



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110194258 B

(45) 授权公告日 2023.08.25

(21) 申请号 201910140595.3

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2019.02.26

B64C 1/06 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110194258 A

(43) 申请公布日 2019 09 03

CN 10378

(30) 优先权数据

HS 201607607 A1 2016 07 2

15/907,224 2018.02.27 US

US 2016207607 A1 2016 07 21

(73) 专利权人 波音公司

US 2012076989 A1, 2012.03.22

地址 美国伊利诺伊州

US 2009071098

(72) 发明人 J·程 I·E·施罗德
G·D·斯万森 K·M·法姆
S·E·克雷格 S·M·斯班塞

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

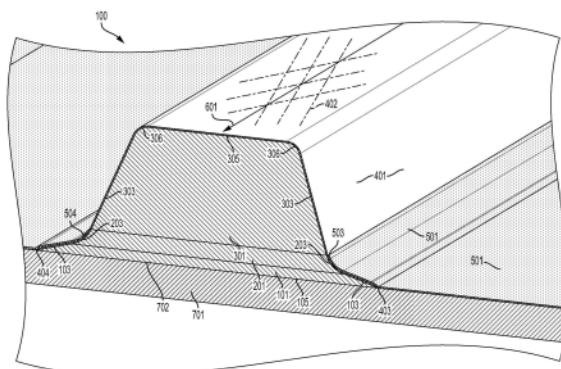
权利要求书4页 说明书12页 附图9页

(54) 发明名称

实心屋压板桁条

(57) 摘要

本申请涉及实心层压板桁条，其包括形成第一大致梯形横截面的基部段。实心层压板桁条也包括邻接基部段的过渡段，过渡段具有与基部段的侧边连续的凹侧边。实心层压板桁条也包括邻接过渡段的顶部段，其中顶部段形成第二大致梯形横截面，该第二大致梯形横截面具有与过渡段的凹侧边连续的侧边。实心层压板桁条也包括覆盖顶部段、过渡段以及至少一部分基部段的第一外包装层。实心层压板桁条也包括与覆盖基部段的第一外包装层的至少一部分重叠的第二外包装层。



1. 一种用于飞行器的实心层压板桁条(100),所述桁条(100)包括:

包括第一多个增强材料板层(102)的基部段(101),其中所述基部段(101)形成具有侧边(103)的第一大致梯形横截面,所述侧边(103)相对于所述基部段(101)的第一堆叠板层(105)具有第一倾斜角度(104);

邻接所述基部段(101)的过渡段(201),所述过渡段(201)包括第二多个增强材料板层(202),其中所述过渡段(201)形成具有与所述基部段(101)的所述侧边(103)连续的凹侧边(203)的横截面;

邻接所述过渡段(201)的顶部段(301),所述顶部段(301)包括第三多个增强材料板层(302),其中所述顶部段(301)形成具有与所述过渡段(201)的所述凹侧边(203)连续的侧边(303)的第二大致梯形横截面,并且其中所述侧边(303)相对于所述基部段(101)的所述第一堆叠板层(105)具有大于所述第一倾斜角度(104)的第二倾斜角度(304);

包括至少一个增强材料板层(402)的第一外包装层(401),其中所述第一外包装层(401)覆盖所述顶部段(301)、所述过渡段(201)和至少一部分所述基部段(101);以及

包括至少一个增强材料板层(502)的第二外包装层(501),其中所述第二外包装层(501)与覆盖所述基部段(101)的所述第一外包装层(401)的至少一部分重叠。

2. 根据权利要求1所述的实心层压板桁条(100),其中相对于所述桁条(100)的轴向方向(601)以在15到25度之间以及-15到-25度之间的范围内的一个或多个角度布置所述第一外包装层(401)的所述至少一个增强材料板层(402)。

3. 根据权利要求1所述的实心层压板桁条(100),其中所述顶部段(301)包括顶部表面(305),所述顶部表面(305)以具有至少0.15英寸的半径的凸弧(306)连接所述顶部段(301)的每个侧边(303)。

4. 根据权利要求1至权利要求3中任一项所述的实心层压板桁条(100),其中所述过渡段(201)的所述凹侧边(203)包括具有至少0.25英寸的半径的一个或多个弧,并且其中所述第二多个增强材料板层(202)包括相对于所述桁条(100)的轴向方向(601)以在25到35度之间以及-25到-35度之间的范围内的角度,或以包括0度、45度、-45度和90度的角度布置的板层,其中42%至48%的所述第二多个增强材料板层(202)以0度布置。

5. 根据权利要求1至权利要求3中任一项所述的实心层压板桁条(100),其中所述顶部段(301)的所述第二倾斜角度(304)在60-75度之间的范围内,并且其中所述第三多个增强材料板层(302)包括相对于所述桁条(100)的轴向方向(601)以在20到25度之间以及-20到-25之间的范围内的角度,或以包括10度、-10度、60度和-60度的角度,或以包括0度、45度、-45度和90度的角度布置的板层,其中45%至60%的所述第三多个增强材料板层(302)以0度布置。

6. 根据权利要求1至权利要求3中任一项所述的实心层压板桁条(100),其中所述基部段(101)的所述第一倾斜角度(104)在10到15度之间的范围内,并且其中所述第一多个增强材料板层(102)包括相对于所述桁条(100)的轴向方向(601)以包括0度、45度、-45度和90度的角度布置的板层,其中38%至44%的所述第一多个增强材料板层(102)以0度布置。

7. 根据权利要求6所述的实心层压板桁条(100),其中所述顶部段(301)进一步包括邻接所述第三多个增强材料板层(302)的盖装料(307),其中所述盖装料(307)包括第四多个增强材料板层(308),其中相对于所述桁条(100)的所述轴向方向(601)以与所述第一多个

增强材料板层(102)的所述角度基本上相同的角度布置所述第四多个增强材料板层(308)。

8.根据权利要求7所述的实心层压板桁条(100),其中所述第一多个板层、所述第二多个板层、所述第三多个板层和所述第四多个板层相对于所述桁条(100)的所述轴向方向(601)的布置关于所述基部段(101)和所述盖装料(307)之间的对称线(602)近似对称,其中多个终止板层(603)在所述桁条(100)的所述轴向方向(601)上,近似地在所述对称线(602)处相继地终止,使得所述桁条(100)的高度(604)沿所述桁条(100)的所述轴向方向(601)减少。

9.一种用于制造结构系统(700)的实心层压板桁条(100)的方法(800),所述方法(800)包括:

将所述桁条(100)的基部段(101)铺设到表面(707)上,其中铺设所述基部段(101)包括堆叠第一多个增强材料板层(102),使得所述基部段(101)形成具有侧边(103)的第一大致梯形横截面,所述侧边(103)相对于所述表面(707)具有第一倾斜角度(104);

铺设邻接所述基部段(101)的所述桁条(100)的过渡段(201),其中铺设所述过渡段(201)包括堆叠第二多个增强材料板层(202),使得所述过渡段(201)形成具有与所述基部段(101)的所述侧边(103)连续的凹侧边(203)的横截面;

铺设邻接所述过渡段(201)的所述桁条(100)的顶部段(301),其中铺设所述顶部段(301)包括堆叠第三多个增强材料板层(302),使得所述顶部段(301)形成具有侧边(303)的与所述过渡段(201)连续的第二大致梯形横截面,所述侧边(303)相对于所述表面(707)具有大于所述第一倾斜角度(104)的第二倾斜角度(304);

铺设第一外包装层(401),其中铺设所述第一外包装层(401)包括将至少一个增强材料板层(402)堆叠在所述顶部段(301)、所述过渡段(201)以及至少一部分所述基部段(101)上方;

铺设第二外包装层(501),其中铺设所述第二外包装层(501)包括堆叠至少一个增强材料板层(502),使得所述第二外包装层(501)与覆盖所述基部段(101)的所述第一外包装层(401)的至少一部分重叠,并且使得所述第二外包装层(501)覆盖与所述基部段(101)相邻的所述表面(707)的至少一部分;以及

同时固化所述基部段(101)、所述过渡段(201)、所述顶部段(301)、所述第一外包装层(401)以及所述第二外包装层(501)。

10.根据权利要求9所述的方法(800),其中铺设所述过渡段(201)进一步包括:

堆叠所述第二多个增强材料板层(202),使得所述过渡段(201)的所述凹侧边(203)包括具有至少0.25英寸的半径的一个或多个弧;以及

相对于所述桁条(100)的轴向方向(601)以在25到35度之间以及-25到-35度之间的范围内的角度、45度、-45度和90度的角度布置所述第二多个增强材料板层(202),其中42%至48%的所述第二多个增强材料板层(202)以0度布置。

11.根据权利要求9所述的方法(800),其中铺设所述顶部段(301)进一步包括:

堆叠所述第三多个增强材料板层(302),使得所述顶部段(301)的所述第二倾斜角度(304)在60-75度之间的范围内;以及

相对于所述桁条(100)的轴向方向(601)以在20到25度之间以及-20到-25度之间的范围内的角度,或以包括10度、-10度、60度和-60度的角度或以包括0度、45度、-45度和90度的

角度布置所述第三多个增强材料板层(302),其中45%至60%的所述第三多个增强材料板层(302)以0度布置。

12.根据权利要求9至权利要求11中任一项所述的方法(800),其中铺设所述基部段(101)进一步包括:

堆叠所述第一多个增强材料板层(102),使得所述基部段(101)的所述第一倾斜角度(104)在10-15度之间的范围内;以及

相对于所述桁条(100)的轴向方向(601)以包括0度、45度、-45度和90度的角度布置所述第一多个增强材料板层(102),其中38%至44%的所述第一多个增强材料板层(102)以0度布置。

13.根据权利要求9至权利要求11中任一项所述的方法(800),其中所述表面(707)为飞行器部件的层压板蒙皮(701)的内表面(702),其中所述方法(800)进一步包括:

在铺设所述桁条(100)的所述基部段(101)之前,铺设所述飞行器部件的所述层压板蒙皮(701),其中同时固化所述基部段(101)、所述过渡段(201)、所述顶部段(301)、所述第一外包装层(401)以及所述第二外包装层(501)进一步包括同时固化所述飞行器部件的所述层压板蒙皮(701)。

14.根据权利要求13所述的方法(800),其中铺设所述桁条(100)的所述顶部段(301)进一步包括铺设邻接所述第三多个增强材料板层(302)的盖装料(307),其中铺设所述盖装料(307)包括以相对于所述桁条(100)的轴向方向(601)的布置堆叠第四多个增强材料板层(308),所述布置与所述第一多个增强材料板层(102)相对于所述桁条(100)的所述轴向方向(601)的布置基本上相同,并且使得所述第一多个板层、所述第二多个板层、所述第三多个板层和所述第四多个板层相对于所述桁条(100)的所述轴向方向(601)的布置关于在所述基部段(101)和所述盖装料(307)之间的对称线(602)近似对称。

15.根据权利要求14所述的方法(800),进一步包括:

在所述桁条(100)的所述轴向方向(601)上相继地终止多个终止板层(603),其中每个相继的终止板层终止于距离所述桁条(100)的结束端(605)更短的轴向距离,并且其中在所述多个终止板层(603)中的每个终止板层近似地在所述对称线(602)处终止,使得所述桁条(100)的高度(604)沿所述轴向方向(601)减少;以及

随着所述桁条(100)的所述高度(604)减少,沿所述桁条(100)的所述轴向方向(601)增加所述层压板蒙皮(701)的厚度(704);

其中所述层压板蒙皮(701)包括外模线(703),并且其中所述结构系统(700)包括位于距离所述层压板蒙皮(701)的所述外模线(703)距离(706)处的弹性重心(705),并且其中所述方法(800)进一步包括:

在所述层压板蒙皮(701)的所述内表面(702)上并且在所述桁条(100)的所述高度(604)减少的位置处与所述桁条(100)相邻铺设结构填充材料(708),使得从所述外模线(703)到所述弹性重心(705)的所述距离(706)沿所述桁条(100)的所述轴向方向(601)近似恒定。

16.一种结构系统(700),包括:

飞行器部件的层压板蒙皮(701),其中层压板蒙皮(701)包括内表面(702);

实心层压板桁条(100),实心层压板桁条(100)定位在层压板蒙皮(701)的内表面(702)

上,实心层压板桁条(100)包括:

包括第一多个增强材料板层(102)的基部段(101),其中基部段(101)形成具有侧边(103)的第一大致梯形横截面,该侧边(103)相对于层压板蒙皮(701)的内表面(702)具有第一倾斜角度(104);

邻接基部段(101)的过渡段(201),过渡段(201)包括第二多个增强材料板层(202),其中过渡段(201)形成具有与基部段(101)的侧边(103)连续的凹侧边(203)的横截面;

邻接过渡段(201)的顶部段(301),顶部段(301)包括第三多个增强材料板层(302),其中顶部段(301)形成具有与过渡段(201)的凹侧边(203)连续的侧边(303)的第二大致梯形横截面,并且其中该侧边(303)相对于层压板蒙皮(701)的内表面(702)具有大于第一倾斜角度(104)的第二倾斜角度(304);

包括至少一个增强材料板层(402)的第一外包装层(401),其中第一外包装层(401)覆盖顶部段(301)、过渡段(201)以及至少一部分基部段(101);以及

包括至少一个增强材料板层(502)的第二外包装层(501),其中第二外包装层(501)与覆盖基部段(101)的第一外包装层(401)的至少一部分重叠,并且其中第二外包装层(501)进一步覆盖与基部段(101)相邻的层压板蒙皮(701)的内表面(702)的至少一部分。

17.根据权利要求16所述的结构系统(700),其中顶部段(301)进一步包括邻接第三多个增强材料板层(302)的盖装料(307),其中盖装料(307)包括第四多个增强材料板层(308),其中第四多个增强材料板层(308)包括相对于桁条(100)的轴向方向(601)的布置,该布置与第一多个增强材料板层(102)相对于桁条(100)的轴向方向(601)的布置基本上相同。

18.根据权利要求17所述的结构系统(700),其中第一多个板层、第二多个板层、第三多个板层和第四多个板层相对于桁条(100)的轴向方向(601)的布置关于在基部段(101)和盖装料(307)之间的对称线(602)近似对称,其中多个终止板层(603)在桁条(100)的轴向方向(601)上,近似地在对称线(602)处相继地终止,使得桁条(100)的高度(604)沿桁条(100)的轴向方向(601)减少,并且其中层压板蒙皮(701)的厚度(704)沿桁条(100)的轴向方向(601)并发地增加。

19.根据权利要求18所述的结构系统(700),其中层压板蒙皮(701)包括外模线(703),并且其中结构系统(700)包括位于距离层压板蒙皮(701)的外模线(703)距离(706)处的弹性重心(705),其中结构系统(700)进一步包括:

结构填充材料(708),结构填充材料(708)定位在层压板蒙皮(701)的内表面(702)上并且在桁条(100)的高度(604)减少的位置处与桁条(100)相邻,使得从外模线(703)到弹性重心(705)的距离(706)沿桁条(100)的轴向方向(601)近似恒定。

实心层压板桁条

技术领域

[0001] 本公开总体上涉及用于飞行器结构的实心层压板桁条,以及用于制造实心层压板桁条的方法。

背景技术

[0002] 实心层压板桁条,诸如由碳纤维增强聚合物形成的实心层压板桁条,通常用作飞行器部件的结构系统的一部分。例如,一系列的桁条可层压到飞行器机翼或机身的内蒙皮。结构系统可被设计成当飞行器部件经受空气动力载荷和温度随时间改变的组合时承受桁条从飞行器部件的内蒙皮脱层以及桁条的热裂化。

[0003] 需要具有增加的脱层强度和改进的抗热裂化性的改进的实心层压板桁条。

发明内容

[0004] 在一个示例中,描述了用于飞行器的实心层压板桁条,包括具有第一多个增强材料板层的基部段,其中基部段形成具有侧边的第一大致梯形横截面,该侧边相对于基部段的第一堆叠板层具第一倾斜角度。实心层压板桁条也包括邻接基部段的过渡段,过渡段具有第二多个增强材料板层,其中过渡段形成具有与基部段的侧边连续的凹侧边的横截面。实心层压板桁条也包括邻接过渡段的顶部段,顶部段具有第三多个增强材料板层,其中顶部段形成具有与过渡段的凹侧边连续的侧边的第二大致梯形横截面,并且其中该侧边相对于基部段的第一堆叠板层具有大于第一倾斜角度的第二倾斜角度。实心层压板桁条也包括具有至少一个增强材料板层的第一外包装层,其中第一外包装层覆盖顶部段、过渡段以及至少一部分基部段。实心层压板桁条也包括具有至少一个增强材料板层的第二外包装层,其中第二外包装层与覆盖基部段的第一外包装层的至少一部分重叠。

[0005] 在另一示例中,描述了用于制造结构系统的实心层压板桁条的方法。该方法包括将桁条的基部段铺设到表面上,其中铺设基部段包括堆叠第一多个增强材料板层,使得基部段形成具有侧边的第一大致梯形横截面,该侧边相对于表面具有第一倾斜角度。该方法也包括铺设邻接基部段的桁条的过渡段,其中铺设过渡段包括堆叠第二多个增强材料板层,使得过渡段形成具有与基部段的侧边连续的凹侧边的横截面。该方法也包括铺设邻接过渡段的桁条的顶部段,其中铺设顶部段包括堆叠第三多个增强材料板层,使得顶部段形成第二大致梯形横截面,该第二大致梯形横截面与过渡段连续,且具有侧边,该侧边相对于表面具有大于第一倾斜角度的第二倾斜角度。该方法也包括铺设第一外包装层,其中铺设第一外包装层包括将至少一个增强材料板层堆叠在顶部段、过渡段和至少一部分基部段上方。该方法也包括铺设第二外包装层,其中铺设第二外包装层包括堆叠至少一个增强材料板层,使得第二外包装层与覆盖基部段的第一外包装层的至少一部分重叠,并且使得第二外包装层覆盖与基部段相邻的表面的至少一部分。该方法也包括同时固化基部段、过渡段、顶部段、第一外包装层以及第二外包装层。

[0006] 在另一示例中,描述了包括飞行器部件的层压板蒙皮的结构系统,其中层压板蒙

皮包括内表面。结构系统也包括定位在层压板蒙皮的内表面上的实心层压板桁条。实心层压板桁条包括基部段，基部段包括第一多个增强材料板层，其中基部段形成具有侧边的第一大致梯形横截面，该侧边相对于层压板蒙皮的内表面具有第一倾斜角度。实心层压板桁条也包括邻接基部段的过渡段，过渡段包括第二多个增强材料板层，其中过渡段形成的横截面具有与基部段的侧边连续的凹侧边。实心层压板桁条也包括邻接过渡段的顶部段，该顶部段包括第三多个增强材料板层，其中顶部段形成具有与过渡段的凹侧边连续的侧边的第二大致梯形横截面，其中该侧边具有相对于层压板蒙皮的内表面的大于第一倾斜角度的第二倾斜角度。实心层压板桁条也包括第一外包装层，第一外包装层包括至少一个增强材料板层，其中第一外包装层覆盖顶部段、过渡段以及至少一部分基部段。实心层压板桁条也包括第二外包装层，第二外包装层包括至少一个增强材料板层，其中第二外包装层与覆盖基部段的第一外包装层的至少一部分重叠，并且其中第二外包装层进一步覆盖与基部段相邻的层压板蒙皮的内表面的至少一部分。

[0007] 已论述的特征、功能和优点能够在各种示例中独立地实现，或者可结合在其它示例中，其进一步的细节参考以下描述和附图可见。

附图说明

[0008] 被认为是说明性示例的特性的新颖性特征在所附权利要求中进行阐述。然而，当结合附图阅读时，通过参考本公开的说明性示例的以下详细描述，将充分地理解说明性示例以及优选的使用模式、进一步的目的及其描述。

- [0009] 图1示出根据示例实施方式的实心层压板桁条的透视图。
- [0010] 图2示出根据示例实施方式的实心层压板桁条的近视图。
- [0011] 图3示出根据示例实施方式的实心层压板桁条的基部段的横截面平面图。
- [0012] 图4示出根据示例实施方式的实心层压板桁条的过渡段的横截面平面图。
- [0013] 图5示出根据示例实施方式的实心层压板桁条的顶部段的横截面平面图。
- [0014] 图6示出根据示例实施方式的实心层压板桁条的第二外包装层的横截面平面图。
- [0015] 图7示出根据示例实施方式的穿过实心层压板桁条的对称线。
- [0016] 图8示出根据示例实施方式的实心层压板桁条的盖装料(cap charge)的横截面平面图。
- [0017] 图9示出根据示例实施方式的实心层压板桁条的结束部分(runout portion)中的多个终止板层的示意图。
- [0018] 图10示出根据示例实施方式的实心层压板桁条的结束部分的透视图。
- [0019] 图11示出根据示例实施方式的实心层压板桁条的结束部分的横截面视图。
- [0020] 图12示出根据示例实施方式的实心层压板桁条的弹性重心。
- [0021] 图13示出根据示例实施方式的实心层压板桁条的结束部分的弹性重心。
- [0022] 图14示出根据示例实施方式的用于制造结构系统的实心层压板桁条的示例方法的流程图。

具体实施方式

[0023] 现在将参考附图更全面地描述公开的示例，附图中示出了一些但不是所有公开示

例。实际上,若干不同的示例可被描述,并且不应被解释为受限于本文所阐述的示例。更确切地说,描述这些示例,使得本公开将彻底而完整并且将向本领域技术人员完全传达本公开的范围。

[0024] 本文论述的示例包括实心层压板桁条以及用于制造实心层压板桁条的方法。桁条可包括一系列段,该一系列段包括经配置以增加脱层强度和抗热裂化性的堆叠的增强材料板层。桁条也可包括促进桁条结束的配置,并且可减少包括桁条的结构系统中的局部应变或应力。

[0025] 关于数量或测量值,术语“大约”或“基本上的”和“基本上地”或“近似地”意指所述的特性、参数或值不需要精确地实现。更确切地说,偏差或变化,例如包括公差、测量误差、测量精度限制以及本领域技术人员所已知的其它因素,可能会以不阻碍特性旨在提供的效果的数量出现。

[0026] 现在参考图1和图2,图1示出根据示例实施方式的实心层压板桁条100的透视图。类似地,图2示出根据示例实施方式的实心层压板桁条100的近视图。比如,桁条100可用作飞行器部件(诸如机身或机翼)的内部层压板蒙皮上的增强构件。为了改进脱层强度,可将桁条100铺设成一系列段,该一系列段的刚度通过桁条100的轴向方向上的可变纤维含量逐渐改变。比如,如在图1中所示,桁条100可包括基部段101。

[0027] 基部段101形成第一大致梯形横截面。比如,如图1和图2中所示,基部段101中最高板层和最低板层可基本上平行。基部段101进一步包括相对于基部段101的增强材料的第一堆叠板层105(即最低板层)具有第一倾斜角度104的侧边103。比如,第一堆叠板层105可接触飞行器部件的层压板蒙皮701的内表面702,并且可形成如图1中所示的桁条100的底部。基部段101的连续堆叠板层的宽度可稍微窄于第一堆叠板层105,从而导致基部段101的梯形横截面。

[0028] 在一些实施方式中,基部段101的第一倾斜角度104可在大约10到20度之间的范围内。比如,用于桁条100的两个侧边103的第一倾斜角度104可为15度。这可允许基部段101比桁条100的其余部分张开更宽,这可提供更大的单位面积来承受可在层压板蒙皮701和基部段101之间作用的脱层应力,从而减少脱层应力。

[0029] 桁条100可进一步包括邻接基部段101的过渡段201。如在图1中所示,过渡段201定位在基部段101的顶上。过渡段201形成具有与基部段101的侧边103连续的凹侧边203的横截面。在一些实施方式中,过渡段201的凹侧边203可包括具有至少约0.25英寸的半径的一个或多个弧,该一个或多个弧可提供从基部段101的侧边103到顶部段301的侧边303的连续过渡。

[0030] 因此,桁条100可包括邻接过渡段201的顶部段301。如在图1中所示,顶部段301位于过渡段201的顶上,并且形成第二大致梯形横截面,该第二大致梯形横截面具有与过渡段201的凹侧边203连续的侧边303。侧边303相对于基部段101的第一堆叠板层105具有第二倾斜角度304。如在图1中可见,第二倾斜角度304大于第一倾斜角度104。在一些实施方式中,第二倾斜角度304可在大约60到75度之间的范围内。比如,用于桁条100的两个侧边303的第二倾斜角度304可为70度。

[0031] 在一些实施例中,顶部段301可包括在凸弧306处连接顶部段301的每个侧边303的顶部表面305,这在某些情况下可减少桁条100的上角部附近或上角部处热裂化的可能性,

如下所论述。

[0032] 桁条可进一步包括第一外包装层401。第一外包装层401可覆盖顶部段301、过渡段201以及至少一部分基部段101。例如,在图1和图2中所示的示例中,第一外包装层401从第一端403延伸到第二端404,并且在桁条100的两个侧边上覆盖基部段101的全部宽度。

[0033] 如上所述,凸弧306可在顶部段301的侧边303和顶部表面305之间提供平滑过渡,然后在第一外包装层401中复制该过渡。例如,顶部段301的凸弧306可具有至少约0.15英寸的半径。这可以允许顶部段301中靠近第一外包装层401的拉伸应力可以更有效地分布在凸弧306上方。相反地,在侧边和顶部之间具有较尖锐过渡的层压板桁条可在此位置经历提高的拉伸应力,这可导致桁条100的裂化。

[0034] 在一些实施方式中,桁条100也可包括第二外包装层501。第二外包装层501可与覆盖基部段101的第一外包装层401的至少一部分重叠。如图2中可见,当第二外包装层501的第一端503延伸到过渡段201的顶部时(如图1所示),第二外包装层501覆盖第一外包装层401的一部分。可替代地,如图2中所示,第二外包装层501的第一端503可渐缩到过渡段201的近似中间处的端部。

[0035] 第二外包装层501也可覆盖层压板蒙皮701的一部分。进一步地,由于第二外包装层501在桁条100上方不连续,所以基部段101的两个侧边103可被第二外包装层501的两个不同部段覆盖。如图1中可见,第二外包装层501的第二端延伸到过渡段201的近似顶部。

[0036] 如上所述,桁条100可被铺设成一系列段,该一系列段的刚度从基部段101到顶部段301逐渐增加。由于层压板蒙皮701通常具有比桁条100低的刚度,所以这种布置允许基部段101具有更靠近层压板蒙皮701的刚度的刚度,这可为有益的。比如,两个相邻层压板部件(诸如层压板蒙皮701和基部段101)的材料属性的差异可导致提高的层压板间拉伸应力,并且在某些情况下可有助于桁条100从层压板蒙皮701脱层。相邻层压板部件之间热膨胀系数(CTE)的差异可以造成同样结果。此外,在论述的配置中,在顶部段301中仍可提供增加的刚度,在这种情况下得到最大的抗弯曲性。

[0037] 通过在每个段或外包装层的相应板层中使桁条100的轴向方向601上的纤维含量变化,可逐渐增加桁条100中的段的刚度。桁条100的传统铺层可包括被定位成与桁条100的轴向方向601成角度(包括0度、45度、-45度以及90度)的增强材料板层。比如,传统铺层中这些角度中的每个中的板层数可均匀分布。然而,当前的示例考虑了非传统铺层,其具有以若干不同的角度布置的板层,所述不同的角度影响轴向方向601上的纤维含量,并且考虑了传统的0/45/-45/90铺层,该铺层包括板层的不均匀分布,偏向于在轴向601上布置的那些板层(即0度板层)。

[0038] 例如,如图1中所示,第一外包装层401可包括至少一个增强材料板层402,该板层相对于桁条100的轴向方向601以在大约15到25度之间以及在大约-15到-25度之间的范围内的一个或多个角度布置。比如,至少一个增强材料板层402可包括分别以20度和-20度布置的两板层的带板层,其取向在图1中可见。这可导致减少第一外包装层401的CTE与顶部段301的CTE之间的不匹配,这是因为板层被布置成相对靠近桁条100的轴向方向601或被布置成0度。这些属性可接近顶部段301的取向(下文论述),这也可减少顶部段301和第一外包装层401内的层压板间拉伸应力或可减少顶部段301和第一外包装层401之间的层压板间拉伸应力。

[0039] 类似地,基部段101包括第一多个增强材料板层102,其在图3中示出的基部段101的横截面平面图中可见。第一多个增强材料板层102可包括以传统铺层相对于桁条100的轴向方向601以包括0度、45度、-45度和90度的角度布置的板层。然而,大约38%至44%的第一多个增强材料板层102以0度布置,或被布置成平行于桁条100的轴向方向601。比如,第一多个增强材料板层102中的40%的板层可为0度板层。这可提供基部段101的总刚度,该总刚度比层压板蒙皮701的刚度大,但不会大到引入不期望的层压板间拉伸应力。

[0040] 进一步地,过渡段201包括第二多个增强材料板层202,其示例在图4中所示的过渡段201的横截面平面图中可见。比如,第二多个增强材料板层202可包括以非传统铺层布置,相对于桁条100的轴向方向601以在大约25度到35度之间以及大约-25到-35度之间的范围内的角度布置的板层。在一些实施方式中,比如,第二多个增强材料板层202可以30度和-30度布置,如在图4中。由于在轴向方向601上的产生更大的纤维含量,这种布置可在过渡段201中提供比上述基部段101的布置更大的刚度。

[0041] 可替代地,第二多个增强材料板层202可包括以传统的0/45/-45/90度铺层布置的板层,但大约42%到48%的第二多个增强材料板层202以0度布置。比如,第二多个增强材料板层202中的45%的板层可为0度板层。此外,这可在过渡段201中提供比上述基部段101的布置更大的刚度,但刚度小于以下论述的顶部段301的刚度。

[0042] 顶部段301包括第三多个增强材料板层302,其示例在图5中所示的顶部段301的横截面平面图中可见。例如,第三多个增强材料板层302可包括以非传统铺层的相对于桁条100的轴向方向601以在大约20到35度之间以及在大约-20度到-35度之间的范围内的角度布置的板层。在一些实施方式中,比如,第三多个增强材料板层302可以22度和-22度布置,如在图5中。由于在轴向方向601上产生更大的纤维含量,这可在顶部段301中提供比上述过渡段201的任一种布置更大的刚度。

[0043] 可替代地,第三多个增强材料板层302可包括非传统铺层的相对于桁条100的轴向方向601以包括10度、-10度、60度以及-60度的角度的组合布置的板层。此外,这可在轴向方向601上导致比以上针对过渡段201论述的选择更大的纤维含量。

[0044] 作为又一示例,第三多个增强材料板层302可包括以传统的0/45/-45/90度铺层布置的板层,但大约45%至60%的第三多个增强材料板层302以0度布置。比如,第三多个增强材料板层302中的55%的板层可为0度板层,比上述针对过渡段201所论述比例的更大的比例,从而导致顶部段301的最大刚度。

[0045] 第二外包装层501包括至少一个增强材料板层502,其示例在图6中示出的第二外包装层的横截面平面图中可见。比如,至少一个增强材料板层502可包括分别以-45度和45度布置的两个织物板层,如在图6中所示。

[0046] 现在参考图7,在一些实施方式中,实心层压板桁条100的顶部段301可进一步包括邻接第三多个增强材料板层302的盖装料(cap charge)307。例如,盖装料307可被定位在顶部段301的顶部表面305顶上,如在图7中。进一步地,盖装料307包括第四多个增强材料板层308,该第四多个增强材料板层308可相对于桁条100的轴向方向601以与第一多个增强材料板层102的角度基本上相同的角度布置。例如,如在图8中可见,第四多个增强材料板层308以与图3中示出的基部段101中的第一多个增强材料板层102相同的0/45/-45/90度角度布置。此外,传统铺层角度之间的板层的分布也可与基部段101基本上相同。比如,与基部段

101一样,第四多个增强材料板层308中的40%的板层可为0度板层。

[0047] 在盖装料307镜像基部段101的桁条100的这种布置中,第一多个板层、第二多个板层、第三多个板层和第四多个板层相对于桁条100的轴向方向601的布置可关于在基部段101和盖装料307之间的对称线602近似对称,如图7中所示。由于过渡段201在桁条100的顶部附近没有对应段,所以对称可为近似的。然而,过渡段201可贡献桁条100的高度604的相对小的部分,并且因此关于对称线602对称的偏差可相对小。

[0048] 上述桁条100中的板层的近似对称布置在桁条100的结束端(runout end)处可为有利的。例如,其可允许位于桁条100中间的多个终止板层603在桁条100的轴向方向601上,近似在对称线602处相继地终止,如图9中所示。例如,当板层从桁条100中间终止时,桁条100可保持关于对称线602近似对称。进一步地,多个终止板层603中的每个板层可终止于距离桁条100的结束端605更短的轴向距离,这可沿着桁条100的轴向方向601减少桁条100的高度604。板层可以从对称线602的正上方到对称线602的正下方交替地终止,这可有助于维持其余板层的近似对称。

[0049] 为了说明多个相继的终止板层603的阶梯式配置的目的,图9中示出的示意图未示出在对称线602处会聚的其余板层,并且因此减少了桁条100的高度604。然而,这种效果在图10和图11中可见。

[0050] 图10和图11分别示出接近结束端605的桁条100的结束部分的透视图和横截面图。当如上所述多个终止板层603从对称线602终止时,桁条100的高度604在结束端605的方向上减少。如在图10中所示,桁条100的宽度也可随着高度604朝向结束端605的减少而增加。进一步地,盖装料307和基部段101保持为桁条100的最上板层和最下板层,直到它们是在桁条100中剩下的仅存板层。其它布置也是可能的。

[0051] 现在转到图12,示出根据示例实施方式的用于制造结构系统的实心层压板桁条的方法800的流程图。图12中所示的方法800呈现了比如可与如图1至图11中所示以及以上论述的桁条100一起使用的方法的示例。应当理解,对于在此论述的该过程和其它过程以及方法,流程图示出了本示例的一个可能实施方式的功能和操作。在这方面,流程图中的每个方框可表示模块、段、或一部分程序代码,程序代码包括由处理器可执行的用于实施或引起过程中的具体逻辑功能或步骤的一个或多个指令。例如,方法800可由机器人装配系统的一个或多个计算设备实施。替换的实施方式被包括在本公开的示例的范围内,其中如本领域技术人员将理解的那样,根据所涉及的功能,功能可不以示出或论述的顺序执行,包括基本上并发地执行功能。

[0052] 在方框802处,方法800包括将结构系统700的桁条100的基部段101铺设到表面707上,如参考图13和图14可见。表面707可以是,比如,如上面示例中所论述的飞行器部件的层压板蒙皮701的内表面702。然而,表面707可为适于通过可组合形成结构系统700的实心层压板桁条(诸如桁条100)增强的任何其它表面。

[0053] 如以上示例所述,铺设基部段101可包括堆叠第一多个增强材料板层102,使得基部段101形成具有侧边103的第一大致梯形横截面,该侧边103相对于表面707具有第一倾斜角度104。

[0054] 在一些实施方式中,铺设基部段101可包括堆叠第一多个增强材料板层102,使得基部段101的第一倾斜角度104在大约10-15度之间的范围内。进一步地,铺设基部段101也

可以包括相对于桁条100的轴向方向601以包括0/45/-45/90度的角度布置第一多个增强材料板层102。如先前所论述以及图3中所示,基部段101中大约38%至44%的第一多个增强材料板层102可以0度布置。

[0055] 在方框804处,方法800包括铺设邻接基部段101的桁条100的过渡段201,铺设过渡段201可包括堆叠第二多个增强材料板层202,使得过渡段201形成具有与基部段101的侧边103连续的凹侧边203的横截面,如先前所论述以及图1和图2中所示。

[0056] 进一步地,铺设过渡段201可包括堆叠第二多个增强材料板层202,使得过渡段201的凹侧边203包括具有至少约0.25英寸的半径的一个或多个弧。铺设过渡段201也可包括相对于桁条100的轴向方向601以在大约25到35度之间以及大约-25到-35度之间的范围内的角度布置第二多个增强材料板层202,如上所论述。可替代地,第二多个增强材料板层202可以包括0/45/-45/90度的角度布置,其中大约42%至48%的第二多个增强材料板层202以0度布置。

[0057] 在方框806处,方法800包括铺设邻接过渡段201的桁条100的顶部段301,铺设顶部段301可包括堆叠第三多个增强材料板层302,使得顶部段301形成与过渡段201连续的第二大致梯形横截面。进一步地,顶部段可包括相对于表面701具有大于第一倾斜角度104的第二倾斜角度304的侧边303,如先前所论述以及如图1和图2总体上所示。

[0058] 进一步地,铺设顶部段301可包括堆叠第三多个增强材料板层302,使得顶部段301的第二倾斜角度304在大约60到75度之间的范围内,如先前所述。铺设顶部段301也可包括相对于桁条100的轴向方向601,以在大约20到35度之间以及大约-20到-35度之间的范围内的角度,或以包括10度、-10度、60度和-60度的角度布置第三多个增强材料板层302,如先前示例中所考虑。进一步地,第三多个增强材料板层302可以包括0/45/-45/90度的角度布置,其中大约45%至60%的第三多个增强材料板层302以0度布置。

[0059] 在方框808处,方法800包括铺设第一外包装层401,铺设第一外包装层401可包括将至少一个增强材料板层402堆叠在顶部段301、过渡段201以及至少一部分基部段101上方。

[0060] 在方框810处,方法800包括铺设第二外包装层501,铺设第二外包装层501可包括堆叠至少一个增强材料板层502,使得第二外包装层501与覆盖基部段101的第一外包装层401的至少一部分重叠,并且使得第二外包装层501覆盖与基部段101相邻的表面707的至少一部分,类似于以上论述的示例。

[0061] 在方框812处,方法800包括同时固化基部段101、过渡段201、顶部段301、第一外包装层401以及第二外包装层501。在一些实施方式中,表面707可为飞行器的层压板蒙皮701的内表面702,如上所述。另外地,在铺设桁条100的基部段101之前,方法800可涉及铺设飞行器部件的层压板蒙皮701。此外,同时固化基部段101、过渡段201、顶部段301、第一外包装层401以及第二外包装层501也可包括同时固化飞行器部件的层压板蒙皮701。

[0062] 在一些实施方式中,铺设结构系统700的桁条100的顶部段301可包括铺设邻接第三多个增强材料板层302的盖装料307。如上所述并且如图7和图8中所示,铺设盖装料307可包括以相对于桁条100的轴向方向601的布置堆叠第四多个增强材料板层308,该布置与第一多个增强材料板层102相对于桁条100的轴向方向601的布置基本上相同。因此,结构系统700可包括相对于桁条100的轴向方向601的第一多个板层、第二多个板层、第三多个板层和

第四多个板层的布置,该布置关于在基部段101和盖装料307之间的对称线602近似对称,如先前所论述。

[0063] 方法800也包括在桁条100的轴向方向601上终止多个终止板层603。如参考图9所述,每个相继的终止板层可终止于距离桁条100的结束端605更短的轴向距离。进一步地,多个终止板层603中的每个终止板层可近似地在对称线602处终止,使得桁条100的高度604沿轴向方向601减少。

[0064] 在一些实施例中,方法800也可包括随着桁条100的高度604减少,沿桁条100的轴向方向601增加层压板蒙皮701的厚度704。例如,包括层压板蒙皮701和桁条100的结构系统700可包括在图12和图13中示出的外模线703。结构系统700可进一步包括弹性重心705,该弹性重心705位于距离层压板蒙皮701的外模线703距离706处。

[0065] 图13示出了结构系统700的示例,包括弹性重心705在桁条100中位置的指示。当如上所论述板层从桁条100终止时,随着距离705减少,质量的减少可引起弹性重心705向下漂移。因此,这可引起沿桁条100的轴向方向601抵抗的弯矩作用于结构系统700内的不同位置处。这进而在结构系统700上生成内部载荷,这可为不期望的。因此,可增加层压板蒙皮701的厚度704以抵消桁条100的高度604的减少。

[0066] 然而,由于如上所论述,桁条100通常具有比层压板蒙皮701更大的刚度,因此以足以补偿桁条100的结束的速率增加层压板蒙皮701的厚度704是不可能的。因此,在一些实施例中,方法800包括将结构填充材料708铺设在层压板蒙皮701的内表面702上并且在桁条100的高度604减少的位置处与桁条100相邻。结构填充材料708可平衡桁条100的结束,使得从外模线703到弹性重心705的距离706沿桁条100的轴向方向601近似恒定。以这种方式,结构系统700可最小化如果弯矩沿结构系统700中的不同点作用于弹性重心的不同位置处可生成的内部载荷。

[0067] 进一步地,本公开包括根据以下条款的实施例:

[0068] 1. 一种用于飞行器中的实心层压板桁条(100),桁条(100)包括:

[0069] 包括第一多个增强材料板层(102)的基部段(101),其中基部段(101)形成具有侧边(103)的第一大致梯形横截面,该侧边(103)相对于基部段(101)的第一堆叠板层(105)具有第一倾斜角度(104);

[0070] 邻接基部段(101)的过渡段(201),过渡段(201)包括第二多个增强材料板层(202),其中过渡段(201)形成具有与基部段(101)的侧边(103)连续的凹侧边(203)的横截面;

[0071] 邻接过渡段的顶部段(301),顶部段(301)包括第三多个增强材料板层(302),其中顶部段(301)形成具有与过渡段(201)的凹侧边(203)连续的侧边(303)的第二大致梯形横截面,并且其中侧边(303)相对于基部段(101)的第一堆叠板层(105)具有大于第一倾斜角度(104)的第二倾斜角度(304);

[0072] 包括至少一个增强材料板层(402)的第一外包装层(401),其中第一外包装层(401)覆盖顶部段(301)、过渡段(201)和至少一部分基部段(101);以及

[0073] 包括至少一个增强材料板层(502)的第二外包装层(501),其中第二外包装层(501)与覆盖基部段(101)的第一外包装层(401)的至少一部分重叠。

[0074] 2. 根据条款1所述的实心层压板桁条(100),其中相对于桁条(100)的轴向方向

(601) 以在大约15到25度之间以及大约-15到-25度之间的范围内的一个或多个角度布置第一外包装层(401)的至少一个增强材料板层(402)。

[0075] 3. 根据条款1或条款2所述的实心层压板桁条(100)，其中顶部段(301)包括顶部表面(305)，顶部表面(305)以具有至少约0.15英寸的半径的凸弧(306)连接顶部段(301)的每个侧边(303)。

[0076] 4. 根据任一前述条款所述的实心层压板桁条(100)，其中过渡段(201)的凹侧边(203)包括具有至少约0.25英寸的半径的一个或多个弧，并且其中第二多个增强材料板层(202)包括相对于桁条(100)的轴向方向(601)以在大约25到35度之间以及大约-25到-35度之间的范围内的角度，或以包括0度、45度、-45度和90度的角度布置的板层，其中大约42%至48%的第二多个增强材料板层(202)以0度布置。

[0077] 5. 根据任一前述条款所述的实心层压板桁条(100)，其中顶部段(301)的第二倾斜角度(304)在大约60-75度之间的范围内，并且其中第三多个增强材料板层(302)包括相对于桁条(100)的轴向方向(601)以在大约20到25度之间以及大约-20到-25之间的范围内的角度，或以包括10度、-10度、60度和-60度的角度，或以包括0度、45度、-45度和90度的角度布置的板层，其中大约45%至60%的第三多个增强材料板层(302)以0度布置。

[0078] 6. 根据任一前述条款所述的实心层压板桁条(100)，其中基部段(101)的第一倾斜角度(104)在大约10到15度之间的范围内，并且其中第一多个增强材料板层(102)包括相对于桁条(100)的轴向方向(601)以包括0度、45度、-45度和90度的角度布置的板层，其中大约38%至44%的第一多个增强材料板层(102)以0度布置。

[0079] 7. 根据条款6所述的实心层压板桁条(100)，其中顶部段(301)进一步包括邻接第三多个增强材料板层(302)的盖装料(307)，其中盖装料(307)包括第四多个增强材料板层(308)，其中相对于桁条(100)的轴向方向(601)以与第一多个增强材料板层(102)的角度基本上相同的角度布置第四多个增强材料板层(308)。

[0080] 8. 根据条款7所述的实心层压板桁条(100)，其中第一多个板层、第二多个板层、第三多个板层和第四多个板层相对于桁条(100)的轴向方向(601)的布置关于在基部段(101)和盖装料(307)之间的对称线(602)近似对称，其中多个终止板层(603)在桁条(100)的轴向方向(601)上，近似地在对称线(602)处相继地终止，使得桁条(100)的高度(604)沿桁条(100)的轴向方向(601)减少。

[0081] 9. 一种用于制造结构系统(700)的实心层压板桁条(100)的方法(800)，该方法(800)包括：

[0082] 将桁条(100)的基部段(101)铺设到表面(707)上，其中铺设基部段(101)包括堆叠第一多个增强材料板层(102)，使得基部段(101)形成具有侧边(103)的第一大致梯形横截面，该侧边(103)相对于表面(707)具有第一倾斜角度(104)；

[0083] 铺设邻接基部段(101)的桁条(100)的过渡段(201)，其中铺设过渡段(201)包括堆叠第二多个增强材料板层(202)，使得过渡段(201)形成具有与基部段(101)的侧边(103)连续的凹侧边(203)的横截面；

[0084] 铺设邻接过渡段(201)的桁条(100)的顶部段(301)，其中铺设顶部段(301)包括堆叠第三多个增强材料板层(302)，使得顶部段(301)形成具有侧边(303)的与过渡段(201)连续的第二大致梯形横截面，该侧边(303)相对于表面(707)具有大于第一倾斜角度(104)的

第二倾斜角度(304)；

[0085] 铺设第一外包装层(401)，其中铺设第一外包装层(401)包括将至少一个增强材料板层(402)堆叠在顶部段(301)、过渡段(201)以及至少一部分基部段(101)上方；

[0086] 铺设第二外包装层(501)，其中铺设第二外包装层(501)包括堆叠至少一个增强材料板层(502)，使得第二外包装层(501)与覆盖基部段(101)的第一外包装层(401)的至少一部分重叠，并且使得第二外包装层(501)覆盖与基部段(101)相邻的表面(707)的至少一部分；以及

[0087] 同时固化基部段(101)、过渡段(201)、顶部段(301)、第一外包装层(401)以及第二外包装层(501)。

[0088] 10.根据条款9所述的方法(800)，其中铺设过渡段(201)进一步包括：

[0089] 堆叠第二多个增强材料板层(202)，使得过渡段(201)的凹侧边(203)包括具有至少约0.25英寸的半径的一个或多个弧；以及

[0090] 相对于桁条(100)的轴向方向(601)以在大约25到35度之间以及大约-25到-35度之间的范围内的角度、45度、-45度和90度的角度布置第二多个增强材料板层(202)，其中大约42%至48%的第二多个增强材料板层(202)以0度布置。

[0091] 11.根据条款9或条款10所述的方法(800)，其中铺设顶部段(301)进一步包括：

[0092] 堆叠第三多个增强材料板层(302)使得顶部段(301)的第二倾斜角度(304)在大约60-75度之间的范围内；以及

[0093] 相对于桁条(100)的轴向方向(601)以在大约20到25度之间以及大约-20到-25度之间的范围内的角度，或以包括10度、-10度、60度和-60度的角度或以包括0度、45度、-45度和90度的角度布置第三多个增强材料板层(302)，其中大约45%至60%的第三多个增强材料板层(302)以0度布置。

[0094] 12.根据条款9至条款11中任一项所述的方法(800)，其中铺设基部段(101)进一步包括：

[0095] 堆叠第一多个增强材料板层(102)使得基部段(101)的第一倾斜角度(104)在大约10-15度之间的范围内；以及

[0096] 相对于桁条(100)的轴向方向(601)以包括0度、45度、-45度和90度的角度布置第一多个增强材料板层(102)，其中大约38%至44%的第一多个增强材料板层(102)以0度布置。

[0097] 13.根据条款9至条款12中任一项所述的方法(800)，其中表面(707)为飞行器部件的层压板蒙皮(701)的内表面(702)，其中该方法(800)进一步包括：

[0098] 在铺设桁条(100)的基部段(101)之前，铺设飞行器部件的层压板蒙皮(701)，其中同时固化基部段(101)、过渡段(201)、顶部段(301)、第一外包装层(401)，以及第二外包装层(501)进一步包括同时固化飞行器部件的层压板蒙皮(701)。

[0099] 14.根据条款13所述的方法(800)，其中铺设桁条(100)的顶部段(301)进一步包括铺设邻接第三多个增强材料板层(302)的盖装料(307)，其中铺设盖装料(307)包括以相对于桁条(100)的轴向方向(601)的布置堆叠第四多个增强材料板层(308)，该布置与第一多个增强材料板层(102)相对于桁条(100)的轴向方向(601)的布置基本上相同，并且使得第一多个板层、第二多个板层、第三多个板层和第四多个板层相对于桁条(100)的轴向方向

(601)的布置关于在基部段(101)和盖装料(307)之间的对称线(602)近似对称。

[0100] 15.根据条款14所述的方法(800),进一步包括:

[0101] 在桁条(100)的轴向方向(601)上相继地终止多个终止板层(603),其中每个相继的终止板层终止于距离桁条(100)的结束端(605)更短的轴向距离,并且其中在多个终止板层(603)中的每个终止板层近似地在对称线(602)处终止,使得桁条(100)的高度(604)沿轴向方向(601)减少;以及

[0102] 随着桁条(100)的高度(604)减少,沿桁条(100)的轴向方向(601)增加层压板蒙皮(701)的厚度(704);

[0103] 16.根据条款15所述的方法(800),其中层压板蒙皮(701)包括外模线(703),并且其中结构系统(700)包括位于距离层压板蒙皮(701)的外模线(703)距离(706)处的弹性重心(705),并且其中该方法(800)进一步包括:

[0104] 在层压板蒙皮(701)的内表面(702)上并且在桁条(100)的高度(604)减少的位置与桁条(100)相邻铺设结构填充材料(708),使得从外模线(703)到弹性重心(705)的距离(706)沿桁条(100)的轴向方向(601)近似恒定。

[0105] 17.一种结构系统(700),包括:

[0106] 飞行器部件的层压板蒙皮(701),其中层压板蒙皮(701)包括内表面(702);

[0107] 实心层压板桁条(100),实心层压板桁条(100)定位在层压板蒙皮(701)的内表面(702)上,实心层压板桁条(100)包括:

[0108] 包括第一多个增强材料板层(102)的基部段(101),其中基部段(101)形成具有侧边(103)的第一大致梯形横截面,该侧边(103)相对于层压板蒙皮(701)的内表面(702)具有第一倾斜角度(104);

[0109] 邻接基部段(101)的过渡段(201),过渡段(201)包括第二多个增强材料板层(202),其中过渡段(201)形成具有与基部段(101)的侧边(103)连续的凹侧边(203)的横截面;

[0110] 邻接过渡段(201)的顶部段(301),顶部段(301)包括第三多个增强材料板层(302),其中顶部段(301)形成具有与过渡段(201)的凹侧边(203)连续的侧边(303)的第二大致梯形横截面,并且其中该侧边(303)相对于层压板蒙皮(701)的内表面(702)具有大于第一倾斜角度(104)的第二倾斜角度(304);

[0111] 包括至少一个增强材料板层(402)的第一外包装层(401),其中第一外包装层(401)覆盖顶部段(301)、过渡段(201)以及至少一部分基部段(101);以及

[0112] 包括至少一个增强材料板层(502)的第二外包装层(501),其中第二外包装层(501)与覆盖基部段(101)的第一外包装层(401)的至少一部分重叠,并且其中第二外包装层(501)进一步覆盖与基部段(101)相邻的层压板蒙皮(701)的内表面(702)的至少一部分。

[0113] 18.根据条款17所述的结构系统(700),其中顶部段(301)进一步包括邻接第三多个增强材料板层(302)的盖装料(307),其中盖装料(307)包括第四多个增强材料板层(308),其中第四多个增强材料板层(308)包括相对于桁条(100)的轴向方向(601)的布置,该布置与第一多个增强材料板层(102)相对于桁条(100)的轴向方向(601)的布置基本上相同。

[0114] 19.根据条款18所述的结构系统(700),其中第一多个板层、第二多个板层、第三多

个板层和第四多个板层相对于桁条(100)的轴向方向(601)的布置关于在基部段(101)和盖装料(307)之间的对称线(602)近似对称,其中多个终止板层(603)在桁条(100)的轴向方向(601)上,近似地在对称线(602)处相继地终止,使得桁条(100)的高度(604)沿桁条(100)的轴向方向(601)减少,并且其中层压板蒙皮(701)的厚度(704)沿桁条(100)的轴向方向(601)并发地增加。

[0115] 20.根据条款19所述的结构系统(700),其中层压板蒙皮(701)包括外模线(703),并且其中结构系统(700)包括位于距离层压板蒙皮(701)的外模线(703)距离(706)处的弹性重心(705),其中结构系统(700)进一步包括:

[0116] 结构填充材料(708),结构填充材料(708)定位在层压板蒙皮(701)的内表面(702)上并且在桁条(100)的高度(604)减少的位置处与桁条(100)相邻,使得从外模线(703)到弹性重心(705)的距离(706)沿桁条(100)的轴向方向(601)近似恒定。

[0117] 为了说明和描述的目的呈现了不同的有利布置的描述,并且这些描述不旨在为穷举或受限于所公开形式的示例。许多修改和变化将对本领域技术人员显而易见。进一步地,与其它有利示例相比,不同的有利示例可描述不同优点。选择并且描述所选的示例或多个示例以便解释示例的原理、实际应用,并且使得本领域其它普通技术人员能够理解针对具有适于特定的预期用途的各种修改的各种示例的公开内容。

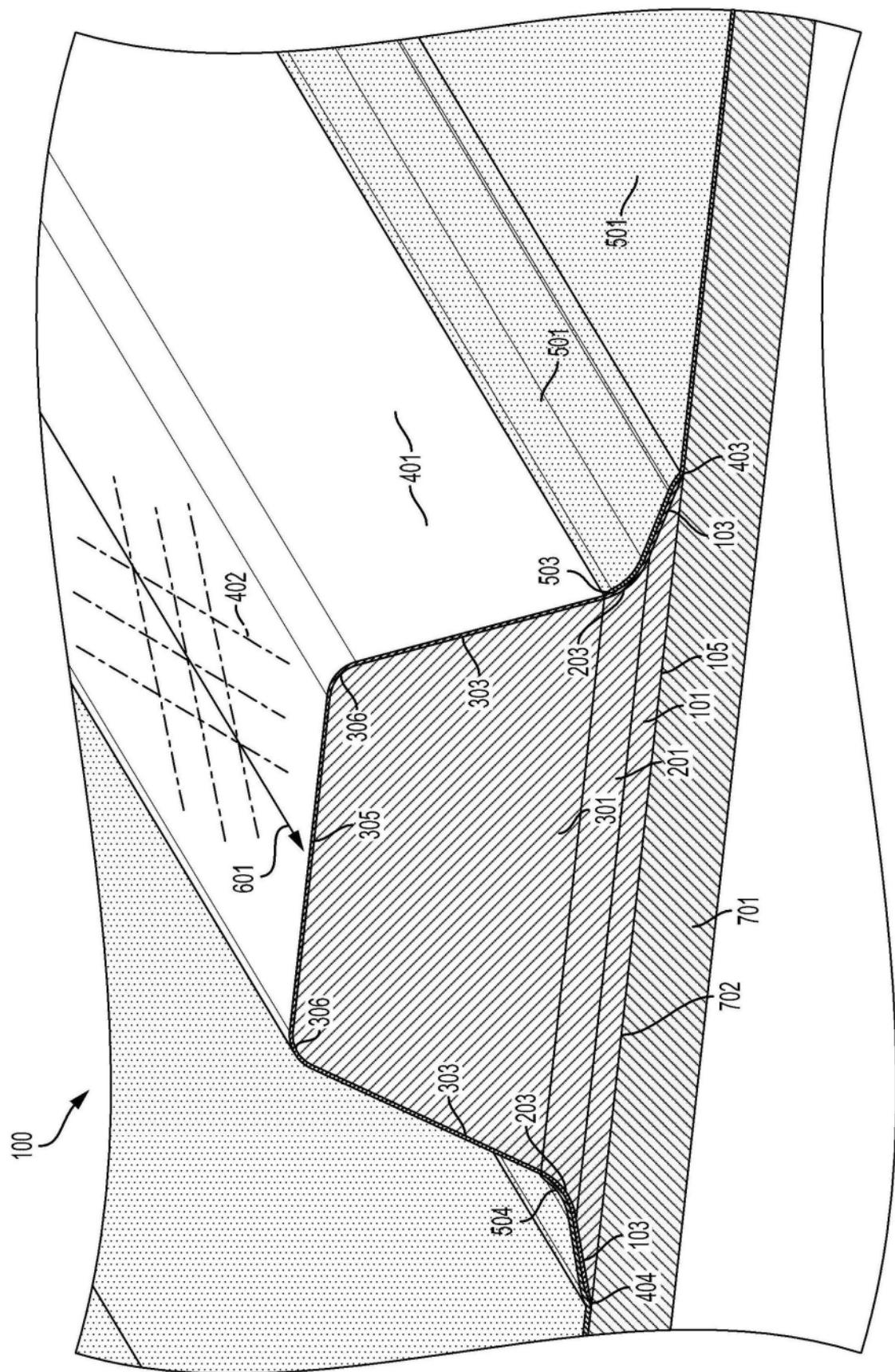


图1

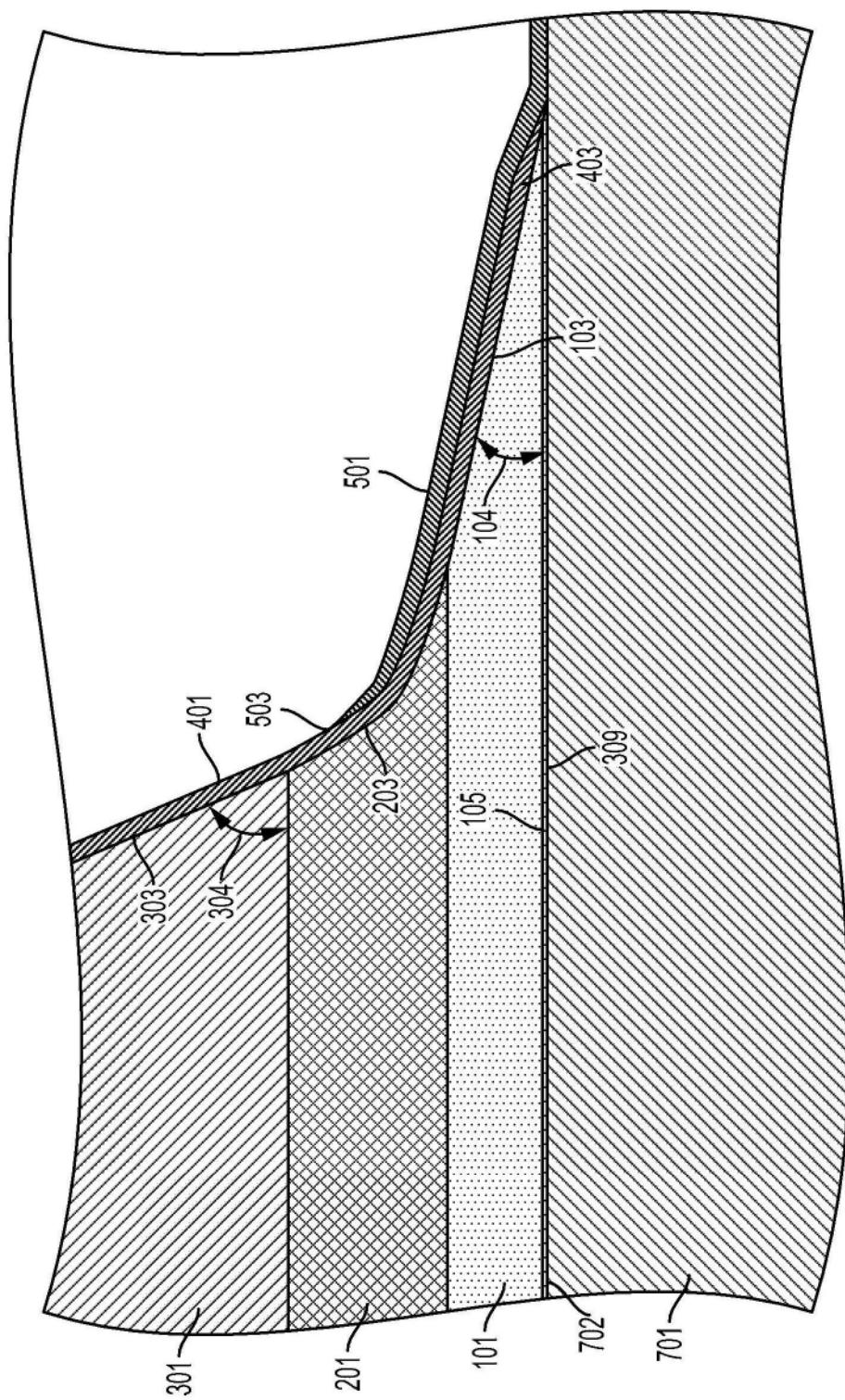


图2

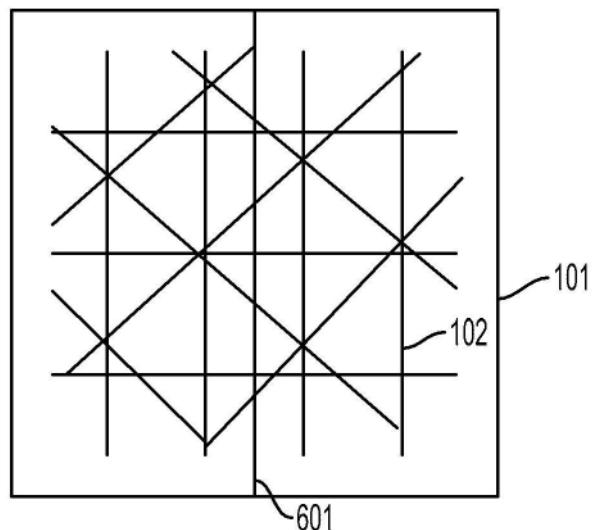


图3

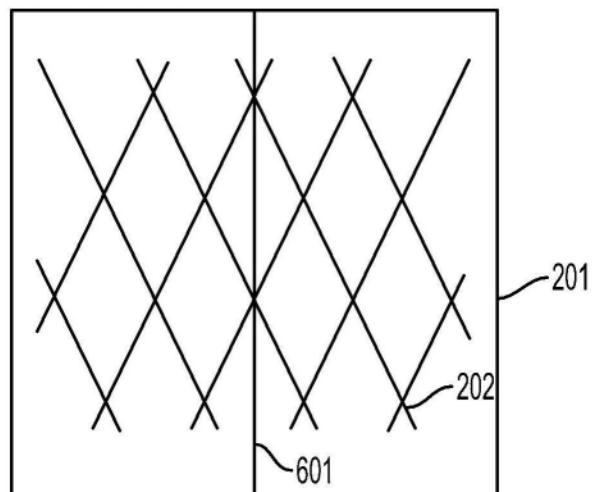


图4

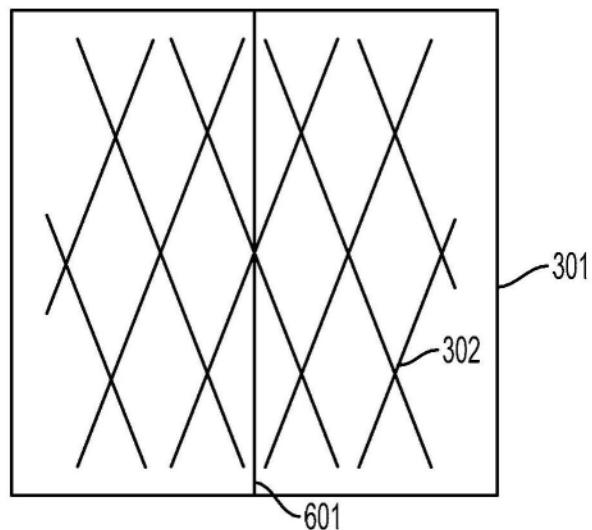


图5

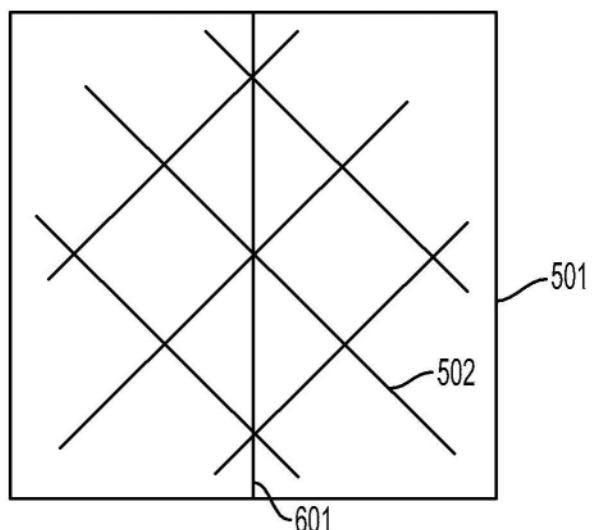


图6

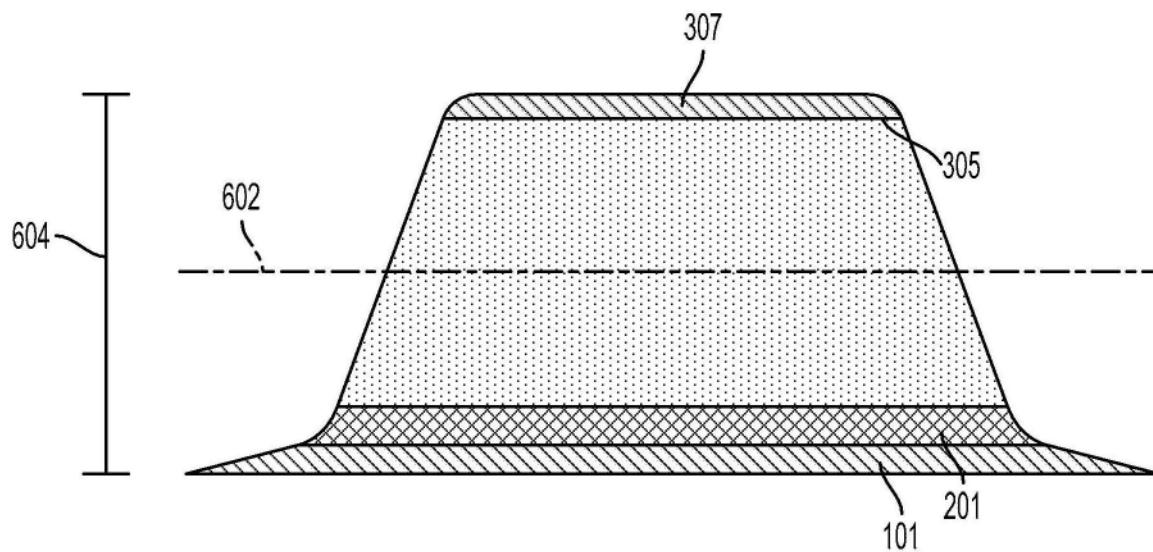


图7

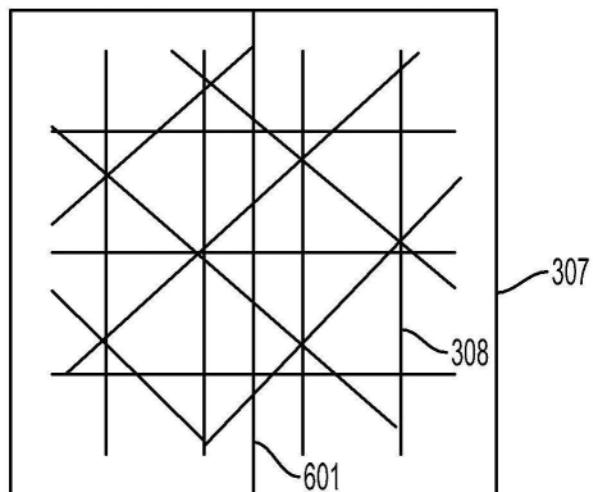


图8

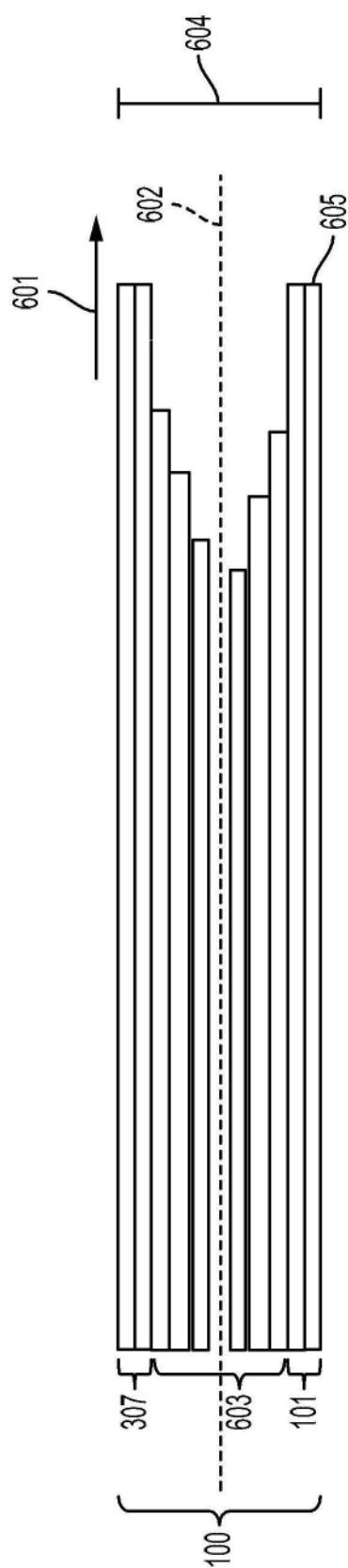


图9

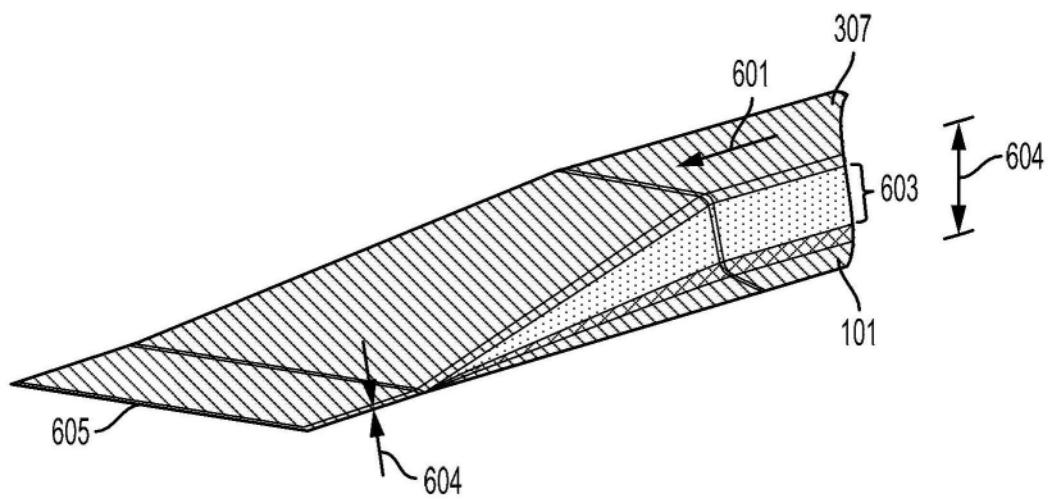


图10

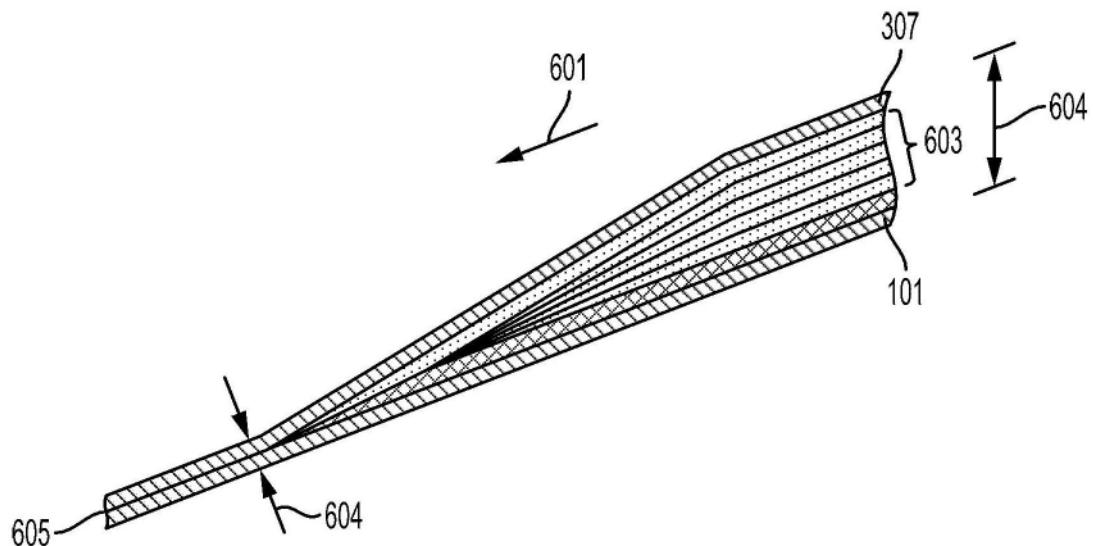


图11

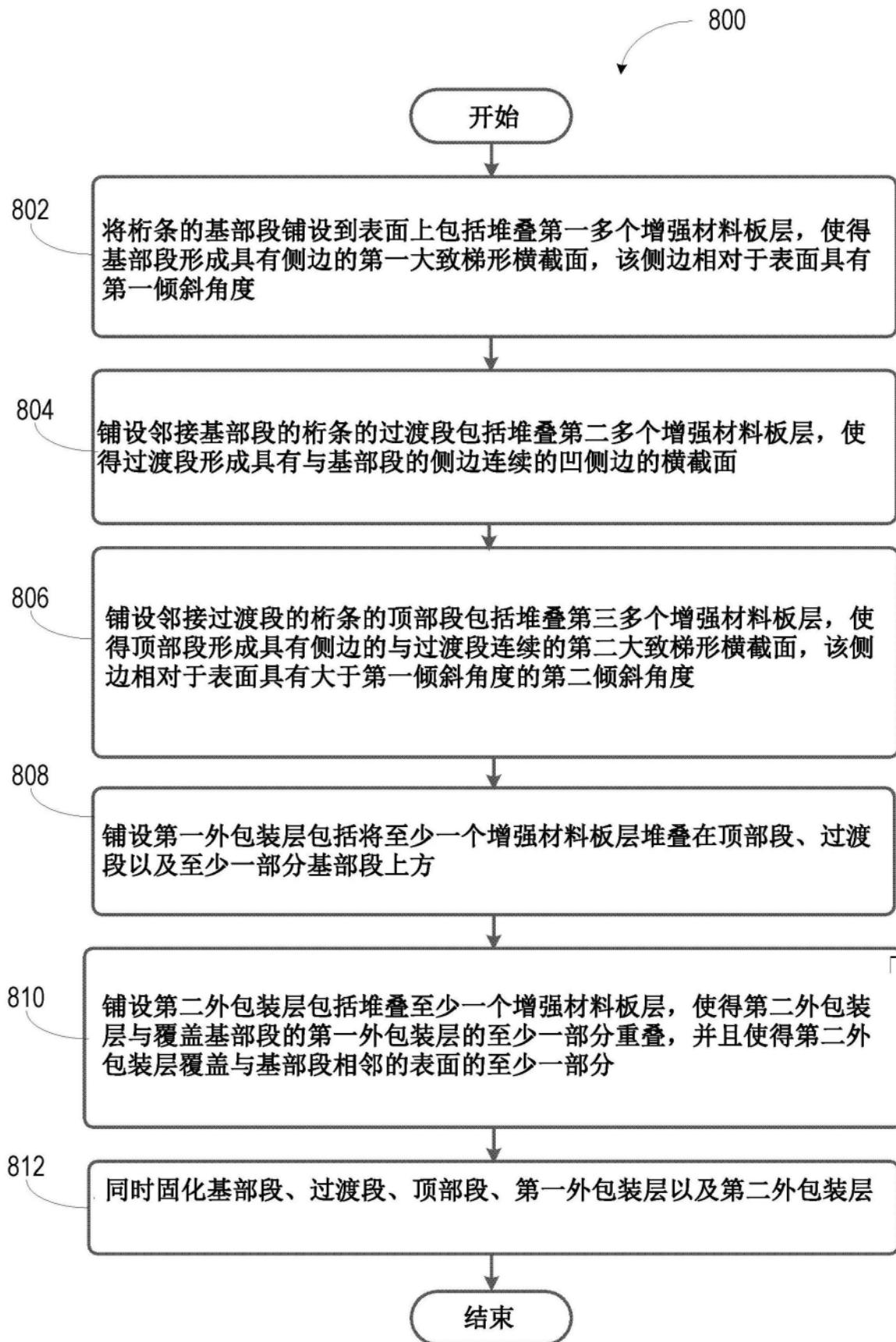


图12

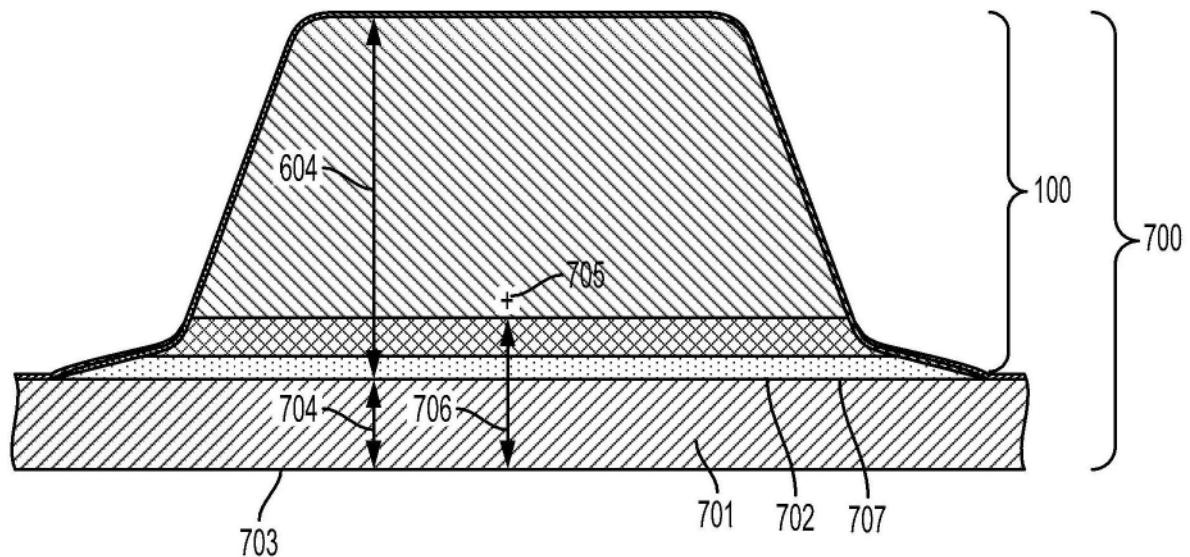


图13

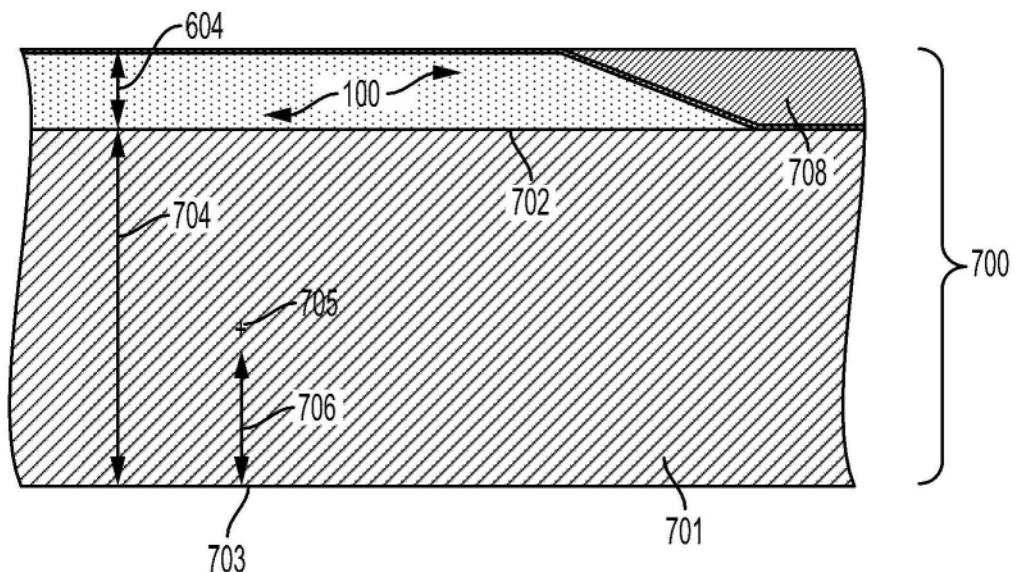


图14