



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101583479 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 200780050194. 4

(22) 申请日 2007. 10. 17

(30) 优先权数据

11/699, 653 2007. 01. 29 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2009. 07. 20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2007/022234 2007. 10. 17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02008/094227 EN 2008. 08. 07

(73) 专利权人 波音公司

地址 美国伊利诺斯州

(72) 发明人 A·M·鲁宾 R·D·威尔克尔松

J·R·福克斯

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

B29C 70/88(2006. 01)

B29C 70/86(2006. 01)

B29C 70/34(2006. 01)

B32B 15/08(2006. 01)

B29C 70/50(2006. 01)

(56) 对比文件

DE 3709480A 1988. 10. 13,

DE 4017978A 1991. 12. 12,

EP 1336469A 2003. 08. 20,

FR 2587649A 1987. 03. 27,

FR 2888155A 2007. 01. 12,

US 2004009338A1 2004. 01. 15,

审查员 何文

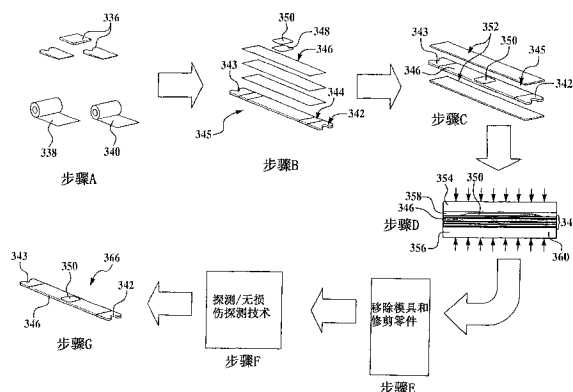
权利要求书3页 说明书11页 附图10页

(54) 发明名称

具有集成金属配件的热塑性复合零件及其制备方法

(57) 摘要

使用连续压模工艺制造具有集成金属配件(342、343、350)的热塑性复合零件。自动设备或手工层叠被用于将复合材料片层和金属配件排列成多层堆叠。每个堆叠包含所有片层,这些片层包括片层组合区域,这些片层在适当位置粘附在一起以保持取向和位置。多重层叠可从每个堆叠中被切出。层叠(345)被放置到包含零件特征的模具内且通过预成型工作台被连续供应,该层叠在预成型工作台被预成型为成品零件的近似形状。预成型之后,模具被逐渐移动穿过固结工作台,压缩压力机(354、356)在固结工作台挤压模具的连续部分以形成具有集成金属配件的单一整体式热塑性复合层压板零件,该单一整体式热塑性复合层压板零件可包括具有不同厚度的区域。



1. 一种利用连续制造工艺制造具有至少一个集成金属配件的热塑性复合层压板的方法,该方法包括以下步骤:

(A) 形成层叠,该层叠包括热塑性复合材料的多重片层堆叠和至少一个金属配件,在所述金属配件和所述片层的一个片层之间引入热塑性薄膜,其中所述至少一个金属配件的表面被清洁并且结合底漆被施加到所述配件的被清洁的所述表面;

(B) 在至少两个模具之间放置所述层叠;

(C) 穿过连续压模机供应所述模具和所述层叠;以及

(D) 使用所述连续压模机固结所述片层和所述金属配件,

其中所述至少两个模具包括一对 U 形模具通道和一对侧边模具板构件,所述 U 形模具通道具有被间隙分开的中间部分,所述层叠在该对 U 形模具通道各自的中间部分之间被引入该对 U 形模具通道的所述间隙内,通过由外部成型装置施加到所述层叠的凸缘上的压力来开始所述凸缘的弯曲,并且所述侧边模具板构件向内抵顶所述凸缘挤压所述层叠,引起施加到所述凸缘上而辅助弯曲所述凸缘的附加压力,使得所制造的热塑性复合层压板是弯曲的并且沿着它们的长度具有定制的和 / 或变化的厚度。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中步骤 (A) 包括在所述金属配件和所述堆叠内的片层之间形成接头。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中步骤 (A) 包括将所述片层粘附起来。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其进一步包括以下步骤:

(E) 将所述层叠预成型为所述层压板的近似形状。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述热塑性复合材料包括具有自由流动温度的基体树脂成份,而且所述方法进一步包括以下步骤:

(E) 将所述层叠预成型为所述层压板的近似形状;以及

(F) 在执行步骤 (D) 之前将预成型的所述层叠至少加热到所述热塑性复合材料的所述基体树脂成份的所述自由流动温度。

6. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述方法进一步包括以下步骤:

(E) 将所述层叠预成型为所述层压板的近似形状;以及

其中步骤 (D) 包括将模具压向预成型的所述层叠以便将所述模具的特征赋予预成型的所述层叠。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中通过逐渐移动所述层叠穿过所述连续压模机来执行步骤 (B)。

8. 根据权利要求 1 所述的方法,其中:

步骤 (C) 包括将所述层叠预成型为所述层压板的近似形状,以及逐渐移动带有预成型的所述层叠的所述模具穿过所述连续压模机,以及

步骤 (D) 包括每次所述模具被逐渐移动时将压力施加到所述模具。

9. 根据权利要求 1 所述的方法制造的热塑性复合层压板结构。

10. 一种在连续工艺中制造具有金属配件的复合层压板的方法,其包括以下步骤:

(A) 排列热塑性复合材料的多重片层;

(B) 提供用于所述层压板的金属配件;

(C) 形成多个层叠,每个层叠包括被排列的所述片层和至少一个所述金属配件,在所述

金属配件和所述片层的一个片层之间引入热塑性薄膜,其中所述至少一个金属配件的表面被清洁并且结合底漆被施加到所述配件的被清洁的所述表面;

(D) 将在步骤 (C) 形成的每个所述层叠预成型为所述层压板的近似形状;

(E) 在至少两个模具之间放置每个所述层叠;以及

(F) 通过逐渐移动带有所述层叠的所述模具穿过连续压模压力机来固结所述层叠内的所述片层和所述金属配件;

其中所述至少两个模具包括一对 U 形模具通道和一对侧边模具板构件,所述 U 形模具通道具有被间隙分开的中间部分,所述层叠在该对 U 形模具通道各自的中间部分之间被引入该对 U 形模具通道的所述间隙内,通过由外部成型装置施加到所述层叠的凸缘上的压力来开始所述凸缘的弯曲,并且所述侧边模具板构件向内抵顶所述凸缘挤压所述层叠,引起施加到所述凸缘上而辅助弯曲所述凸缘的附加压力,使得所制造的复合层压板是弯曲的并且沿着它们的长度具有定制的和 / 或变化的厚度。

11. 根据权利要求 10 所述的方法,其中所述方法进一步包括:

(G) 包括将所述片层粘附起来以形成多个粘附的堆叠,其中每个堆叠内的所述片层和所述金属配件彼此之间保持固定关系。

12. 根据权利要求 10 所述的方法,其中步骤 (C) 包括在每个所述堆叠内的所述金属配件和所述片层之间形成接头。

13. 根据权利要求 10 所述的方法,其中所述热塑性复合材料包括具有自由流动温度的基体树脂成份,以及所述方法进一步包括以下步骤:

(G) 在执行步骤 (F) 之前将每个预成型的所述层叠至少加热到所述热塑性复合材料的所述基体树脂成份的所述自由流动温度。

14. 根据权利要求 10 所述的方法,其中步骤 (F) 包括将模具压向每个预成型的所述层叠以便将所述模具的特征赋予预成型的所述层叠。

15. 根据权利要求 10 所述的方法,其中步骤 (C) 到步骤 (F) 被连续执行。

16. 根据权利要求 10 所述的方法,其进一步包括以下步骤:

(G) 施加树脂薄膜到所述配件的涂漆表面。

17. 一种用于生产具有至少一个集成金属配件的热塑性层压板零件的方法,所述方法包括以下步骤:

(A) 形成多个层叠,每个所述层叠包括热塑性材料的多重片层粘附堆叠和至少一个金属配件,在所述金属配件和所述片层的一个片层之间引入热塑性薄膜,其中所述至少一个金属配件的表面被清洁并且结合底漆被施加到所述配件的被清洁的所述表面;

(B) 在每个所述层叠上放置至少两个模具;

(C) 连续移动所述层叠穿过预成型工作台;

(D) 在所述预成型工作台将每个所述层叠预成型为所述零件的近似形状;

(E) 连续移动带有预成型的所述层叠的所述模具穿过压力机,以及

(F) 随着所述模具移动穿过所述压力机,通过压缩所述模具的接续部分固结所述配件和所述层叠内的所述片层,

其中所述至少两个模具包括一对 U 形模具通道和一对侧边模具板构件,所述 U 形模具通道具有被间隙分开的中间部分,所述层叠在该对 U 形模具通道各自的中间部分之间被引

入该对 U 形模具通道的所述间隙内,通过由外部成型装置施加到所述层叠的凸缘上的压力来开始所述凸缘的弯曲,并且所述侧边模具板构件向内抵顶所述凸缘挤压所述层叠,引起施加到所述凸缘上而辅助弯曲所述凸缘的附加压力,使得所制造的热塑性层压板零件是弯曲的并且沿着它们的长度具有定制的和 / 或变化的厚度。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中步骤 (A) 包括将所述片层粘附起来,使得所述片层彼此之间以及与所述金属配件之间保持固定关系。

19. 根据权利要求 17 所述的方法,其中步骤 (B) 包括将所述模具和所述层叠供应到所述预成型工作台内。

20. 根据权利要求 17 所述的方法,其进一步包括以下步骤:

(G) 在完成步骤 (F) 之前将所述层叠加热到所述片层的基体树脂成份的自由流动温度。

21. 根据权利要求 17 所述的方法,其中步骤 (E) 包括将带有预成型的所述层叠的所述模具逐渐移动穿过所述压力机。

具有集成金属配件的热塑性复合零件及其制作方法

技术领域

[0001] 本公开一般涉及制造复合材料零件的工艺,并且更具体地涉及使用连续零件成形工艺制造具有集成金属配件的热塑性复合零件的方法。

背景技术

[0002] 存在许多工艺用于制造热塑性复合 (TPC) 层压板 (laminate)。除了诸如压制、冲压和压热成形等不连续工艺外,存在诸如挤压、拉挤、轧制以及压模等连续工艺。最近,已经发展出了使用连续压模 (CCM) 工艺生产连续长度的 TPC 零件的工艺,这些 TPC 零件具有沿它们长度变化的厚度和 / 或曲率。

[0003] 将金属配件附连到层压板结构的需求增加了对在连续工艺中制造 TPC 层压板结构和零件的挑战。例如在航空工业中,金属配件可用于将层压板结构附连到飞行器的其它零件,或增强需要额外刚度的层压板结构的区域。过去,金属配件首先被形成分离的特征,然后使用紧固装置接合为层压板结构。这种将金属配件附加到层压板结构和零件的方法一般不划算、需要额外的时间和材料并且给飞行器增加了重量。在 TPC 和金属配件之间形成结合接头的工艺是存在的,然而这些结合接头必须在烤箱或高压锅内加工,能被加工的零件长度由于可买到的设备的容量大小而受到限制。

[0004] 因此,存在对在连续工艺中生产具有集成金属配件的 TPC 结构和零件的方法的需求。本公开的实施例的目的是满足这种需求。

发明内容

[0005] 本公开的实施例提供使用连续制造工艺制造具有集成金属配件的热塑性复合层压板零件的方法。所述零件可具有定制的和 / 或变化的厚度以及曲率。所述工艺利用自动设备或手动层叠以将零件或组件排列成多层堆叠 (stack)。每个堆叠包含所有层压板片层,这些片层 (ply) 包括片层组合区域,这些片层在合适位置被粘附在一起以保持取向和位置。提供固结模具 (tooling),所述固结模具包含所有必需的零件特征并且与定制的多重片层堆叠协调以形成潜在地具有不同厚度的区域的单一整体式复合层压板。由上述方法形成的具有集成金属配件的复合零件可广泛用于各种应用,例如汽车和航空航天应用。

[0006] 根据本公开的实施例,提供用于制造具有集成金属配件的热塑性复合层压板结构的方法。所述方法包括以下步骤:形成包括热塑性复合材料的多重片层堆叠和至少一个金属配件的层叠;供应所述层叠穿过压力机;以及,使用所述压力机固结所述片层和所述配件。在所述金属配件和一个所述片层之间引入热塑性材料的薄膜以改善结合。所述堆叠的所述片层可被粘附起来以便在制造工艺期间保持它们的相对取向。在所述金属配件和所述层压板结构之间的接合件 (joint) 可以采用各种形式,包括双搭接头、嵌接 (scarf)、台阶搭接以及槽接 (rabbet),仅举几个例子。包括所述金属配件的所述层叠被放置在模具之间,所述模具被连续移动通过预成型操作和固结操作。在所述预成型操作中所述层叠被预成型为所述层压板结构的所述近似形状。预成型后,所述片层和金属配件在压缩压力机中被固

结。

[0007] 根据另一个实施例,提供用于在连续工艺中制造具有金属配件的热塑性复合层压板零件的方法。所述方法包括以下步骤:排列热塑性复合材料的多重片层;提供用于所述零件的金属配件;形成多个层叠,每个层叠包括被排列的所述片层和至少一个所述金属配件;将每个所述层叠预成型为所述零件的近似形状;以及,通过逐渐移动所述层叠穿过连续压模压力机来固结所述片层和所述金属配件。所述片层被配置为在每个所述堆叠的所述金属配件与层压板片层之间形成所选择几何形状的结合件。包含所述金属配件的所述层叠被放置在模具之间,所述模具被配置为在所述固结工艺期间将特征赋予预成型的所述层叠。在固结工艺期间预成型的所述层叠被至少加热到所述片层材料中的基体树脂成分的自由流动温度。所述金属配件被清洗且随后被涂漆,接着施加树脂薄膜到所述配件的涂漆表面,以便改善结合。

[0008] 根据另一个实施例,通过连续制造工艺来生产热塑性层压板零件,每个零件具有至少一个集成金属配件。所述工艺包括以下步骤:形成多个层叠,每个层叠包括热塑性复合材料的多重片层和至少一个金属配件的粘附堆叠;在每个所述层叠之上放置一组模具;连续移动所述层叠穿过预成型工作台;将预成型工作台处的每个所述层叠预成型为所述零件的近似形状;连续移动带有预成型的所述层叠的所述模具穿过压力机;以及,随着所述模具移动穿过所述压力机,通过压缩所述模具的接续部分来固结所述配件和所述层叠内的所述片层。可以通过排列和粘附所述片层来形成所述层叠,使得所述片层彼此之间以及与所述金属配件之间保持固定关系。包含所述层叠的所述模具被逐渐移动穿过所述压力机,使得所述压力机固结所述层叠的接续部分。

[0009] 当结合附图和随附的权利要求进行考虑时,所公开的实施例的其它特征、好处和优点在随后的实施例描述中将会变得明显。

附图说明

[0010] 图 1 是根据本公开的实施例形成的热塑性复合层压板的组合分解和透视图。

[0011] 图 2 是用于形成定制的多层堆叠的传送机台的透视图。

[0012] 图 3 是图 2 中形成的定制的多层堆叠的一个示例的透视图。

[0013] 图 4 描述了用于形成图 1 中热塑性复合层压板的固结结构的预成型区和固结区。

[0014] 图 5 是图 4 中固结结构的预成型区的透视图。

[0015] 图 6 是逻辑流程图,该逻辑流程图描述了根据图 2-图 5 用于形成图 1 中热塑性复合层压板的优选方法。

[0016] 图 7a-图 7f 是描述根据本公开的实施例形成的弯曲的热塑性复合层压板零件的一个示例的透视图。

[0017] 图 8 是热塑性复合材料的定制的多层堆叠的透视图,其中从堆叠中切出三个弯曲零件坯体。

[0018] 图 9 是根据本公开的实施例用于形成弯曲热塑性复合零件的模具的透视图。

[0019] 图 10 是用于将特征赋予弯曲热塑性复合零件的弯曲模具的透视图。

[0020] 图 11 是图 10 中示出的模具的仰视图。

[0021] 图 12 是示出被接收在模具的两部分之间的一部分弯曲复合零件的断片横截面

图。

[0022] 图 13 是热塑性复合 I 形截面梁的分解横截面视图,其示出与用于压紧层压板片层的模具和机器压模的操作关系。

[0023] 图 14 是在生产弯曲复合零件的方法中使用的预成型结构和一部分紧致压力机的透视图。

[0024] 图 15 是类似于图 14 的视图,但示出了预成型结构和压力机的相对侧。

[0025] 图 16 是通过压力机所做的截面图,示出了使用固结模具 (tooling) 压缩预成型零件的模 (die)。

[0026] 图 17 是压力机的一部分的断片图,示出了与用于生产具有常曲率的零件的模具套筒相关的弯曲模子。

[0027] 图 18 是类似于图 17 的视图,但示出了用于生产具有非均匀曲率的零件的模具套筒。

[0028] 图 19- 图 23 是在热塑性复合层压板和金属配件之间形成的不同接合件的横截面图。

[0029] 图 24 是根据本公开的实施例用在制造具有集成金属配件的热塑性复合层压板的方法中的步骤的图解视图。

[0030] 图 25 是具有位于固结模具之间的集成金属配件的层压板结构的横截面图。

[0031] 图 26 是示出了要供给连续压模机的层叠和固结模具的透视图。

具体实施方式

[0032] 本公开的实施例提供在连续工艺中形成具有一个或多个集成金属配件的热塑性复合 (“TPC”) 层压板结构或零件的新型制造方法。TPC 结构沿它们长度可具有变化的或定制的厚度和 / 或曲率。本实施例广泛适用于各种潜在应用,包括例如航天工业。优选的实施例理想地适于形成飞行器机身的支撑框架内的热塑性复合加强构件。热塑性复合加强构件的潜在示例包括但不限于机身蒙皮、机翼蒙皮、控制表面、门板以及观察板。加强构件包括但不限于龙骨梁、横梁以及甲板梁。

[0033] 现在参考图 1,热塑性复合层压板 (此处为具有定制的和变化的厚度的区域 t_1 和 t_2 的热塑性复合层压板横梁 20) 被描述为具有腹板区域 22,腹板区域 22 在每一端都被连接到各自成对的盖区域 24 上。通过将一对非均匀厚度的粘附的多层片层板堆叠 76 与一对热塑性复合填充物熔核 26 以及进一步与一对均匀厚度的粘附的多层片层板堆叠 74 固结,腹板区域 22 和成对的盖区域 24 被形成为单个集成的层压板结构。虽然板堆叠 76 被示为包括两个片层,但应该理解的是,根据应用,板堆叠 74 和 76 的每一个可包括任意数量的片层。还应该理解的是,在图 1 中被示为具有均匀厚度和一个片层的盖区域 24 可类似地具有变化厚度的区域和 / 或多个片层。

[0034] 在可替代的版本中 (未示出),通过以类似与此处描述的方法将一个或多个均匀或非均匀的粘附的多层片层板 74、76 与热塑性复合材料 30 的任一个或多个单片层 (在图 2 和图 3 中示为 32)、热塑性材料 30 的一个或多个局部片层 (在图 3 中示为 34) 或一个或多个均匀或非均匀厚度的粘附的多层堆叠 74、76 及其任意结合固结起来,可以替代性地形成诸如横梁 20 的热塑性复合层压板。此外,一个或多个填充物熔核 26 也可以以其组合形

式被用于形成热塑性复合层压板 20 的进一步可选的版本,用于形成如图 1 所示的热塑性复合横梁 20 的方法在下面结合图 2- 图 6 更具体地来描述。

[0035] 用于片层 32、34 的热塑性材料 30 包括热塑性基体聚合物 (在图 3 中示为 40), 诸如聚醚醚酮 (“PEEK”)、聚醚酮酮 (“PEKK”)、聚苯硫醚 (“PPS”)、聚醚酰亚胺 (“PEI”), 其优选用诸如玻璃 (s 型或 e 型) 或碳素纤维的纤维成分 (在图 3 中示为 38) 进行加强。根据具体应用, 热塑性材料 30 的每个片层 32、34 内的纤维 38 可以是单向的或非均匀排列的。如本领域技术人员所认识到的, 基体树脂 40 内纤维 38 的相对类型、厚度、数量以及被用于每个片层 32、34 的基体树脂的类型可根据许多因素极大地改变, 这些因素包括热塑性复合层压板 20 的成本以及最终所需的物理和机械特性。此外, 一个片层 32、34 中的单向纤维相对于另一个片层 32、34 的相对取向也可影响热塑性复合层压板 20 的机械特性。

[0036] 借助挤压或其它熟知的成型工艺, 可以优选由与热塑性材料 30 兼容的热塑性材料 37 形成熔核 26。优选地, 熔核 26 的基体树脂成份 42 与材料 30 的基体树脂成份 40 相同。此外, 填充物熔核 26 可使用与热塑性材料 30 中包含的纤维 38 相似的纤维 44。

[0037] 现在参考逻辑流程图 (图 6) 和工艺图 (图 2-5), 用于形成图 1 中的 TPC 层压板横梁 20 的方法从步骤 150 开始, 该步骤提供热塑性材料 36 的预成型片层 32、34 和预成型填充物熔核 26, 预成型片层 32、34 和预成型填充物熔核 26 都被保留在滚筒 46 或其它保留装置上。

[0038] 接下来, 在步骤 160, 热塑性材料 36 的多重片层 32、34 以所需构形被堆叠起来, 以便使用手工层叠或自动工艺形成非均匀厚度或均匀厚度的未粘附的多层片层板堆叠 58 或 60。

[0039] 在自动工艺中, 如图 2 所示, 热塑性材料的多个片层 32 或 34 (图 3) 从滚筒 46 上铺展到传送机台 48 上以形成被排列的多层非均匀厚度或均匀厚度的多层片层堆叠 58 或 60。滚筒 46 可位于一端 50 或沿传送机台 48 的侧边 52、54 以便相对另一个邻近片层 32、34 以特定取向放置相应的片层 32、34。因此, 例如完整片层 32 的下层可被放置为具有沿一个方向延伸的单向纤维 38, 而下一个相应的上完整片层 32 可具有以另一个方向 (例如, 相对于下片层 32 成 45 度或 90 度) 放置的单向纤维 38。位于传送机台 48 之上的激光投影仪 56 确保局部或部分片层 34 和 / 或袋区 (pocket) 36 相对于完整片层 32 的正确定位。

[0040] 图 3 中示出根据图 2 的工艺制造的未粘附、非均匀厚度的多层板堆叠 58 的示例, 其示出了多种完整片层或部分片层 32、34 并进一步示出在片层 32、34 之间生成的袋区 36。此外, 图 3 示出了具有相互之间以 90 度的相对取向放置的单向纤维 38 的部分片层 62、64, 此处示出了以第一个取向放置的部分片层 62 (纤维 38 从前部 66 延伸到后部 68), 而部分片层 62 以不同的取向 (纤维 38 从侧边 70 延伸到侧边 72) 放置。当然, 虽然没有示出, 片层可具有相互之间处于其它相对取向的纤维 38, 从相互垂直 (也就是 0/90 布置) 到相互平行 (也就是 0/0 布置) 以及它们之间的每个可能角度 (包括, 例如 0/30 取向、0/60、0/45、90 取向等等)。

[0041] 接着, 在步骤 170, 图 2 中形成的未粘附的堆叠 58、56 的各种片层 32、34 中的一些或全部可在各种预定的位置粘附在一起以形成均匀或非均匀厚度的粘附的多层片层板堆叠 74、76。优选地, 使用焊铁或超声焊接机 (未示出) 来将堆叠 58、60 粘附起来以便形成各自的堆叠 74、76, 虽然也特别预期本领域技术人员熟知的、用于将热塑性材料的各种片层

32、34 耦合在一起的其它装置。片层 32、34 之间的定位焊的数量和位置取决于许多因素,包括但不限于各种片层 32、34 以及袋区 64 的数量和位置。此外,定位焊的数量应足够以形成基本上集成的粘附堆叠 74、76,其可以作为单一部分被运输。

[0042] 在步骤 175,粘附堆叠 74、76 随后可被切成小片,或准备好用于形成诸如图 1 的横梁 20 的热塑性复合层压板。

[0043] 接下来,在步骤 180,至少一个均匀或非均匀厚度的粘附堆叠 74、76 和非均匀厚度的粘附堆叠 76、均匀厚度的粘附堆叠 74 或单一片层 32 中的至少一个,以及可选的热塑性材料 30、37 的至少一个填充物熔核 26 的组合在固结结构 78 中被熔在一起以形成诸如横梁 20 的单一集成的热塑性复合层压板。特别被设计用于形成图 1 的热塑性复合层压板横梁 20 的一个优选的固结结构 78 在下面的图 4 和图 5 中被描述。

[0044] 现在参考图 4 和图 5,固结结构 78 可包括预成型区 80 和固结区 82。在预成型区 80,至少一个均匀或非均匀厚度的粘附堆叠 74、76、可选的至少一个填充物熔核 26 以及非均匀厚度的粘附堆叠 76、均匀厚度的粘附堆叠 74 或图 2 和图 3 中热塑性材料的单一片层 32 中的至少一个的组合在连续工艺中以它们正确的方向被载入,且在高温下被预成型为期望的形状以形成预成型零件 84。预成型零件 84 随后退出预成型区 80 而且进入固结区 82,其中预成型零件 84 被固结以形成诸如在上面图 1 中描述的横梁 20 的单一集成的热塑性复合层压板。用于预成型该零件的高温应该足够高以引起粘附堆叠 74、76 或单一片层 32 的软化,使得这些层在预成型工艺中可以被弯曲。然而,该高温必须低于基体树脂 40、42 的聚合物成份具有粘性流体的粘稠度的温度。

[0045] 现在参考图 5,固结结构 78 的预成型区 80 包括一对 U 形的模具通道 86,模具通道 86 具有被间隙 90 和一对侧边模具板构件 92 分开的中间部分 88。板构件 92 也可被称为芯棒 92。优选地,通道 86 和侧边模具板构件 92 由诸如不锈钢等材料形成,这些材料能够应对重复的高热循环。

[0046] 粘附堆叠 74 或 76 的第一对 94 在各自的中心部分 88 之间被引入并进入 U 形通道 86 的间隙 90 内。同时,可选的填充物熔核 26 以及附加的粘附堆叠 74 或 76 或片层 32 沿第一对 94 的每个凸缘 96 被引入并进入各自的侧边模具构件 92 内。为了在接下来的段落中根据图 4 和图 5 的图例进行说明,非均匀厚度的粘附堆叠 76 被示为引入到间隙 90 内的第一对 94。均匀厚度的粘附堆叠 74 被示为在 U 形通道 86 的外部 98 和相应的侧边模具构件 92 之间的位置被引入。此外,片层 32 没有在本说明中被描述。尽管未示出,但 U 形通道 86 包括斜坡和其他特征,设计斜坡和其他特征是为了匹配特定材料(此处指非均匀的粘附堆叠 76 的第一对 94)的层压板的厚度变化(对应于图 1 中的 t_1 和 t_2)。

[0047] 随着粘附堆叠 74、76 和熔核 26 穿过预成型区 80 移向固结区 82,U 形通道 86 的任一边上的非均匀厚度的粘附堆叠 76 的第一对 94 的凸缘 96 在热和压力作用下远离彼此并朝向 U 形通道 86 的各自外部 98 向外弯曲。因此凸缘 96 抵顶均匀或非均匀厚度的粘附堆叠 76 的内侧而平直地耦连起来,其中熔核 26 位于凸缘 96 和均匀或非均匀厚度的粘附堆叠 76 各自的内端之间。预成型区 80 内的热量足够高以允许非均匀厚度的粘附堆叠 76 的凸缘 96 变形,但是低于一定的温度,在该温度下各自的堆叠 74、76 的基体树脂 40、42 的聚合物成份和熔核 26 具有粘性流体的粘稠度。通过由诸如滚筒(未示出)的外部成型装置施加到凸缘 96 上的压力来开始凸缘 96 的弯曲。侧边模具板构件 92 挤压粘附堆叠 74 向内抵顶边

缘 96, 引起施加到凸缘 96 上的附加压力, 该附加压力辅助弯曲凸缘 96。预成型零件 84 随后准备好移向固结区 82。

[0048] 在图 4 中最清晰地看到, 预成型零件 84 进入分离的或连接的固结结构 102, 固结结构 102 在引导滚筒 105 上的固结区 82 内。固结结构 102 包括一般被标为 104 的多个标准化模具 (tooling) 或模 (die), 这些模具分别与 U 形通道 86 的外表面和侧边模具板构件 92 匹配。模具 104 的额外细节随后将参考图 13 和图 16 进行讨论。在固结结构 102 的标准模 104 和通道 86 以及板构件 92 的外表面之间的表面的这种通用性消除了对部分专用的昂贵的匹配模具的需求, 也消除了具有不同片层配置的不同预成型零件之间的启动时间。

[0049] 固结结构 102 具有脉动结构 106, 脉动结构 106 在固结区 82 内逐渐向前移动预成型零件 84 且远离预成型区 80。当零件 84 向前移动时, 该零件首先进入加热区 108, 加热区 108 加热零件到一定温度, 该温度允许堆叠 74、76 的基体树脂 40、42 的聚合物成份和熔核 26 的自由流动。接下来, 零件 84 向前移动到加压区 112, 此时以预定的作用力 (压力) 全部或分别击落标准模 104, 该预定的作用力 (压力) 足够将粘附堆叠 74、76 的各种片层 32、34 以及熔核 26 固结 (也就是允许基体树脂自由流动) 成所需的形状和厚度, 这里形成横梁 20 的腹板区 22 和成对的盖区 24。每个模 104 被形成为具有带有绝热器的多个不同温度区。模 104 实际上不接触零件 84, 但接触与零件 84 相对的 U 形通道 86 和侧边模具板构件 92 的外表面。因此, 通道 86、92 的各自内表面压缩抵顶零件 84 的一部分。压缩可发生在所有的模 104 以独立且协调的步骤进行压缩的情况下。模 104 被打开, 零件 84 在固结区 102 内前进并远离预成型区 80。然后模 104 被再次关上, 允许零件 84 的一部分在压力作用下在不同温度区内被压缩。当零件 84 沿引导滚筒 105 向冷却区 114 逐渐推进时, 针对模 104 的每个温度区不断重复工艺。

[0050] 成型和定形的零件 84 随后进入冷却区 114, 冷却区 114 与加压区 112 分离, 其中温度被降低到基体树脂 40、42 的自由流动温度之下, 从而导致熔化的或固结的零件被硬化为最终受压形状 116。受压零件 116 随后退出固结结构 102, 其中侧边板构件 92 被作为废料再次轧到滚筒 120 上。

[0051] 尽管没有示出, 但固结结构 102 可具有将形状或特征引入受压形状 116 的额外零件或装置。

[0052] 可利用的一种优选的固结区结构 102 是所谓的连续压模 (“CCM”) 工艺, 此工艺在 1993 年 9 月 30 日公开的德国专利申请公开 4017978 中被描述。然而, 本公开特别预期本领域普通技术人员熟知的其它成型工艺, 包括但不限于挤压成型或滚轧成型。

[0053] 接下来, 在步骤 190, 受压零件 116 被修剪或后处理成期望的最终形状以形成热塑性复合层压板 20。在步骤 200, 优选使用超声波无破坏检测技术或通过其它手段从视觉上检查层压板 20, 以确保层压板 20 被正确成形且不包括任何视觉缺陷或其它。检查后, 在步骤 210, 诸如热塑性复合横梁 20 的层压板 20 可被安装到它的组件。在横梁 20 的例子中, 它被引入飞行器机身内。

[0054] 虽然从形成基本具有 I 形梁形状的热塑性复合横梁 20 的方面描述了本公开的实施例, 但本公开特别预期其它潜在的形状。这包括具有 L 形、C 形、T 形或者平板形的热塑性复合层压板, 其中厚度过渡可发生在该零件的任意部分。通过将一个或多个均匀或非均匀粘附的多层片层板 74、76 与热塑性复合材料 30 的一个或多个片层 32、热塑性材料 30 的一

个或多个局部片层 34 固结起来或一个或多个均匀或非均匀粘附的多层粘附堆叠 74、76 及其任意组合以类似与此处描述的方法固结起来,可形成这些替代形状(layer)的层压板,或者其它形式的横梁 20。此外,一个或多个填充物熔核 26 也可用于形成热塑性复合层压板 20 的附加可替换版本。为了完成这些可替换的优选变体中的任意变体,对于预成型区 80 内模具的修正是必须的,以便匹配 TPC 层压板 20 的期望厚度变化。例如,图 5 的 U 形模具 86 专用于形成诸如图 1 的横梁 20 的 I 形梁,具有间隙 90 的可替代成形模具 86 被用于形成 C 形层压板、L 形层压板或在各个片层间具有锥度的平面梁。与 U 形模具 86 类似,这些可替换的模具包括不接触堆叠 74、76 的区域,堆叠 74、76 与固结区 102 内的标准模 104 相匹配。

[0055] 虽然通过使用改良的单步固结区,本实施例理想地适用于形成热塑性复合层压板,但也能形成热固性层压板复合物。在固结工艺的改良版本中,加热区和加压区达到高于基体树脂的反应或固化温度的温度以形成热固零件。相应地,在没有随后挤压步骤的情况下,单一加压工艺实现具有其最终期望形状的零件。

[0056] 本公开的实施例提供新型方法以在连续工艺中制造具有定制的和变化厚度的复杂热塑性复合层压板。该新型方法使用自动化设备或手工层叠以便将零件或组件排列成多层堆叠。每个堆叠包含所有片层,这些片层包括片层组合区域,这些片层在合适位置被粘附以保持取向和位置。固结结构使用二阶段方法来从多层堆叠形成复合层压板,并且包含所有必需的零件特征以达到这个结果。模具(诸如在预成型区 80 内的 U 形模具 86)被生成具有合适的形状以便在形成的 TPC 层压板 20 内产生所需的厚度变化,且进一步设计用于匹配具有固结区 82 的标准模。

[0057] 由上述方法形成的复合部件可适用于一系列广泛的应用,包括例如汽车和航空航天应用。根据本公开形成的复合部件的一个示例理想地适合作商用飞行器内的结构加强构件,包括热塑性复合层压板横梁 20。

[0058] 现在参考图 7- 图 15,可替换的实施例可被用于制造热塑性层压板零件,该热塑性层压板零件都是弯曲的并且沿它们长度具有定制的和/或变化的厚度。可以生产出沿层压板部件的长度曲率不变(圆形的)或变化的弯曲层压板。就之前描述的实施例而言,弯曲的热塑性层压板零件可包括定制区域或通过附加部分片层或局部片层而实现的厚度变化的区域,或者包含袋区的区域。“定制的”或“定制”涉及零件表面的轮廓,其中在紧致工艺中片层被固结后,选择性增加或减少零件的特定区域内的片层可用于实现期望的表面轮廓。由该方法的这一实施例生产的弯曲部件可用于各种应用,诸如框架、环、成形器和结构飞行器加强构件或机身蒙皮、翼蒙皮、门板和检修面板、龙骨、横梁以及甲板梁。弯曲部件能生成成具有诸如图 7a- 图 7f 所示的各种横截面。具有 I 形截面的制成零件 212 在图 7a 中示出,具有 U 形截面的零件 214 在图 7b 中示出。L 形截面零件 216 在图 7c 中示出, T 形截面零件在图 7d 中示出。具有 Z 形截面的零件 220 在图 7e 中示出,具有简单矩形截面的零件 222 在图 7f 中示出。图 7a- 图 7f 中示出的零件可具有前述不变或变化的曲率,并且可包括在沿它们长度的一点或多点上变化的或定制的厚度的区域。

[0059] 根据本方法的这一实施例制造弯曲热塑性层压板零件的首要步骤类似于之前描述的那些步骤。多个热塑性材料片层被放置在传送机台上以形成被排列的、多层非均匀厚度或均匀厚度的多片层堆叠,如前面结合图 2 所述。生成的多层堆叠因此类似于图 3 中所示的堆叠 58,该堆叠 58 包括完整片层和局部片层 32、34 以及在片层 32、34 之间生成的袋区

36. 也可包括局部片层 62、64, 该局部片层 62、64 具有单向纤维 38, 该单向纤维 38 相对于纤维取向的方向以交替的角度排列。如前所述, 使用焊铁或其它加热装置 (未示出) 将多层堆叠 58 内的板粘附在一起, 使得片层相互之间保持为固定关系。由前述方法生产的被排列的粘附堆叠 224 在图 8 中示出。

[0060] 本方法用于生产弯曲复合零件的下一步包括从被排列的堆叠 224 中切割出单个零件片层堆叠或零件毛坯 226。例如, 可通过在计算机控制下操作喷水切割器 (未示出) 来执行这一切割操作, 该操作生产出具有大致对应于期望零件曲率的外轮廓的被切割毛坯 226。如前所示, 该曲率沿零件毛坯 226 的长度可以不变或变化。

[0061] 零件毛坯 226 连同后面描述的一组固结模具 235 一起以类似于前述关于生产非弯曲复合物零件的方式被供应给预成型工作台 275 (图 14 和图 15)。然而, 就当前实施例而言, 当固结模具 235 和毛坯 226 被供应给预成型工作台 275 时, 它们移动经过弯曲的路径。

[0062] 固结模具 235 在图 9 中示出并且包括弯曲的内外模具套筒 228、230 以及上下模具套筒 232、234。上下模具套筒 232、234 都具有与毛坯 226 的曲率相对应的曲率, 而内外模具套筒 228、230 可以是类似弯曲的或柔性的以便在预成型工艺中符合零件毛坯 226 的曲率。在图 9、图 14 和图 15 所示的示例中, 模具套筒 228-234 被配置为生产图 7e 所示的 Z 形截面零件 220。虽然在附图中没有特别地示出, 模具套筒 228-234 的零件 - 侧边表面包括在零件内生产镜像特征的模具特征, 诸如变厚度、变曲率、袋区等等。

[0063] 现在特别参考图 14 和图 15, 在将毛坯以弯曲路径 280 供应给包括多个成型装置 268 和一组引导装置 270 的预成型工作台 275 之前, 上下模具套筒 232、234 被装配成围绕零件毛坯 226。可以看出零件毛坯 226 包括平坦的粘附堆叠 262, 堆叠 262 包括 Z 形截面零件 220 的腹板 220a 和盖 220b (图 7e), 以及形成梁腹板 220a 的局部加强的一组组合片层 264。

[0064] 当包含零件毛坯 226 和工具套筒 232、234 的夹层组件被供应给预成型工作台 275 时, 内外模具套筒 228、230 被供应与该夹层组件接触。成型装置 268 使毛坯 226 的边缘部分变形抵顶工具套筒 232、234 上的凸缘 265, 从而预成型 Z 形截面零件 220 的盖 220b。同时, 附加的盖加强片层 266 被供应到成型装置 268 和模具凸缘 265 之间。引导装置 270 使得内外模具套筒 228、230 与毛坯 226 的边缘接触, 毛坯 226 的这些边缘形成盖 220b。预成型毛坯 226 与模具套筒 235 一起继续在弯曲路径 280 内移动穿过诸如 CCM 机的弯曲压力机 284, 弯曲压力机 284 包含在固结模具 235 上施加作用力的模。此作用力导致预成型零件的片层的紧致和固结。虽然没有在附图中具体示出, 但根据需要可提供加热器或烤箱以将零件毛坯 226 加热到一定温度, 该温度下零件毛坯 226 内的基体树脂的聚合物成份具有粘性流体的粘稠度。以这种方式对零件毛坯 226 的加热有利于片层的固结。某些情况下, 也可能需要对零件毛坯 226 预热以便利预成型工艺。对零件毛坯 226 的预热的需求取决于许多因素, 诸如片层的数量、片层取向、材料类型、要预成型的形状等。

[0065] 压力机 284 基本类似于前面关于图 4 所述的压力机。然而和图 4 中示出的压力机不同, 在压力机 284 中使用的模将包括一定的曲率以适应弯曲的预成型零件 226。一个这种模 286 在图 17 中示出, 从中可以看出模 286 的内表面 296 具有一定的曲率, 该曲率与上模具套筒 232 上的凸缘 265 的曲率相匹配。模 286 沿箭头 288 的方向向内移动, 在紧致工艺期间接触凸缘 265, 并且与另一个弯曲模 (未示出) 相对, 该弯曲模移动接触内模具套筒 228。压力机 284 中使用的模的曲率大小部分地取决于要生产的弯曲零件的形状和加工零

件的特征所必需的模具套筒的形状。模 286 的外表面 298 可以如图 17 所示是弯曲的,或者可以是平坦的。预成型零件在弯曲路径 280 内移动,逐渐穿过压力机 284。当零件的移动在每个递增步骤暂停时,压力机模在模具套筒 235 上施加热和压力,导致位于模下面的片层的一部分的固结。

[0066] 如前所示,层压零件沿它的长度方向可具有变化的而不是不变的曲率,并且在这一方面可以参见图 18。用于压紧弯曲预成型零件 292 的模 286 具有不变的弯曲内表面 296,弯曲内表面 296 衔接模具套筒 290 的外表面 300。模具套筒 290 的外表面 300 具有与模 286 的内表面 296 的曲率相匹配的不变的曲率,但是具有以一定半径弯曲的内表面 302,此半径与模具套筒 290 的外表面 300 的半径不同,导致零件 292 具有非恒定的外半径。

[0067] 弯曲的热塑性层压板零件 236 的另一个示例在图 10 和图 11 中示出,其中该零件具有沿其长度的弯曲且具有横截面为 U 形的本体 238。本体 238 具有一对倾斜的斜坡 240,斜坡 240 形成本体 238 的厚度过渡,使得零件 236 沿它的长度具有三个不同厚度的部分。另外,本体 238 的正面具有袋区或凹陷 242,该袋区或凹陷 242 表示零件 236 内厚度减小的区域。本体 238 的不同厚度由 t_1 、 t_2 、 t_3 表示,而袋区 244 的厚度由 t_4 表示。虽然零件 236 具有不变的内外曲率,应该理解该曲率可沿零件 236 的长度变化。

[0068] 图 12 示出了保持在模具套筒 246、280 内用于固结零件片层的一部分零件 236。可以看出零件片层 236 具有片层组合区域 252,该片层组合区域 252 有效地增加了本体 238 的厚度,并产生斜坡 240。模具套筒包括释放涂覆金属垫片 246 和具有用于形成斜坡 240 的坡道的外固结模具部分 248。如图 12 所示,模具套筒 248 的上侧是平坦的,以便可以与通用模衔接,通用模诸如图 13 所示的模 256 中的任一个。

[0069] 图 13 示出了根据公开的实施例制造的弯曲零件 212 的另一个示例。零件 212 包括具有 I 形横截面的弯曲梁。常规加工模 256 可以被用于固结沿它们的长度具有曲率和变化厚度的零件。在这一示例中,模具套筒包括一对金属平板或垫片 260 和横截面大致为 U 形的一对模具套筒 258。平板 260 辅助形成零件 212 的盖,而套筒 258 起到形成零件 212 的盖部分和腹板的作用。面对零件 212 的套筒 258 的表面可具有诸如凸起区域或斜坡的模具特征,这些模具特征将镜像特征赋予零件 212。虽然在图 13 中未被特定示出,但板 260 和模具套筒 258 沿它们长度可以是弯曲的,以便形成也是弯曲的零件 212。

[0070] 在某些情况下,可能期望将一个或多个金属配件集成到任意上述 TPC 层压板结构中,包括沿长度具有曲率和 / 或定制或变化的层压板厚度的层压板结构。具有集成金属配件的 TPC 层压板结构的潜在应用包括梁、柱、框架、环、成型器、蒙皮以及其它结构加强构件。根据本公开的实施例,作为用于制造前述结构的连续工艺的一部分,可以将金属配件集成到前述 TPC 层压板结构中。

[0071] 现在参考图 19- 图 23,根据下面将更详细讨论的方法可以使诸如图 19 示出的金属配件 304 的金属零件或配件和 TPC 层压板结构 306 键合并整体成型。结构 306 内的 TPC 复合材料可包括,例如但不限于,AS4D/PEKK。根据应用,金属配件 304 可由任意合适的材料构成,例如但不限于铝或钛。根据配件 304 的应用和目的,金属配件 304 可具有任意不同的几何形状和特征。在图 19 示出的应用情况中,金属配件 304 起到“加倍器 (doubler)”的作用,其加强了 TPC 层压板结构 306 的位置部分。

[0072] 图 20 描述了在两个 TPC 层压板 312、314 之间的双搭接头 316。一对金属配件 308、

310 被整体键合到层压板 312、314 的相对面,覆盖搭接头 316。

[0073] 图 21 描述了 TPC 层压板 320 和金属配件 318 之间的嵌接头 322 的用法。

[0074] 图 22 描述了金属配件 324 和 TPC 层压板 326 之间的台阶搭接头 328。金属配件 324 包括沿其一个边缘的一系列对称台阶 325,台阶 325 互补地容纳层压板 326 的一个或多个独立层 327。

[0075] 图 23 描述了在金属配件 330 和 TPC 层压板 332 之间形成的槽接头 334。

[0076] 图 19- 图 23 中描述的接合或接头仅代表可用于实施本公开的实施例的众多接合结构和几何形状。

[0077] 现在参考图 24- 图 26,连续制造具有集成金属配件的 TPC 层压板结构或零件的方法开始于原材料和零件的供应,在图 24 中示为“步骤 A”。这些材料包括带有作为基体树脂(或其他 TPC 复合材料)的 PEKK(聚醚酮酮)的纤维增强复合材料 338、PEKK 薄膜 340 以及金属配件 336。增强复合材料 338 可以是单向的或织物预浸的形式。金属配件 336 可由钛或其它合适的金属加工而成。配件 336 被清洗并且高温粘结底漆被施加到配件 336 的键合表面上。附加组件(未示出)诸如用于制造图 1 所示的 I 形梁的填充物熔核 26(图 5)被挤压或模铸为离散的长度。

[0078] 接下来,在“步骤 B”,准备层叠 345,其包括金属配件 342、343、350、多重 TPC 片层 346 以及 PEEK 薄膜层 344、348。PEKK 薄膜层 340 被施加到金属配件 342、343 以及 350 的涂漆键合表面。根据接合类型和具体应用,可使用自动工艺或手工层叠来生成定制的堆叠,该堆叠包括来源于材料 338 的加强复合材料的多重片层 346,多重片层 346 可以是线圈状。前述自动工艺产生用于各种层叠构形的多个零件或组件的材料毛坯。可以使用前述的加热或超声焊接装置将堆叠内的片层 336 在多个位置粘附在一起。在图 24 所示的特定实施例中,使用图 20-23 中示出的任意接合件(或其它接合形式)将配件 342、343 接合到片层 346 的堆叠的末端上,并且金属配件 350 被定位在片层 346 的顶上而且在成品零件中起到加倍器的作用。

[0079] 如图 24 中“步骤 C”所示,层叠 345 被定位在前述类型的固结模具 352 之间。固结模具 352 可包括表面特征,这些表面特征被转移到层压板片层 346 以便生成厚度剪裁、厚度变化以及曲率或其它零件特征。这些零件特征包括可能包括袋区以容纳配件 342、343 和 350 的特征,以及片层组合斜坡、零件曲率等。与 CCM 机 368 匹配的模具 352 的侧边具有恒定的大小和形状以便与 CCM 机 368 上的标准模匹配。模具 352 上的特征的位置与片层 346 的堆叠的特征相一致。之前所示类型的薄钢板(未示出)可用在层叠 346 的非模具侧。

[0080] 图 24 中的“步骤 D”和图 25 更好地描述了模具 352 和层叠 345 之间的关系。固结模具 352 包括与层叠 345 的相对侧衔接的模具构件 358、360。模具构件 358、360 通过压盘 354、356 衔接起来,压盘 354、356 挤压模具构件 358、360 以固结层叠 345 的片层 346。模具 358 中的一个包括袋区,该袋区具有与加倍器配件 350 的形状相匹配的形状。第二个模具构件 360 的两个相对面是光滑的。

[0081] 如图 26 所示,层叠 345 与模具构件 358、360 沿箭头 347 的方向供应给 CCM 机 368。虽然在图 26 没有具体示出,层叠 345 与固结模具构件 358、360 可穿过诸如图 5 示出的预成型工作台,在那里层叠 345 预成型为最终零件 366 的近似形状。

[0082] CCM 机 368 将包括配件 342、343、350 的层叠 345 固结为结实的单片零件。层叠 345

和固结模具 352 连续地移动,逐渐穿过 CCM 机 368,使得当层叠 345 被移动每个递进步时,压盘 354、356 将压力施加到模具 352 的接续部分。应该注意可以使用其它固结工艺,诸如那些使用热压机的工艺(未示出)。

[0083] 如图 24 所示,在“步骤 E”,固结后,从固结零件 366 中移除模具 352 并且修剪零件 366。在步骤“F”,使用无损伤检测技术检测零件 366。在“步骤 G”示出的最终零件 366 是单片的、完全固结的结构,其中金属配件 342、343 以及 350 与 TPC 层压板的固结片层 346 形成整体。

[0084] 虽然结合某些示例性实施例描述了本公开的实施例,但应该理解的是,这些具体的实施例的目的是为了描述而不是加以限制,因为本领域技术人员容易想到其他的变体。

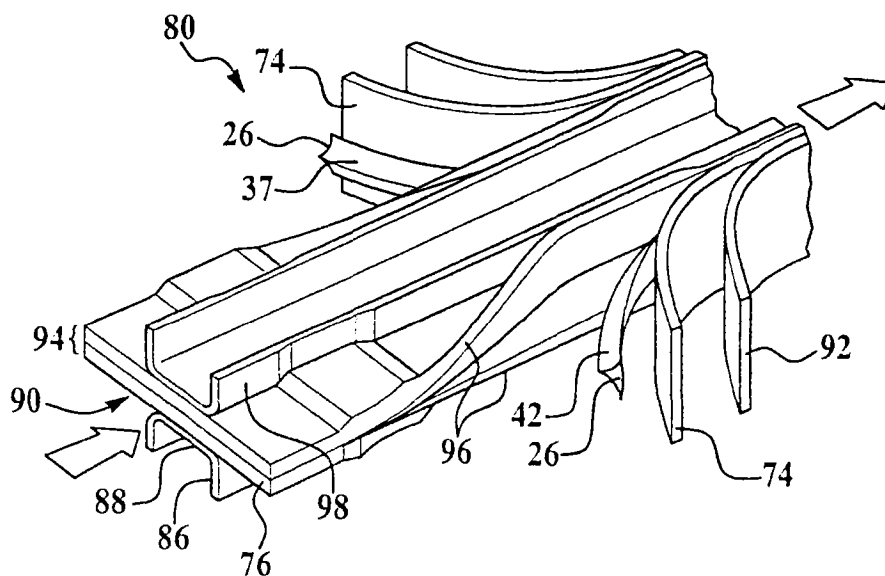


图 5

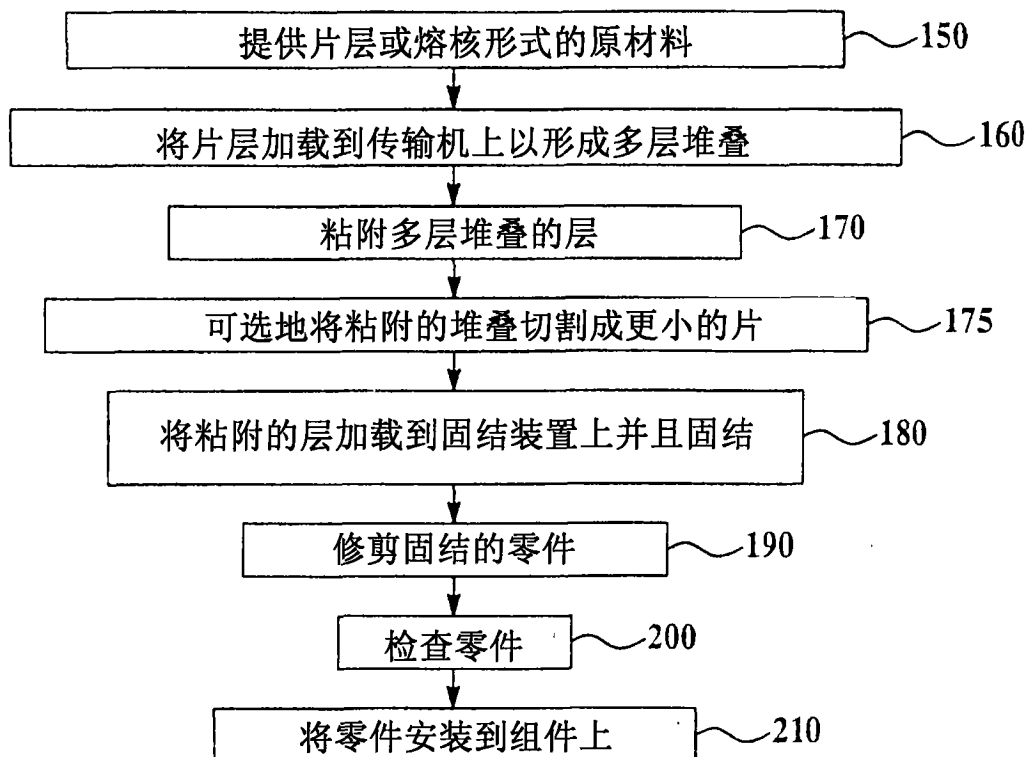


图 6

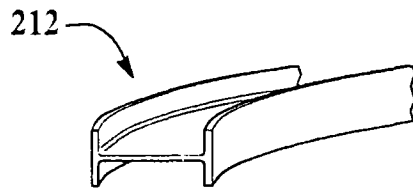


图 7A

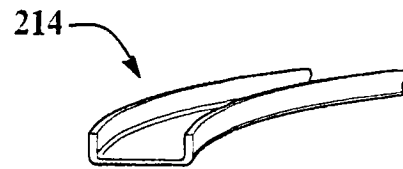


图 7B

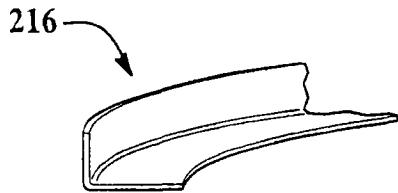


图 7C

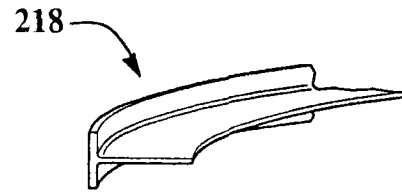


图 7D

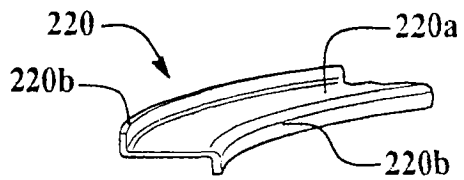


图 7E

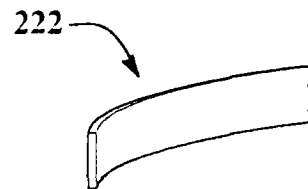


图 7F

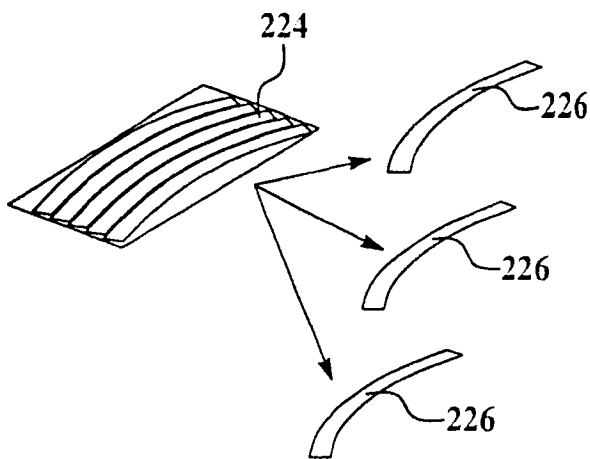


图 8

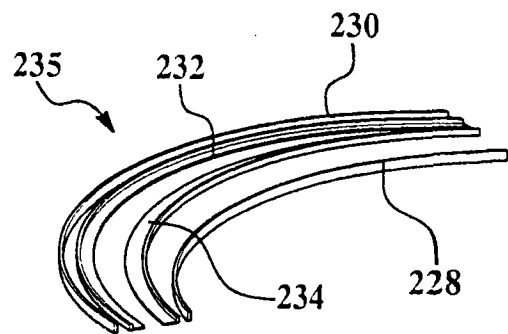


图 9

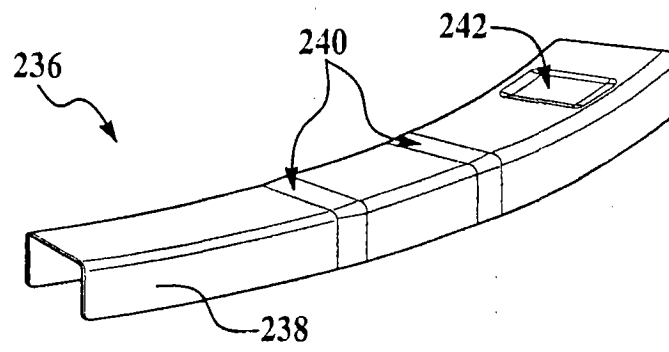


图 10

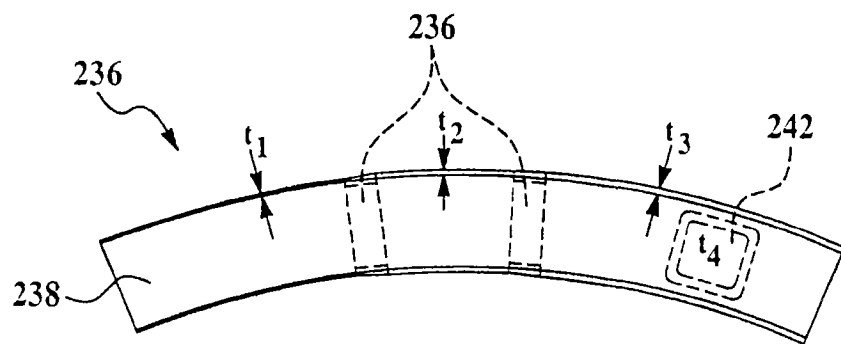


图 11

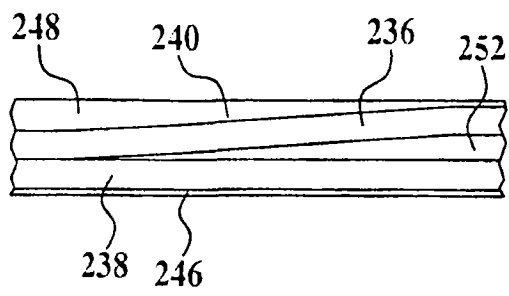


图 12

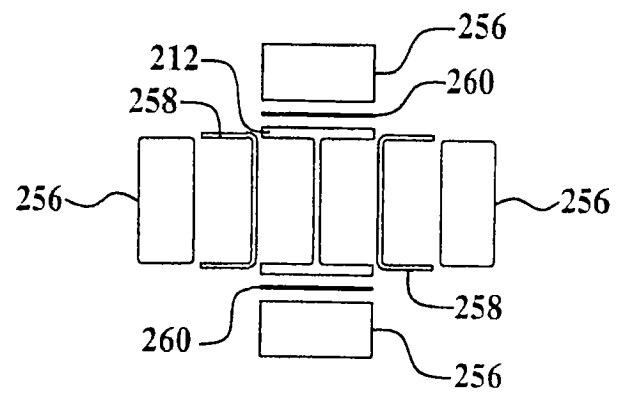


图 13

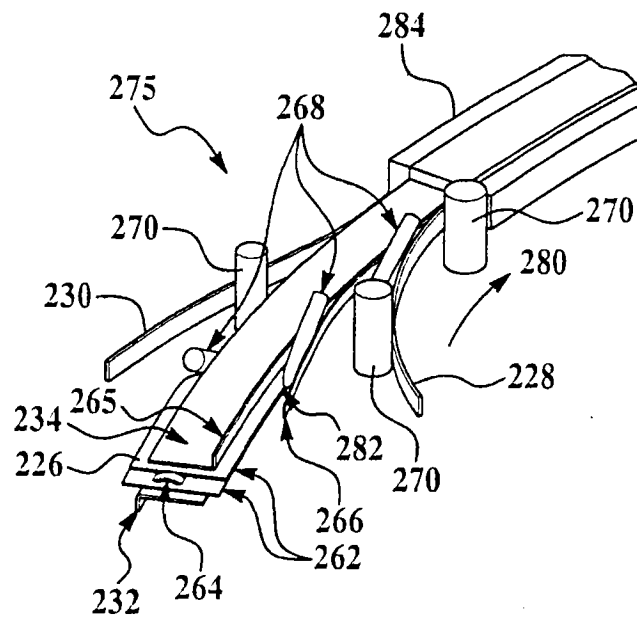


图 14

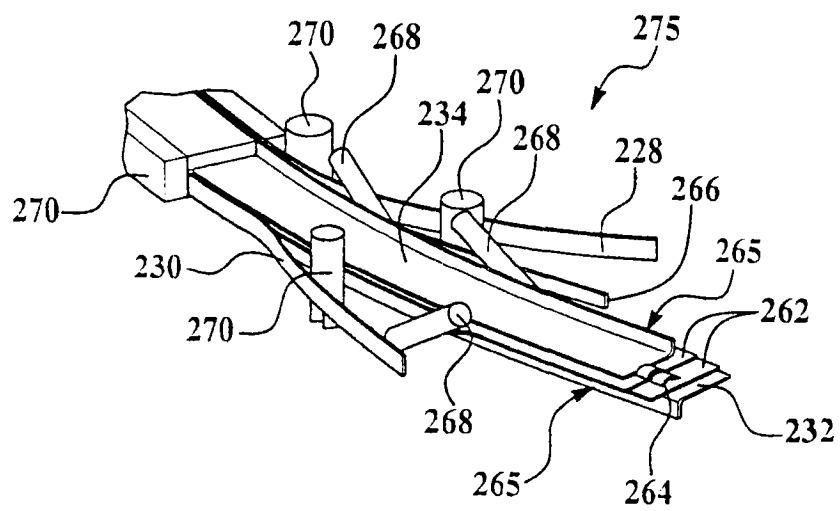


图 15

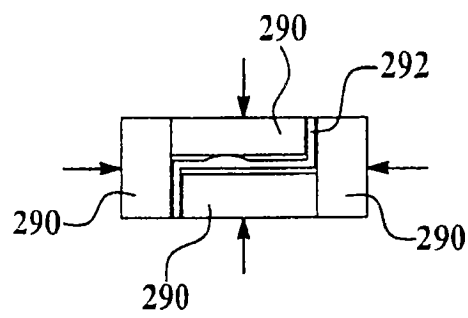


图 16

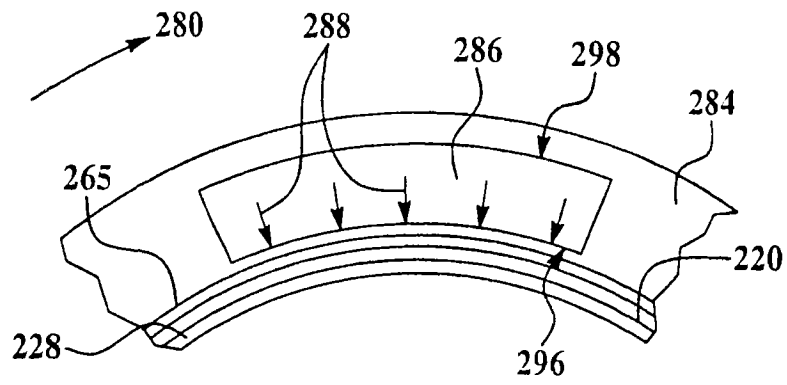


图 17

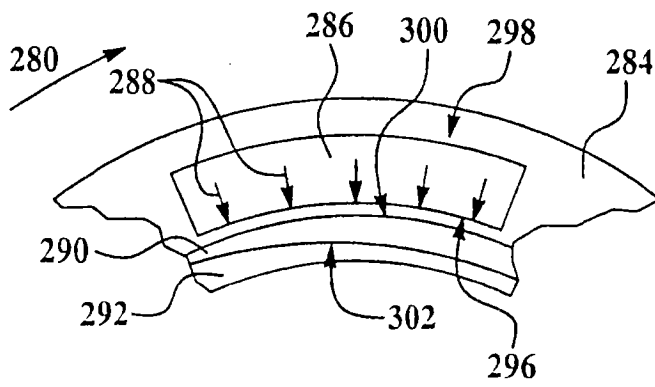


图 18

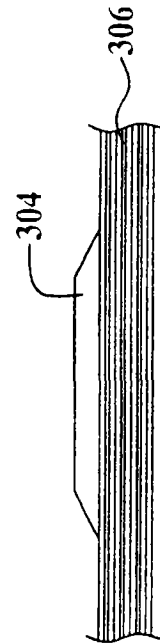


图 19

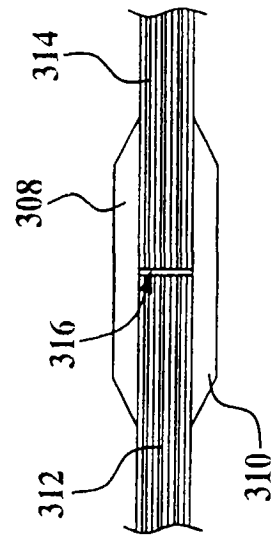


图 20

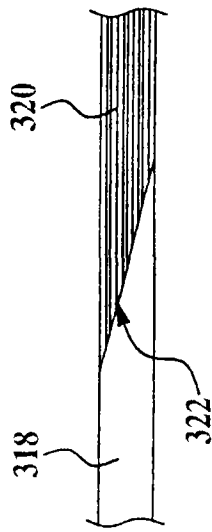


图 21

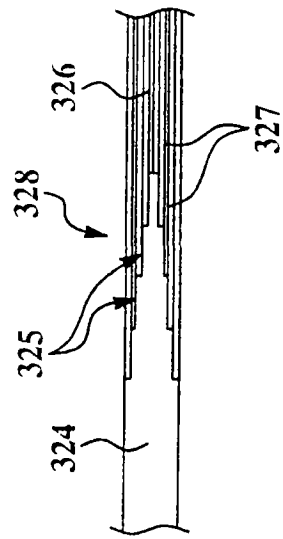


图 22

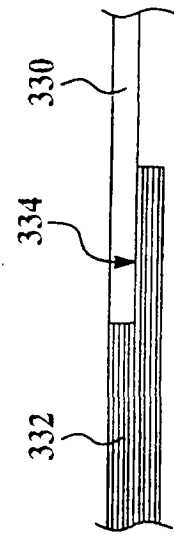


图 23

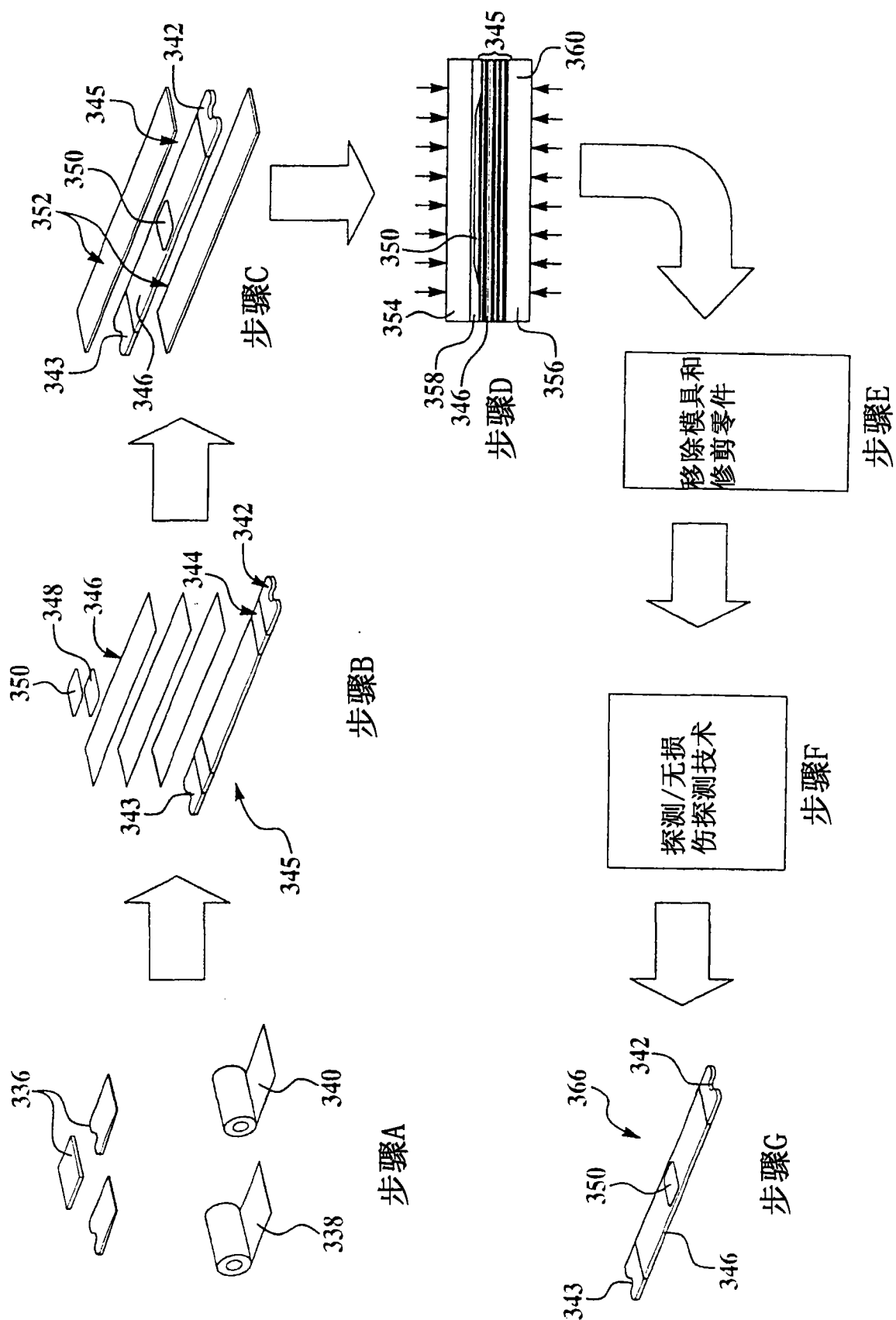


图 24

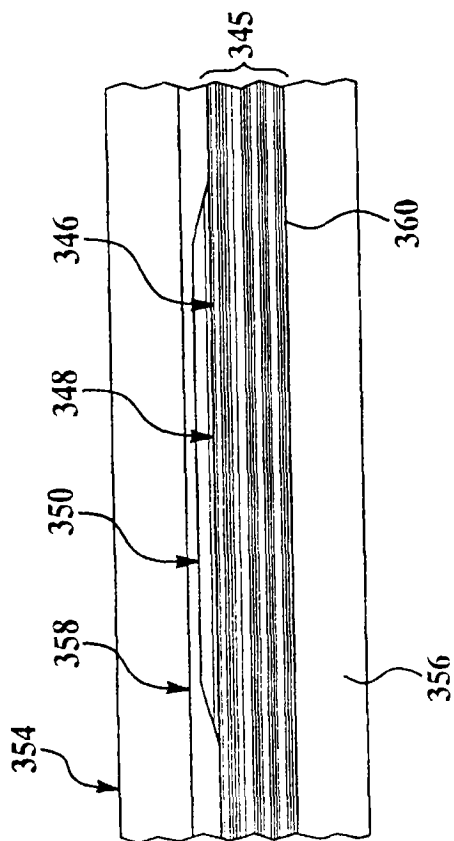


图25

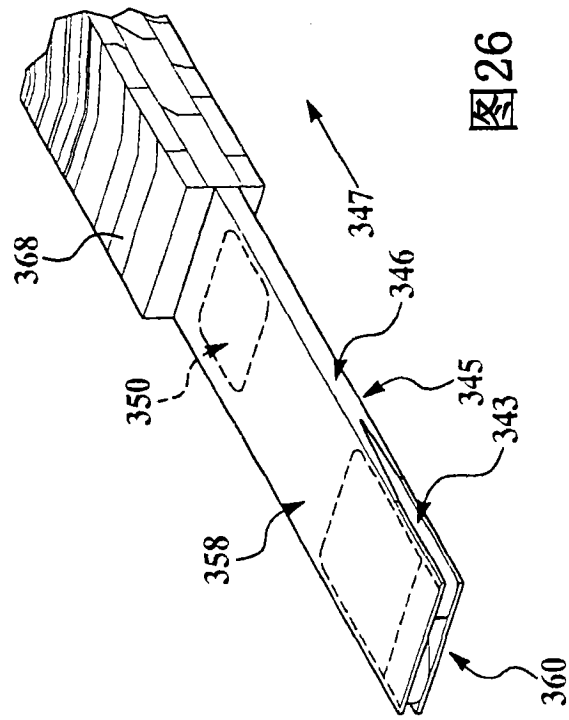


图26