

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

E04C 3/02 (2006.01)

E04C 3/30 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680016475.3

[43] 公开日 2008 年 7 月 30 日

[11] 公开号 CN 101233286A

[22] 申请日 2006.3.16

[21] 申请号 200680016475.3

[30] 优先权

[32] 2005.3.17 [33] US [31] 60/663,392

[86] 国际申请 PCT/US2006/009729 2006.3.16

[87] 国际公布 WO2006/102089 英 2006.9.28

[85] 进入国家阶段日期 2007.11.13

[71] 申请人 奥里加米工业股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 马克斯·W·德尼

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 何秀明 王景刚

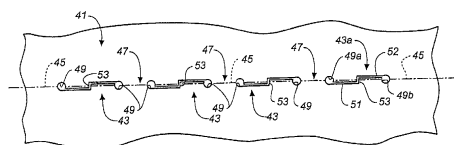
权利要求书 5 页 说明书 55 页 附图 51 页

[54] 发明名称

精确折叠、高强度、耐疲劳的结构以及其板材

[57] 摘要

公开了一种精确折叠、高强度、耐疲劳的结构和用于该结构的板。为了形成该结构，公开了用于沿弯曲线精确弯曲材料板的方法以及形成有弯曲线确定结构例如狭槽或槽的材料板。该方法包括的步骤是设计和然后分别形成沿轴向间隔开关系穿过材料板而纵向延伸的狭槽或槽，以便当沿弯曲线弯曲时使板产生精确弯曲。弯曲线有增加强度和耐疲劳性的结构和方位，且最优选是，狭槽或圆弧用于使边缘与在狭槽或圆弧的相对侧的板材面啮合和支承在该面上。边缘对表面接触产生沿虚拟支点位置弯曲，该虚拟支点相对于弯曲线交叠。多个狭槽实施例适合产生边缘对表面啮合支承和精确弯曲。通过这些教导，能够由二维板形成多个三维负载支承结构。还公开了直线形和曲线形的梁、底盘和外构架的实例。



1. 一种用于形成三维结构构件的材料板，所述板包括：

具有多个形成于其中的弯曲条确定结构的材料板，该条确定结构定位成确定多个弯曲线，每个弯曲线有确定弯曲条的相邻条确定结构，该弯曲条有定向和定位成横过弯曲线延伸的纵向条轴线，且该条确定结构设置和定位成使材料板产生沿弯曲线的弯曲，

其中，沿折叠线弯曲该板产生至少两个不平行的结构元件。

2. 根据权利要求 1 所述的材料板，其中，所述至少一个弯曲线是具有非线性部分的弯曲曲线。

3. 根据权利要求 1 所述的材料板，其中，所述板的至少一部分周边为曲线。

4. 根据权利要求 1 所述的材料板，其中，所述条确定结构是穿过材料板延伸形成的狭槽。

5. 根据权利要求 4 所述的材料板，其中，所述狭槽有切口尺寸和交错距离，其造成狭槽相对侧的材料板在材料板的弯曲过程中边缘对表面啮合。

6. 根据权利要求 1 所述的材料板，其中，所述条确定结构是形成的槽，其延伸深度不穿过材料板。

7. 根据权利要求 1 所述的材料板，其中，所述在材料板沿弯曲线弯曲时，多个弯曲线的构形和尺寸设置成形成外构架结构。

8. 根据权利要求 7 所述的材料板，其中，所述外构架结构为底盘。

9. 根据权利要求 1 所述的材料板，其中，所述多个弯曲线定位成使结构元件的构形和尺寸在材料板弯曲时形成曲线形槽道。

10. 根据权利要求 1 所述的材料板，其中，所述至少一个弯曲线的构形和尺寸在材料板弯曲时形成开口结构。

11. 根据权利要求 10 所述的材料板，其中，在材料板弯曲时形成的开口结构有由沿一个弯曲线弯曲的 L 形截面。

12. 根据权利要求 10 所述的材料板，其中，所述在材料板弯曲时形成的开口结构有由沿两个弯曲线弯曲的槽道形截面。

13. 根据权利要求 10 所述的材料板，其中，

所述板包括四个弯曲线；以及

在材料板弯曲时形成的开口结构有由沿四个弯曲线弯曲的“顶帽”横截面。

14. 根据权利要求 10 所述的材料板, 其中, 所述多个弯曲线的构形和尺寸在材料板弯曲时形成弯曲槽道。

15. 根据权利要求 1 所述的材料板, 其中, 所述多个弯曲线的构形和尺寸在材料板弯曲时形成空心封闭结构。

16. 根据权利要求 1 所述的材料板, 其中, 所述多个弯曲线的构形和尺寸在材料板弯曲时形成空心曲线形梁。

17. 根据权利要求 1 所述的材料板, 其中, 所述材料板还形成有沿多个弯曲线的多个安装凸片。

18. 根据权利要求 16 所述的材料板, 其中, 所述安装凸片中包括紧固件接收开口。

19. 根据权利要求 16 所述的材料板, 其中, 所述安装凸片形成为穿过布置在第二材料板中的安装狭槽延伸, 以便将第二材料板固定在第一材料板上。

20. 根据权利要求 16 所述的材料板, 其中, 所述三维结构是骨架框架。

21. 根据权利要求 20 所述的材料板, 其中, 所述骨架框架是底盘。

22. 根据权利要求 1 所述的材料板, 其中, 所述多个弯曲线基本彼此平行和等间距间隔开, 且材料板弯曲成“之”字形横截面; 以及

两个基本平面的材料板固定在材料板的相对侧, 以便提供板的波纹形组件。

23. 一种空心梁, 包括:

用于沿多个第一板弯曲线弯曲形成的第一材料板, 该第一材料板形成有定位在各第一板弯曲线附近的多个弯曲条确定结构, 该弯曲条确定结构设置成可产生弯曲, 且第一材料板沿第一板弯曲线弯曲; 以及

固定在第一材料板上的第二材料板, 以便形成具有连续侧壁的弯曲空心梁。

24. 根据权利要求 23 所述的空心梁, 其中, 所述弯曲线是具有非线性部分的弯曲曲线, 第一材料板沿第一板弯曲曲线弯曲, 以便产生开口、曲线形槽道。

25. 根据权利要求 24 所述的空心梁, 其中, 所述第一材料板沿第一板

弯曲曲线弯曲，以便与凸缘部分产生开口、曲线形槽道。

26. 根据权利要求 24 所述的空心梁，其中，所述槽道的横截面收敛。

27. 根据权利要求 24 所述的空心梁，其中，所述槽道的横截面收敛和发散。

28. 根据权利要求 23 所述的空心梁，其中，所述多个弯曲条确定结构是穿过的多个狭槽；第二板形成为沿多个第二板弯曲线弯曲，第二材料板形成有多个位于每个第二板弯曲线附近的穿过的狭槽，狭槽设置成产生弯曲，且第二材料板沿第二板弯曲线弯曲。

29. 根据权利要求 28 所述的空心梁，其中，所述在第一材料板中的狭槽和第二材料板中的狭槽设置成在弯曲过程中产生在狭槽相对侧的材料的边缘对表面啮合。

30. 根据权利要求 29 所述的空心梁，其中，所述在第一材料板中的狭槽和第二材料板中的狭槽为弓形。

31. 根据权利要求 23 所述的空心梁，其中，所述第一材料板和第二材料板设置和固定在一起，以便形成曲线形空心梁。

32. 根据权利要求 28 所述的空心梁，其中，

第一材料板形成有狭槽，该狭槽定位成沿一对基本平行的第一板弯曲线的相对侧延伸；

第二材料板形成有狭槽，该狭槽定位成沿一对基本平行的第二板弯曲线的相对侧延伸。

33. 根据权利要求 32 所述的空心梁，其中，

第一材料板包括多个凹槽，这些凹槽从第一材料板的相对边缘向内延伸至接近该对第一板弯曲线的位置；以及

第二材料板包括多个凹槽，这些凹槽从第二材料板的相对边缘向内延伸至接近该对第二板弯曲线的位置。

34. 根据权利要求 33 所述的空心梁，其中，所述第一材料板和第二材料板的每一个弯曲成有 U 形横截面，并固定在一起以便形成四侧边空心箱梁。

35. 根据权利要求 32 所述的空心梁，其中，所述第一材料板和第二材料板弯曲成纵向沿弯曲线的曲线形，并固定在一起以便形成曲线形四侧边空心箱梁。

36. 根据权利要求 35 所述的空心梁, 其中,
在第一材料板和第二材料板中的凹槽为饼形; 以及
第一材料板和第二材料板通过多个紧固件固定在一起。

37. 一种外构架框架, 包括:

用于沿多个弯曲线弯曲而形成的单个材料板, 材料板形成有多个位于每个弯曲线附近的弯曲条确定结构, 弯曲条确定结构设置成产生弯曲, 材料板沿弯曲线弯曲以便产生结构部件的框架。

38. 根据权利要求 37 所述的外构架框架, 其中, 所述材料板沿弯曲线弯曲成过渡的、可堆垛形式。

39. 根据权利要求 37 所述的外构架框架, 其中, 所述框架是结构部件的封闭框架。

40. 根据权利要求 39 所述的外构架框架, 其中, 所述结构部件是线性结构部件。

41. 根据权利要求 37 所述的外构架框架, 其中, 所述材料板包括压制区域。

42. 根据权利要求 37 所述的外构架框架, 其中, 所述框架是具有阶梯形截面的底盘。

43. 根据权利要求 37 所述的外构架框架, 其中, 所述框架是底盘, 且弯曲条确定结构是狭槽, 该底盘还包括:

固定在板上的至少一个部件; 以及
沿弯曲线弯曲的板, 以至少部分封闭该板。

44. 根据权利要求 37 所述的外构架框架, 其中, 所述材料板包括沿多个弯曲线的多个安装凸片。

45. 根据权利要求 44 所述的外构架框架, 其中, 所述安装凸片包括其中的至少一个紧固件接收开口。

46. 根据权利要求 45 所述的外构架框架, 其中, 所述安装凸片形成为交织, 这样至少两个紧固件接收开口对齐。

47. 根据权利要求 44 所述的外构架框架, 其中, 所述安装凸片包括压制区域。

48. 根据权利要求 37 所述的外构架框架, 其中, 所述框架包括具有不同弯曲和扭转刚度的结构部件。

49. 根据权利要求 37 所述的外构架框架, 其中, 所述结构部件有从以下组中选择的横截面: L 形、开口矩形槽道形、以及封闭矩形形状。

50. 根据权利要求 37 所述的外构架框架, 其中, 所述弯曲线是弯曲曲线, 且结构部件共用板的至少一个公共连接区域。

51. 根据权利要求 50 所述的外构架框架, 其中, 所述材料板被弯曲, 这样当材料板沿弯曲曲线弯曲时, 结构部件弯曲并延伸至板的初始平面之外。

52. 根据权利要求 50 所述的外构架框架, 其中, 所述单个板包括位于弯曲曲线附近并与该弯曲曲线对齐的至少一个增强肋。

53. 根据权利要求 52 所述的外构架框架, 其中, 所述至少一个增强肋通过压制该板形成, 以便改变板的局部横截面。

54. 根据权利要求 50 所述的外构架框架, 其中, 所述单个板包括沿至少一个弯曲曲线布置的多个指状物凸片, 以便适应板变形。

55. 根据权利要求 54 所述的外构架框架, 其中, 所述至少一个指状物凸片包括穿过的开口。

56. 根据权利要求 54 所述的外构架框架, 其中, 所述至少一个指状物凸片包括曲线形部分。

57. 根据权利要求 56 所述的外构架框架, 其中, 所述该曲线形部分是在指状物凸片的远端。

58. 根据权利要求 55 所述的外构架框架, 其中, 所述至少一个指状物凸片包括一对增强肋, 该增强肋定向成使得它们的相应纵向轴线交叉。

59. 根据权利要求 54 所述的外构架框架, 其中, 所述至少一个指状物凸片包括一对增强肋, 该增强肋定向成使得它们的相应纵向轴线交叉。

精确折叠、高强度、耐疲劳的结构以及其板材

技术领域

本发明一般涉及材料板的设计和精确折叠以及由该材料板结构的制造。特别是,本发明涉及一种设计、制备和制造的方法,包括但不限于制备板材的方法,以便能够精确折叠,本发明还涉及该方法的使用,用于高强度、耐疲劳的结构或组件的快速二维至三维的折叠。

背景技术

本申请是美国专利申请 No.10/672766 申请日为 2003 年 9 月 26 日,名称为 TECHNIQUES FOR DESIGNING AND MANUFACTURING PRECISION-FOLDED, HIGH STRENGTH RESISTANT STRUCTURES AND SHEET THEREFOR 的部分继续申请,该美国专利申请 No.10/672766 是美国专利申请 No.10/256870 申请日为 2002 年 9 月 26 日,名称为 METHOD FOR PRECISION BENDING OF SHEET OF MATERIALS, SLIT SHEETS FABRICATION PROCESS 的部分继续申请,该美国专利申请 No.10/256870 是美国专利申请 No.09/640267 申请日为 2000 年 8 月 17 日,名称为 METHOD FOR PRECISION BENDING OF A SHEET OF MATERIALS AND SLIT SHEETS THEREFOR, 目前为美国专利 No.6481259B1 的部分继续申请。上述所有申请全部被本文参引。

本申请还要求美国临时专利申请 No.60/663392 的优先权,该美国临时专利申请的申日为 2005 年 3 月 17 日,名称为 PRECISION-FOLDED, HIGH STRENGTH, FATIGUE-RESISTANT STRUCTURES AND SHEET THEREFOR, 该文献的整个内容被本文参引。

在用弯曲的板材连接时通常遇到的问题是弯曲的位置很难控制,因为弯曲公差变化和公差误差的积累。例如,在形成用于电子设备的壳体时,板材在特定公差内沿第一弯曲线弯曲。然而,第二弯曲常常根据第一弯曲来定位,因此公差误差将积累。由于产生用于电子部件的底盘或外壳可能包括三个或

更多弯曲,因此,在弯曲时积累的公差误差的效果可能很明显。而且,可达到的公差在很大程度上取决于弯曲设备和它的工具以及操作人员的技巧。

解决该问题的一种方法是通过使用狭槽或槽来控制板材中的弯曲位置。狭槽和槽可以非常精确地形成于板坯中,例如通过使用计算机数控(CNC)装置,该计算机数控装置控制狭槽或槽的形成装置,例如激光器、喷水口、冲压压机、刀或其它工具。

参考图 1,图中表示了材料板 21,该材料板 21 有首尾对齐的多个狭槽或槽 23,这些狭槽或槽 23 沿设置的弯曲线 25 相互间隔开。在一对纵向相邻的狭槽或槽之间是弯曲腹板、齿槽键或条 27,它们将在板 21 弯曲时塑性变形。腹板 27 使得板一起保持为单个部件。当采用并不穿透板 21 的槽时,材料板也通过在各槽后面的腹板材料而保持在一起。

槽或狭槽 23 在板 21 中的位置可以精确控制,以便以相对较小的公差来将槽或狭槽定位在弯曲线 25 上。因此,当板 21 在开槽或开狭槽工序后进行弯曲时,在非常接近弯曲线 25 的位置处产生弯曲。因为狭槽可以精确地布置在材料平板上,因此,在各随后的弯曲由参考在前弯曲而定位的情况下,与通过压弯机形成弯曲的情况相比,在该弯曲工序中的积累误差小得多。

然而,即使基于开槽或基于开狭槽,板材的弯曲也有它的问题。首先,由于腹板的塑性变形和在腹板 27 两端开狭槽,在弯曲腹板或条 27 中的应力很大且集中。为了开槽,在槽的后面或背侧的材料应力也很大和非常集中。因此,在腹板 27 处和/或槽 23 后面可能产生疲劳。而且,槽或狭槽并不会使腹板 27 必然产生直接沿弯曲线 25 的弯曲,且开槽工序较慢和不一致,特别是当铣削或点切割 V 形槽时。因此,开槽并不能广泛和经济地使用。

如图 1A 和 1B 中所示,当板 21 有狭槽如图中 23a 所示和/或有槽如图中 23b 所示时,弯曲腹板 27a 和 27b 将产生塑性变形,并有残余应力。当然,对于狭槽 23a,材料必须沿狭槽的长度完全除去或切除。对于 V 形槽 23b,在槽 23b 和弯曲的凸形外侧之间将有薄腹板 29,但是它也将产生塑性变形和有很高应力。V 形槽的弯曲通常沿使得槽关闭的方向,因而侧表面靠拢,如图 1B 中所示。图 1A 和 1B 的弯曲结构的负载有垂直力 F_V 和/或水平力 F_H 将使得弯头处于相当大的应力下,并将削弱狭槽和/或槽以及使条或腹板 27a、27b 以及薄腹板 29 塑性变形。与当使用无狭槽或无槽弯曲工序时相比,结构将在较低力的水平下产生失效。

现有技术中还采用了使板开槽以便于弯曲的另一方案。然而,用于产生弯曲的该开槽技术主要设计成产生视觉或用于雕塑用途的装饰效果。该视觉效果称为“缝合(stitching)”,且弯曲自身通过梁来进行结构增强。这种缝合雕塑至少在 1998 年就在纽约现代艺术博物馆中展览,且板开槽技术在公开美国专利申请 US2002/0184936A1 中介绍,其公开日为 2002 年 12 月 12 日(“Gitlin 等申请”)。该雕塑还在 Contemporaty World Architects 的、名称为“Office dA”的出版物 pp. 15, 20-35, 2000 中表示和介绍。图 2、2A 和 2B 表示了使用缝合技术的一个实例。

图 2 中表示了 Office dA 或 Gitlin 等申请的一个实施例。多个狭槽 31 形成于板材 32 中。狭槽 31 为线性,并沿弯曲线 33 的相对侧彼此横向偏离。可以看见狭槽纵向交叠,以便确定在交叠狭槽端部之间的弯曲齿槽、腹板、条或“缝合线”34。图 2A 和 2B 表示了板 32 中的一个狭槽的一端的放大侧视图,该板已经沿弯曲线 33 弯曲 90 度,且在弯曲线相对侧的板部分 35 和 36 通过扭转条或“缝合线”34 而相互连接,该扭转条或缝合线 34 在 90 度板部分 35、36 之间进行扭转或缝合。纽约现代艺术雕塑博物馆的建筑师认识到所形成的弯曲在结构上并不是很坚固,且他们将焊接至雕塑中的局部隐藏梁包含在各缝合弯曲的内部顶点中。

因为狭槽 31 平行于弯曲线 33,因此,有一致或均匀宽度尺寸的条 34 将在扭转时在它们的长度上进行扭转或塑性变形,因此,在 90°弯曲端部,条的背侧与在位置 37 处的狭槽 31 另一侧的面 38 啮合。该啮合使得板部分 35 向上升高离开在板部分 36 上的面 38,并试图打开狭槽的端部 40 和在该狭槽端部进一步产生应力。条 34 扭转和弯曲端部升高的结果是在板部分 35 和面 38 之间的狭槽 31 长度上产生间隙 G。条或缝合线 34 的扭转迫使板部分 35 离开面 38,并使得狭槽两端 40 产生应力(图中只表示了一个狭槽端 40,但是在狭槽 31 的另一狭槽端 40 也产生相同应力,如图 2A 和 2B 中所示)。

间隙 G 在各狭槽 31 处沿弯曲线 33 的长度在弯曲线的交替侧产生。这样,在各狭槽处将迫使板部分脱离与狭槽确定面的接触,而不是被拉动成与该面接触并由此完全由该面支承。

而且,非常重要的一点是,图 2 的开狭槽结构使得各条 34 有非常高的应力。当条的长度增加(在狭槽 31 端部之间交叠的长度)以便试图降低沿条长度扭转产生的应力时,试图弹性拉动或将板部分夹在相对面上的力减小。相反,

当条 34 长度减小时, 扭转形成在恒定宽度条中的微撕裂, 从而形成应力升高, 且扭转条的总体状态是它们受到过大应力。这将削弱弯曲的强度, 并留下不能承受负载的弯曲。

施加在板部分 35 上的垂直力(图 2B 中 F_V)将直接使得扭转和预加应力的条 34 负载, 且因为有间隙 G , 条将在负载作用下进一步塑性变形, 并可能在板部分 35 向下移动至与面 38 啮合和支承在该面 38 上之前失效或撕裂。类似的, 水平力 F_H 将在间隙 G 关闭和板部分 35 支承在相对狭槽面 38 上之前撞坏纵向相邻条 34(和图 2B 中的剪切条 34)。

在图 2-2B 和 Gitlin 等申请的开狭槽方案中固有的另一问题是恒定的条宽度不能独立于变化狭槽之间的距离, 且在并不向条施加极端应力的情况下条宽度不能小于材料厚度。当狭槽 31 相互平行和纵向交叠时, 根据定义, 条宽度必须等于狭槽之间的间距或凹凸部(jog)。这限制了设计用于结构负载条的弯曲的灵活性。而且, 狭槽终止于每个另一狭槽端部, 该端部每隔一个狭槽相互对齐。因此, 不能试图降低在狭槽端部产生的应力升高和微裂纹的传播, 且对齐的狭槽端部可能在负载下破裂。

因此, 图 2-2B 的板开狭槽结构可以很容易地用于装饰性弯曲, 但是不能很好地用于必须提供较大结构支承和耐疲劳的弯头。

Gitlin 等的申请也教导了形成曲线形狭槽(见图 10a、10b), 但是狭槽还平行于曲线形弯曲线, 这样, 弯曲条的宽度恒定, 条沿弯曲线和平行于该弯曲线延伸, 而并不与它交叉, 条进行极度扭转, 狭槽端部将对下一个狭槽产生微观裂纹和应力集中, 且该申请教导使用狭槽切口, 该狭槽切口只在弯头的端部在 37 处与狭槽的相对侧啮合。

相同建筑师在安装 Boston 的匹萨店的弯曲金属天花板时也使用了简单线性穿孔技术。再有, 线性穿孔的弯曲板部件并不设计成沿弯头承载较大的无支承负载。

狭槽、槽、穿孔、凹坑和刻痕线已经在各种专利系统中用作弯曲板材的基础。例如, 授予 West 等的美国专利 No.5225799 使用基于开槽的技术来折叠材料板, 以便形成微波波导体或过滤器。在授予 St. Louis 的美国专利 No.4628161 中, 刻痕线和凹坑用于折叠材料板。在授予 Brandon 的美国专利 No.6210037 中, 狭槽和穿孔用于使塑料弯曲。利用狭槽或模切来使瓦楞纸板弯曲在 Yokoyama 的美国专利 No.6132349 和 PCT 申请 WO97/24221 以及授

予 G 等的美国专利 No.3756499 和授予 Fischer 等的美国专利 No.3258380 中已有介绍。还通过狭槽很方便地弯曲纸板, 如授予 Hunt 的美国专利 No.5692672、授予 Wood 的美国专利 No.3963170 和授予 Carter 的美国专利 No.975121 中所述。发表的美国专利申请 No.US2001/0010167A1 还公开了一种金属弯曲技术, 该技术包括开口、凹槽等, 并使用大力量来产生控制塑性流动和减少裂纹和皱缩。

然而, 在这些现有技术弯曲系统中, 弯曲形成技术大大削弱了所形成的结构, 或者不能形成精确弯曲, 或者通过撞坏在弯头一侧的材料来产生弯曲。而且, 当在现有技术系统中使用开狭槽时, 除了削弱结构和促成将来的结构失效点, 开狭槽还可能使得弯曲结构的密封工序昂贵和困难。因此, 这些现有技术方法并不适合制造能够盛装流体或可流动材料的结构。

当使金属板特别是较厚的板弯曲时, 精确弯曲和保持强度是很大的问题。在很多用途中, 非常希望能够以较小力来弯曲金属板, 例如通过手和只用手动工具, 或者只使用适度功率的工具。当然, 这样弯曲较厚金属板存在更大的问题。

在本发明的另一方面, 能够克服在基于开狭槽来弯曲板材时的现有技术的缺陷将消除在现有技术中的金属制造技术和因此形成的结构的缺点。

用于制造刚性三维结构的公知现有技术是将由板材和非板材形成的部件切割和连接在一起的方法。夹紧和焊接、夹持和粘接剂粘接、或者机械加工和使用紧固件来将多个离散部件连接在一起已经广泛用于制造刚性三维结构。例如, 在焊接时, 在精确切割和夹紧各部件时产生问题; 需要人工和机器来操作大量部件以及大量零件的质量控制和合格检验。另外, 焊接的固有问题是焊接的热影响区域产生尺寸的形状翘曲。

对于较大材料厚度的金属的传统焊接方法通常这样实现, 即通过使用具有斜角边缘的部件, 该斜角边缘通常通过研磨或单尖头工具而形成, 这明显增加了制造时间和成本。而且, 对于其负载几何形状完全取决于焊接、铜焊或钎焊材料的接头, 热影响金属的疲劳失效将不可预计。焊接的疲劳失效将通过增加焊接在一起的部件的质量以及焊接的数目和深度来补偿。当然, 这种过度设计的附加缺点是非常严重的。

对于沿离散部件的边缘和面进行板材和非板材的粘接剂粘接, 处理和精确定位几个部件以及将它们保持或夹持就位直到材料的弯曲完成会出现问

题。

涉及三维结构的制造的另一类现有技术是快速仿形(Prototyping)方法。它包括制造立体版型和很多其它工序,其中,设计为利用CAD系统来制造,且结构的典型数据用于驱动设备来添加或除去材料直到完成该结构。现有技术的快速仿形技术常常有添加或除去材料。

与除去材料快速仿形方法相关的问题是它们浪费材料,其中,使用能够包容整个部件的材料块,然后需要相对昂贵的高速机械加工中心来通过除去不希望的材料而精确磨铣和切割部件。

现有技术的添加的快速仿形方法也存在问题。具体地说,大部分这样的技术适用于非常窄范围的材料。另外,大部分都需要专用制造装置,该专用制造装置根据表示部件的数据来分配材料。添加的快速仿形方法很慢,部件包容的范围非常有限,且常常并不用于结构坚固的材料。

因此,在现有技术中,已经采用能够使板弯曲的板开狭槽或开槽来产生弯头,该方案缺乏商业结构用途所需的精度和强度。这样,该现有技术板弯曲技术主要用于轻型金属弯曲或装饰用途,例如雕塑。

因此,在本发明的广义方面,本发明的重要目的是能够以非常精确的方式来使板材弯曲,并使得产生的弯头能够支承较大负载和耐疲劳失效。

本发明的该方面的另一目的是提供一种利用改进的开狭槽技术来使材料板精确弯曲的方法,该方法提高了弯曲的位置精度、最终结构的强度以及降低了应力引起的失效。

本发明的另一目的是提供一种精确板弯曲方法和一种材料板,该材料板开有用于弯曲的狭槽或槽,并适用于弯曲各种厚度的板和各种类型的不可破碎材料的板。

本发明的另一目的是提供一种在板上开出狭槽以便用于随后弯曲的方法,该方法可以仅用手动工具或动力工具来实现,它便于弯曲,且不用试图控制弯曲的位置。

本发明的另一目的是能够将板材弯曲成具有精确尺寸公差的高强度三维结构。

本发明的另一目的是能够将板材弯曲成精确三维结构,该结构能够容易和便宜地密封,因此能够装入流体或可流动材料。

在本发明的广义方面涉及基于狭槽弯曲的使用,以便能够提高制造和装

配技术，本发明的目的是提供一种新颖的快速仿形和先进的快速制造技术，它采用多种包括很多结构坚固的材料，除了在任何现代制造厂中使用的设备处，并不使用专用设备且能够放大或缩小至使用的切割方法的极限。

本发明的这一方面的另一目的是提供在要弯曲材料板中的特征，该特征帮助部件在板材弯曲之前和之后进行精确的附加对齐。

本发明的还一目的是提供一种制造方法，该方法可制造接近基本形状的结构架，用于将多个部件在 3D 空间中布置成由初始 CAD 设计方法确定的相互正确关系。

本发明的还一目的是提供一种制造焊接结构的方法，该结构使用更少数量的单独部件，结构的边缘自身沿弯头的长度夹紧，且它的非弯曲边缘提供有在准备焊接时便于夹紧和夹持的装置。这里，本发明的还一目的是提供一种极优的、夹紧用于焊接的板材的方法，它明显减少了由于焊接工序而引起的歪曲和尺寸错误。

本发明的还一目的是提供一种新颖的焊接接头，它在所有自由度都提供了基本的承载特性，且并不依赖于热影响区域，因此提高了所形成的三维结构的负载强度和循环疲劳强度。

本发明的还一目的是提供一种极优的方法，用于：

1)减少制造坚固、刚性、尺寸精确的三维结构所需的离散部件数目；以及

2)固有的提供一种用于所要求的三维结构的各侧面的定位和保持方法，该方法能够通过本发明的弯曲和非弯曲边缘来实现，从而形成更低成本、更高生产率的制造方法。

本发明的还一目的是提供一种制造金属、聚合物、陶瓷和复合材料的铸造模具的方法，这些模具能容纳多种流体，其中，模具由有狭槽、弯曲的材料板形成，该模具可以在固化处理后除去，或者作为最终物体的结构或表面部件而保留就位。

本发明的还一目的是提供一种板弯曲方法，该方法适用于现有的开狭槽装置，使板材坯能够以扁平或卷曲状态运送，且在远处位置在不使用压弯机的情况下进行精确弯曲，并提高了部件在外壳内或外壳表面上的装配和安装，外壳通过在部件安装到板材坯上之后使板材弯曲形成。

本发明的还一目的是提供一种精确折叠技术，它能够用于产生在材料板

中的正确、精确的承载折叠，该板材包括但不限于金属、塑料和部件。

本发明的另一目的是提供一种精确折叠技术，它能允许绕虚拟的弯曲线进行折叠，且与普通弯曲技术相比需要相当小的力来形成折叠。

本发明的另一目的是提供了一种精确折叠技术，它是基本上线性可变比例，与材料的厚度或微结构特征无关。

本发明的另一目的是形成这里所述的几何形状，其通过开狭槽/除去工序、切断工序或通过添加工序，且可获得本文中任意方式所述的优点。

本发明的另一目的是提供一种用于折叠非压碎材料的精确折叠技术，其中材料的微结构在折叠周围基本保持无变化。

用于设计和精确折叠板材的方法和各项技术、其制造技术以及通过本发明的这种精确弯曲而形成的结构具有的其它特征、目的和优点，它们将在下面的详细说明和附图中更详细地表示和提出。

发明内容

在广义方面，用于沿要求的弯曲线进行弯曲的材料板包括形成于板中的弯曲条(strap)确定结构。该条确定结构定位成在板中确定至少一个弯曲条，该条有纵向条轴线，该纵向轴线定向和定位成横过弯曲线延伸。另外，该条确定结构设置和定位成沿弯曲线产生材料板的弯曲。

在另一方面，空心梁包括两个材料板。第一材料板通过具有位于各弯曲线近侧的多个弯曲条确定结构而形成沿多个第一板弯曲线进行弯曲，且弯曲条确定结构设置成沿弯曲线产生弯曲。空心梁通过将沿第一板弯曲线弯曲的第一材料板固定在第二材料板上而形成。

在另一方面，外构架包括单个材料板，该材料板形成用于沿多个弯曲线进行弯曲。材料板形成具有位于各弯曲线附近的多个弯曲条确定结构，且弯曲条确定结构设置成可产生弯曲。使材料板沿弯曲线弯曲将造成结构部件的构架。

本发明的精确折叠、高强度和耐疲劳的结构以及本发明的用于该结构的板具有其它特征和优点，这些特征和优点将在包含在说明书中并构成说明书的一部分的附图和随后的详细说明中更详细地表示或提出，附图和说明书一起解释本发明的原理。

附图说明

图 1 是根据一种现有技术材料板的局部俯视图，该材料板中形成有狭槽和槽；

图 1A 是图 1 的板在弯曲状态时基本沿图 1 中的平面 1A-1A 的局部放大剖视图；

图 1B 是图 1 的板在弯曲状态时基本沿图 1 中的平面线 1B-1B 的局部放大剖视图；

图 2 是利用本领域已知的可选择结构的材料板的局部俯视平面图，该材料板中形成有多个狭槽；

图 2A 是图 2 的板弯曲大约 90 度时的局部放大侧视图；

图 2B 是基本沿图 2A 中的平面线 2B-2B 的剖视图；

图 3 是根据本发明一个实施例的、具有狭槽的材料板的局部俯视平面图；

图 4A-4D 是根据图 3 的实施例的、具有狭槽的材料板的局部俯视平面图，该板在工序中从图 4A 的扁平平面弯曲成图 4D 的 90 度弯曲；

图 5A-5C；5A'-5C'；5A''-5C''；5A'''-5C'''是材料板在弯曲过程中沿图 4A-4D 中的平面线 5A-5A 的局部剖视图；

图 6 是根据本发明第二实施例的、具有狭槽的材料板的俯视平面图；

图 7 是图 6 的板在弯曲大约 90 度后的俯视平面图；

图 8 是图 7 的材料板的端视图；

图 8A 是图 7 的材料板基本沿图 7 中的平面 8A-8A 的局部放大端视剖视图，该材料板从图 8 旋转大约 45 度；

图 8B 是图 7 的材料板基本沿图 7 中的平面 8B-8B 的局部放大端视剖视图，该材料板从图 8 旋转大约 45 度；

图 9 是根据本发明的另一可选择实施例的、具有狭槽的材料板的局部俯视平面图；

图 10 是图 9 的板在弯曲大约 90 度后的侧视图；

图 10A 是基本沿图 10 中的线 10A-10A 的局部剖视图；

图 11 是根据本发明构成的、具有条确定结构的材料板的另一可选择实施例的示意局部俯视平面图；

图 11A 是图 11 中所示结构的狭槽的局部俯视平面图，该狭槽使用快速穿刺激光切割技术形成；

图 12 是材料板在弯曲和装配至弯曲盒形梁中之前的局部俯视图；

图 13 是由两个材料板构成的曲线形盒形梁的侧视图，各材料板开有如图 12 中所示的狭槽；

图 14 是图 13 的梁的端视图；

图 15 是材料板的俯视平面图，该材料板形成有条确定结构，并设置成包围柱形部件；

图 16 是图 15 的材料板在沿弯曲线弯曲和安装成包围柱形部件时的俯视透视图；

图 17 是利用本发明的材料板形成的波纹形组件的俯视透视分解图；

图 18 是本发明可选择实施例的材料板的俯视透视分解图；

图 19 是有狭槽的板在弯曲或折叠之前的俯视平面图，该板用于构成波纹形台板的可选择实施例；

图 20 是使用图 19 的有狭槽的板材构成的波纹形板或台板的透视图；

图 21 是基本以图 20 中的线 21-21 为边界的放大局部透视图；

图 21A 是基本以图 19 中的线 21A-21A 为边界的放大局部俯视平面图；

图 22 是使用类似于图 19 和 20 中所示的波纹形板构成的柱形部件的示意端视图，波纹形板的比例调整为确定柱形形状；

图 23 是本发明的、有狭槽的材料板的放大局部侧视图，该材料板有偏移的凸舌或凸片，以便保证可预计地弯曲；

图 23A 是图 23 的板在弯曲过程中的缩小正视图；

图 24 是与板的平面成倾斜角的材料板的局部端视图，表示了弯曲至合适角度的过程；

图 25 是根据本发明布置的、卷至卷的板开狭槽生产线的示意侧视图；

图 26 是一卷材料板的俯视透视图，该材料板已有狭槽，例如利用图 25 的装置，且处在卷出和弯曲成三维结构的工序中；

图 27A-27G 是根据本发明构成的材料板在弯曲成横向支承盒形梁时的俯视透视图；

图 28A-28E 是根据本发明构成的材料板在弯曲成用于支承部件例如电部件的底盘时的俯视透视图；

图 29 是适用于以较低力来弯曲或折叠本发明的有狭槽板的设备的一个实施例的俯视透视图；

图 30 是板进行弯曲或折叠处理的另一本发明实施例的示意俯视透视图；

图 31A, 31B 是用于本发明弯曲的有狭槽板材的相互作用的设计、制造和装配的一个方面的流程图；

图 32A - 32E 是根据本发明构成的材料板在弯曲成柱栓壁/梯子时的俯视透视图；

图 33 是根据本发明构成的弯曲波纹形台板或面板的俯视透视图；

图 34A - 34E 是包括外转撑板的材料板的俯视透视图，表示为它弯曲成外转支承盒形梁；

图 35 是根据本发明的有狭槽材料板的俯视平面图，并包括单个狭槽实施例；

图 36 是图 35 的板在弯曲成辊壳体时的俯视透视图；

图 37 是具有不同弯曲线终止狭槽结构的材料板的局部俯视平面图；

图 38A 是根据本发明构成的材料板在弯曲成底盘之前的俯视透视图；

图 38B 是如图 38A 中的材料板在弯曲成底盘后的示意俯视透视图；

图 38C 是如图 38A 中的几个材料板在弯曲成底盘的过渡形状并堆垛后的俯视透视图；

图 39A 是根据本发明构成的两个材料板在形成和连接成弯曲梁之前的俯视图；

图 39B 是根据本发明由与图 39A 中所示类似的板构成的弯曲槽道的俯视透视图；

图 39C 是根据本发明由与图 39A 中所示类似的两个板构成的封闭、空心弯曲梁的俯视透视图；

图 40A - H 是根据本发明构成的材料板在折叠成骨架结构之前和折叠阶段中的透视图；

图 41(a)-(e)是根据本发明的骨架结构的拐角部分在折叠之前和折叠阶段中的透视图；

图 42A 是图 41 中所示的拐角部分的透视图；

图 42B 是图 42A 中所示的边缘狭槽的侧视图；

图 42C 是边缘狭槽的可选择实施例的侧视图；

图 43A 是根据本发明构成的材料板在形成曲线形骨架结构之前的俯视图；

图 43B 是如图 43A 中所示的材料板在形成曲线形骨架结构之后的透视图;

图 43C 是类似于图 43A 中所示的材料板部分在形成曲线形骨架结构之前的俯视图;

图 44 是根据本发明形成三维结构的另一材料板的透视图。

具体实施方式

下面将详细介绍本发明的优选实施例,附图中表示了优选实施例的实例。尽管将结合优选实施例介绍本发明,但是应当理解,本发明并不局限于这些实施例。相反,本发明将覆盖可以包含在由附加权利要求确定的本发明精神和范围内的各种替代、变化和等同物。

用于精确弯曲板材的本发明方法和装置基于申请日为 2000 年 8 月 17 日,名称为 METHOD FOR PRECISION BENDING OF A SHEET OF MATERIAL AND SLIT SHEET THEREFOR 的在先申请美国专利申请 No.09/640267 和申请日为 2002 年 9 月 26 日,名称为 METHOD FOR PRECISION BENDING OF SHEET OF MATERIALS, SLIT SHEETS AND FABRICATION PROCESS 的美国专利申请 No.10/256870 中所述的开狭槽几何形状,这些文献全部被本文参引。

本发明的精确和高强度弯曲方法和装置的一个实施例可以参考图 3-5 来介绍。在图 3 中,材料板 41 形成有多个弯曲条确定结构,在本例中,总体表示为 43 的狭槽沿着弯曲线 45。因此,狭槽 43 纵向延伸,且成首尾相连的空间关系,以便确定在一对狭槽 43 之间的弯曲腹板或条 47。在图 3 中,狭槽 43 提供有在它的端部处的应力减小结构,即开口 49,以便减小在弯曲腹板 47 中的应力集中。然而,由下面所述可知,在图 3 中的应力减小结构例如放大的开口 49 并不是实现本发明的精确弯曲系统的优点所必须的。

然而,对于图 3 中所示的狭槽 43 实施例,在狭槽端部之间的各纵向延伸狭槽相对于弯曲线 45 沿侧向或横向成阶梯形。因此,狭槽例如狭槽 43a 形成有一对纵向延伸的狭槽段 51 和 52,它们定位成接近弯曲线 45,优选是等距地在弯曲线 45 相对侧,且基本与该弯曲线 45 平行。纵向狭槽段 51 和 52 还通过横向延伸的狭槽段 53 连接,这样,狭槽 43a 从放大开口 49a 沿互连通路延伸至放大开口 49b,该互连通路开口于两个放大开口之间敞开,并

包括两个纵向延伸的狭槽段 51、52 和横向狭槽段 53。

这样的阶梯形狭槽的功能和优点可以参考图 4A - 4D 和相应的图 5A - 5C 至 5A''' - 5C''' 而更好地理解, 其中, 材料板 41 的弯曲或折叠例如图 3 中所示表示为不同阶段。在图 4A 中, 板 41 基本上如图 3 中所示的狭槽。在图 3 和 4A 之间的区别是在图 3 中表示了除去材料的切口宽度或截面, 而图 4A 中的狭槽并没有表示任何切口, 切口通过开狭槽刀或冲头制造。然而, 在弯曲过程中的效果基本与当切口宽度足够小时基本相同, 以致于在狭槽相对侧的材料在弯曲过程中相互啮合。图 4A - 5C 中使用与图 3 中相同的附图标记。

这样, 板 41 显示了在图 4A 中弯曲之前的扁平状态。纵向延伸的狭槽段 51 和 52 表示于图 4A 中和图 5A - 5C 的剖视图中。板的各个横截面的位置也在图 4A 中表示。

在图 4B 中, 板沿弯曲线 45 稍微弯曲, 该弯曲线 45 可以在图 5A - 5C 中更好地表示。如图 5A 和 5B 中所示, 狭槽 51 和 52 沿它们的顶边缘向上开口, 且超过弯曲线 45 延伸的板部分在美国专利 No.6481259B1 和美国专利申请 No.10/256870 中称为“凸片”55, 但是为了与本申请后面的实施例一致, 它们将称为“唇缘”55。唇缘 55 的下部或底侧边缘 51a 和 52a 沿在狭槽的唇缘 55 相对侧上的、板的支承面 51b 和 52b 而稍微向上移动。唇缘边缘 51a 和 52a 的这种移动可以结合弯曲至更大角度的板而更好地看出, 例如当弯曲至图 4C 中所示的位置。

在图 4C 中还表示了边缘 51a 和 52a 在弯曲线 45 相对侧的、板 41 的支承面 51b 和 52b 上向上的运动。因此, 在弯曲过程中, 在边缘 51a 和 52a 与狭槽的相对支承面 51b 和 52b 之间有滑动接触。当纵向狭槽段 51 和 52 在弯曲线 45 的相对侧形成于等距位置时, 该滑动接触将在中心弯曲线 45 相对侧的等距离位置处产生, 如图 4A 中所示。一在它们凝固和粘接之前使用润滑剂或使用粘接剂或密封剂也可有利于滑动接触。

这种结构的结果是有两个实际弯曲支点 51a、51b 和 52a、52b, 它们在弯曲线 45 的相对侧并与该弯曲线等距离。唇缘边缘 51a 和支承面 51b 以及唇缘边缘 52a 和支承面 52b 产生弯曲腹板 47 绕虚拟支点的弯曲, 该虚拟支点处在实际支点之间, 并可理解为叠加在弯曲线 45 上。

90 度弯曲的最终结果在图 4D 和对应的剖面图 5A - 5C 中表示。如图所示, 这时板边缘 52a 和底侧或表面 52c 与支承面 52b 相互啮合或抵靠, 并局

部交叠地支承(图 5A)。类似的, 边缘 51a 和底表面 51c 这时以交叠状态与表面 51b 啮合和抵靠在该表面 51b 上(图 5B)。将可以看见弯曲腹板 47 沿腹板 47a 的上表面进行塑性变形或延伸, 并沿腹板 47 的下表面 47b 进行塑性压缩。

在图 4D 的弯曲状态中, 板的唇缘部分, 即当板开狭槽时在中心线上延伸的部分 55, 这时抵靠在支承面 51b 和 52b 上。在弯曲过程中该边缘对表面的啮合和支承(在图中所示的结构中沿弯曲线交替)产生更精确的弯曲或折叠, 并使得该弯曲或折叠结构在沿相互垂直方向的弯曲或折叠时更能抗剪切力。这样, 负载 L_a (图 5A)将通过边缘 52a 和底表面 52c 交叠在支承边缘 52b 上而被支承在弯曲腹板 47 之间。类似的, 负载 L_b (图 5B)将通过边缘 51a 和底表面 51c 交叠和啮合在支承面 51b 上而支承于弯曲腹板 47 中间。

在本文中, 这称为沿狭槽一侧的基本整个长度的材料通过沿狭槽另一侧的基本整个长度的材料的“边缘对表面”啮合和支承。应当理解, 当板 41 弯曲或折叠超过 90 度时, 边缘 51a 和 52a 将升高离开面 51b 和 52b, 且底表面 52c 和 52c 将由面 51b 和 52b 的下边缘支承。当板弯曲小于 90 度时, 边缘将在开始弯曲后几乎立即与面啮合, 但是只是边缘啮合该面。狭槽一侧这样支承在另一侧上将认为是“边缘对表面”啮合和支承, 在说明书和权利要求中也是这样。下面将说明, 通过在板上开出与板并不成 90 度的狭槽, 非 90 度弯曲也可以使边缘 51a 和 52a 完全由面 51b 支承。

尽管在本发明的、基于狭槽的弯曲系统中, 弯曲条或腹板 47 由于塑性变形而有残余应力, 且狭槽使得弯头的基本部分并不直接连接在一起, 但是狭槽形成和定位成可产生边缘对表面的交叠, 这与基于普通开狭槽或开槽几何形状的图 1、1A、1B 和 2A、2B 的结构强度相比向弯曲结构提供了较大的附加强度。实际上, 本发明的弯曲条使得弯头预负载, 以便在基本整个弯曲工序中在弯头端部基本整个狭槽长度上将狭槽侧部拉动或夹持成边缘对表面啮合。通过条中的残余拉力而使弯头预负载将防止在狭槽边缘之间的振动, 该狭槽边缘预负载地抵靠在作为床的狭槽另一侧的面上。

而且, 因为边缘在狭槽长度的主要部分上与面相互啮合, 因此, 负载 L_a 和 L_b 将不会使弯曲条 47 压碎或进一步塑性变形, 与图 2、2A、2B 的现有技术开狭槽结构的情况相同。本发明弯曲的负载将立即由本发明的开狭槽技术产生的边缘对表面啮合来支承, 而不是只通过扭转和高应力条的截面连接区域, 这是由于图 2、2A、2B 以及 Gitlin 等申请的现有技术结构造成的。

因此,采用侧向阶梯形或交错狭槽的实施例将造成较大优点。首先,纵向延伸的狭槽段 51 和 52 的横向位置在弯曲线 45 的各侧精确定位,因此,弯曲将绕虚拟支点产生,由于两个实际支点等距离地在弯曲线的相对侧。该精确弯曲减少或消除了积累的公差误差,因为狭槽的位置能够通过由 CNC 控制器驱动的切割装置非常精确地控制。

还应当理解,压弯机通常通过以板的边缘或已有弯曲或其它特征为标记来进行弯曲。这使得很难使用压弯机来进行与板边缘特征成一定角度的弯曲。然而,使用本发明的开狭槽工序,能够很容易地进行与板边缘的任何特征成一定角度的精确弯曲。另外,所形成的弯曲板大大提高了抗剪切负载和抗沿相互垂直轴线负载的强度,因为由本发明狭槽结构产生的交叠边缘和面支承板来承受该负载。

如图所示,本发明的实施例如图 3-5C 所示产生了条 47 的精确弯曲,该条 47 基本垂直于弯曲线。弯曲条这样定位产生了沿条的外侧或顶表面的明显塑性拉长以及沿条的内侧或底表面的明显压缩。在相对较短的垂直条上以与图 1-1B 的垂直条的弯曲类似的方式而产生弯曲,但是在图 3-5C''' 中,一个平面的唇缘 55 折成与另一平面的面成互锁或相互啮合的关系,用于增加弯曲强度。

图 2-2B 中所示的现有技术方法使得连接条 34 定向成平行于弯曲线,并导致条的严重塑性扭转变形。此外,该塑性扭转变形明显改变了在弯曲线周围的材料的微结构。而且,条并不在狭槽的长度上完全弯折或夹持成与板的相对侧相互啮合。而且,在图 3-5C''' 的实施例中,条宽度可以独立于在狭槽 51 和 52 之间的交错距离而变化,因此在弯头强度的设计中可达到更大的柔性。

尽管图中已经表示了板材弯曲 90 度,但是应当理解,当狭槽板弯曲超过或小于 90 度时,也可以实现在本发明所有实施例如所述的大部分优点。从很小弯曲角度开始,在整个弯曲线上延伸的唇缘将滑动至相对面上并与它啮合,且在大于 90 度的弯曲角时也将继续这种支承和啮合。

已发现图 3-5C''' 的实施例最适合用于相对可延展的板材。当材料变得更硬和更小延展性时,优选是采用第二实施例如。

在图 6-8B 中所示的本发明实施例如,采用这样的狭槽结构,它使得板材弯折或夹持成在狭槽两侧成相互啮合关系,并降低了弯曲条塑性变形和在

条中的残余应力。而且,该实施例还能够使条宽度独立于在狭槽之间的交错距离而变化,并使得条宽度从弯曲线沿两个方向增加,用于使在弯曲线相对侧的材料板连接部分中的应力集中最小。

这里采用相对于弯曲线倾斜的弯曲条,与图3-5C''的较短弯曲条相比,这使得条长度增加。塑性变形也部分通过扭转来实现,而不是仅通过弯曲实现,与图3-5C''中的情况相同,但是与图2-2B的平行条相比扭转量大大减小。而且,在狭槽相对侧的材料唇缘弯折成在狭槽的几乎整个长度上与面相互啮合,这样在负载作用时不会产生较大的附加条应力。

另外,在图6-8B所示的实施例中,狭槽结构在弯曲过程中产生在狭槽相对侧上的材料之间的连续滑动相互啮合,该相互啮合沿狭槽从中间朝着端部前进。在狭槽一侧上的面用作在弯曲过程中用于滑动支承的床,这导致弯曲条更均匀和更少应力地弯曲。因此,图6-8B中所示的实施例能够用于更少延展性的板材,例如热处理6061铝或者甚至一些陶瓷,以及更厚的材料板。

特别参考图6-8B,要弯曲或折叠的材料板241形成有多个沿弯曲线245的、纵向延伸的弯曲条确定结构,例如狭槽243。各狭槽243可选择地提供有放大的应力释放端部开口249或者弯曲端部部分249a,它们将根据板的负载方向而使得任何应力裂纹往回传播至狭槽243中。如图所示,图6和8B的实施例的狭槽并不是阶梯形,而是它们设置成产生倾斜定向弯曲条247绕在弯曲线245上交叠的虚拟支点的弯曲和扭转。狭槽的结构和位置包括交错距离和切口宽度的选择也使得在狭槽相对侧的材料在弯曲过程中弯折成或运动成边缘对表面相互啮合的关系。最优选是,边缘对表面相互啮合在整个弯曲上产生直到其完成。但是,交错距离和切口可以选择成只在弯曲开始时产生边缘对表面的相互啮合,这将保证精确弯曲。因此,在本文中使用的表述“在弯曲过程中”意味着在任意弯曲阶段都包括边缘对表面的相互啮合。

尽管图6-8B和9-10A中所示和所述的实施例并不是阶梯形,但是图6-8B和9-10A的实施例的倾斜条可以与图3-5C的阶梯形狭槽结构组合。这样,阶梯形狭槽的一端或两端可以倾斜或弯曲。

如图6中所示,一对细长狭槽243优选是定位在弯曲线245的相对侧并靠近该弯曲线245,因而,在弯曲线相对侧的一对纵向相邻狭槽端部部分251确定了弯曲腹板、齿槽或条247,可以看出,该弯曲腹板、齿槽或条247斜

向横过弯曲线 245 延伸。如下面结合图 11 更详细所述,“倾斜的”和“倾斜地”的意思是条的纵向中心轴线以不同于 90 度的角度而与要求的弯曲线交叉。这样,各狭槽端部部分 251 从弯曲线 245 发散,因此条的中心线歪斜或倾斜,且条产生弯曲以及扭转。尽管根据本发明并不绝对要求弯曲,但是可以看见,狭槽 243 沿弯曲线 245 纵向交叠。

与图 2-2B 中以及现有技术的 Gitlin 等申请中的狭槽 31 不同,该狭槽在确定弯曲条 34 的区域中平行于弯曲线,狭槽 243 从弯曲线 245 发散导致倾斜弯曲条,它并不需要在图 2-2B 和 Gitlin 等申请的现有技术中的极大扭转。而且,狭槽 243 从弯曲线 245 的发散导致当条与板 241 的其余部分连接时条的宽度尺寸增加。这样增加的宽度提高了负载横过弯头的传递,以便减少应力集中,并增加条的耐疲劳性。

与第一实施例相同,狭槽切口 243 优选是有宽度尺寸,且在狭槽之间横过弯曲线的横向交错距离的尺寸设置成在弯曲过程中产生在狭槽相对侧上的板材的相互啮合。这样,狭槽 243 可以通过刀来制造,且有基本零切口,或者根据被弯曲的板的厚度,它们有更大切口,这些切口将产生相互啮合。最优选是,切口宽度不大于材料厚度的大约 0.3 倍,且交错距离不大于材料厚度的大约 1.0 倍。

与图 3-5C 的实施例相同,唇缘部分 253 横过弯曲线延伸至狭槽 243。当切口宽度和交错距离相对于材料厚度并不大到在弯曲过程中防止在狭槽两侧之间接触时,唇缘 253 将滑动或骑在狭槽 243 相对侧的舌片 260 的面 255 上。

如切口宽度和交错距离大到使得唇缘部分 253 和舌片 260 的面 255 之间不会产生接触时,弯曲或折叠的板仍然有倾斜弯曲条的一些提高强度优点,但是在这种情况下没有用于弯曲的实际支点,因此,沿弯曲线 245 的弯曲变得不可预计和不精确。类似的,如条确定结构是并不穿透材料板的槽 243 时,该槽将确定倾斜的高强度弯曲条,但是在弯曲过程中不会产生边缘对表面的滑动,除非槽深至在弯曲过程中穿透并变成狭槽。这样,即使当不产生边缘对表面的弯曲时,弯曲条的弓形或发散槽实施例也将提高条强度。

与切口宽度相关的另一问题是形成的弯曲板材将没有支承在狭槽面上的唇缘边缘,除非弯曲极大,以致于在弯曲板的两侧之间确定很小的弓形角,该切口宽度太宽以致于产生唇缘 253 与舌片 260 的面 255 的相互啮合。如结

合现有技术开狭槽方案所述，这将导致弯曲条在负载时立即有进一步的应力。图 6-8B 的条结构中不会产生象现有技术中那样严重的问题，但是优选形式是切口宽度和交错距离选择为保证基本在整个弯曲过程中使得唇缘和舌片面相互啮合。

狭槽 243 还可以实际上在弯曲线上，或者甚至横过弯曲线，并仍然产生从实际支点面 255 的平衡位置精确弯曲和唇缘边缘 253 沿它滑动。狭槽 243 形成为横过弯曲线 245 的可能缺点是在边缘 257 和面 255 之间将保留气隙。然而，气隙可以接受，以便于随后的焊接、铜焊、钎焊、充填粘接剂，或者希望气隙用于通风。当使用随后的弯曲增强件时，定位成产生气隙的狭槽将是本发明的所要求的特征。然而，当不填充时，气隙将使得弯头在所有自由度中的所有负载承载要求除了旋转外都置于塑性变形条 247 的连接区域或截面区域上。还可以改变横过弯曲线的狭槽尺寸，使它在没有气隙的情况下产生边缘对表面的啮合。

图 7、8、8A 和 8B 表示了板 241 在沿弯曲线 245 弯曲成 90 度时的情况。最好如图 8A 和 8B 中所示，唇缘 253 的内边缘 257 在狭槽相对侧的舌片 260 的面 255 上向上滑动并相互啮合和支承。因此，如图 8A 中所示，垂直力 F_V 通过边缘 257 交叠在面 255 上而进行支承。如图 8B 中所示，水平力 F_H 将通过边缘 257 交叠在面 255 上而承受。使图 8A 和 8B 与现有技术的图 1A、1B 和 2A、2B 比较将清楚理解本发明的弯曲方法和狭槽结构在总体结构强度上的差别。与现有技术的开狭槽结构相比，本发明沿狭槽交替地使边缘对表面支承交叠以及倾斜弯曲条的组合提供了弯曲和扭转，它不仅精确，而且残余应力小，强度更高，该倾斜弯曲条沿相对歪斜方向而倾斜。

然而，获得本发明的很多优点并不必须使弯曲条沿相对方向歪斜。当板 241 为各向同性材料时，条纵向中心轴线的交替歪斜将消除应力。当板材为各向异性时，倾斜条沿相同方向歪斜可以用于抵销材料中的优选晶粒效应。也可选择，对于各向同性材料，条沿相同方向歪斜可以使得在弯曲线的相对侧沿板部分弯曲线进行相对移动，该移动可以用于产生与第三平面的锁定啮合，例如通过产生的侧向移动量来建立干涉配合或凸片和狭槽插入。

倾斜狭槽的几何形状为这样，它们弯曲和扭转越过一定区域，该区域将会使得在狭槽终止处或条与板的其余部分连接处的条材料中的残余应力降低。这样，减少裂纹传播，从而降低了对在狭槽端部的放大开口或卷曲的要

求。当所形成的结构将主要用于静负载或者根本不期望有负载时，不需要在产生倾斜条的弓形狭槽中的应力降低端部。

而且，应当理解，狭槽 243 可以沿弯曲线 243 移动，以便改变条 247 的宽度，且不会增加交错距离，狭槽彼此横向间隔开该交错距离。相反，在狭槽 243 之间的交错距离可以增大，且狭槽纵向移动以便保持相同的条厚度。显然，两种变化都可以进行，以便设计条宽度和长度来满足应用。

通常，从狭槽至狭槽的横向距离比或一个狭槽至弯曲线的距离的两倍将称为“交错(jog)”。在本发明的优选实施例中，交错距离与材料厚度之比将小于 1。也就是，交错距离通常小于一个材料厚度。更优选的实施例采用的交错距离比小于 0.5 材料厚度。根据使用的特定材料的特征和条的宽度以及切口尺寸，更优选的实施例采用大约 0.3 材料厚度的交错距离比。

弯曲条 247 的宽度将影响使板弯曲所需的力，它可以通过使狭槽 243 远离弯曲线 245 或者通过纵向移动狭槽的位置或者通过两者而变化。通常，最优选是，倾斜弯曲条 247 的宽度将选择为大于要弯曲的材料的厚度，但是条宽度的范围可以为材料厚度的大约 0.5 至大约 4 倍。更优选是，条宽度是材料厚度的 0.7 和 2.5 倍之间。

然而，本发明的一个优点是狭槽结构为这样，即板的弯曲常常可以使用手动工具或者相对较低功率的工具来实现。这样，只需要弯曲工具施加使弯曲条 247 弯曲和扭转的力；它们不必有足够用于控制弯曲位置的功率。该控制需要动力机器，例如压弯机，其以足够力夹持要弯曲的材料，以便控制弯曲位置。然而，在本发明优选实施例中，弯曲的位置通过实际支点来控制，即通过在弯曲线相对侧的面 255 上枢轴转动的边缘 257 来控制。因此，所需的弯曲工具只需要是能够进行条 247 弯曲的装置，而并不定位弯曲。这在不容易获得大功率工具的用途中非常重要，例如在外层空间或在结构制造现场，或者在没有这样的大功率设备的制造厂。它还允许较低力的板弯曲设备，例如波纹形纸板弯曲机器、囊状物(bladder)、真空弯曲、具有折叠杆的液压拉动缸和形状记忆弯曲材料来弯曲金属板，如下面更详细所述。另外，在制造由于结构自身的几何形状而无法应用动力弯曲设备结构时，坚固和精确的弯曲很重要。在进行关闭和锁定三维结构的最后几个弯曲时尤其是这样。

狭槽端部部分 251 的最优选结构是从弯曲线 245 发散的弓形。实际上，各狭槽可以形成为连续圆弧，如图 9、10 和 10A 中所示和下面所述。圆弧使

得在狭槽侧部的材料沿弓形通路平滑和逐渐地向上运动至舌片的表面侧,该弓形通路开始于狭槽的中心,并前进至狭槽的端部。这减少了在弯曲过程中边缘 257 挂在面 255 上的危险,从而使得弯曲条上的应力更小。另外,无切割表面的较大半径将减少应力集中。在图 6-8B 的结构中,狭槽 243 的中心部分基本平行于弯曲线 245。一些非平行定向,特别是当在弯曲线的两侧平衡时,也可以接受并产生这里所述的结果。

还可以使端部部分 251 形成为与弯曲线 245 和狭槽 243 中心成直角地从弯曲线发散。当狭槽并不纵向交叠时,这将确定非倾斜的弯曲条。该方案的缺点是弯曲条 247 将不会均匀和可靠地弯曲,从而影响弯曲位置的精度。另外,这样的几何形状消除了条的扭转,并在弯曲的内径和外径上引起严重的应力集中点,并可以限制边缘与边缘啮合的程度。

在本发明的所有实施例中的弯曲条首先弹性变形,然后在塑性/弹性材料中进行塑性变形。本发明的狭槽也可以用于可弹性变形的永不塑性变形的塑料。该材料将固定成弯曲或折叠状态,因此,它们不会弹性伸直。为了使得它更可能是只进行弹性变形,优选是弯曲条形成有中心纵向条轴线,该轴线与弯曲线成很小角度,最优选是 26 度或更小。角度越小,产生扭转的比例就越高,且产生弯曲的比例越低。而且,角度越小,产生的弯曲半径越大。不怎么塑性变形的刚性材料,例如刚性聚合物、刚性金属、更柔软的陶瓷和一些复合材料,也能承受在弹性区域中的较大弯曲半径。它们还能够承受分布在较长材料条上的扭曲或扭转弹簧作用。较小角度的条提供这两个方面。

然而,在塑性变形板的弯曲结束时,将保持一些弹性变形,从而将边缘 257 向下拉靠在面 255 上,并形成残余弹性保持力,从而保持在狭槽相对侧的材料之间的相互啮合。这样,要弯曲的板的弹性将使得交叠的板边缘预负载或向下抵靠支承面,以便保证弯曲处的强度,并减少弯曲条在弯曲负载时的应力增量。

图 9、10 和 10A 中所示的实施例是结合图 6-8B 所述的斜条实施例的特殊情况。这里,斜条通过完全弓形的狭槽 443 而形成。表示为圆形段的该狭槽结构特别适用于弯曲更厚和更小延展性的金属板,例如钛和 1/4 英寸以上的钢板。

当弓形或圆形狭槽 443 形成于板 441 中并在弯曲线 435 的相对侧上时,越过弯曲线 445 延伸至狭槽 443 的、板的唇缘部分 453 在弯曲的开始时就开

始起褶或滑动至舌片 470 的面 455 上并在各弓形狭槽的中心。然后,当条 447 扭转和弯曲时,唇缘部分 453 从各狭槽的中心逐渐朝着狭槽端部而局部向上滑动至舌片面 455 上。唇缘逐渐折叠在相对面上将使得狭槽端部 449 上的应力更少,因此与图 6-8B 的实施例相比更适合弯曲更小延展性和更厚的材料。图 6-8B 中狭槽有直的中心部分,同时在整个直部分上向上滑动至面上。

图 10 中的狭槽端部 449 没有应力释放开口 249,也没有图 6-8 的圆角端部 249a 和图 11 的曲线形端部,但是狭槽 443 将更经济地切入或形成于大部分板材坯。而且,条 447 在弯曲过程中的变形更平缓,因此减少了应力集中。当然,这组合增加条宽度以便将负载力和弯曲力更平均地传递至板的其余部分中,且降低了应力集中。

本发明的板开狭槽和开槽的各个实施例能够获得迄今未实现的设计和制造优点。因此,通过使用本发明的板材成形技术,可以充分实现例如 CAD 设计、快速仿形和“即拿即装(pick and place)”装配等设计和制造技术的优点。而且,标准制造技术例如焊接也利用本发明的条确定结构而大大提高。

采用根据本发明形成的板的很多优点将结合基于焊接的制造技术来介绍。例如使用本发明方法弯曲的板避免了与处理多个部件相关的制造问题,例如夹紧。

另外,采用狭槽的本发明弯曲板可以沿狭槽进行焊接。如图 10A 中所示,例如凸片 453 的面 455 和端表面 457 形成 V 形截面,该 V 形截面对于焊接很理想。并不需要磨削或机械加工来沿狭槽 443 布置焊缝 460(虚线),如图 10A 中所示。此外,实际上板的侧部在狭槽相对侧上的边缘对表面啮合提供了用于在焊接过程中将板部分保持在一起和用于减少热引起的翘曲的夹具或固定件。因此,组装时间大大减少,且通过本发明开狭槽方法获得的尺寸精度将在焊接步骤中保持。弓形狭槽还很容易检测用于机器人焊接的形态特征。在钎焊、铜焊和粘接剂充填中也有这些优点,尽管对于很多粘接剂来说热变形通常不是严重问题。

通过焊接、铜焊、钎焊、化合物封装或粘接剂来填充狭槽将使得本发明的弯曲板形成能装流体或可流动材料的外壳。这样,弯曲板外壳甚至能够用于形成流体密封的模具,且板在模制后可移除或保留就位。

使用倾斜特别是曲线形槽或狭槽的一个明显优点是形成的弯曲条在它们与板材其余部分连接的点处发散(diverging)。这样,在图 10 中的条 447 的

区域 450 在狭槽端部 449 和下一个狭槽 443 之间横向发散。该发散将使得在条 447 各端的应力以扩散或非集中方式传送或传递给板的其余部分。当狭槽的圆弧或半径减小时, 发散增加, 这又能够进一步独立地改变条应力横过弯头的传递。这样的改变可以与条宽度、交错距离和狭槽切口的变化中的一个或多个进行组合, 以便进一步影响弯头的强度。该原理用于图 11 的槽上的狭槽设计。

尽管图 6-8 和图 9-10 的实施例的倾斜弯曲条导致弯曲结构的总体强度和耐疲劳性大大提高, 但是在经验中发现, 当条确定结构采取弓形狭槽的形式时还能够进一步提高, 特别是对于疲劳。这里使用的术语“弓形”的意思是包括圆弧和一系列纵向连接且有不同半径的相切圆弧。优选是, 弓形狭槽或槽有相对较大半径(与板厚度相比), 如图 11 中所示。这样, 材料板 541 能够提供有沿弯曲线 543 的多个连接的、较大半径的弓形狭槽, 总体表示为 542。优选是, 弓形狭槽 542 以上面结合本发明其它实施例所述的方式进行纵向交错或偏离, 偏离距离在沿弯曲线 543 的相邻狭槽的中心之间测量, 并交替在弯曲线 543 的相对侧。弓形狭槽 542 确定了连接区域, 该连接区域是弯曲条 544, 和由狭槽 542 提供的断开区域。在图 11 中的右手侧狭槽 542 只表示了切口或狭槽厚度, 且狭槽 542 的其余部分示意表示或采取由刀形成并不形成切口的狭槽形式。

纵向相邻狭槽 542 确定了在它们之间的弯曲条 544, 该弯曲条 544 在本实施例中表示为相对于弯曲线 543 倾斜和沿交替方向歪斜, 也如上所述。各狭槽 542 将有中心弓形部分 546, 该中心弓形部分 546 将从弓形狭槽的中心点 547 离开弯曲线 543 发散。端部部分 548 还可以有利地形成为具有小得多的曲率半径的弓形, 这使它沿圆弧部分 549 往回延伸, 并最终终止于内部圆弧部分 551。

因此, 可以看出, 弯曲条 544 由在弯曲线 543 两侧的圆弧部分 546 来确定, 且在条的端部由弓形端部部分 548 来确定。最小条宽度产生于在箭头 552 处的弓形狭槽部分 546 之间(图 11 中表示在纵向相邻狭槽的左手对)。当通过箭头 552 在条的最小宽度处画出中心线 553 时, 可以看见该中心线在大约最小条宽度 552 处与弯曲线相交。条 544 从最小条宽度 552 沿两个方向从纵向条轴线 553 发散。这样, 在弯曲线 543 一侧的板部分 554 通过条 544 而与在弯曲线 543 相对侧的第二板部分 556 连接。条从最小宽度平面 552 沿两个方

向增加宽度将使得条横过弯曲线与各板部分 554、556 连接，这样大大减小了应力和增大了耐疲劳性。

为了进一步说明，条 544a 以阴影表示，以便表明条沿它的中心纵向条轴线 553 增大宽度。均匀增加条宽度的板部分 554 与同样增加条宽度的板部分 556 进行连接将减小应力。条 554 的中心纵向轴线定向成与弯曲线 543 成倾斜角将导致条扭转和弯曲，而不是只扭转，这也减小了条中的应力。在板中的应力横过弯头流过条的连接材料。作为疲劳失效的主要原因的循环拉伸应力流过扭转和弯曲的条，并大致平行于较大半径圆弧 546 和 549。更小半径圆弧 551 和 548 提供了离开主应力承受自由表面 546 和 549 的平滑过渡，但是它们自身并不承受大量的应力流。这样，弓形狭槽就象通过多个较小圆或圆弧连接在一起的非常大的圆的一部分，这样，只有与材料厚度相比的较大半径圆弧定位在应力流场中，并用较小半径的圆弧作为连接部分，以减小从形成狭槽的折叠线进入母平面(parent plane)中的深度。因此，最可能产生由应力引起的微裂纹的狭槽端部将不会沿弯曲长度而从一个狭槽传播至另一狭槽，因为在图 6-8 和 9-10 的实施例中可能产生失效情况。

弯曲条形状也将影响横过弯头的应力分布。当弯曲条相对快速的从最狭窄条宽度尺寸例如图 11 中的宽度尺寸 552 向外发散时，有倾向使得该最小尺寸用作在条中心处的腰部或薄弱平面。这样快速变窄将会使条中有局部塑性变形和应力集中，而不是所希望的应力分布在条的整个长度上和在各侧的板材 554、556 中。

如图 11 中所示，优选是条 544 在最小宽度尺寸 552 处提供所要求的条强度，然后沿条在两个方向逐渐发散，且当条终止于板部分 554、556 中时将进行快速发散。该结构避免了在 552 处有过度狭窄条腰部的问题，该处将集中弯曲和扭转力并产生失效，而不是沿条的长度均匀分布至板部分 554 和 556 中。

狭槽的舌片侧即由弓形狭槽的凹形侧确定的母平面部分将与拉伸应力隔离。这使得舌片有切入母平面中的理想局部特征。安装或对齐孔或者与其它连接几何形状匹配的凹槽都是实例。图 11A 表示了在狭槽 546 的舌片 555 上的喷水切割或激光切割、快速穿刺孔 560 和 565。在图中快速穿刺孔有些不规则并开始有些裂纹失效。在图 11A 中表示了快速穿刺孔的两个可选择位置。快速穿刺孔对于减少激光或喷水切割的总成本很重要，因为缓慢穿刺非

常浪费时间。

本发明的一个最有利方面是设计和切割材料以便形成条，且狭槽的唇缘和舌片进行边缘对表面啮合的方式使弯曲或折叠周围的材料的微结构基本无变化，相反，如现有技术中所述，使用普通弯曲技术弯曲或折叠成相同角度或尖锐程度使得材料的微结构有较大变化。条和狭槽的边缘对表面啮合提供了当材料弯曲时的扭转和弯曲变形的组合，这大大减小了弯头周围的应力，并使得弯头周围的材料的微结构基本无变化。当使用现有技术的普通弯曲技术时，当弯曲得很厉害时(例如在弯头的内部为 90 度)，在弯头周围的材料的微结构有很大变化，例如如图 5A、8、8A、8B 和 10A 所示。

如结合本发明其它实施例时所述，狭槽 542 可以使它们的几何形状改变以适应很宽范围的板特征。这样，当弯曲的板材的类型变化时，或者它的厚度改变，或者弯头的强度特性进行调节时，狭槽 542 的几何形状也可以改变。各狭槽的长度 L 可以变化，如同它的偏移距离 O.D.或者沿弯曲线 543 的纵向间距。狭槽的高度 H 也可以变化，且横过弯曲线在狭槽之间在弯曲线相对侧上的交错距离 J 可以变化。这些变化因素将影响条 544 的几何形状和方位，依次又将影响弯头的强度和它用于各种结构中的适用性。同样重要的是弓形狭槽的形状以及前述可变密封和定位。

因此，本发明的特征是条确定狭槽或槽可以调节成适应要弯曲或折叠的材料和要制造的结构，例如可以根据经验测试给定材料但不同厚度的材料，同时圆弧狭槽设计成几何形状稍微变化，但是设计包括一族相关圆弧几何形状。该方法能够重复用于不同材料，且经验数据储存在数据库中，设计可以根据输入的要弯曲材料板和它的厚度来进行检索。该方法特别适用于计算机应用，其中，输入材料板的物理性质，且从计算机经验数据的数据库中选择程序，以便得出用于弯曲材料的最适合圆弧几何形状。当板是没有储存确切数据的材料时或者当板的厚度是没有储存确切数据的厚度时，软件还可以采用中间插值法。圆弧因此连接条的设计或结构还可以沿弯曲线的长度而变化，以便适应材料板厚度沿弯曲线的变化。也可选择，沿弯曲线的条构形可以变化或调节成适应非线性负载。尽管并不象本发明的强度和耐疲劳性改进一样重要，但是狭槽或条的构形也可以变化，以便产生不同的与提高强度和耐疲劳性相连的装饰效果。

本发明的板开狭槽系统的不同实施例的另一优点是形成的弯曲或折叠

在内部和外部都相对较尖锐。尖锐弯曲可以使得一个弯曲结构与另一结构进行较强连接。因而压弯机弯曲将有圆角或具有在弯曲处的明显半径。当压弯机弯曲结构与板连接，且施加的力将使弯曲结构绕弓形弯头旋转时，弯曲结构可能与板脱开。这样的脱开可能比当弯曲尖锐时更容易发生，使用本发明的开狭槽方案形成的弯曲将很尖锐。

产生尖锐或卷曲的弯头或折叠的能力使得本发明的方法可用于迄今只用于纸或箔形成的结构，也就是各种折纸或纸张折叠结构。复杂的三维折叠纸结构和用于产生它们的科学或数学是在多个世纪的努力中发展的。这些折纸结构看起来美观，但是不能用厚度大于箔的金属板来形成。因此，原始折叠板通常不能支承较大负载。折纸的典型实例是 Firefly Books, Buffalo, NY 在 2002 年出版的、Dedier Boursin 的“ADVANCED ORIGAMI”和 Sterling Publishing Company, NY 在 2002 年出版的、Kunihiko Kasahara 的“EXTREME ORIGAMI”。因此，本发明使得新的折纸模拟设计成为可能，其中，这里所述的开狭槽和弯曲方法代替折纸术的折叠。

本发明的板开狭槽或开槽工序产生了尖锐的弯曲，甚至使得金属板能够折叠 180 度或返回它自身。因此，可以使用厚度超过箔厚度的金属板来制造很多结构上有趣的折纸结构，且所形成的、基于折纸的结构能够支承较大负载。

另一可能的有趣设计和制造将通过使用本发明的开狭槽构形并结合快速仿形和快速制造来实现，特别是当自动“即拿即装”部件附加使用时。快速仿形和快速制造为公知，并包括使用 CAD(计算机辅助设计)和 CAM(计算机辅助制造)，以便能够进行三维制造。设计师开始于要求的虚拟三维结构。当本发明用于快速仿形时，CAD 软件使得三维结构拉直成二维板，然后确定使板弯曲的狭槽位置，以便产生要求的结构。在使用 CAM 的快速制造中也是这样。其它类型的软件用于执行类似任务。通过选择交错距离和弯曲条宽度而精确弯曲和能够调节弯曲强度的能力使得设计师能够在制造处理中拉直二维板图，然后再通过板开槽或开狭槽和弯曲来进行制造工序，以便产生复杂的三维结构，其中添加或不添加部件。

广泛地，还已知使用高速“即拿即装”自动部件处理技术来将部件装配至用于电子装置的电路板上。这样，装配机器人能够从部件供给装置中拾取部件，然后将它们布置在电路板或基板或底盘上。机器人利用紧固件、钎焊、

插接件等将部件固定在基板上。这样的“即拿即装”装配大大局限于将部件布置在平表面上。因此，电路板必须在完成“即拿即装”装配后布置在三维壳体中。

电子设备壳体通常在部件固定在壳体壁上之后不能折叠或弯曲成三维形状。而且，用于弯曲的现有技术缺乏精度而本发明可以很精确，且需要解决部件或结构对齐的问题。因此，预折叠或弯曲壳体限制了用于将电子部件固定在壳体中的拾取和布置机器人的能力。

还应当理解，在电子用途中，在狭槽之间的条能够有利地用作横过弯头的导电通路，且当形成三维底盘时或者当电路板自身折叠成更密集结构时，能够精确地使得在电路板上的导电通路或部件折叠成对齐。

然而，本发明的设计和制造工序能够精确弯曲，以便布置狭槽，然后通过相对较小力来成形，如图 28A - 28E 所示。因此，壳体能够设计和从平板 821 中切出，且高速拾取和布置机器人用于将部件 C 快速固定在立方体外壳的任意或全部六个壁上，且壳体或部件底盘能够在完成拾取和布置处理后很容易地弯曲成三维形状。

如图 28A 中所示，板 821 有在弯曲之前固定在它上面的部件 C，优选是通过高速机器人技术。板 821 通过激光切割、喷水切割、模切等而形成有合适的切口特征 822、部件接收开口 823、凸片 824 和支承凸缘 826 以及凸片接收狭槽 827。在图 28B 中，板 821 沿弯曲线 831 弯曲，从而使得凸片 824 向外移动。板再沿图 28C 中的弯曲线 832 弯曲，然后沿图 28D 中的弯曲线 833 弯曲至部件 C 上，同时侧部凸缘 826 沿弯曲线 834 弯曲。最后，底盘端部部分 836 沿弯曲线 837 向上弯曲，且凸片 824 插入狭槽 827 内，以便能够将板刚性固定在部件 C 周围的三维电子装置底盘 838 中。

很明显，在弯曲以前大多数情况下将多个部件 C 固定到板 821 上，并在弯曲过程中部件 C 也在不同阶段固定到底盘 838 上并固定到底盘的各表面上。

图 28A - 28E 还表示了使用本发明的板弯曲方法的基本设计工序。支承部件的一种最具有空间效率的方法是将它们安装在板材上。然而，使用普通的板材弯曲技术不能准确弯曲，也不能弯曲成使得板的某个部分恰好置于中间。然而，本发明的弯曲方法由于能够非常精确地布置狭槽而将产生精确位置的弯曲，这样，开口、切口、狭槽、凸片等将在弯曲结构中精确对齐，且

安装的部件和与其它结构的连接也将精确对齐。

而且，精确布置弯曲线和底盘或外壳特征仅是这些优点的一部分。结构自身能够利用相对较低的力来弯曲，甚至通过手动工具。弯曲线的精确位置和较低弯曲力的组合使得有了一种以前只能部分实现的设计技术。该技术包括选择具有要求的功能的部件，将它们定位在要求的装置的空间中。然后，底盘设计成具有将部件支承在合适位置所需的底盘支承薄板部分，例如利用CAD技术。弯曲线定位成产生支承板部分，且底盘拉直成具有所需特征和折叠线的平板，如图28A中所示。

尽管该技术已经在以前的CAD设计文献以及CAD和CAM软件程序中介绍，但是它们并不因此能够有效地广泛应用，而是只用于简单设计，因为不能实现板材的精确、低力弯曲。基于开狭槽的本发明使得这些理论上的CAD或CAM设计技术成为可能的制造技术。现有技术的CAD或CAM设计不能在实际材料上实现与理论CAD或CAM模型相同的精度，因为例如普通弯曲方法不能保持所需公差。本发明可以达到的弯曲精度明显提高了CAD或CAM模型与板材弯曲的实际形状的一致性。

而且，弯曲并不需要在拾取和布置处或快速仿形位置来进行。安装有部件的板能够与形成的部件一起运送，并选择地用作运送过程的衬垫。一旦到达远离设计和切割位置的制造位置，底盘或壳体板将精确弯曲，甚至在需要时通过手弯曲，且弯曲壳体固定成三维结构，同时多个选定部件固定在它的内部和/或外部。

另外，三维底盘和其它结构也可以有其中的面板，该面板通过沿弯曲线的条来安装，以便提供在底盘或结构中的门，用于周期或紧急进入结构内部。因此省略了单独的门铰链组件。

当使用这里所述的板开狭槽或开槽技术的不同实施例时，可以形成非常广范围的产品。不必限制数目，利用本发明的开狭槽和开槽方案可以由板材折叠成以下产品实例：桁架、梁、曲线梁、卷曲梁、梁中梁、外壳、多面体、骨架壁、梁网、包络梁、凸缘梁、中间多件凸缘梁、机械结构物、工艺品和雕刻品、三维折纸结构、乐器、玩具、广告牌、连接模块、包装件、货架、保护性罩壳、平台、桥梁、电力储备箱体、RF屏蔽外壳、EMI(电磁干扰)屏蔽物、微波导管等，这类结构物中的几个例子表示于图12-30和32中。

下面将参考图12、13和14介绍使用本发明的开狭槽工序和狭槽板的弯

曲箱梁。图 12 中表示的材料板 561 有两个弯曲线 562 和 563。弯曲线 562 有在弯曲线 562 的相对侧的多个弓形狭槽 563。更小的弓形狭槽 564 也沿弯曲线 562 定位。狭槽 563 和 564 的总体形状与结合图 11 中所述和所示的狭槽 542 相同，但是狭槽 564 的长度相对于狭槽 563 减小，且看出狭槽 564 定位在凹槽 567 的顶点 566 处，该凹槽 567 布置在材料板的边缘 568 中。由狭槽 563 的纵向相邻端部部分以及狭槽 563 和 564 的纵向相邻端部部分确定的弯曲条 569 基本上有相同构形，然而狭槽 563 和 564 的长度不同。由于弓形段的差异，形状稍微有差别，但是弯曲条 569 的强度和耐疲劳能力沿弯曲线 562 的长度基本均匀。

本发明狭槽 564 的一个优点是它们将包含任何应力裂纹传播，该应力裂纹传播将在凹槽 567 的顶点 566 处产生。由凹槽 567 确定的各叶片或指状物 571 可以弯曲或离开纸面 90 度角，或者如果结构要求也可以是其它角度。中心部分 572 可以保持在图 12 所示的板平面中。

多个狭槽 576 和 577 沿第二弯曲线 563 布置。这些狭槽的端部曲线部分 578 比第一弯曲线 562 附近的圆弧形狭槽更紧密。通常，紧密的曲线形端部 578 并不象用于连接狭槽 563 和 564 的多开口端部分所要求的那样。然而，对于不易受到应力破坏的延展性材料，狭槽 576 和 577 所示类型的狭槽完全合适。还有，在狭槽 576 和 577 之间的差异是在凹槽 567 的顶点 566 处必须使用更小的狭槽。

一旦开出狭槽，板 561 可以沿弯曲线 563 弯曲，这样，叶片 571 可以弯曲成相对于中心部分 572 成 90 度角度。应当理解，通常沿弯曲线 562 和 563 的狭槽将有相同形状，也就是，它们将是狭槽 563 和 564 或者狭槽 576 和 577。还可以是混合狭槽形状，但是如图 12 中混合它们并没有优点。图 12 所示实施例的目的是表示适用于根据本发明弯曲板材的不同狭槽形状。

下面将参考附图 13 和 14 来介绍如图 12 中所示的、使用两个板狭槽的弯曲箱梁的设计和形状。该设计将在 CAD 或 CAM 系统中完成，如前所述，在板 561 中制成的狭槽与在 CAD、CAM 或其它系统的设计程序的布局相同。总体表示为 581 的弯曲箱梁其中一个设计、切割和弯曲的 U 形板 572a 固定在第二设计、切割和弯曲的 U 形板 572b 上。如图 13 和 14 中所示，指状物或叶片 571 向下折叠在指状物或叶片 571b 的外部。在这两种情况下，顶点 566 紧邻折叠线 562a、563a、562b 和 563b。通过使凹槽 567a 能够有增大的

凹槽包角,同时使凹槽 567b 的包角在梁 581 的纵向弯曲区域 582 中减小,这样布置的顶点能够使板弯曲。至少在半径不是极小时板材的中心部分 572a 和 572b 的厚度将适合弯曲且不会褶皱。

折叠的板能够通过铆钉 583 或其它合适紧固件、粘接剂或固定技术例如焊接和钎焊固定在一起。紧固件的开口可预形成如在图 12 中表示为 580。当确切的曲线形状已经在弯曲之前确定或理解时,开口 580 的位置可以精确设置,或者开口 580 可以定位在中心位置,然后用于以后的钻孔来使两个弯曲板沿曲线连接在一起,该曲线在现场确定或形成。

这种曲线形状待定的箱梁的一种用途是在飞机工业中。难以弯曲的 4041 T-6 或 6061 T-6 铝设计成带要求布置的狭槽,然后形成图 12 中所示的有狭槽板。板在现场成形,以便提供箱梁,该箱梁的曲率由需要修理的飞机部分的曲率来形成确定。形成箱梁的两个板进行弯曲,以便装配在飞机的受损蒙皮部分下面,然后,蒙皮安装在弯曲箱梁的中心部分 572 上。

叶片或指状物 571 的弯曲可以通过简单手动工具来进行,或者甚至通过手,且通过使用预先形成的孔 58 作为在折叠板的叶片或指状物中的钻孔引导孔,现场铆接用于保持箱梁的曲率。这样,通过简单的手持电钻和钳子,高强度结构 4041 T-6 铝箱梁能够定制形成并布置为飞机结构部件,用于随后将飞机蒙皮固定在它上面。这甚至能够在战斗状态下进行现场维修,以便使飞机能够飞向能够进行正规修理的地方。

当纵向曲线形箱梁具有预定或已知纵向曲线时,叶片或指状物 571a 和 571b 能够由凹槽确定,其中,指状物在相同平面内相互交叉或啮合。这将产生平滑和没有开口的梁侧壁。

如图 12-14 中所示,纵向曲线形箱梁 681 通过使板材沿直折叠线 562 和 563 弯曲而产生。还可以通过沿曲线形弯曲线开狭槽或开槽而产生纵向曲线形箱梁。

除了上述曲线形梁实施例,由于简单地将弯曲条确定结构沿非线性部分的弯曲线布置而立即了解弯曲结构部件的其它实例。通过沿该弯曲线进行折叠或弯曲板形成曲线形三维结构。

下面参考图 15 和 16,图中分别表示了设计和开出狭槽或槽的材料板以及由该材料板制成的三维结构。板 611 设计成沿纵向延伸折叠线 612 和 613 进行开狭槽或开槽。进一步开狭槽或槽在横向延伸的折叠线 614, 615, 616

和 617 上进行。板 611 的相对侧边缘 618 为圆形，且多个凹槽 619 形成于板的相对侧边缘中。连接凸片或凸缘 621 形成于板的一端，优选是其中有紧固件接收开口 622，该紧固件接收开口将与板 611 的相对端中的开口 623 对齐。图 9 和 10 的实施例中所示类型的狭槽或槽 624 沿折叠线 612 - 617 进行定位。应当理解，在其它实施例中所示类型的狭槽或槽也可以用于本发明范围内。

图 15 中所示的材料板设计成包围柱形部件，例如图 16 中所示的杆、棒或柱 631。通过使板 616 沿折叠线 612 - 617 弯曲，板 611 可以折叠成包围柱形部件 631，如图 16 中所示。板的圆形弓形部分 618 的尺寸设置成有与柱 631 的半径匹配的半径。凹槽 619 封闭，且确定凹槽的边缘相互抵靠，同时折叠线 614 - 617 使得板能够折叠成环绕柱 631 的方形结构。所形成的弯曲三维结构具有多个平面面板 636 - 639，它们提供了能够很容易安装其它部件或结构的抵靠表面。折叠的板 611 可以通过穿过开口 622 和 623 的紧固件而环绕柱 631 固定就位。槽或狭槽 624 的结构使得折叠板 611 成为环绕柱或杆 631 的高强度刚性结构。由于在弓形边缘 618 和柱之间进行干涉配合和/或使用紧固件、粘接剂、焊接、铜焊等，可以将折叠板 611 固定在杆 631 上以防止垂直移动，且组件可以用于多种用途，这些用途解决将各种结构件连接于圆柱形结构件上的问题。图 15 和 16 的实例不仅可能进行装饰包覆，而且是在柱形和矩形件之间的过渡结构件。

本发明设计和制造的有狭槽或槽的板以及方法也可用于设计和形成波纹形面板或台板组件。图 17 和 18 表示了两个波纹形面板组件，它们可以利用本发明的装置和方法来设计和构成。这样的组件在提供高强度-重量比时特别有效，且本发明的板折叠技术很容易适应波纹形板的折叠和提供安装凸片。

在图 17 中提供了安装凸片，该安装凸片能够穿过狭槽延伸，以便使波纹形板与平面板连接，而在图 18 中提供了具有紧固件接收开口的凸片。

在图 17 中，材料板 641 根据本发明的教导沿纵向延伸折叠线 642-647 进行开狭槽或开槽。另外，多个凸片 649 沿折叠线 643、645 和 647 形成。凸片 649 在沿折叠线形成狭槽或槽 651 的同时切入板 641 中。这样，U 形切口 652 形成于板 641 中，因此，当板折叠成波纹形状态时，如图 17 中所示，凸片将向上凸出。当进行折叠以便形成波纹形时，凸片 649 将与垂直方向成一定角度延伸，但是凸片 649 可以通过随后的步骤而从倾斜位置弯曲至接近

垂直的位置，如在 617 中所示。

图 17 中所示的折叠或波纹形板 641 能够安装在第二平面板 656 上，该第二平面板 656 中形成有多个狭槽 657。狭槽 657 的位置和尺寸设置成匹配地接收穿过的凸片 649。当板 656 降低至波纹形折叠板 641 上时，凸片 649 将穿过狭槽 657 延伸。凸片 649 能够与狭槽 657 进行干涉配合，以便将板固定在一起，或者凸片 649 可以弯曲至水平位置或绕垂直轴线扭转，以便将两个板固定在一起。凸片 649 还可以向下弯曲和通过粘接剂、焊接、钎焊等而固定在板 656 上。

也可选择，未示出的第二材料板可以利用在开狭槽或开槽处理过程中由板 641 形成的凸片(未示出)安装在折叠或波纹形板 641 的底侧。该第二板将与板 656 连接所述的方式而固定在折叠波纹形板 641 的底部上。

结果形成可用于多种用途的高强度、耐疲劳和重量轻的波纹形面板或台板组件。

类似于图 17 的波纹形面板组件可以与图 18 的组件连接而构成。折叠波纹形板 661 包括多个折叠线 662 和多个凸片 663。凸片 663 由板 661 以与结合凸片 649 所述类似的方式而形成，只是凸片 663 包括紧固件接收开口 664。另外，凸片 663 向下折叠成接近水平位置，而不是向上接近垂直位置，如与凸片 649 连接所述。在水平位置，凸片 663 可以用于连接其中有紧固件接收开口 667 的第二材料板 666。板 666 定位成使得开口 667 与开口 664 对齐，且紧固件用于将两个板固定在一起。如结合图 17 中所述，第三板可以固定在波纹形板 666 的底部，尽管图中没有表示将凸片 664 固定在波纹形板 61 的底侧。

再有，通过采用根据本发明形成的多个狭槽或槽 668，如上所述，可以制造波纹形台板或面板组件，它的强度非常高，并有良好的耐疲劳性，且重量轻。

图 19-22 表示了能够利用本发明的狭槽板和方法形成的连续波纹形面板或台板的又一实施例。而且，图 19-22 的面板表示了由于能够形成具有较大的负载承受能力的尖锐弯曲或折叠而获得的强度优点。而且，图 19-22 的实施例表示了使用凸片来使得折叠板互锁在高强度三维结构中。

形成波纹形面板或台板的现有技术常常不能获得弦板材料与整个面板材料的要求的高水平或百分比。通常，设置腹板的目的是分离具有实现该目

的所需的最小腹板质量的弦板。I 形梁为辊轧或焊接形式，相对于在它们之间的连接腹板它使用更厚的顶部和底部弦板。本发明能够使一组波纹形结构，它有在提供刚性、坚固、低重量结构方面的设计灵活性，可以由连续卷材制造，以紧凑的卷材形式运输和容易在现场成形。本实施例的互锁特征避免了在拐角处的焊接，在该拐角处焊接特别易于失效。

板材 721 已经利用本发明开出了狭槽，且在图 19 中表示了在弯曲或折叠之前的扁平状态。如图所示，多个基本平行的弯曲线 722 有位于弯曲线的相对侧的、交替的弓形狭槽 723 图案，以便确定沿相对方向歪斜的倾斜延伸条。条 723 可以是例如图 6 或 9 中的狭槽形状。在板 721 中还形成多个凸片 724，这些凸片 724 从狭槽 723 的舌片部分向外延伸，板 721 中还形成有多个键孔状开口 725。开口 725 定位成与凸片 724 对齐。

在图 21A 中，凸片 724 将看成从狭槽 723 横过弯曲线 722 延伸。因此，凸片 724 是狭槽 723 的舌片侧部的延伸部分。键孔开口 725 是在狭槽 723 的舌片侧部的切除或负的凸片，它的形状尺寸设置成接收凸片 724。为了防止凸片 724 的颈部与狭槽相对侧的向上移动面进行干涉，凹槽 730 布置在狭槽 723 的唇缘侧。这样，725 和 730 的整个区域将切除和脱落，或者从板上除去，因此，凸片 724 能够插入凹槽 725/730 中。

在图 20 中，图 19 的平板 721 折叠成连续波纹形面板或台板 726。面板 726 包括腹板部分 727 和弦板部分 728。如面板 726 中所示，弦板 728 在面板的上侧和底侧在面板的整个长度上为首尾相抵的关系，以便提供连续的台板或弦板表面。与并不是所有横向腹板都在面板的上侧和底侧通过弦板连接时的面板相比，该结构使得面板 726 的强度大大增强，例如在弯曲时。台板或面板可以通过添加附加材料板(未示出)而进一步增强，该附加材料板可进一步提高弦板材料质量与整个台板或面板质量的比例，以便达到极好的强度/刚性与重量比。

图 21 更详细地表示了用于面板 726 的弯曲或折叠方案。例如，从端部凸缘 729 开始，腹板 727a 可以向下弯曲，并在弯曲线 722a 处向下返回到面板的底侧。然后，板材 721 在弯曲线 722b 处向前弯曲，且弦板 728a 沿平行于凸缘 729 的面板纵向方向延伸。在弯曲线 722c 处，腹板 727b 弯曲成向上和往回延伸至弯曲线 722a，在该点，弦板 728b 向前弯曲并伸向弯曲线 722b。腹板 727 再在弯曲线 722d 处往回弯曲至弯曲线 722c。弯曲沿面板 726 的长

度继续,以便产生折叠的波纹形面板,其中,在面板的顶部和底部有多个首尾相连的弦板,它们通过连接腹板而分开。对于较高的强度与重量比例,在面板中的弦板材料质量与总体面板质量的比例相对较高。

利用本发明的开狭槽工序能够将板 721 折叠成尖锐或卷曲折叠的能力,使得在腹板 727 和弦板 728 之间的顶点 731 相对尖锐,并定位成邻近相抵关系。如图所示,图 19-21 的面板有相等长度的腹板和弦板,从而产生等腰三角形,其中,各顶点为大约 120 度。应当理解,很多其它波纹形几何形状也同样是可能的。

尽管有多种方式来使得折叠面板 726 固定成三维形状,但是优选方法是利用凸片 724 和匹配键孔开口 725,该键孔开口 725 在形成弯曲狭槽的过程中切入板 721 中。

例如,通过凸片的激光或喷水切割而提供凸片 724a,以便使得狭槽舌片从凸缘 729 向外伸入腹板 727a。当腹板 727a 向下和向后弯曲至弯曲线 727b 时,凸片 724a 保持在凸缘 729 的水平平面中。最好如图 21A 中所示,切入弦板 728b 中并与凸片 724a 对齐的匹配开口 725 将使得凸片 724a 能够定位在开口 725 中。如各凸片 724 有放大头部或端部 734 时,凸片将由它们的匹配开口 725 而锁定或捕获,就象锯齿件可以与相邻件卡住和互锁。该互锁将阻止凸片与面板的顶部和底部平面中的匹配开口分离。凸片和开口的尺寸不需要优选是并不产生干涉配合。

凸片 724 和开口 725 的互锁也沿面板 726 的底侧产生,因此即使没有采用附加固定技术例如粘接剂、焊接、钎焊等,也可以选择使用附加固定技术,折叠面板也将固定成形,如图 20 中所示。

在图 22 中,图 19-21 的板开狭槽和弯曲工序示意表示为用于形成柱形部件 741。腹板 742 和弦板 743 也形成于弯曲线周围,且弯曲线的位置选择为使得在内径 744 上的弦板的长度比在柱体 741 的外径 746 的弦板更短。根据材料的厚度和柱体 741 的半径,凸片和匹配开口可以用于将弦板和腹板锁定成所要求的构形。所形成的柱形结构例如可以用作重量轻和强度高的柱或杆。

在本发明的大部分实施例中,特别是材料板具有较大厚度时,起始弯曲将自动使得狭槽的舌片或凸片部分开始沿正确方向对着狭槽相对侧的面滑动。然而,当板材相对较薄,且狭槽的切口相对较小或为零时,狭槽板的凸

片部分突然将沿错误的方向运动，从而影响弯曲的精度。为了解决该问题，狭槽的舌片部分可以沿一定方向偏压，从而产生可预计的正确弯曲。该方案在图 23 和 24A 中表示。

利用本发明的设计和板开狭槽技术，材料板 681 形成为用于绕弯曲线 682 的平面弯曲。弓形狭槽 683 形成为确定舌片 684，该舌片在板绕弯曲线 682 弯曲的过程中将沿相对面滑动。

在图 23a 中，可以看见材料板 681 绕弯曲线 682 沿向下方向弯曲，如箭头 687 所示。因为舌片 684 向下移动，唇缘 689 的底边缘或拐角 688 将向上翻折并与舌片的面 690 啮合，以这种方式将使得边缘 688 沿面 690 滑动。在弯曲线 682 各侧的边缘 688 将向上移动，以便在向下的预设舌片 684 上滑动，这样，在弯曲工序过程中，绕弯曲线 682 弯曲将可预计地使边缘产生以要求方向沿舌片的面滑动。

当板 681 形成为例如利用冲压工序来进行弯曲时在工序中刀形成狭槽 683，冲压模具也可能使得舌片 684 在弯曲线的侧部沿向下方向塑性变形。在弯曲过程中也将产生边缘 688 沿面 690 在合适方向进行可预计的滑动，这样，在弯曲线相对侧的实际支点将产生沿与弯曲线 682 对齐的虚拟支点的精确弯曲。移动的舌片也将给操作人员关于正确弯曲方向的提示。

尽管本发明的很多用途要求 90 度弯曲，但是一些用途将要求弯曲成其它角度。本发明的装置和方法能够适应该弯曲，同时还保持完全边缘对表面接触的优点。在图 24 中表示了弯曲大约 75 度。

如图所示，材料板 691 形成有狭槽 692，该狭槽切成与板 691 的平面为大约 75 度的角度 α 。(在弯曲线 693 另一侧的相应狭槽也切成 75 度角，但是沿相反方向歪斜，且为了清楚并没有图示)。当向下弯曲时，唇缘 695 的底边缘 694 向上翻折并滑动至舌片 697 的面 696 上。一旦弯曲达到 105 度或者是狭槽角度 α 的补角，板近侧边缘 694 的底表面 698 将与舌片的面 696 共面并均匀支承在舌片的面 696 上。

目前市场上的大部分激光切刀的功率都能够切割供给它的塑料和金属板。然而，市场上也有以卷材供给的激光切割设备，但是目前有的这种设备并不将切割后的材料卷绕回卷材。因此，卷材至卷材的激光切割设备并没有使用或可在市场上获得。

在本发明中，卷材供给切割与卷绕机构组合的优点是非常大的，或者非

常复杂的、富含信息的结构可以在 CAD 中设计、进行切割，然后这些预加工的结构可以重新卷绕成紧凑形式。一旦处于卷绕的紧凑形式，它们可以在平板卡车或火车车厢上更方便地运输，或者发射至外层空间中。当到达使用位置时，开卷材料并沿所示弯曲线进行弯曲或折叠，并由切入金属或塑料板中的弓形狭槽和倾斜条来进行结构支承。

本发明的板开狭槽或开槽装置可以以至少三种方式包含在卷材至卷材的工序中。在工业上广泛应用多种平板激光切刀。第一方法在平板激光切刀的一端使用卷材，激光切刀在中间，用于重新形成局部切割材料卷的缠绕辊在后面。用手使材料通过系统前进，且销或边缘凹槽对齐零件切入平整的板中。通过使切割零件与安装在激光切刀板上的夹具进行物理接合，板在 X 轴和 Y 轴上对齐。这样，发生一件件地前进，包括本发明的狭槽辅助弯曲零件的对齐。该新颖性在于具有开卷和卷绕材料的对齐系统与应用能够产生较低力、精确定位、高强度的弯曲或折叠结构的本发明切割弯曲零件进行组合。

第二方法是利用已知的动力开卷、停止、切割和动力重新卷绕技术使材料卷前进通过激光切刀。

第三方法如图 25 中所示。它使用平滑、连续的腹板输送，同时进行开卷和重新缠绕。板材 701 从供给卷 702 上开卷，且控制 CNC 切刀 703 的运动和/或光学系统，以便补偿材料 701 的卷绕波动。CNC 切刀 703 可以是激光切刀和喷水切刀，它形成和控制成将要求的狭槽图案切入板 701 中。在切割后，板 701 缠绕在材料卷 704 上。

因为卷绕板材堆通常有卷绕产生的卷曲，因此可以选择在开卷材料卷 702 之后使用压平步骤或压平装置 706。板材 701 可以通过夹辊 707 以及在材料卷 702 和 704 处和在辊 710 处的驱动马达而驱动通过处理线。

以前并没有使用卷材至卷材工序的一个原因是当连续层缠绕在材料卷 704 上时，切除零件的边缘或轮廓将互锁和卡住，特别是当本发明的较低力的狭槽辅助弯曲零件有可折叠凸片或折片时。重新卷绕材料 701 的动作将使得切割凸片或折片与缠绕材料卷相切地延伸。可以用两种方法来解决该问题。一个是当重新缠绕金属和其它刚性材料卷时使用薄的、容易去除的垂片，具有本发明的较低力折叠零件的这些材料将从重新缠绕的材料卷切向伸出。第二方法如图 25 中所示，即将聚合物腹板 708 共同缠绕在材料卷 704 上。腹板 708 将较坚韧和不容易穿刺而且很薄。聚丙烯和聚乙烯是两个有用的实

例。

用于增大卷材至卷材工序系统的输出的一个技术是使用激光切刀 703, 该激光切刀 703 有多个激光束, 用于切割本发明的狭槽辅助的较低力弯曲零件。可折叠箱梁例如图 12 中所示需要多个弯曲辅助弓形狭槽, 这些弓形狭槽在要求的弯曲线周围平行于材料卷缠绕方向地布置。例如多个纤维激光器机械地连接在一起, 且它的运动控制器是单个连接机械系统, 且单个运动控制器能够同时产生所有平行弯头, 而具有独立促动系统和运动控制器的其它激光器能够制造所有其它切割零件, 例如有凹槽的边缘。

上述三个卷材至卷材工序系统的方法和装置与本发明的低弯曲力、高强度弯曲特征组合, 能够形成一类产品, 从梁到楼梯, 到建筑物的柱和接头系统, 当需要紧凑储存或以卷绕形式输送时进行卷绕, 随后开卷和折叠成确定尺寸, 并提高结构完整性。该技术可用于空间、军事上、工商业和居住建筑业中以及很多其它工业, 其中, 当部件已经处于装配状态时将材料运送至现场的成本和劳力都过于昂贵和困难。

也可选择, 图 25 的卷材至卷材工序线也可以包括一对硬工具模切切刀 709。使用凸形和凹形压模形状冲压出弓形狭槽和脱落零件, 模具切刀也可以是板, 并应用材料增加处理技术, 但最优选是, 它们是硬工具旋转模具 709。

用于制造卷绕-缠绕折叠结构的 CNC 切割方法的优点是容易将非重复的特征编程输入切割工序。硬工具冲压或旋转模切方法的优点是无论间歇还是连续重复零件特别是弓形狭槽能够高效地制造。

产量高和灵活性好的最大效益是用 CNC 切割与硬工具冲压/模切组合来产生联机系统, 它具有位于开卷和重新卷绕步骤之间的成形步骤。在组合系统中, 如图 25 中所示, 各成形工具发挥它自身的优点。

图 25 表示了用于形成三维结构的方法, 该三维结构特别在远离结构进行开狭槽和/或在弯曲之前局部装配的地点的位置使用。一种特别有意义的用途是在外层空间中制造三维结构。目前, 这样的结构在外层空间中从三维模块进行装配; 它们通常并不在外层空间中实际制造。空间装配的问题是模块在轨道空间运输工具的有效负载中需要不合适的容积量。因此, 在外层空间中进行制造的一个问题是, 形成高强度三维结构所需的工具过于大和笨重。在空间中进行装配的另一问题可能是零件和紧固件的数目太大。一方面, 笨重且几乎完整的模块被发射和紧固在一起。另一方面, 未装配模块的包装零

件和紧固件的数目非常大。

在图 26 中表示了板材 341 卷 339，它设计并提供有在两个弯曲线 345 上的狭槽或槽。板 341 也形成有开口 346 和凸片 348，它们分别周期性地定位在相对板边缘附近。如图所示，狭槽 343 可以有利地采用图 6 中所示的构形。应当理解，材料卷 339 是板材输送的高度紧凑结构。板 341 可以在有无限制造设备例如使用图 25 中的卷材至卷材加工线的、地球上的工厂中形成有狭槽 243、开口 346 和凸片 348 以及其它要求的结构零件。然后，卷绕板再通过空间运输工具输送至外层空间位置。板 341 可以从材料卷 339 中开卷，且当开卷时或者开卷后，板可以使用手动工具或轻微动力工具制造成三维结构。该制造这样实现，即通过沿弯曲线 345 弯曲板和通过使凸片 348 弯入开口 346 中以便将板锁定成三维结构，例如三角形梁 350，如图 26 的右手侧所示。

如图 26 中所示，结构 350 是具有三角形截面的细长梁，还能够与其它结构连接，以便产生复杂的三维空间结构和居住舱。当使用本发明的板弯曲狭槽结构时，在狭槽 343 图案中产生的各弯曲优选是包括板材的边缘对表面支承，这使得弯头能够承受很大负载。显然，其它梁和结构形状，例如图 13 和 14 的箱梁、图 20 的台板或图 22 的柱，也可以通过沿具有上述类型狭槽的弯曲线进行折叠来制造。

而且，使用本发明的开狭槽和开槽方法和装置保证精确定位板 341 的相对边缘以及开口 346 和凸片 348，以便使结构 350 关闭。当形成的结构需要流体密封且使用了狭槽时，通过狭槽 343 产生的弯头可以充满粘接剂或以其它形式填充，例如通过焊接或钎焊。还可以提供很多其它封闭结构或紧固方案，包括沿板 341 的抵靠边缘焊接和使得板的边缘与侧壁交叠以及使用凸片和/或紧固件。

图 27A - 27G 表示了另一种形式的箱梁，即交叉支承或自支承箱梁，它表示了本发明的装置和方法的灵活性。

材料板 801 在图 27A 表示为沿弯曲线 802 和 803 形成狭槽。另外提供有多个横向狭槽 804，它们用于提供梁的交叉支承板部分 806。使板 801 弯曲成图 27G 所示的自支承箱梁 807，其顺序表示于图 27B - 27G 中。

首先，具有交叉支承板部分 806 的板的一侧可弯曲至图 27B 的位置。然后，板沿弯曲线 803 进行弯曲，以便产生图 27C 的交叉撑板 806。板 801 再

绕弯曲线 802a 弯曲至图 27D 的位置。板在图 27E 和 27F 中绕弯曲线 802b 和 802c 弯曲, 最终, 侧部凸缘 805 向上弯曲, 且板绕弯曲线 802d 弯曲, 以便产生图 27G 的梁 807。紧固件可以布置在开口 808 和 809 中(该开口 808 和 809 在板 801 中形成对齐关系), 例如铆钉或螺钉, 并能够用于将侧部凸缘 805 固定在箱梁的其余部分上, 以便产生不会弯曲或展开的结构。梁 807 可以看见在它的中心卡住或捕获沿梁延伸的 X 形交叉梁排列, 以便使它的强度大大增强。因此, 利用本发明的方法可以由单个材料板设计和形成强度/重量比极高的内部支承箱梁。

作为可以在使用本发明的装置和方法形成的多种不同结构上添加的可选择步骤, 防护拐角或护角板 810(图 27G)可以安装在弯曲拐角 802 上, 以便进行平滑和/或装饰性的拐角处理。因此, L 形护角板 810 可以加在梁 807 上, 如箭头 820 所述, 且通过例如粘接剂或紧固件而固定就位。护角板 810 可以是金属化塑料, 或者甚至可反射, 以便产生装饰效果, 并提供冲击防护, 且平滑和/或密封拐角弯头。护角板 810 甚至可以环绕梁或其它三维结构。安装护角板可以帮助使负载横过弯头传递。

在图 27A - 27G 的交叉支承箱梁 807 中, 交叉支承板部分 806 弯曲成“X”形状, 然后捕获或卡在折叠梁中, 以便提供内部支承。支承具有在不同平面中的相邻壁的结构, 的另一方法是使用摆出板部分。

图 34A - 34E 表示了另一箱梁中使用摆出板支承, 该箱梁也由一定图案的减轻重量切口。在图 34A 中, 板 811 利用本发明开有狭槽, 并有多条弯曲线 812。板 811 进一步切割或冲压成有切口或减轻重量开口 813。另外, 为了提供梁的折叠壁的支承, 提供有多条摆出板部分 814, 它们可以绕弯曲线 815 弯曲。

在图 34B 中, 摆出板 814 环绕弯曲线 815 折叠或板 811 平面摆出, 而在图 34C 中, 板的外边缘 816 环绕弯曲线 812 弯曲成垂直方位。在图 34D 中, 板 811 的一侧壁部分 817 再环绕弯头 812 弯曲, 且在图 34E 中, 另一侧壁部分 817 环绕另一弯曲线 812 弯曲, 以便完成箱梁 818。

最后的弯曲步骤, 即从图 34D 的形状弯曲成图 34E 的形状, 使得边缘部分 816 交叠, 并使得摆出板 814 交叠。边缘 816 和摆出板 814 都可以提供有紧固件接收开口 819, 因为当采用本发明的边缘对表面弯曲技术时有很高的精度或精确性, 因此当梁折叠成图 34E 的状态时, 该紧固件接收开口 819

将对齐或交叠。这样,紧固件例如铆钉或螺钉(未示出)可以插入开口 819 中,以便将边缘 816 固定在一起和防止梁 819 展开,并将摆出板 814 固定在一起,以便在相互垂直的梁壁之间提供支承和提供横过梁的支承。显然,摆出板的数目可以从图中所示的数目增加,且使用摆出板来支承在不同平面中的相邻壁可用于除了箱梁以外的很多结构。

下面参考图 29 和 30,图中表示了能够通过本发明弯曲的较低力板的优点。在图 29 中,材料板 841 表示为具有多个弓形狭槽 842,这些弓形狭槽 842 以上述方式沿弯曲线形成。由板 841 形成的箱 843 可以使用较低力的技术很容易地完成。

板 843 可以布置在模具 846 的开口 844 上面,且箱的四侧 847 同时弯曲至竖直位置。可以使用促动器驱动柱塞 848,或者真空源连接成通过导管 849 向模具 846 施加真空。几乎不需要将板 841 夹持在模具 846 上;只需要定位板 841,因此弯曲线与模具中的开口 844 成匹配关系。这例如可以通过在靠近开口 844 拐角的顶表面上提供指示销(未示出)来实现。指示销将在板 841 的侧部 847 之间的顶点处与板 844 啮合。

根据弯曲的材料和它的厚度,在导管 849 中的负压将足够将板 841 拉低至模具中,并因此使侧部 847 向上弯曲,或者对于更厚板和更坚固的材料,柱塞 848 也可以用于进行弯曲。

箱 843 例如可以用作较小电路板的 RFI 屏蔽,例如在手持电池电话中常用的电路板,并通过现有技术的连续模具冲压来制造。连续模具冲压的优点是可以获得足够的精度,且它适合低成本批量生产。然而,面对市场上的产品的快速变化,需要新的屏蔽设计,这要求频繁更换硬加工工具。这从产品在市场的发展寿命来看特别成问题,其中在选择最终设计之前有很多变化。依赖硬加工工具的另一困难是正式全面生产必须等到可获得硬加工工具。这可能要等待 8 周,在产品迅速变化和寿命很短的市场上,这个时间太长。连续模具冲压的还一问题是为了检查和维修必须接近下面的部件。当一批芯片中的大部分有问题而需要修理时,使用低型面防护墙的两件式 RFI 屏蔽单元钎焊至电路上,并以干涉配合而象“鞋盒盖”一样覆盖它。这样的缺点是较低的防护墙将一些水平“地产(real estate)”从电路板上取走,且制造两件总是比制造一件昂贵。可通行的另一现有技术方案是在屏蔽盖中使用一排圆形穿孔,该屏蔽盖能够切割,以便使得该区域可沿一侧向上铰接。

该穿孔的门产生了可能的一些 RFI 泄漏, 且很难切割和重新密封该盖。

图 29 的箱 843 表示了使用本发明来解决前述问题的方案。使用弓形狭槽辅助弯曲方法制造的 RFI 屏蔽可以在没有硬加工工具的情况下使用 CAD 系统进行设计和使用 CNC 切割处理例如激光切刀来快速仿形。通过手动工具或图 29 的制造设备可以快速地折叠成所需的形状。

通过激光切割获得进入市场所需的初始生产量, 从而可以立即实现从过渡至正式全面生产。用于冲压所述几何形状所需的偏压舌片-凸片的低成本冲压工具可以在正式生产阶段首先通过 CNC 切割方案来提供。这样, 与等待制造连续腔模的目前实际情况相比能够降低设计、过渡阶段和生产的成本。

本发明的另一优点是用于维护其中的部件的内置进入门。通过切割由狭槽 842 确定的、绕屏蔽件 843 的三侧的条, 并切开已经钎焊在电路板上的低型面矩形盒 843 的边缘 850, 盒 843 的面板 840 可以翻转 90 度, 以便能够临时进入维修。当维修完成时, 盖或面板 840 可以再次关闭和在拐角处重新钎焊。适用于 RFI 屏蔽的大部分金属合金能够在铰接条失效之前这样进入 8 次或更多。

在图 30 中表示了一系列步骤, 其中, 根据本发明开有狭槽的板 861 可以利用气囊或真空抓爪而形成一个盒。

板 861 在图 30 的左侧表示为扁平形式。实际上, 板 861 是两个相同的板, 这两个板在板侧部 863 的外边缘处在弯曲线 826 处连接在一起。板 861 可以以基本扁平状态如左侧端所示进行运送, 且在使用位置鼓起成三维盒 865, 如右手侧所示。这样现场形成的盒 865 可以使用气动或液压而很容易地实现, 因为板 861 的弯曲只需要很小的力来使倾斜弯曲条弯曲。

一种弯曲技术将采用抽吸或真空抓爪 864, 如箭头 866 所示, 使真空抓爪向下运动成与板 861 的平面中心板部分 867 接触。真空施加在抽吸抓爪 864 上, 然后抓爪分开, 如箭头 868 所示, 直到盒 865 完全扩张, 如图 30 的右手侧所示。

另一方法是将可膨胀气囊 869 插入稍微扩张的盒中, 如箭头 871 所示。该插入可以在运送之前进行或者在现场进行。气囊 869 再通过气动或液压工具膨胀, 盒逐渐扩张或弯曲, 直到图 30 的右手侧所示的状态。

可以通过在拐角 872 处焊接、钎焊或粘接剂固定侧部面板 863 而将盒 865

固定在图 30 的右手侧所示的结构中。

本发明的高精度弯曲或折叠处理的还一优点是在制造较低力的高精度弯曲结构的同时可以将几何信息嵌入平面材料中。该信息可以以非常低的成本而准确和可预计地转变成预期 3D 空间关系。

过去，符号和几何规定一直用于传递关于结构装配的信息。本发明的一个方面是在使板材形成有弯曲狭槽或槽的同时，弯曲或折叠信息可以给予板材的扁平部分。也可选择，折叠指示可以通过辅助工序例如印刷、贴标签或者标记而给予扁平部分。另外，信息可以以扁平形式嵌入，它将指导类似精度弯曲结构的装配工序，或者与非折叠现有技术和未来制造方法形成的部件邻接。

例如，连续预制壁可以由单个材料板形成，该板材折叠成具有折叠立柱的顶部和底部拖梁。所有预期的窗户、门和电箱都可以作为物理几何信息而嵌入扁平部分中，用于随后折叠和装配成建筑物。可以形成一种规定，即在结构中的圆形孔表示以后穿过孔的电导线。圆角方形孔可以表示穿过壁的热水管。这样，零件不仅位于扁平部分中，而且它非常准确地转变成正确 3D 关系，最后，这些规定传递给与建筑物的建造不相关的商人，这些商人的活动与该结构相关。而且，这些信息的传递预先考虑了商人的活动，因此当他们使基础结构穿过建筑物时不需要改变和修理该结构。

图 32A - 32E 表示了立柱壁的一个实例，它可以利用本发明的板弯曲方法而由单个材料板折叠形成。在图 32A - 32E 中并不试图表示开口等，这些开口精确定位和形成为传递信息，但是在板开狭槽工序中可以精确定位这些数据。还应当理解，图 32E 的折叠板可以是具有与拖梁连接的立柱的立柱壁，或者是有与侧部杆连接的横档的梯子。

参考图 32A，材料板 901 已经沿多个弯曲线开出狭槽，以便能够形成立柱壁或梯子结构。狭槽如本文所述已形成和定位。

在图 32B 中，最终立柱或梯子横档 903 的侧壁部分 902 沿弯曲线 904 从平板 901 向上折叠。下一步骤是沿弯曲线 907 向上折叠附加端壁或阶梯部分 906，如图 32C 中所示。在图 32D 中，拖梁或梯子杆 908 沿弯曲线 909 向上折叠，且最后在图 32E 中，拖梁/杆 908 再沿弯曲线 911 进行折叠。该最后折叠使得拖梁/杆 908 中的开口 912 以对齐关系重叠在立柱/横档 903 的侧壁 902 的开口 913(图 32D)上。紧固件例如铆钉或螺钉可以用于将拖梁/杆 908

固定在立柱/横档 903 上, 并因此将组件固定成承受负载的三维形状 914。

当用作梯子时, 杆 908 垂直延伸, 同时横档 903 水平。当用作立柱壁时, 拖梁 908 水平, 立柱 903 垂直延伸。应当理解, 横档/立柱和杆/拖梁也可以根据用途适当地改变尺寸。

如上所述, 本发明的开狭槽工序和狭槽板的大部分用途需要使多个狭槽以偏离关系沿要求的弯曲线的相对侧布置。该方法将产生最准确或精确的板材弯曲, 因为将有两个相对和间隔开的实际支点, 这两个实际支点将使得虚拟支点精确定位在实际支点之间并在要求的弯曲线上。

尽管弯曲精度将有非常小的损失, 但是本发明的技术也可以使用单个狭槽, 且弯曲条设置成使得材料板沿弯曲线产生弯曲, 同时板部分产生横过狭槽的边缘对表面啮合。图 35 和 36 中表示了这样的单狭槽弯曲。

在图 35 中, 材料板 941 表示为已经开出狭槽, 用于弯曲成轮辊机壳体, 该轮辊机壳体总体以 942 表示, 如图 36 中所示。板 941 包括狭槽 943, 用于使耳状物 944 绕弯曲线 946 进行弯曲。如图所示, 在弯曲线 946 的、与狭槽 943 相对的一侧没有狭槽。然而, 耳状物 944 包括两个凸肩 947, 他们与狭槽 943 的弓形端部 949 一起确定弯曲条 948。还可以理解, 弯曲条 948 的中心轴线 951 以相反歪斜方向相对于弯曲线 946 倾斜。

当耳状物 944 向页面内弯曲时如图 35, 倾斜条 948 将弯曲和扭转, 同时, 将在狭槽 943 的耳状物侧的唇缘 952 向上拉动成与在狭槽的本体侧的舌片 953 的面啮合。这样, 由于正确尺寸和形状的倾斜弯曲条 948 而再次产生滑动的边缘对表面啮合。

板 941 有其它弓形弯曲狭槽实例, 它们与板的局部相对狭槽或边缘组合, 以便提供将产生边缘对表面弯曲的弯曲条。例如, 对于弯曲线 956, 狭槽 943a 的一端 949a 与具有弓形端部 958 的部分狭槽 957 相对, 该弓形端部 958 与弓形端部 949a 组合以便确定倾斜弯曲条 948a。在狭槽 943a 的相对端, 弓形边缘部分 959 与弓形狭槽端部 949a 组合, 以便确定另一相对歪斜条 948a。

条 948a 的形状导致产生绕弯曲线 956 的边缘对表面弯曲。

狭槽 943b 形成为狭槽 943a 的镜像图形, 具有弓形边缘和局部狭槽, 它们配合确定倾斜弯曲条 948b。类似的, 狭槽 943c 与边缘和局部狭槽配合, 以便确定保证边缘对表面弯曲的倾斜弯曲条 948c。最后, 狭槽 943d 与狭槽部分 960 配合, 以便确定倾斜定向的弯曲条 948d。

图 35 中所示的本发明单狭槽实施例的装置和方法在使弯曲定位于要求的弯曲线上的精度稍微低,但是精度的损失对于很多用途并不明显。在图 36 所示的结构中,用于辊 962 的轴 961 穿过开口 963、964 和 965(图 35),当板 941 弯曲成图 36 的三维壳体 942 时,这些开口 963、964 和 965 必须对齐。因此,单个狭槽实施例产生的弯曲仍然有足够精度,以便使开口 963、964 和 965 能够对齐成在千分之几英寸之内,用于使轴 961 穿过插入。

在图 37 中表示了与本发明的开狭槽工序和装置相关的弯曲线终止或边缘相应。材料板 971 表示为有五个弯曲线 972-976。狭槽 981 沿弯曲线形成于板中,如上所述。当设计狭槽布局时将考虑板 971 的边缘 982,因为它将影响狭槽的位置。

在弯曲线 972 上,狭槽 981 有给定的长度和间距,这样,局部狭槽 981a 开口至材料板的边缘 982。这是一种可接受的弯曲线终止方案。在弯曲线 973 上,局部狭槽 981b 也开口至边缘 982,但是该局部狭槽 981b 足够长,以致于包括弓形端部 983,因此存在与弯曲条 986 相对的弯曲条 984。还可以看出,狭槽 987 有横过狭槽延伸的矩形开口 988。开口 988 在狭槽 987 的中心部分中,因此将不会明显影响弯曲条 984 或 986,也不会影响边缘对表面弯曲。

在弯曲线 974 上,狭槽 981c 有弓形端部 989,该弓形端部 989 与倾斜边缘部分 991 一起确定了倾斜弯曲条 992。狭槽 981d 和边缘部分 993 也表示了类似几何形状。利用板的边缘来局部确定弯曲条也在图 35 的狭槽中使用,如上所述。

最后,在弯曲线 976 上,弓形边缘部分 994 与狭槽 981e 的弓形端部 996 配合,以便确定条 997。这样,边缘部分 994 需要这样的狭槽布局,即使得狭槽 981e 从狭槽 981d 的方向倒转,并表示了狭槽的有限特性需要在布局狭槽时考虑边缘效应。在大部分情况下,狭槽长度可以稍微调节,以便产生要求的弯曲线终止或边缘效应。

在本发明的还一方面,如图 31 中所示,提供了一种用于形成三维结构的方法。第一步骤是设计三维结构。它包括使设计成像的初始子步骤 370a。一旦形成概念,设计通常并不必须前进至步骤 370b 或 370a,其中进行 CAD 或计算机补充设计。选择材料板和它的厚度的步骤 371 可以选择在 CAD 设计步骤 370b 和 370c 之前或过程中来进行。

如图 31 中所示, CAD 设计步骤 370b 和 370c 可以包括多个可选子步骤。这样, 常用方法是子步骤 370b1, 其中在 3-D CAD 中形成概念设计, 然后进行展平。也可选择, 在步骤 370b2 中, 通过连续弯曲板凸缘或板部分而建立设计。人们还可以在 2-D 中设计, 并表明或定位各弯曲线, 这是子步骤 370b3。布置正确或最佳设计的本发明狭槽或槽可以在步骤 370b4 中通过软件进行, 或者在步骤 370b5 中人工进行。

本发明的设计工序还可以在子步骤 370c1 中根据在多个存储的设计和/或部件中进行选择, 通常通过计算机或 CAD 软件程序。然后, 当需要变化时 CAD 系统可以在子步骤 370c2 中改变选定部分, 以便获得新的或要求的设计。最后, 在子步骤 370c3 中, 部件通过软件而展开成扁平状态。

一旦完成设计, 下一步骤是开狭槽或开槽步骤 373, 优选是通过使用 CNC 控制来驱动板材开狭槽装置。这样, 在子步骤 373a 中, 表示扁平部分和设计狭槽或槽的数据从 CAD 或 CAM 系统传送给 CNC 控制器。控制器再控制切割和制造设备的开狭槽和其它成形步骤。因此, 在子步骤 373b 中, 扁平部分利用添加(模制、铸造、立体印刷)或去除(开狭槽、切割)或切除(冲压、压制、模切)制造技术。

也可选择, 形成的平板也可以进行这些步骤, 例如表面处理 373c、以及储存 373f, 部件 737d 的固定、测试 373e4 通常在扁平或卷绕状态。

经常, 运送步骤 375 将在板材在步骤 377 中弯曲或折叠之前进行。狭槽板材以扁平或卷曲状态从制造位置传送至远处弯曲和装配位置。

弯曲或折叠 377 是精确和较低力的。对于大部分结构, 弯曲沿多个弯曲线进行且常常连续直到板的两个部分相抵, 在该点, 它们可以在板的抵靠部分处连接在一起, 以便在步骤 379 中产生刚性承受负载的三维结构。也可选择, 结构可以通过包封步骤而固定成三维、承受负载的结构, 该包封步骤通过包围它而将折叠部件连接在一起。

包封可以采用至少三种方案。在本发明中, 折叠角度并不由形成它的狭槽的几何形状来表示。(然而对于特殊折叠角度, 可以使用狭槽倾斜角来影响边缘对表面啮合的最大接触面积, 如图 24 中所示。)各折叠的角度通常由至少三个互锁平面来确定。在一些情况下, 没有互锁三个正交独立平面的可能性, 因此需要确定限制旋转角度的可选择方法。一种方法是参考已知角度关系的结构来折叠该结构, 并通过粘接剂、铜焊、焊接、钎焊或者在折叠的

内侧或外侧安装结构护角板的方法来将该角度锁定就位。另一方法是使用限定角度形状的内部结构，并绕它来使结构弯曲，也就是包围内部结构。该第二方法参考图 31 的设计和制造工序，附图标记 376a、b。在包封的实施例中，内部部件可以留在其位(376b)，或者在一些情况下，它只帮助折叠工序，并随后取出(376a)。

包封另外用于捕获，它通过将部件或模块折入或包封至另外结构中而使本发明的折叠板结构与可以由本发明形成或者可以并不由本发明形成的功能部件对接在一起。例如，图 16 表示了在本发明的包封特征(376b)的多个“捕获”可能性之一。这样，柱 631 由折叠板 611 包封。

当在两个或多个本发明的折叠板结构的模块之间进行连接时，或者在两个或多个包括至少一个本发明的折叠板结构的部件之间进行连接时，也可以进行另外一种包封。在本发明的平面材料中形成的特征的三维位置精度结合外壳的包封特性或者连接工序，将使多个零件连接在一起的方法具有很高的成功率，这不需要二次切割和装配调节。这是本发明所特有的能力，能够对齐紧固特征，例如孔、凸片和狭槽。它是通过包绕而连接在一起的方法。

本发明的工序还可以包括迭代步骤 380。利用本发明方法能够低成本地创造三维零件，这使得设计师能够在生产设计之前享受超前设计的乐趣。

本发明的基于狭槽的弯曲方法和装置能够有很高的弯曲公差精度。可以利用 CNC 机器控制例如激光器、喷水切刀、挤压或冲压模具来以极高精度布置初始狭槽，且产生的弯曲将定位在 ± 0.005 英寸的公差内，同时以宏观部件进行加工。这至少与使用压弯机和高度熟练操作人员所获得的一样好或者更好。使用冲压模具的一个附加优点是该模具能够是楔形的，以便横向或沿切口宽度方向压缩狭槽。这将在狭槽处局部压缩板材，用于更好地耐疲劳。当设计成在弯曲过程中产生边缘对表面基础的切口宽度时，也必须考虑该横向压缩。还可以在激光或喷水切割后通过楔形冲压模具进行狭槽的横向压缩，以便提高耐疲劳性。

而且，当使用本发明的弯曲方案是，公差误差不会积累，而当使用压弯机时其误差将积累。也可选择，狭槽或槽可以铸造或模制成材料板，或者铸造三维部件，该三维部件有需要折叠的板状延伸部分或折片。

当加工接近微观尺寸的材料时，可以使用通常在微电子和 MEMS 领域中采用的其它成形方法，例如电子束印刷和蚀刻，以便非常精确地获得本发

明的几何形状。

也可以不操作激光束(或材料板)来产生弯曲狭槽或槽,这种梁也可以选择控制或形成要求的外形,并在梁不运动的情况下切割槽或狭槽。这时的功率要求使得它最好用于较轻的金属板或塑料板。

本发明方法的制造技术还可以包括一些步骤,例如去除狭槽或槽的毛刺、溶剂蚀刻、阳极化、表面防腐处理以及施加柔顺涂层,例如漆、聚合物和各种填缝化合物。

由上述可知,本发明用于精确弯曲板材的方法的另一方面包括沿着和靠近弯曲线形成多个纵向延伸狭槽或槽的步骤,这些狭槽或槽沿延伸方向轴向间隔开,从而确定了一对纵向相邻狭槽之间的弯曲条腹板。在一个实施例中,各纵向延伸狭槽由纵向延伸的狭槽段形成,这些纵向延伸的狭槽段通过至少一个横向延伸的狭槽段连接。在第二实施例中,狭槽或槽为圆弧形或者有端部部分,该端部部分从弯曲线发散以便确定弯曲条,该弯曲条优选是相对于弯曲线倾斜,且宽度增加。在这两个实施例中,弯曲条能够产生绕虚拟支点的弯曲,因此在槽的相对侧的材料形成边缘对表面啮合。在本发明的范围内,弯曲条腹板和狭槽或槽的数目和长度也可以变化。弯曲条的宽度或截面面积以及条的横向发散也可以独立于在狭槽之间的横向间距而变化。本发明方法的附加步骤是基本沿横过弯曲腹板的弯曲线使材料板弯曲。

本发明的方法能够用于各种板材。它特别适合用于金属板材,例如铝或钢,它可以有较大厚度和各种韧度(例如2英寸碳钢、具有T6韧度的6061铝、某些陶瓷和复合材料)。然而,某些类型的塑料或聚合物板以及可塑性变形复合材料板也可以使用本发明的方法进行弯曲。这些材料的特性是相对于给定温度,对于特殊材料可能需要使温度变化以便适应本发明的方法。本发明的方法和所形成的狭槽材料板特别适合在远离狭槽或槽形成装置的位置处进行精确弯曲。而且,弯曲可以在不使用压弯机的情况下精确地产生。

板材也可以用压弯机来弯曲以及开出狭槽或槽,用于以后由制造者弯曲。这使得板材可以以扁平或嵌套结构运送,以便在远离制造现场的地方弯曲以便完成外壳。压弯机进行的弯曲可能比未增强狭槽的弯曲更坚固,因此,两者的组合能够用于提高所形成的产品的强度,且压弯机弯曲可以沿例如板边缘定位。狭槽或槽的弯曲只能够局部弯曲成稍微向外开口,这样,这些板仍然可以嵌套运送。

弯曲产品有交叠的边缘对表面啮合和支承。这提高了产品产生来自各个方向的负载的能力，而不会使弯曲条产生明显应力。当需要更大强度时，或者由于装饰原因，弯曲板材还可以例如通过沿弯曲线进行焊接或另外安装护角板或弯曲板而进行增强。应当理解，形成基本零切口的狭槽的一个优点是弯曲板有沿弯曲线的更小穿过开口。因此，几乎不需要为了装饰原因而沿弯曲线进行焊接或填充。

应当理解，尽管这里表示了直线形弯曲，但是也可以实现弓形弯曲。用于产生曲线形弯曲线的一种技术如图 33 中所示，即沿曲线形弯曲线布置相同的条确定结构，这样，虚拟支点落在要求的曲线形中心线上。

板 931 已经开出了相同狭槽 932，该狭槽 932 定位在曲线形弯曲线 933 的相对侧，且该板 931 已经折叠成波纹形面板。狭槽 932 表示为具有与图 6 的狭槽类似的形状，其具有直线形中心部分以及发散或曲线形离开的端部部分。然而，狭槽 932 布置在弯曲线外。当弯曲线 933 的曲率半径减小时，狭槽 932 沿弯曲线 933 的长度可以缩短，以便更好地近似曲线。

应当理解，波纹形板 931 有帽形截面，该截面常用于辊轧形成的波纹形面板。当用作对接结构时，尽管并不象图 20 的连续面板要求的那样，因为弦板部分 934 只包括大约一半的总面板质量，但是在其它用途中它很有利，且需要更少材料。

第二技术将用于不相同的条确定狭槽，以便形成弯曲条，从而产生平滑的曲线形弯曲。弯曲板有在弯曲线两侧的曲线形表面。当使用阶梯形狭槽时，纵向延伸的狭槽段可以缩短。

图 38A - 38C 表示了底盘的另一实施例，其中，图 38B 和图 38C 为示意表示，为了清楚，图 38A 中所示的详细情况进行省略。在本实施例中，板 1380 用于形成具有结构支脚或框架部件的三维物体。如图 38 中所示，所形成的三维物体具有基本开口侧部，该开口侧部可以方便地接近支承在底盘上或底盘内的部件，且该开口侧部还可以减少制造给定三维物体所需的材料。

板 1380 的周边形状可以通过任意合适方式形成，包括冲压、压制、辊轧成形、机械加工、激光切割、喷水切割等。而且，板 1380 还形成有普通表面特征，包括普通压制特征，例如压制区域 1383。压制区域 1383 提供了用于各种部件的空隙装置，这些部件将以已知方式定位在底盘内或底盘上。特别是，压制区域可以形成为尺寸适合要安装在底盘上的物体的几何形状。

例如, 部件可以通过紧固件或其它合适装置而定位在特殊压制区域中, 该紧固件穿过在压制区域中的孔延伸。如图 38A 所示, 底盘实施例包括压制区域 1383。在不同实施例中, 压制区域可以为装饰性, 或者成形的和尺寸用于加强, 或者以其它方式改变底盘的结构特征, 包括安装凸片。根据本发明可以采用多种变化。

图 38A 和 38B 都表示了板 1380, 该板 1380 将包括安装凸片 1381 以及在该凸片上和邻近该凸片的板部分上的紧固件接收开口 1382。接收开口可以相互对齐并与紧固件配合, 以便将组件固定成承受负载的三维形状。

板 1380 还包括弯曲条确定结构 1384, 该弯曲条确定结构 1384 形成精确弯曲线 1385。图 38A 表示了在完成弯曲条确定结构 1384 和压制区域之后的板。作为比较, 图 38B 表示了在完成沿弯曲线的弯曲后的三维底盘。图 38C 表示了在未形成中间形状的多个底盘, 其中, 底盘一个布置在另一个中, 以便形成用于运送目的的堆垛。

在图 38A 中, 板 380 是扁平的。为了从二维板(或者更精确地说准二维)形成三维结构, 人们使板沿弯曲线 1385 进行弯曲。在完全弯曲之后, 底盘为阶梯形或之字形形状, 如图 38B 所示。而且, 如图所示, 至少一些安装凸片与其它相邻安装凸片相互交织, 这样, 相应紧固件接收开口 1381 对齐。通过布置在紧固件接收开口中的紧固件(未示出), 底盘形成刚性三维支承框架。在不同实施例中, 底盘可以安装在外部元件上(例如通过安装凸片, 如图 38B 中所示), 和/或其它部件可以安装在底盘上。

图 38C 表示了平板(如图 38A 所示)和完全形成物体(如图 38B 所示)之间的未完成过渡形式的多个板 1380。在过渡或中间形状中, 板只是局部弯曲。这样的未完成形状是有优点的, 因为当局部弯曲时, 底盘相互啮合, 以便形成稳定的堆垛。可堆垛性对于储存或运送都非常有利。如图 38B 所示, 完全形成可以最终通过进一步弯曲该板而实现。

在图 39A 和图 39B 所示的本发明另一实施例中, 材料板可以设置为形成三维弯曲槽道。两个图都表示板 1390 有板周边 1391、凸缘 1392、弯曲线 1393、弯曲条确定结构 1394 和槽道型面 1395。图 39A 表示了板中形成弯曲条确定结构后但在板 1390 弯曲成三维结构之前的板。作为比较, 图 39B 表示了沿弯曲线弯曲该板之后的三维曲线形槽道。

如图 39A 中所示, 板 1390 包括弯曲条确定结构 1394(因比例关系只示

意表示), 该弯曲条确定结构布置为形成弯曲曲线 1393, 在本实施例中是非线性的。在不同实施例中, 弯曲曲线可以整个为非线性, 或者包括线性和非线性部分。特殊的弯曲曲线可以与其它弯曲曲线或它们自身的一部分对称或不对称。弯曲曲线也可以呈在板 1390 中的曲线族的形式。另外, 板周边 1391 在不同实施例中可以为直线形或曲线形。根据本发明可以使用多种布局变化。

图 39B 表示了弯曲板 1390 沿弯曲曲线 1393 弯曲后的三维曲线形槽道 1395。应当注意, 图 39B 表示了通过使平板弯曲而形成的实施例, 该平板的形状大致与图 39A 的板 1390 实施例的一半相对应。在图 39B 中, 槽道的截面为顶帽形状, 槽道的横截面沿槽道的长度单调地变化。在其它实施例中, 横截面可以以非单调方式变化。例如, 横截面可以收敛和发散。例如, 见图 39A 的板。弯曲槽道 1395 实施例的范围将密封成流体密封, 如前所述, 因此可用于流体输送。

根据板 1390 的材料特征和弯曲条 1393 的几何形状, 使板弯曲或折叠成三维结构可以使得板成为在未折叠板的平面之外的曲率。这样的移动是由于板材的平衡状态被弯曲打破。当弯曲时, 板反作用于沿弯曲曲线弯曲而引起的内部应力, 并可能在处理中变形, 以便达到新的平衡状态, 例如到达“越过中心”类型状态, 其中弯曲使得板“卡”在特殊几何形状中。在不同实施例中, 根据设计和预定用途, 板材和弯曲线几何形状帮助或防止该变形。

图 39C 表示了固定在第二材料板 1399 上的弯曲槽道 1395 实施例, 以便增加结构刚性和形成空心梁。在另一实施例中, 见图 39A 的第二板 1399。在根据图 38B 所示的弯曲槽道实施例的特殊直线形实例中, 平板布置在凸缘 1392(见图 39B)的顶部, 以便覆盖槽道, 并通过本领域公知的紧固装置例如平头焊或螺钉、铆钉、螺栓、销或粘接剂(为了清楚而未示出)而紧固在凸缘上。与开口结构的曲线形槽道 1395 相比结果是形成具有加强弯曲和扭转刚性的空心封闭结构。

不同实施例使曲线形槽道 1395 与非平的第二板 1399 组合。结果形成封闭空心结构, 它们中的很多适合用作梁。例如, 沿凸缘 1392 紧固的两个相同曲线形槽道形成曲线形箱梁。根据本发明可采用很多这样的变化。

空心封闭结构的许多实施例包括布置在空心结果内部的填充材料, 以便进一步加强。例如, 空心封闭结构可以充满泡沫塑料, 或者包括金属或塑料

或纤维材料和发泡剂的填充材料。根据本发明可采用这些和其它变化。

下面介绍其它实施例，各结构部件例如梁或槽道或者通过使板进行单折叠而形成的L形可以通过公知方式连接，例如通过焊接、钎焊或紧固件。然而，如上面详细所述，由二维板形成三维结构的折纸状工序能够形成重量轻的单体框架其包括由单个板而不是多个板形成的负载支承部件。例如，无论是曲线形还是直线形的箱梁也可以用于外构架设计，以便提供很高强度比重量的优点。也可以不使用具有附加重量的实心梁或框架，空心折叠或弯曲梁可以有相应强度但是重量轻。如果要求这样的空心梁也如上述进行填充。

图40A-40H表示了由单个材料板形成外构架框架的实例。在一些方面，本实施例的原理类似于通过图32A所示的梯子结构示例的原理，但是可以形成特别适合框架状结构的简化结构。图40A表示了准备折叠的单个材料板。作为系列，随后的图表示了形成三维封闭框架的折叠工序。图40A-40H为示意性的，其中并没有表示沿弯曲线的弯曲条确定结构的细节。下面详细介绍该结构的不同实施例。

在图40A-40H中表示了板1400、除去部分1401、安装凸片1402、紧固件接收开口1403、弯曲线1404、折叠部分1405-1407以及卡扣1408。在图40A中，板已经形成有弯曲条确定结构和弯曲线，如上面详细所述。此外，除去部分1401已经切除，以便使最终的框架状结构能自身封闭，而不是开口。

图40B-40H表示了折叠顺序的一个实施例。在图40B中，折叠部分1405沿弯曲线1404(b)弯曲，以便形成具有L形截面的部件。同样，图40C-40D分别表示了沿弯曲线1404(c)-(d)弯曲的折叠部分1406-1407。因此，具有L形截面的部件在板1400的顶部、底部和中间部分。继续该顺序，二维板通过沿弯曲线1404(e)-(h)折叠而形成三维骨架结构，如图40E-40H所示。在各步骤中，安装凸片1402以交织方式一个在另一个上面延伸，这样，在安装凸片中的紧固件接收开口1403(见图40A)平齐。一旦对齐，引入紧固件接收开口中的紧固件和卡扣1408将该骨架框架实施例固定以防止展开。根据本发明，可以使用多种可选择方式来固定该结构。

根据这里所述原理的广义方面，形状可以遵循这样的功能，其中，折叠的单个板的形状和附加刚性可以调节成适合预定用途。例如，在图40A-40H所示的实施例中，框架部件的截面为“L”形。在另一实施例中，框架部件有

不同截面，包括但不限于“C”形、三角形、盒形截面，并根据预定用途而改变附加弯曲和扭转刚性。

图 41 表示了骨架框架的实施例，它与图 40A - 40H 所示的实施例类似。然而，图 41 中的实施例包括具有通过不同截面形状的不同弯曲和扭转刚性的部件。图 41 还表示了拐角部分的折叠顺序(a) - (e)。

图 41 表示了 L 形截面部分 1411、槽道截面部分 1412、弯曲线 1413 和 1413(b) - (e)、槽道壁 1415、安装凸片 1416、表面狭槽 1414、板表面 1419 和边缘狭槽 1417。在图 41 中，弯曲条确定结构沿弯曲线布置，但是为了清楚而省略，并示意表示为沿折叠线延伸的中心线。见上面对弯曲条确定结构的详细说明。

在图 41 中，L 形截面部分 1411 通过沿一个弯曲线弯曲而形成，并类似于图 40 所示的实施例中的 L 形截面部分。相反，图 41 的实施例包括槽道截面部分 1413，该槽道截面部分 1413 通过沿多个弯曲线弯曲而折叠在纸张表面 1419 上。如图所示，结果形成封闭箱梁，箱梁与 L 形截面部分不同的弯曲和扭转刚性。包括作为交叉部件的箱梁将有利于支承较重横向负载，例如在设备搁架中。根据本发明也可使用可选择的截面形状例如多边形。

图 41a) - e) 表示了折叠顺序，它类似于图 40A - H 的折叠顺序。在图 41(a) 中，板 1419 为扁平。根据图 41b) - c) 沿弯曲线 1413(b) - (c) 折叠将形成槽道截面部分 1412。在所示优选实施例中，形成槽道壁 1415 的一部分并且尺寸包括边缘狭槽 1417，如图所示，该边缘狭槽 1417 与相应表面狭槽 1414 匹配。一旦匹配，紧固件例如铆钉可以引入两个狭槽中，以便增加结构刚性，如图 42A - 42C 中更详细所示。

图 41c) - d) 表示了骨架结构的固定部分的另一方面，以便增加结构刚性。安装凸片 1416 一旦沿弯曲线 1413 弯曲就位，就通过紧固件例如螺钉(未示出)将一个“L”形截面部分 1411 与槽道截面部分 1412 连接。与图 40 中所示的安装凸片类似，该连接有利于将整个骨架结构系紧在一起，从而有利于分配负载和增加结构刚性。如图 40 中所示，在安装凸片和结构其它部分之间的接触是板表面与板表面的接触，且紧固件穿过其中。应当理解，大量其它交叠板部分也可以以类似方式紧固。

图 42A - 42C 表示了图 41b) 中的骨架框架实施例的拐角部分的详细情况。图 42A 表示了槽道壁 1415、板表面 1419、弯曲线 1413(b)、表面狭槽

1414、边缘狭槽 1417、边缘狭槽壁 1420 和结块 1421。图 42B - 42C 表示了两个实施例的边缘狭槽区域周围的详细情况。图 42A、42B、42C 中表示了边缘狭槽 1417、边缘狭槽壁 1420 和结块 1421。另外，图 42B 表示了边缘狭槽壁的凸肩区域 1422，且图 42C 表示了边缘狭槽壁的扩口区域 1423。

如上所述，从图 41b)和图 42A 所示位置折叠至图 41c)所示位置包括经过相应表面狭槽 1414 并啮合的结块 1421。一旦配合和对齐，紧固件例如铆钉或螺钉(未示出)可以置于匹配表面和边缘狭槽，以便根据不同实施例以不同方式与狭槽壁 1420 的部分啮合。根据本发明以任意方式连接，所形成的结构相对更坚硬。

图 42B 和 42C 表示了两个实例。图 42B 表示了包括边缘狭槽壁 1420 的凸肩区域 1422 的实施例。凸肩区域位于边缘狭槽 1417 的底部部分，并提供了用于接收和啮合紧固件边缘(未示出)例如铆钉边缘的脊。图 42C 表示了包括边缘狭槽壁 1420 的扩口区域 1423 的可选择实施例。狭槽壁的扩口区域位于边缘狭槽 1417 的底部部分处，并提供扩口表面，以便接收紧固件例如螺钉(未示出)。向螺钉施加力矩导致螺钉螺纹沿边缘狭槽 1417 的长度与狭槽壁 1420 啮合。在大部分实施例中，在紧固之前，在狭槽壁中并不需要攻丝螺纹，因为槽道壁 1415 很薄。

图 40 - 42C 表示了包括线性结构部件的框架实施例，然而应当理解，也可以使用曲线形结构部件。其它实施例包括由单个板形成的曲线形结构部件的框架。在一个实例中，图 43A - 43C 表示了具有三个曲线形槽道的实施例。在其它实例中，该槽道可以固定在第二材料板上，以便形成空心封闭结构，如上所述。而且，该空心结构可以充满如上面所述的加强填料材料。

图 43A 和 43B 分别表示了折叠以便成为三维曲线形槽道的外构架框架之前和之后的材料板。两个图都表示了板 1430、板周边 1431、凸缘 1432、弯曲曲线 1433、弯曲条确定结构 1434、槽道 1435、连接区域 1436 和指状物凸片 1437。图 43A 表示了板中形成弯曲条确定结构之后的板。作为比较，图 43B 表示了使板沿弯曲曲线弯曲之后的三维曲线形槽道。然而，为了清楚，在两个图中都省略了弯曲条确定结构的详细情况。

如图 43B 中所示，槽道 1435 为曲线形，并在沿弯曲曲线弯曲后至少部分由于弯曲线的曲率而延伸至板 1430 的初始平面之外。如图所示，在本实施例中变形至初始平面之外。可选择实施例可以根据材料特性、弯曲曲线的

布局或者与沿弯曲曲线弯曲无关的压制或成形而进行不同程度的变形。此外,尽管图 43A-43B 中的实施例的槽道有收敛-发散截面,但是其它实施例可以有收敛槽道或者收敛槽道和收敛-发散槽道的组合。应当理解,根据本发明可以采用各种几何形状。

图 43C 表示了图 43B 中的外构架框架的中心区域的详细情况,与图 43A 和 43B 类似,图 43C 表示了板 1430、板周边 1431、凸缘 1432、弯曲曲线 1433、弯曲条确定结构 1434、槽道 1435、连接区域 1436 和指状物凸片 1437。另外,图 43C 还表示了增强肋 1438、指状物凸片开口 1439 和弯曲指状物凸片部分 1440。如前所说,为了清楚省略了弯曲条确定结构的详细情况。

在图 43C 中,板 1430 的一部分除去,以便形成指状物凸片 1437。指状物凸片使得框架能够适应板的变形,特别是变形至板的初始平面之外。也就是,板在弯曲之前的平面(见图 43A)。因此,指状物凸片优选是位于弯曲线 1433 的相对较高曲率部分的附近。在图 43C 的实施例中,最大变形在连接区域 1436 附近。因此,指状物凸片 1437 靠近该连接区域。然而,根据所希望的变形,其它实施例可以包括在不同或附加位置的指状物凸片。

连接区域 1436 在骨架框架的不同实施例中采取一定的形状范围。与图 43A 的连接区域相比,其它实施例可以有更加椭圆形或圆形的连接区域。其它实施例还有比图 43A 的实施例中更加多边形的连接区域。在另一实施例范围中,连接区域为轮毂状的可分离离散件。通过轮毂状连接区域,轮毂状零件形成并且其尺寸可接收结构部件例如梁或槽道。结构部件可以如上述安装在轮毂上,或者根据本发明以多种方式安装。

如上所述,骨架框架的实施例可以是高度曲线形。在一些实施例中,任意一个或多个指状物凸片 1437 包括在远端处的曲线形部分 1440。该曲线形部分用于一些实施例是有利的,因为它更好地适于固定在其它曲线形零件上;例如,当形成空心封闭结构时,如上面详细所述。通过曲线形部分,当框架结构伸出板 1430 的初始平面时,指状物凸片的远端可以遵循与凸缘 1432 相同或类似的曲率。见图 43A-43B。当没有这些曲线形部分时,指状物凸片的远端是扁平的;根据整个骨架框架的曲率度,它可能适宜或适宜将指状物凸片固定在其它零件上。

在一些实施例中,压制出一个或多个指状物凸片 1437。压制可以形成曲线形部分 1440,也使指状物凸片的远端旋转出板 1430 的初始平面。在连接(或

轮毂)区域 1436 中和围绕区域 1436 压制板时,对于指状物凸片 1437 或其它零件可以使用连续压制模具。

图 43C 的实施例还包括增强肋 1438。优选是,肋通过改变局部截面几何形状而压制在板 1430 中,有增强该板的效果。在可选实施例中,材料可以加在板上,以便形成增强肋。

在不同实施例中,增强肋可以沿弯曲线 1433 和/或沿指状物凸片 1437 定位。图 43C 中的实施例表示了弯曲线 1433 附近的增强肋,且该增强肋基本与弯曲线对齐。在本例中,由于连接区域 1436 的相对较高的曲率,增强肋是有利的。如果没有增强,板可能弯折。

同样,图 43C 表示了位于指状物凸片 1437 附近和内部的增强肋。在指状物凸片中,增强肋优选是成对定向构成,这样,增强肋的各纵向轴线在指状物凸片的远端处或超过该远端交叉。如图 43C 所示,该定向具有在指状物凸片中形成很小柱的效果,这实际上表示在不弯折的情况下对传递应力是有利的。而且,图 43C 的实施例包括在指状物凸片中的两个增强肋之间的开口,该开口将有利于在指状物凸片中形成柱状结构。其它实施例包括具有增强结构的指状物凸片,例如在指状物凸片的整个或一部分周边上的凸缘。然而,在指状物凸片中的该开口和增强肋或者周边凸缘并不是主要的。

参考图 44,图中表示了三维骨架框架 1440,它也由扁平材料板形成。骨架框架 1440 为台架形,它包括底座 1441 和顶部 1442。底座和顶部都由扁平材料板形成,该扁平材料板以与上述类似的方式提供有弯曲线。在一些实例中,可以由形成底座的相同材料板来形成顶部。一旦底座和板都沿它们的弯曲线弯曲而形成三维结构,它们就装配在一起以便形成所示框架 1440。在装配过程中,基座和顶部通过合适紧固件例如铆钉、螺钉、螺母和螺栓、粘接剂和/或其它合适装置来固定。

在本实施例中,材料板设置成允许和适应平面面板在装配顶部和底座时的翘曲。例如,顶部 1442 由扁平材料板形成,该材料板以上述方式通常形成有弯曲线。因此,顶部的所有部分都是初始平面。例如,面板 1443 首先是在装配之前的平面面板。在装配过程中,一旦它的端部安装在支脚 1445 和 1446 的上端,面板 1443 形成翘曲区域 1444,如图 44 中所示。特别是,面板 1443 翘曲,这样它的最左侧表面与支脚 1445 的最上侧表面一致,同时它的最右侧表面与支脚 1446 的最上侧表面一致。当支脚 1445 和 1446 彼此

相对歪斜时，面板 1443 的表面翘曲，以便适应支脚 1445 和 1446 的非平面表面。参考图 44，面板 1443 在区域 1444 中明显翘曲，然而，人们可以理解，面板也可以在区域 1444 外部以不同程度翘曲。应当理解，支脚 1445 和 1445 也可以以类似方式翘曲不同量。

框架 1440 的结构利用板材能够翘曲的相对薄壁特性，因此允许广泛用于具有复杂几何形状的设计。尽管弯曲线 1447 为基本线性的，但是一旦基座 1441 和顶部 1442 沿它们的弯曲线弯曲和进行装配时，基座 1441 和顶部 1442 包括带有复合的曲线形表面和边缘的具有复杂几何形状的面板。例如，边缘 1448 和 1449 跟随歪斜曲线，也就是并不在一个平面中的曲线。应当理解，这样的“翘曲”结构可以用于各种三维结构和各种几何形状。

弯曲条的分布和宽度可以根据各种原因而沿给定弯曲线的长度变化，这些原因包括弯曲所需的局部力和未增强弯曲的残余强度之间的综合变化。例如，可能在与本发明的弯曲条同时而偶然形成的邻近零件可以这样靠近弯曲线，以致于使得最靠近邻近零件的弯曲条最好形成的频率很低，或者只有较细的条来保持弯曲材料的平面性。

最后，本发明的弯曲结构能够很容易展平。这使得三维结构能够拆开或解体，以便运送至其它地点，或者用于回收板材。已经发现，弯曲的板材常常可以拉直，或者甚至进行反向弯曲，且此后可以重新弯曲 5 至 10 个或更多个循环。这允许在一个地点弯曲或制造结构物，然后在第二地点展平、运送和重新弯曲。容易展平也使结构能够展平和送至回收中心，以便板材和拆卸部件的重新使用。

为了便于在权利要求书中解释和准确定义，术语“上”和“上面的”、“下”和“下面的”、“内部的”和“外部的”将用于参考显示在图中表示的这些特征的位置来描述本发明特征。

前述对本发明具体实施说明只是用于表示和说明目的。它们并不是排他的和将本发明局限于所述的确切形式，显然，根据上述教导可以进行多种变化和改变。实施例的选择和说明是为了最好地解释本发明的原理和它的实际应用，因此本领域技术人员能够更好地利用本发明和各实施例，同时进行适应特殊用途的各种变化。本发明的范围将由附加权利要求和它们的等同物来确定。

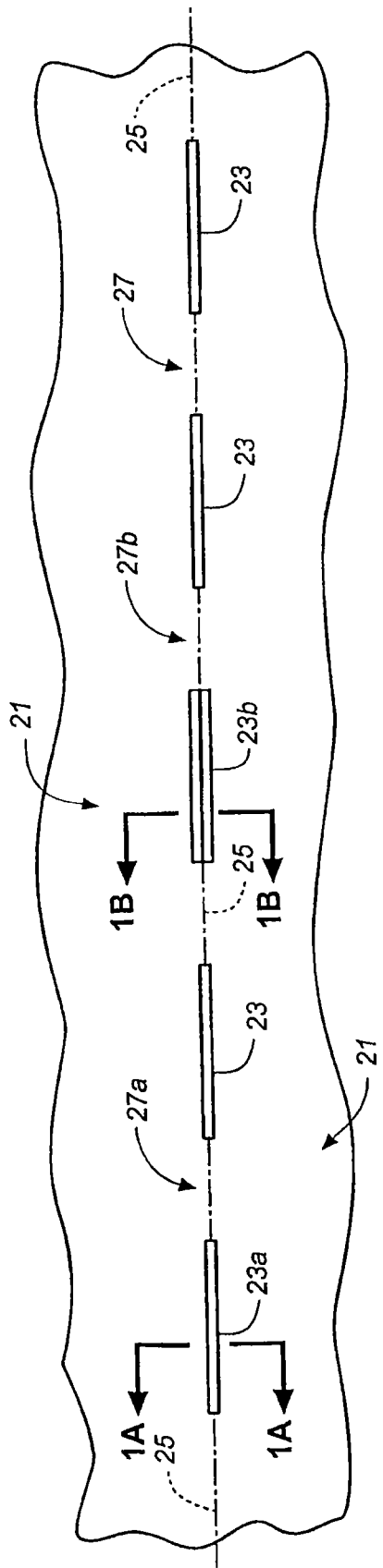


图 1 (现有技术)

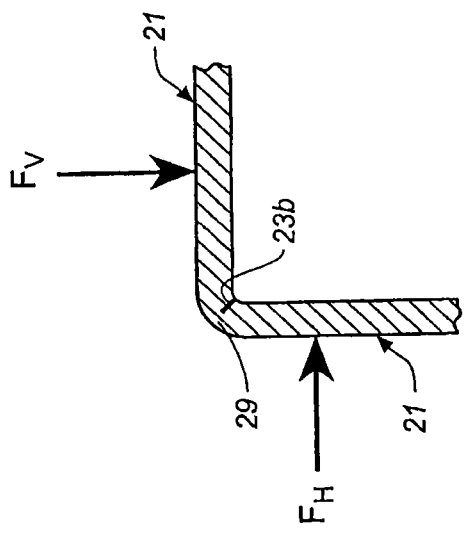


图 1B (现有技术)

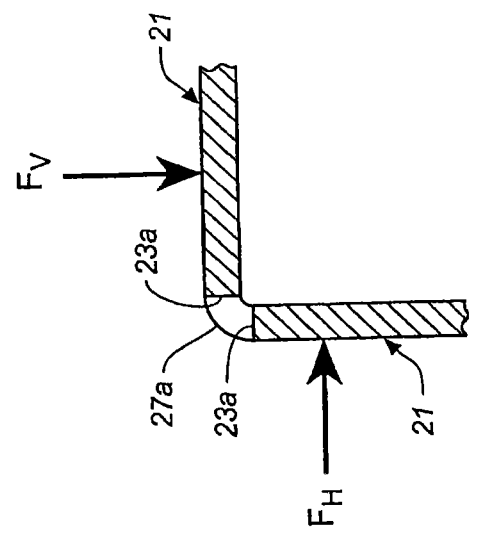


图 1A (现有技术)

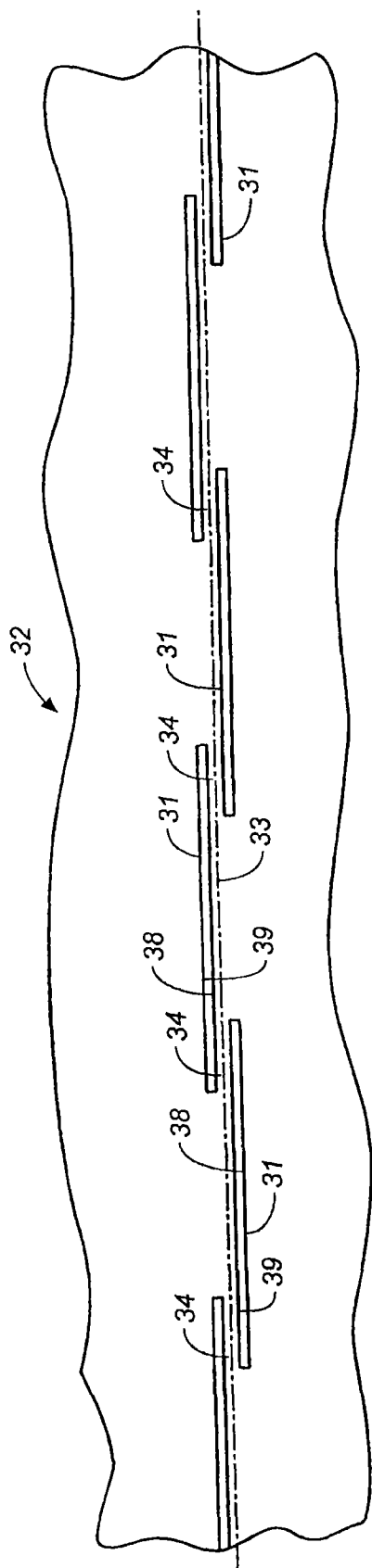


图 2 (现有技术)

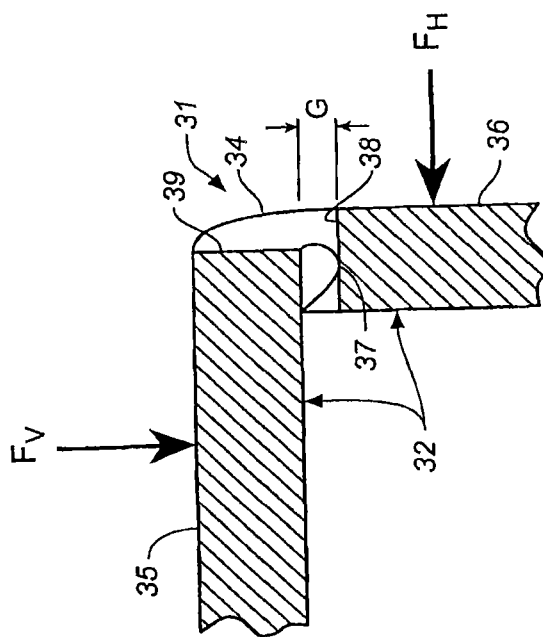


图 2B (现有技术)

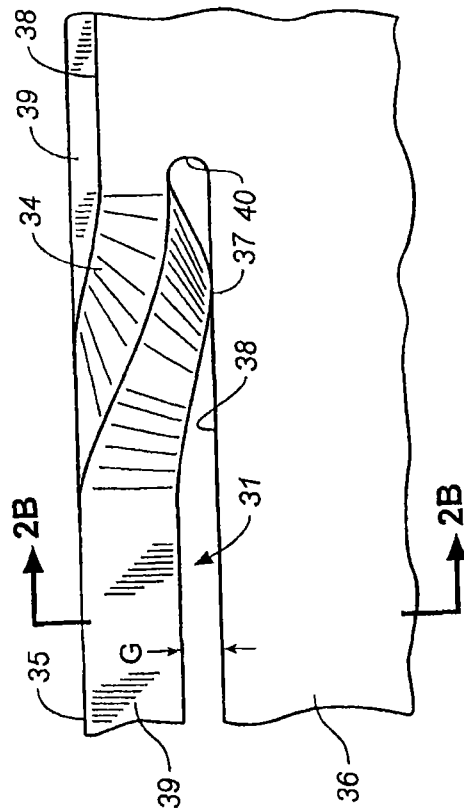


图 2A (现有技术)

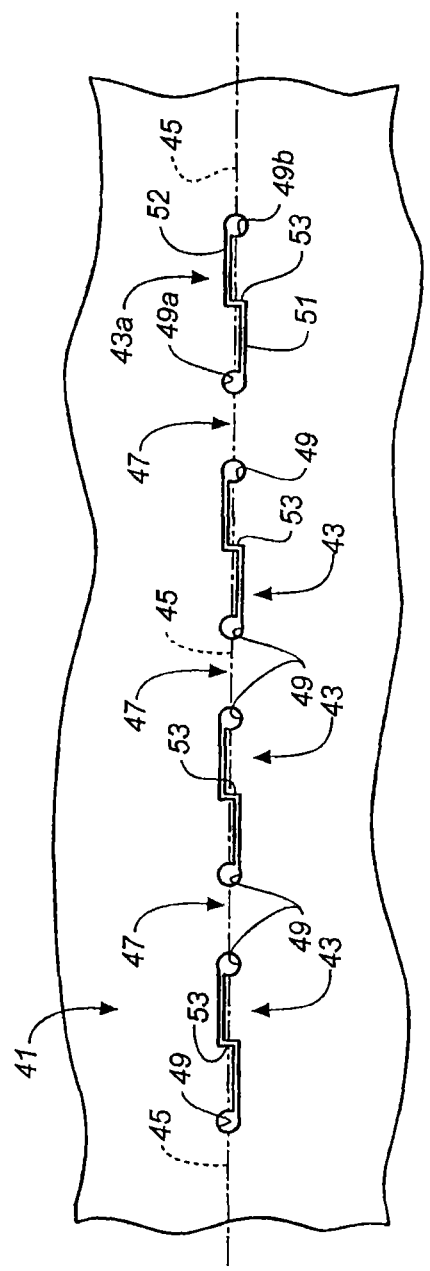


图 3

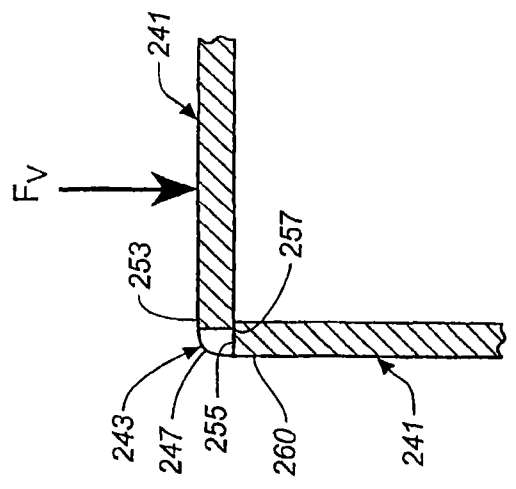


图 8A

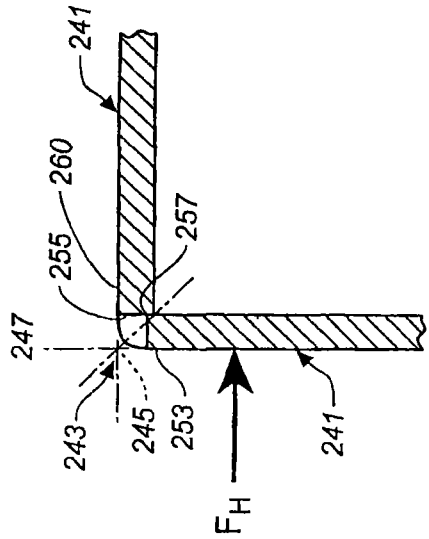


图 8B

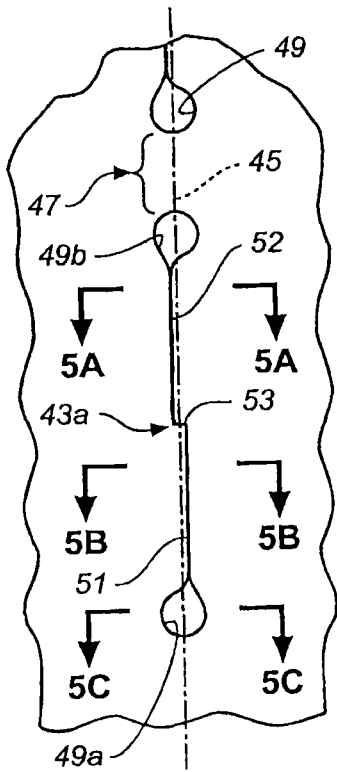


图 4A

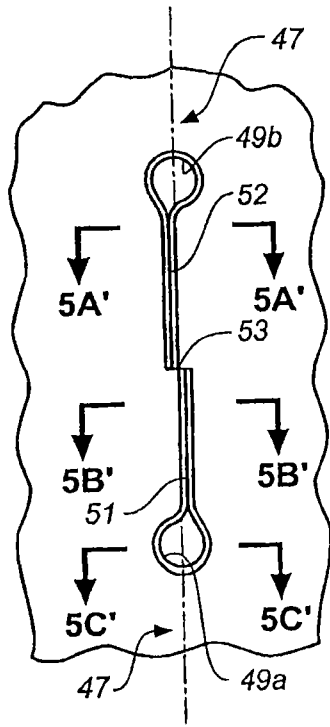


图 4B

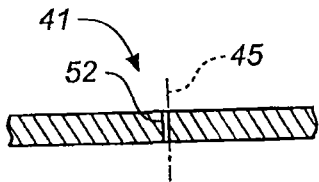


图 5A

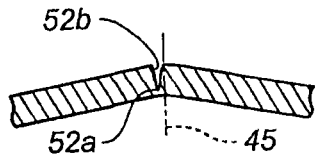


图 5A'

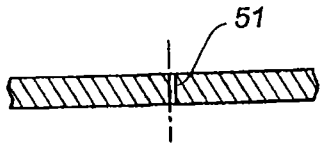


图 5B

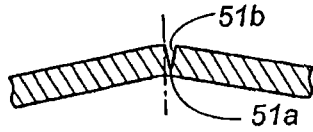


图 5B'

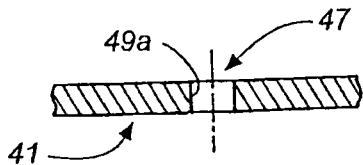


图 5C

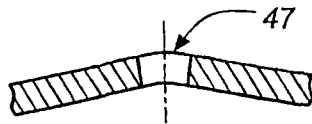


图 5C'

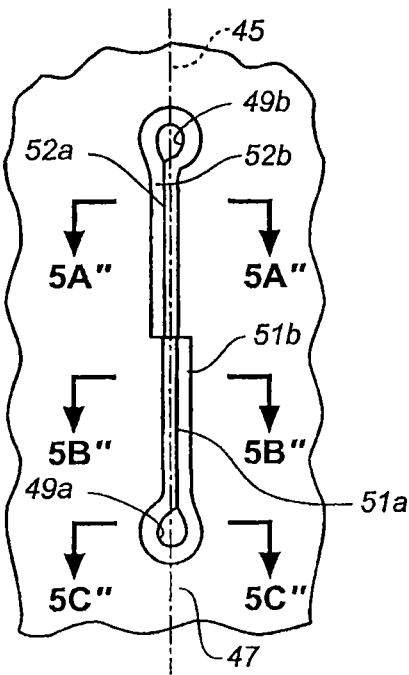


图 4C

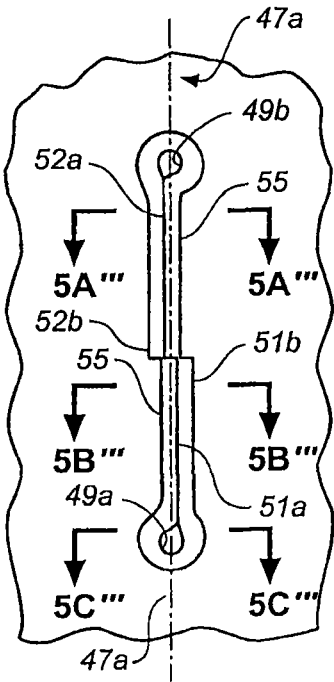


图 4D

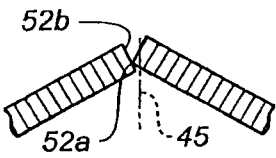


图 5A''

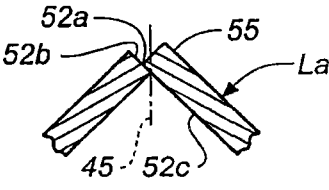


图 5A'''

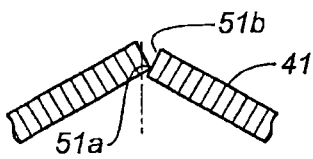


图 5B''

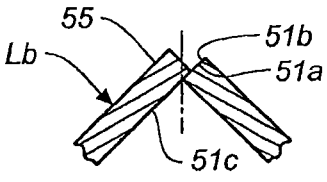


图 5B'''

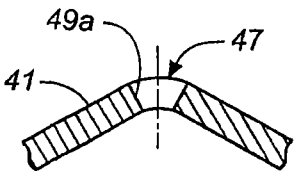


图 5C''

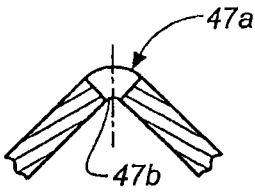


图 5C'''

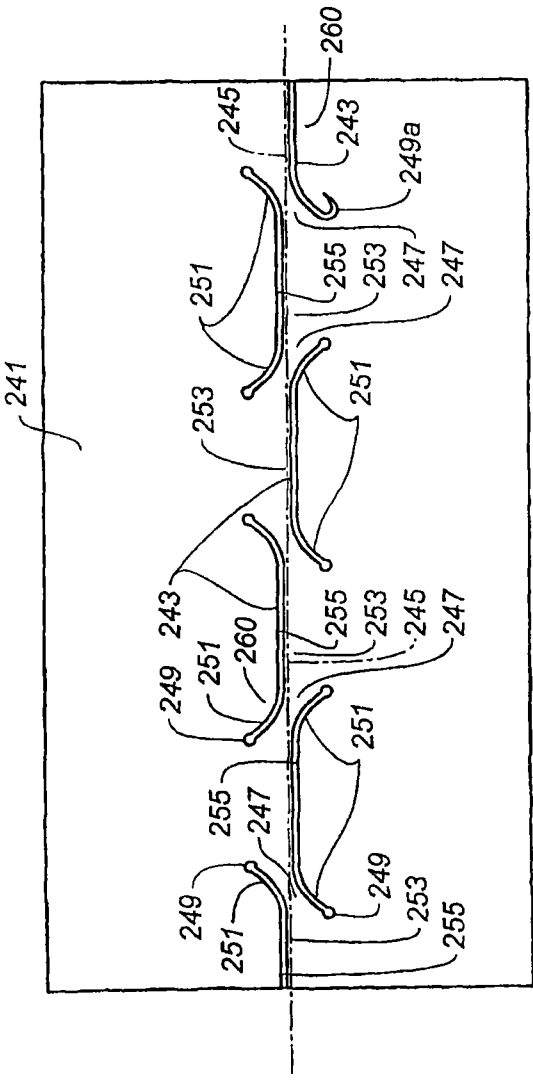


图 6

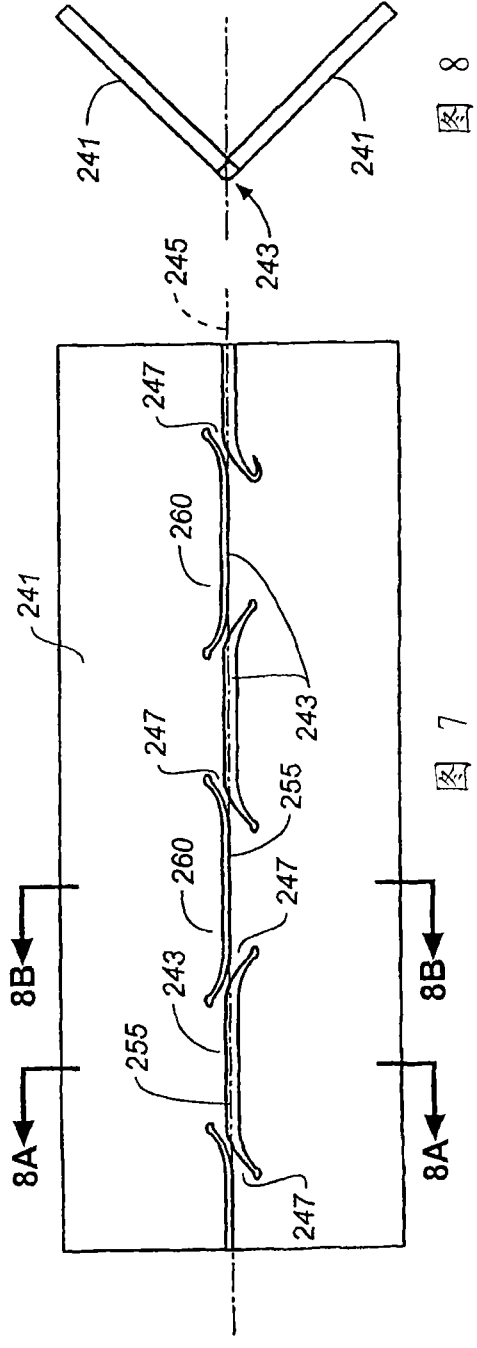


图 7

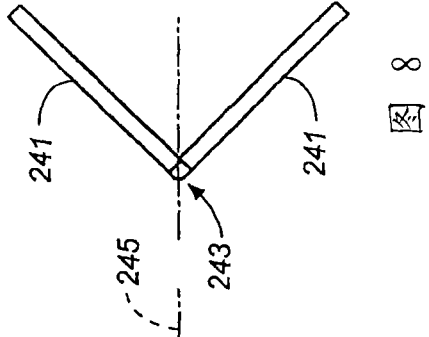


图 8

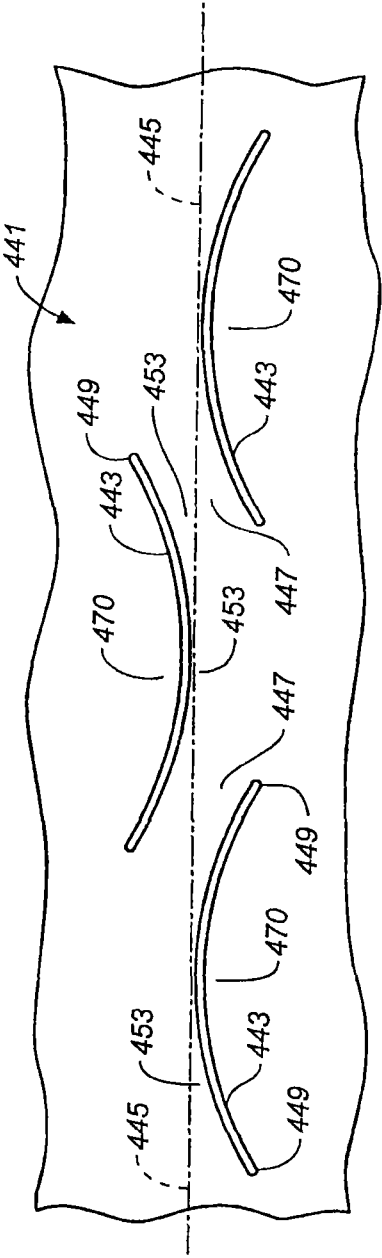


图 9

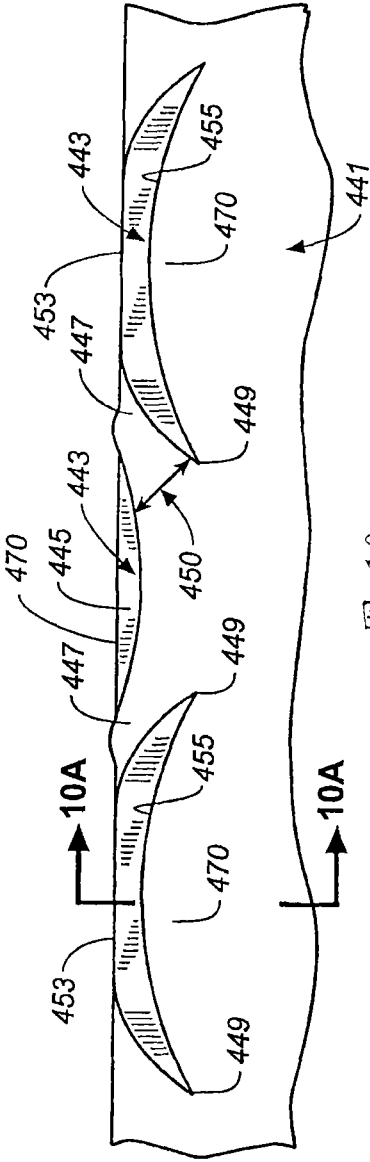


图 10

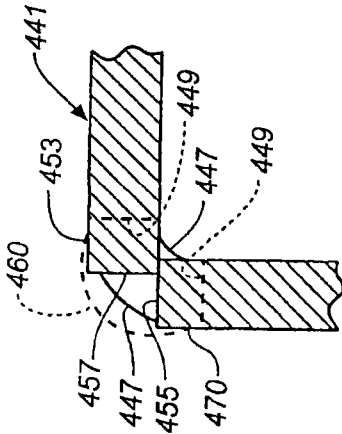


图 10A

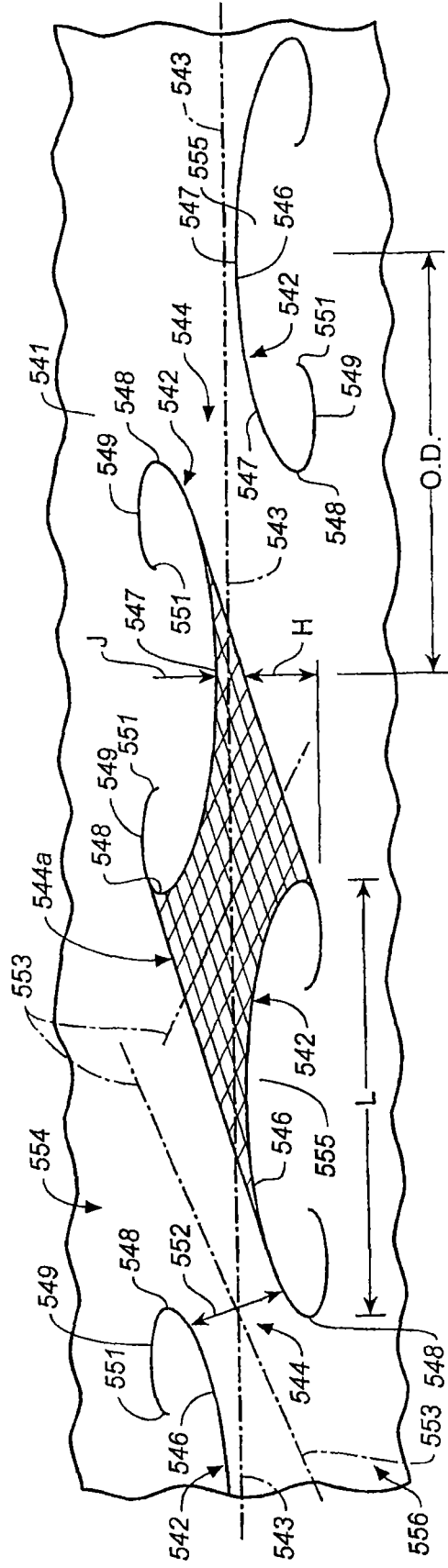


图 11

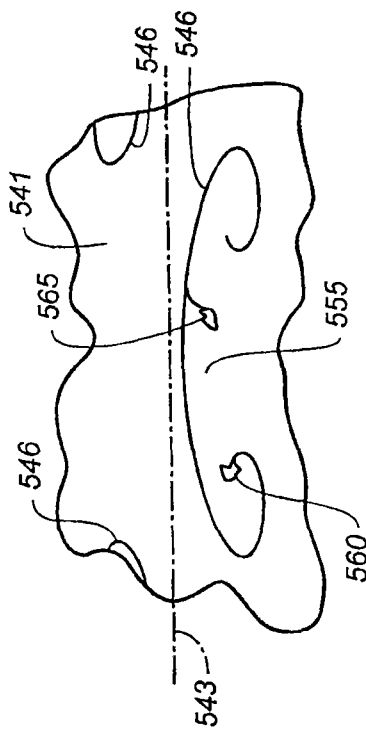


图 11A

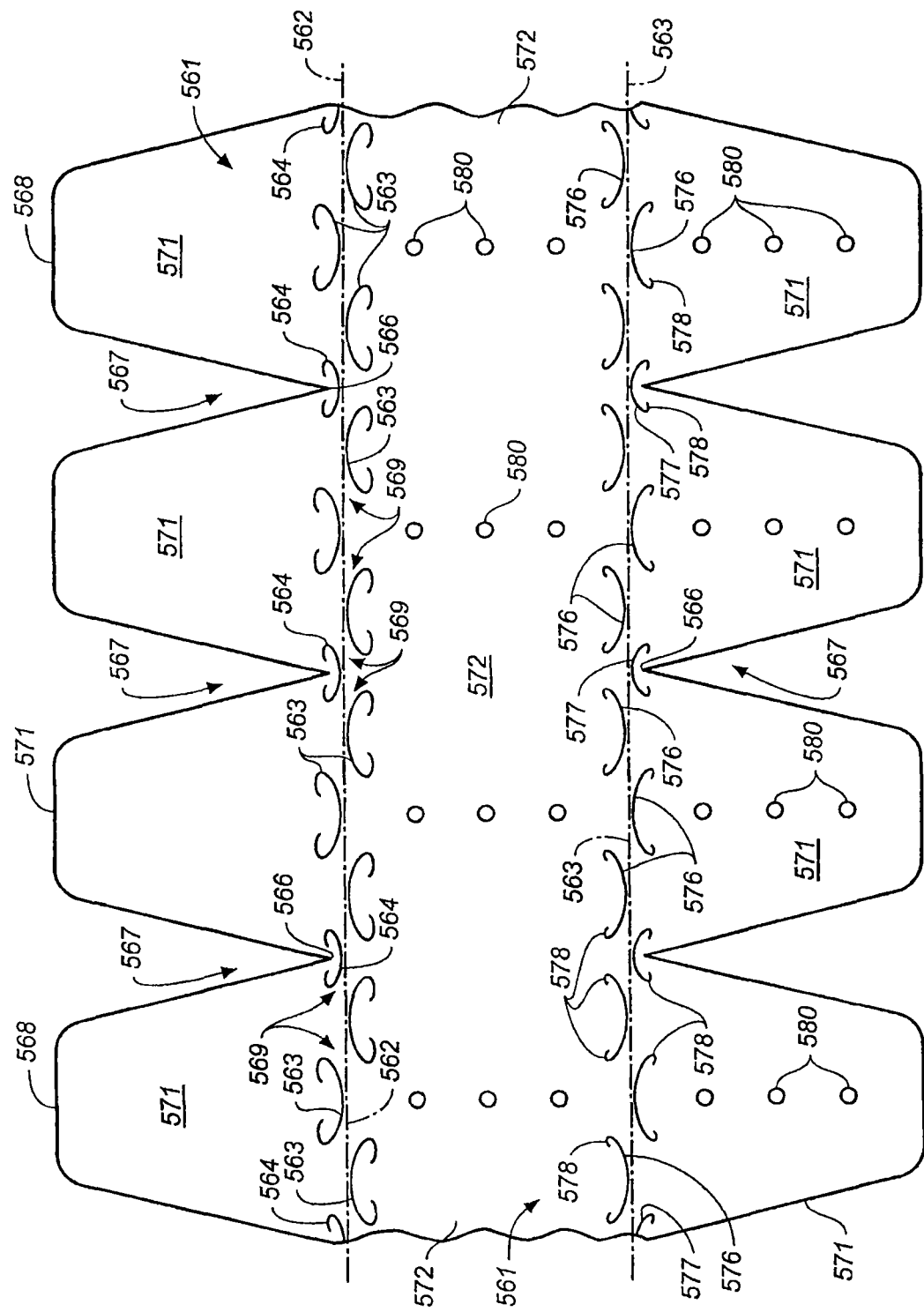


图 12

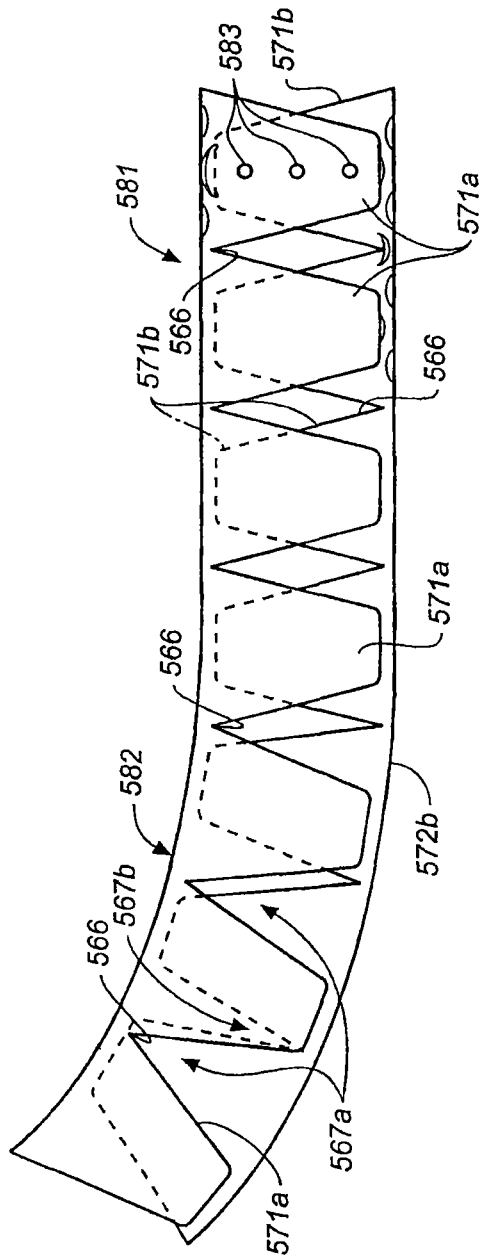


图 13

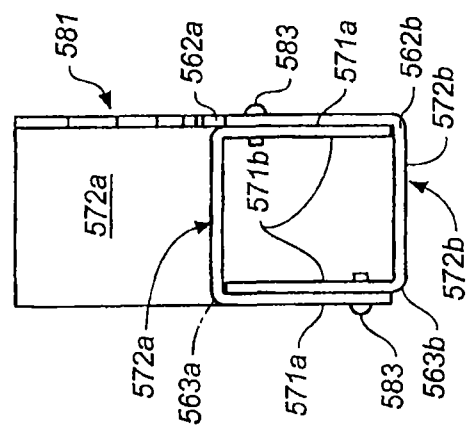


图 14

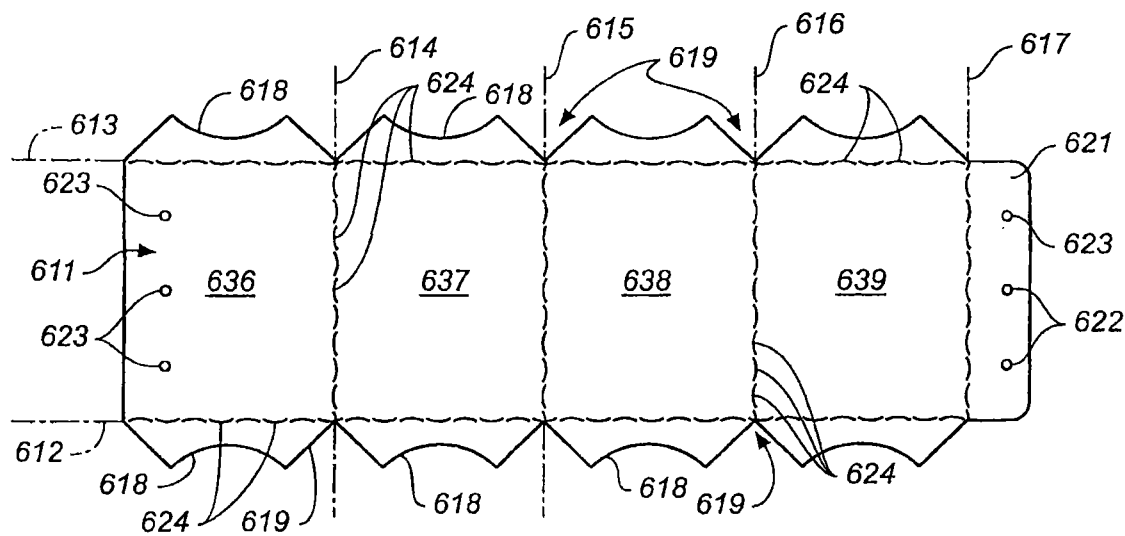


图 15

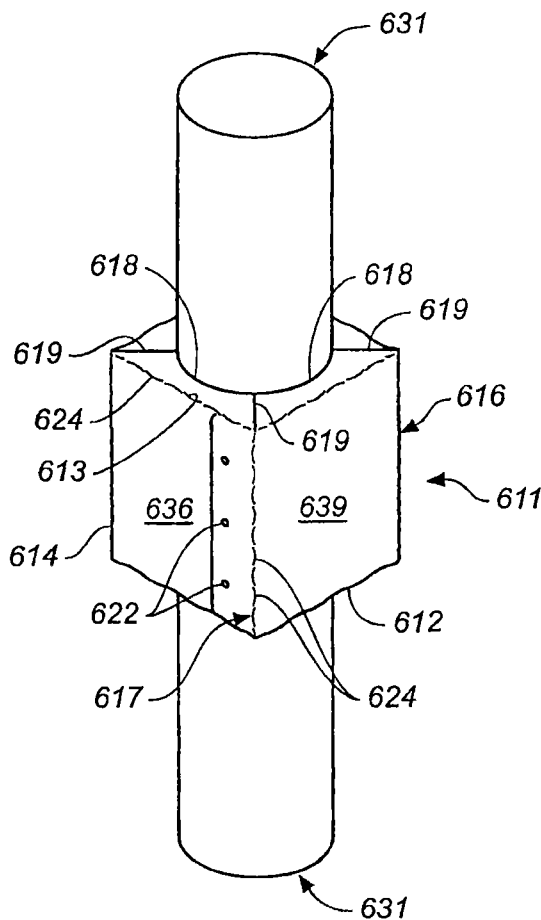


图 16

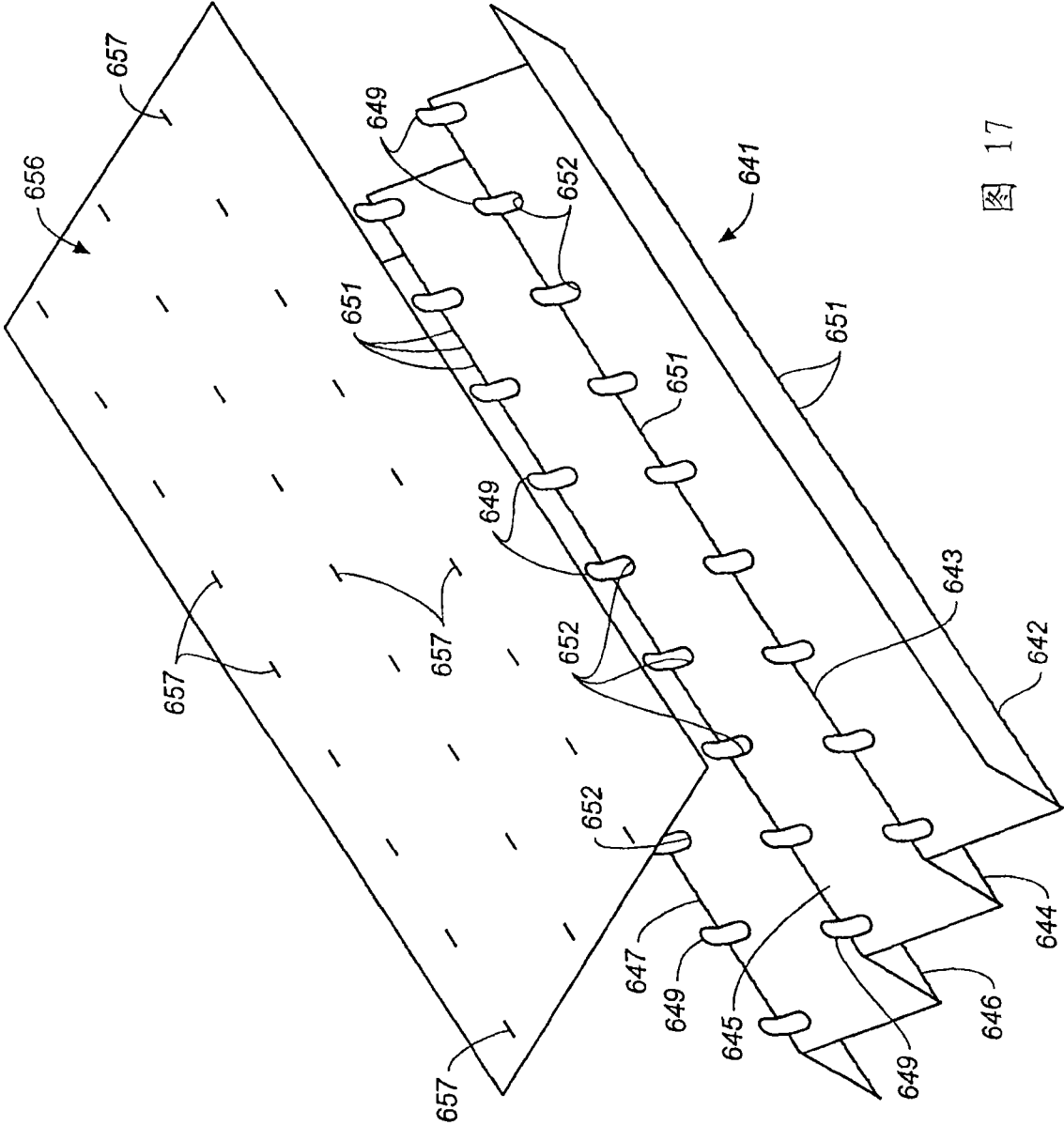


图 17

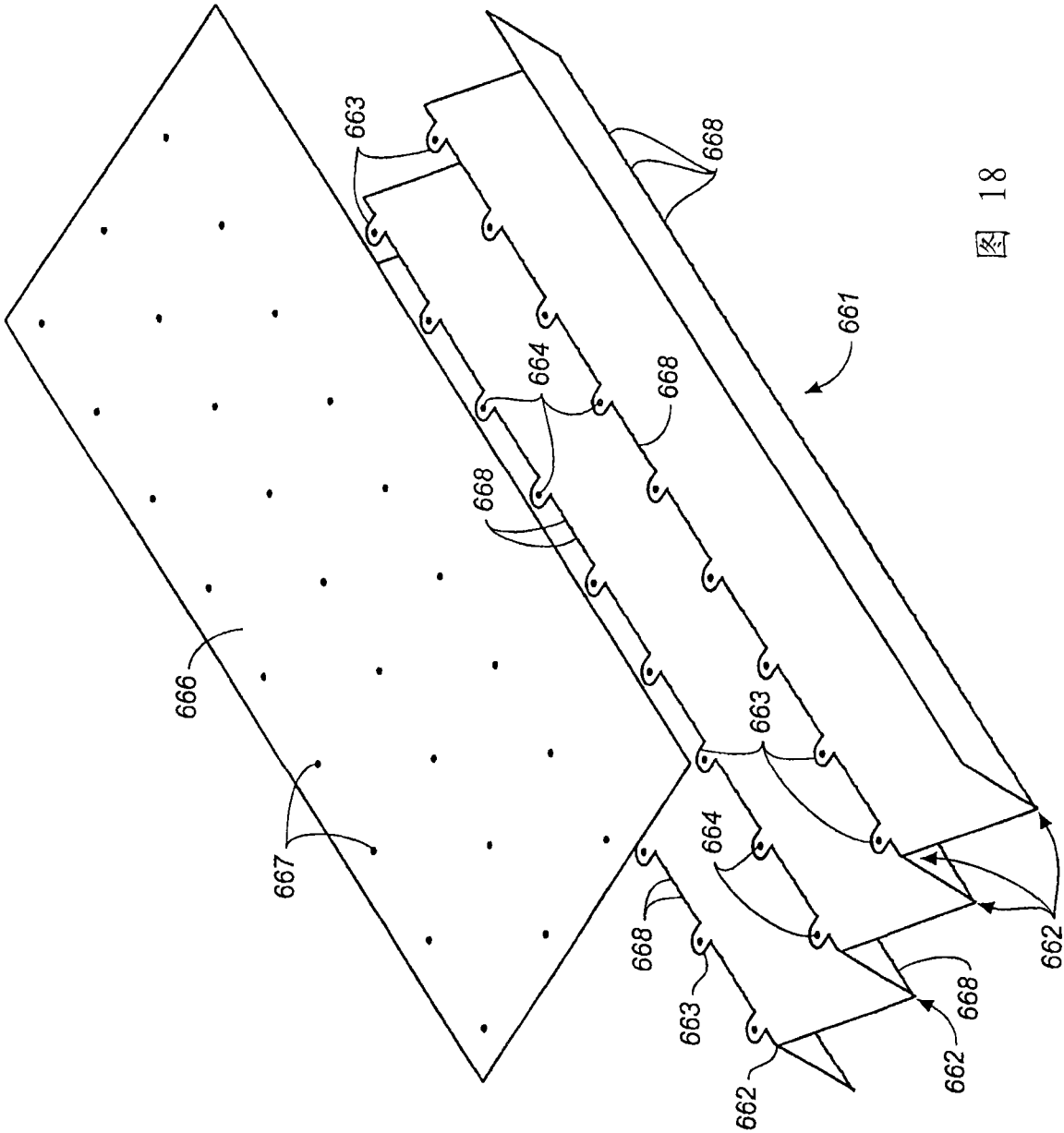


图 18

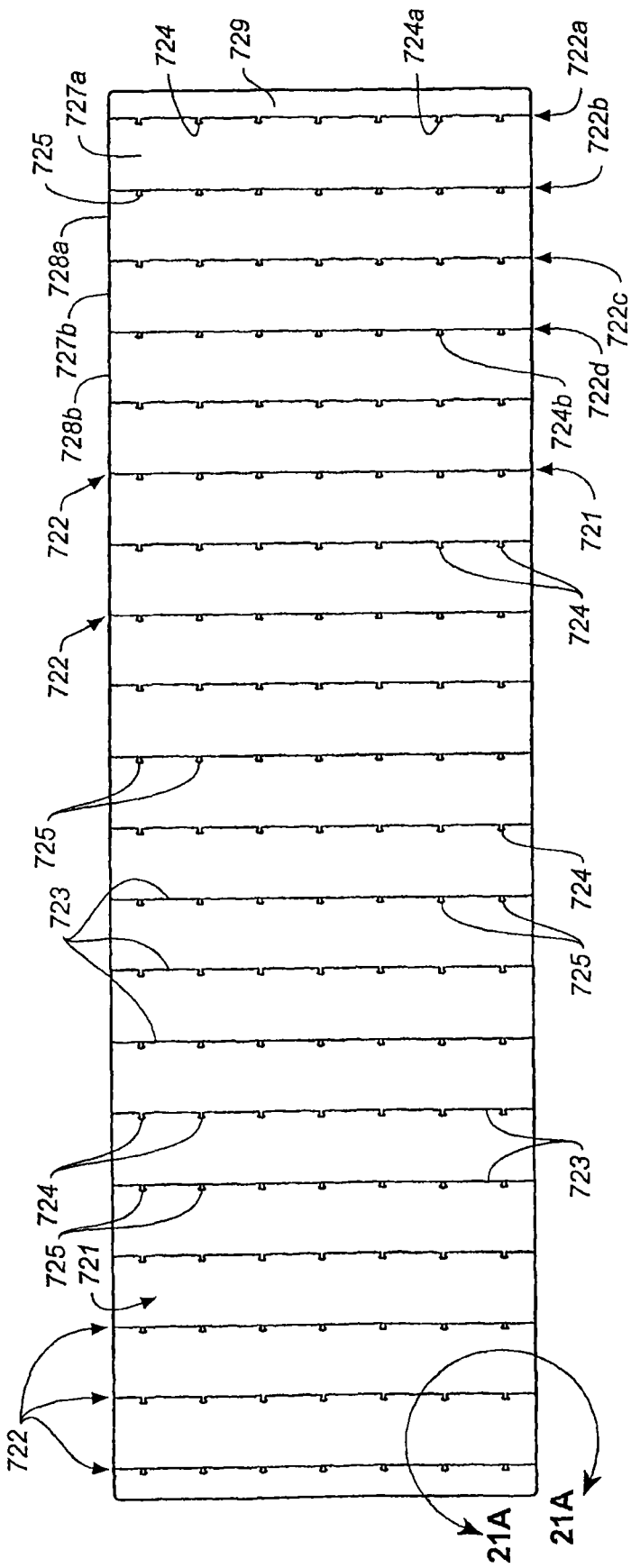


图 19

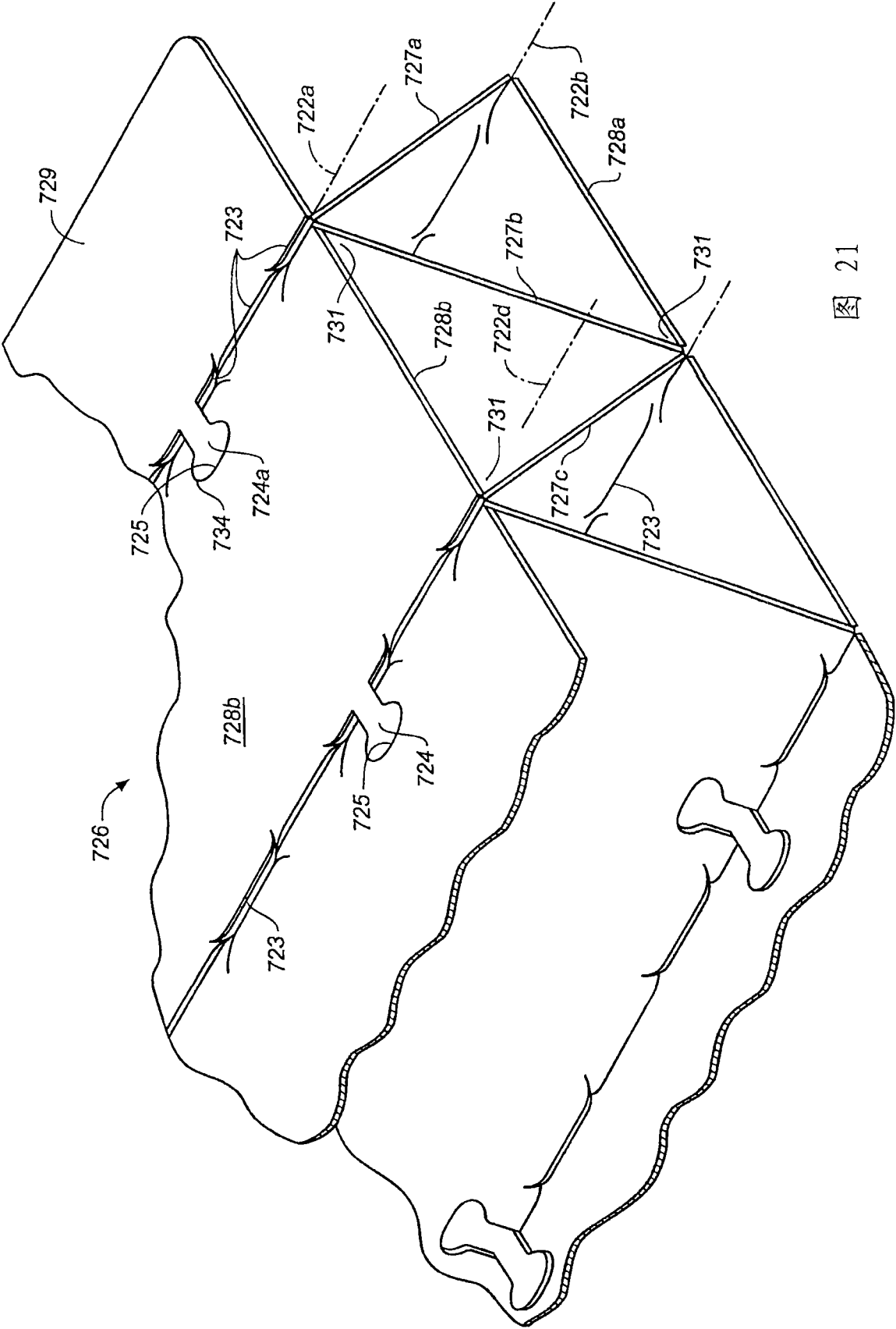


图 21

图 21A

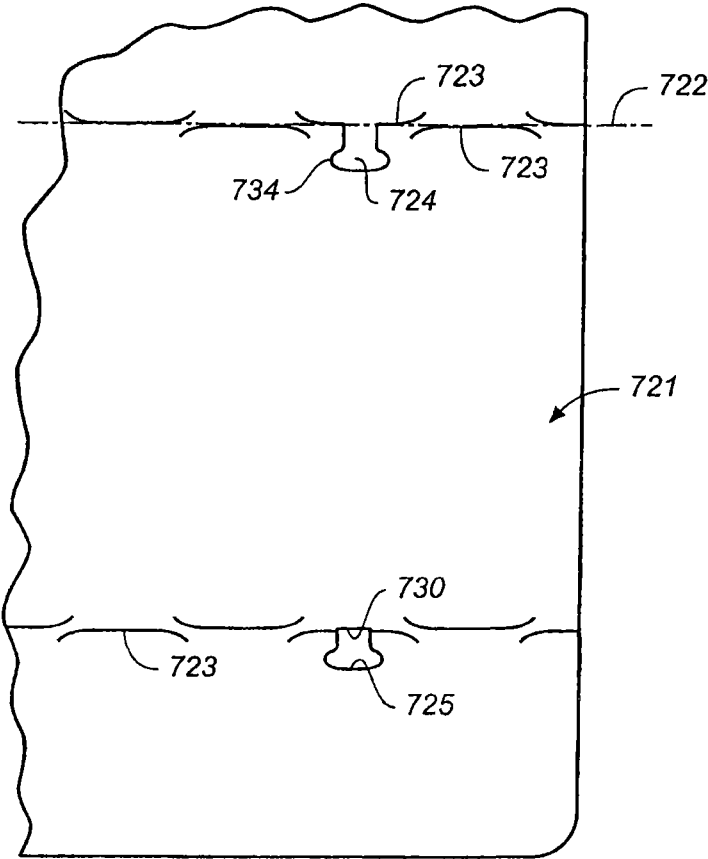
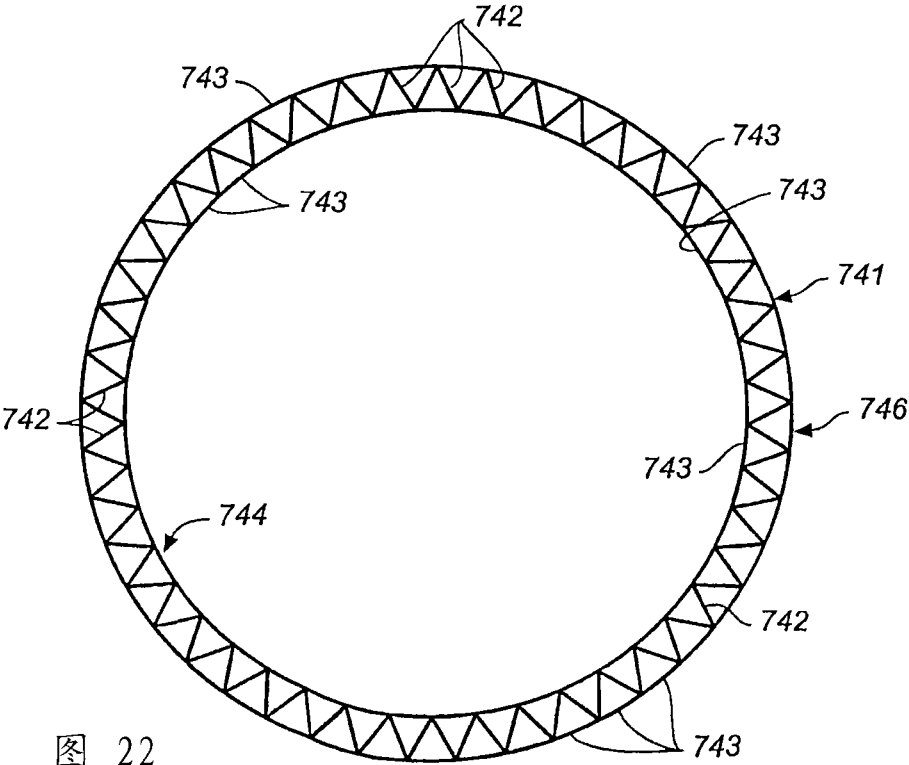


图 22



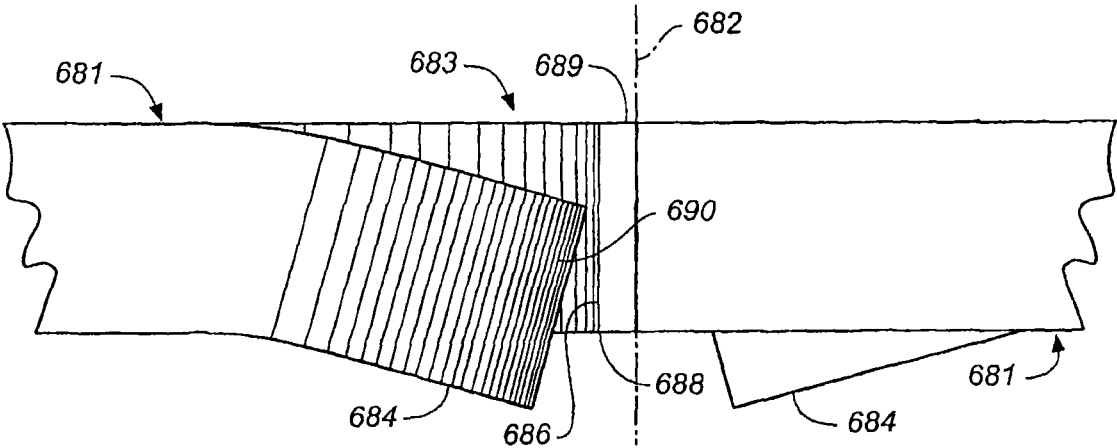


图 23

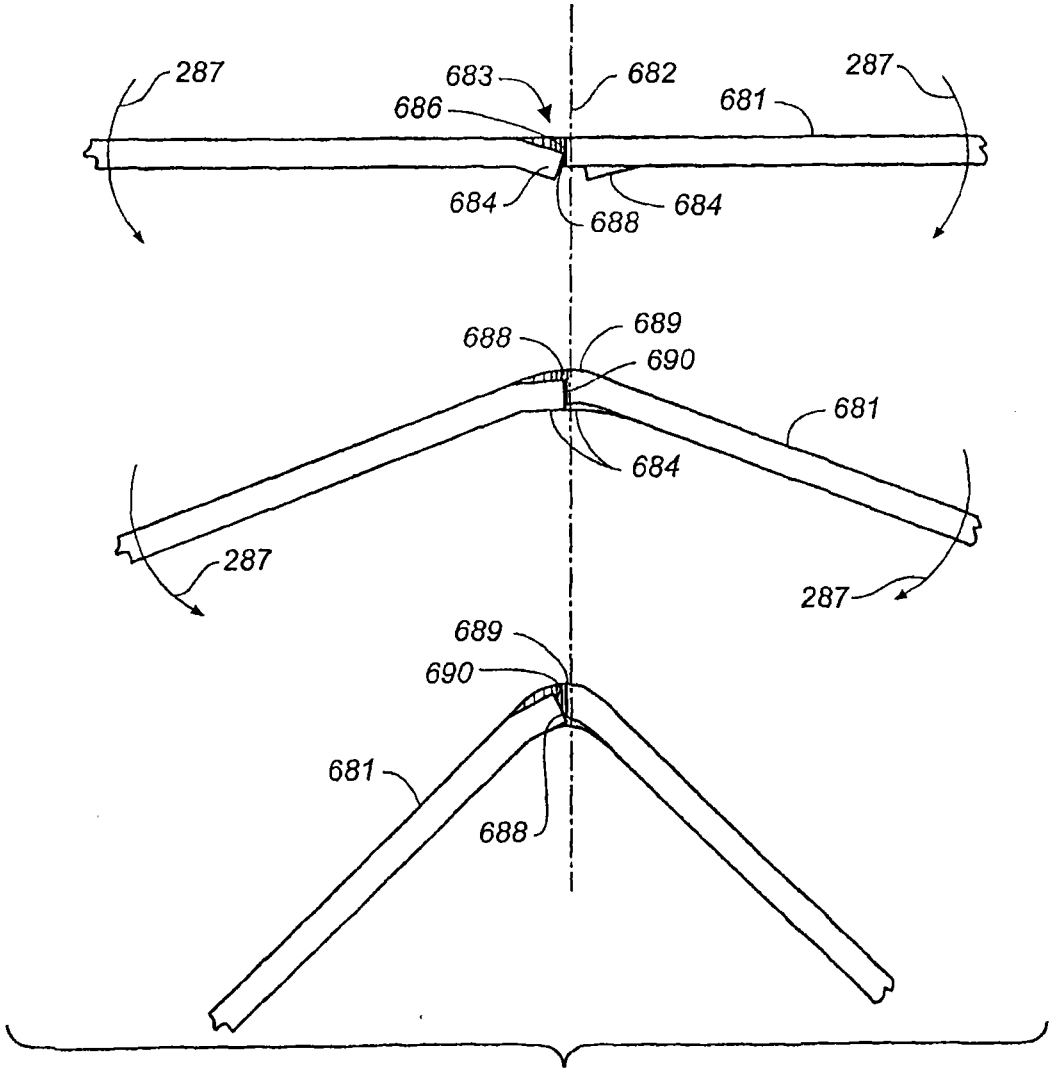
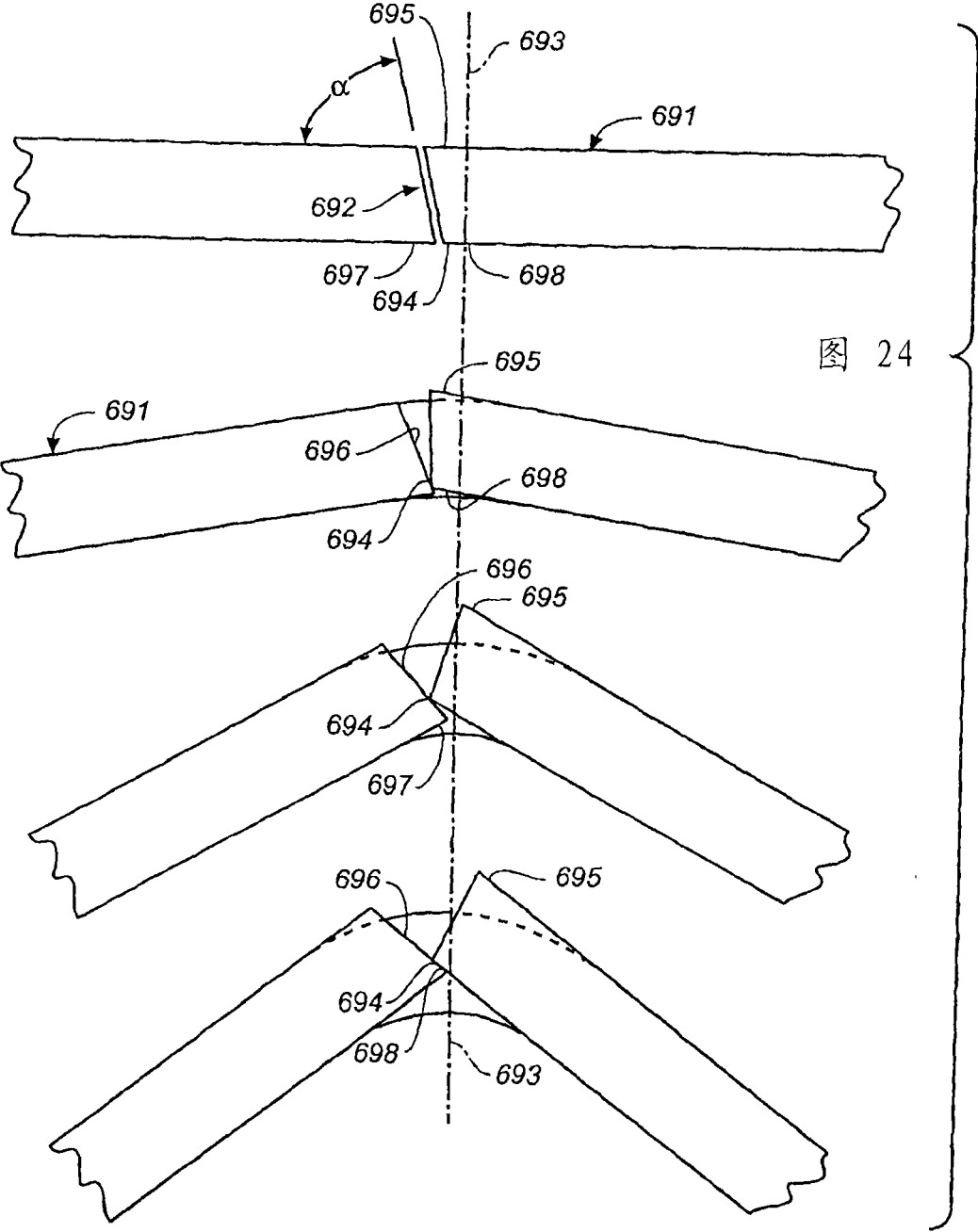


图 23A



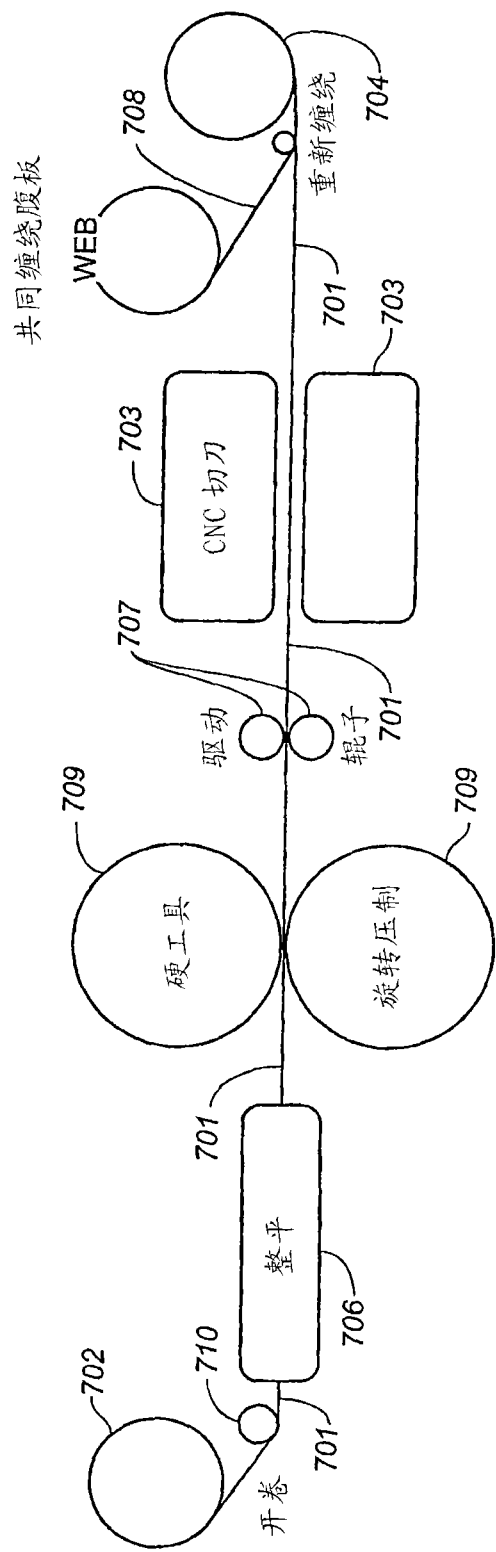


图 25

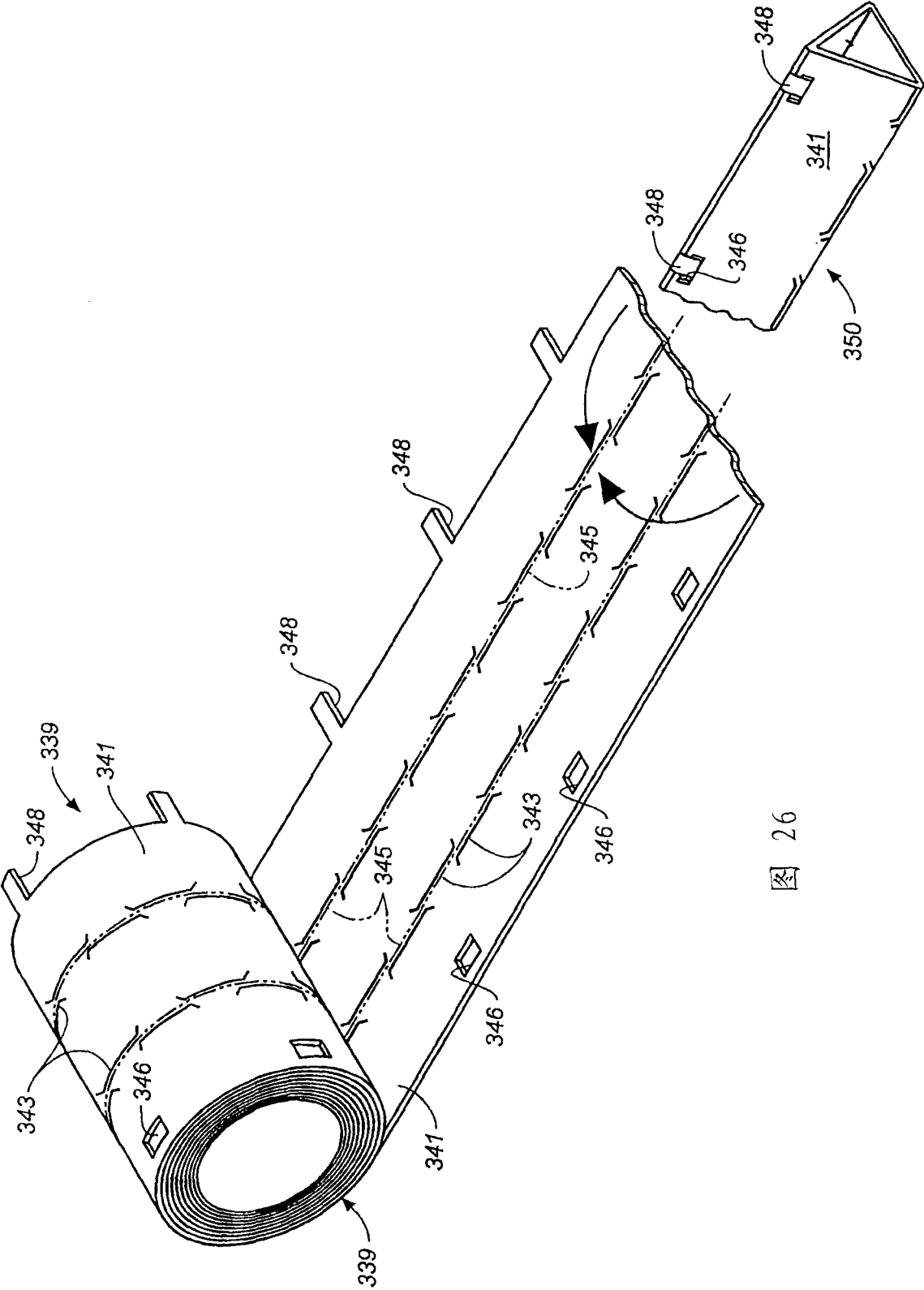
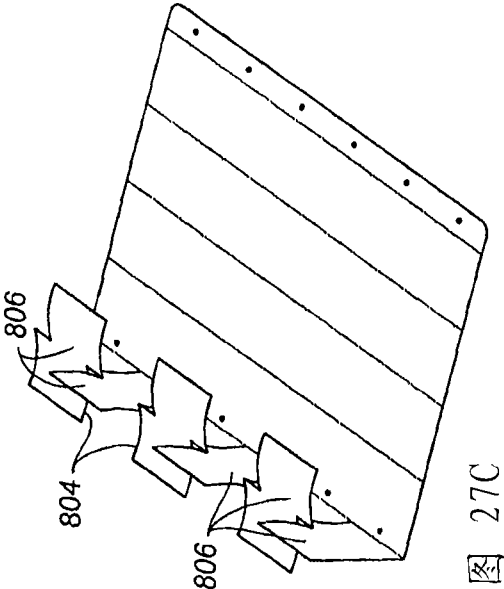
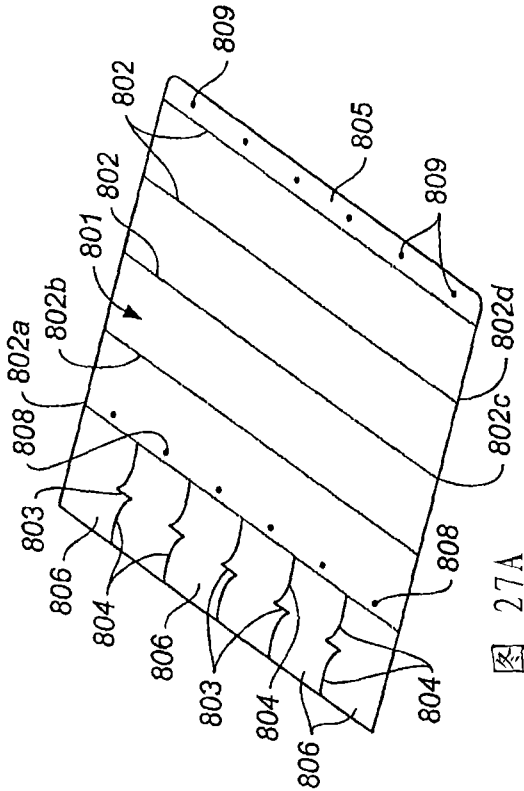
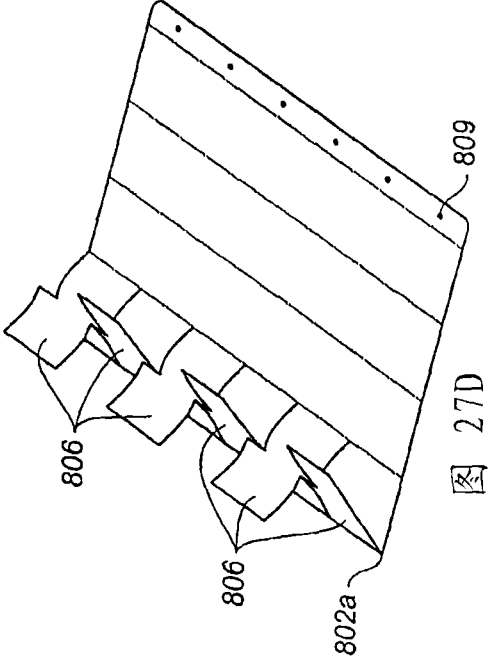
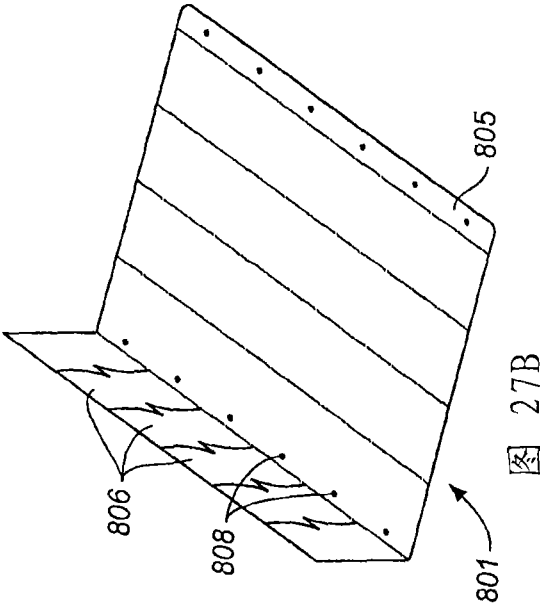


图 26



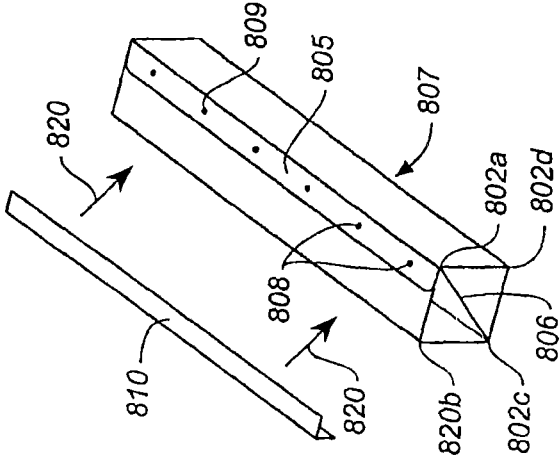


图 27G

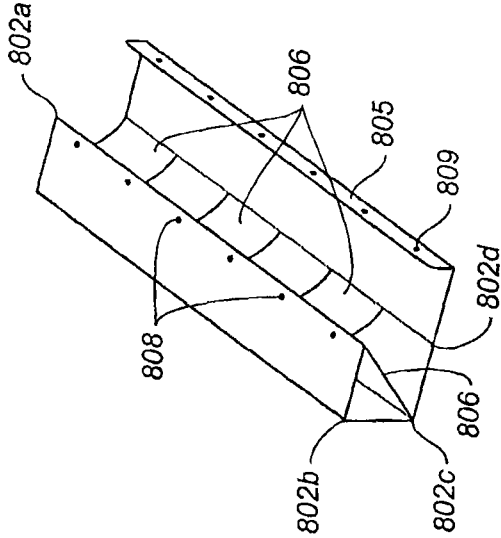


图 27F

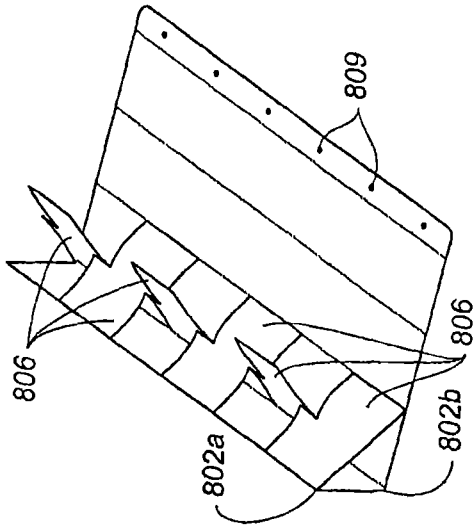


图 27E

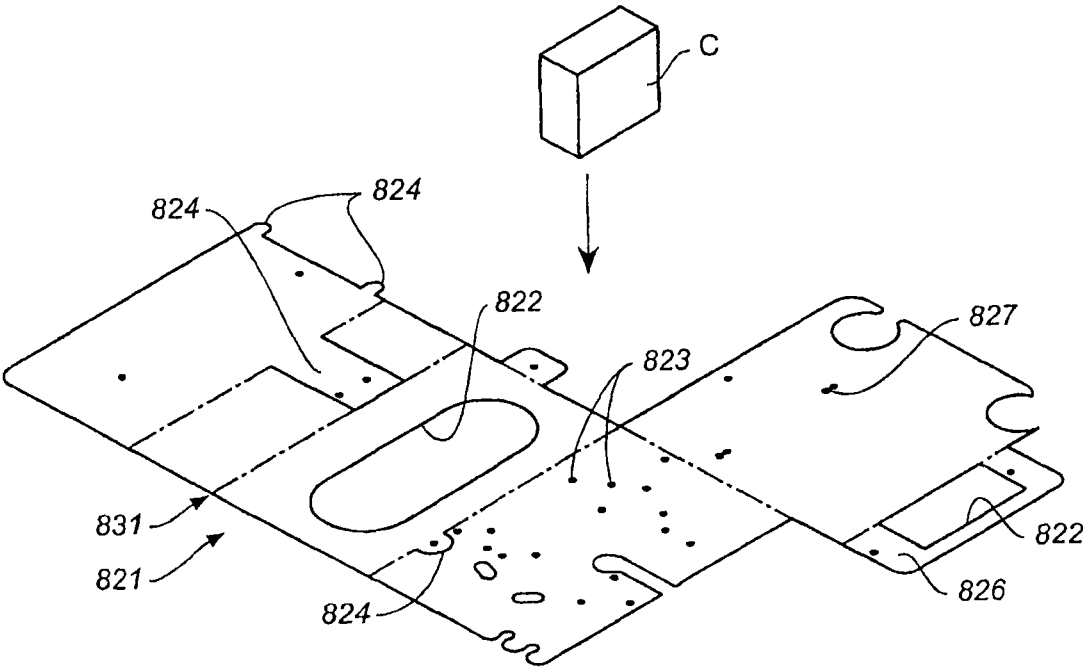


图 28A

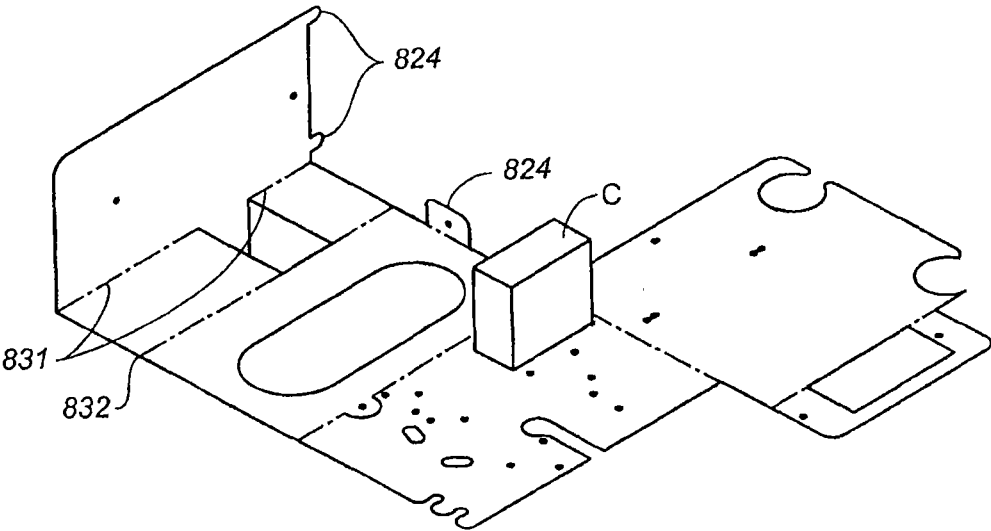


图 28B

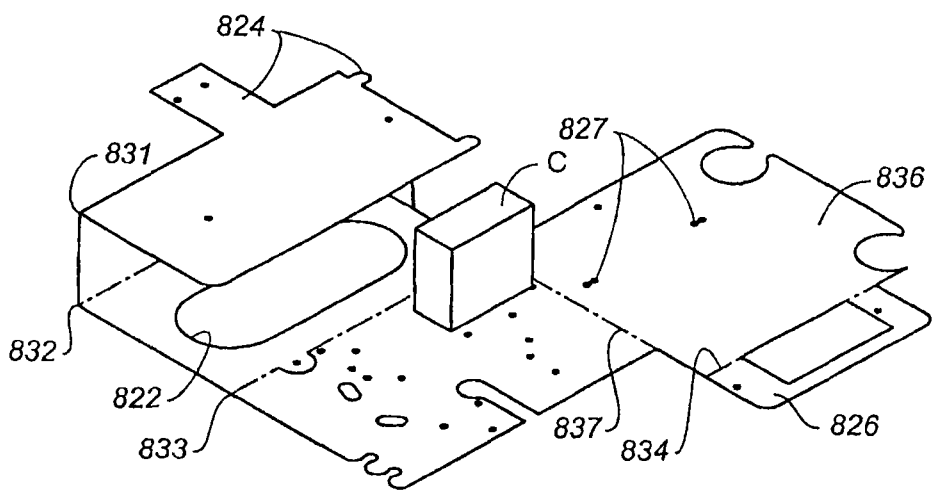


图 28C

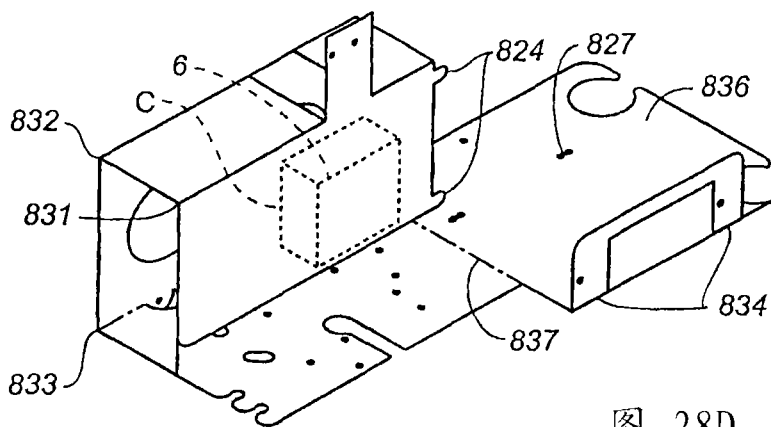


图 28D

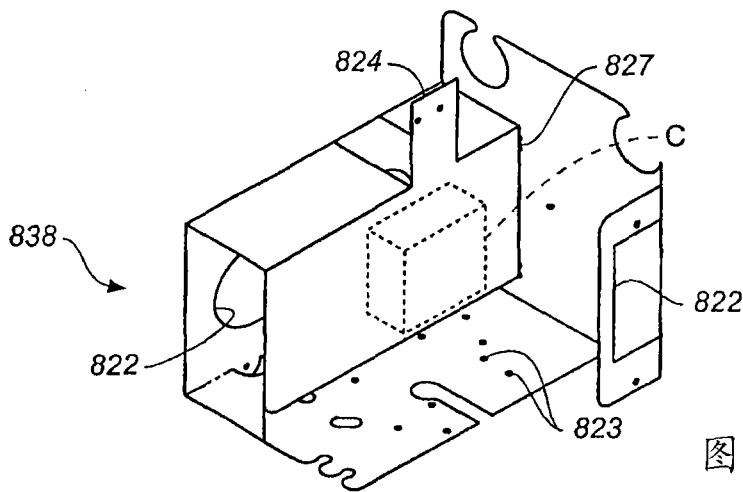


图 28E

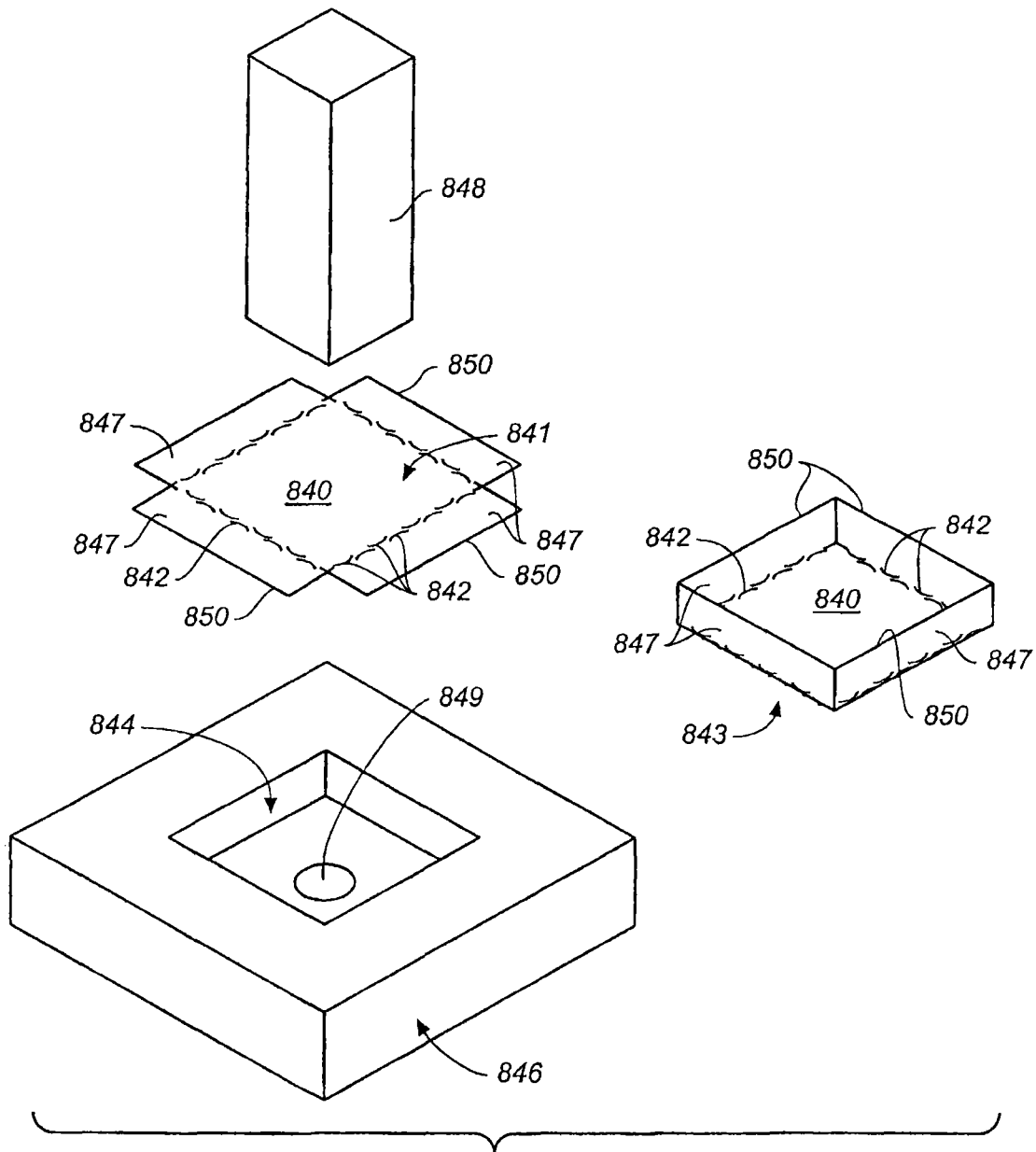


图 29

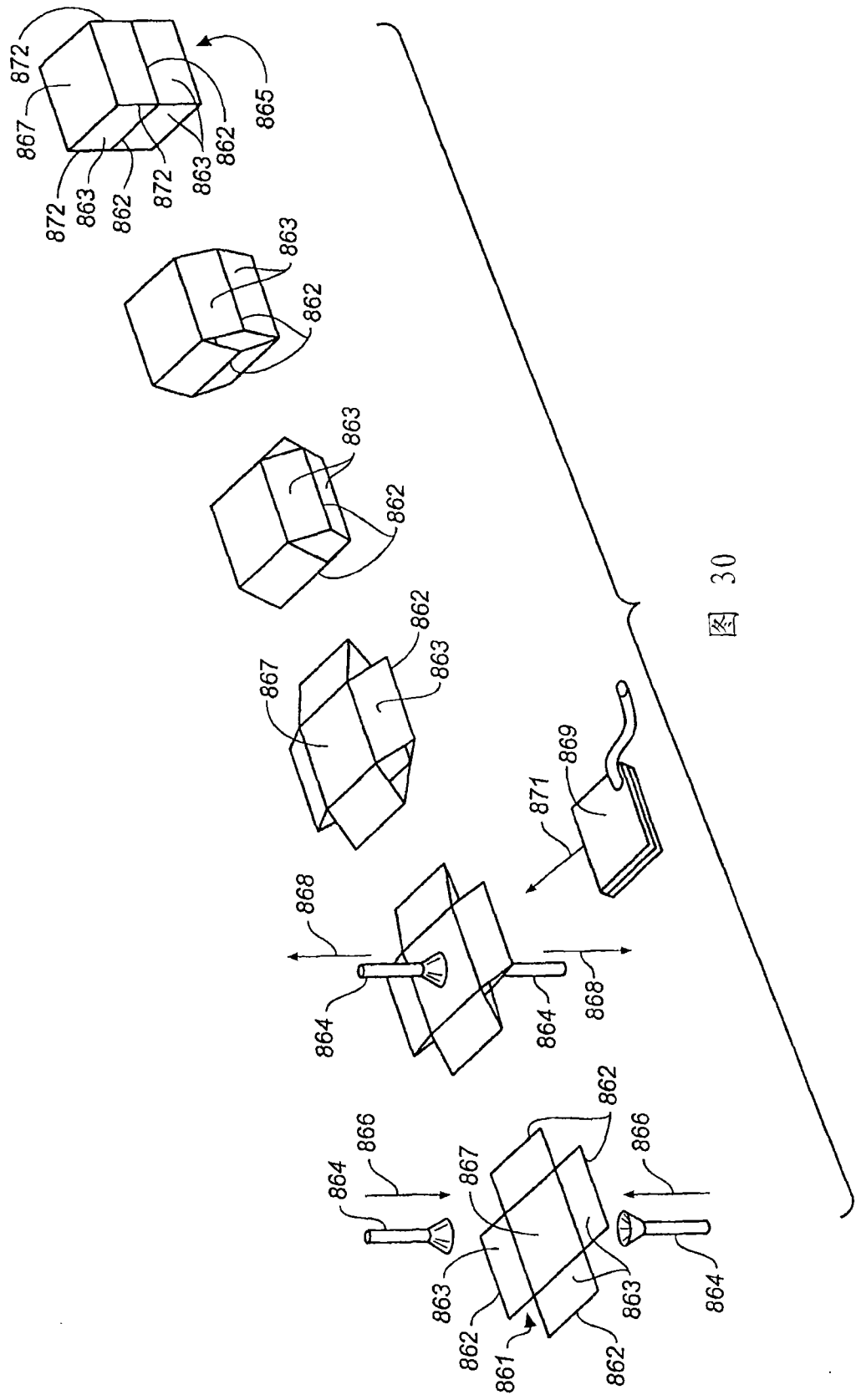


图 30

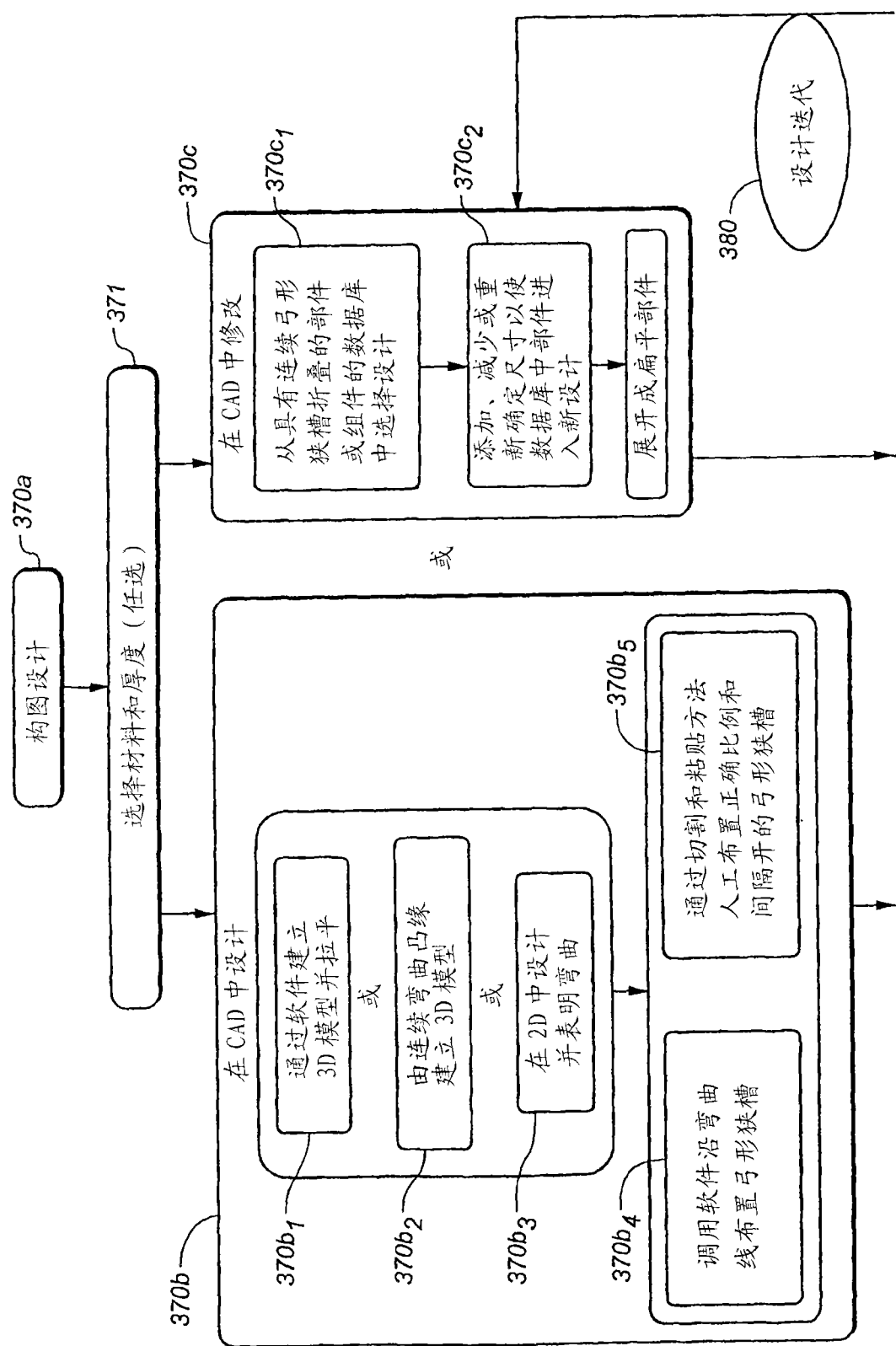


图 31A

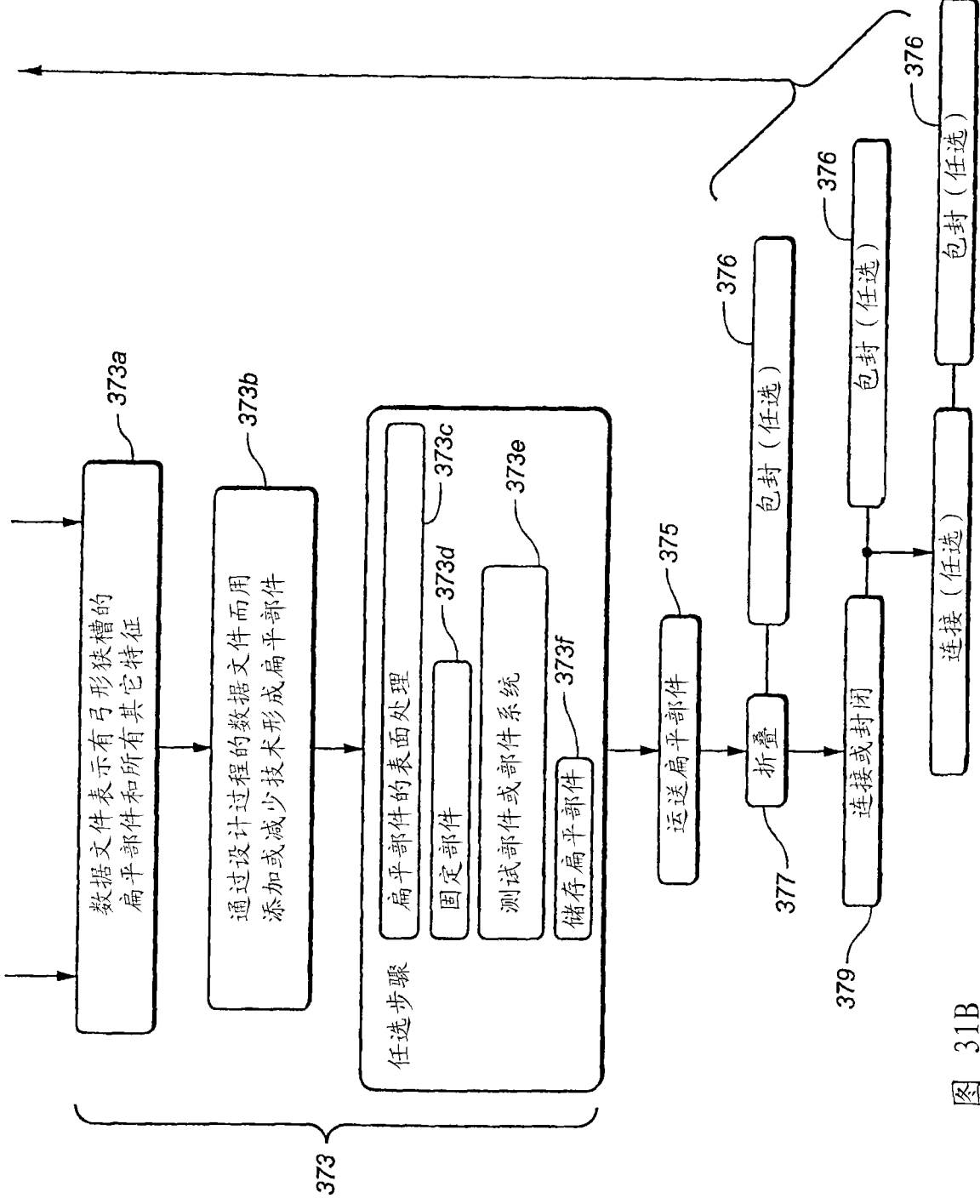


图 31B

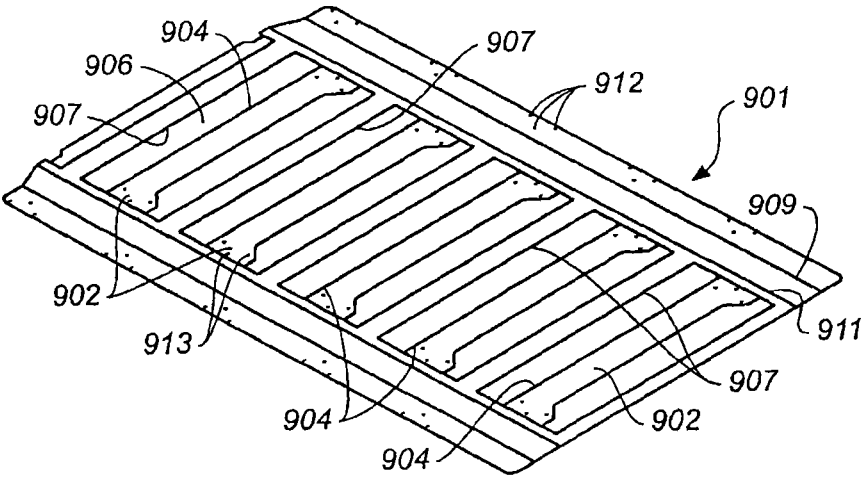


图 32A

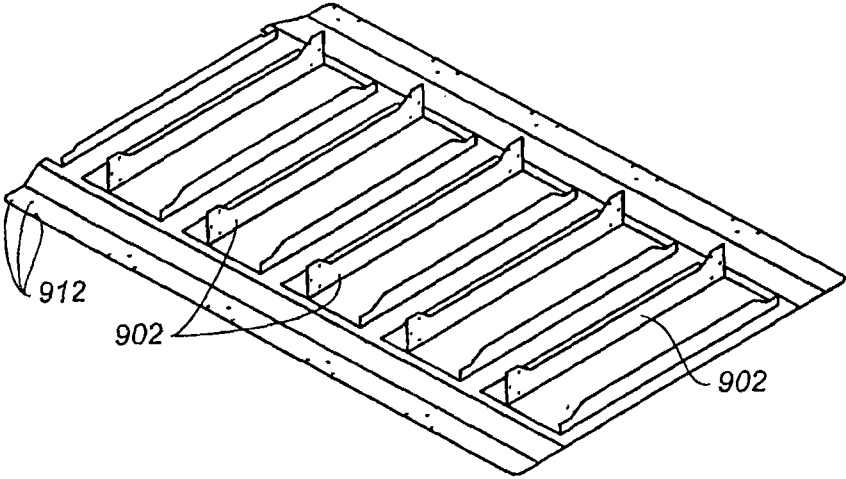
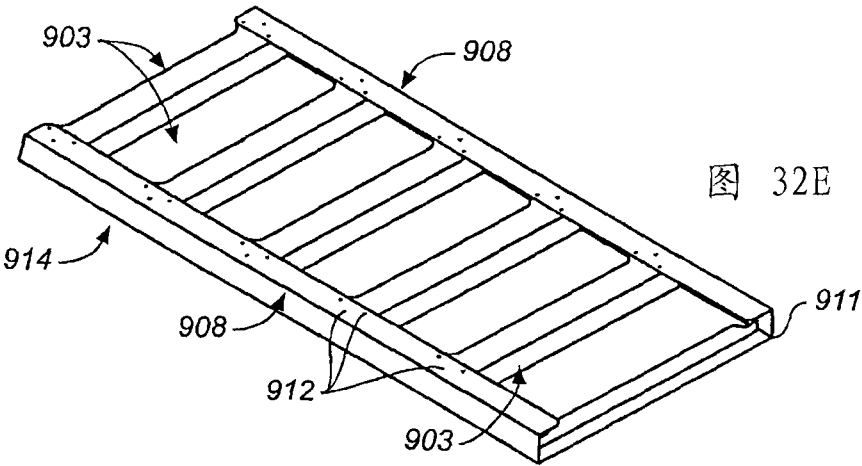
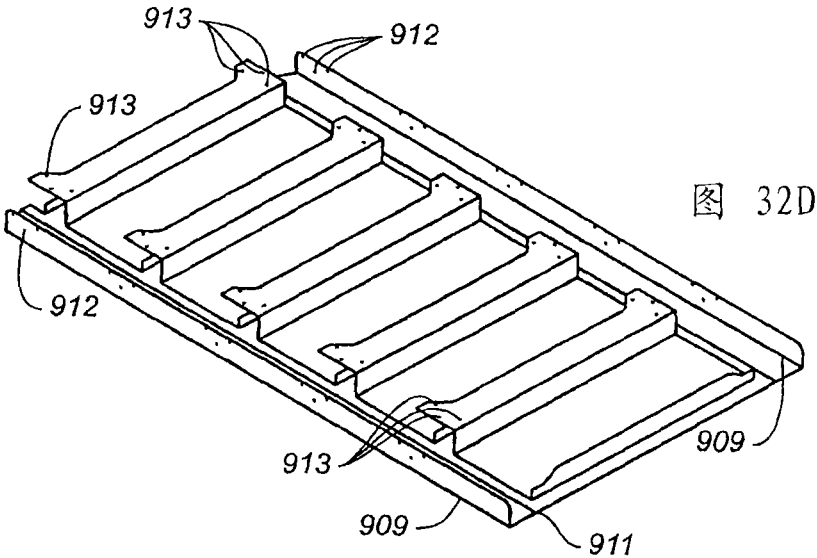
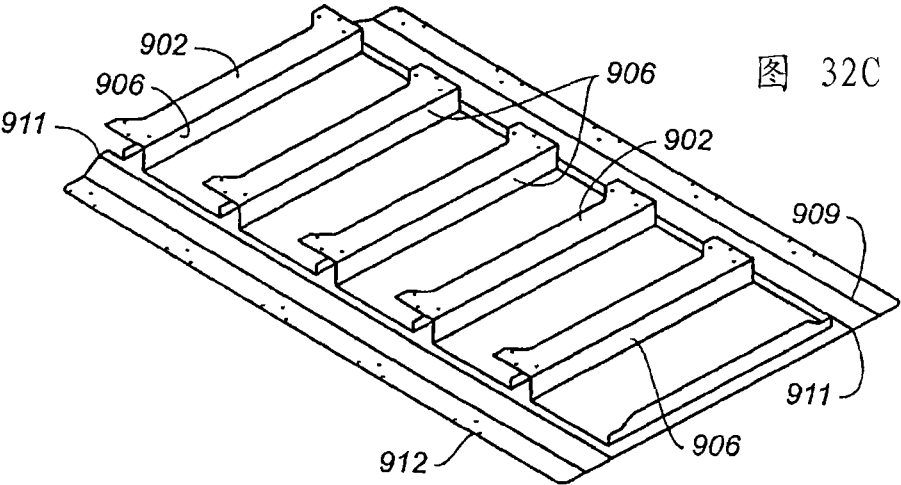
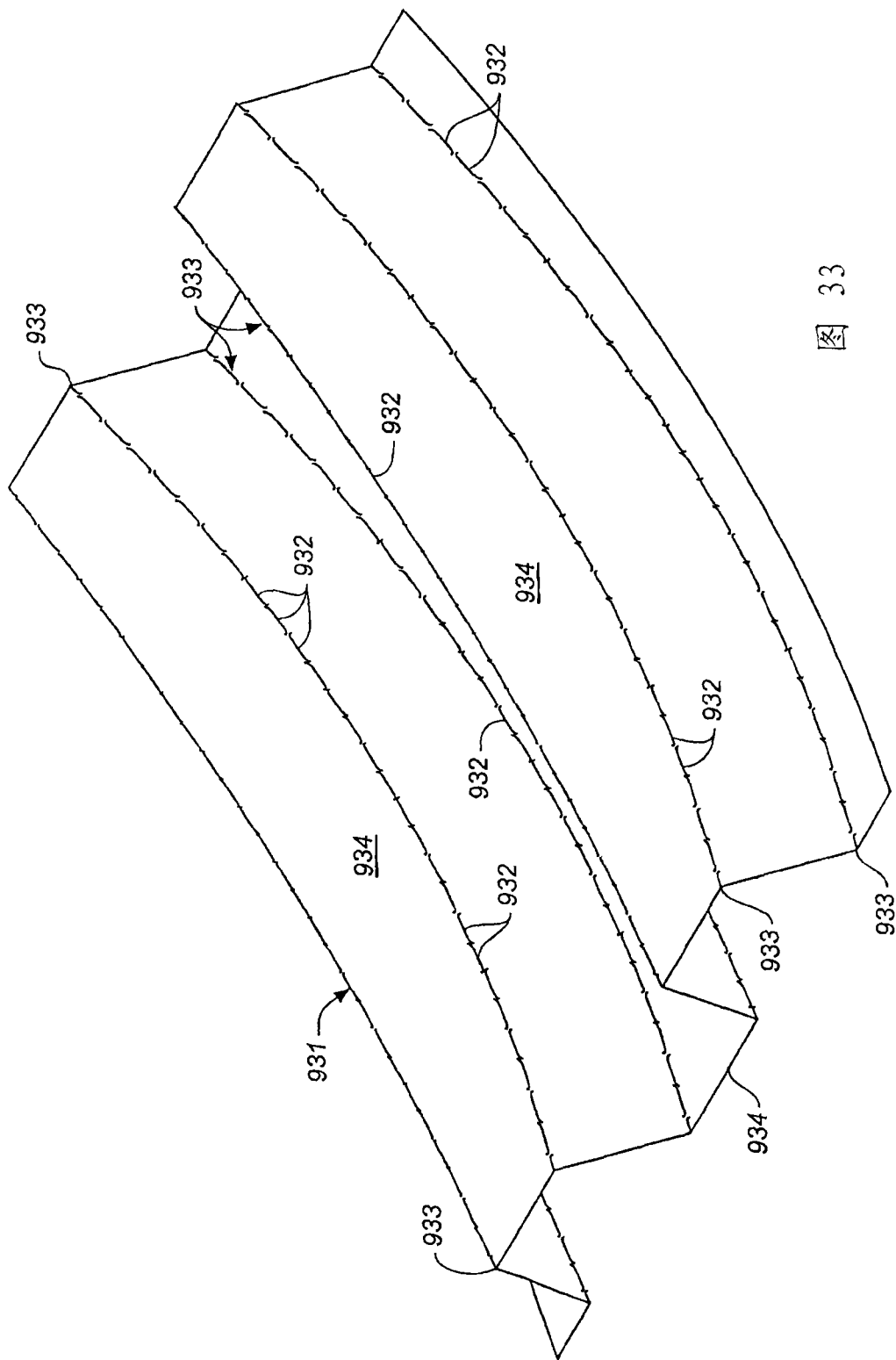


图 32B





33

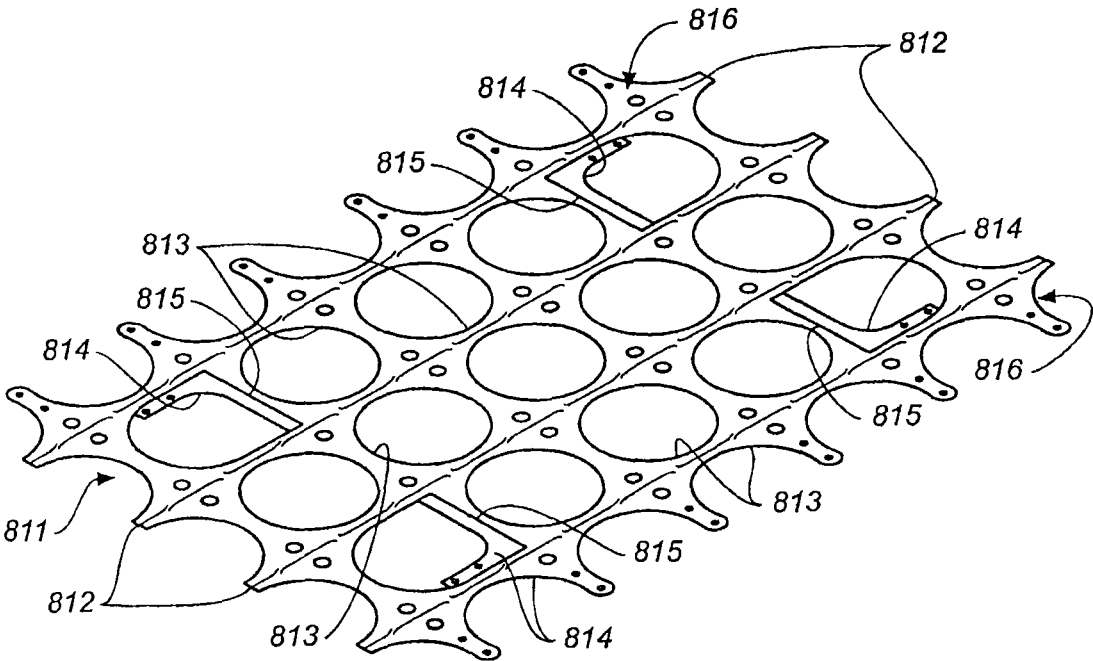


图 34A

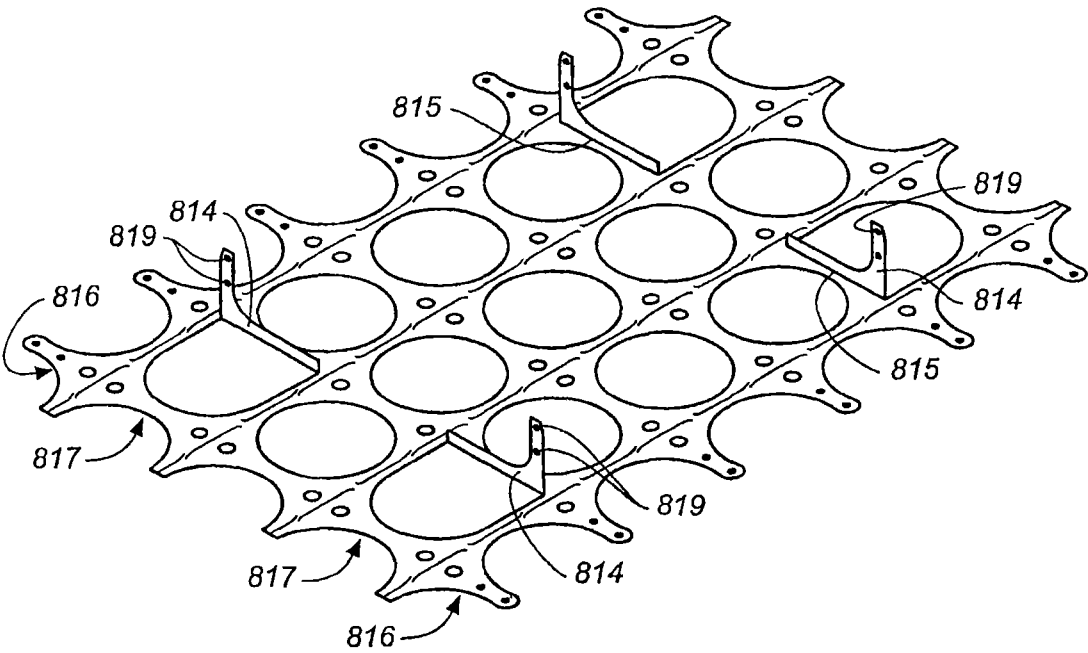


图 34B

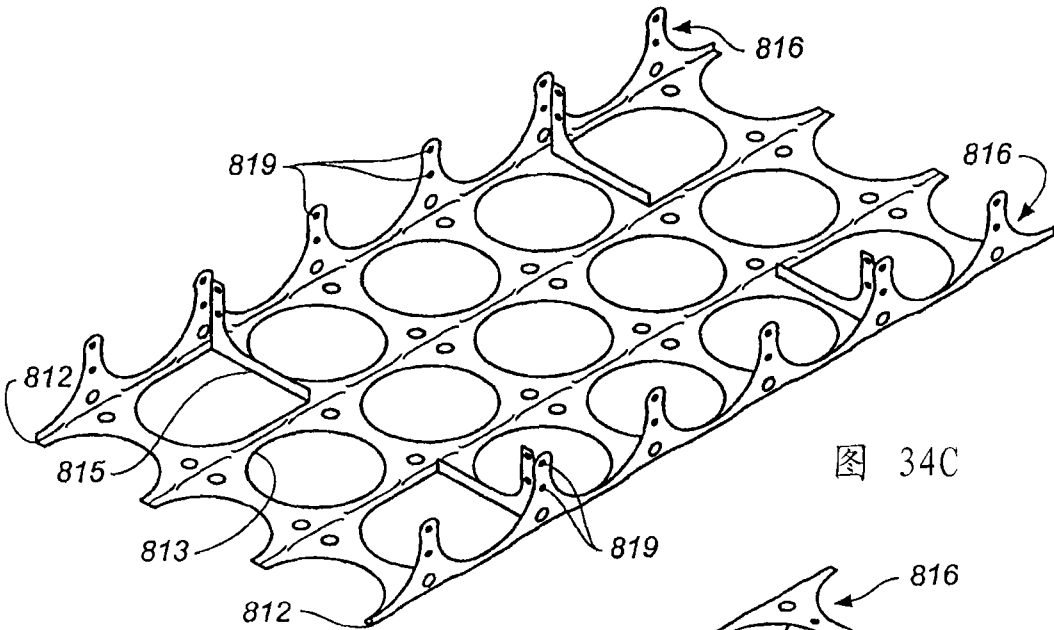


图 34C

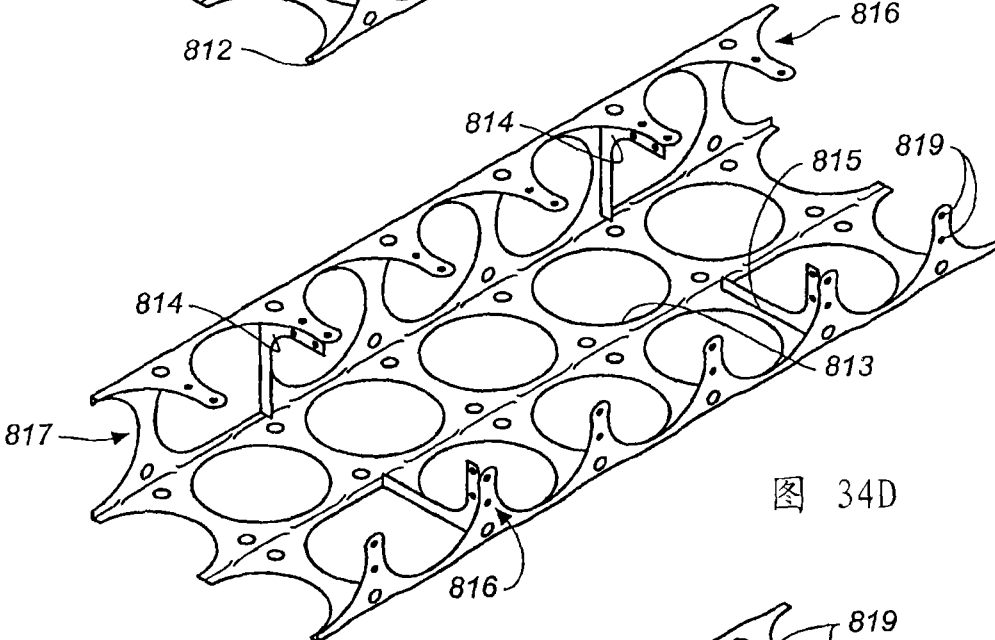


图 34D

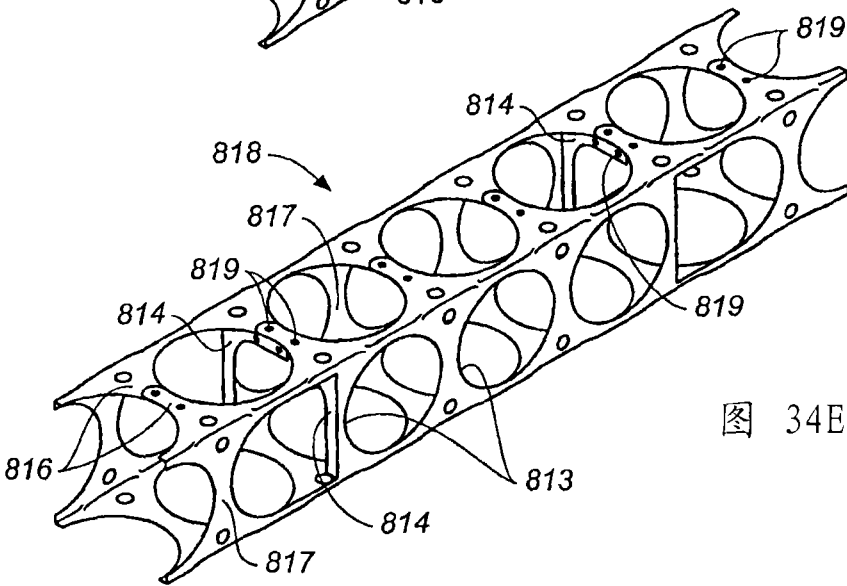


图 34E

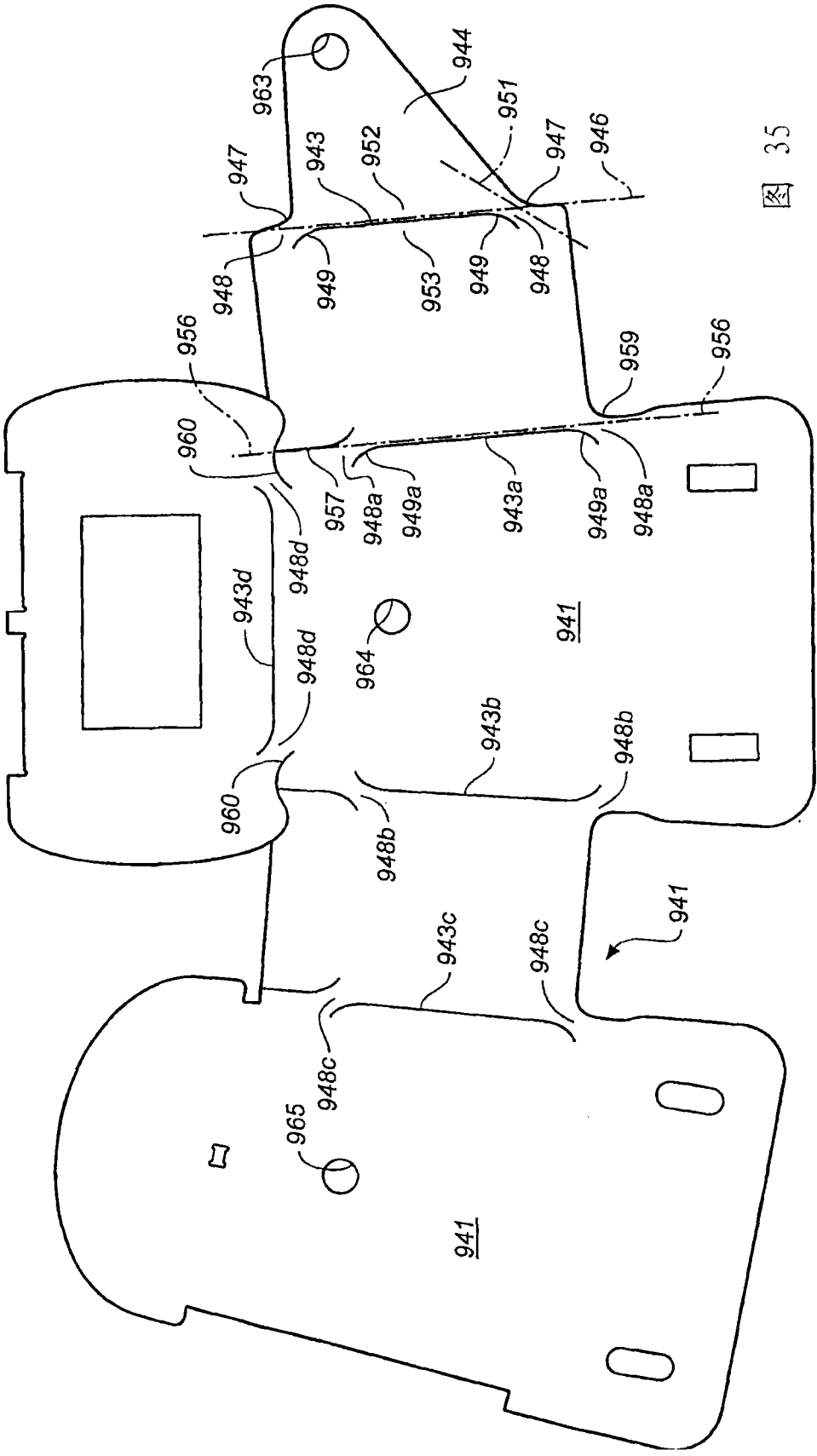


图 35

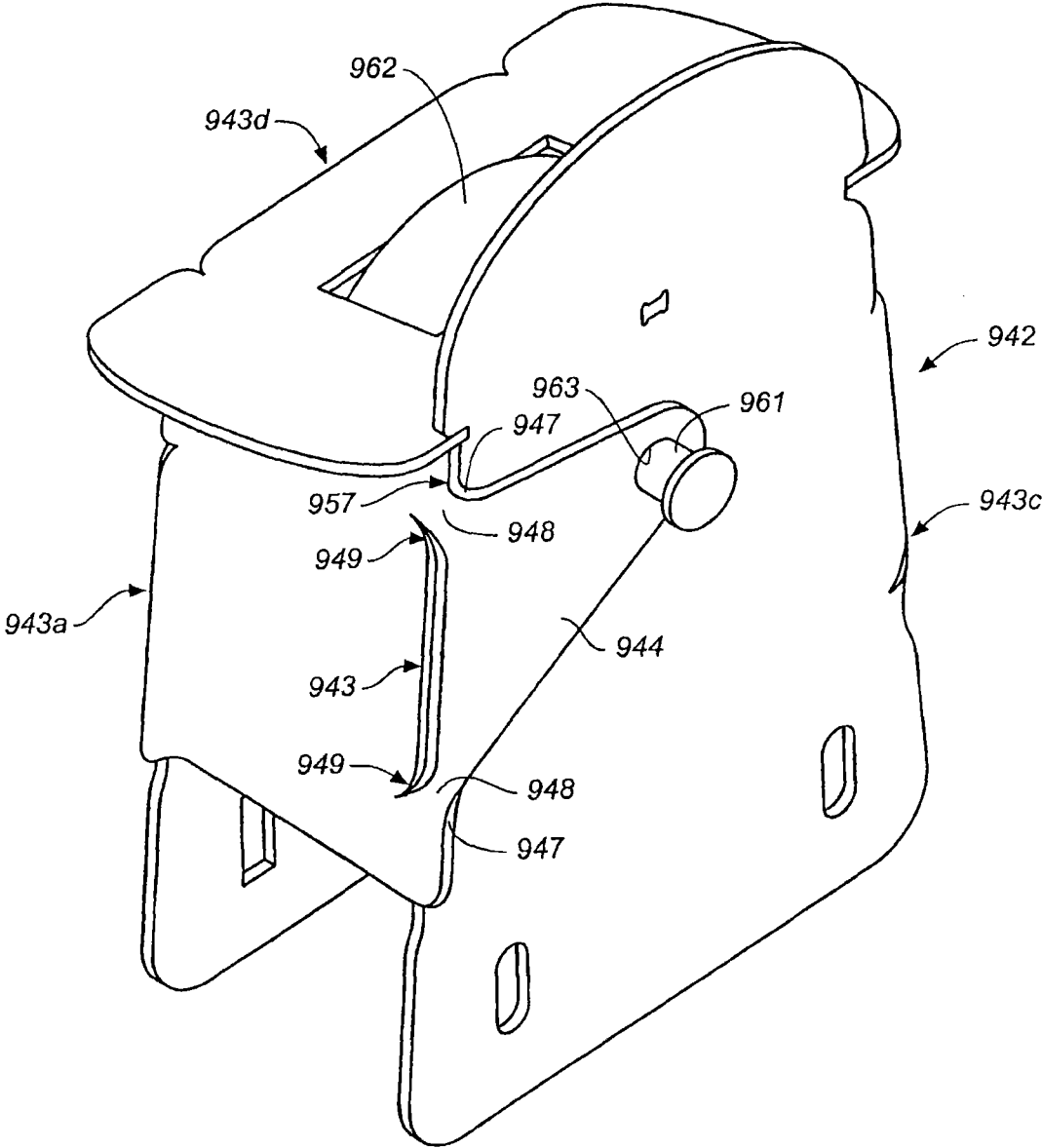


图 36

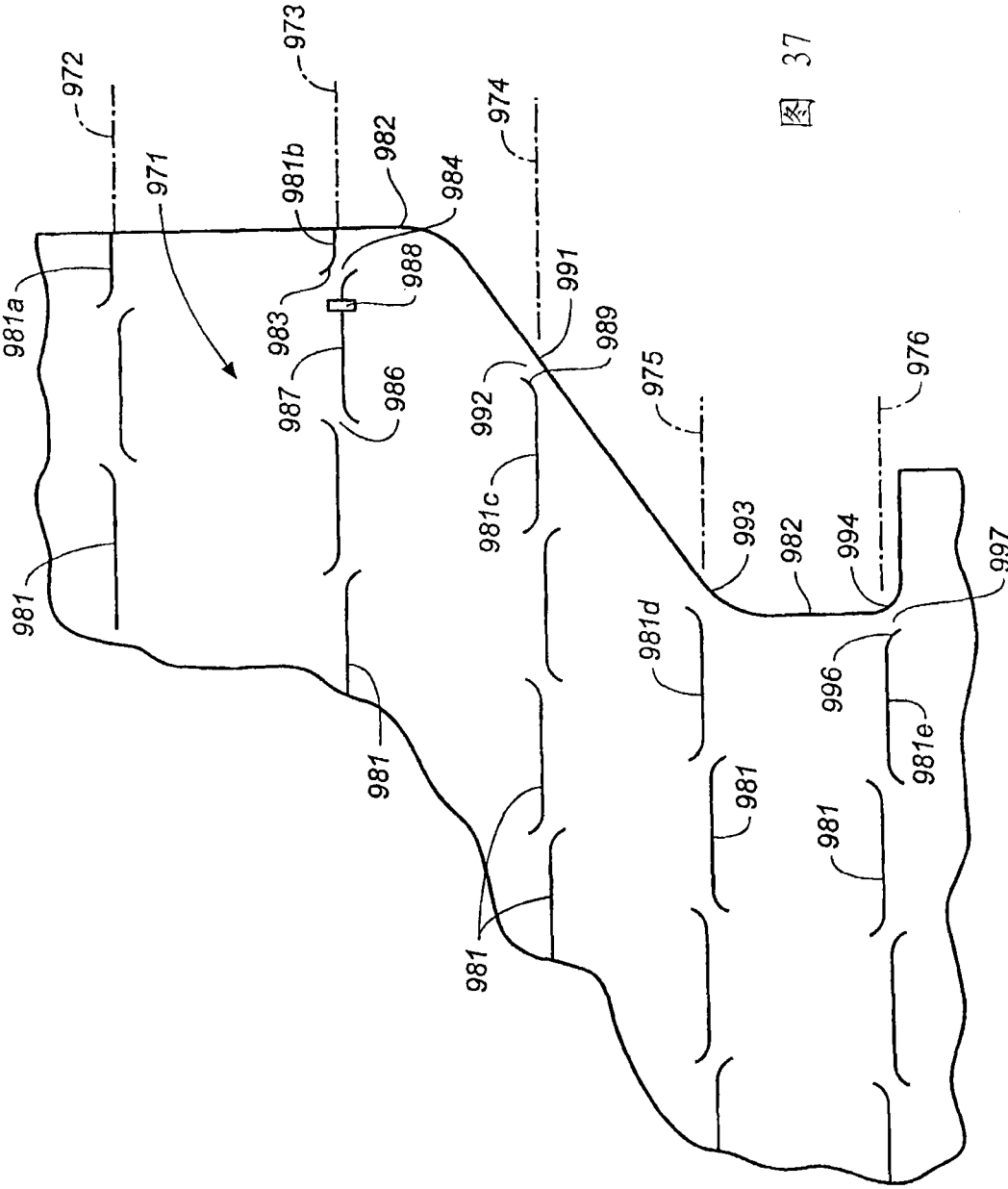


图 37

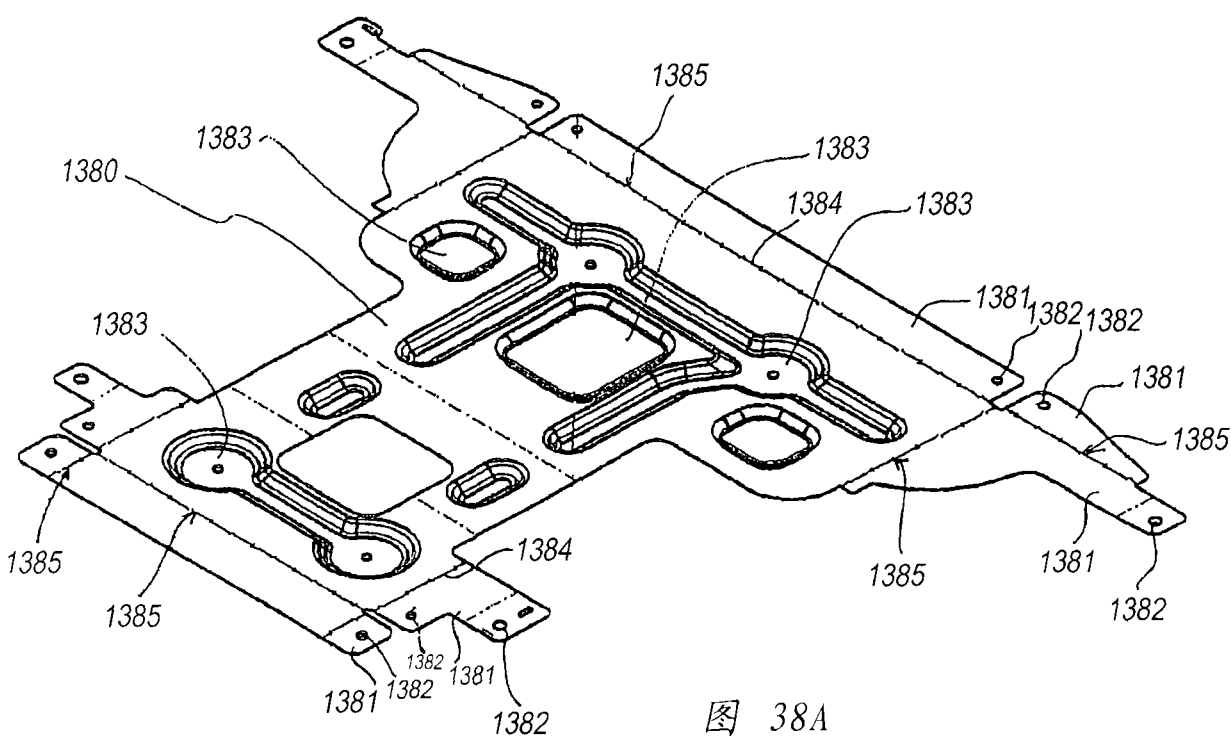


图 38A

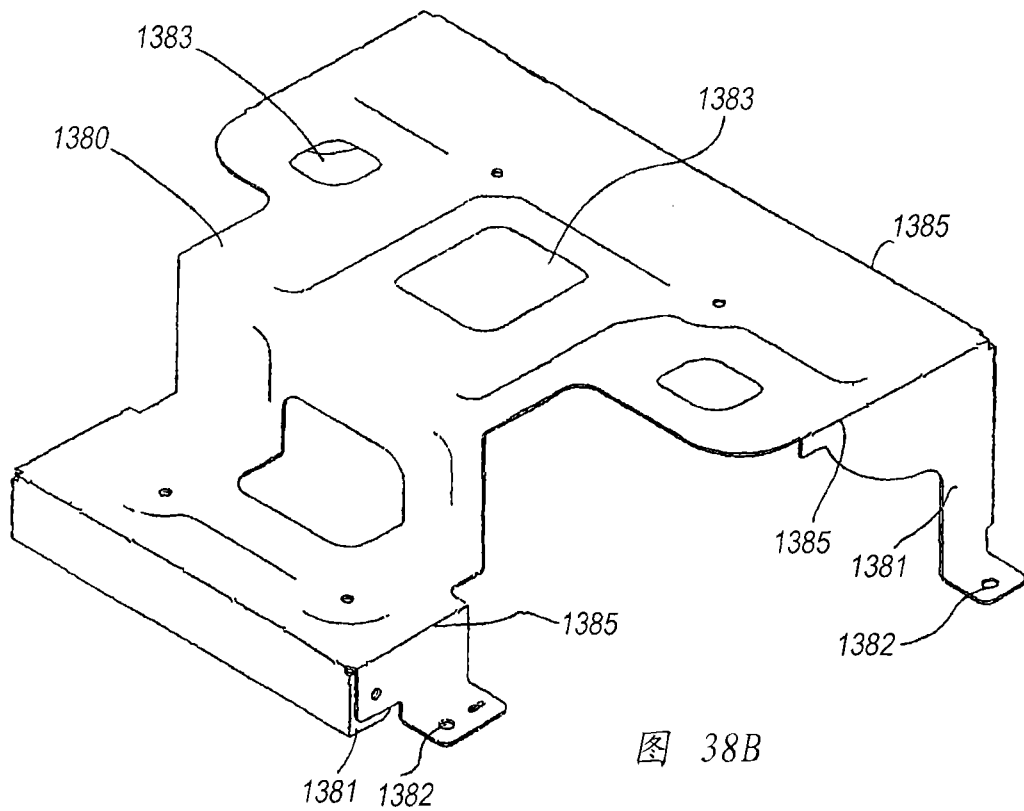


图 38B

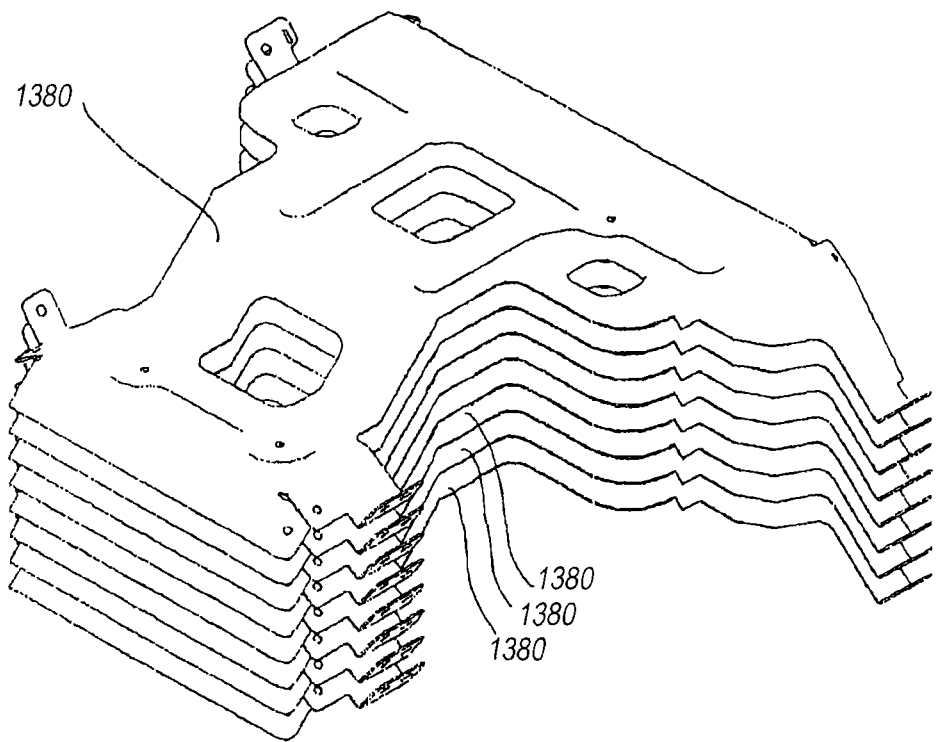


图 38C

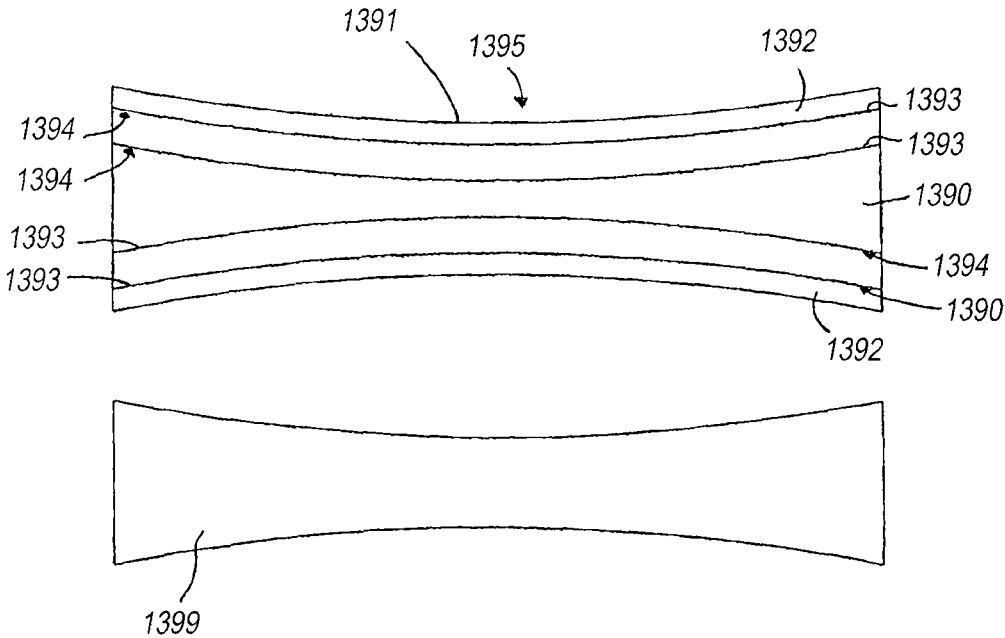


图 39A

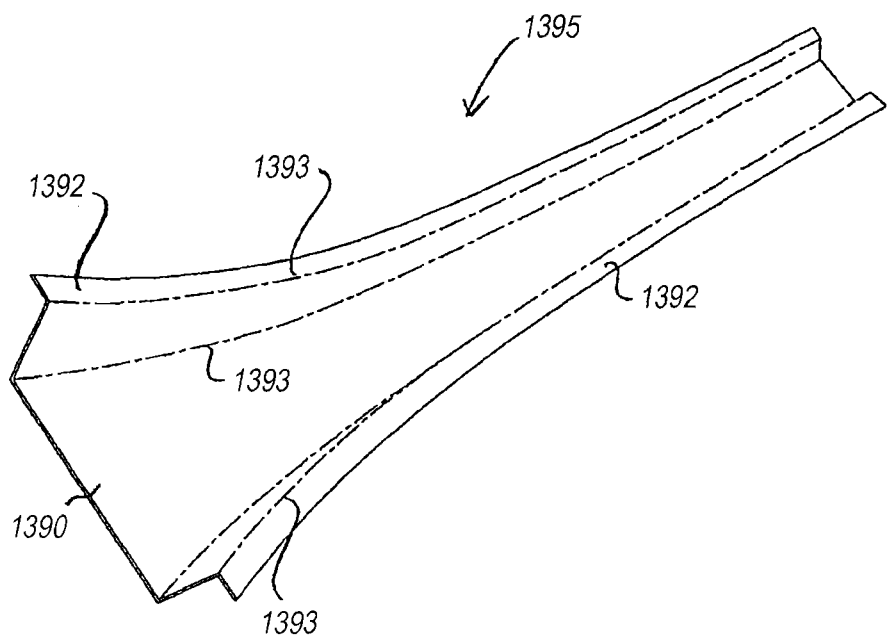


图 39B

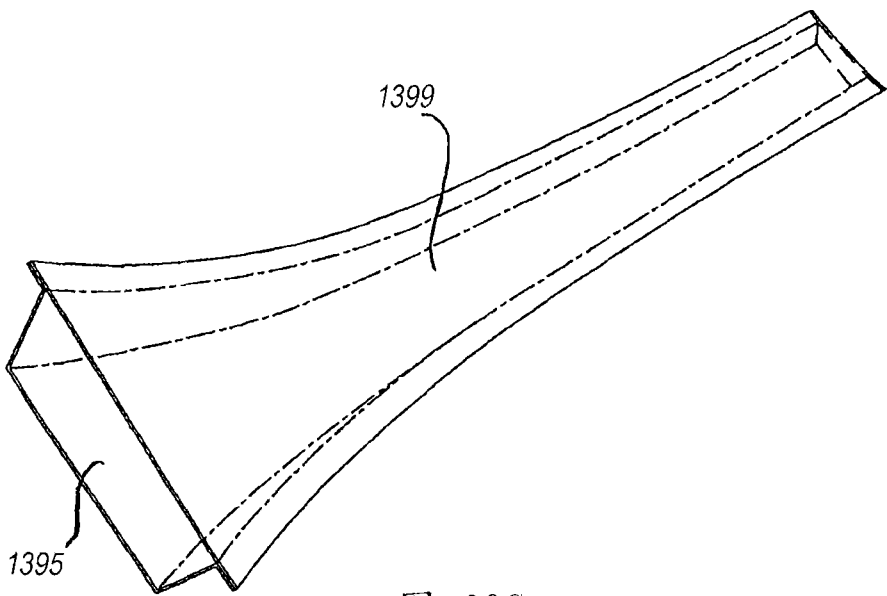


图 39C

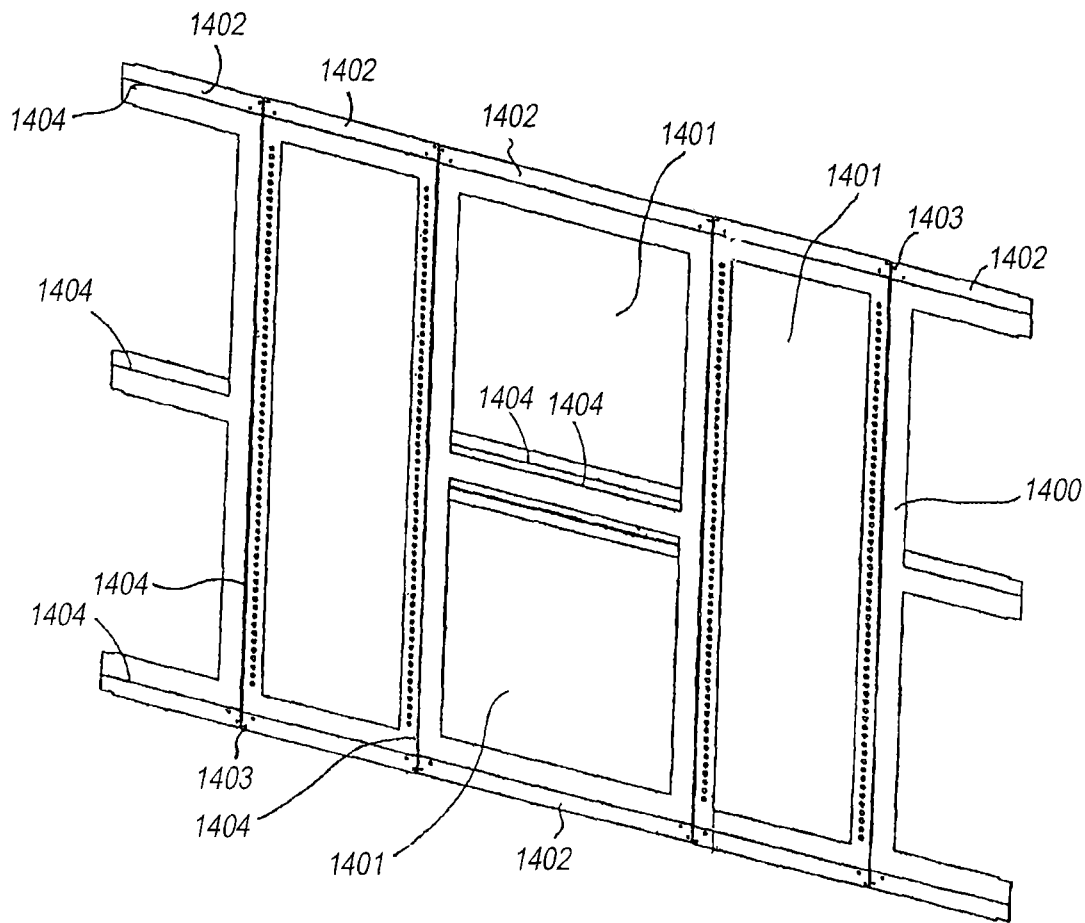


图 40A

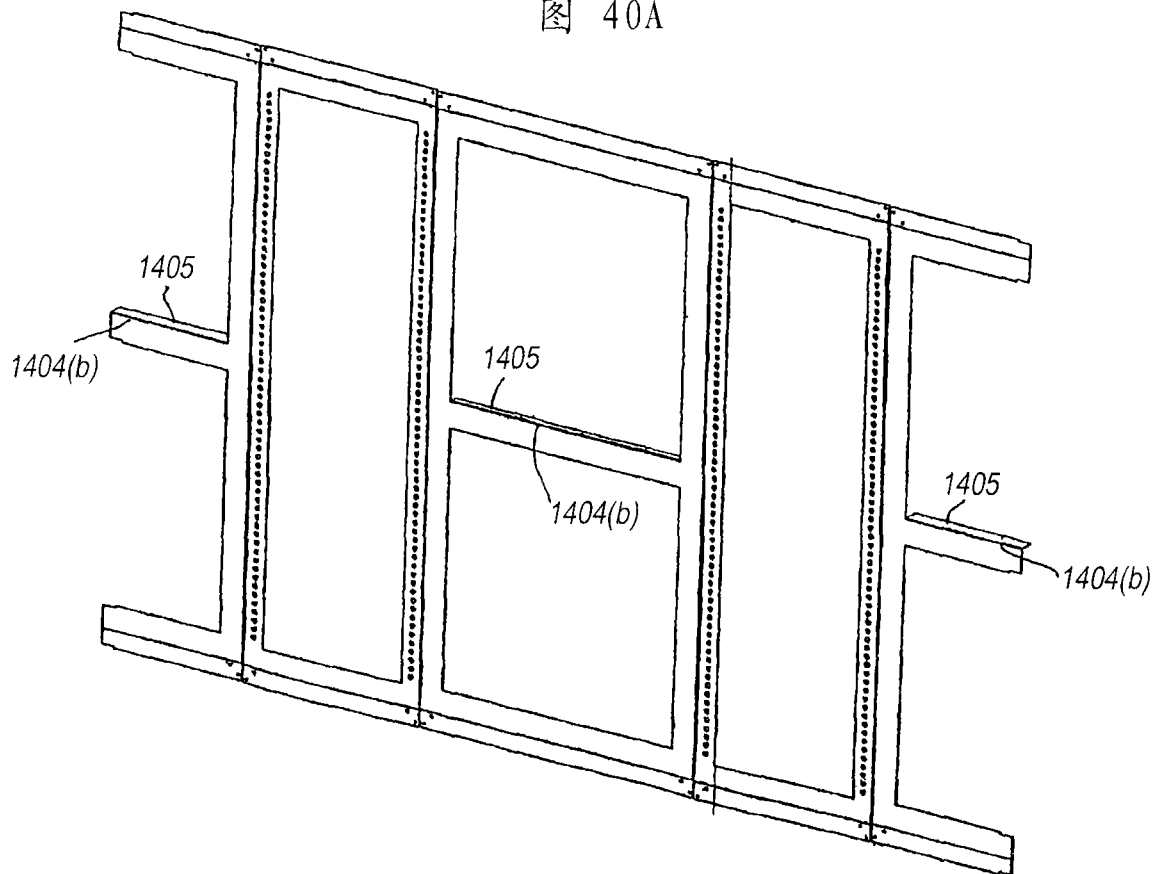
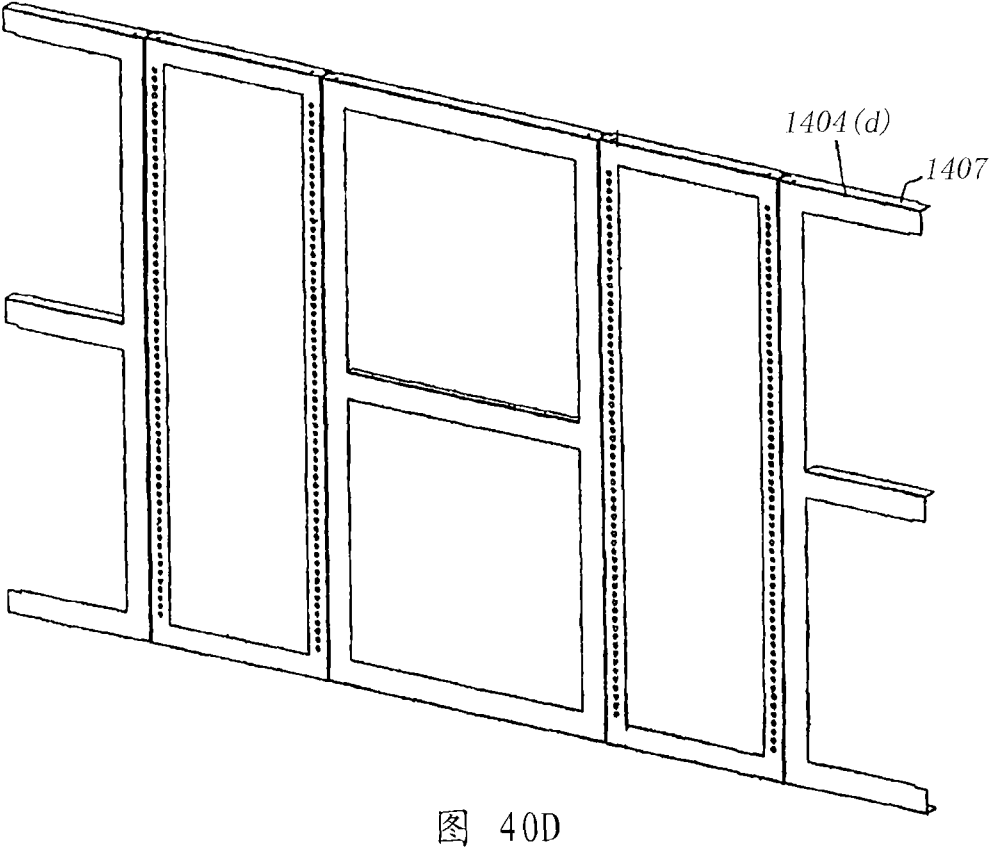
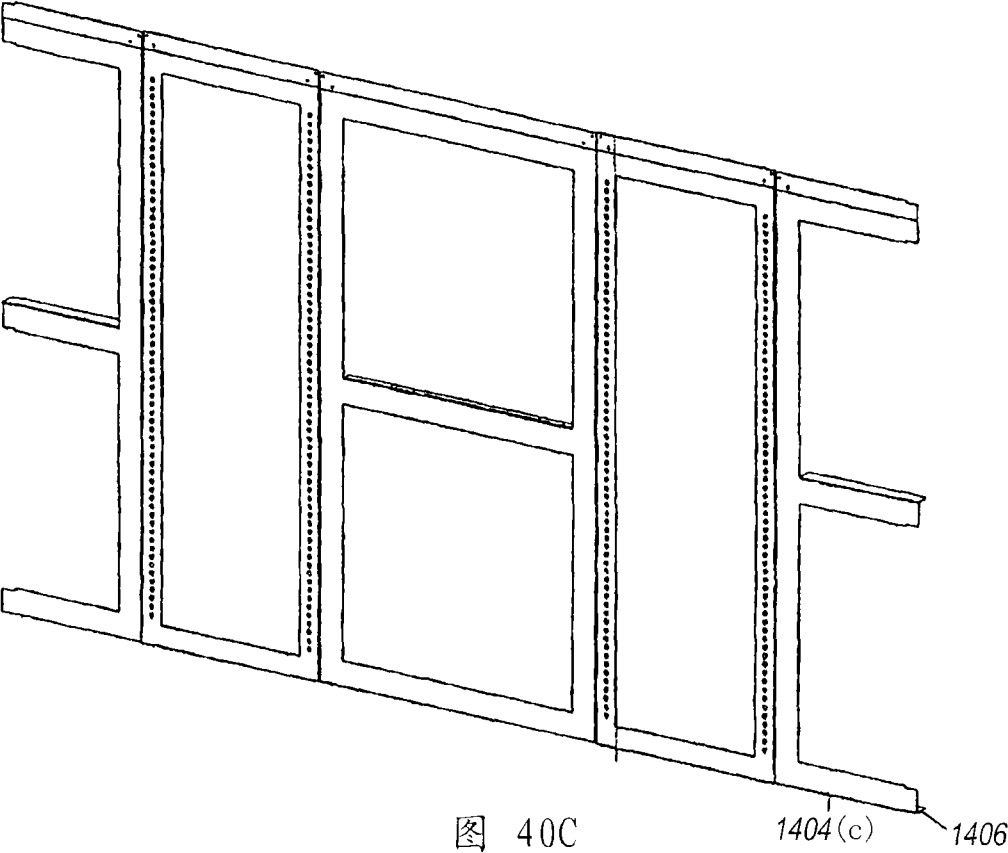
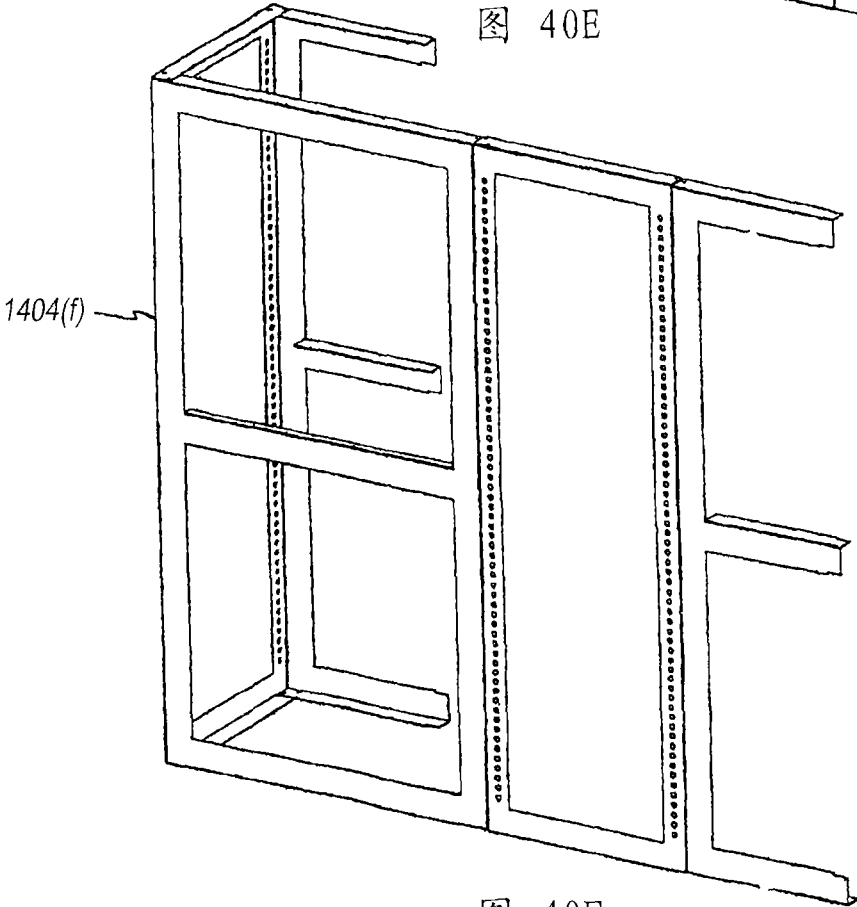
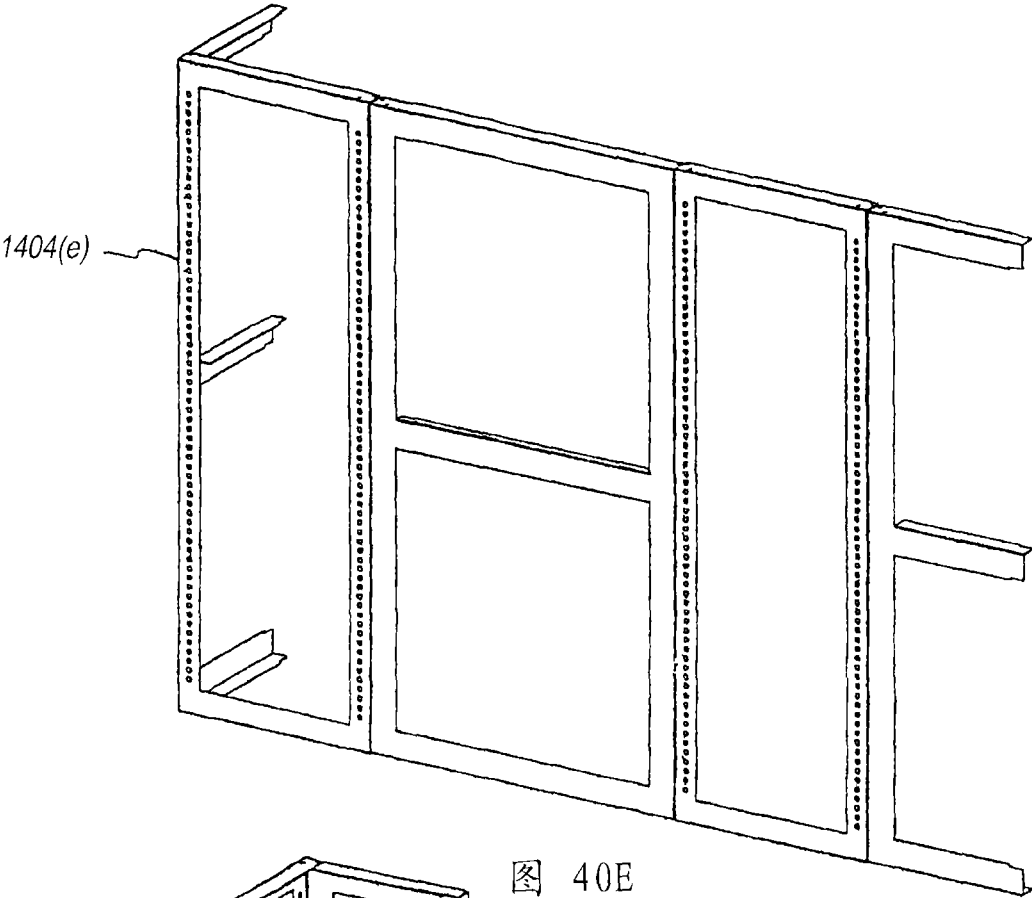


图 40B





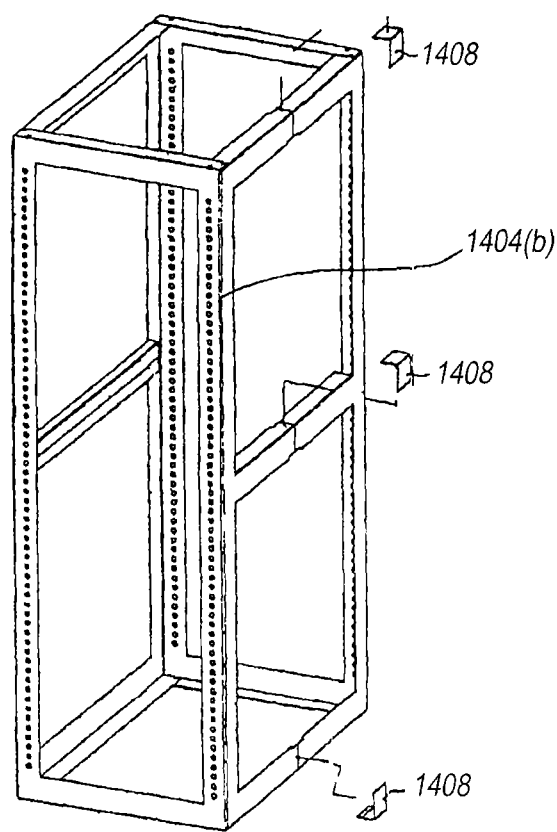


图 40H

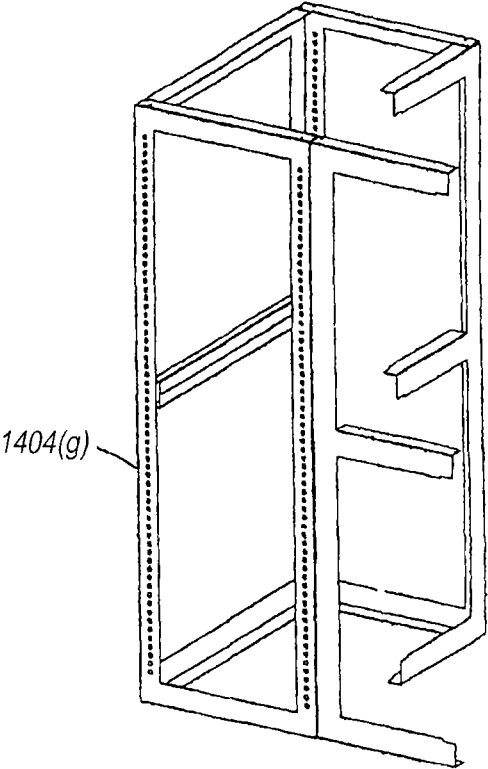


图 40G

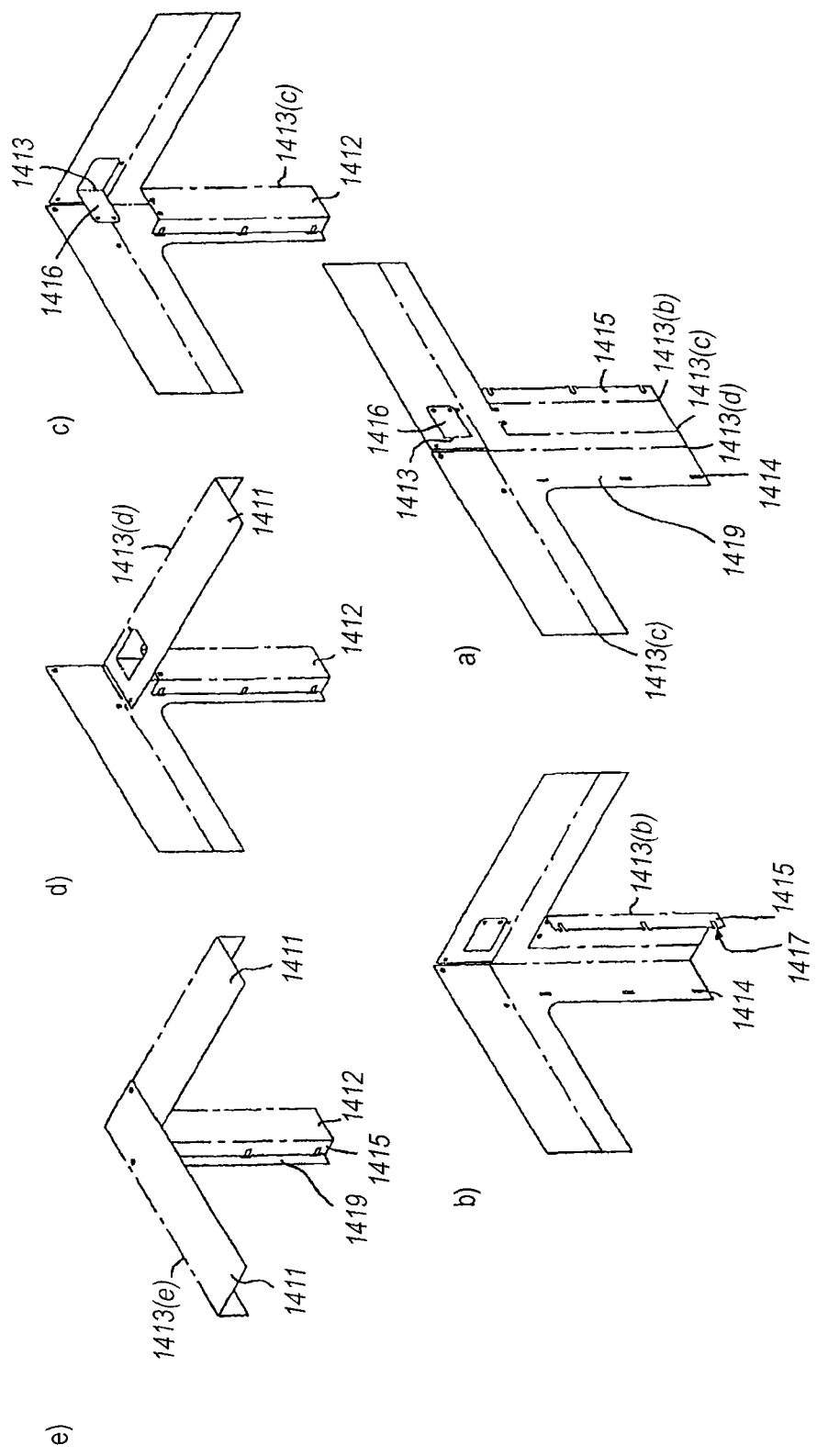
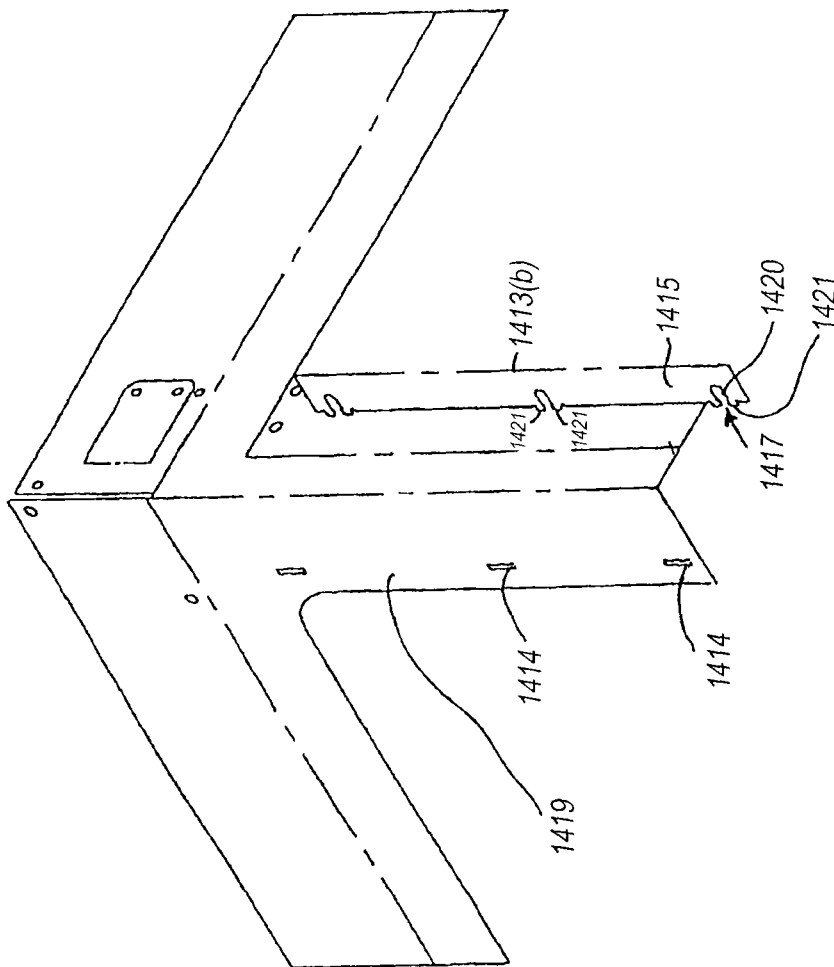


图 41



42A

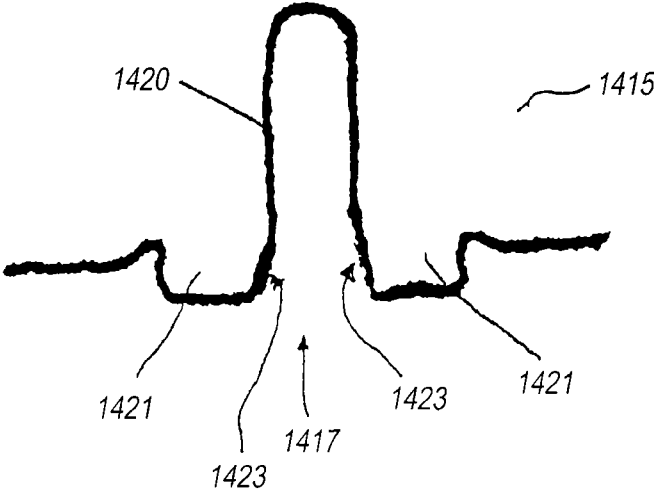


图 42C

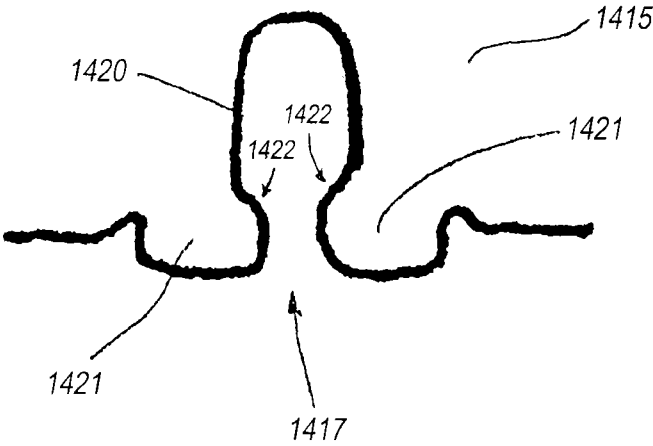


图 42B

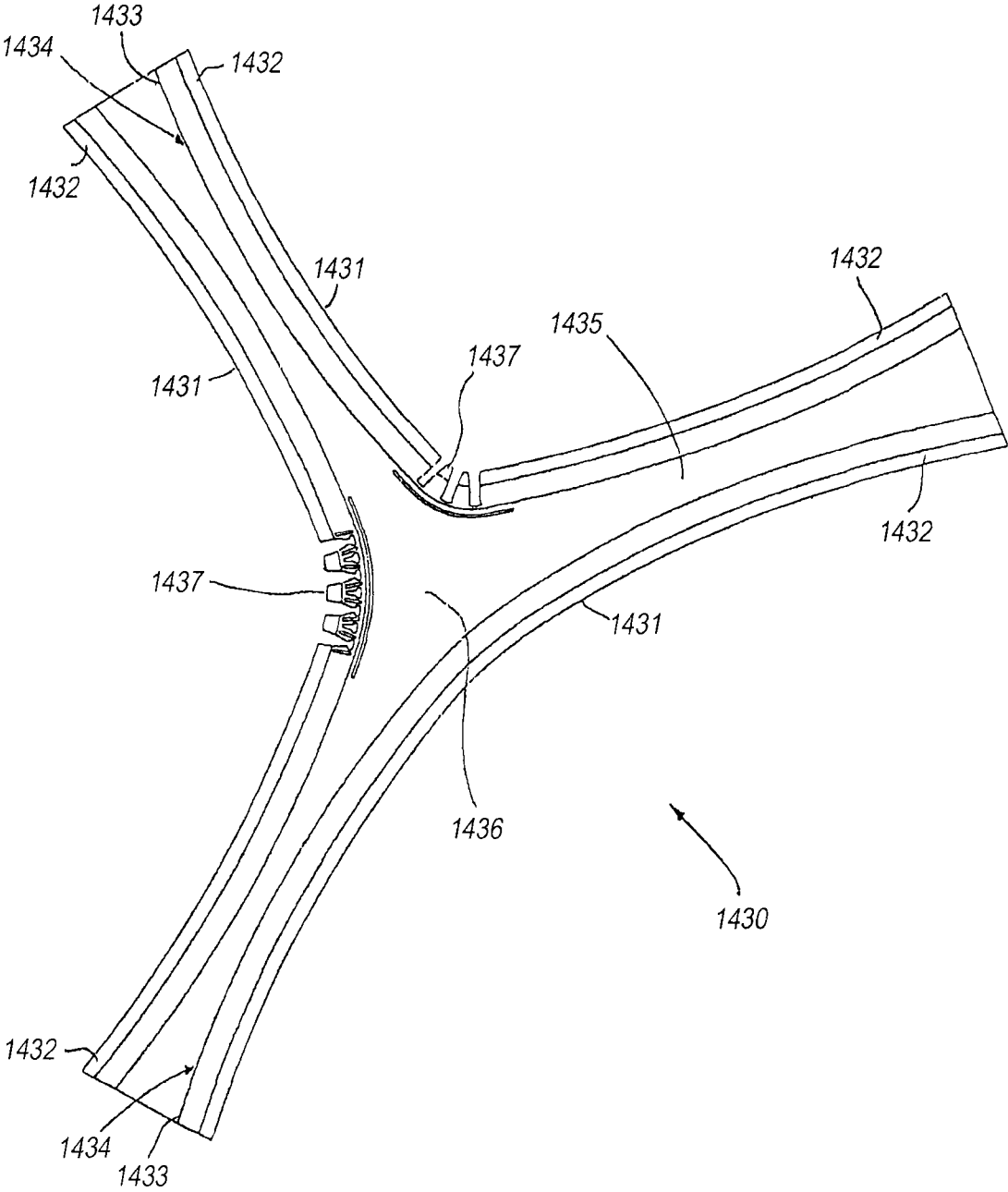


图 43A

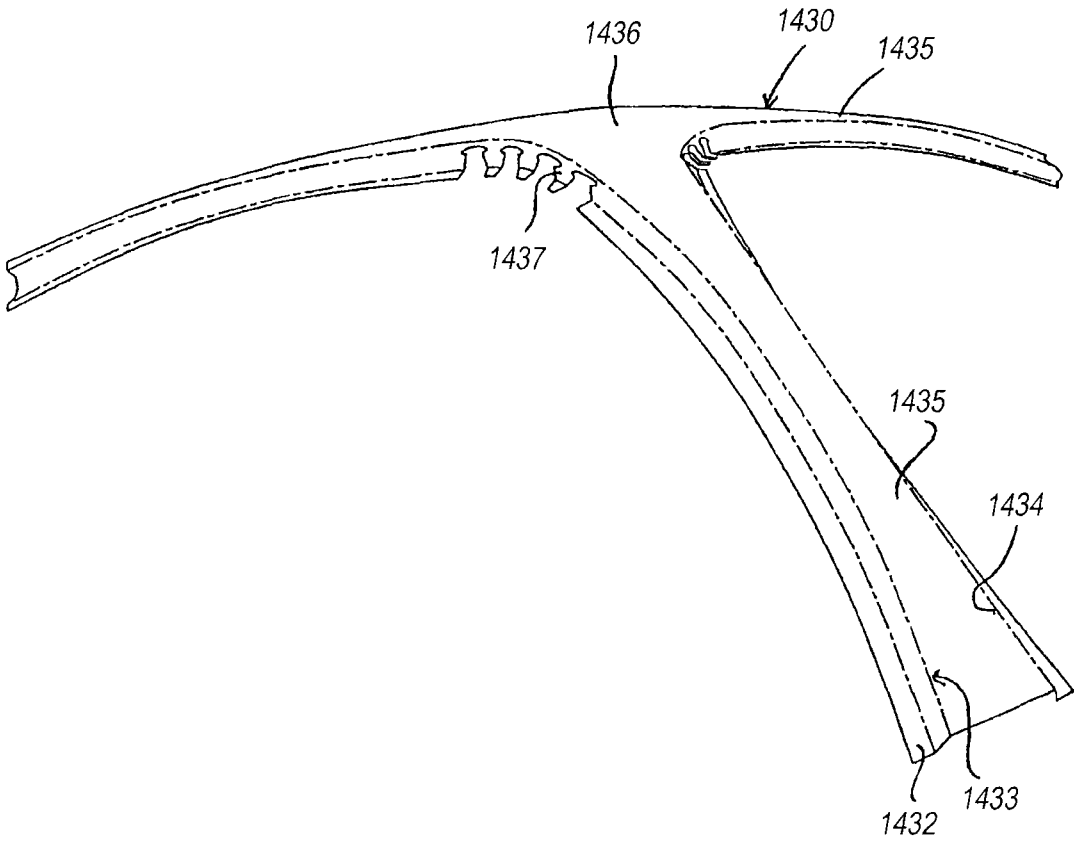


图 43B

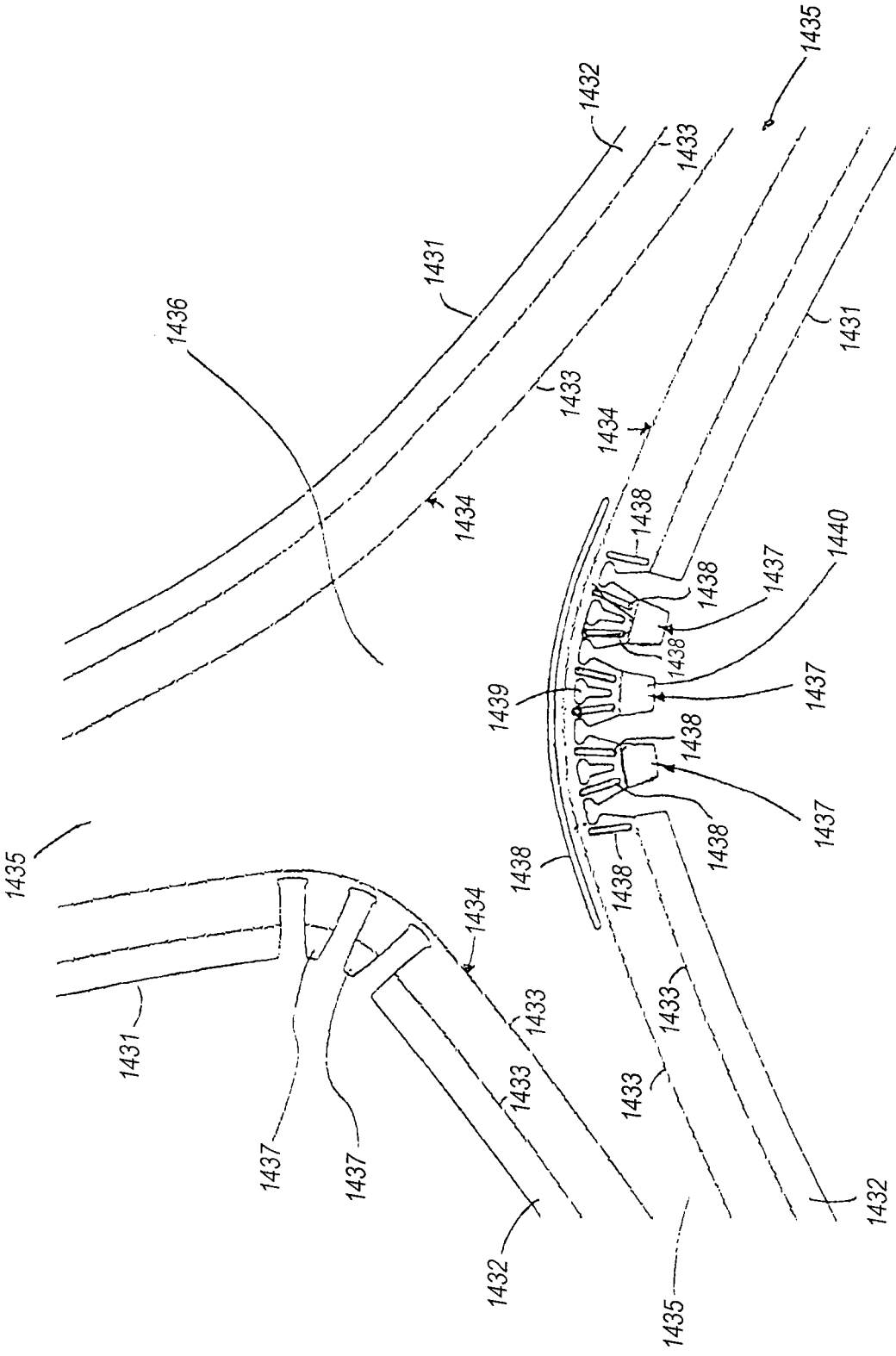


图 43C

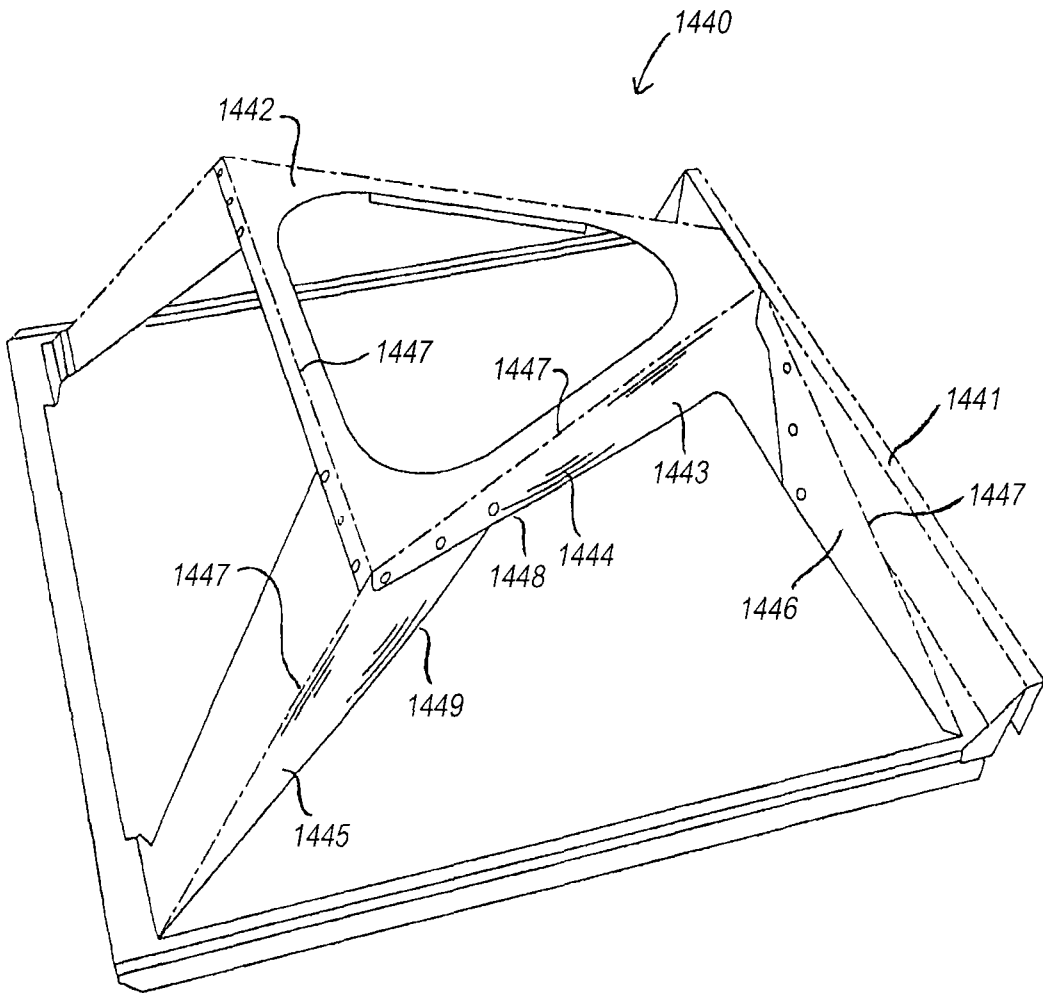


图 44