



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111247006 A

(43)申请公布日 2020.06.05

(21)申请号 201880068204.5

史蒂文·阿吉乌斯 巴里·特里皮

(22)申请日 2018.08.17

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

(30)优先权数据

代理人 顾红霞 张芸

2017903324 2017.08.18 AU

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(51)Int.Cl.

2020.04.20

B60B 5/02(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

B29C 70/30(2006.01)

PCT/AU2018/050876 2018.08.17

B60B 3/00(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

B29C 45/14(2006.01)

W02019/033173 EN 2019.02.21

(71)申请人 碳革命有限公司

地址 澳大利亚维多利亚

(72)发明人 阿什利·詹姆斯·登米德

迈克尔·邓巴·西尔科克

蒂莫西·科比特 尼古拉斯·泰勒

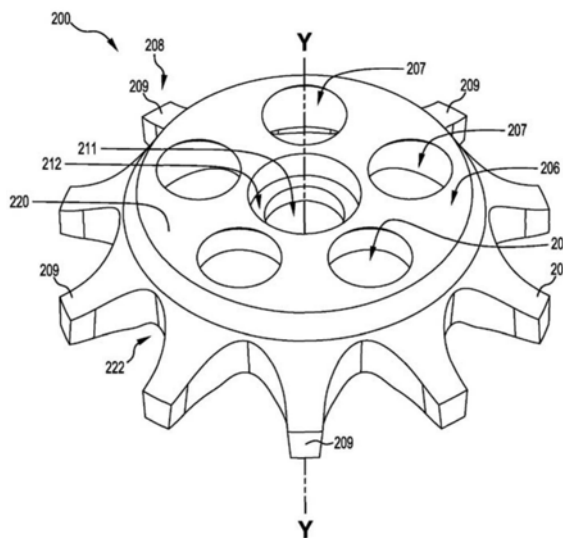
权利要求书3页 说明书14页 附图5页

(54)发明名称

用于复合轮的面部部分的成形预制件

(57)摘要

一种用于复合轮(100)的面部部分(104)的成形预制件部件(200),该成形预制件部件(200)具有围绕中心轴线(Y)延伸的轮毂(206),成形预制件部件(200)由固化的复合纤维材料形成,该固化的复合纤维材料在静水压力为50巴且温度为60℃至200℃的成型条件下的可压缩性小于按体积计的2%。



1. 一种用于复合轮的面部部分的成形预制件部件,所述成形预制件具有围绕中心轴线延伸的轮毂,所述成形预制件部件由固化的复合纤维材料形成,所述固化的复合纤维材料在静水压力为50巴且温度为60°C至200°C的成型条件下的可压缩性小于按体积计的2%。

2. 根据权利要求1所述的成形预制件部件,进一步包括多个指状部,所述指状部围绕所述中心轴线环状地间隔开并且从所述轮毂的周边远离所述中心轴线沿径向向外延伸。

3. 根据权利要求1或2所述的成形预制件部件,其中,所述成形预制件在静水压力为50巴的成型条件下的所述可压缩性为小于按体积计的1%。

4. 根据权利要求1、2或3所述的成形预制件部件,其中,所述成形预制件的密度在600kg/m³至1300kg/m³之间,并且优选地为从800kg/m³到1200kg/m³。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述成形预制件具有以下各项中的至少一项:

- 在20MPa至80MPa之间、优选地为从20MPa到60MPa的拉伸强度;或者
- 从1.5GPa到30GPa、优选地为10GPa到25GPa的刚度。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述成形预制件的表面具有粗糙度为至少Ra=0.2μm的粗糙表面。

7. 根据权利要求6所述的成形预制件部件,其中,所述粗糙表面包括化学蚀刻表面或者机械磨蚀表面。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述成形预制件由以下材料形成:定制的纤维植入帘布层或预制件;至少一层单纤维定向帘布层;至少一层多向纤维帘布层;或纤维贴片植入的预制件;至少一层非织造各向同性或各向异性纤维;各向同性纤维排列;填充物;玻璃微球;疏水性气相法二氧化硅;环氧树脂/固化剂;粉碎的碳纤维;磨碎的碳纤维,或者它们的组合。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述成形预制件由以下材料形成:

- (i) 树脂、磨碎的碳纤维和中空玻璃微球的混合物;
- (ii) 树脂和磨碎的碳纤维的混合物;
- (iii) 树脂和粉碎的碳纤维的混合物;或者
- (iv) 基本上仅树脂。

10. 根据权利要求9所述的成形预制件部件,其中,所述成形预制件进一步包括1wt%至5wt%、优选地为1wt%至2wt%的疏水性气相法二氧化硅。

11. 根据权利要求8、9或10所述的成形预制件部件,其中,所述磨碎的碳纤维具有以下各项中至少一种的长度:

- 小于20mm,优选地在1mm至15mm之间,更优选地约为12mm;或者
- 小于500μm的长度,优选地小于100μm,更优选地在50μm至200μm之间。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,进一步包括能固化的基体材料,所述基体材料包围所述成形预制件的构成部件。

13. 根据权利要求12所述的成形预制件部件,其中,所述基体材料包括基于不饱和聚酯、聚氨酯、聚乙烯酯、环氧树脂、热塑性塑料以及它们的组合的树脂。

14. 根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,具有热特性,所述热特性被设

计成基本上匹配复合轮的面部部分的整体复合材料的热特性,所述成形预制件构造成被包括在所述复合轮中。

15.根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述成形预制件包括不完整的或未完全固化的预制件。

16.根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述轮毂的形状为围绕所述中心轴线的大致圆形。

17.根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述轮毂包括至少一个孔。

18.根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述轮毂包括围绕所述中心轴线间隔开的至少三个孔,优选地包括围绕所述中心轴线间隔开的至少四个孔,优选地至少五个孔。

19.根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述轮毂包括中心孔。

20.根据权利要求19所述的成形预制件部件,其中,所述中心孔包括台阶,所述台阶在所述中心孔的一端形成缘部或凸缘。

21.根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述轮毂包括具有大致平面表面的第一侧以及具有大致凹形或凹入表面的与所述第一侧相反的第二侧。

22.根据权利要求21所述的成形预制件部件,其中,所述指状部包括从所述轮毂的平面表面的周边朝向每个指状部的远端向下渐缩或倾斜的表面。

23.根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述指状部的数量对应于在所述复合轮的面部部分中形成的辐条的数量。

24.根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述指状部围绕中心轴线等距地间隔开。

25.根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,包括以下特征中的至少一项:
纤维帘布层保持结构;

以可视的方式表示帘布层的边缘应该位于的位置的引导线;或者
用于优化所述成形预制件的处理的保持/操纵结构。

26.根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件部件,其中,所述成形预制件与所述复合轮一体地形成。

27.一种形成复合纤维轮的面部部分的方法,包括:

将根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件定位在复合纤维的面部部分的纤维铺层的轮毂部分中;以及

围绕所述成形预制件铺设复合纤维元件,从而形成复合纤维轮的面部部分的预成型结构。

28.根据权利要求27所述的方法,进一步包括以下步骤:

提供与所述面部部分的预成型结构接触的基体材料;以及
使所述面部部分固化。

29.根据权利要求27或28所述的方法,其中,所述方法进一步包括以下步骤:

同时提供与轮的轮辋部分和面部部分中的每一个接触的基体材料;以及
使所述轮的所述轮辋部分和所述面部部分同时固化。

30. 根据权利要求27至29中任一项所述的方法,其中,所述复合纤维轮的面部部分的纤维铺层的纤维元件包括碳纤维。

31. 根据权利要求27至30中任一项所述的方法,其中,所述纤维元件被提供为以下各项中的至少一种:预浸料、半浸料、织造或非织造织物、垫子、预制件、预固结的预制件、独立的或成组的纤维、丝束、丝束浸料。

32. 根据权利要求27至31中任一项所述的方法,其中,所述纤维元件被提供为至少一个织物片,优选地为多轴向织物。

33. 一种复合轮,包括根据权利要求1至26中任一项所述的成形预制件。

用于复合轮的面部部分的成形预制件

[0001] 交叉引用

[0002] 本申请要求2017年8月18日提交的澳大利亚临时专利申请No. 2017903324的优先权,该临时专利申请的内容应被理解为通过该引用并入本文。

技术领域

[0003] 本发明总体上涉及在复合轮的面部部分的制造中使用的成形预制件。本发明特别适用于车辆和/或飞机的复合碳纤维轮,并且在下文中与这种示例性应用有关地公开本发明将是方便的。然而,应领会的是,本发明不限于这种应用,并且可以用作多种复合型轮的生产辅助。

背景技术

[0004] 以下对本发明背景的讨论旨在促进对本发明的理解。然而,应当领会的是,该讨论并不是承认或认可所涉及的任何材料在本申请的优先权日已经出版、已知或者是公知常识的一部分。

[0005] 复合轮通常包括两个主要部分,轮辋部分和面部部分。轮辋部分包括构造成接纳和安置轮胎的环形结构。面部部分包括用于将车轮固定至车辆的轮毂、以及在轮毂与轮辋之间延伸并将轮毂与轮辋互连的连接结构,诸如一系列辐条或轮辐。横向、竖直和扭转载荷通过轮胎传输至车轮的轮辋部分,然后在连接结构中产生弯曲和扭转应力。

[0006] 本申请的申请人已经生产出一件式复合轮,例如在国际专利公开文本W02010/024495A1中对其进行了描述。一件式复合轮的制造通常需要使用独立的轮辋部分模具和相关联的增强件以及面部部分模具和相关联的增强件。然后在最终的成型工艺中将独立的轮辋模具部分和面部模具部分互连,这允许一体地形成整个复合轮。期望有一种刚硬、坚固且尺寸稳定的面部部分(特别是轮毂部分及其与辐条的互连部)来提供机械高效的结构,该结构具有刚度和强度,并且还将轮胎与地面之间产生的载荷通过轮辋高效地传输到辐条并一直传递到车辆的车轴。

[0007] 以前,复合轮的面部部分的轮毂部分是利用选择的经切割和成形的纤维片或纤维布(pre-peg)的铺层(layer)而形成的,或者是利用铸造的、机加工的或手工成形的泡沫(聚氨酯或其它高密度闭孔泡沫)插入件而形成的。已发现,两种方法都无法在成型和固化零件时生产出体积稳定体。一旦层叠在纤维层之间,当前的泡沫插入件就无法在后续的成型期间和使用加载过程中支撑和/或约束上下纤维层的移动。此外,已发现,干纤维层铺层堆叠体会产生由于体积收缩造成的制造缺陷,从而导致表面光洁度缺陷和内部龟裂。

[0008] 因此,期望提供一种能够在形成复合轮的面部部分时使用的改进的或替代的成形预制件/插入件。

发明内容

[0009] 本发明提供一种用于装配到复合轮(优选地为碳纤维轮)的面部部分的纤维铺层

中的铺层辅助件。

[0010] 本发明在一方面提供一种用于复合轮的面部部分的成形预制件部件,该成形预制件具有围绕中心轴线延伸的轮毂,成形预制件部件由固化的复合纤维材料形成,该固化的复合纤维材料在静水压力为50巴且温度(工艺温度)为60°C至200°C的成型条件下的可压缩性小于按体积计的2%。

[0011] 应当理解的是,本文中的术语“复合材料”表示包括固化或未固化的纤维的任何类型的复合材料,而与结构是否分层无关。此外,固化或未固化的预制件和预固结的预制件是复合材料和主体的重要子组。

[0012] 还应当理解的是,“固化的复合纤维材料”中的术语“固化的”表示复合纤维材料已经经历了至少部分固化过程,从而将复合纤维材料中的可固化的基体材料硬化、固化或凝固。

[0013] 因此,本发明提供一种成形预制件,其可以在用于形成复合轮的面部部分的铺层和成型工艺中使用并且被设计成具有最小体积变化。根据本发明的预制件的使用旨在帮助形成面部部分的必要构造,而无需在整个轮成型工艺中提供显著的特殊考虑。成形预制件提供了在复合轮的轮毂和面部部分的复合纤维和织物的铺层期间的铺层辅助件。

[0014] 固化的复合纤维材料为预制件提供了结构刚性和/或坚固性,这可以用于将该预制件的所设计的构造保持为整个复合轮的形状和形式。因此,成形预制件具有有限的可压缩性,以使得能够在复合轮的面部部分的铺层和成型期间提供适当的体积和最小体积变化。因此,在复合轮的面部部分的铺层中使用本发明的成形预制件最大程度地减小了并且更优选地避免了可能会损坏成型的复合轮的结构的不期望的尺寸和体积变化。应当领会的是,成形预制件的可压缩性是在静水压力(例如,树脂注入期间)为50巴且树脂成型工艺(诸如树脂传递成型(RTM)工艺)期间的工艺温度范围为60°C至200°C的成型条件下测量的按体积计的百分比(%)。

[0015] 成型条件期间的工艺温度可以根据优选的注入和固化温度而变化。优选的工艺温度为约120°C(通常为120°C+/-3°C)。然而,工艺温度可以在60°C至180°C、优选地在60°C至150°C、更优选地在60°C至140°C的范围内。在实施例中,工艺温度为100°C到200°C,优选地为100°C到150°C,更优选地为100°C到130°C。在实施例中,工艺温度为110°C到150°C,优选地为110°C到130°C。

[0016] 此外,(如下面进一步详细说明的),固化的复合纤维材料的使用使得材料能够与轮中使用的复合纤维材料基本上匹配,因此,赋予预制件以与复合轮的周围的复合铺层材料类似的热和膨胀特性。

[0017] 本发明的成形预制件的机械特性可以针对期望的应用进行定制。如上所述,在静水压力为50巴的成型条件下的复合纤维主体的可压缩性必须小于按体积计的2%。在一些实施例中,在静水压力为50巴的成型条件下的成形预制件的可压缩性小于按体积计的1.5%,优选地小于按体积计的1%。成型条件的工艺温度与前面所述相同。

[0018] 关注的成形预制件的其它机械特性包括:

[0019] • 密度-其优选地在600kg/m³至1300kg/m³之间,并且更优选地为从800kg/m³到1200kg/m³。在一些实施例中,成形预制件的密度为从500kg/m³到1500kg/m³。在一些实施例中,成形预制件的密度为从600kg/m³到1400kg/m³。在一些实施例中,成形预制件的密度为从

800kg/m³到1500kg/m³。

[0020] • 拉伸强度-其优选地在20MPa至80MPa之间,更优选地为从20MPa到60MPa。在一些实施例中,拉伸强度为从30MPa到80MPa,优选地为从30MPa到60MPa。在一些实施例中,拉伸强度为从20MPa到70MPa,优选地为从40MPa到70MPa。

[0021] • 刚度-其优选地为从1.5GPa到30GPa,优选地为从5GPa到30GPa,更优选地为从8GPa到30GPa,又更优选地为10GPa到25GPa。在一些实施例中,刚度为从1.5GPa到10GPa。在其它实施例中,刚度为从8GPa到25GPa。在一些实施例中,刚度为从2GPa到30GPa,优选地为从10GPa到25GPa。

[0022] 在一些实施例中,成形预制件具有约4GPa的刚度和约50MPa的拉伸强度。

[0023] 成形预制件的表面优选地具有粗糙度为至少Ra=0.2μm的粗糙表面。该表面粗糙度有助于成形预制件在置于复合轮的轮毂部分的纤维铺层中时与该轮毂部分的周围材料相结合。粗糙表面可以通过任何合适的方式形成。在一些实施例中,粗糙表面包括化学蚀刻表面、机械磨蚀表面或者特殊纹理化表面。

[0024] 成形预制件的热膨胀特性优选地被设计成与复合轮(成形预制件构造成被包括在该复合轮中)的面部部分的整体复合材料的热膨胀特性类似,优选地基本上匹配。成形预制件及周围材料(通常为层叠体)的相似的或基本上匹配的热膨胀特性避免了在固化后过程期间在成形预制件的表面处的诸如脱层(delamination)之类的材料损坏。因此,成形预制件的热性能(和机械特性)与周围的轮结构匹配。

[0025] 成形预制件可以由任何数量的不同材料形成,这些材料包括可固化的基体材料或者可以由可固化的基体材料约束,例如树脂,以形成固化的复合纤维材料。

[0026] 在一些实施例中,成型预制件由树脂(纯树脂)形成或基本上仅由树脂形成。

[0027] 在一些实施例中,成形预制件由以下至少一种形成:定制的纤维植入帘布层或预制件;一层或多层单纤维定向帘布层(单向的);一层或多层多向纤维帘布层(例如,缝合的非卷曲织物);或纤维贴片植入(FPP)的预制件,例如CEVOTECH技术;非织造各向同性或各向异性纤维层,例如RECATEx再生碳纤维非织造布;各向同性纤维排列;填充物;玻璃微球;疏水性气相法二氧化硅;环氧树脂/固化剂;磨碎的碳纤维,粉碎的碳纤维(例如,切碎的或割碎的碳纤维),或者它们的组合。

[0028] 在示例性实施例中,成形预制件部件由以下材料形成:

[0029] (i) 树脂、磨碎的碳纤维和中空玻璃微球的混合物;

[0030] (ii) 树脂和磨碎的碳纤维的混合物;

[0031] (iii) 树脂和粉碎的碳纤维(优选为切碎的碳纤维)的混合物;或者

[0032] (iv) 基本上仅树脂。

[0033] 应当领会的是,树脂还包括一定含量的硬化剂。

[0034] 在一些实施例中,该成分进一步包括1wt%(质量百分比)至5wt%、优选地为1wt%至2wt%的疏水性气相法二氧化硅。

[0035] 应当领会的是,可以使用任何合适的磨碎的碳纤维。在一些实施例中,磨碎的碳纤维具有小于500μm长、优选地小于100μm、更优选地在50μm至200μm之间的长度。例如,可以使用长度为100μm的磨碎的碳纤维,诸如Carbiso™ MF。然而,应当领会的是,任何品牌的磨碎的碳纤维都是合适的。可以使用类似长度的其它纤维类型。

[0036] 在其它实施例中,可以使用粉碎的碳纤维,例如,切碎的碳纤维。该粉碎的碳纤维可以具有小于20mm、优选地小于15mm、更优选地在1mm至15mm之间的长度。例如,可以使用长度约为12mm的粉碎的碳纤维。可以使用类似长度的其它纤维类型。

[0037] 优选的材料(选项A、B或C)是以下比率(质量份)的混合的树脂和硬化剂、中空玻璃微球、磨碎的碳纤维以及疏水性气相法二氧化硅(可选的):

	混合的树脂和硬化剂	磨碎的碳纤维	切碎的碳纤维*	中空玻璃微球	疏水性气相法二氧化硅(可选的)
[0038] 选项A	500	100	0	180	总混合物的1wt%至2wt%
选项B	300	100	0	0	总混合物的1wt%至2wt%
选项C	375	100	0	56	总混合物的1wt%至2wt%
选项D	300	0	100	0	总混合物的约1wt%

[0039] *12mm切碎的碳纤维

[0040] 在示例性实施例中,成形预制件部件由包括比率(质量份)为3.75:1:0.56的混合的树脂:磨碎的碳纤维:中空玻璃微球的混合物在内的材料形成。在实施例中,混合的树脂:磨碎的碳纤维的比率(质量份)为从2.5:1到5:1,优选地在3:1到4:1之间。在实施例中,磨碎的碳纤维:中空玻璃微球的比率(质量份)为从1:0.4到1:0.7,优选地在1:0.5到1:0.6之间。

[0041] 可以在成形预制件的成分中使用各种合适的中空玻璃微球。中空玻璃微球优选地包括具有薄壁的中空玻璃球。中空玻璃微球可以由多种玻璃材料形成,包括(但不限于)苏打-石灰-硼酸盐硅酸盐玻璃(Soda-lime-borate silicate glass)。中空玻璃微球的软化温度优选地为至少500°C,更优选地为至少600°C,又更优选地为约600°C。中空玻璃微球的尺寸优选地为从10μm到200μm,更优选地为从18μm到65μm。此外,中空玻璃微球的目标压溃强度(90%的残存率)优选地为从250psi到28000psi,更优选地为从250psi到6000psi,并且又更优选地为从250psi到3000psi。另外,中空玻璃微球的真密度优选地为0.125g/cc到0.60g/cc,更优选地为从0.125g/cc到0.4g/cc,并且又更优选地为从0.125g/cc到0.28g/cc。在一个示例性实施例中,中空玻璃微球包括3M S28HS玻璃泡(可得自3M先进材料部门(3M Advanced Material Division)),这些玻璃泡的平均直径为30μm且压溃强度(按体积计90%的残存率)为3000psi并且真密度为0.28g/cc。然而,应当领会的是,也可以使用其它类似的微球。例如,可以使用替代的中空微球,诸如目标压溃强度为250psi并且真密度为0.125g/cc的3M K1泡,或者压溃强度为28000psi并且真密度为0.60g/cc的3M IM30K(或类

似物)。

[0042] 在使用基于纤维的材料的情况下,成形预制件可以由以下各项中的至少一种形成:纤维层、纤维帘布层、预浸料、半浸料、织造或非织造织物、垫子、预制件、预固结的预制件、独立的或成组的纤维、丝束、丝束浸料。

[0043] 应理解的是,预浸料是指基本上或完全浸渍的纤维、纤维丝束、织造或非织造织物等的集合。类似地,应理解的是,半浸料是指部分浸渍的纤维或纤维丝束的集合。部分浸渍提供了在固结和/或固化期间穿过或沿着干纤维的气体的增强去除。半浸料的实例是部分浸渍的纤维层。

[0044] 应理解的是,织造或非织造织物是基本上干燥的(即,没有被诸如树脂之类的基体材料浸渍的)独立纤维或纤维丝束的集合。还应当理解的是,纤维丝束是大量独立纤维(例如,1000根、10000根或100000根纤维)的束。丝束浸料是至少部分浸渍的纤维丝束。

[0045] 本发明中可以使用各种各样的纤维,包括但不限于选自以下各项构成的组的纤维:碳纤维、玻璃纤维、芳族聚酰胺纤维、合成纤维(诸如丙烯酸、聚酯、PAN、PET、PE、PP或PBO纤维等)、生物纤维(诸如大麻、黄麻、纤维素纤维等)、矿物纤维(例如,岩棉(Rockwool)等)、金属纤维(例如,钢、铝、黄铜、红铜等)、硼纤维或它们的任何组合。在优选实施例中,纤维包括碳纤维。可以在过渡区域中以任何期望的取向提供纤维,例如单向、双轴或随机或这些的组合。然而,纤维优选地取向为减小复合构件之间的应力以及增强最终结构的在使用期间将承受较高应力的区域。在过渡区域内的包含纤维的所有层中,纤维的取向可以是相同的或者可以是不同的。例如,如果应力分析建议多轴纤维取向,则一层或多层纤维可以以不同于其它层的另一种方式取向。然而,在其它实施例中,纤维可以在所有纤维层中基本上以相同的方式取向。

[0046] 应当领会的是,成形预制件部件应该由当用于形成复合轮的面部部分时确保最小体积变化的材料形成。在该材料包括纤维排列(例如各向同性纤维排列)、纤维层、纤维帘布层、预浸料、半浸料、织造或非织造织物、垫子、预制件、预固结的预制件、独立或成组的纤维、丝束或丝束浸料的情况下,优选地对该材料进行处理以提供必要的可压缩性,由此提供了在后续的处理步骤中的最小体积变化。

[0047] 成形预制件的形成方法通常涉及以下一般步骤:

[0048] 用选择的复合纤维材料在协同成形模具中铺层或以其它方式形成期望形状的成形预制件;

[0049] 提供与模具中的铺层材料接触的基体材料,以形成引入基体材料的主体;以及

[0050] 使引入基体材料的主体固化。

[0051] 通常与基体材料一起灌入铺层材料,使得该基体材料渗透穿过该材料。因此,成形预制件通常进一步包括可固化的基体材料,可固化的基体材料包围成形预制件的构成部件。一旦成型并形成成为成形预制件,该成形预制件就包括将纤维与其它构成材料粘合到一起的基体材料。在铺层(直到基体材料的固结和/或凝固、固化等之前的时刻进行准备)期间,在包括纤维(例如,预浸料或半浸料)的层中或者在包括纤维的层之间不需要包含基体材料。然而,基体材料应该在发生凝固之前形成连续的基体。合适的基体材料可以选自(但不限于)基于不饱和聚酯、聚氨酯、聚乙烯酯、环氧树脂、热塑性塑料或它们的组合的树脂。

[0052] 应当领会的是,可以控制固化步骤以提供期望的机械特性,包括刚度和可压缩性。

可以设计成形预制件的机械特性以适合特定的应用。这些特性可以通过选择形成成形预制件的组成材料、基体材料、注入或包含在其中的基体材料的量以及固化方案(固化时间,温度,主体是否完全固化)来改变。在某些情况下,期望在成形预制件完全固化之前停止固化过程,以便产生当用于复合轮的面部部分的铺层时有助于后续铺层材料的粘附的表面特性。

[0053] 有利地,成形预制件的表面优选地被设计成粘附到用于形成复合轮的结构其余部分。在实施例中,成形预制件的表面被构造成有助于碳纤维或包含碳纤维的材料的粘附。如上所述,成形预制件的表面优选地具有粗糙度为至少 $Ra=0.2\mu m$ 的粗糙表面。粗糙表面可以通过任何合适的方式形成。在一些实施例中,粗糙表面包括化学蚀刻表面、机械磨蚀表面或机械特征化表面。

[0054] 成形预制件的表面特性可以通过改变成形预制件的固化特性和方案来修改。在一些实施例中,成形预制件包括不完整的或未完全固化的预制件。然而,同样必须领会的是,成形预制件被固化和以其它方式进行处理以提供选择的可压缩性,该选择的可压缩性可以在后续的纤维铺层和成型处理步骤中提供最小体积变化。

[0055] 成形预制件通常形成有设计的形状和几何结构,该形状和几何结构为形成所需的复合轮的面部部分(轮毂和辐条)的几何结构(在一些情况下是复杂的几何结构)提供了基础。如可以领会的,需要包括面部部分以及特别是轮毂的许多特征,以满足将复合轮附接至轮的轮架的功能性要求,并且包括烙印或其它标记。例如,轮毂优选地包括至少一个孔。该孔可以用于接纳轮螺栓或中心锁定螺栓或者商标或标记纽扣、插入件或盖子。在轮毂中可以包括任意数量的孔。在实施例中,轮毂包括围绕中心轴线间隔开的至少三个孔,优选地包括围绕中心轴线间隔开的至少四个孔,优选地至少五个孔。在一些实施例中,轮毂包括中心孔。该中心孔可以具有平滑内壁,或者在优选实施例中,在将要保持诸如盖子或塞子之类的主体的情况下,该中心孔可以包括台阶,该台阶在孔的一端形成缘部或凸缘。该缘部或凸缘形成了防止盖子或塞子穿过孔的止挡部。

[0056] 轮毂可以具有任何合适的构造。在实施例中,轮毂的形状为围绕中心轴线的大致圆形。然而,应当领会的是,轮毂可以具有任何数量的其它形状,特别是规则的多边形形状,包括正方形、五边形、六边形、八边形等。在一些实施例中,轮毂包括具有大致平面表面的第一侧以及具有大致凹形或凹入表面的与第一侧相反的第二侧。

[0057] 在优选实施例中,成形预制件包括多个指状部,多个指状部围绕中心轴线环状地间隔开并且从轮毂的周边远离中心轴线沿径向向外延伸。指状部的功能是提供将面部部分的辐条联结至其轮毂的连接构件。因此,指状部的数量优选地对应于在复合轮的面部部分中形成的辐条的数量。指状部类似地可以具有任何合适的构造。在一些实施例中,指状部包括从轮毂的周边向外延伸的渐缩形突出部。每个指状部优选地围绕中心轴线彼此等距地间隔开。每个指状部优选地具有位于每个相邻指状部之间的弯曲部分。在一些实施例中,指状部包括从轮毂的平面表面的周边朝向各指状部的远端向下倾斜的表面。

[0058] 成形预制件可以另外地包括被设计成有助于复合轮的面部部分的后续形成和铺层的多个特征。这些特征包括(但不限于):

[0059] 纤维帘布层保持结构;

[0060] 以可视的方式表示帘布层的边缘应该位于的位置的引导线;或者

[0061] 用于优化成形预制件的处理的保持/操纵结构。

[0062] 本发明在第二方面提供一种形成复合纤维轮的面部部分的方法,包括:

[0063] 将根据前述权利要求中任一项所述的成形预制件定位在复合纤维的面部部分的纤维铺层的轮毂部分中;以及

[0064] 围绕成形预制件铺设复合纤维元件,从而形成复合纤维轮的面部部分的预成型结构。

[0065] 优选地,成形预制件、面部部分的纤维铺层的纤维和纤维元件被基体材料注入和/或浸渍,然后进行固化、凝固等。因此,面部部分优选地进一步包括包围纤维铺层且包含纤维及纤维元件的基体材料。可以使用任何合适的基体材料。在一些实施例中,使用树脂。树脂优选地基于不饱和聚酯、聚氨酯、聚乙烯酯、环氧树脂、热塑性塑料、类似化合物或它们的组合。在优选实施例中,树脂是基于环氧树脂的。在其它实施例中,基体材料包括金属基体,凝固时与纤维形成复合金属基体。金属基体材料优选地选自铝、镁、钛、铁以及它们的组合、合金及混合物。一旦成型并形成复合轮,面部部分包括诸如树脂、金属和纤维之类的基体材料。

[0066] 面部部分的纤维铺层优选地被可固化的基体材料注入和/或浸渍,然后进行固化和/或凝固。因此,该方法优选地进一步包括以下步骤:

[0067] 提供与面部部分的预成型结构接触的基体材料;以及

[0068] 使面部部分固化。

[0069] 优选地,将成形预制件的表面激活,以使得当注入和/或浸渍基体材料时该表面能够与周围的材料结合。激活通常是表面标记过程,例如,这可以通过化学蚀刻、机械磨蚀等来实现。

[0070] 成形预制件优选地与复合轮一体地形成。此外,复合轮优选地形成为一体式主体。这通常涉及同时注入和/或浸渍基体材料,然后对复合轮的每个部分进行固化、凝固等。在这样的实施例中,轮辋部分和面部部分中的每一个优选地在准备连接部时至少未完全固化。连接部优选地与复合轮一体地形成。在这样的实施例中,方法进一步包括以下步骤:

[0071] 同时提供与轮的轮辋部分和面部部分中的每一个接触的基体材料;以及

[0072] 使轮的轮辋部分和面部部分同时固化。

[0073] 应当领会的是,基体材料和相关联的零件(诸如面部部分、轮辋部分、一体式复合轮或类似物)的固化包含固化、凝固、干燥或类似过程。

[0074] 在基体材料包括树脂的情况下,多种树脂输送系统可以与第二方面的方法一起使用。在一些实施例中,树脂的至少一部分由树脂灌注和/或树脂传递成型和/或真空辅助树脂传递成型来提供。

[0075] 复合轮的面部部分的纤维铺层的纤维和纤维元件优选地包括碳纤维。然而,同样应当领会的是,在本发明中可以使用各种各样的纤维,包括但不限于选自由以下各项构成的组的纤维:碳纤维、玻璃纤维、芳族聚酰胺纤维、合成纤维(诸如丙烯酸、聚酯、PAN、PET、PE、PP或PBO纤维等)、生物纤维(诸如大麻、黄麻、纤维素纤维等)、矿物纤维(例如,岩棉等)、金属纤维(例如,钢、铝、黄铜、红铜等)、硼纤维或它们的任何组合。在优选实施例中,纤维包括碳纤维。可以在过渡区域中以任何期望的取向提供纤维,例如单向、双轴或随机或这些的组合。然而,纤维优选地取向为减小复合构件之间的应力以及增强最终结构的在使用期间

将承受较高应力的区域。在过渡区域内的包含纤维的所有层中,纤维的取向可以是相同的或者可以是不同的。例如,如果应力分析建议多轴纤维取向,则一层或多层纤维可以以不同于其它层的另一种方式取向。然而,在其它实施例中,纤维可以在所有纤维层中基本上以相同的方式取向。

[0076] 纤维元件可以以任何合适的形式来提供,包括预浸料、半浸料、织造或非织造织物、垫子、预制件、预固结的预制件、独立的或成组的纤维、丝束、丝束浸料等。在实施例中,纤维元件被提供为至少一个织物片,优选地为多轴向织物。在连接部的铺层(直到基体材料的固结和/或凝固、固化等之前的时刻为止进行准备)期间,在包括纤维(例如,预浸料或半浸料)的层中或者在包括纤维的层之间不需要包含基体材料。然而,基体材料应该在发生凝固之前形成连续的基体。

[0077] 可以形成面部部分,该面部部分由包括本发明的成形预制件的具有期望形状和纤维取向的定制纤维预制件形成。定制纤维预制件被形成为具有期望的形状和纤维取向。应理解的是,预制件是包括纤维的复合材料。在某些情况下,预制件还可以包括诸如树脂之类的未固化的基体材料。一些预制件可以基本上包括干燥的纤维,而没有基体材料。可以使用粘合剂,以有助于在注入基体材料之前将帘布层保持在一起。

[0078] 本发明的第三方面提供一种复合轮,其包括根据本发明的第一方面的成形预制件。在一些实施例中,该复合轮围绕中心轮轴线形成。

附图说明

[0079] 现在将参考示出了本发明特定优选实施例的附图的各图来描述本发明,其中:

[0080] 图1是根据本发明的一个实施例的复合轮的透视图,该复合轮在其面部部分与轮辋部分之间包括连接部。

[0081] 图2是图1所示的复合轮的轮辋到面部连接区域的更详细的视图。

[0082] 图2A提供了中心锁定复合轮构造的剖视图。

[0083] 图3提供了根据本发明实施例的成形预制件的等距俯视图。

[0084] 图4提供了图3所示的成形预制件的侧剖视图。

[0085] 图5提供了示意图,其示出了由于施加的力而形成弯曲梁的应力。

[0086] 图6提供了芯部中空的主体的示意图。

[0087] 图7提供了芯部被填充的主体(包括成形预制件)的示意图。

具体实施方式

[0088] 首先参见图1,示出了复合轮100的透视图,该复合轮100已经形成并且一体地包括本发明的成形预制件200。本申请的申请人已经开发出所示复合轮100,作为形成为一件式体的复合轮。在国际专利公开文本W02010/024495A1中描述了制造复合轮100的一般工艺,该国际专利公开文本的内容应理解为通过该引用并入本文。

[0089] 所示复合轮100包括两个主要部分:

[0090] A). 轮辋部分102,其包括环形结构,轮胎(未示出)被安装到该环形结构上;以及

[0091] B). 面部部分104,其包括圆形轮毂106和一系列辐条108。轮毂106包括五个紧固孔107(图1和图2中在适当的位置与紧固螺栓107A一起示出),这五个紧固孔107被构造成接纳

用于将轮固定至交通工具轮架(未示出)的紧固螺栓(未示出)。辐条108包括长形臂,该长形臂在一端连接至轮毂106并且在另一端连接至轮辋部分102。

[0092] 应当领会的是,其它复合轮构造也是可能的,例如,具有面部部分104A的中心锁定复合轮100A,该面部部分104A包括具有中心锁定孔107A的轮毂106A,中心锁定孔107A被构造为接纳中心锁定紧固螺栓(未示出),以将轮固定至交通工具(未示出)的中心锁定轮架。

[0093] 如国际专利公开文本W02010/024495A1中所述,这样的一件式复合轮100的制造需要使用独立的轮辋部分模具(未示出)和面部部分模具(未示出)。在使用中,通过铺设第一组纤维(典型地体现为安置在轮辋部分模具中的增强织物)来形成轮辋部分102,并且通过单独地铺设第二组纤维(典型地体现为安置在面部部分模具中的增强织物)来形成面部部分104。轮辋部分模具包括内部桶形模具和外部圆筒形模具。然后,在独立部分在连接点110处互连的状态下,将来自轮辋部分模具和面部部分模具的增强织物在组合模具中组装到一起。然后进行最终的成型工艺,在该成型工艺中,将诸如树脂之类的基体材料注入和/或灌入整个轮形式的增强件中,以生产出成型的单件式轮100。

[0094] 面部部分104(特别是轮毂106)的形状和构造可以由面部部分模具中的铺层形成。然而,在本发明的情况下,通过使用能够在模具中位于适当位置的成形预制件200(图3和图4)并围绕成形预制件200形成铺层,可以帮助在铺层中形成特征。

[0095] 图3和图4示出了用于复合轮100(诸如图1和图2所示)的面部部分104的铺设和形成的成形预制件插入件200的一个实例。所示成形预制件200用于提供面部部分104的轮毂106和轮毂106到辐条108的连接部的形状和构造。因此,所示成形预制件具有围绕中心轴线Y-Y延伸的圆形轮毂部分206,以及包括多个指状部209的辐条连接部分208,多个指状部209围绕中心轴线Y-Y环状地间隔开并且从轮毂部分206的周边远离中心轴线Y-Y径向向外延伸。应当领会的是,作为替代方案,成形预制件可以构造成提供图2A中所示的中心锁定轮100A所需的形状和构造。

[0096] 轮毂部分206和辐条连接部分208的确切几何构造取决于复合轮200的预期构造。例如,辐条108的数量可以改变,从而影响了辐条连接部分208的构造。此外,轮架配件的类型可以根据将复合轮100附接至车辆轮架的功能要求而改变,并且包括轮构造中的烙印或其它标记。例如,中心锁定轮架将具有与螺栓连接轮架不同的构造。轮螺栓的数量和构造也可以改变。在所示实施例中,轮毂部分206包括围绕中心轴线Y-Y间隔开的用于形成紧固件孔107(图1和图2)的五个孔207,以及中心孔211。该中心孔211包括形成缘部或凸缘的台阶212,缘部或凸缘提供了能够用于保持并防止盖子或塞子穿过中心孔211的止挡部。轮毂包括:具有大致平面表面的第一侧220,其形成了轮毂106在复合轮100中的后侧;以及凹形或凹入的第二侧222,其形成了轮毂106在复合轮100中的前侧的特征。

[0097] 辐条连接部分208包括十个环状地间隔开的指状部209。指状部209的功能是提供将面部部分的辐条联结至其轮毂的连接构件。指状部209的数量对应于在复合轮100的面部部分104中形成的辐条的数量。如图所示,指状部209包括从轮毂部分206的周边向外延伸的渐缩形突出部。如图3所示,在第一侧220上,指状部209从轮毂部分206的平面表面的周边朝向每个指状部209的远端向下形倾斜。在第二侧222上设置有远离轮毂部分206的凹入表面的周边的类似倾斜。每个指状部209通过围绕轴线Y-Y的拱形凹部分开。

[0098] 虽然未示出,但是成形预制件206可以被成形/构造成包括多个附加特征,这些附

加特征被设计用于帮助复合轮的面部部分的后续的形成和铺层。这些特征包括(但不限于):纤维帘布层保持结构,诸如台阶、凹部、狭槽等;以可视的方式表示帘布层的边缘应该位于的位置的引导线;或者用于优化成形预制件的处理的保持/操纵结构,诸如凹部、凸缘、孔、肋、钩、突出部等。

[0099] 成形预制件200由固化的复合纤维材料形成,该固化的复合纤维材料在静水压力为50巴、工艺温度为60°C至200°C、优选地为60°C至150°C、更优选地为60°C至140°C的成型条件下的可压缩性为小于按体积计的2%、优选地小于1%。关于固化的,应理解的是,固化的复合纤维材料已经经历了至少部分固化过程,以使该复合纤维材料中的可固化基体材料(诸如树脂)硬化或固化。固化的复合纤维材料为预制件提供了结构刚性和/或坚固性,从而提供了有限的可压缩性,以使得能够在复合轮的面部部分的铺层与成型期间提供适当的体积变化和最小体积变化。

[0100] 虽然不希望受到任何一种理论的限制,但是成形预制件200被设计用于提供一种芯部材料(参见图7),该芯部材料能够用于复合轮100的铺层与固化过程,以便为轮毂部分206的结构中的力提供替代的载荷路径。成形预制件的机械和材料特性还被选择成最大程度地减小当形成复合轮时由于在铺层、固化和固化后过程中的材料不相容性和体积变化而造成的结构加载和应力。

[0101] 梁(例如,图5中的梁300)因梁300的远离梁300的中性轴线的构件(凸缘305)中的拉伸应力和相反的压缩应力而承载弯曲。当梁300具有弯曲区域时,沿着梁300的轴线的这些拉伸应力和压缩应力进而产生全厚度应力(through thickness stress),该应力取决于加载方向(弯曲力矩M)是拉伸的或压缩的,如图5所示。

[0102] 具有中空或软芯部构造的主体或梁350具有与梁300类似的行为,其中,全厚度拉伸应力总和产生具有将外部凸缘355与主体350的其余部分分离的趋势的力。这些力可能在主体350的凸缘355与侧壁360之间的连接部362中产生应力,这可能是主体350的弯曲强度的限制因素,如图6所示。对于在轴向上的强度可能显著小于在厚度方向上的强度的复合体来说,这种限制特别明显。限制的程度显著地取决于主体的横截面比例。主体的宽度与其高度相比越大,趋于使凸缘与侧壁分离的力越大。

[0103] 本发明力图通过在主体380的内部添加适当的芯部382(即,成形预制件200)来解决这种限制。芯部382的目的是为试图使主体380的凸缘385与其余部分分离的力提供替代的载荷路径。该分离力的一部分可以作为拉伸应力(例如,作为凸缘与芯部之间的张力393)被直接传递至芯部,该拉伸应力将凸缘385与侧壁390之间的连接部392部分卸载。通过将凸缘与侧壁的连接部392部分卸载,增加了主体380的强度并因此增加了负载能力,如图7所示。

[0104] 成形预制件200的机械特性被设计为获得最佳的机械和材料性能。在主体的厚度方向上没有足够拉伸模量的成形预制件200将不能有效地将凸缘与侧壁的连接部卸载,因此具有很小的结构价值。而在主体的厚度方向上具有过量拉伸模量的成形预制件200将会在凸缘试图与成形预制件200分离时导致凸缘中过量的全厚度应力,并且在凸缘本身内或在凸缘与成形预制件200之间的连接部处造成失效。适当设计的成形预制件200会将凸缘与侧壁的连接部卸载,而不会在凸缘中产生过量的全厚度应力。

[0105] 可以使用任何数量的不同复合纤维材料,这些材料包括可固化的基体材料或者可

以由可固化的基体材料约束,例如树脂,以形成固化的复合纤维材料。在一些实施例中,成形预制件由树脂(纯树脂)形成或者基本上仅由树脂形成。在实施例中,成形预制件由以下至少一种形成:定制的纤维植入帘布层或预制件;一层或多层单纤维定向帘布层(单向的);一层或多层多向纤维帘布层(例如,缝合的非卷曲织物);或纤维贴片植入(FPP)的预制件,例如CEVOTECH技术;非织造各向同性或各向异性纤维层,例如RECATEx再生碳纤维非织造布;各向同性纤维排列;填充物;玻璃微球;疏水性气相法二氧化硅;环氧树脂/固化剂;磨碎的碳纤维,或者它们的组合。

[0106] 在优选形式中,成形预制件部件由以下材料形成:

[0107] (i) 树脂、磨碎的碳纤维和中空玻璃微球的混合物。

[0108] (ii) 树脂和磨碎(milled)的碳纤维的混合物。

[0109] (iii) 树脂和粉碎(comminuted)的碳纤维的混合物。

[0110] (i) 和(ii)中的每一个可以可选地包括1wt%至5wt%、优选1wt%至2wt%的疏水性气相法二氧化硅。应当领会的是,上述优选形式中的树脂还包括一定量的硬化剂。

[0111] 在一些实施例中,磨碎的碳纤维具有小于500 μm 长、优选地小于100 μm 的长度。例如,可以使用长度为100 μm 的磨碎的碳纤维,诸如CarbisoTM MF。然而,应当领会的是,任何品牌的磨碎的碳纤维都是合适的。可以使用类似长度的其它纤维类型。

[0112] 在实施例中,粉碎的碳纤维包括长度小于20mm、优选地小于15mm(例如在1mm至15mm之间)的切碎的碳纤维。在特定实施例中,可以使用约12mm长度的粉碎的碳纤维。

[0113] 下列表1中作为选项A和选项B提供了一种优选的材料(比率的单位是质量份):

[0114] 表1:示例性成形预制件成分

	混合的树脂和硬化剂	磨碎的碳纤维	切碎的碳纤维*	中空玻璃微球	疏水性气相法二氧化硅(可选的)
[0115] 选项A	500	100	0	180	总混合物的1wt%至2wt%
选项B	300	100	0	0	总混合物的1wt%至2wt%
选项C	375	100	0	56	总混合物的1wt%至2wt%
选项D	300	0	100	0	总混合物的约1wt%

[0116] 更详细地,选项C可以包括:

[0117] 3.75份环氧树脂;

[0118] 1份100 μm 长度的磨碎的碳纤维;以及

[0119] 0.5份中空玻璃微球。

[0120] 更详细地,选项D可以包括:

[0121] 3份环氧树脂和硬化剂;以及

[0122] 一份12mm长度的切碎的碳纤维。

[0123] 微球包括可得自3M先进材料部门(3M Advanced Material Division)的3M S28HS玻璃泡。这些玻璃泡包括由苏打-石灰-硼酸盐硅酸盐玻璃制成的平均直径为30 μm 、压溃强度(crush strength)(按体积计90%的残存率)为3000psi并且真密度为0.28g/cc的具有薄壁的中空球。然而,应当领会的是,也可以使用其它类似的微球。例如,可以使用替代的中空微球,诸如目标压溃强度为250psi并且真密度为0.125g/cc的3M K1泡,或者压溃强度为28000psi并且真密度为0.60g/cc的3M IM30K(或类似物)。表2中提供了可以使用的可能的3M微球的选项:

[0124] 表2:本发明也可以使用的3M中空玻璃微球(玻璃泡):

[0125]

	目标压溃强度(90%的残存率, psi)	真密度	典型粒径(μm , 按体积计)			颜色(肉眼)
			分配			
			10th%	50th%	90th%	
K1	250	0.125	30	65	115	白色
K15	300	0.15	30	60	105	白色
S15	300	0.15	25	55	90	白色
S22	400	0.22	20	35	65	白色
K20	500	0.20	25	55	95	白色
K25	750	0.25	25	55	90	白色
S32	2000	0.32	20	40	7	白色
S35	3000	0.35	10	40	75	白色
K37	3000	0.37	20	45	80	白色
XLD3000	3000	0.23	15	30	40	白色
S38	4000	0.38	15	40	75	白色
S38HS	5500	0.38	15	40	75	白色
S38XHS	5500	0.38	15	40	70	白色
K46	6000	0.46	15	40	70	白色
K42HS	7500	0.42	11	22	37	白色
S60	10000	0.60	15	30	55	白色
S60HS	18000	0.60	11	30	50	白色
iM16K	16000	0.46	12	20	30	白色
iM30K	28000	0.60	9	16	25	白色

[0126] 应当领会的是,上述选项A和选项B中提供的那些混合比率的替代混合比率也可以提供令人满意的成分。

[0127] 在示例性实施例中,成形预制件部件由混合的树脂:磨碎的碳纤维:中空玻璃微球比率(质量份)为3.75:1:0.56的混合物形成。

[0128] 在所示实施例中,复合轮100的固化的复合纤维材料中的纤维包括碳纤维。然而,应当领会的是,本发明中可以使用各种各样的纤维,包括但不限于选自以下各项构成的组的纤维:碳纤维、玻璃纤维、芳族聚酰胺纤维、合成纤维(诸如丙烯酸、聚酯、PAN、PET、PE、PP或PBO纤维等)、生物纤维(诸如大麻、黄麻、纤维素纤维等)、矿物纤维(例如岩棉等)、金属纤维(例如钢、铝、黄铜、红铜等)、硼纤维或它们的任何组合。

[0129] 应当领会的是,成形预制件200的热膨胀特性被设计成与复合轮(成形预制件200被构造成被包括在该复合轮中)的面部部分的整体复合材料的热特性类似并且优选地基本上匹配。通过使热膨胀特性匹配,避免了零件(成形预制件以及在固化后过程中的周围层叠材料)的诸如脱层之类的损坏。

[0130] 必须把在成型工艺中邻近成形预制件形成的复合材料(通常为碳纤维层叠体)粘附到成形预制件上。成形预制件材料类型必须能够实现这一点,例如,成形预制件可以使用环氧树脂,但通常不应该使用聚丙烯。在成形预制件的成型之后,并且在成形预制件的铺层之前,必须激活成形预制件的表面,以使其能够与后续的注入操作(该操作可以通过化学蚀刻、机械磨蚀等方法实现)相结合。

[0131] 关注的成形预制件200的其它机械特性包括:

[0132] • 密度-其优选地在 $600\text{kg}/\text{m}^3$ 至 $1300\text{kg}/\text{m}^3$ 之间,并且更优选地为从 $800\text{kg}/\text{m}^3$ 到 $1200\text{kg}/\text{m}^3$;

[0133] • 拉伸强度-其优选地在20MPa至80MPa之间,更优选地为从20MPa到60MPa;

[0134] • 刚度-其优选地为从1.5GPa到30GPa,更优选地为从10GPa到25GPa。在一些实施例中,刚度为从1.5GPa到10GPa。在其它实施例中,刚度为从8GPa到30GPa。

[0135] 在一些实施例中,成形预制件具有约4GPa的刚度和约50MPa的拉伸强度。然而,应当领会的是,这些特性可以根据具体的复合轮的材料、轮构造和期望的特性而变化。

[0136] 所示成形预制件200通过标准复合成型工艺形成。在该工艺中,计量出表1中所述的优选的材料成分并进行混合,然后将其注入密闭的已加热的模具中。模具处于 120°C 并且一旦被填满,就将模具在 120°C 下保持10分钟,以使树脂固化。然后将圆盘(puck)脱模并移至表面制备步骤。协同成形的模具具有被成形为提供成形预制件200的期望形状和构造的模腔。合适的基体材料可以选自(但不限于)基于不饱和聚酯、聚氨酯、聚乙烯酯、环氧树脂、热塑性塑料以及它们的组合的树脂。

[0137] 可以控制固化步骤以提供期望的机械特性,包括刚度、表面特性和可压缩性。因此,可以设计成形预制件200的机械特性以适合特定的应用。然而,必须领会的是,成形预制件200被固化和以其它方式进行处理以提供选择的可压缩性,该可压缩性在形成复合轮200的面部部分104步骤的后续的纤维铺层与成型工艺步骤中提供了最小体积变化。

[0138] 如上所述,固化的成形预制件200被用作复合轮100的面部部分104的铺层辅助件或铺层中的插入件。在该过程中,将成形预制件200定位在面部部分模具的纤维铺层的轮毂部分中;并且围绕成形预制件200铺设面部部分104的复合纤维元件,从而形成复合纤维轮

的面部部分的预成型结构。

[0139] 同样,面部部分铺层的纤维元件可以以任何合适的形式来提供,包括预浸料、半浸料、织造或非织造织物、垫子、预制件、预固结的预制件、独立的或成组的纤维、丝束、丝束浸料等。在铺层期间,在包括纤维的层中或在包括纤维的层之间不需要包含诸如树脂之类的基体材料。然而,基体材料应该在固化后形成连续的基体。

[0140] 所示复合轮100(图1和图2)预期形成为一体式主体。这涉及将基体材料(在示例性实施例中为树脂)同时注入和/或浸渍到包括轮辋部分102和面部部分104的所有零件中,然后使复合轮100的每个部分固化。所使用的树脂优选地为基于环氧树脂的。然而,应当理解的是,可以使用任何合适的树脂,例如,不饱和聚酯、聚氨酯、聚乙烯酯、环氧树脂、热塑性塑料、类似的化合物或它们的组合。可以使用多种树脂输送系统,包括但不限于树脂灌注和/或树脂传递成型和/或真空辅助树脂传递成型。

[0141] 在构造图1和图2所示的复合轮时,该轮包括三个主要模具面。首先是相对于轮的旋转轴线X-X大体上沿径向取向的面部模具。其次是形成轮的内侧面140(图2)的内部桶形模具面。该内部桶形模具面包括:相对于轮的旋转轴线X-X沿径向取向的形成面部部分的后模具壁的前侧面,以及与轮的旋转轴线X-X沿轴向对齐的形成轮辋部分的后模具壁的侧壁。第三是与轮的旋转轴线X-X基本上沿轴向对齐的轮辋模具。

[0142] 在使用中,以增强件铺设轮辋部分102和面部部分104,然后以增强件铺设轮辋部分102与面部部分104之间的连接部。在形成连接部之后,将树脂注入和/或浸渍到轮100的轮辋部分102、面部部分104中的每一个的增强件中,然后进行固化。

[0143] 本领域技术人员将领会的是,本文描述的发明除了具体描述的那些实施例之外,还可以进行变化和修改。应理解的是,本发明包括落入本发明的精神和范围内的所有这样的变化和修改。

[0144] 在本说明书(包括权利要求书)中使用术语“包括”、“包含”、“包括有”或“包括了”时,它们应被解释为规定了所述特征、整数、步骤或部件的存在,但不排除一个或多个其它特征、整数、步骤、部件或其组合的存在。

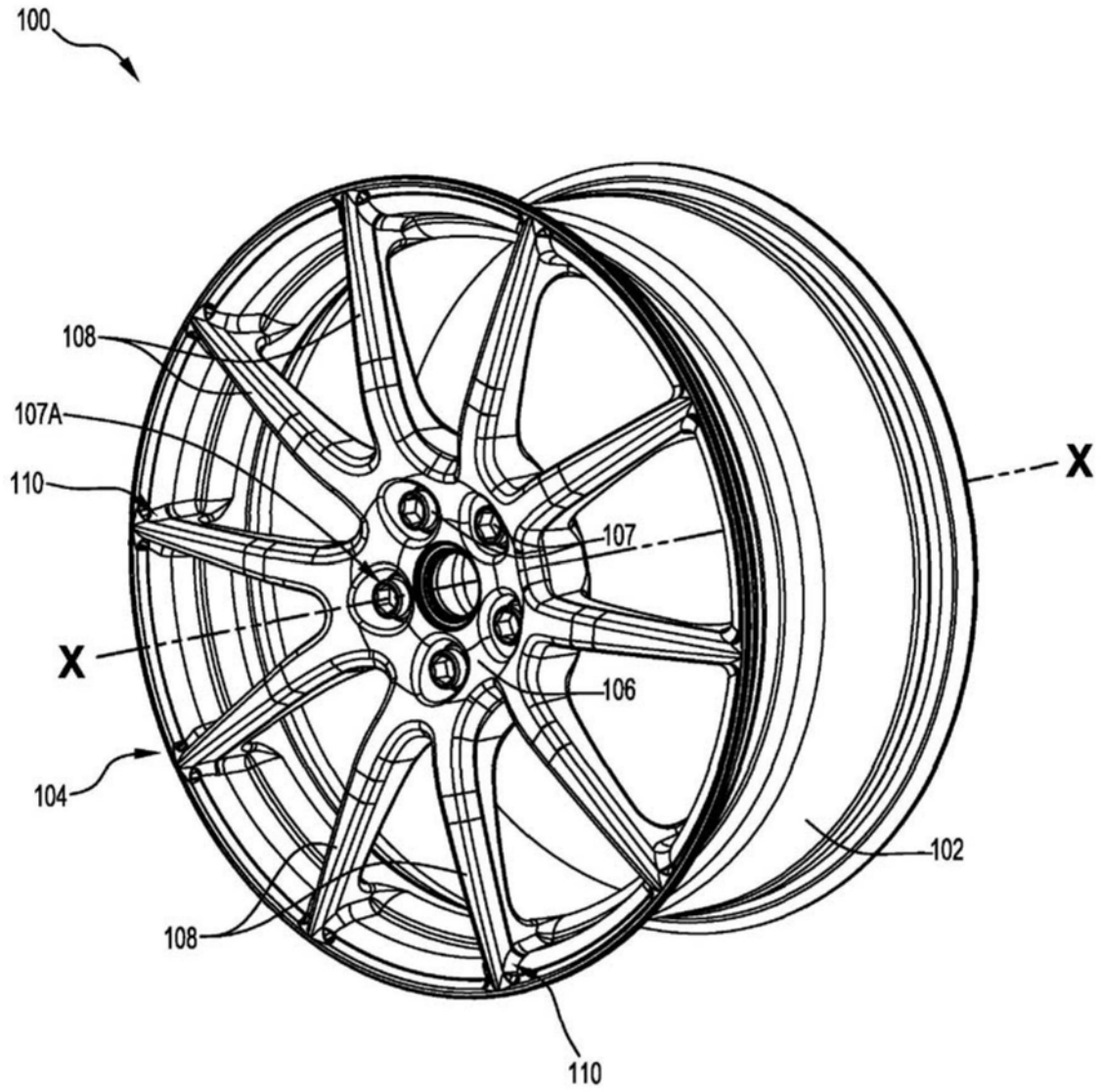


图1

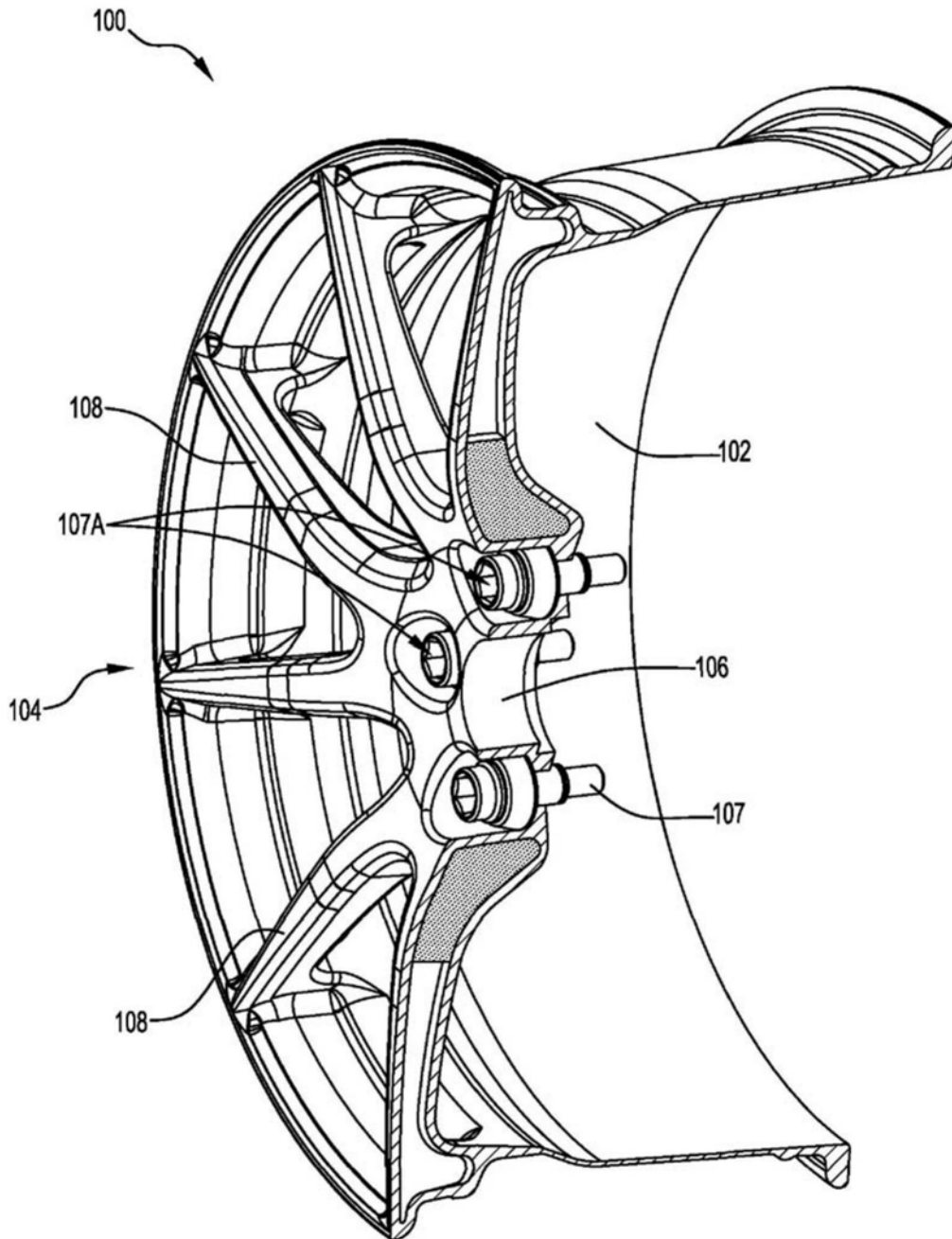


图2

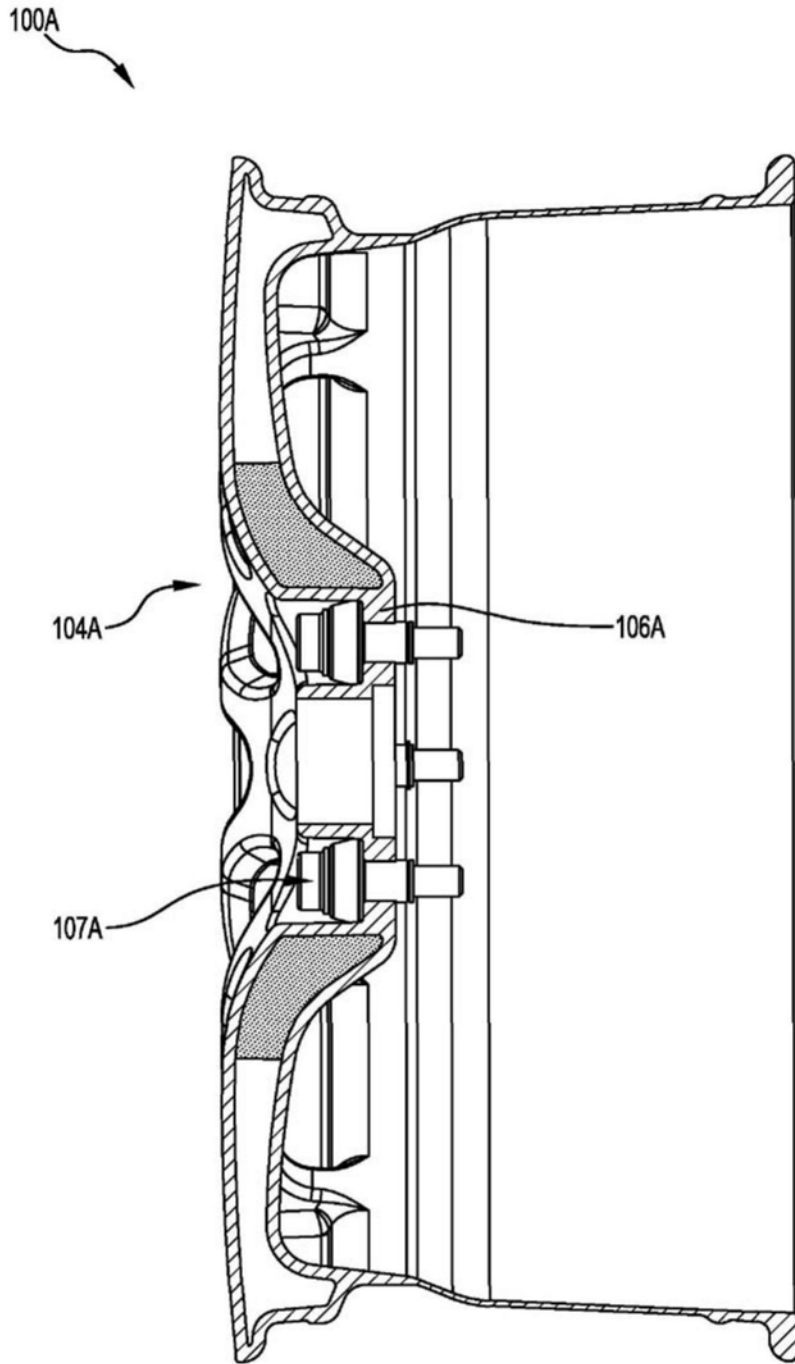


图2A

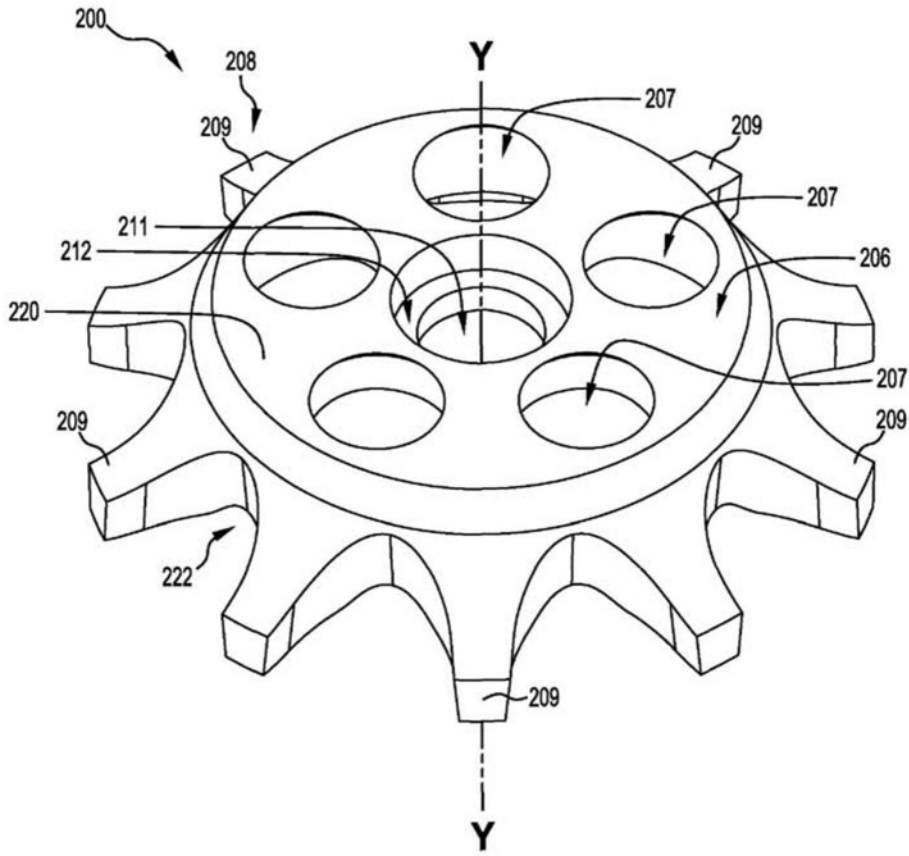


图3

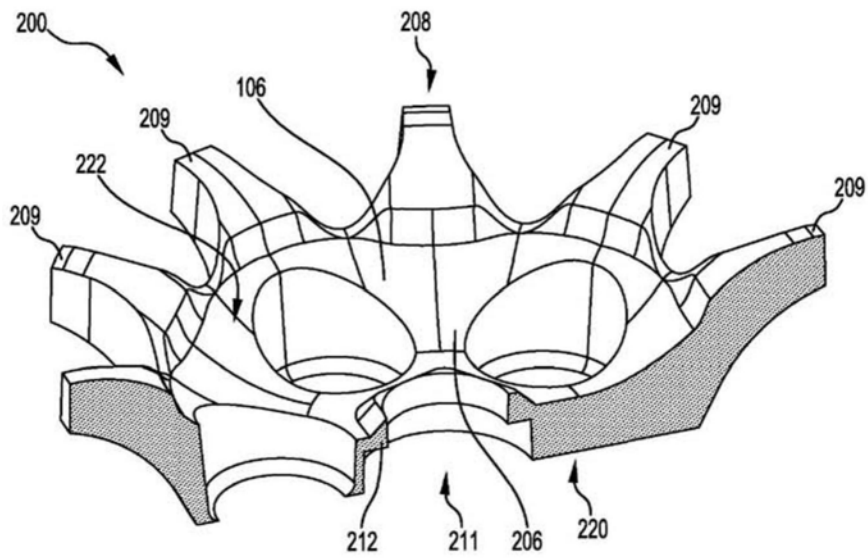


图4

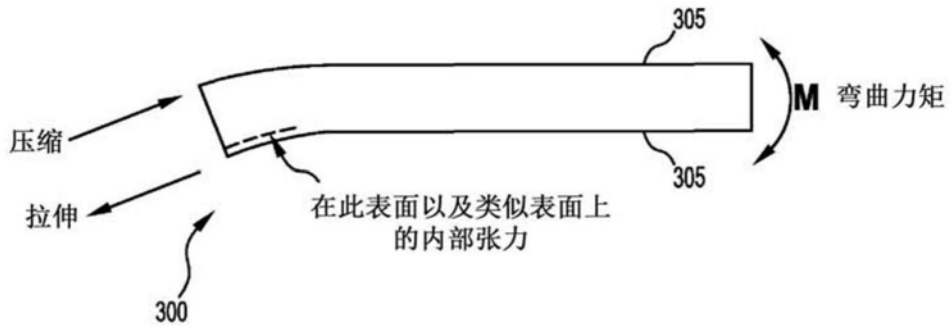


图5

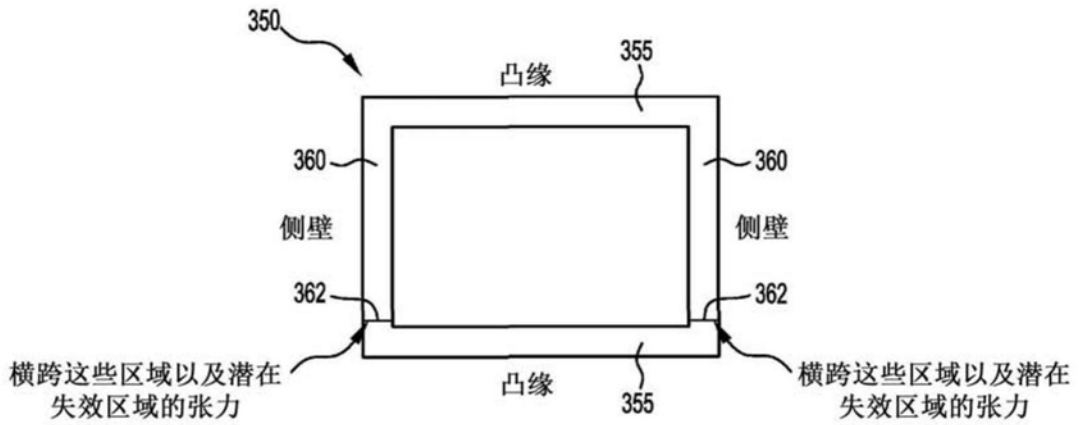


图6

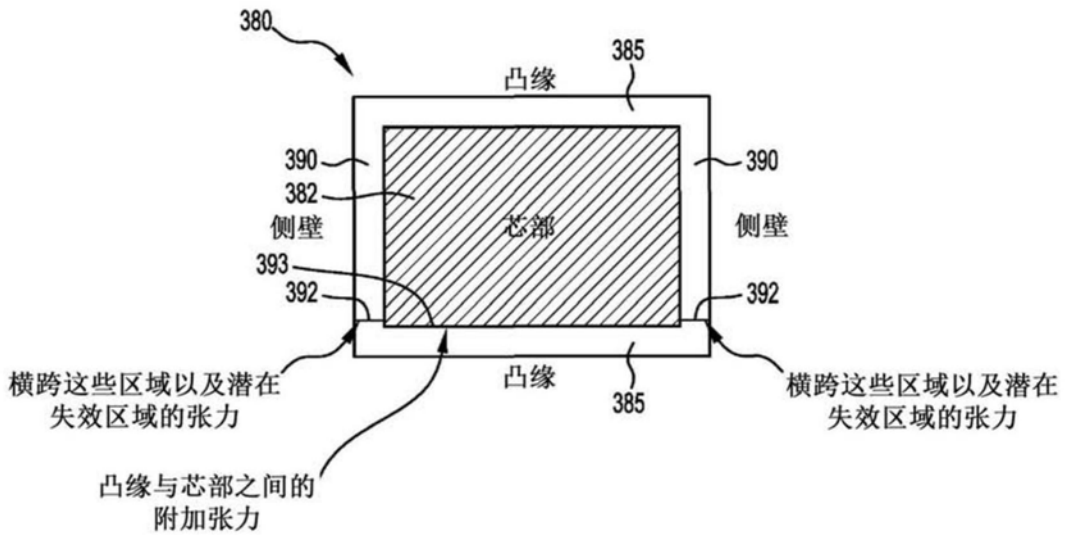


图7