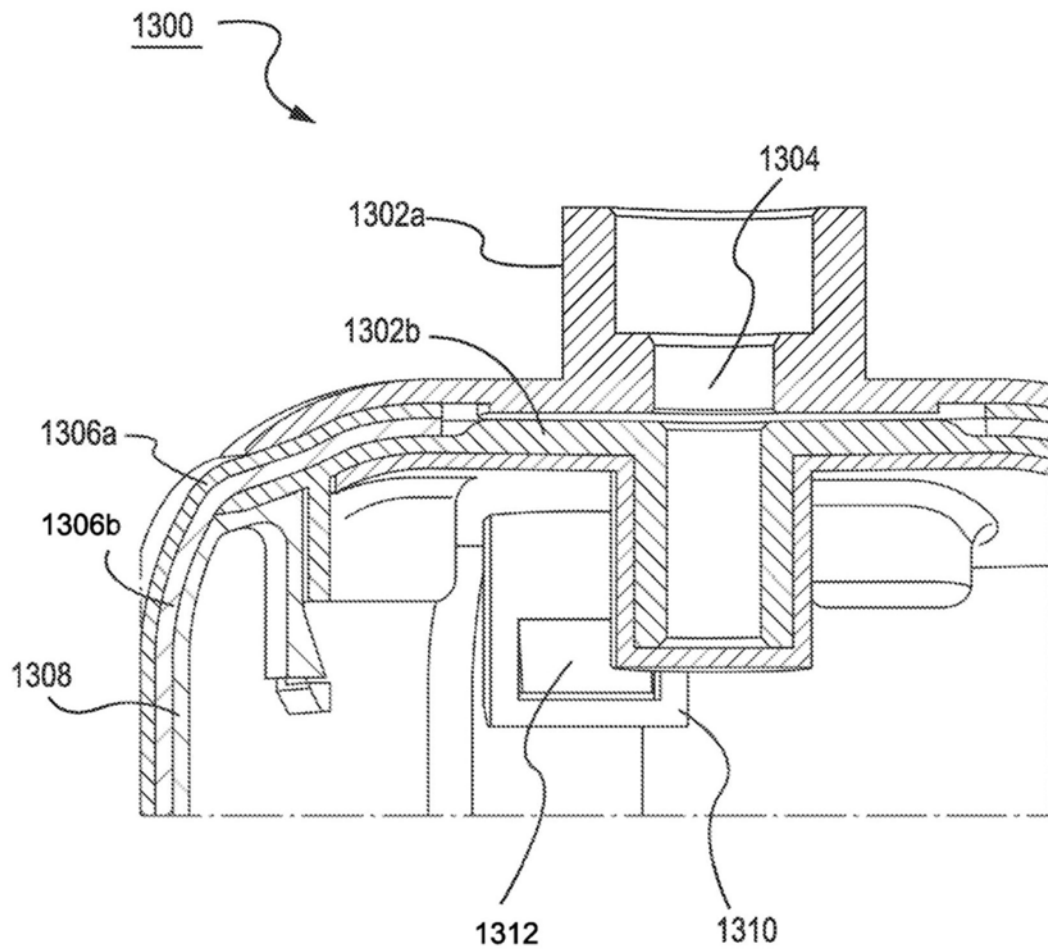


图13

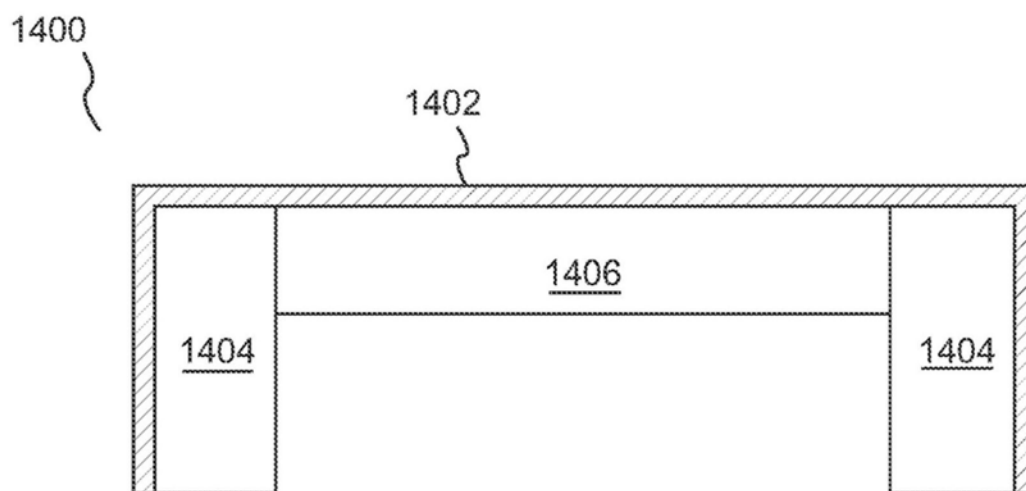


图14A

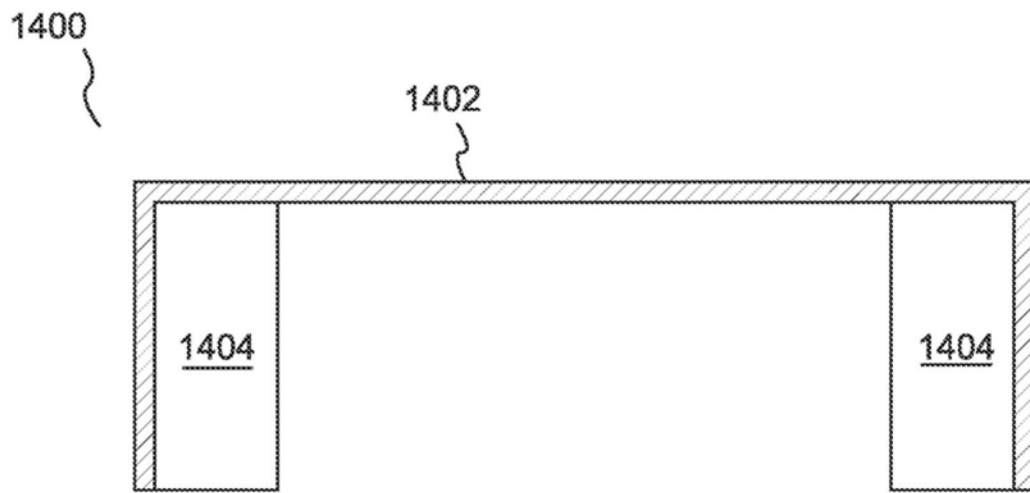


图14B

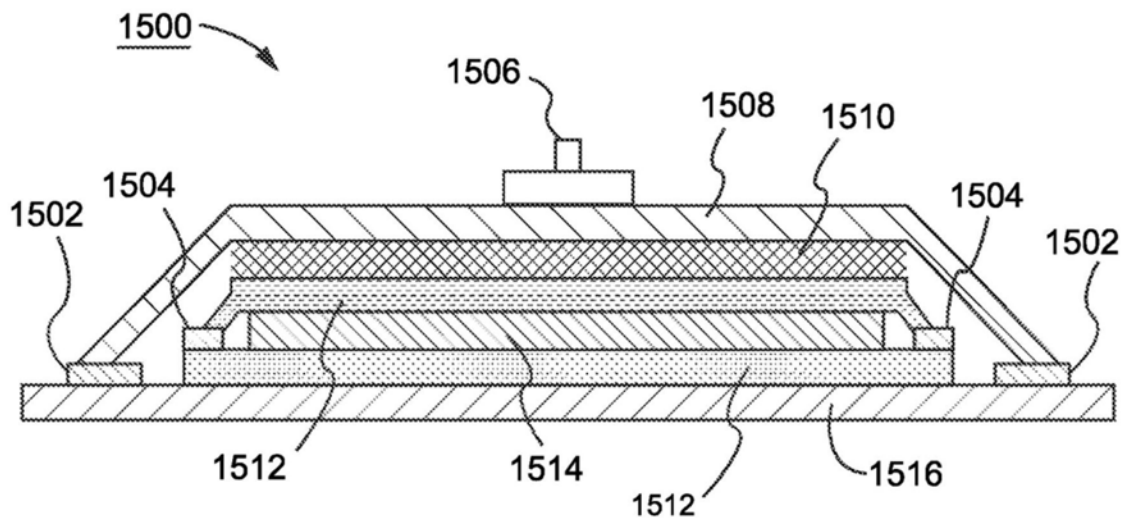


图15

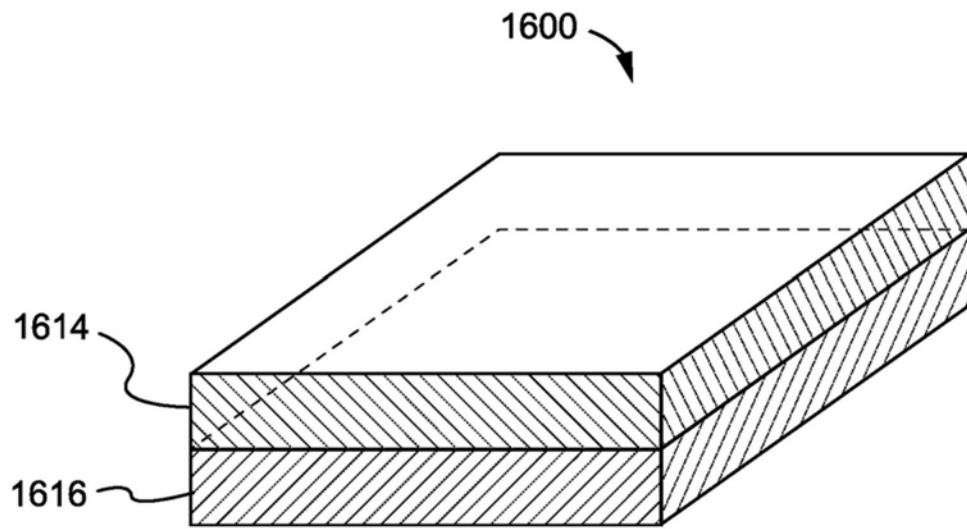


图16

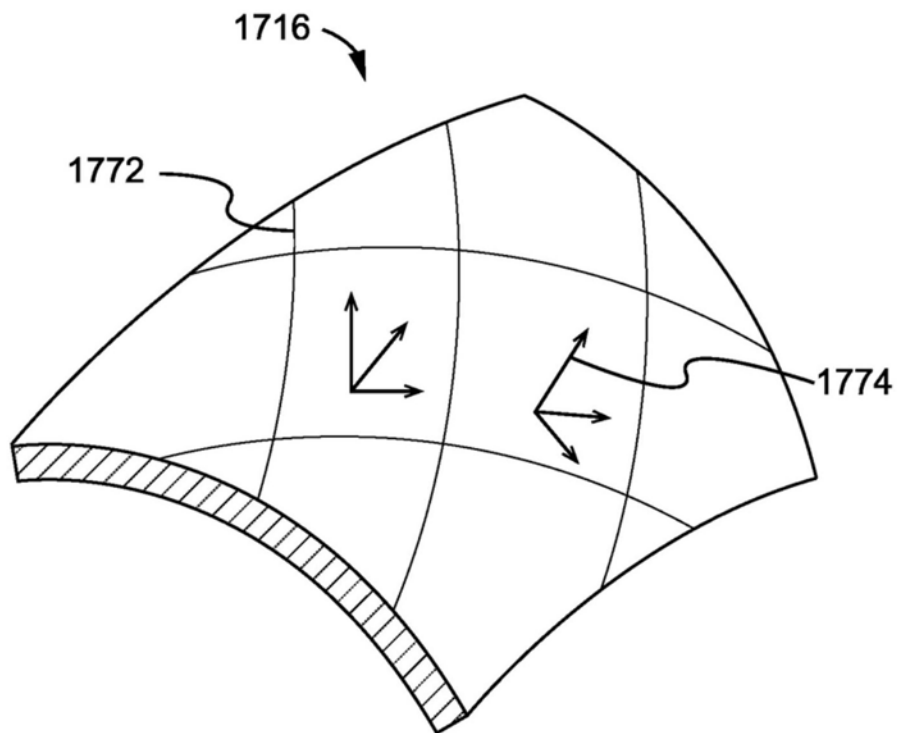


图17

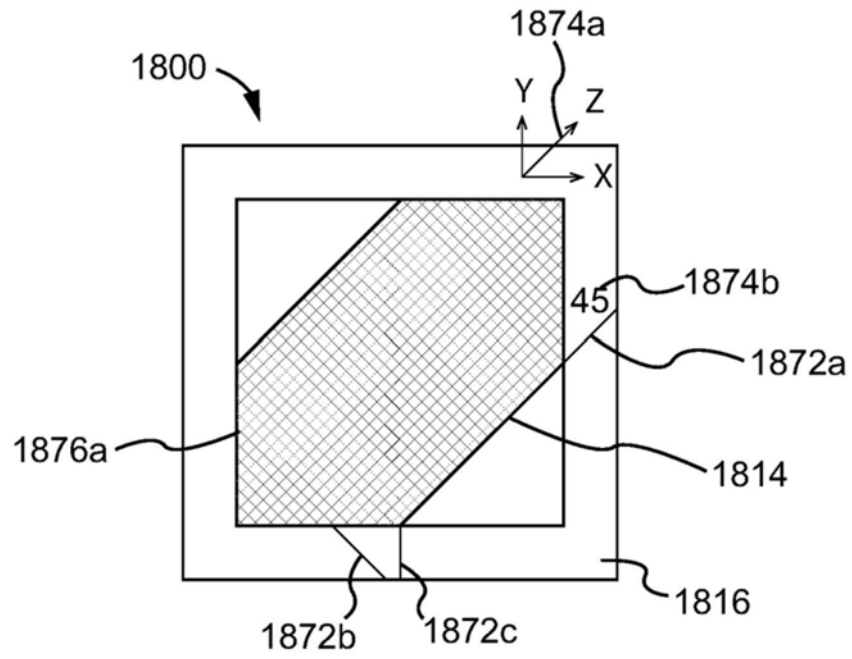


图18A

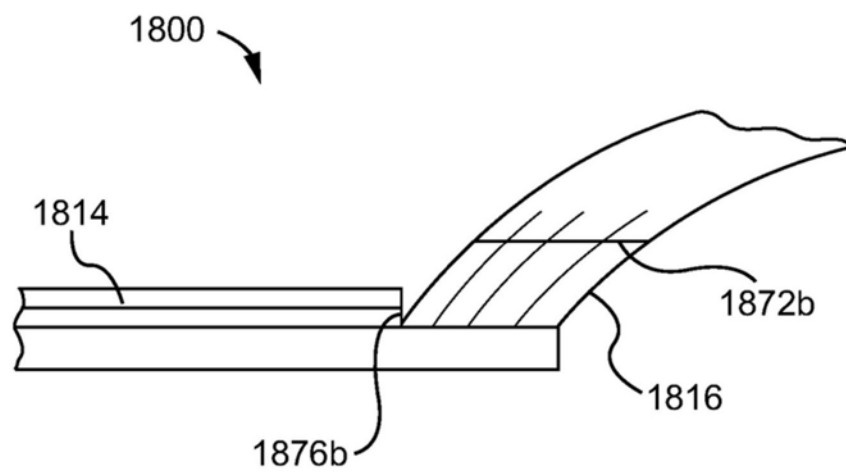


图18B

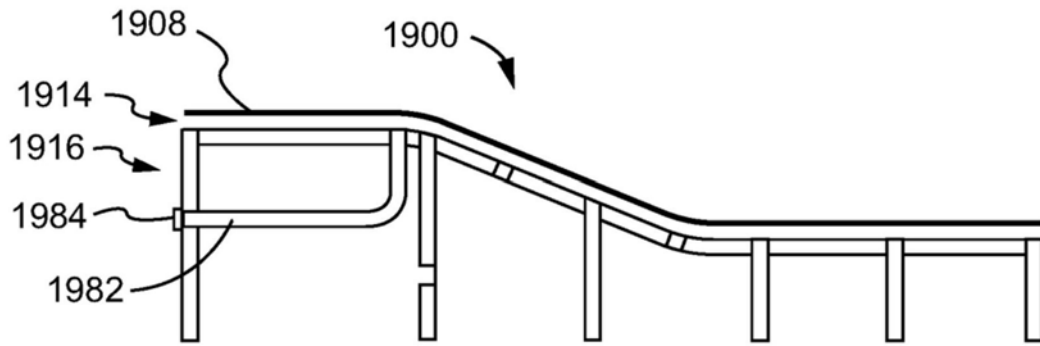


图19A

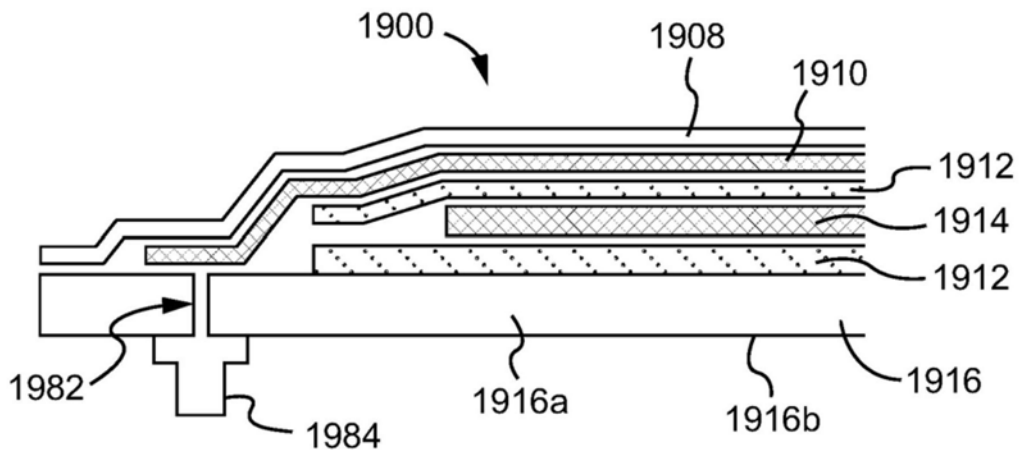


图19B

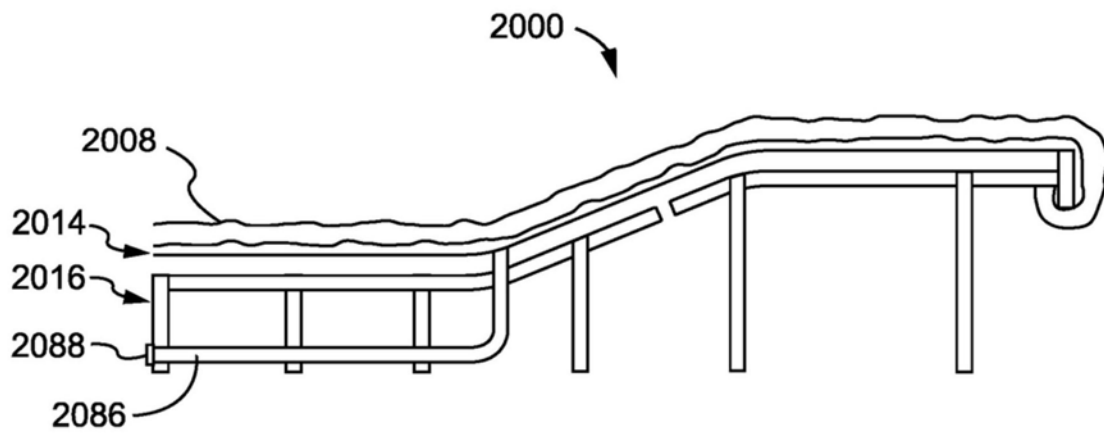


图20A

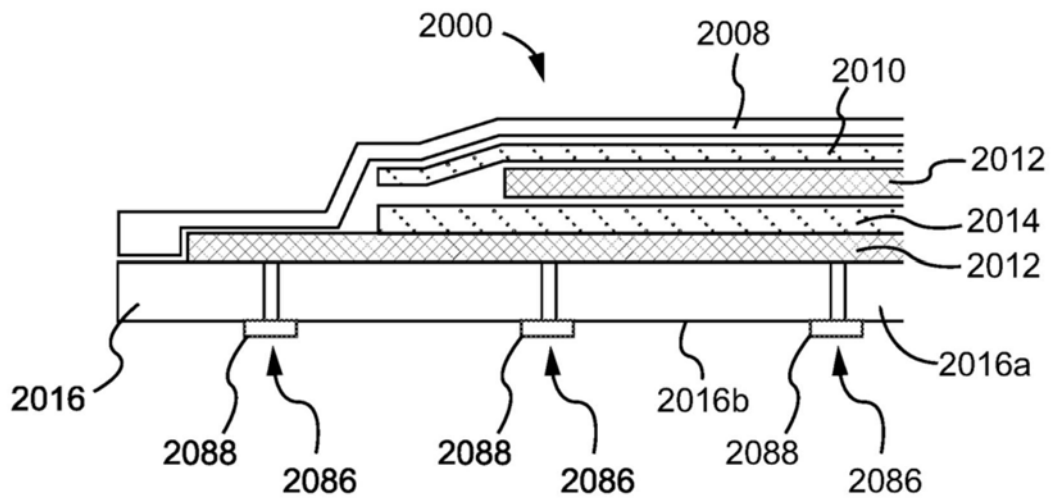


图20B

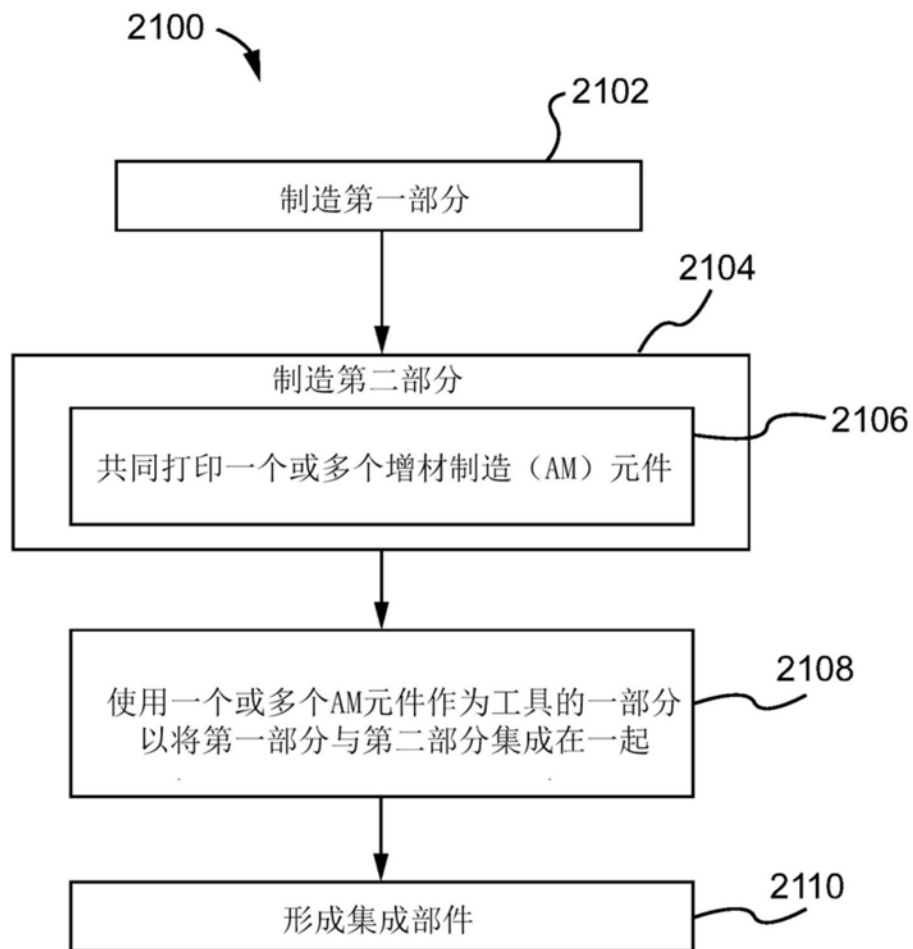


图21