



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103857508 B

(45)授权公告日 2017.02.15

(21)申请号 201280049399.1

(22)申请日 2012.09.11

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103857508 A

(43)申请公布日 2014.06.11

(30)优先权数据
13/271,489 2011.10.12 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.04.08

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2012/054577 2012.09.11

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/055477 EN 2013.04.18

(73)专利权人 波音公司
地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 D·D·法姆 M·W·托兰

(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 董巍

(51)Int.Cl.
B29C 33/48(2006.01)
B29C 33/76(2006.01)

(56)对比文件
US 7357166 B2, 2008.04.15,
US 2010000667 A1, 2010.01.07,
US 4075881 A, 1978.02.28,
US 7357166 B2, 2008.04.15,
US 5387098 A, 1995.02.07,
US 2006062973 A1, 2006.03.23,

审查员 刘文军

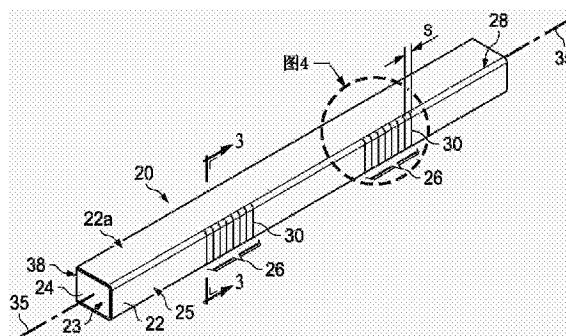
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

轻质柔性心轴及其制造方法

(57)摘要

本发明提供了一种用于加工零件的柔性心轴(20),其包括外部管套(22)和大体柔性内芯(24)。外部管套(22)包括沿其长度的至少一个柔性部分(26),从而允许管套(22)弯曲成期望轮廓。有利地,外部管套(22)是金属的。



1. 一种用于加工零件的心轴,其包括:

外部管套,所述外部管套具有沿其长度的至少一个柔性部分,从而允许所述外部管套弯曲成期望的轮廓;以及

在所述外部管套内的大体柔性内芯;其中:

所述外部管套由金属形成;

所述内芯是轻质聚合物并且填充所述外部管套,并且具有足够的刚性和强度以在真空袋压实和/或压热器处理期间维持所述外部管套的尺寸并反作用被施加到所述心轴的力。

2. 根据权利要求1所述的心轴,其中所述外部管套具有U形的横截面。

3. 根据权利要求1所述的心轴,其中所述内芯包括结构泡沫、弹性体和复合层合体中的一种。

4. 根据权利要求1或3所述的心轴,其中:

所述外部管套包括至少三个侧面,并且

所述外部管套的所述柔性部分包括在所述外部管套的所述侧面中的一个侧面内的多个间隔开的大体平行狭槽。

5. 根据权利要求4所述的心轴,其中在其内具有所述狭槽的所述侧面被一对圆角边缘连接至所述三个侧面中的其他两个。

6. 根据权利要求1或3所述的心轴,其进一步包括:

端对端连接在一起的多个所述外部管套。

7. 根据权利要求1或3所述的心轴,其中:

所述外部管套具有限定工具面的侧面并且具有通过其中的多个狭槽以允许所述工具面沿所述外部管套的所述柔性部分弯曲。

8. 一种制造用于加工零件的柔性心轴的方法,其包括:

形成由金属形成的外部管套;

在所述外部管套内部放置柔性内芯,所述内芯是轻质聚合物并且填充所述外部管套,所述内芯具有足够的刚性和强度以在真空袋压实和/或压热器处理期间维持所述外部管套的尺寸并反作用被施加到所述心轴的力;并且

在所述外部管套中沿所述外部管套的长度的至少一部分形成狭槽,以允许所述外部管套弯曲成期望轮廓。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中形成所述外部管套包括使金属形成细长槽型构件。

10. 根据权利要求8所述的方法,其中形成所述外部管套包括挤压出由金属形成的槽型构件。

11. 根据权利要求8所述的方法,其中形成所述狭槽是使用电火花线切割在所述外部管套中切割出所述狭槽来实现。

12. 根据权利要求8所述的方法,其中在所述外部管套内部形成所述柔性内芯包括:

将一块结构泡沫切割到一定尺寸,以及

将所述泡沫块插入到所述外部管套中,以及

粘结所述泡沫块到所述外部管套。

13. 根据权利要求9到11中任一项所述的方法,其中在所述外部管套内部形成所述柔性内芯包括:

用聚合物填充物填充所述外部管套,以及
固化所述聚合物填充物。

轻质柔性心轴及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明大体涉及用于制造零件的工具,特别是那些由复合材料制成的工具,并且更特别地涉及符合零件的局部轮廓的轻质柔性心轴。

背景技术

[0002] 心轴可以用于铺放、压实和/或固化各种零件,所述零件可以拥有心轴必须符合的一个或多个曲线、轮廓或表面特征。例如,在飞机工业中,可以需要用于机身或机翼的纵梁以符合复合材料蒙皮,该蒙皮可以被成形为和/或具有诸如局部层皮增加或减少的表面特征。

[0003] 在过去,心轴由柔性复合材料形成,其允许心轴表面符合零件轮廓。然而复合材料心轴在操纵期间常遭受损坏并且由于在较高生产运行应用中的工具表面磨损而导致其会具有有限的寿命。具有匹配零件轮廓的必要几何形状的金属类型心轴能够被制造,然而这种类型的工具生产相对昂贵。此外,具有必要刚度的金属心轴相对较重并且会需要使用高架起重机或专用设备来操纵它们。

[0004] 因此,就需要一种轻质柔性心轴,其便捷地符合局部零件轮廓并且可以很容易地被操纵而不需要起重机或者其它设备。还需要一种轻质柔性心轴,其很容易以低成本被制造、耐用并且产生光滑的零件表面精整。

发明内容

[0005] 本公开的实施例提供一种轻质柔性心轴,其适合用于铺放、压实和/或固化复合零件,例如具有一个或多个局部表面轮廓的相对长的复合纵梁。心轴包括耐用的金属外部套管以及由诸如柔性聚合物的轻质柔性填充物材料形成的内芯。外部套管可以包括相对薄壁的槽型构件,其设置有穿过一个或多个套管壁的多个狭槽。狭槽给心轴在选定位置提供一定程度的柔性以符合局部零件轮廓或特征,例如层条增加或层条减少。轻质柔性内芯的使用可以允许心轴在没有高架起重机或专用操纵设备时被操纵和铺放。外部金属套管提供耐用的工具表面,其具有长的使用寿命且可以生产相对光滑的表面精整。薄金属外部套管和低密度内芯的使用导致心轴在固化工艺期间吸收更少的热量,这可以减少总的能量消耗,且提供更短的加热和冷却时间。

[0006] 根据一种公开的实施例,提供一种用于加工零件的心轴。心轴包括外部管套以及在管套内的大体柔性内芯,其中该外部套管具有沿其长度的至少一个柔性部分以允许管套弯曲成期望轮廓。外部管套是金属的且可以具有基本U形的横截面。内芯可以包括结构泡沫、弹性体和复合层合体中的一种。外部管套可包括至少三个侧面,且管套的柔性部分包括在外部套管的一个侧面中的多个被隔开的大体平行狭槽。在此处具有狭槽的侧面通过一对圆角边缘被连接到三个侧面中的其他两个。

[0007] 根据另一实施例,提供一种用于在制造复合零件中使用的轻质柔性心轴。心轴包括细长金属槽型构件,其具有外部侧面,其中复合零件铺层可以被放置在该外部侧面上。槽

型构件具有限定内部空腔的基本U形横截面以及在一个侧面中的多个狭槽允许该侧面在零件铺层的压实期间弯曲成期望轮廓。心轴进一步包括大体柔性内芯,其基本填充槽型构件的内部空腔并且结构地支撑槽型构件的侧面。槽型构件可包括因瓦合金(Invar[®])金属,且内芯可以包括结构泡沫、弹性体和复合层合体中的一种。狭槽可以仅沿着其内具有狭槽的侧面的长度的一部分延伸。其内具有狭槽的侧面通过圆角边缘被连接到所述侧面中的其他侧面且狭槽延伸通过圆角边缘。

[0008] 根据又一实施例,提供一种制造用于加工零件的柔性心轴的方法。方法包括形成外部管套,将柔性芯放置在外部管套内部,以及沿管套的长度的至少一部分在外部管套中形成狭槽,这允许管套弯曲成期望轮廓。

[0009] 总之,根据本发明的一个方面,在此提供一种用于加工零件的心轴,其包括:具有外部管套,其沿其长度的至少一个柔性部分以允许管套弯曲成期望轮廓;以及在管套内的大体柔性内芯。

[0010] 有利地是心轴中外部管套是金属的。

[0011] 有利地是心轴中外部管套具有基本U形的横截面。

[0012] 有利地是心轴中内芯包括结构泡沫、弹性体和复合层合体中的一种。

[0013] 有利地是心轴中外部管套包括至少三个侧面,且管套的柔性部分包括在外部管套的一个侧面中的多个被隔开的大体平行的狭槽。

[0014] 有利地是心轴中其内具有狭槽的侧面通过一对圆角边缘被连接到三个侧面中的其它两个。

[0015] 有利地是心轴中外部管套由金属形成,并且内芯是轻质聚合物且基本填充外部管套。

[0016] 有利地是心轴进一步包括端对端连接在一起的多个外部管套。

[0017] 有利地是心轴中外部管套是金属的,其具有一个侧面,该侧面限定工具面且具有通过其的多个狭槽以允许工具面沿着管套的柔性部分弯曲,并且芯是具有足够强度来反作用被施加到外部管套的力的轻质聚合物。

[0018] 根据本发明的另一方面,提供了一种在制造复合零件中使用的轻质柔性心轴,其包括:具有外部侧面的细长金属槽型构件,其中复合零件铺层可以被放置在该外部侧面上,该槽型构件具有基本U形横截面从而限定内部空腔和在其中一个侧面中的多个狭槽从而允许该侧面弯曲成期望轮廓;以及大体柔性内芯,其基本填充槽型构件的内部空腔并且结构地支撑槽型构件的侧面。

[0019] 有利地是轻质柔性心轴中金属槽型构件是因瓦合金(Invar[®])金属。

[0020] 有利地是轻质柔性心轴中内芯包括结构泡沫、弹性体和复合层合体中的一种。

[0021] 有利地是轻质柔性心轴中狭槽仅沿在其内具有狭槽的侧面的长度的一部分延伸。

[0022] 有利地是轻质柔性心轴中在其内具有狭槽的侧面通过圆角边缘被连接到所述侧面中的其他侧面且狭槽延伸通过圆角边缘。

[0023] 根据本发明的另一方面,提供一种制造用于加工零件的柔性心轴的方法,其包括形成外部管套;将柔性芯放置在外部管套内部;以及沿管套的长度的至少一部分在外部管套中形成狭槽,这允许管套弯曲成期望轮廓。

[0024] 有利地是方法中形成外部管套包括在细长槽型构件中形成金属。

[0025] 有利地是方法中形成外部管套包括挤压出由金属所形成的槽型构件。

[0026] 有利地是方法中形成狭槽是通过使用电火花线切割(wire EDM)在外部管套中切割狭槽被执行的。

[0027] 有利地是方法中在外部管套内部形成柔性芯包括将一块结构泡沫切割成一定尺寸,且插入泡沫块到外部管套中,以及粘结泡沫块到外部管套。

[0028] 有利地是方法中在外部管套内部形成柔性芯包括用聚合物填充物填充管套,以及固化聚合物填充物。

[0029] 特征、功能和优点能够在本公开的各种实施例中独立的或者可以结合其它实施例被实现,其中进一步的细节可以通过参考下面的描述和附图被看见。

附图说明

[0030] 有利实施例的可信特性的新颖性特征在从属权利要求中陈述。然而,通过参考本公开的有利实施例的详细描述并当结合附图阅读时,将最好地理解有利实施例以及优选的使用模式、其他目的及其优点,其中:

[0031] 图1是根据本公开实施例的轻质柔性心轴的透视图的图示说明。

[0032] 图2是类似于图1的透视图的图示说明,但是示出心轴的相反面。

[0033] 图3是沿图1中的线3-3截取的截面图的图示说明。

[0034] 图4是在图1中如图4所指定的区域的图示说明。

[0035] 图5是示出可以被端对端连接以形成长的柔性心轴的多个心轴区段的透视图的图示说明。

[0036] 图6是使用本公开的轻质柔性心轴所制造的I型纵梁的图示说明。

[0037] 图7是示出使用一对本公开的心轴以形成图6中所示的I型纵梁的横截面视图的图示说明。

[0038] 图8是通过图6中所示的纵梁的腹板截取的剖视图的图示说明,其示出通过图7中所示的一个心轴的弯曲适应的层条增加。

[0039] 图9是示出制造本公开柔性心轴的方法的步骤的流程图的图示说明。

[0040] 图10是示出本公开制造方法的一种实施例的进展阶段的透视图的图示说明。

[0041] 图11是飞机生产和使用方法的流程图的图示说明。

[0042] 图12是飞机的方框图的图示说明。

具体实施方式

[0043] 首先参考图1到图4,轻质柔性心轴20大体上包括外部金属管套22和轻质柔性内芯24。外部管套22可以包括槽型构件22a,其是大体U形横截面从而限定内部空腔23,不过其它横截面形状也是可能的,例如包括但不限于,具有直立支腿的截头U形(未示出)。在一些应用中,槽型构件22a可以是闭合的管状通道。外部管套22具有外部工具表面25,其由槽型构件22a的顶壁32、侧壁34和底壁36形成。顶壁和底壁32、34均通过具有半径 R_1 的圆角边缘28被分别连接到侧壁34。管套22可以是由通常用于耐用工具的各种适合的相对薄壁金属(例如因瓦合金金属)中的任意金属所形成。

[0044] 内芯24基本填充槽型构件22a的内部空腔23,并且可以包括任意适合的轻质材料,其相对柔性且也具备在真空袋压实和/或压热器处理期间维持外部管套22的尺寸并反作用被施加到心轴20的力所需的刚性。形成芯24的材料可以包括适合的聚合物,例如但不限于,诸如RTV硅树脂的弹性体橡胶、碳泡沫或闭孔泡沫、柔性陶瓷或诸如CFRP(碳纤维增强塑料)的复合材料,其在遭受应用的温度和压力(例如在压热器(未示出)内固化期间所经历的温度和压力)时能够保留其所期望的性能。

[0045] 心轴20可以包括沿其长度是柔性的一个或更多个部分26,从而允许侧壁34上的工具表面25相对零件(未示出)的表面特征(未示出)弯曲成所期望的轮廓。为了描述的方便,在此使用的术语“轮廓”和“多个轮廓”被定义为包括局部曲线、轮廓、咬合(joggle)、复杂轮廓、层条增加和层条减少、梯级以及心轴20可以符合的其它层条变型和表面特征。心轴20的柔性部分26由在侧壁34中的多个分隔的大致平行狭槽30形成,所述狭槽30与心轴20的纵向轴线35基本正交地延伸。侧壁34可以具有适合于应用的壁厚T,且其可以是或可以不是分别与顶壁32和底壁36相同的厚度。

[0046] 在所示的实施例中,狭槽30延伸通过侧壁34到心轴20内直到一定深度D(图3),深度D大体基本等于边缘28的半径 R_1 。然而,狭槽深度D可以根据应用而变化,并且在其它实施例中,取决于所形成部分的结构和几何形状,其可以是或者可以不是基本等于边缘28的半径 R_1 。在需要心轴20具有额外柔性的应用中,狭槽30的深度D可以大于半径 R_1 ,以便狭槽30分别延伸到顶壁32和底壁36内。同样应注意,也有可能提供具有狭槽30(未示出)的顶壁32和/或底壁36,以便允许心轴相对其纵向轴线35(图1)在多个方向上弯曲。尽管在图示中未示出,不过外部管套22可以包括一个或更多个整体轮廓、锥形或者梯级以符合零件几何形状,其可以由任意适合工艺被形成,例如但不限于液压成形。

[0047] 如在图4中最佳所看到的,每个狭槽30均具有预选宽度W,并且相互间隔分开距离S,使得心轴20具有期望的柔性量以符合零件的轮廓。取决于深度D以及狭槽30的位置和/或数量,响应于施加的扭转力,心轴20可以沿其纵向轴线35(图1)扭曲到某种程度。如图2中所示,槽型构件22a的背部38是大致打开的以便降低心轴20重量,且同时有助于管套22和芯24的组装,然而,在其他实施例中,槽型构件22a可以具有闭合的横截面形状而不是沿一个侧面打开。在一个实际的实施例中,槽型构件22a可以由因瓦合金钢形成,且其具有近似2.5英寸×4.0英寸的横截面面积以及近似0.062英寸的壁厚T。在这个具体的示例中,圆角 R_1 可以均是近似0.250英寸。狭槽30是近似0.005英寸宽、0.250英寸深且相互间隔开近似2英寸。

[0048] 图5图示说明了一种替代的实施例,其中多个槽型构件22a被端对端连接在一起并且与内芯24组装以便形成单个长的柔性心轴20,该心轴20例如可以被用于形成在飞机工业中使用的长纵梁(图5中未示出)。槽型构件22a可以使用对接接头(未示出)被接合在一起,例如,通过将槽型构件22a的相邻端焊接在一起,不过也可以使用其它类型的接头。一旦已经使用多个槽型构件22a形成单个长的金属管套22,则其可以采用如先前所描述的合适的填充物材料来填充,从而形成单个连续的内芯24。替代地,可以通过如模制和/或机加工材料(例如碳泡沫)从而形成内芯24,且然后其与金属外部管套22组装。同样也可以通过将多个槽型构件22a接合在一起,从而形成单个长管套22,并且然后将单个长芯24插入管套22内。

[0049] 图1到图4中所示的轻质柔性心轴可以被用于铺放、压实和/或固化各种各样的具

有变化的结构和几何形状的零件。例如,现在参照图6和图7,一对轻质柔性心轴20a、20b可以形成工具组件40,其可以用于制造纵梁42,该纵梁42具有基本I形横截面且包括腹板44和一对凸缘46、48。可以使用预浸复合材料层板 and 传统垂帘成型技术来铺放纵梁42。例如,一对U形构件(未示出)能够被背靠背地铺放并且接合在一起,且其具有盖(未示出)和圆角填充物条(未示出)以形成图7中所示的I横截面形状。工具组件40以及复合材料层合纵梁42层合板可以使用类似于美国专利号7,901,531(在本文中通过参考其全部内容)中所公开的工艺和设备来真空袋装、压实和固化。在图示说明的实施例中,纵梁42具有位于腹板44和凸缘46之间的一对圆角R₂。圆角R₂由柔性心轴20a、20b上的圆角边缘28所形成和压实。在图7所示的示例中,仅有一个心轴20a具有沿其长度的一部分的狭槽30,不过在其他实施例中,心轴20a、20b都具有在其内的一个或一组狭槽30,其可以为这些部分提供向内的柔性。

[0050] 现在同时参照图6至图8,纵梁42可以包括一个或更多个沿其长度的轮廓。例如,特别地参照图8,腹板44可以包括多个层条层合件45,其包括心轴20a必须符合的轮廓52。轮廓52由层条增加50形成。由于心轴20a的侧壁34中有狭槽30,所以当在铺放压实和/或固化期间被压抵于腹板44时侧壁34弯曲,并且呈现轮廓52的形状。

[0051] 现在参照图9,可以通过在步骤56处形成外部管套22和在步骤58处在外部管套22内部形成柔性内芯24,从而制造轻质柔性心轴20。在步骤60处,狭槽30被形成在外部管套22的至少一部分26中,从而允许心轴20弯曲且符合正在被加工的零件的轮廓。狭槽30可以由任意合适的工艺形成,例如但不限于,使用线EDM(电火花加工)机器(未示出)机加工狭槽30。然而,其他类型的金属加工工艺也可以被采用以形成相对较窄的狭槽30,包括但不限于其他类型的机加工、切割加工和铣削。相对较窄的狭槽30在某些应用中会是可取的,以便把最小化在形成的零件中的标记(mark-off)。图10示出用于形成外部管套22的一种技术。该技术开始于提供基本平坦的金属板54。接着金属板54通过任意合适的工艺被形成为具有U形横截面的细长槽型构件22a。通常地,槽型构件22a的表面将是足够的平滑以便将平滑精整应用到零件的表面,并且不需要被机加工以改善工具表面精整。然而,对于某些应用,可能需要机加工或其他方式处理槽型构件22a的表面。在方法的另一实施例中,也许可能从合适的金属挤压出槽型构件22a。可以在内芯已经被放置在槽型构件22a或者在槽型构件22a内形成之前或之后在槽型构件22a中形成狭槽30。

[0052] 可以使用多种可替代技术中的任意一种来实现图9中示出的方法的步骤58。在一种技术中,槽型构件22a内的空腔23可以被适合的轻质聚合物材料(例如呈现空腔23(图3)的内部形状的结构泡沫)来填充,且随后被固化。可替代地,诸如碳泡沫的高温结构泡沫块(未示出)可以被模制或者切割成一定尺寸,且然后被插入并粘结到槽型构件22a。当被单独制造且然后被插入到槽型构件22a内时,内芯24不需要被机加工,而是仅需要被切割成适配在槽型构件22a的内部空腔23内且基本填充槽型构件22a的内部空腔23的近似尺寸。

[0053] 本公开的实施例可以被用于,不限于如图11中示出的飞机制造和使用方法62和如图12中示出的飞机64的内容。在预生产期间,飞机制造和使用方法62可以包括图12中的飞机64的规格和设计66以及材料采购68。

[0054] 在生产期间,图12中的飞机64的部件与子组件的制造70以及系统整合72发生。此后,图12中的飞机64可以通过认证和交付74以便能够被置于使用76。当由客户使用76时,图12中的飞机64被安排以日常维护和维修78,其可以包括修改、重构、翻新或其他维护或维

修。

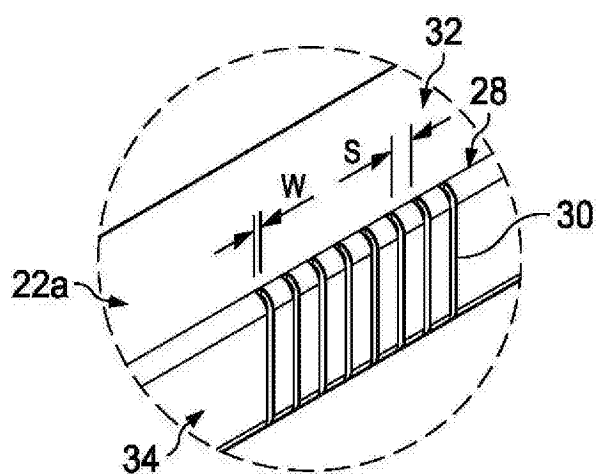
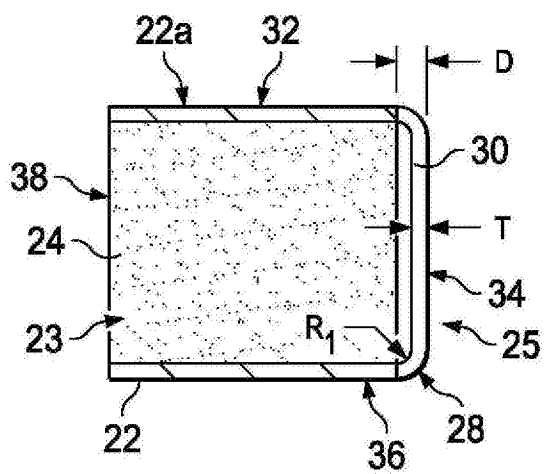
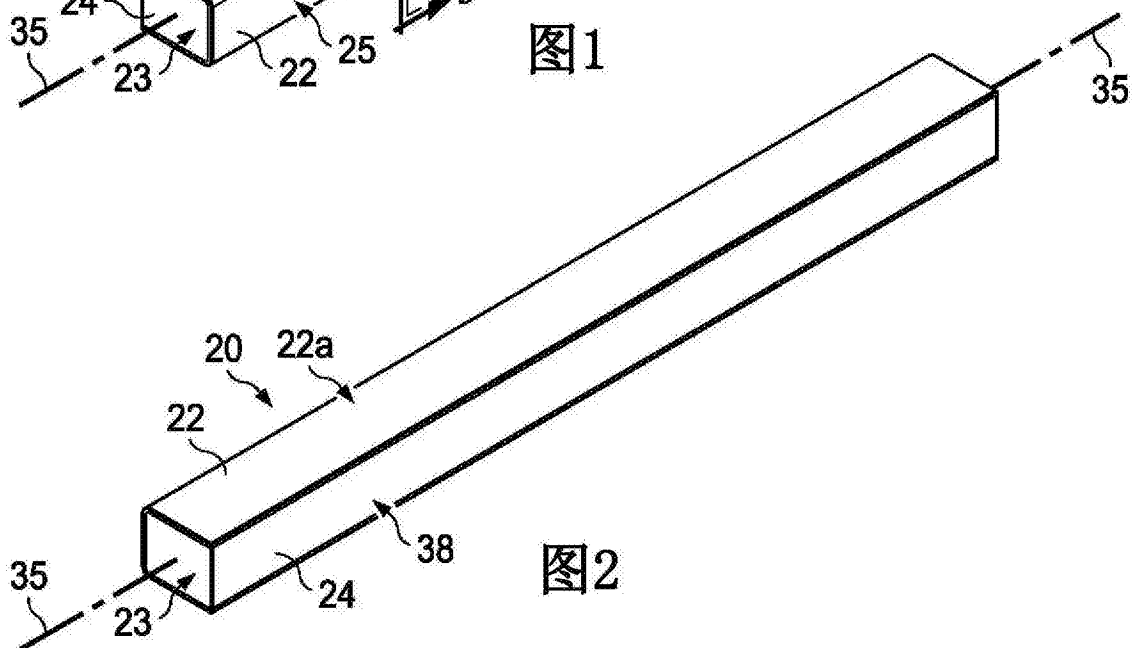
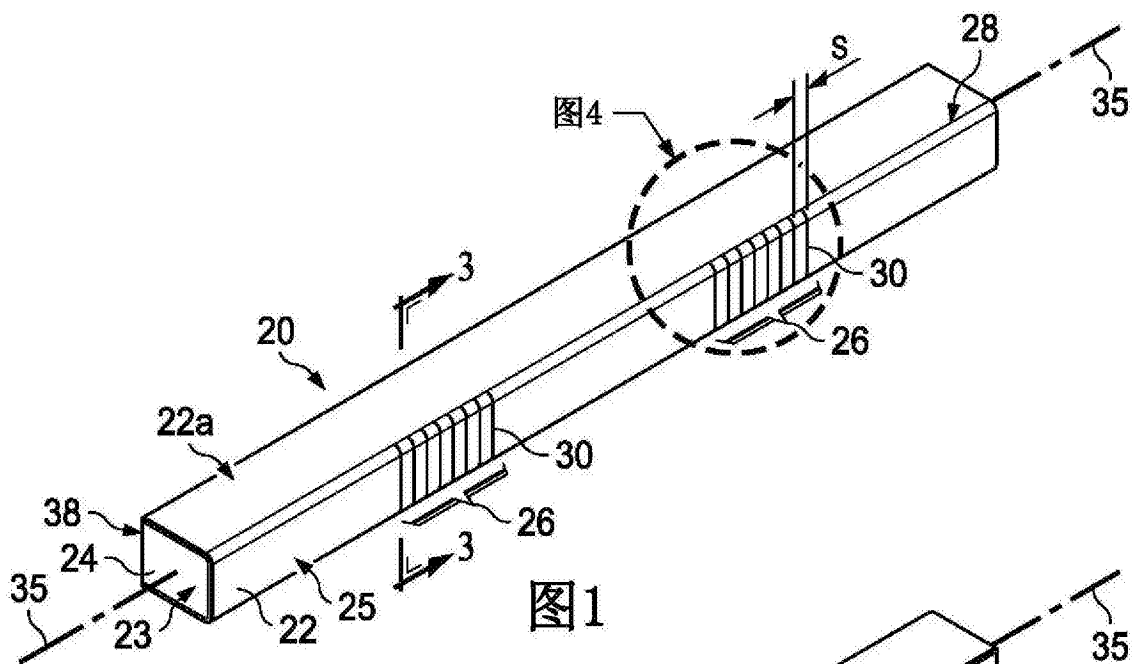
[0055] 飞机制造和使用方法62的每一个过程可以由系统集成商、第三方和/或操作者执行或实施。在这些示例中,操作者可以是客户。出于本说明的目的,系统集成商可以包括但不限于任意数量的飞机制造商以及主系统分包商;第三方可以包括但不限于任意数量的销售商、分包商和供应商;操作者可以是航空公司、租赁公司、军事实体、服务组织等。

[0056] 现在参照图12,描述了飞机64的图示说明,其中有利实施例可以被实施。在该示例中,由图1中的飞机制造和使用方法62来生产飞机64,并且飞机64可以包括带有多系统80的机身79以及内部82。被公开的心轴可以被用于制造机身79的各种结构部件(例如纵梁)。图80的示例包括推进系统84、电气系统86、液压系统88和环境系统90中的一个或更多个。也可以包括任意数量的其他系统。尽管飞机示例被示出,不过不同的有利实施例也可以应用于其他行业(例如汽车和航海工业)。

[0057] 本文所包含的设备和方法可以在图11中的飞机制造和使用方法62中的至少一个阶段期间被利用。如本文中所使用的,当用于项目列表时,术语“至少一个”意味着列出的项目中的一个或更多个的不同组合可以被使用且仅需要清单中的一个每个项目。例如,“至少一个项目A、项目B和项目C”可以包括例如但不限于项目A或者项目A和项目B。该示例还可以包括项目A、项目B和项目C或者项目B和项目C。

[0058] 在图示说明的示例中,在图11中的部件和子组件中生产的部件和子组件可以以类似于当飞机在图11中的使用76中时生产部件或子组件的方式进行生产或制造。如另一示例,许多设备实施例、方法实施例或者二者的组合可以在生产阶段期间被利用,例如图11中的部件和子组件制造70和系统整合72阶段被使用。当涉及项目时,许多意味着一个或更多个项目。例如,许多设备实施例是一个或更多个设备实施例。许多设备实施例、方法实施例或者二者的组合可以在飞机64处于使用76中和/或在图12中的维护和维修78期间被利用。许多不同有利实施例的使用可以大大加快组装飞机64和/或降低飞机64的成本。

[0059] 出于说明和描述的目的已经描述了不同的有利实施例,但其并非意在穷举或限制所公开的形式中的实施例。对于本领域的普通技术人员而言许多修改和变化是显然的。此外,不同的有利实施例与其他不同的实施例相比可以提供不同的优点。选择并描述所选的实施例以便最好地说明实施例的原理、实际应用,并且能使本领域的其他技术人员理解本公开的各种修改的各种实施例,这些实施例适合于预期的特定的用途。



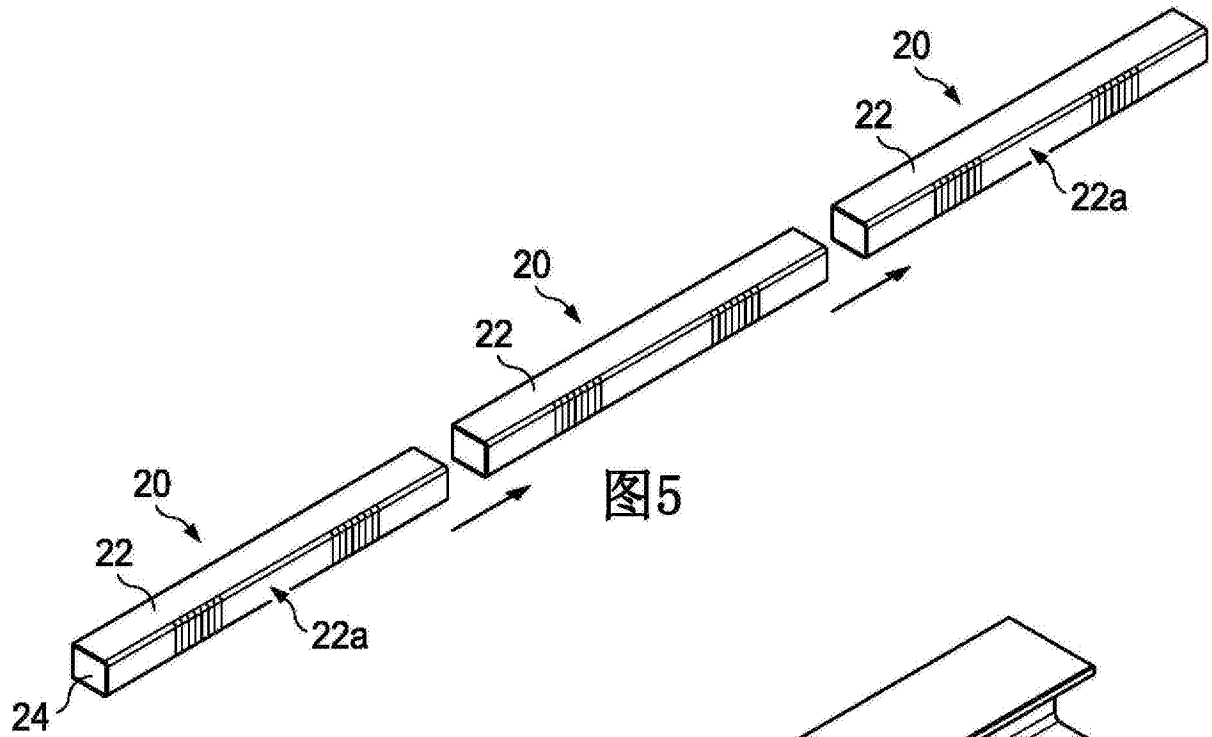


图5

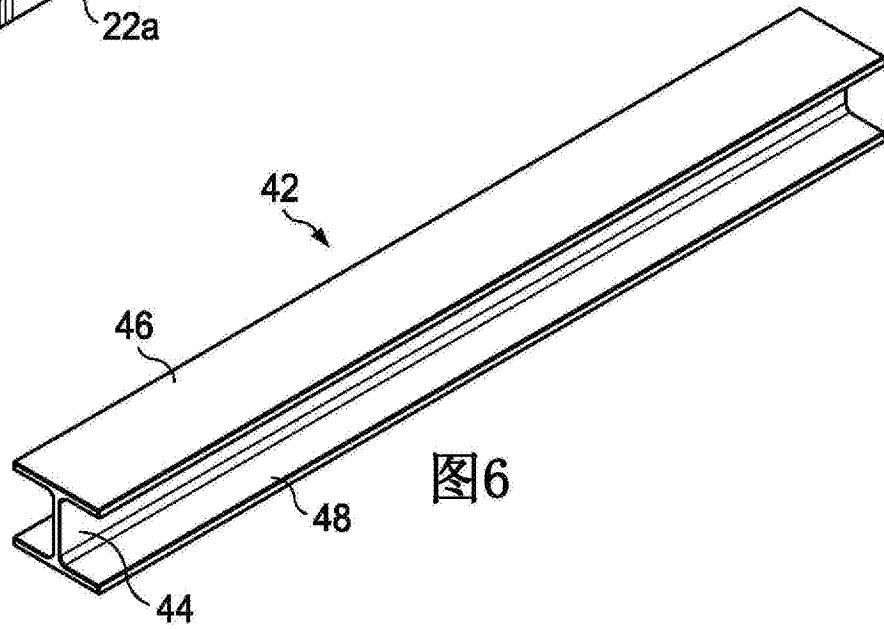


图6

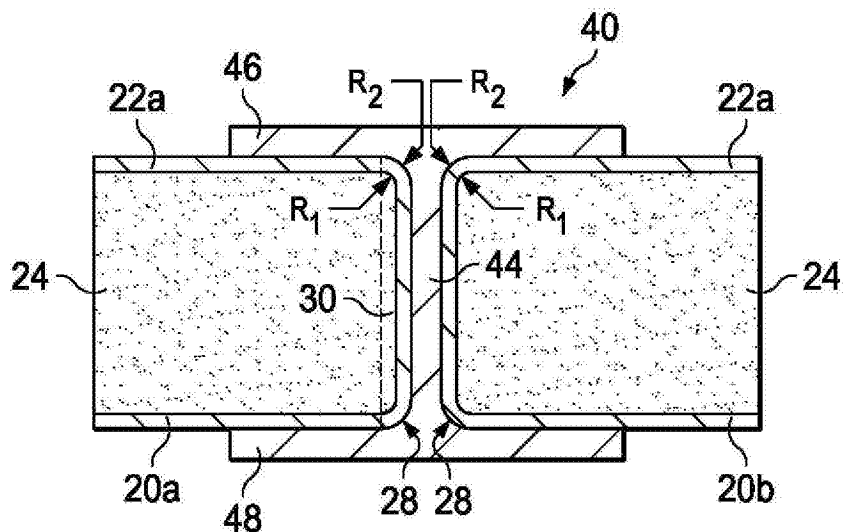


图7

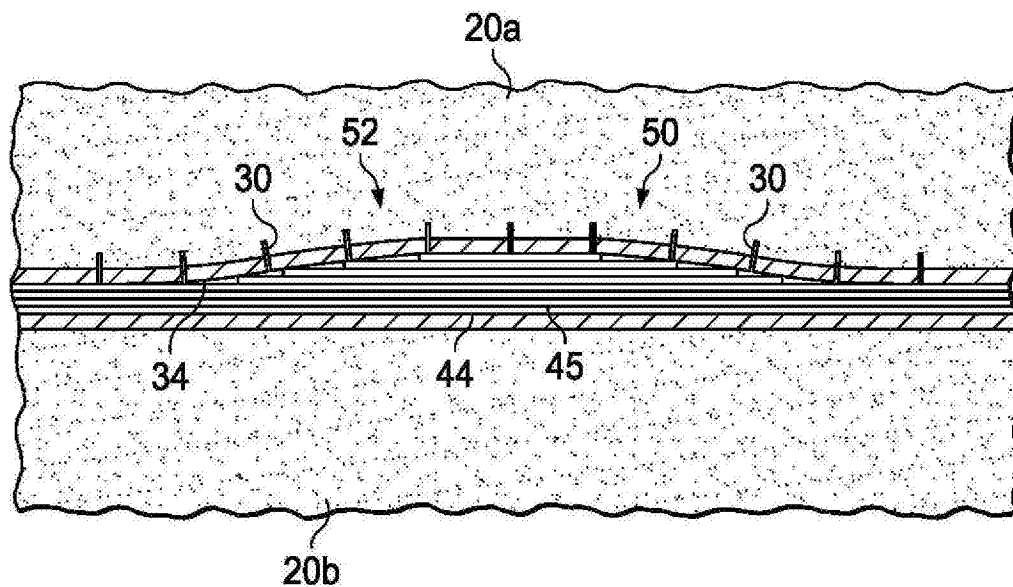


图8

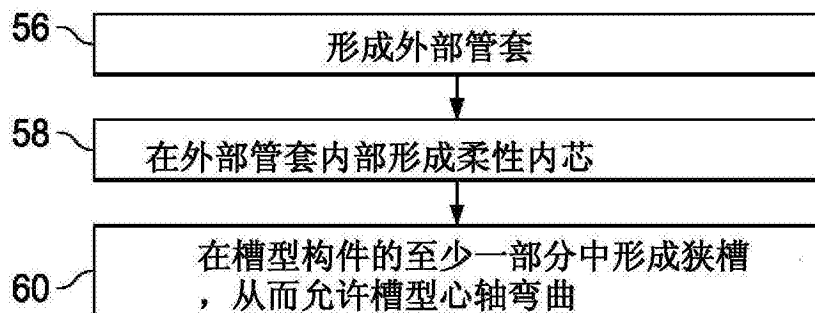


图9

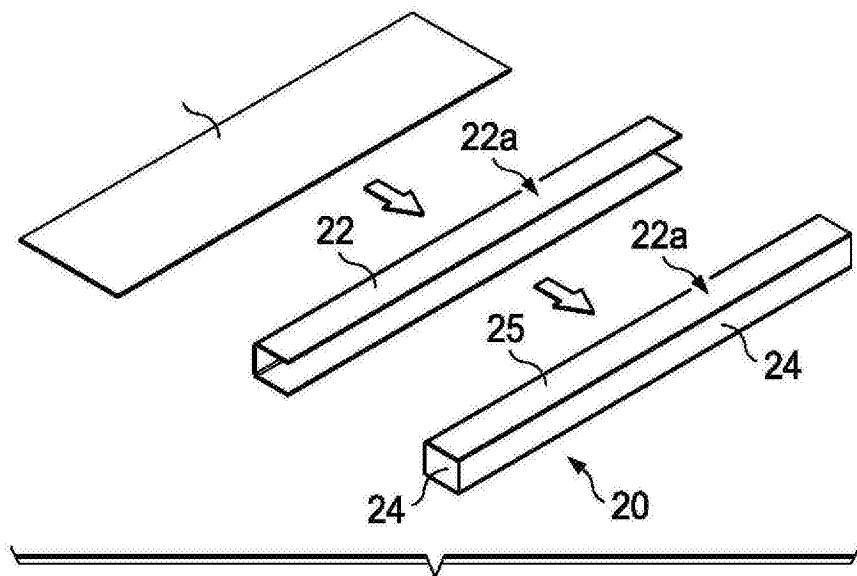


图10

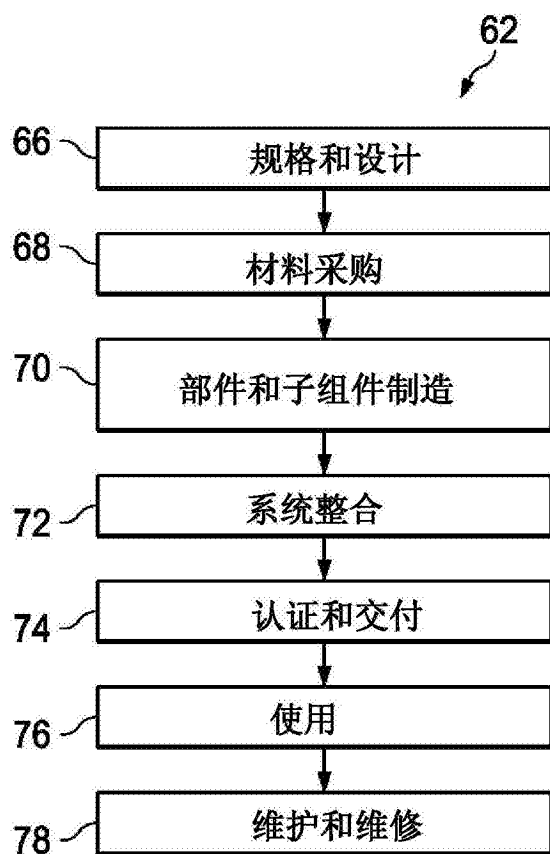


图11

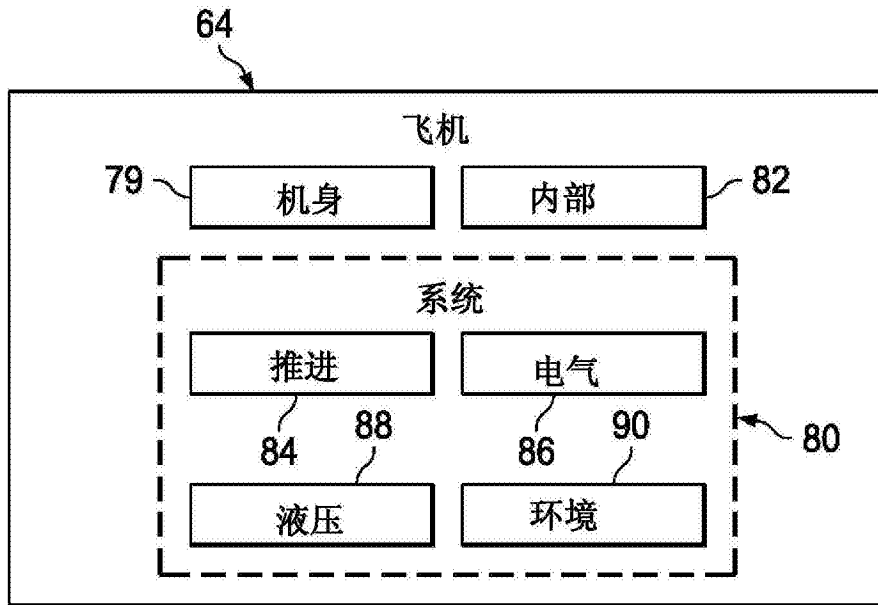


图12