(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101277809 B
(45)授权公告日 2010.09.29

(21)申请号 200680036905.8

(22)申请日 2006.07.11

(30)优先权数据
11/195,786 2005.08.03 US

(85)PCT申请进入国家阶段日
2008.04.03

(86)PCT申请的申请数据
PCT/US2006/027067 2006.07.11

(87)PCT申请的公布数据
WO2007/018935 EN 2007.02.15

(73)专利权人 波音公司
地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 托德·A·布朗 达雷尔·D·琼斯 安德鲁·E·莫丁

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
代理人 赵蓉民

(51)Int.Cl.
B29C 70/34(2006.01)
B29L 31/30(2006.01)

(56)对比文件
WO 9922932A ,1999.05.14, 全文.
WO 2005011961A ,2005.02.10, 全文.
US 4720255A ,1988.01.19, 全文.

审查员 何文

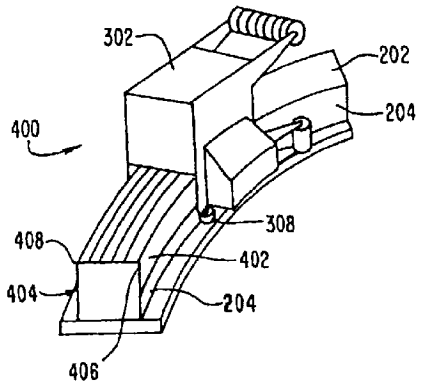
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 5 页

(54)发明名称

弯曲复合结构元件制造装置和方法

(57)摘要

为了制造复合材料物件,装置(302)以相对于一构件的纵向轴线大约0°将复合股设置在弯曲构件(200)上。该构件包括腹板表面(202)和帽盖表面(204)。该装置包括腹板压辊(1008)和一组导引件(308)。该腹板压辊将复合材料压制在腹板表面上并且产生腹板股。该组导引辊抵靠帽盖表面。该压辊由导引辊沿着该构件导向。



CN 101277809 B

1. 一种将复合板层设置在弯曲构件上的装置，该构件具有腹板表面和第一帽盖表面，该装置包括：

用于将复合材料压在腹板表面上并且产生腹板板层的腹板压辊；以及

抵靠所述第一帽盖表面的第一组导引辊，其中，通过所述第一组导引辊沿着所述构件对所述腹板压辊进行导向。

2. 根据权利要求 1 所述的装置，还包括：

抵靠所述构件的第二帽盖表面的第二组导引辊；

构造成使复合材料分散的卷轴；

在复合材料上产生足够拖拽拉伸的拉伸装置。

3. 根据权利要求 1 所述的装置，还包括：

将复合材料导引向压辊的端头；以及

端头中的加热元件，用于将足够的热施加至复合材料上从而改善复合材料的特性。

4. 根据权利要求 1 所述的装置，还包括：

用于将第一帽盖板层设置在所述第一帽盖表面上的第一帽盖压辊。

5. 根据权利要求 4 所述的装置，还包括：

将压制力施加至腹板板层与所述第一帽盖板层的交界面处的 45° 压辊；

设置半径板层的 45° 牵引束设置装置，其中所述 45° 压辊构造成压制所述半径板层。

6. 根据权利要求 4 所述的装置，还包括：

用于将第二帽盖板层设置在所述构件的第二帽盖表面上的第二帽盖压辊。

7. 根据权利要求 4 所述的装置，其中，腹板板层和所述第一帽盖板层设置成相对于所述构件的纵向轴线成大约 0° 。

8. 根据权利要求 1 所述的装置，还包括：

将复合材料的多个邻接相连条设置成平面弧形从而在所述构件的腹板表面上形成腹板板层的器件，其中复合材料包括具有总体纤维导向的多个纤维，每个条的纤维导向基本上与平面弧的整个长度方向一致。

9. 根据权利要求 8 所述的装置，还包括：

使多个条分散的器件，其中每个条包括浸有树脂的复合单向带的切开件；以及

使腹板板层硬化的器件。

10. 根据权利要求 8 所述的装置，还包括下述步骤：

将第一帽盖板层设置在第一帽盖表面上的器件，该第一帽盖板层包括具有采用总体带纤维导向的多个带纤维的复合带，该带纤维导向基本与第一帽盖表面的纵向中心线一致，拼接接头形成在第一帽盖板层和腹板板层的交界面处；

用于压制第一帽盖板层的器件；

用于压制第一帽盖板层和腹板板层的交界面的器件；和

用于设置半径板层的器件，其中，压制该交界面的器件构造成压制半径板层。

11. 一种制造复合曲线板层的方法，包括下述步骤：

沿着一构件导引一牵引束设置装置，其中所述构件具有腹板表面和帽盖表面，并且所述牵引束设置装置包括一组导引辊和一腹板压辊，所述一组导引辊抵靠所述构件的所述帽盖表面从而通过所述导引辊沿着所述构件对所述腹板压辊进行导向；

将采用复合材料的多个邻接相连条设置成平面弧形从而在所述构件的所述腹板表面上形成腹板板层，其中复合材料包括具有总体纤维导向的多个纤维，每个所述条的纤维导向基本上与平面弧的整个长度方向一致；以及

压制腹板板层。

12. 根据权利要求 11 所述的方法，还包括下述步骤：

使多个所述条分散，其中每个所述条包括浸有树脂的复合单向带的切开件。

13. 根据权利要求 11 所述的方法，还包括下述步骤：

使腹板板层硬化。

14. 根据权利要求 11 所述的方法，还包括下述步骤：

将帽盖板层设置在帽盖表面上，该帽盖板层包括具有采用总体带纤维导向的多个带纤维的复合带，该带纤维导向基本与帽盖表面的纵向中心线一致，拼接接头形成在帽盖板层和腹板板层的交界面处。

15. 根据权利要求 11 所述的方法，还包括下述步骤：

压制帽盖板层；

压制帽盖板层和腹板板层的交界面；以及

将半径板层设置在帽盖板层和腹板板层的交界面处。

弯曲复合结构元件制造装置和方法

技术领域

[0001] 本发明总体涉及复合结构。更特别地，本发明涉及一种采用复合材料制造具有一定轮廓的结构元件的装置和方法。

背景技术

[0002] 复合材料已经逐渐广泛地应用在各种行业中，包括机动车、海上和航空领域。复合材料已经用于生产不承受载荷的结构，诸如船身或者机动车身板。复合材料也被应用在制造承载载荷的结构中，诸如压力容器和飞行器机身。

[0003] 复合材料尤其可应用在承载载荷结构部件的设计中。用在这些设计中的复合材料包括强纤维材料，诸如碳、聚芳族酰胺 (aramid)、玻璃或石英，其与诸如环氧树脂的树脂材料结合到一起。这种材料可具有抗拉强度与重量的比值高的优势，允许轻质结构的设计具有大致的拉伸强度。由于这些材料中的载荷主要由纤维承载，所以可采用单向纤维研制多种复合材料，即，纤维基本上沿单一方向对齐。因此，这些材料通常用在沿着结构部件中拉伸载荷的方向设置纤维的设计中。

[0004] 但是，复合材料设计的劣势在于，单向纤维不会遵循结构部件的轮廓。例如，在包括弯曲于一个平面内的表面的结构元件中，复合材料可被调整适于平面弧的构件，但是纤维不会遵循弧的曲线。在这种设计中，单向纤维的取向不会处于载入于结构部件中的方向。此外，可沿着曲线的修正边缘切断单向纤维。

[0005] 因此，需要提供一种采用沿着结构元件的曲率排列的承载载荷纤维制造弯曲复合结构元件的方法。

发明内容

[0006] 本发明提供一种将复合板层设置在弯曲构件上的装置，该构件具有腹板表面和第一帽盖表面，该装置包括：用于将复合材料压在腹板表面上并且产生腹板板层的腹板压辊；以及抵靠所述第一帽盖表面的第一组导引辊，其中，通过所述第一组导引辊沿着所述构件对所述腹板压辊进行导向。

[0007] 所述装置还包括：抵靠所述构件的第二帽盖表面的第二组导引辊；构造成使复合材料分散的卷轴；在复合材料上产生足够拖拽拉伸的拉伸装置。

[0008] 所述装置还包括：将复合材料导引向压辊的端头；以及端头中的加热元件，用于将足够的热施加至复合材料上从而改善复合材料的特性。

[0009] 所述装置还包括：用于将第一帽盖板层设置在所述第一帽盖表面上的第一帽盖压辊。

[0010] 所述装置还包括：将压制力施加至腹板板层与所述第一帽盖板层的交界面处的 45° 压辊；设置半径板层的 45° 牵引束设置装置，其中所述 45° 压辊构造成压制所述半径板层。

[0011] 所述装置还包括：用于将第二帽盖板层设置在所述构件的第二帽盖表面上的第二

帽盖压辊。

[0012] 所述装置中，腹板板层和所述第一帽盖板层设置成相对于所述构件的纵向轴线成大约 0° 。

[0013] 所述装置还包括 :将复合材料的多个邻接相连条设置成平面弧形从而在所述构件的腹板表面上形成腹板板层的器件，其中复合材料包括具有总体纤维导向的多个纤维，每个条的纤维导向基本上与平面弧的整个长度方向一致。

[0014] 所述装置还包括 :使多个条分散的器件，其中每个条包括浸有树脂的复合单向带的切开件 ;以及使腹板板层硬化的器件。

[0015] 所述装置还包括下述步骤 :将第一帽盖板层设置在第一帽盖表面上的器件，该第一帽盖板层包括具有采用总体带纤维导向的多个带纤维的复合带，该带纤维导向基本与第一帽盖表面的纵向中心线一致，拼接接头形成在第一帽盖板层和腹板板层的交界面处 ;用于压制第一帽盖板层的器件 ;用于压制第一帽盖板层和腹板板层的交界面的器件 ;和用于设置半径板层的器件，其中，压制该交界面的器件构造成压制半径板层。

[0016] 本发明提供一种制造复合曲线板层的方法，包括下述步骤 :沿着一构件导引一牵引束设置装置，其中所述构件具有腹板表面和帽盖表面，并且所述牵引束设置装置包括一组导引辊和一腹板压辊，所述一组导引辊抵靠所述构件的所述帽盖表面从而通过所述导引辊沿着所述构件对所述腹板压辊进行导向 ;将采用复合材料的多个邻接相连条设置成平面弧形从而在所述构件的所述腹板表面上形成腹板板层，其中复合材料包括具有总体纤维导向的多个纤维，每个所述条的纤维导向基本上与平面弧的整个长度方向一致 ;以及压制腹板板层。

[0017] 所述方法还包括下述步骤 :使多个所述条分散，其中每个所述条包括浸有树脂的复合单向带的切开件。

[0018] 所述方法还包括下述步骤 :使腹板板层硬化。

[0019] 所述方法还包括下述步骤 :将帽盖板层设置在帽盖表面上，该帽盖板层包括具有采用总体带纤维导向的多个带纤维的复合带，该带纤维导向基本与帽盖表面的纵向中心线一致，拼接接头形成在帽盖板层和腹板板层的交界面处。

[0020] 所述方法还包括下述步骤 :压制帽盖板层 ;压制帽盖板层和腹板板层的交界面 ;以及将半径板层设置在帽盖板层和腹板板层的交界面处。

[0021] 本发明可很大程度上满足前述要求，其中，在一个方面，提供一种方法，在一些实施例中，使用纤维设置和手工或自动叠置过程的组合采用沿着结构元件的曲率一致的承载载荷的纤维半自动地制造弯曲复合结构材料。

[0022] 本发明的一项实施例涉及一种以相对于一构件的纵向轴线大约 0° 将复合股设置在该弯曲构件上。该构建包括腹板表面和帽盖表面。该装置包括腹板压辊和一组导引件。该腹板压辊将复合材料压在腹板表面上并且产生腹板股。该组导引辊抵靠帽盖表面。压辊通过该导引辊沿着该构件导向。

[0023] 本发明的另一实施例涉及一种制造复合弯曲股的设备。该设备包括导引装置、设置装置以及压制装置。导引装置沿着一构件的腹板表面导向一牵引线设置装置。设置装置将采用复合材料的多个连续相邻带设置为平面弧形从而在该构件的腹板表面上形成腹板股。该复合材料包括采用总体纤维导向的多个纤维，每个带的纤维导向基本上与平面弧的

整个长度方向一致。压制装置对腹板股进行压制。

[0024] 本发明的另一实施例涉及一种制造复合弯曲股的方法。在该方法中，牵引线设置装置由抵靠该构件的帽盖表面的一组辊沿着该构件导引。另外，将采用复合材料的多个邻接相连的带设置为平面弧形，从而在该构件的腹板表面上形成腹板股。该复合材料包括采用总体纤维导向的多个纤维，每个带的纤维导向基本上于平面弧的整体长度一致。此外，对腹板股进行压制。

[0025] 前面已经相当广泛地列出了本发明的特定实施例，从而更好地理解其详细说明，以及其对现有技术的贡献。当然，下面将说明本发明的将形成所附的权利要求的主题的其他实施例。

[0026] 在这一方面，在详细说明本发明的至少一项实施例之前，应该理解，本发明的应用并不局限于随后的说明书中所述或者附图所示的部件的结构和布置的详细内容。除了所述的实施例，本发明的还可采用多种方式实现和执行。同样，应该理解，这里所使用的术语和专业词汇以及摘要只是为了说明的目的，并不应理解为限制性的。

[0027] 如此，本领域技术人员可知，本发明所基于的概念可容易地用作实现本发明若干目的的其他结构、方法和系统的设计的基础。因此，重要的是，在权利要求不脱离本发明的精髓和范围的情况下，权利要求应该理解为包括这些等同结构。

附图说明

[0028] 图 1A 是示出具有“C”形剖面的弯曲结构元件的透视图。

[0029] 图 1B 是示出具有“L”形剖面的弯曲结构元件的透视图。

[0030] 图 2 是示出根据本发明一项实施例的制造工具或芯轴的透视图。

[0031] 图 3 是示出根据本发明一项实施例的复合材料的 0° 腹板股的制造和叠置 (layup) 过程的透视图。

[0032] 图 4 是根据本发明一项实施例的复合材料的 0° 帽盖股的叠置的透视图。

[0033] 图 5 是制造工具上的复合材料的 45° 对角线股的叠置的透视图。

[0034] 图 6 是示出复合材料的 90° 交叉股的叠置的透视图。

[0035] 图 7 是示出适于结构元件的叠置的外部模制线（例如，凹入）制造工具的透视图。

[0036] 图 8 是示出适于将结构元件叠置件封装在用于硬化的密封真空袋中的内部模制线（例如，凸出）制造工具的透视图。

[0037] 图 9 是制造弯曲复合结构元件可遵循的步骤的流程图。

[0038] 图 10 是设置根据本发明一项实施例的复合材料的 0° 腹板股的叠置件的装置的透视图。

[0039] 图 11A 是设置根据本发明一项实施例的复合材料的 0° 腹板股的叠置件的装置的简化图。

[0040] 图 11B 是设置根据本发明一项实施例的复合材料的 0° 腹板和帽盖股的叠置件的装置的简化图。

[0041] 图 11C 是示出根据本发明一项实施例的设置 0° 腹板和帽盖股以及沿着结构元件的半径设置和 / 或压缩一股的装置的简化图。

具体实施方式

[0042] 根据本发明的一项实施例提供一种用于制造弯曲复合结构元件的装置。该装置构造成将一股设置在用于弯曲复合腹板的形成或制造工具上，使得复合材料的纤维取向基本上与结构元件的曲率一致。

[0043] 另外或者可选择地为了在腹板上设置一股，该装置构造成在用于弯曲复合凸缘或者帽盖的形成或制造工具上设置一股，使得复合材料的纤维导向基本上与结构元件的中心线和 / 或边缘一致。

[0044] 在下文中，首先示出和描述复合结构元件以给出本发明实施例的适当背景的实例。但是，其他复合元件也适于各种实施例。例如，直的、复合曲线、多轴线曲线等也处于各项实施例的范围内。

[0045] 现在将参照附图说明一项实施例，其中在全文中类似的附图标记指代类似的部件。图 1A 示出可由该实施例的方法制造的具有弯曲平面表面或者腹板表面 104 和形成 C 形横截面的两侧或帽盖、表面 106、108 的复合结构元件 102 的实例。类似地，图 1B 示出可使用本发明实施例的方法生产的具有弯曲平面表面或者腹板表面 104 和一个凸缘、侧部或帽盖表面 106，包括多个切口或者“小孔”112 的复合结构元件 110 的实例。结构元件 102、110 的这两个实例对应于第一框架部分或者剪切杆 110 的实施例，以及对应于第二框架部分或者浮动框架 102 的实施例，这些部分用作飞行器机身的结构支承元件。这些部件的实例记载在 Biornstad 等在 2004 年 5 月 20 日提交的共同申请美国专利申请 No. 10/851,381 中，名称为“用于飞行器机身和其他结构的复合桶装部分，以及制造这种桶状部分的方法和系统”；以及 Johnson 等在 2004 年 5 月 25 日提交的美国专利申请 No. 10/853,075 中，名称为“用于飞行器机身以及其他结构的结构面板”，其完整内容引用结合于此。但是，本公开的备选实施例可用于生产任何兼容的承载载荷元件，包括加强件、梁和框架，诸如使用于压力容器中的部件，其他复合容器、船只、火车、潜水艇、拱形门、建筑物、桥、地震加强件、窗框或门框。

[0046] 在本发明的一项实施例中，采用复合材料制造结构元件，例如聚合物基体、环氧树脂、BMI 或者聚酯热硬化塑料，诸如采用纤维加强的 PEEK、PEKK 或者 PPS，诸如碳、聚芳族酰胺、玻璃、凯尔拉夫 (Kevlar)、硼、Hybor 或石英，可能与诸如 TiGr 或者纤维金属叠层的金属、金属箔混合。这些复合材料通常通过吸热化学反应“硬化”为强度更大的形式，这种反应需要添加能量，例如借助加热或辐射。用在本发明各个实施例中的复合材料的实例包括石墨纤维强化环氧树脂、纤维强化塑料 (FRP)、玻璃纤维强化塑料 (GRP)、碳纤维强化塑料 (CRP)、金属基体复合物 (MMC) 以及强化碳 - 碳 (石墨基体中的碳纤维)。

[0047] 一项实施例可包括手或手工叠置过程或者自动叠置过程，其中复合材料诸如复合纤维或复合带设置在形成、芯轴或制造工具上。图 2 示出制造工具或芯轴 200 的一项实例。芯轴 200 可包括腹板表面 202，该表面对应于图 1A 和 1B 所示的结构元件 102、110 的弯曲平面表面 104。芯轴 200 还可包括内侧或帽盖、表面 204 ；外侧，或帽盖、表面 206 ；或者内侧和外侧，或者帽盖、表面 204、206。在其他实施例中，芯轴 200 可包括其他表面的接近环状的组合。

[0048] 一项实施例可包括纤维设置装置。另一实施例可包括设置多股的方法，其中，纤维设置装置可用于制造结构元件的弯曲腹板和 / 或帽盖的股。该纤维设置过程一般需要将

多个“牵引带（tow）”（即，未扭结的连续丝捆，诸如碳或石墨纤维，由诸如环氧树脂的热固性树脂材料预充满，公知为“预浸牵引带”）或切开复合带（“切开带”）设置于制造工具或芯轴上。传统纤维设置机将多个牵引带分散至可动送线头部，该头部平行校正所述牵引带（即，使牵引带平行）并且使用一个或多个使牵引带压靠芯轴表面的压辊将牵引带添加至芯轴表面。典型的牵引带在平整时为大约 0.12 英寸至大约 0.50 英寸宽。另外，这种机器一般包括在设置期间分散、夹持、切割和重新输送各个牵引带的装置。但是，这种传统机器是非常复杂的，价格昂贵并且操作起来费时。

[0049] 切开带是在已经由制造商制造为标准宽度之后被切开的复合带。将带切开可实现较窄的宽度，允许在应用期间增强机动性和加工处理，从而实现可生产性和设计目的。例如，在特定实施例中，12 英寸宽的带可切割成 96 个每个为 1/8 英寸的均匀切带。通常地，切开带可具有从大约 0.12 英寸至大约 6 英寸的宽度，并且可以或者可以不包括衬纸。

[0050] 图 3 示出根据本发明的纤维设置过程 300 的一项实施例。在该实施例中，牵引带设置装置 302 可放置采用适当复合材料的基本邻接相连的带 304。适当的复合材料的实例包括例如箔、薄膜切开带、预浸（prepreg）牵引带等。在具体实施例中，将带设置为对应于腹板表面 202 形状的平面弧 306。因此，切开带或牵引带的各条和 / 或纤维定向为沿着曲线的完整长度与弧的纵向中心线一致，基本不会使纤维扭曲，诸如起皱折。在具体实施例中，弯曲结构元件包括具有均匀半径的平面弧形形状。但是，其他实施例可包括基本直的结构元件，或者具有非均匀曲率半径的元件，和 / 或不位于一个平面内的复杂轮廓。在备选实施例中，牵引带设置装置 302 可设置彼此叠置的多股，形成更厚坡度的股。

[0051] 各种过程可包括腹板股调整过程，其中腹板股可被调整从而移除腹板股边缘的过多复合和基板材料。例如，在腹板股调整过程的实施例中，用户诸如技师或工程师，或者数控股切割机可切割腹板股从而符合芯轴或者其他类似制造工具的可能弯曲腹板表面的外周形状，诸如腹板表面 202。

[0052] 在操作中，牵引线设置装置 302 可用于将腹板和 / 或帽盖的股设置在芯轴 200 上。例如，牵引线设置装置 302 被促使沿着芯轴 200 移动，由接合内侧帽盖 204 和外侧帽盖 206 的一个或二者的一组辊轮 308 导引，从而设置腹板股 310。组成腹板股 310 的带 304 可从诸如轴架或卷轴 312 的材料源中抽出。随着带 304 被抽入牵引带设置装置 302，它们可通过梳状拉伸系统，并且可通过辊轮稳固在芯轴 200 上，如后文详细说明。

[0053] 牵引线设置装置 302 可被促使以任何适当的方式沿着芯轴 200 前进。例如，牵引线设置装置 302 可包括致动器或其他这种驱动机构。另外，牵引线设置装置 302 可由用户向前推进。腹板股 310 可在芯轴的弯曲腹板表面 202 上导向为使得复合纤维沿着弧形的整个长度与弯曲表面的中心线一致。腹板股 310 通常指代 0° 股，即参照纤维相对于表面中心线的角度进行命名。在备选实施例中，腹板股 310 可叠置在芯轴 200 上的先前的股上，可以是 0°、±45°、90° 或其他类型的股。

[0054] 在另一实施例中，使用帽盖股叠置过程 400，通过牵引线设置装置 302 将帽盖股设置在芯轴 200（或者其他制造工具）上。图 4 示出根据本发明的帽盖股叠置过程 400 的实例。在该实例中，帽盖股 402 可叠置在芯轴 200 上。帽盖股 402 可包括复合带，例如大概 2 英寸宽，并且可设置在芯轴 200 上使得带纤维的取向沿帽盖表面 206 的纵向方向或者基本为 0° 进行延伸。如图 4 进一步地示出，单个帽盖股 402 或 404 可叠置在芯轴 200 的一侧

上，从而形成具有单一凸缘的“L”形横截面，诸如图 1B 中的结构元件的实例，第二帽盖股 404 或 402 可添加至芯轴 200 的相对侧，从而形成具有两个凸缘的“C”形横截面，诸如图 1A 中的结构元件。

[0055] 在具有帽盖股 402 和 404 其中之一或者二者的情况下，拼接接头 406 和 408 可沿着芯轴 200 中的帽盖股 402 和 404 与腹板股 310 相交的角部形成。采用这种方式，帽盖股 402 和 404 以及腹板股形成跨过腹板表面 202 以及一个或两个帽盖表面 106 和 108 的连续的大概为 0° 的股。由于拼接接头 406 和 408 不会干扰沿着腹板和帽盖表面的长度的 0° 纤维（其设计用于承载沿腹板和帽盖表面的纵向方向的拉伸载荷），所以拼接接头 406 和 408 不会影响结构元件 102 和 110 的载荷承载能力。一项备选实施例可包括 0° 帽盖股 402 和 404，而不具有 0° 腹板股 310。

[0056] 在本发明的另一实施例中，图 5 示出对角线股叠置过程 500，其中，对角线股可手动或自动地设置在芯轴上。在该实例中，对角线股 502 可设置在芯轴 200 上，使得纤维偏离芯轴 200 的腹板表面的中心线大概正 (+) 和负 (-)45° 导向。在一项实施例中的复合纤维 504 是预浸树脂的预浸复合纤维。但是，在其他实施例中，复合纤维 504 可包括任何适当类型的复合纤维，包括干式复合纤维。虽然图 5 所示的对角线股包括复合纤维 504 的片，但是备选实施例可包括通过设置在芯轴 200 上的多条复合带形成的对角线股，使得带纤维以离开芯轴腹板表面中心线大概 +45° 或 -45° 导向。此外，备选实施例可包括具有以离开腹板表面的中心线 0° 与 90° 之间的任何角度例如正和负 60° 进行导向的纤维的对角线股。

[0057] 为了形成结构元件的凸缘、侧部或帽盖。表面，将对角线股 502 的材料切割成宽于芯轴 200 的腹板表面 202，使得对角线股 502 的至少一个边缘可折叠在芯轴 200 的侧部上。对角线股 502 的单一边缘可折叠在芯轴 200 的外帽盖表面 206 上，从而形成“L”形状的横截面，如图 1B 所示的实例结构元件。可选择地，为了防止或者最小化皱折，对角线股 502 可首先设置在芯轴 200 的内帽盖表面 204 上，然后通过拉伸和将纤维均匀地散开跨过弯曲腹板表面 202 而折叠在弯曲腹板表面 202 上，从而形成“L”形状的横截面。此外，对角线股 502 可选择性地折叠在芯轴 200 的外帽盖表面 206 上，从而形成“C”形横截面，诸如图 1A 所示的实例结构元件。类似地，对角线股 502 可首先通过拉伸和均匀地将纤维分散跨过弯曲腹板表面 202 而设置在弯曲腹板表面 202 上，然后折叠在外帽盖表面上，从而形成“L”形横截面，如图 1B 所示的实例结构元件那样。

[0058] 其他实施例可包括交叉股叠置过程 600，即，采用类似于图 6 所示的方式设置一股的过程。首先，将单向复合带 602 切成多个区段。例如，如图 6 所示，将带切为梯形区段 604。为了充分公开的目的，术语“trapezoidal”采用美国英语中的通用含义，参照仅具有两个平行侧边的四边形，与英国英语中的通用含义相反，参照没有两个平行侧边的四边形。英国英语中通常用来表示仅具有两个平行边的四边形的术语是“trapezium”。

[0059] 返回图 6，梯形带区段 604 的两个非平行侧部可切割成具有一角度，使得当叠置在芯轴 200 上时，该带区段的两个非平行边缘基本上垂直于芯轴 200 的弯曲或腹板表面 202 的纵向中心线的切向。带区段 604 然后可叠置在芯轴 200 上，从而形成具有大概与芯轴 200 的腹板表面 202 的中心线成直角取向的纤维的交叉股 606，而不会在带区段 604 中形成皱折。

[0060] 如在上述对角线股实例中，交叉股 606 可切割得宽于芯轴 200 的腹板表面，使得交

叉股 606 的一个或两个边缘可折叠在芯轴 200 的一个侧部或多个侧部上，从而形成凸缘、侧部或帽盖、表面。在一项实施例中，该带可切割成改进的“漏斗”形状区段 608，使得该带区段 608 的折叠在芯轴 200 的帽盖表面 204、206 上的边缘或多个边缘具有平行侧部，芯轴 200 的腹板表面 202 上的部分具有非平行的侧部。在备选实施例中，当叠置在芯轴 200 上时，该带可被切割成矩形的区段并且允许重叠或者形成带区段之间的间隙。再次地，采用这种方式，可形成“C”形横截面或者“L”形横截面。

[0061] 可选择地，为了防止或最小化皱折，可首先将交叉股 606 设置在芯轴 200 的内帽盖表面 204 上，然后通过拉伸和均匀地将纤维分散跨过弯曲腹板表面 202 而折叠在弯曲腹板表面 202 上，从而形成“L”形横截面。此外，交叉股 606 可选择地折叠在芯轴 200 的外帽盖表面 206 上，从而形成“C”形横截面，如图 1A 所示的实例结构元件那样。类似地，交叉股 606 可首先通过拉伸和均匀地将纤维分散跨过弯曲腹板表面 202 而设置在弯曲腹板表面 202 上，然后折叠在外帽盖表面上，从而形成“L”形的横截面，如图 1B 所示的实例结构元件那样。

[0062] 在本发明的各种实施例中，结构元件可叠置在类似于芯轴 200 的内模制线（“IML”）（例如，凸起）制造工具上，然后在其上硬化，或者结构元件可叠置在 IML 上，缩小体积 (debulking)，传送至外模制线（“OML”）（例如，凹入）制造工具上，如图 7 所示，并且硬化。在第一实施例中，遵循这里所述的叠置过程，结构元件叠层密封在真空袋中，在真空袋中产生部分真空，从而从复合材料的内部和下方，复合股的层之间以及复合材料与相应芯轴之间移除被截留的空气。例如，图 8 是示出适于将结构元件叠层封装在密封的真空袋中以进行硬化的内模制线（“IML”）（例如，凸起）制造工具的透视图。更具体地说，遵循复合结构元件 102 的叠置过程，图 8 所示的芯轴 200 或者 IML 制造工具封装在真空袋 802 中，并且在真空袋 802 中产生部分真空，从而帮助多层的复合结构元件 102 稳固。

[0063] 在图 7 所示的备选实施例中，将结构元件叠置在 IML 上，缩小体积，传送至 OML 制造工具 702，并且硬化。例如，在传送过程 700 中，将结构元件叠置在芯轴 200 上并且封装在真空袋 802 中。在真空袋 802 中产生局部的真空，从而将空气从叠置件中抽出并且进一步压紧各股。这一过程一般被称为“缩小体积”。体积被缩小的叠置件然后从 IML 传送至 OML 制造工具 702 并且进行硬化。可选地，在硬化之前，叠置的结构元件和制造工具 702 可封装在真空袋 704 中并且可在真空袋 704 中产生局部的真空。

[0064] 图 9 是根据一项实施例的用于制造复合结构元件的方法的流程图。该过程在步骤 902 被初始化，其中使用牵引带设置装置 302 将邻接相连的复合材料带设置在芯轴 200 上。如上所述，在各种实施例中，复合材料可采用切开带或预浸牵引带的形式。另外，如上所述，牵引带设置装置 302 可使带形成任何数量的可行或有用的形状，诸如图 3 所示的平面弧，切开带或牵引带的纤维与沿着曲线的整个长度的弧形的纵向中心线一致地定向，而不会使纤维叠置诸如产生皱折。腹板股可叠置成使得复合纤维沿着弧形整个长度以与芯轴 200 弯曲腹板表面的中心线一致的 0° 方向导向，诸如图 3 所示的腹板股。另外，各种实施例可包括多于一个的腹板股与其他股的组合。此外，在一项备选实施例中，牵引带设置装置 302 可将多个股彼此叠置地设置，产生更厚梯度的股。

[0065] 在步骤 904，由牵引带设置装置 302 设置的腹板股可被调整或者切割以完成腹板股的设置。例如，用户或数控股切割机可在芯轴 200 处或者接近芯轴 200 的端部切割腹板

股。

[0066] 在步骤 906，牵引带设置装置 302 可用于将帽盖股 402 和 / 或 404 设置在芯轴 200 上。如上所述，帽盖股 402 和 / 或 404 可包括复合带，并且可设置在芯轴或者其他工具上，使得带纤维的导向沿着帽盖表面的纵向或 0° 方向，诸如图 4 所示的帽盖股叠置件。单一帽盖股可叠置在芯轴或工具的一侧上从而形成具有单一凸缘的“L”形横截面，诸如图 1B 所示的实例结构元件那样，还有，第二帽盖股可添加至芯轴的相对侧从而形成具有两个凸缘的“C”形横截面，诸如图 1A 所示的实例结构元件，形成跨过腹板表面以及一个或两个帽盖表面的连续 0° 股。在各种实施例中，帽盖股可直接地叠置在芯轴或者其他工具上，或者可选择地，在芯轴或其他工具上的先前股或者股的组合上。另外，各种实施例可包括与其他股组合的多于一个的帽盖股。

[0067] 在步骤 908，复合纤维的 ±45° 对角线股可手工地或自动地叠置在芯轴上，或者其他类似制造工具上，诸如图 2 所示的那样。对角线股可设置在芯轴或其他工具上，使得纤维导向为偏离芯轴或其他工具的腹板表面的中心线大概 ±45° ，诸如图 5 所示的对角线股。如上所述，在各种实施例中，复合纤维可采用任何适当的复合纤维的形式，包括采用树脂预浸的预浸复合纤维。在各种实施例中，对角线股可直接地叠置在芯轴或其他工具上，或者可选择地，在芯轴或其他工具上的先前股或股组合上。另外，各种实施例可包括与其他股组合的多于一个的对角线股。

[0068] 在步骤 910，为了形成结构元件的侧部、或帽盖、表面，对角线股的复合纤维可被切割成宽于芯轴或其他工具的腹板表面，使得每个对角线股的至少一个边缘可折叠在芯轴或其他工具的侧部上。对角线股的单一边缘可折叠在芯轴或其他工具的一侧上，从而形成“L”形横截面，如图 1B 所示的实例结构元件那样，或者对角线股的两个边缘可折叠在芯轴或其他工具的两侧上，从而形成“C”形横截面，诸如图 1A 所述的实例结构元件那样。可选择地，为了防止或者最小化在芯轴的内部帽盖表面上的复合纤维产生皱折，可首先将对角线股粘合至内部帽盖表面，然后折叠在腹板表面上，按照需要拉伸复合纤维，从而防止或最小化在帽盖表面或腹板表面上产生皱折。另外，对角线股可然后折叠在外帽盖表面上，按照需要拉伸复合纤维，从而防止或最小化产生在腹板表面或者外帽盖表面上的皱折。

[0069] 在步骤 912，可将单向复合带切割为多个区段，诸如图 6 所示的带区段。

[0070] 在步骤 914，可将带区段手动地或自动地叠置在芯轴或其他类似制造工具上。如上所述，带区段的纤维可与芯轴或其他工具的腹板表面的中心线成大概 90 度，从而形成 90° 的交叉股。在梯形或者改进“漏洞”形状的的带区段中，纤维可与芯轴或其他工具的腹板表面的中心线成大概直角，不会在带区段之间重叠或者产生间隙，并且不会在带中形成皱折。

[0071] 如上述对角线股的情况，交叉股可切割成宽于芯轴或其他工具的腹板表面，交叉股的一个或两个边缘可折叠在芯轴或其他工具的一侧或多侧上，从而形成侧部或帽盖表面。再次地，采用这种方式可形成具有“C”形横截面或者“L”形横截面的结构元件。在各种实施例中，帽盖股可直接地叠置在芯轴或其他工具中，或者可选择地，在芯轴或其他工具的先前股或股组合中。另外，各种实施例可包括与其他股组合的多于一个的交叉股。

[0072] 在步骤 916，结构元件叠置件可选择地传送至凹入制造工具，例如凹入芯轴。如上所述，凹入工具或芯轴可符合结构元件叠置件的外部表面，如图 7 所示。

[0073] 在步骤 918，结构元件叠置件可在密封在芯轴或其他工具上的真空袋中时如图 8

所示或者凹入工具或芯轴上如图 7 所示的同时进行硬化。如上所述，真空可移除复合材料中的、复合材料下方的、符合股的多层之间的以及复合材料与芯轴之间的截留空气。

[0074] 在步骤 920，在结构元件叠置件已经硬化之后，可对其进行检验，以验证是否符合设计规格。接下来，在步骤 922，结构元件叠置件可被调整，如果需要的话，从而移除任何过量的材料。另外，切口或“小孔”，诸如图 1B 所示，可被调整以适应结构元件。控制操作持续至该过程空转或停止的步骤 924。

[0075] 上述图 9 中的流程图的实施例包括仅一个腹板股、一个帽盖股、一个对角线股和一个交叉股。但是，其他实施例可包括任何数量的股以任何顺序组合叠置。例如，具有“C”形横截面的浮动框架诸如图 1A 所示的结构元件可包括腹板表面上的十八个股以及两个帽盖表面的每个上的二十八个股。在该实施例中，该方法可包括按照下述顺序叠置多个股的一半：

[0076] ●腹板和两个帽盖表面上的 45° 对角线股

[0077] ●两个帽盖表面的每个上的帽盖股

[0078] ●两个帽盖表面的每个上的额外帽盖股

[0079] ●腹板表面上的腹板股和两个帽盖表面上的帽盖股

[0080] ●腹板和帽盖表面上的 45° 对角线股

[0081] ●两个帽盖表面的每个上的帽盖股

[0082] ●两个帽盖表面的每个上的额外帽盖股

[0083] ●腹板和帽盖表面上的 45° 对角线股

[0084] ●腹板和帽盖表面上的交叉股

[0085] ●腹板和帽盖表面上的 45° 对角线股

[0086] ●两个帽盖表面的每个上的帽盖股

[0087] ●腹板和帽盖表面上的 45° 对角线股

[0088] ●腹板表面和两个帽盖表面上的交叉股

[0089] ●腹板和帽盖表面上的 45° 对角线股

[0090] 在该实例中，腹板表面和帽盖表面的每个上的多个股的第二半可然后叠置在芯轴上，采用与第一半相反的顺序以形成镜像图像，或者对称的叠置顺序，以将整个十八个股设置在腹板表面上，将二十八个股设置在两个帽盖表面的每个上。

[0091] 具有“C”形横截面的另一实例结构元件，诸如图 1A 所示的结构元件，可包括与先前实例相同的股组合，除了腹板表面的两个纵向极端的每个可包括结构元件的每个极端处覆盖最后十二英寸腹板表面的其他十个股。在该实施例中，在先前实例的第一 45° 对角线股之后以及第一 0° 腹板股之前，可与两个帽盖股共同地将两个额外的对角线股叠置在结构元件的每个极端处的腹板表面上。

[0092] 另外，在先前实例的第二对角线股之后以及第三对角线股之前，可与两个帽盖股同时地将两个额外交叉股叠置在结构元件的每个极端处的腹板表面上。此外，在先前实例的最后三个股之前，可与帽盖股同时地叠置 0° 的腹板股。类似地，可在先前实例的第二半股之间按照相反的顺序叠置额外的 0° 腹板股、两个额外的交叉股以及两个额外的对角线股从而获得对称的股顺序。

[0093] 在该最后的实例中，（对称层的第一半的）额外股的每个可延伸例如朝向结构元

件的中心，并且比先前实例延伸得远一又二分之一英寸。即，例如，第一额外 45° 对角线股可从结构元件叠置件的每端延伸十二又二分之一英寸；第二额外 45° 对角线股可从叠置件的每端延伸十三英寸；第一额外交叉股可从叠置件的每端延伸十三又二分之一英寸；第二额外交叉股可从叠置件的每端延伸十四英寸；额外的腹板股可从叠置件的每端延伸十四又二分之一英寸。为了按照叠置顺序形成对称的或者镜像图像，对称层的第二半的五个额外股的每个可比先前实例少延伸一又二分之一英寸。

[0094] 作为另一实例，具有“L”形状横截面的剪切杆诸如图 1B 所示的结构元件可包括二十四个股。在该实施例中，该方法可包括按照下述顺序叠置多个股的一半：

[0095] ●腹板和两个帽盖表面上的 45° 对角线股

[0096] ●腹板和帽盖表面上的交叉股

[0097] ●腹板和帽盖表面上的 45° 对角线股

[0098] ●腹板表面上的腹板股和两个帽盖表面上的帽盖股

[0099] ●腹板和帽盖表面上的 45° 对角线股

[0100] ●腹板表面和两个帽盖表面上的交叉股

[0101] ●腹板和帽盖表面上的 45° 对角线股

[0102] ●腹板表面上的腹板股和两个帽盖表面上的帽盖股

[0103] ●腹板和帽盖表面上的 45° 对角线股

[0104] ●腹板表面和两个帽盖表面上的交叉股

[0105] ●腹板和帽盖表面上的 45° 对角线股

[0106] ●腹板表面上的腹板股和两个帽盖表面上的帽盖股

[0107] 在该实例中的多个股的第二半可然后按照与第一半相反的顺序叠置在芯轴上，从而按照叠置顺序形成镜像表面或对称表面，包括腹板表面和两个帽盖表面的每个上的整个二十四股。

[0108] 图 10 是示出根据本发明一项实施例的用于设置复合材料的 0° 腹板和 / 或帽盖股的牵引带设置装置 302 的剖开透视图。如图 10 所示，牵引带设置装置 302 包括梳状件 1002、拉伸装置 1004、牵引带顶端 1006、压辊 1008 和辊 1010。在操作中，复合材料从卷轴 312 供给，每个带 204 穿过梳状件 1002 中的对应狭槽。带 204 经由任何适当的拉伸装置拉伸。例如，拉伸装置 1004 包括上部块 1012 和下部块 1014。带 204 可穿过上部块 1012 与下部块 1014 之间，并且将上部块 1012 与下部块 1013 促使在一起的力在带上产生拖拽拉伸。上部块 1012 和下部块 1014 在带上共同地产生拖拽拉伸。上部块 1012 和下部块 1014 包括可与包括在带 204 中的任何树脂兼容的表面。例如，超高分子量 (UHMW) 塑料、Teflon® 薄膜等可与一些树脂系统兼容。在具体实例中，下部块包括 UHMW 塑料表面，上部块 1012 包括具有 Teflon® 薄膜表面的泡沫背衬。

[0109] 牵引带端头 1006 将带 304 导引向压辊 1008。牵引带端头 1006 可包括对应于带 304 的多个狭槽 1016。带 304 可交错设置，每隔一个带 306 可在对应狭槽 1016 中在端头 1006 的相对上方穿过，其余的带 304 可在对应狭槽 1016 中在端头 1006 的相对下方穿过。另外，牵引带端头 1006 可选择地包括由动力线 1020 提供动力的加热元件 1018。如果存在，那么加热元件 1018 可构造成将足够的热量施加至带 304 从而改善带 304 的一个或多个工作特性，例如粘合性、悬垂性和可变形性等。

[0110] 压辊 1008 使带 304 稳固在腹板表面 202 上（或者先前添加的腹板股 310）从而产生腹板股 310。压辊 1008 包括可与所使用的树脂系统兼容的表面。压辊 1008 可包括足够弹性以促使带 304 稳固的材料。

[0111] 如图 10 所示，在一项实施例中，辊 308 可设置成促使帽盖表面 204 略微低于帽盖股 402。在这一方面，随着将连续的帽盖股 402 设置在帽盖表面 204 上，复合结构元件 102 的尺寸可被改变。通过相对于帽盖表面 204 导引所述牵引带设置装置 302，就不需使用适应于改变尺寸的复杂系统了。另外，根据复合材料的特性，帽盖股 402 可以不充分平滑和 / 或足够坚硬以正确地实现辊 308 的功能。因此，通过使辊 308 接合帽盖表面 204，可避免这些和可能存在的其他问题。可选地，牵引带设置装置 302 包括接合和 / 或抵靠帽盖表面 206 的另一组辊 308。如果存在，构造成接合和 / 或抵靠帽盖表面 206 的辊 308 类似于构造成接合和 / 或抵靠帽盖表面 204 的辊 308。

[0112] 辊 1010 可构造成基本上将牵引带设置装置 302 保持在腹板表面 202 或者先前设置的腹板股 310 上方的预定高度。在具体实例中，辊 1010 包括多个轮，以适应内轮与外轮的不同线性移动。辊 1010 可包括任何适当材料诸如 UHMW、黄铜、Teflon®等。

[0113] 图 11A 至 11C 是示出构造成设置复合材料的 0° 腹板和 / 或帽盖股的牵引带设置装置 302 的各种实施例的简化图。如图 11B 所示，牵引带设置装置 302 可包括帽盖股压辊 1102、帽盖股端头 1104、帽盖股拉伸装置 1106 和帽盖股卷轴 1108。

[0114] 图 11C 是示出根据本发明的一项实施例用于设置 0° 腹板股 104 和帽盖股 402 和 404 的叠置件以及沿着复合结构元件 102 的半径设置和 / 或压缩半径股 1000 的牵引带设置装置 302 的简化图。如图 11C 所示，牵引带设置装置 302 可包括成对的每个帽盖股压辊 1102、帽盖股端头 1104、帽盖股拉伸装置 1106 和帽盖股卷轴 1108。

[0115] 另外，牵引带设置装置 302 可选择地包括一个或多个 45° 压辊 1110，从而促进在腹板股 310 与帽盖股 403 和 / 或 404 之间的交界处压制半径股 1000。该半径股 1000 可包括半径或倒角，从而便于从腹板股 310 过渡至帽盖股 402 和 / 或 404。半径股 1000 的材料可包括延伸过相应表面并且进入交界区域的帽盖股 402 和 / 或 404 以及腹板股 310。此外或者另一实施例，半径股 1000 可包括通过类似于拉伸装置 1004、牵引带端头 1006 和压辊 1008 的部件设置的牵引带或带。

[0116] 从详细说明书中可清楚地得知本发明的许多特征和优势，因此，所附的权利要求意在覆盖本发明的落入本发明的真正精髓和范围中的所有这种特征和优势。此外，由于本领域技术人员容易想到许多改进和变形方案，所以并不希望将本发明限定在精确的结构和所示和所述的操作中，因此，落入本发明范围内的所有适当改进和等同方案都可采用。

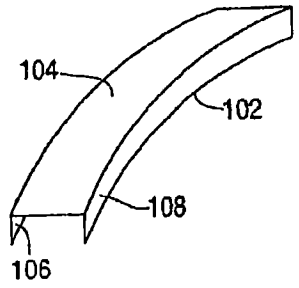


图 1A

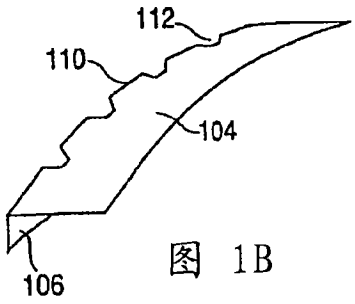


图 1B

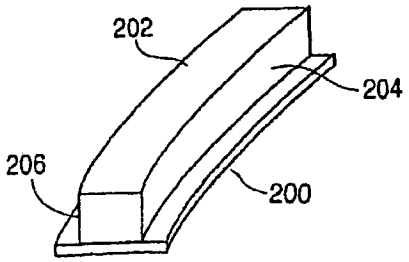


图 2

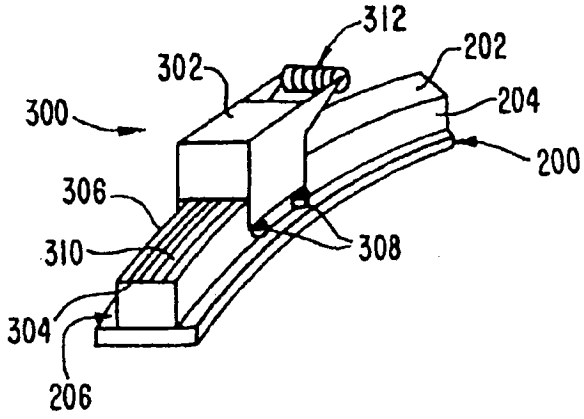


图 3

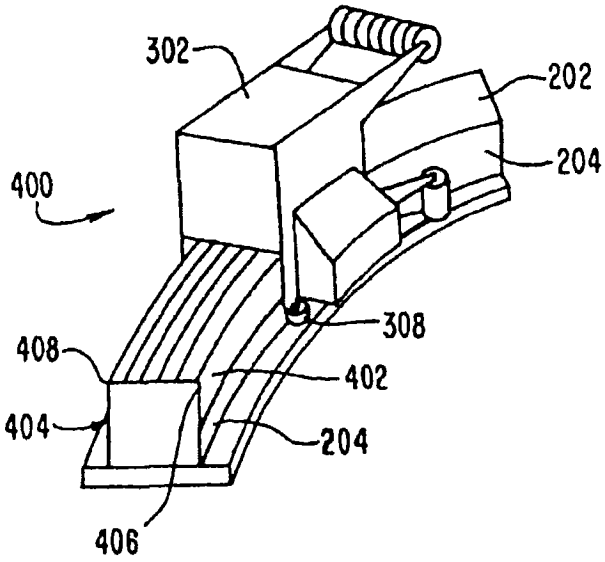


图 4

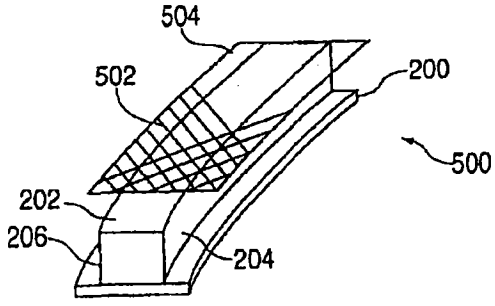


图 5

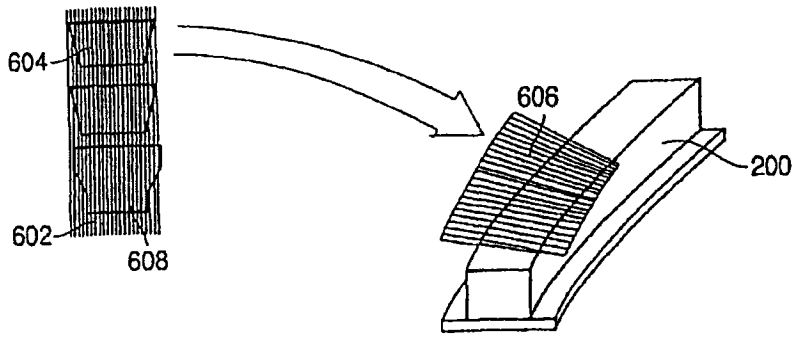


图 6

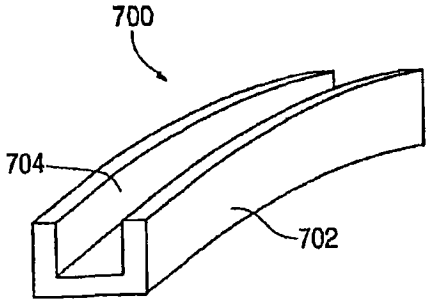


图 7

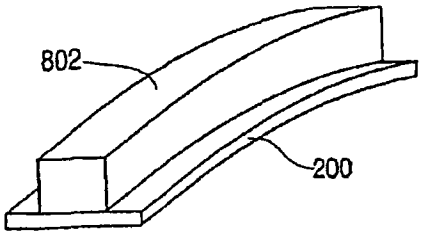


图 8

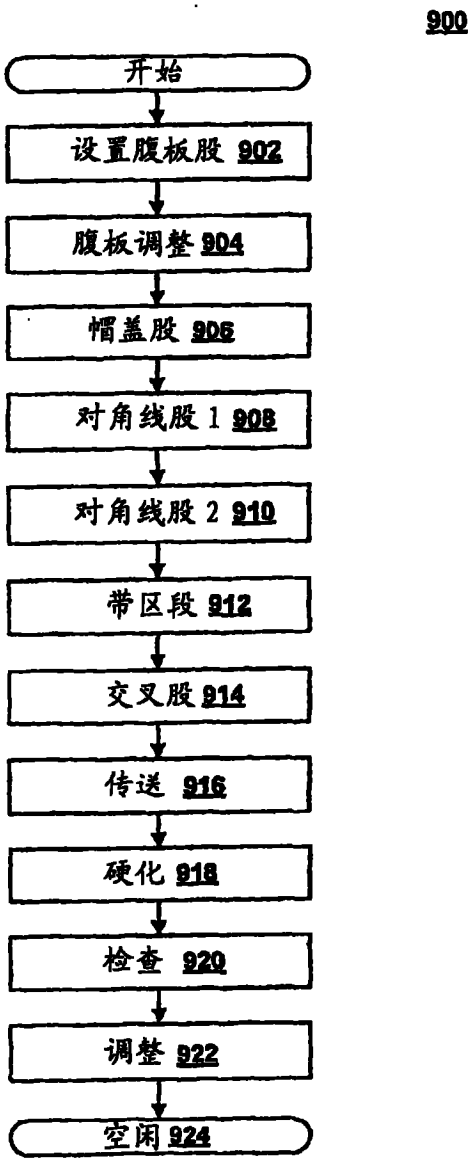

900
开始
设置腹板股 902
腹板调整 904
帽盖股 906
对角线股 1 908
对角线股 2 910
带区段 912
交叉股 914
传送 916
硬化 918
检查 920
调整 922
空闲 924

图 9

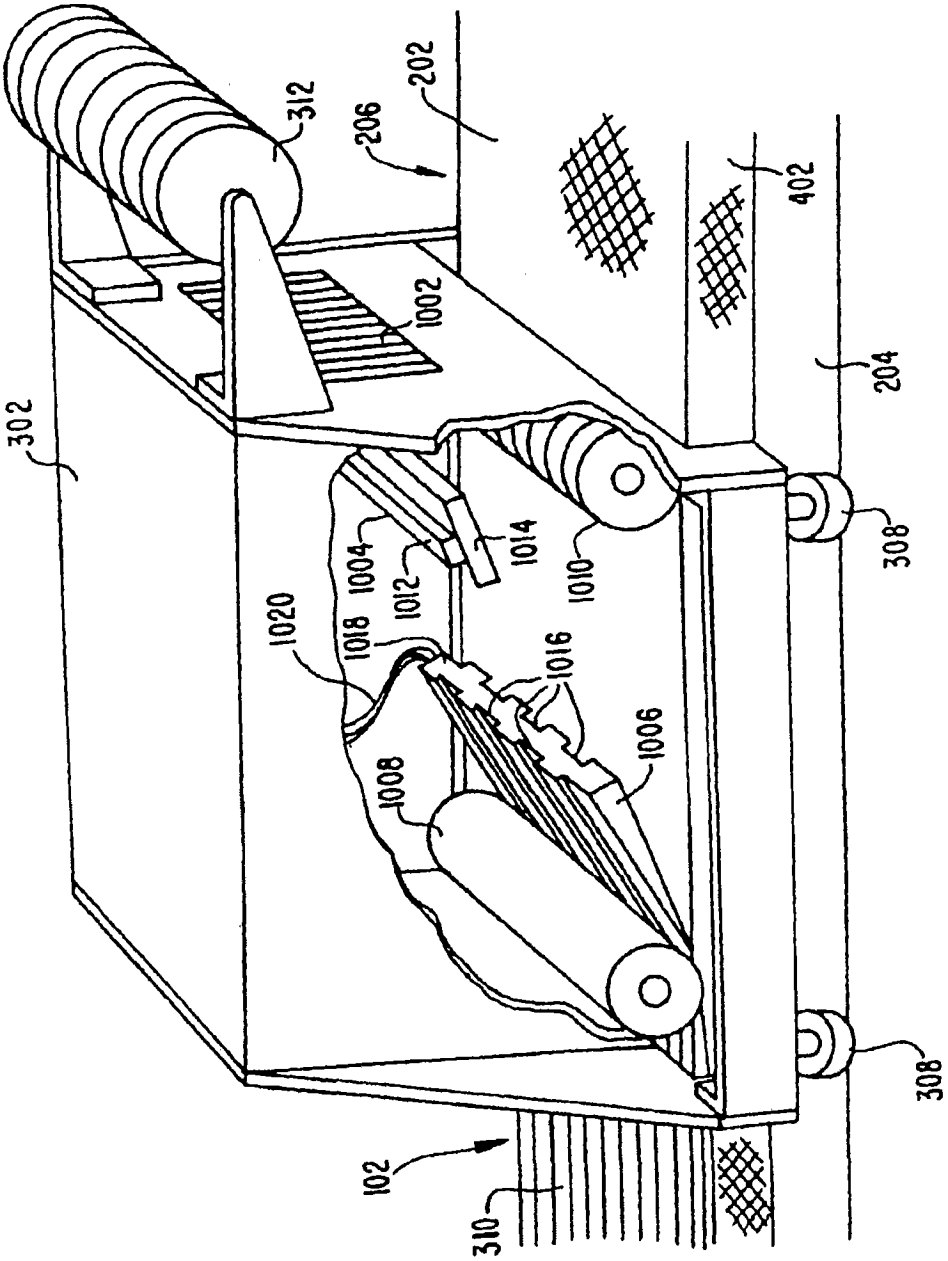

312
206
202
402
1002
204
302
1004
1014
1010
308
1012
1020
1018
1016
1006
1008
102
310
308

图 10

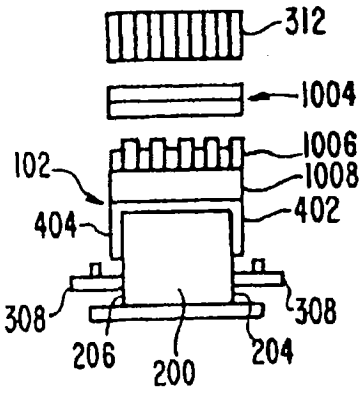


图 11A

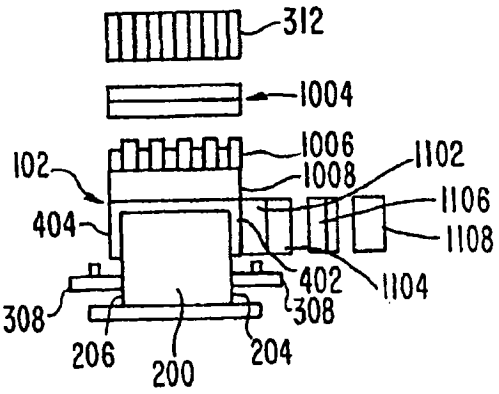


图 11B

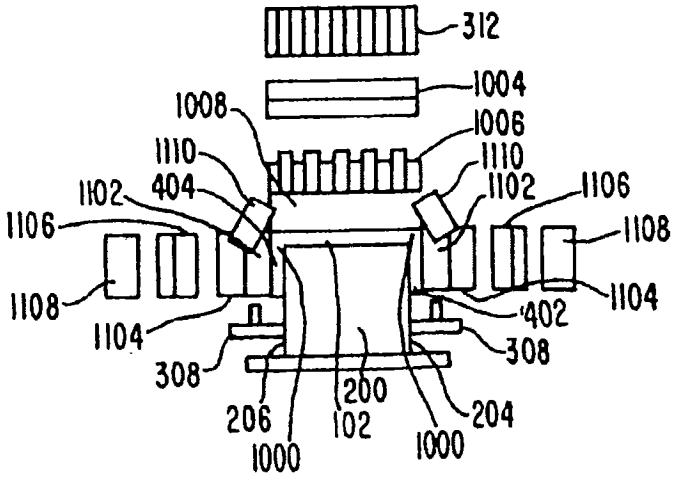


图 11C