



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110775243 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 29

(21) 申请号 201910548240.8

(22) 申请日 2019.06.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110775243 A

(43) 申请公布日 2020.02.11

(30) 优先权数据
16/049,317 2018.07.30 US

(73) 专利权人 波音公司
地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 M·H·刘易斯 A·K·刘易斯
B·A·贝特朗
P·克里希纳斯瓦米
B·尤克瑟格鲁

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 王小东 黄纶伟

(51) Int.Cl.
B64C 1/00 (2006.01)
B32B 3/12 (2006.01)
B32B 7/12 (2006.01)
F16B 11/00 (2006.01)
F16J 15/06 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 102748347 A, 2012.10.24
DE 102017127719 A1, 2018.05.24
US 2008170928 A1, 2008.07.17

审查员 孙雨茁

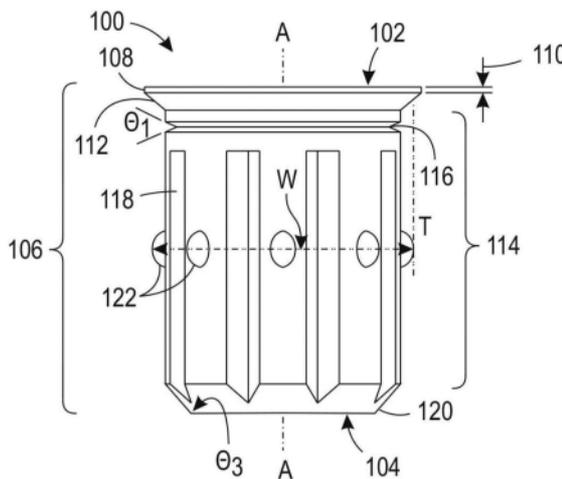
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

用于密封复合结构中的孔的锁定孔塞

(57) 摘要

本发明涉及用于密封复合结构中的孔的锁定孔塞。可以在复合纤维组件的再加工或修复期间使用的孔塞包括允许将真空力施加到再加工或修复表面的各种特征。在一些实施方式中,所述孔塞可包括定位在柄周围的多个凸块。所述凸块可以将所述孔塞固定到所述复合纤维组件直到粘合剂固化。所述孔塞可以进一步包括沿着所述柄延伸并定位在所述多个凸块之间的多个纵向取向的凹槽,并且可包括围绕所述柄周向定位的凹口。所述凹槽和凹口可以用作在将所述孔塞插入所述复合纤维组件中的孔中期间辅助将足够容积的所述粘合剂分散到所述柄和所述复合纤维组件的其他部分上的粘合剂载体。



1. 一种孔塞(100,1104),该孔塞(100,1104)包括:
 - 凸缘(108,1110),所述凸缘(108,1110)具有第一直径(D_1),其中所述凸缘(108,1110)定位在所述孔塞(100,1104)的第一端处;
 - 斜面(112,1112),所述斜面(112,1112)从所述凸缘(108,1110)延伸并与所述凸缘(108,1110)倾斜地相交;
 - 柄(114,1114),所述柄(114,1114)从所述斜面(112,1112)远离所述凸缘(108,1110)延伸到所述孔塞(100,1104)的与所述第一端相对的第二端,所述柄(114,1114)包括:
 - 小于所述第一直径(D_1)的第二直径(D_2);以及
 - 由所述柄(114,1114)限定并围绕所述柄(114,1114)的外部取向的多个纵向凹槽(118,1118);
 - 多个凸块(122,1120),所述多个凸块(122,1120)定位在所述柄(114,1114)的所述外部上并从所述柄(114,1114)的所述外部延伸,其中所述多个凸块(122,1120)定位在所述多个纵向凹槽(118,1118)之间;以及
 - 由所述柄(114,1114)限定的周向凹口(116,1116),其中所述周向凹口(116,1116)定位在所述多个纵向凹槽(118,1118)和所述凸缘(108,1110)之间,所述周向凹口(116,1116)包括两个线性边缘,所述两个线性边缘相交以形成 $45^\circ \pm 5^\circ$ 的角度。
2. 根据权利要求1所述的孔塞(100,1104),其中:
 - 所述多个凸块(122,1120)均包括半径;并且
 - 每个半径的平行于所述孔塞(100,1104)的纵向轴线的切线在所述第一直径(D_1)内与所述凸缘(108,1110)相交。
3. 根据权利要求1所述的孔塞(100,1104),其中:
 - 所述多个凸块(122,1120)均具有平行于所述孔塞(100,1104)的纵向轴线的第二高度;
 - 所述多个纵向凹槽(118,1118)均具有平行于所述孔塞(100,1104)的所述纵向轴线并大于所述第二高度的第一高度;并且
 - 所述多个纵向凹槽(118,1118)比所述多个凸块(122,1120)更靠近所述孔塞(100,1104)的所述第一端和所述第二端定位。
4. 根据权利要求3所述的孔塞(100,1104),其中,所述孔塞(100,1104)的所述第二端包括倒角表面(120,1122)。
5. 根据权利要求4所述的孔塞(100,1104),其中,所述多个纵向凹槽(118,1118)延伸到所述倒角表面(120,1122)中。
6. 根据权利要求1所述的孔塞(100,1104),其中:
 - 每个凸块(122,1120)均限定半径,使得所述多个凸块(122,1120)限定多个半径;
 - 每个半径均包括平行于所述孔塞(100,1104)的纵向轴线的切线;并且
 - 每个半径的每个切线均在所述第一直径(D_1)内与所述凸缘(108,1110)相交。
7. 根据权利要求6所述的孔塞(100,1104),其中:
 - 所述孔塞(100,1104)具有穿过第一凸块、所述柄(114,1114)以及与所述第一凸块相对的第二凸块的第三直径(W);并且
 - 所述第三直径(W)小于所述第一直径(D_1)并大于所述第二直径(D_2)。
8. 根据权利要求1所述的孔塞(100,1104),其中,所述孔塞(100,1104)由单块材料形

成。

9. 根据权利要求8所述的孔塞(100,1104),所述孔塞(100,1104)具有表面粗糙度,其中所述表面粗糙度的平均粗糙度中心线“ R_a ”从250 μm 到400 μm 。

10. 根据权利要求9所述的孔塞(100,1104),其中,所述单块材料是马氏体时效钢。

11. 一种用于再加工复合树脂组件(400)的区域(406)的方法(1200),所述复合树脂组件(400)具有复合层压件(404,1100)和覆在所述复合层压件(404,1100)上面的蒙皮(402,1106),该方法(1200)包括以下步骤:

在所述复合树脂组件(400)的所述区域(406)内限定孔(500),其中所述孔(500)包括所述蒙皮(402,1106)内的第一直径(D_2)和所述复合层压件(404,1100)内的第二直径(D_3),并且所述第一直径大于所述第二直径;

将粘合剂(600)施加到由根据权利要求1所述的孔塞(100,1104)的柄(114,1114)限定的多个凹槽(118,1118);

将所述孔塞(100,1104)完全插入到所述孔(500)中,其中所述孔塞(100,1104)凹进到所述蒙皮(402,1106)内;

使所述粘合剂(600)固化;以及

在使所述粘合剂(600)固化之后,完成所述区域(406)的再加工。

用于密封复合结构中的孔的锁定孔塞

技术领域

[0001] 本教导涉及由复合材料形成的复合结构的领域,更具体地,涉及复合结构的再加工和修复。

背景技术

[0002] 与一些其他材料相比,诸如复合纤维增强聚合物之类的复合材料通常用于各种工业中,因为它们具有重量、强度、刚度、成型为复杂轮廓形状等的优点。在航空航天工业中,复合纤维增强聚合物(本文中为简单起见统称为“碳复合材料”)通常用于形成各种飞行器结构或结构的一部分,诸如机身、机翼、尾翼等。碳复合材料可包括使用树脂粘合剂、基质或粘结剂层压在一起的多个碳纤维片层。为了完成包括碳复合材料的碳纤维组件,外壳或蒙皮板(即表皮)可以用紧固件附接至内框架,该内框架可包括金属纵梁和肋。

[0003] 虽然碳复合材料提供强大的强度和耐久性,但偶尔需要对疲劳、损坏或其他区域或区块进行再加工和/或修复。例如,可能因为与其他物体的物理接触、逐渐磨损、材料或制造缺陷、风损坏、雷击、化学损坏、疲劳或其他原因,引起区域接受再加工。在其他情况下,该区域可能因结构的再加工而产生,例如,因安装支撑复合层的附加框架而产生。该区域可仅包括对蒙皮的表面损坏或可进一步延伸到碳复合材料中。

[0004] 在某些情况下,根据周围结构,复合树脂可以通过以下被再加工或修复:去除受损区块,施加纤维贴片和带固化剂的环氧树脂,使树脂固化,然后打磨和抛光纤维贴片和周围区域以完成修复。通常,在树脂固化期间对纤维贴片施加真空力,以通过从层压层内部和之间除去空气和挥发性气体来压实构成纤维贴片的两个或更多个纤维层,并去除多余的树脂。

[0005] 用于修复复合结构的改进的结构、方法和套件将是本领域的受欢迎的补充。

发明内容

[0006] 以下呈现简化的发明内容,以便提供对本教导的一个或多个实施方式的一些方面的基本理解。该概述不是广泛的概述,也不旨在标识本教导的关键或重要元素,也不旨在描绘本公开的范围。相反,其主要目的仅仅是以简化形式呈现一个或多个概念,作为稍后呈现的详细描述的序言。

[0007] 在本教导的一个实施方式中,一种孔塞,该孔塞包括:凸缘,所述凸缘具有第一直径,其中所述凸缘定位在所述孔塞的第一端处;斜面,所述斜面从所述凸缘延伸并与所述凸缘倾斜地相交;柄,所述柄从所述斜面远离所述凸缘延伸到所述孔塞的与所述第一端相对的第二端,所述柄包括小于所述第一直径的第二直径以及由所述柄限定并围绕所述柄的外部取向的多个纵向凹槽。该孔塞还包括多个凸块,所述多个凸块定位在所述柄的所述外部上并从所述柄的所述外部延伸,其中所述多个凸块定位在所述多个纵向凹槽之间。

[0008] 可选地,所述多个凸块均包括半径;并且每个半径的平行于所述孔塞的纵向轴线的切线在所述第一直径内与所述凸缘相交。所述孔塞可以进一步包括由所述柄限定的周向

凹口,其中所述周向凹口定位在所述多个纵向凹槽和所述凸缘之间。所述多个凸块可以均包括平行于所述孔塞的纵向轴线的第二高度。所述多个纵向凹槽均具有平行于所述孔塞的所述纵向轴线并大于所述第二高度的第三高度,并且所述多个纵向凹槽可以比所述多个凸块更靠近所述孔塞的所述第一端和所述第二端定位。所述孔塞的所述第二端可包括倒角表面,并且所述多个纵向凹槽可以延伸到所述倒角表面中。

[0009] 另外,每个凸块均可以限定半径,使得所述多个凸块限定多个半径。每个半径均可包括平行于所述孔塞的纵向轴线的切线,并且每个半径的每个切线均在所述第一直径内与所述凸缘相交。

[0010] 在一个实施方式中,所述孔塞可以具有穿过第一凸块、所述柄以及与所述第一凸块相对的第二凸块的第三直径;并且所述第三直径可以小于所述第一直径并大于所述第二直径。所述孔塞可以由单块材料形成,并且所述单块材料可以是马氏体时效钢。所述孔塞可以具有表面粗糙度,其中所述表面粗糙度的平均粗糙度中心线“Ra”从250微米(μm)到400 μm 。

[0011] 在本教导的另一实施方式中,一种复合纤维组件,该复合纤维组件包括复合层压件和覆在所述复合层压件上面的蒙皮,所述复合层压件和所述蒙皮具有从所述复合层压件和所述蒙皮穿过的孔,其中,穿过所述蒙皮的所述孔的第一直径大于穿过所述复合层压件的所述孔的第二直径。所述复合纤维组件进一步包括所述孔内的孔塞,所述孔塞具有:凸缘,所述凸缘具有第三直径,其中所述凸缘定位在所述孔塞的第一端处;斜面,所述斜面从所述凸缘延伸并与所述凸缘倾斜地相交;柄,所述柄从所述斜面远离所述凸缘延伸到所述孔塞的与所述第一端相对的第二端。所述柄包括小于所述第三直径的第四直径以及由所述柄限定并围绕所述柄的外部取向的多个纵向凹槽。所述孔塞进一步包括多个凸块,所述多个凸块定位在所述柄的所述外部上并从所述柄的所述外部延伸,其中所述多个凸块定位在所述多个纵向凹槽之间,并且其中所述复合层压件在所述凸缘和所述多个凸块之间物理接触所述孔塞。

[0012] 可选地,所述多个凸块均包括半径,并且每个半径的平行于所述孔塞的纵向轴线的切线在所述第三直径内与所述凸缘相交。所述孔塞可以进一步包括由所述柄限定的周向凹口,并且所述周向凹口定位在所述多个纵向凹槽和所述凸缘之间。所述多个凸块可以具有平行于所述孔塞的纵向轴线的第二高度;所述多个纵向凹槽可以均具有平行于所述孔塞的所述纵向轴线并大于所述第二高度的第三高度;并且所述多个纵向凹槽可以比所述多个凸块更靠近所述孔塞的所述第一端和所述第二端定位。所述孔塞可以进一步包括位于所述第二端处的倒角表面,其中所述多个纵向凹槽延伸到所述倒角表面中。

[0013] 本教导的另一实施方式包括一种用于再加工复合树脂组件的区域的方法,所述复合树脂组件具有复合层压件和覆在所述复合层压件上面的蒙皮。该方法包括以下步骤:在所述复合树脂组件的所述区域内限定孔,其中所述孔包括所述蒙皮内的第一直径和所述复合层压件内的第二直径,并且所述第一直径大于所述第二直径;将粘合剂施加到由孔塞的柄限定的多个凹槽;将所述孔塞完全插入到所述孔中,其中所述孔塞凹进到所述蒙皮内;使所述粘合剂固化;以及在使所述粘合剂固化之后,完成所述区域的再加工。完成所述区域的再加工的步骤可以可选地包括:在使所述粘合剂固化之后将真空袋施加到所述区域;以及将真空力施加到所述区域和所述孔塞。将真空力施加到所述区域的步骤可以压实覆在所述

孔塞上面的一个或多个修复层。所述方法可以进一步包括以下步骤：在所述复合层压件上形成斜面；将所述孔塞部分地插入所述孔中，其中从所述孔塞的所述柄延伸的凸块搁置在所述斜面上；以及将所述粘合剂施加到环绕所述孔塞的所述柄的凹口。

附图说明

[0014] 包含在本说明书中并构成本说明书的一部分的附图示出了本教导的实施方式，并且与说明书一起用于解释本公开的原理。在图中：

[0015] 图1是根据本教导的一个实施方式的孔塞的侧视图。

[0016] 图2是图1的孔塞的平面图或俯视图。

[0017] 图3是图1的孔塞的仰视图。

[0018] 图4是具有修复或再加工区块的复合纤维组件的横截面。

[0019] 图5描绘了在通过其形成或成形孔之后的图4结构。

[0020] 图6描绘了在将孔塞部分地插入孔中之后的图5结构。

[0021] 图7描绘了在将孔塞完全插入孔中之后的图6结构。

[0022] 图8描绘了在修复或再加工期间的图7结构。

[0023] 图9描绘了在完成修复或再加工之后的图8结构。

[0024] 图10描绘了在钻出孔塞并用衬里镶衬所得到的紧固孔之后的图9结构。

[0025] 图11是描绘复合层压件的孔内的孔塞的功能框图。

[0026] 图12是用于修复或再加工工件的方法的流程图。

[0027] 应该注意的是，附图的一些细节已经被简化并且被绘制以便于理解本教导而不是保持严格的结构精度、细节和比例。

具体实施方式

[0028] 现在将详细参考本教导的示例性实施方式，示例性实施方式的示例在附图中示出。在任何方便的地方，在整个附图中将使用相同的附图标记来表示相同或相似的部分。应当理解，这里引用的结构可以包括为简单起见未描绘的附加特征，而可以去除或修改各种描绘的结构。

[0029] 如上所述，在碳复合材料的修复过程中，可以将真空力施加到表面区域。真空力通过从层压层内部和之间去除空气和挥发性气体来压实两个或更多个纤维层，并去除多余的树脂。

[0030] 如上所述，一些结构可包括由硬质蒙皮面板覆盖的碳复合材料，以形成复合纤维组件。复合纤维组件可包括一对相邻或平行的表面，其在相邻表面之间形成中空区域或间隙。这种构造可以阻止或防止进入正在接受修复或再加工的表面（即修复表面）的背面。当该中空区域具有高容积或者对空气或其他气体的流入开放时，在修复贴片的固化期间修复表面上的真空力可能难以或不可能建立，并且如果应用，则可能导致修复贴片从修复表面抬起。

[0031] 因此，本教导包括可以穿过碳复合材料的层压层定位的孔塞。孔塞填充穿过碳复合材料的开口并简化结构的修复。

[0032] 图1是根据本教导的示例实施方式的孔塞100的侧视图，图2是仰视图，而图3是俯

视图。孔塞设计包括与碳复合材料一起使用的各种特征,诸如如下所述的多层碳纤维树脂结构。应当理解,附图中描绘的孔塞100是示例性实施方式,并且其他实施方式可以包括为简单起见未描绘的其他特征,而可以去除或修改各种描绘的特征。

[0033] 图1的实施方式中的孔塞100包括位于孔塞100的第一端处的第一表面或上表面102、位于孔塞100的第二端处的第二表面或下表面104以及位于上表面102和下表面104之间(即,在第一端和第二端之间)的主体106。上表面102和下表面104可以是平面的或大致平面的,并且彼此平行或大致平行。主体106包括凸缘108,凸缘108可以以大约 $90^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 的角度与上表面102相交并且具有厚度110。主体106还包括与凸缘108相交的斜面112和与斜面112相交的柄114。斜面112可以相对于延伸穿过孔塞100的中心的纵向轴线A具有大约 $100^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 的角度,或者具有如下面更详细描述的和用于填充的孔的埋头孔相匹配的另一个角度。角度小于 95° 或大于 105° 的斜面112可导致与碳纤维层压件的粘合性差,并且在使用期间施加真空时可能导致孔塞100周围的空气泄漏。柄114可大致与纵向轴线A平行。

[0034] 柄114限定凹口116,凹口116可围绕纵向轴线A环绕整个柄114,从而提供周向凹口。凹口116的两个线性边缘可以相交以形成约 $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 的角度 θ_1 。柄114还至少部分地限定多个凹槽118。每个凹槽118均具有平行于纵向轴线A的高度和垂直于纵向轴线A的宽度,其中高度大于宽度,从而形成纵向凹槽118。多个凹槽118沿着平行于纵向轴线A的柄114的大部分延伸。此外,多个凹槽118延伸到倒角表面120或倒角120中,因此倒角120限定了多个凹槽118中的每个凹槽的一部分。图3描绘了围绕孔塞100的圆周大致等距间隔的八个凹槽118,因此每个凹槽118的中心围绕孔塞100的圆周与两个相邻凹槽118中的每个凹槽118间隔 45° 。每个凹槽118的两个线性边缘可以相交以形成约 $97.2^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 的角度 θ_2 。

[0035] 孔塞100还包括从柄114延伸的多个锁定棘爪、隆起、保持构件或凸块122(下文统称为“凸块”)。图1和图3描绘了位于每对相邻凹槽118之间的一个凸块122。凸块122围绕孔塞100的圆周大致等距间隔,因此每个凸块122的中心围绕孔塞100的圆周与两个相邻凸块中的每个凸块间隔 45° 。每个凸块122均可以包括例如具有半径的球形扇形、球形切片、半球形等,使得多个凸块限定多个半径。如图1所描绘的,每个凸块122的半径的平行于纵向轴线A的切线T在凸缘108的外径 D_1 (图2)内与斜面112相交。另一方面,孔塞100的穿过纵向轴线A并且穿过位于柄114的相对两侧上的一对凸块122的宽度W小于凸缘108的外径 D_1 。另外,孔塞100的围绕凸块122的中点的圆周(通常在图1中围绕宽度“W”的周向)小于孔塞100的围绕凸缘108的外垂直表面的圆周。此外,柄114的外径 D_4 (图3)是小于凸缘108的外径 D_1 。

[0036] 在图1中的宽度W处描绘的凸块122的中点应该是孔塞100的位于上表面102和下表面104之间的大致中间部分。在这方面,图1中的“W”指的是孔塞100的中间或中点,其中孔塞100的总高度的50%高于中点W并且孔塞100的总高度的50%低于中点W。如图所示,与多个凸块122相比,多个凹槽118定位成更靠近在孔塞的第一端处的第一表面102并且定位成更靠近在第二端处的第二表面104,这有助于分散密封剂(例如,粘合剂),如下面所描述的。

[0037] 倒角120的表面与柄114的表面和下表面104相交(如图1所示),并且与下表面104形成角度 θ_3 。角度 θ_3 可以是约 $131^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 。

[0038] 关于使用,孔塞100可以设计成使得凸缘108的直径 D_1 (例如,上表面102的直径 D_1)大于使用该孔塞的孔(即,穿过碳纤维树脂层压件的孔)的最小直径,并且小于通过复合纤维组件的外表面的孔(即穿过外蒙皮的孔)的最大直径。此外,凸缘108的厚度110必须具有

足够的厚度以承受在安装期间将承受的载荷和/或力,如下所述。斜面112(例如,斜面112的角度和高度)被设计成与其设计的孔的埋头孔相匹配。

[0039] 可以包括凹口116以便于在蒙皮底部的界面处粘合。凹口116提供附加粘合剂载体或容器,所述附加粘合剂载体或容器至少部分地将孔塞100附接到碳纤维层压件。类似地,平行于柄114和纵向轴线A延伸的凹槽118设计为附加粘合剂载体或容器,用于附接到碳纤维层压件。凹口116和凹槽118都可以提供一些摩擦阻力,以在粘合剂固化之前将孔塞100保持在适当位置。凹槽118应该在凸块122的上方和下方延伸,使得粘合剂遍及接收孔塞100的孔的长度被承载。

[0040] 凸块122的尺寸足够大以将孔塞100保持在碳纤维层压件的孔内,但又小到足以在凸块穿过孔时防止碳纤维层压件受到损坏。倒角120的长度和倒角的角度 θ_3 被设计成便于在修复期间将孔塞100安装到碳纤维组件的孔中。主体106的最小长度(即,孔塞100的总长度)被设计成便于安装孔塞100,但也有助于防止凸块122在安装期间使柄114断开或断裂。

[0041] 孔塞100的表面粗糙度有助于粘合剂与孔塞100的机械结合。在一个实施方式中,孔塞100可具有表面粗糙度,其中表面粗糙度的平均粗糙度中心线“Ra”从250微米(μm)至400 μm 。

[0042] 孔塞100可以例如使用诸如三维(3D)打印工艺的增材制造工艺来形成。3D打印工艺可包括诸如马氏体时效钢的金属或金属合金的激光烧结。在另一种制造工艺中,孔塞100可以使用金属、金属合金或合适的合成物如聚合物的模制工艺形成。孔塞100可以形成为单个实心结构或单块材料,但是也可以考虑其他构造,诸如由两种或更多种材料或层形成,或者形成中空孔塞100以减轻重量。上述表面粗糙度可以由3D打印工艺、模制工艺或其他成形工艺产生,或者可以由单独的方法行为(诸如化学蚀刻、机械蚀刻或化学机械蚀刻中的一种或多种)产生。

[0043] 考虑了使用根据本教导的孔塞100的各种用途和技术。示例用途在图4至图9中描绘。图4是描绘复合树脂组件400(例如,碳纤维组件400)的横截面,该复合树脂组件400包括刚性外层或蒙皮402和碳纤维层压件404。图4的碳纤维层压件404包括四个碳纤维层404A-404D,但是应当理解,碳纤维层压件可包括两个或更多个碳纤维层,并且可包括100个或更多个层。碳纤维组件400包括要接受再加工或修复(下文中,通常统称为再加工)的区域406。要接受再加工的区域406可能由碳纤维组件的损坏、维护、重建或加强或任何其他原因引起。出于说明的目的,图4进一步描绘了防止接近碳纤维层压件404的后表面410的表面或层408,其中后表面410和层408被间隙412分开。通常需要接近后表面410以正确地从碳纤维组件400的蒙皮402侧建立真空。层408可包括多个层,并且可以是碳纤维组件400的一部分或另一表面。

[0044] 图5描绘了在通过碳纤维组件400的蒙皮402和碳纤维层压件404形成或成形孔500之后的图4结构。如图所示,孔500的穿过蒙皮402的部分具有比孔塞100的凸缘108(图2)的表面102的直径 D_1 大的直径 D_2 。此外, D_2 大于孔500的穿过碳纤维层压件404的部分的直径 D_3 。此外,孔500周围的碳纤维层压件404可以包括形成孔500的埋头孔的倾斜面502(即,斜面502),其中斜面502近似或匹配孔塞100的斜面112。例如,可以使用钻头和本领域已知的埋头孔工具(为简单起见未单独描述)形成孔500。

[0045] 图4结构(特别是碳纤维组件400和穿过其中的孔500)的测量结果可用于确定用于

再加工的孔塞100的形状。在一个实施方式中,可以在形成孔500之后通过3D打印形成孔塞100。在另一个实施方式中,孔塞100可以在形成孔500之前形成,其中孔500被成形为与孔塞100匹配。在形成成形的孔500和孔塞100之后,可以将粘合剂材料600施加到孔塞100的凹槽118中。然后可以如图7所示将孔塞完全放置在孔500中,或者如图6所示部分地放置在孔500。在图6的位置中,柄114的在凸块122下方的细长部分使孔塞100稳定在碳纤维层压件404的孔内。如图6的位置中,附加粘合剂600可以围绕孔塞100放置,例如围绕凹口116放置和/或放置在凹口116中,之后孔塞100完全插入孔500中,如图7所示。去除过量的粘合剂,得到类似于图7的结构。

[0046] 如图7所示,孔塞100被设计成使得凸块122的顶部(即,图1,表面102和中点W之间的上边缘)定位在后表面410的高度处或附近。因此,即使在重力或施加一定量的真空力的情况下,凸块122也可以防止孔塞100在粘合剂600固化之前从孔500中掉落或弹出。在一个方面,凸块122可以在没有固化或未固化的粘合剂或其他离散的机械附件的情况下将孔塞100松散地固定或“锁定”到复合层压件404上,因此可以称为“锁定”孔塞。此外,孔塞100的上表面102处于蒙皮402的暴露的上表面700下方的高度,使得再加工区域406可以在再加工完成之后与暴露的上表面700连续并齐平。柄114的在凸块122的底部和倒角120之间的细长部分确保通过孔塞100穿过碳纤维层压件404中的孔并且到达后表面410而在凹槽118内承载足够量或容积的粘合剂,以将孔塞100正确地粘合到碳纤维层压件404上。在形成图7结构之后,粘合剂600固化,从而将孔塞100粘合到碳纤维层压件404的碳纤维层404A-404D。

[0047] 随后,可以执行附加处理以再加工包括孔塞100的区域406。再加工步骤可以包括将一个或多个修复层800施加到区域406,如图8所示。可以将真空组件802(其可以包括真空袋804、真空吸嘴806和连接到真空810的真空管线808)施加到区域406。真空组件802可以用于压实一个或者多个修复层800,并且当一个或多个修复层800固化时去除多余的树脂。在固化一个或多个修复层800之后,从蒙皮402的上暴露表面700去除真空组件802,并且在修复层800和蒙皮402上执行附加处理,以产生图9的完整结构。因此,孔塞100留下来成为碳纤维组件400的一部分。

[0048] 关于图4至图9中描绘的结构,要接受再加工或修复的区域406可以是固体表面,从而完成图9的结构。在另一个实施方式中,图4的区域406可以是或包括紧固孔周围的受损区域。在该实施方式中,可以使用孔塞100临时填充和密封紧固孔,并且如上参照图4至图8描述的结构进行修复,产生图9的结构。随后,例如,通过钻出和/或以其他方式去除孔塞100,可以进一步处理图9的结构,从而产生图10的紧固孔1000。在一个实施方式中,紧固孔1000可衬有衬里1002,例如,以保护碳纤维层压件404或为插入紧固件(为简单起见未单独描绘)准备紧固孔1000。

[0049] 应当理解,附图已经被简化并且被绘制以便于理解本教导而不是按比例绘制。

[0050] 图11是描绘复合层压件1100的功能框图,复合层压件1100具有穿过其中的第一孔1102以及位于第一孔1102内的孔塞1104。复合层压件1100可以是或包括一个或多个层,例如,一个或多个碳纤维层。图11的结构进一步描绘了蒙皮1106,其可以是覆在复合层压件1100上面并覆盖复合层压件1100的固体壳。蒙皮1106可具有穿过其中的第二孔1108。孔塞1104可以穿过第二孔1108插入,以使孔塞100定位在第一孔1102内。第一孔1102的第一宽度或第一直径 D_5 小于第二孔1108的第二宽度或第二直径 D_6 。图11的孔塞1104包括凸缘1110、从

凸缘1110延伸的斜面1112以及从斜面1112延伸的柄1114。柄1114可包括凹口1116,凹口1116可部分地或完全地围绕柄1114的圆周延伸。柄1114还包括沿柄1114的高度纵向延伸的多个凹槽1118。多个凸块1120和倒角1122从柄1114延伸。

[0051] 图12是描绘根据本教导的一个实施方式的用于再加工诸如纤维树脂组件400的工件的方法1200的流程图,所述纤维树脂工件400可以是碳纤维组件400。方法1200可以通过操作或使用上述附图中描绘的一个或多个结构来进行,并且因此参考图1至图9进行描述;然而,应当理解,除非本文明确说明,否则方法1200不限于任何特定结构或用途。应当理解,虽然方法1200被描述为一系列动作或事件,但是本教导不受这种动作或事件的排序的限制。一些动作可以以不同的顺序发生和/或与除了这里描述的那些之外的其他动作或事件同时发生。此外,根据本教导的方法可以包括为简单起见未示出的其他动作或事件,而可以去除或修改其他示出的动作或事件。

[0052] 在一个实施方式中,在步骤1202处,处理工件400的再加工区域以在工件内限定孔500。孔500可具有穿过工件400的第一区域(例如,蒙皮402)的第一直径 D_2 ,第一直径 D_2 大于穿过工件的第二区域404(例如,碳纤维层压件404)的第二直径 D_3 。工件的第二区域404可以被成形为限定斜面502。例如,在步骤1204处,使用3D打印、模制工艺或其他合适的工艺形成孔塞100。可以基于孔500的测量在形成孔500之后形成孔塞100,或者可以形成孔500以匹配现有孔塞100的尺寸。孔塞100可包括具有第三直径 D_1 的凸缘108,第三直径 D_1 小于第一直径 D_2 。

[0053] 随后,在步骤1206处,将粘合剂600施加到孔塞100的凹槽118,并且在步骤1208处,将孔塞100部分地插入孔500中。在示例实施方式中,将孔塞100部分地插入,使得位于孔塞100的柄114周围的凸块122的下边缘搁置在诸如斜面502的第二区域上。在步骤1210处,在孔塞100部分地插入孔中的情况下,可以将附加的粘合剂600施加到孔塞100上,例如施加到凹口116。因此,凹口116和凹槽118在粘合剂600插入孔500中时为粘合剂600提供载体,从而将足够体积或数量的粘合剂600散布或分散到柄114和工件的其他部分,以确保孔塞100与工件400的结合。接下来,在步骤1212处,孔塞100完全插入孔500中。当完全插入时,孔塞100的上表面102凹进在蒙皮402的暴露的上表面700内。接下来,在步骤1214处,将真空袋804施加到工件400的包括孔塞100和一个或多个修复层800的区域406。随后,在步骤1216处,可以将真空力施加到工件400、一个或多个修复层800和锁定孔塞100。在步骤1218处,真空力的施加可以压实覆在工件400和锁定孔塞100上面的一个或多个修复层800。在步骤1220处,或者在环境温度下被动地使用定时固化或者通过执行诸如加热粘合剂600、使粘合剂暴露于紫外光等的活性处理动作,使粘合剂600固化。随后,在步骤1222处,可以可选地执行区域406的附加处理以完成再加工。再加工步骤可以包括以下中的一个或多个:施加附加层和粘合剂,打磨和/或固化附加层800,使用真空组件802对附加层800施加真空,涂漆或以其他方式对工件400进行最终加工。再加工步骤还可任选地包括:钻出和去除孔塞100以形成紧固孔1000,用衬里1002镶衬紧固孔1000,和/或其他处理行为。

[0054] 因此,根据本教导的示例实施方式的孔塞提供了用于再加工工件的结构和技术。孔塞固定在由工件限定的孔内,从而可以进行工件的处理。工件的处理可包括在修复层的固化和/或其他处理期间向再加工区域施加真空力。

[0055] 尽管阐述本教导的宽范围的数值范围和参数是近似值,但具体示例中列出的数值

尽可能精确地报告。然而,任何数值固有地包含必然由其各自的测试测量中发现的标准偏差引起的某些误差。此外,本文公开的所有范围都应理解为包括其中包含的任何和所有子范围。例如,“小于10”的范围可以包括最小值0和最大值10之间(并包括最小值0和最大值10)的任何和所有子范围,即,具有等于或大于0的最小值和等于或小于10的最大值的任何和所有子范围,例如1至5。在某些情况下,参数所述的数值可以取负值。在这种情况下,表示为“小于10”的范围的示例值可以假设为负值,例如,-1、-2、-3、-10、-20、-30等。

[0056] 此外,本公开包括根据以下条款的示例:

[0057] 条款1、一种孔塞,该孔塞包括:凸缘,所述凸缘具有第一直径,其中所述凸缘定位在所述孔塞的第一端处;斜面,所述斜面从所述凸缘延伸并与所述凸缘倾斜地相交;柄,所述柄从所述斜面远离所述凸缘延伸到所述孔塞的与所述第一端相对的第二端,所述柄包括小于所述第一直径的第二直径以及由所述柄限定并围绕所述柄的外部取向的多个纵向凹槽;以及多个凸块,所述多个凸块定位在所述柄的所述外部上并从所述柄的所述外部延伸,其中所述多个凸块定位在所述多个纵向凹槽之间。

[0058] 条款2、根据条款1所述的孔塞,其中:所述多个凸块均包括半径;并且每个半径的平行于所述孔塞的纵向轴线的切线在所述第一直径内与所述凸缘相交。

[0059] 条款3、根据条款1所述的孔塞,所述孔塞进一步包括由所述柄限定的周向凹口,其中所述周向凹口定位在所述多个纵向凹槽和所述凸缘之间。

[0060] 条款4、根据条款1所述的孔塞,其中:所述多个凸块均具有平行于所述孔塞的纵向轴线的第二高度;所述多个纵向凹槽均具有平行于所述孔塞的所述纵向轴线并大于所述第一高度的第二高度;并且所述多个纵向凹槽比所述多个凸块更靠近所述孔塞的所述第一端和所述第二端定位。

[0061] 条款5、根据条款4所述的孔塞,其中,所述孔塞的所述第二端包括倒角表面。

[0062] 条款6、根据条款5所述的孔塞,其中,所述多个纵向凹槽延伸到所述倒角表面中。

[0063] 条款7、根据条款1所述的孔塞,其中:每个凸块均限定半径,使得所述多个凸块限定多个半径;每个半径均包括平行于所述孔塞的纵向轴线的切线;并且每个半径的每个切线均在所述第一直径内与所述凸缘相交。

[0064] 条款8、根据条款7所述的孔塞,其中:所述孔塞具有穿过第一凸块、所述柄以及与所述第一凸块相对的第二凸块的第三直径;并且所述第三直径小于所述第一直径并大于所述第二直径。

[0065] 条款9、根据条款1所述的孔塞,其中,所述孔塞由单块材料形成。

[0066] 条款10、根据条款9所述的孔塞,所述孔塞具有表面粗糙度,其中所述表面粗糙度的平均粗糙度中心线“Ra”从250微米(μm)到400 μm 。

[0067] 条款11、根据条款10所述的孔塞,其中,所述单块材料是马氏体时效钢。

[0068] 条款12、一种复合纤维组件,该复合纤维组件包括:复合层压件和覆在所述复合层压件上面的蒙皮,所述复合层压件和所述蒙皮具有穿过所述复合层压件和所述蒙皮的孔,其中,穿过所述蒙皮的所述孔的第一直径大于穿过所述复合层压件的所述孔的第二直径;所述孔内的孔塞,所述孔塞包括:凸缘,所述凸缘具有第三直径,其中所述凸缘定位在所述孔塞的第一端处;斜面,所述斜面从所述凸缘延伸并与所述凸缘倾斜地相交;柄,所述柄从所述斜面远离所述凸缘延伸到所述孔塞的与所述第一端相对的第二端,所述柄包括小于所

述第三直径的第四直径以及由所述柄限定并围绕所述柄的外部取向的多个纵向凹槽;以及多个凸块,所述多个凸块定位在所述柄的所述外部上并从所述柄的所述外部延伸,其中所述多个凸块定位在所述多个纵向凹槽之间,其中所述复合层压件在所述凸缘和所述多个凸块之间物理接触所述孔塞。

[0069] 条款13、根据条款12所述的复合纤维组件,其中:所述多个凸块均包括半径;并且每个半径的平行于所述孔塞的纵向轴线的切线在所述第三直径内与所述凸缘相交。

[0070] 条款14、根据条款12所述的复合纤维组件,其中,所述孔塞进一步包括由所述柄限定的周向凹口,其中所述周向凹口定位在所述多个纵向凹槽和所述凸缘之间。

[0071] 条款15、根据条款12所述的复合纤维组件,其中:所述多个凸块均具有平行于所述孔塞的纵向轴线的第二高度;所述多个纵向凹槽均具有平行于所述孔塞的所述纵向轴线并大于所述第二高度的第一高度;并且所述多个纵向凹槽比所述多个凸块更靠近所述孔塞的所述第一端和所述第二端定位。

[0072] 条款16、根据条款15所述的复合纤维组件,其中,所述孔塞进一步包括位于所述第二端处的倒角表面;并且其中所述多个纵向凹槽延伸到所述倒角表面中。

[0073] 条款17、一种用于再加工复合树脂组件的区域的方法,所述复合树脂组件具有复合层压件和覆在所述复合层压件上面的蒙皮,该方法包括以下步骤:在所述复合树脂组件的所述区域内限定孔,其中所述孔包括所述蒙皮内的第一直径和所述复合层压件内的第二直径,并且所述第一直径大于所述第二直径;将粘合剂施加到由孔塞的柄限定的多个凹槽;将所述孔塞完全插入到所述孔中,其中所述孔塞凹进到所述蒙皮内;使所述粘合剂固化;以及在使所述粘合剂固化之后,完成所述区域的再加工。

[0074] 条款18、根据条款17所述的方法,其中,完成所述区域的再加工的步骤包括:在使所述粘合剂固化之后将真空袋施加到所述区域;以及将真空力施加到所述区域和所述孔塞。

[0075] 条款19、根据条款18所述的方法,其中,将真空力施加到所述区域的步骤压实覆在所述孔塞上面的一个或多个修复层。

[0076] 条款20、根据条款17所述的方法,所述方法进一步包括以下步骤:在所述复合层压件上形成斜面;将所述孔塞部分地插入所述孔中,其中从所述孔塞的所述柄延伸的凸块搁置在所述斜面上;以及将所述粘合剂施加到环绕所述孔塞的所述柄的凹口。

[0077] 虽然本教导已经就一个或多个实施方式进行了说明,但是可以在不脱离附加权利要求的精神和范围的情况下对所说明的示例进行更改和/或修改。例如,应当理解,虽然过程被描述为一系列的动作或事件,但是本教导并不受这些动作或事件排序的限制。一些动作可能以不同的顺序发生,和/或与本文所描述动作或事件之外的其他动作或事件同时发生。另外,并不是所有的过程阶段都需要按照本教导的一个或多个方面或实施方式来实现方法。应当理解,可以增加结构部件和/或加工阶段,或者去除或修改现有结构部件和/或加工阶段。此外,本文所描绘的一个或多个动作可以在一个或多个单独的动作和/或阶段中进行。此外,如果在详细描述和权利要求书中使用了“包括(including)”、“包括(includes)”、“具有(having)”、“具有(has)”、“具有(with)”或其变型,则这些术语应以类似于“包括(comprising)”的方式具有包容性。术语“…中的至少一个”用于表示可以选择列出的一项或多项。如本文中使用的,术语“一个或多个”涉及条目的列表,例如,A和B意指单独A、单独B

或A和B。此外,在本文的讨论和权利要求中,术语“…上”用于两种材料,一种在另一种“上”,意指材料之间至少存在某种接触,而“…之上”意指材料在附近,但可能有一种或多种附加的介入材料,这样接触是可能的,但不需要。“…上”和“…之上”都不表示本文中使用的任何方向性。术语“适形”描述了一种涂层材料,其中适形材料保留了底层材料的角度。术语“大约”表示所列出的值可能有所改变,只要改变不会导致过程或结构不符合所示的实施方式。最后,“示例性”表明描述被用作示例,而不是暗示它是理想的。本领域技术人员将从本公开的描述和实践中清楚地看到本发明的其他实施方式。本说明书和示例仅被视为示例性的,本教导的真实范围和精神由所附权利要求指示。

[0078] 本申请中使用的相对位置术语是基于平行于工件常规平面或工作表面的平面定义的,而不管工件的取向如何。本申请中使用的术语“水平”或“横向”被定义为与工件的常规平面或工作表面平行的平面,而不管工件的取向如何。术语“竖直”是指垂直于水平面的方向。诸如“…上”、“侧”(如“侧壁”)、“高”、“下”、“…之上”、“顶部”和“下方”之类的术语被定义为与工件顶面上的常规平面或工作表面有关,而不管工件的取向如何。

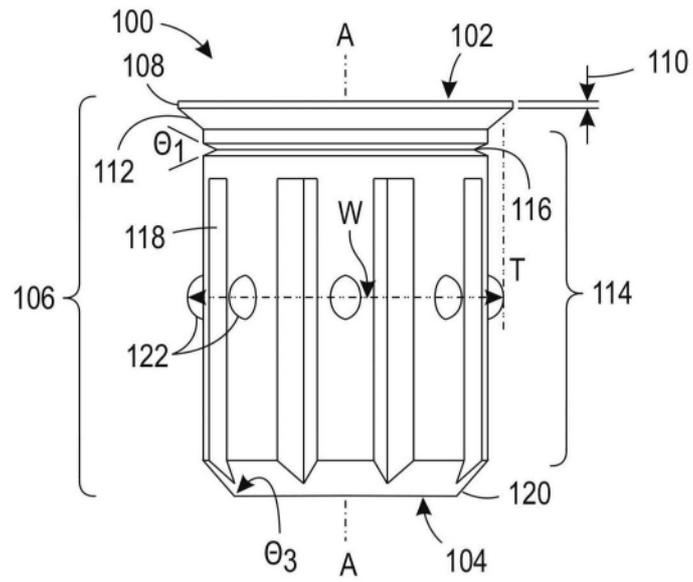


图1

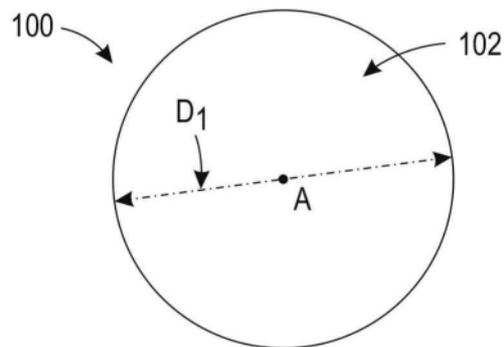


图2

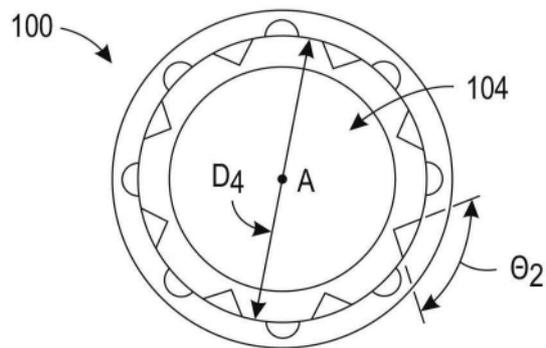


图3

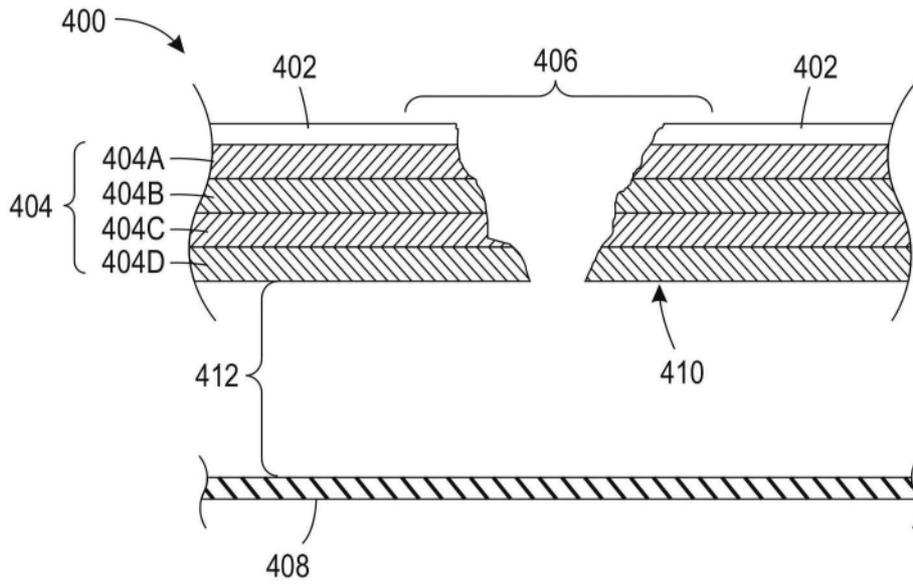


图4

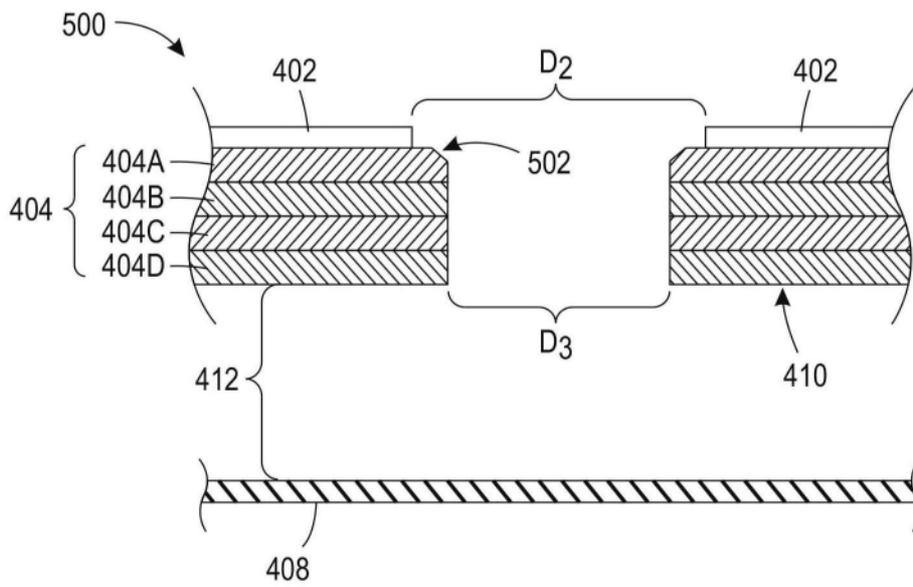


图5

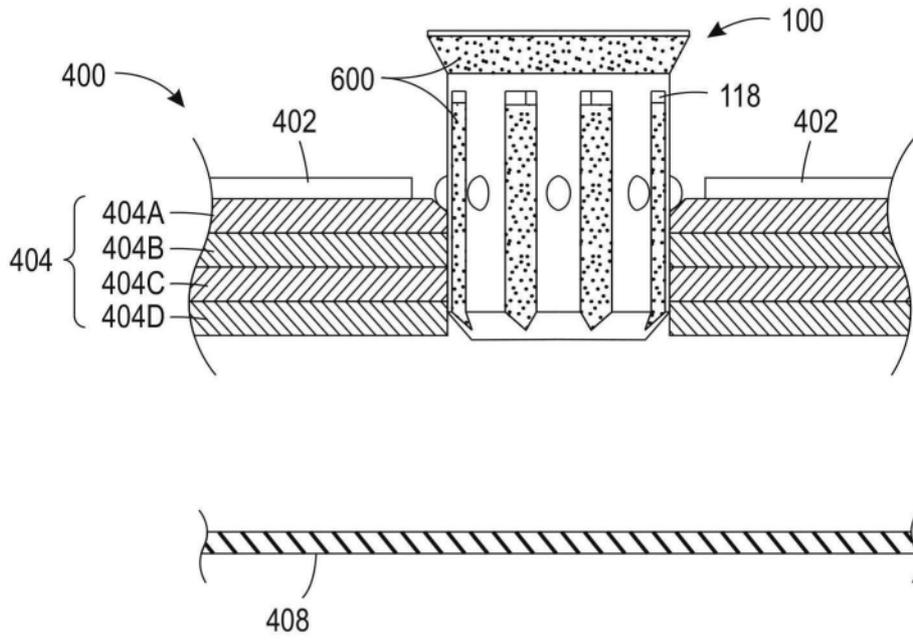


图6

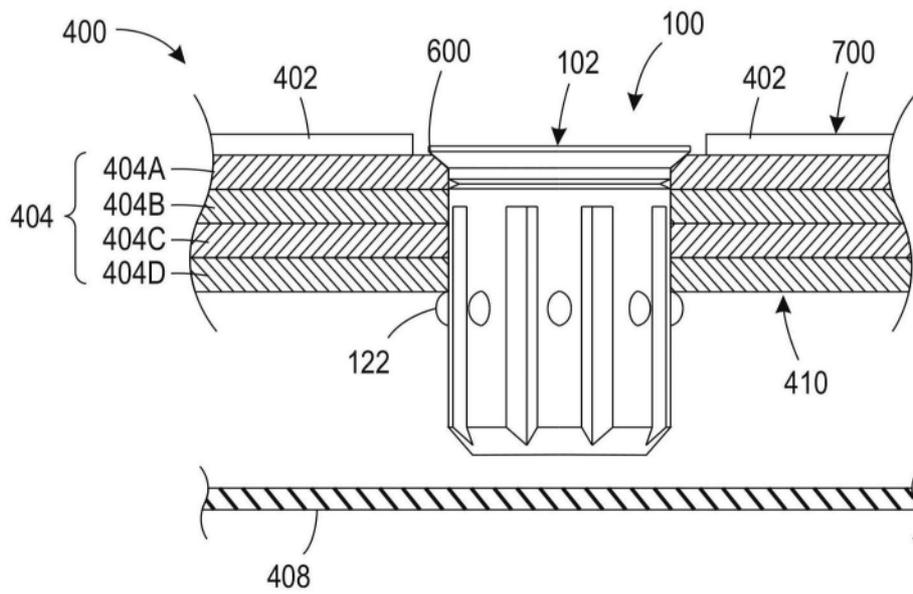


图7

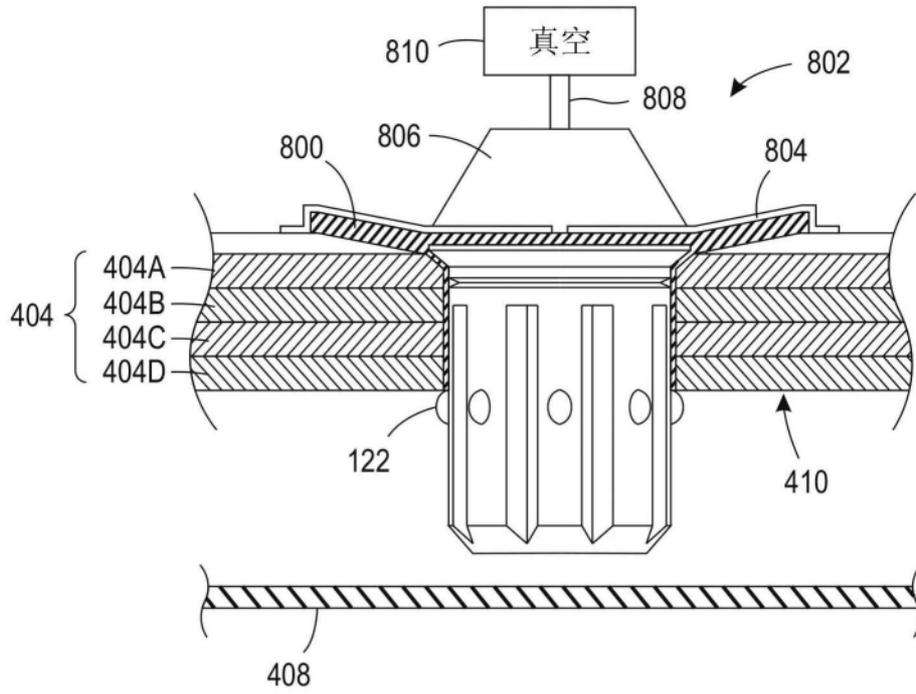


图8

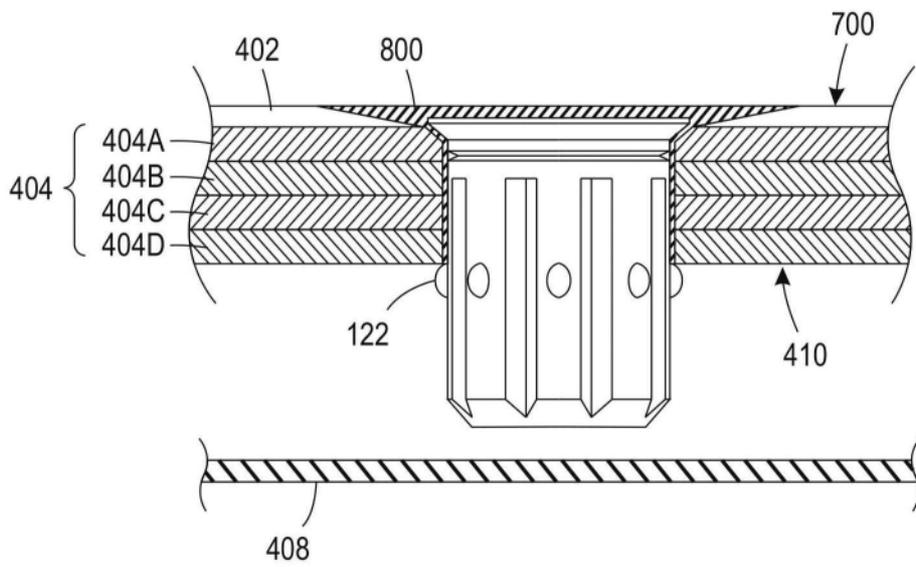


图9

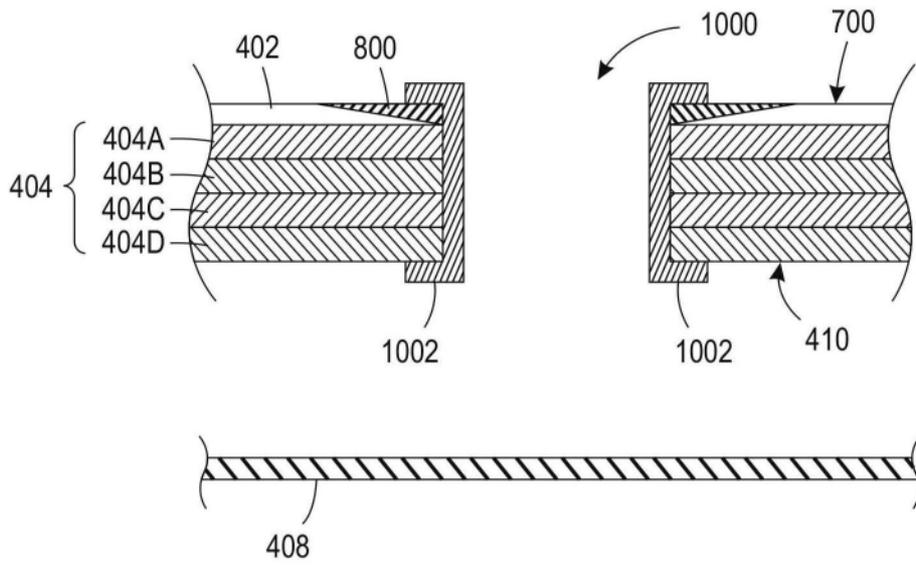


图10

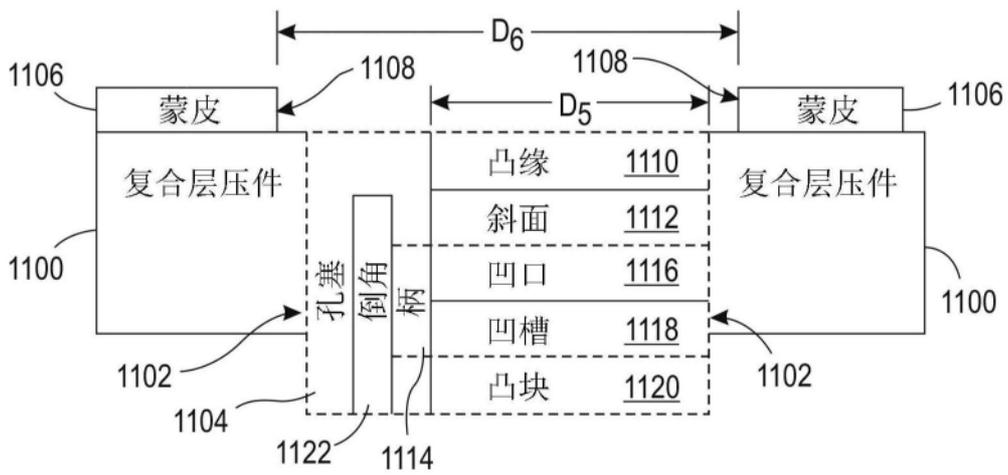


图11



图12