



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105372103 B

(45)授权公告日 2019.12.27

(21)申请号 201510494241.0

(51)Int.CI.

(22)申请日 2015.08.12

G01N 1/28(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G01N 3/08(2006.01)

申请公布号 CN 105372103 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2016.03.02

US 2005109124 A1,2005.05.26,

(30)优先权数据

US 5284063 A,1994.02.08,

14/458,961 2014.08.13 US

US 5528942 A,1996.06.25,

(73)专利权人 波音公司

US 2007028661 A1,2007.02.08,

地址 美国伊利诺伊州

US 2013084434 A1,2013.04.04,

(72)发明人 J·J·埃斯波西托 J·S·达斯汀

CN 1876916 A,2006.12.13,

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限

审查员 张煜欣

公司 11245

代理人 赵蓉民 徐东升

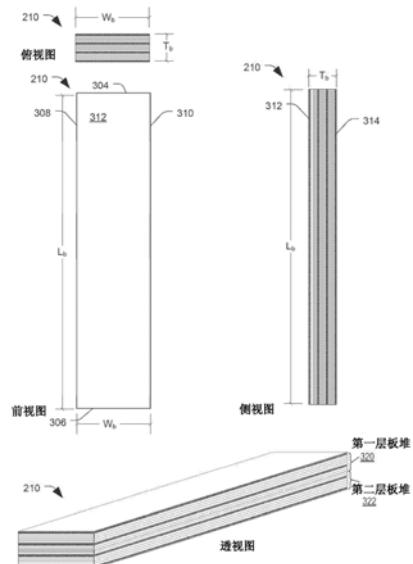
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54)发明名称

复合测试样本

(57)摘要

本申请公开一种特定的复合测试样本，其包含第一接头、第二接头以及在第一接头与第二接头之间的计量段。第一接头和第二接头以及计量段由复合测试坯料机械加工。复合测试坯料包含多个层板，其布置有第一层板层和第二层板层，其中第一层板层具有在第一方向上取向的纤维并且第二层板层具有在第二方向上取向的纤维，其中第一方向不同于第二方向。



## 1. 一种复合测试样本(402),其包括:

第一接头(422),其包括用第一层板层和第二层板层布置成的多个层板,所述第一层板层具有在第一方向上取向的第一纤维,所述第二层板层具有在第二方向上取向的第二纤维,所述第一方向不同于所述第二方向;

第二接头(424),其包括所述第一层板层和所述第二层板层;以及

位于所述第一接头(422)与所述第二接头(424)之间的计量段(420),所述计量段包括所述第一层板层和所述第二层板层,其中所述计量段内的层板数小于所述第一接头的层板数和所述第二接头的层板数。

2. 根据权利要求1所述的复合测试样本(402),其中所述第一接头(422)、所述第二接头(424)和所述计量段(420)是由复合测试坯料机械加工成的,所述复合测试坯料(210)包含由单个复合叠层(102)形成的至少两个层板堆,所述至少两个层板堆包含:

来自所述单个复合叠层(102)的第一段(131)的第一层板堆;以及

来自所述单个复合叠层(102)的第二段(130)的第二层板堆。

3. 根据权利要求2所述的复合测试样本(402),其中在所述单个复合叠层(102)被固化之前,所述第一层板堆(320)被耦接到所述第二层板堆(322),并且其中在所述单个复合叠层(102)内所述第二段(130)邻近所述第一段(131)。

4. 根据权利要求2所述的复合测试样本(402),其中所述单个复合叠层(102)具有第一面(110)和与所述第一面相对的第二面(112),其中所述第一层板堆(320)具有对应于所述单个复合叠层(102)的所述第一面(110)的第三面(133)和对应于所述单个复合叠层(102)的所述第二面(112)的第四面(135),其中所述第二层板堆(322)具有对应于所述单个复合叠层(102)的所述第一面(112)的第五面(132)和对应于所述单个复合叠层(102)的所述第二面(112)的第六面(134),并且其中所述第一层板堆(320)的所述第三面(133)耦接到所述第二层板堆(322)的所述第五面(132)以形成所述复合测试坯料。

5. 根据权利要求1所述的复合测试样本(402),其进一步包括与所述计量段(420)耦接的应变计(430、432)。

6. 根据权利要求1所述的复合测试样本(402),其进一步包括:

第一盖板(440),其被耦接到所述第一接头(422)的末端(404),所述第一盖板(440)覆盖所述第一接头(422)的所述末端(404)并且覆盖所述第一接头(422)的一个或多个面的至少一部分;以及

第二盖板(442),其被耦接到所述第二接头(424)的末端(406),所述第二盖板(442)覆盖所述第二接头(424)的所述末端(406)并且覆盖所述第二接头(424)的一个或多个面的至少一部分,

其中所述第一盖板(440)和所述第二盖板(442)被配置为当所述末端经受末端加载压缩测试时抑制各个接头(422、424)的末端的昂化。

7. 根据权利要求2所述的复合测试样本(402),其中所述第一方向相对于所述第二方向旋转约90度,并且其中所述第一层板层(121、122、124、125、126、127)比所述第二层板层(123、128)包含更少的层。

8. 根据权利要求7所述的复合测试样本(402),其中所述第一方向沿着所述复合测试坯料(210)的长度,所述长度对应于从所述第一接头(422)到所述第二接头(424)的方向,并且

其中所述第二方向横跨所述复合测试坯料(210)的宽度。

9. 根据权利要求7所述的复合测试样本(402),其中所述第一接头(422)和所述第二接头(424)的侧面基本平行于所述第一方向,并且其中通过从所述复合测试坯料(210)的两个面(412、414)去除材料以减小所述复合测试坯料的厚度来形成所述计量段(420),并且其中靠近所述复合测试坯料的厚度中心的一部分所述计量段(420)是弯曲的。

10. 一种用于形成复合测试坯料的方法(600),其包括:

通过将第一层板层布置成具有在第一方向上取向的第一纤维并且将第二层板层布置成具有在第二方向上取向的第二纤维来形成复合叠层,所述第一方向不同于所述第二方向,其中所述复合叠层具有第一面和与所述第一面相反的第二面;

切割所述复合叠层以形成第一段(131)和第二段(130),所述第一段(131)具有对应于所述复合叠层(102)的所述第一面(110)的第三面(133)和对应于所述复合叠层(102)的所述第二面(112)的第四面(135),并且所述第二段(130)具有对应于所述复合叠层(102)的所述第一面(110)的第五面(132)和对应于所述复合叠层(102)的所述第二面(112)的第六面(134);

将所述第一段的所述第三面耦接到所述第二段的所述第五面以形成复合面板(200);以及

由所述复合面板形成一个或多个复合测试坯料。

11. 根据权利要求10所述的方法(600),其进一步包括机械加工所述一个或多个复合测试坯料的特定复合测试坯料以形成复合测试样本,所述复合测试样本具有第一接头、第二接头以及位于所述第一接头与所述第二接头之间的计量段,所述计量段包括所述第一层板层和所述第二层板层,其中所述计量段内的层板数小于所述第一接头的层板数和所述第二接头的层板数。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中机械加工所述特定复合测试坯料以形成所述复合测试样本包含垂直于所述第一方向且垂直于所述第二方向机械加工所述计量段,并且其中所述计量段内的层板数小于所述特定复合测试坯料的层板数。

13. 根据权利要求10所述的方法,其中所述第一方向相对于所述第二方向旋转约90度并且其中所述第一层板层比所述第二层板层包含更少的层。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中所述第一方向沿着所述一个或多个复合测试坯料的长度并且其中所述第二方向横跨所述一个或多个复合测试坯料的宽度。

## 复合测试样本

### 技术领域

[0001] 本申请总体涉及复合测试样本。

### 背景技术

[0002] 为了可靠地预测复合材料的断裂响应,可以使用通过利用复合材料的材料属性来进行层板级逐步断裂分析。可以使用标准化方法来确定复合材料的材料属性。例如,ASTMD695-10标准描述了用于测试硬质塑料的压缩属性的方法。但是,层板级逐步断裂分析倾向于对纤维方向材料属性敏感,并且当前的标准化方法不能够充分地提供可靠的纤维方向材料属性信息。例如,用于测量纤维方向强度和应变的当前测试方法倾向于产生虚假断裂模式,进而导致低估了关键的压缩材料属性。

[0003] 产生虚假断裂模式的一些原因可能涉及到制备复合测试样本所用的方式。用来进行压缩测试的复合测试样本一般是通过将末端接头粘接/键合(bond)到将被测试的材料样品上来制备的。粘接的末端接头可能引起一些问题,即可能导致复合测试样本的过早断裂。例如,粘接的末端接头可能导致纤维的帚化(brooming)。结果,即使使用标准测试方法,也可能低估复合测试样本的纤维的实际压缩断裂极限。此外,间隔约束(例如末端接头之间的距离值)可以防止测试期间对复合测试样本执行直接应变测量。此外,通过直接应变测量可以获得的重要信息是不可用的。

### 发明内容

[0004] 在一个特定实施例中,一种复合测试样本包含第一接头、第二接头以及在第一接头与第二接头之间的计量段。第一接头、第二接头以及计量段是由复合测试坯料机械加工而成的。复合测试坯料包含布置有第一层板层和第二层板层的多个层板,其中第一层板层具有在第一方向上取向的纤维并且第二层板层具有在第二方向上取向的纤维,该第一方向不同于该第二方向。

[0005] 在另一特定的实施例中,一种方法包含通过布置具有在第一方向上取向的纤维的第一层板层和布置具有在第二方向上取向的纤维的第二层板层来使用多个层板形成复合组件,其中该第一方向不同于该第二方向。该复合组件具有第一面和与第一面相反的第二面。该方法包含切割复合组件以形成第一段和第二段。第一段具有对应于复合组件的第一面的第三面和对应于复合组件的第二面的第四面,并且第二段具有对应于复合组件的第一面的第五面和对应于复合组件的第二面的第六面。该方法还包含将第一段的第三面耦接到第二段的第五面以形成复合面板并且由复合面板形成一个或多个复合测试坯料。

[0006] 有利的是,该方法进一步包括将第一盖板耦接到第一接头的末端,第一盖板覆盖第一接头的末端并且覆盖第一接头的一个或多个侧面的至少一部分、一个或多个面的至少一部分或者其组合,以及将第二盖板耦接到第二接头的末端,第二盖板覆盖第二接头的末端并且覆盖第二接头的一个或多个侧面的至少一部分、一个或多个面的至少一部分或者其

组合。因此,在压缩测试期间当复合测试样本经受末端负载时,第一盖板和第二盖板抑制各自接头的末端的帚化(brooming)。有利地,机械加工特定复合测试坯料以形成复合测试样本包含磨铣特定复合测试坯料的侧面以使其基本平行于第一方向,并且通过从特定复合测试坯料的两个面去除材料来减小特定复合测试坯料的厚度进而形成计量段,其中邻近特定复合测试坯料的厚度中心的一部分计量段是弯曲的。优选地,用于形成复合叠层的多个层板包含预浸渍(预浸)层板的情况下,该方法进一步包括在复合叠层的第一面接触充分光滑的表面且复合叠层的第二面接触充分光滑的隔板时固化预浸层。优选地,在耦接第一段和第二段的方法步骤中,第一段和第二段在复合叠层中彼此相邻。

[0007] 在另一特定实施例中,复合测试坯料包含第一层板堆和第二层板堆。第一层板堆和第二层板堆是单个复合组件的区段。单个复合组件包含具有在第一方向上取向的纤维的第一层板层和具有在第二方向上取向的纤维的第二层板层。单个复合组件具有第一面和与第一面相反的第二面。第一层板堆具有与单个复合组件的第一面对应的第三面和与单个复合组件的第二面对应的第四面。第二层板堆具有与单个复合组件的第一面对应的第五面和与单个复合组件的第二面对应的第六面。第一层板堆的第三面被耦接到第二层板堆的第五面。

[0008] 所述特征、功能以及优点能够在各种实施例中独立实现,或者可以在其他实施例内组合,其更多的细节将参考以下说明书和附图来公开。

## 附图说明

- [0009] 图1A、图1B、图1C和图1D是说明形成复合组件的方法的特定实施例的示意图;
- [0010] 图2是由图1的复合组件形成的复合面板的特定实施例的俯视图的示意图;
- [0011] 图3是由图2的复合面板形成的复合测试坯料的特定实施例的多视图的示意图;
- [0012] 图4是由图3的复合测试坯料形成的复合测试样本的特定实施例的多视图的示意图;
- [0013] 图5是图4的复合测试样本的特定实施例的详细侧视图的示意图;以及
- [0014] 图6是说明形成复合测试样本的方法的特定实施例的流程图。

## 具体实施方式

[0015] 通过使用本文所描述的方法由复合材料形成测试样本(例如,复合测试样本),可以更准确地测量复合材料的压缩属性(例如通过避免测试样本的早期断裂)。在特定的实施例中,用单个复合坯料而不是将末端接头粘接到待测试的材料样品来制备(例如,磨铣出)测试样本。为了说明,切割或以其他方式机械加工(使用本文所述的方法形成的)复合面板以提供一个或多个复合测试坯料。可以机械加工(例如,磨铣、磨削、切割等)复合测试坯料以去除材料(例如,部分层板层),从而形成接头之间的计量段。因此,计量段和接头分别与单个复合组件成为一个整体并且由单个复合组件形成。复合测试样本可以包含减少过早断裂机制(诸如计量段与接头之间的过早翘曲和接头末端的帚化)的额外特征。进一步地,可以使用交叉层板叠层形成复合组件以减少或限制0度层板的过早横向拉伸断裂。

[0016] 图1A-1D是说明形成复合组件140的方法的特定实施例的示意图。复合组件140可以被固化以形成复合面板(诸如图2中的复合面板200),其可以被用于形成一个或多

一个复合测试坯料。可以通过布置多个层板(例如,层板121-128)以形成复合叠层102来形成复合组件140。层板121-128可以被布置成交叉层板叠层。在交叉层板叠层中,第一层板层(例如,层板121、122、124、125、126和127)具有在第一方向上布置的纤维,并且第二层板层(例如,层板123和128)具有在第二方向上取向的纤维,其中第二方向不同于第一方向。例如,第二方向与第一方向之间的夹角可以为大约90度。在图1A-1D所提供的示例中,第一层板层(例如,层板121、122、124、125、126和127)具有在0度方向上取向的纤维,并且第二层板层(例如,层板123和128)具有在90度方向上取向的纤维(如图1D中的纤维取向色调所指示)。

[0017] 复合叠层102的交叉层板布置使得能够通过用90度层板(具有在90度方向上取向的纤维的层板)包围0度层板(具有在0度方向上取向的纤维的层板)来将0度层板布置成远离高应力集中区(例如在凹角拐角处,如参考图4和图5所描述的)。复合叠层102的交叉层板布置也导致在复合测试样本的计量段(如图5所示)使用相对少数的(例如,2到3个)0度层,从而减小引起压缩断裂故障所需的负载。负载的这种减小降低了在压缩测试期间引起过早末端断裂的风险。层板的具体布置可以基于所用材料的固化层板厚度从一种复合叠层102稍微改变为另一种层板布置(未显示)。例如,可以使用更多层板层或更少层板层。作为另一示例,可以使用0度层板到90度层板的不同比例或布置。

[0018] 可以使用如图1A所示的堆叠的或以其他方式布置的多个预浸渍(“预浸”)层板来形成复合叠层102。在压实和可能地进行某些机械加工步骤(例如,切割、使成直角或以其他方式处理复合叠层102的边缘、拐角或面)之后,并且在固化之前,可以例如沿着分段线106将复合叠层102划分成多个段。

[0019] 参考图1B,其显示了沿分段线106划分的复合叠层102的第一段131和第二段130。第一段131具有对应于复合叠层102的第一面110的第三面133。此外,第一段131具有对应于复合叠层102的第二面112的第四面135。同样,第二段130具有对应于复合叠层102的第一面110的第五面132和对应于复合叠层102的第二面112的第六面134。注意,该图不是按比例绘制的。因此,尽管图1B中示出的区段130和131具有几乎相同的尺寸和形状,但是区段130和131可以具有相同的尺寸和形状,或者不同的尺寸和/或形状,这取决于具体的设计约束或偏好。

[0020] 参考图1C,第一段131可以被翻转并且与第二段130耦接。例如,第一段131的第三面133可以被耦接到第二段130的第五面132以形成复合组件140(图1D中所示)。因此,复合组件140包含多个层板堆,其包含与第一段131对应的第一层板堆和与第二段130对应的第二层板堆,其中第一层板堆和第二层板堆都由单个复合叠层(例如图1A中的复合叠层102)形成。尽管图示说明了与第一段131对应的第一层板堆和与第二段130对应的第二层板堆,但是在其他的实施例中,多于两个层板堆可以由单个复合叠层形成。

[0021] 参考图1D,在形成复合组件140之后,可以固化复合组件140以形成复合面板(例如图2中的复合面板200)。可以通过将复合组件140放置在相对平坦的表面154上来执行固化。此外,在固化期间可以将隔板150应用到复合组件140。隔板150和平坦表面154使得复合叠层102能够固化成具有相对光滑的第一面152和相对光滑的第二面156。

[0022] 图2是通过固化图1D中的复合组件140形成的复合面板200的特定实施例的俯视图的示意图。复合面板200可以被划分(例如,切割或磨铣)成多个复合测试坯料,例如复合

测试坯料210-221。例如,复合面板200的边缘230和232可以被切除(或以其他方式去除),并且复合面板200的中心部分可以被用于形成复合测试坯料210-221。每个复合测试坯料210-221可以具有沿参照图1A-1D所描述的0度方向取向的长度和沿90度方向取向的宽度。尽管在图2中复合面板200被划分成12个复合测试坯料,但是在其他实施例中可以将复合面板200划分成多于12个或少于12个复合测试坯料。

[0023] 图3是由图2中的复合面板200形成的复合测试坯料的特定实施例的多视图的示意图。图3通过俯视图、前视图、侧视图和透视图更详细地显示了特定的复合测试坯料210。复合测试坯料210具有第一末端304和第二末端306。在第一末端304和第二末端306之间,复合测试坯料210具有长度 $L_b$ 。复合测试坯料210还具有第一侧面308和第二侧面310。在第一侧面308和第二侧面310之间,复合测试坯料210具有宽度 $W_b$ 。复合测试坯料210还具有第一面312和第二面314。在第一面312和第二面314之间,复合测试坯料210具有厚度 $T_b$ 。

[0024] 如参照图1A-1D所描述,复合测试坯料210可以由多个层板层形成。多个层板层可以包含两个或更多个层板堆,例如第一层板堆320和第二层板堆322。第一层板堆320和第二层板堆322可以在单个复合叠层期间形成。例如,正如参照图1A-1D所描述,单个复合叠层(例如,复合叠层102)可以被形成为具有第一面(例如,图1A的第一面110)和与第一面相对的第二面(例如,图1A的第二面112)。在固化之前,单个复合叠层可以被划分成几段,使得第一段(例如,图1B的第一段131)具有第三面(例如,图1B的第三面133)和第四面(例如,图1B的第四面135),并且第二段(例如,图1B的第二段130)具有第五面(例如,图1B的第五面132)和第六面(例如,图1B的第六面134)。第一段可以对应于第一层板堆320并且第二段可以对应于第二层板堆322。例如,第一段的第三面可以耦接到第二段的第五面以形成复合组件(例如,图1D的复合组件140)。可以将复合组件固化以形成复合面板,而复合面板可以被切割成复合测试坯料(如参照图2所描述)。

[0025] 复合测试坯料210可以用于形成复合测试样本。例如,复合测试坯料210可以被机械加工(例如,切割、磨铣、磨削或使用消减制造工艺的其他方式作用)以形成复合测试坯料。

[0026] 图4和图5是由图3中的复合测试坯料210形成的复合测试样本402的特定实施例的各个视图的示意图。在图4中,复合测试样本402具有第一末端404和第二末端406。在第一末端404和第二末端406之间,复合测试样本具有长度 $L_s$ 。此外,复合测试样本402具有第一侧面408和第二侧面410。在第一侧面408和第二侧面410之间,复合测试样本402具有宽度 $W_s$ 。进一步地,复合测试样本402具有第一面412和第二面414。在第一面412和第二面414之间,复合测试样本402具有厚度 $T_s$ 。在特定的实施例中,长度 $L_s$ 、宽度 $W_s$ 以及厚度 $T_s$ 可以被选择以便能够将复合测试样本402用于测试设备(如在ASTMD695-10标准中描述的测试设备)。例如,长度 $L_s$ 可以是约3.10英寸(公差在 $\pm 0.03$ 英寸内),宽度 $W_s$ 可以是约0.500英寸(公差在 $\pm 0.005$ 英寸内),并且厚度 $T_s$ 可以是约0.135英寸。由于复合组件如何在各个区域内固化以及其他的原因(例如测试材料的不同),厚度 $T_s$ 可以从一个复合测试样本到另一个复合测试样本变化。

[0027] 为了由复合测试坯料210形成复合测试样本402,可以减小复合测试坯料210的长度、宽度、厚度或其组合。例如,复合测试样本402的宽度 $W_s$ 可以小于复合测试坯料210的宽度 $W_b$ 。为了图示说明,可以机械加工(例如,磨铣、切割、磨削或使用消减制造工艺的其他方

式作用于)复合测试坯料210以便将宽度 $W_b$ 减小到宽度 $W_s$ 。该机械加工也可以定形复合测试样本402的其他尺度,例如使侧面408、410相对于末端404、406和/或相对于面412、414成直角。进一步地,该机械加工可以使复合测试样本402成形,从而侧面408、410中的每一个均基本平行于在0度方向上取向的纤维。

[0028] 复合测试坯料210还可以或者替代地被机械加工(例如,磨铣、切割、磨削或使用消减制造工艺的其他方式作用)以将长度 $L_b$ 减小到长度 $L_s$ 。机械加工也可以定形复合测试样本402的其他尺度,例如使末端404、406相对于侧面408、410和/或相对于面412、414成直角。

[0029] 复合测试样本402可以包含第一接头422和第二接头424。在第一接头422和第二接头424之间,复合测试样本402可以包含计量段420。第一接头422和第二接头424可以与计量段420成为一体(与粘合不同)。计量段420具有与第一数量的层板层对应的厚度 $T_g$ ,第一接头422包含第二数量的层板层,且第二接头424包含第三数量的层板层。第一数量的层板层(对应于计量段420)小于第二数量的层板层并且小于第三数量的层板层。计量段420可以通过从复合测试坯料210的两个面412和414减小复合测试坯料210的厚度来形成(例如,通过相对于复合测试坯料210的层板数减少计量段420的层板数)。为了图示说明,如图4的侧视图和透视图所示,计量段420可以对应于复合测试样本402的一部分,在该部分厚度 $T_s$ 被减小到小于厚度 $T_s$ 的厚度 $T_g$ 。在特定实施例中,厚度 $T_g$ 是约0.075英寸。为了将计量段420的厚度从厚度 $T_s$ 减小到厚度 $T_g$ ,所去除的材料中的大约一半材料被从每个面去除。为了图示说明,如果厚度 $T_s$ 是约0.135英寸并且厚度 $T_g$ 是约0.075英寸,那么约0.060英寸的材料需要被去除以便将 $T_s$ 减小到 $T_g$ 。0.060英寸的材料中的大约一半材料(例如,约0.030英寸材料)被从第一面412去除,并且0.060英寸的材料中的大约一半材料(例如,约0.030英寸材料)被从第二面414去除。因此,可以通过在垂直于层板堆的方向上机械加工(例如,切割、磨铣、磨削等)复合测试坯料210以减少计量段420中的堆叠内的层板数量并且将计量段的厚度减小到预定量来形成计量段420。

[0030] 如图4所示,接头422、424以及计量段420被形成为原始复合面板的整体部分。因此,接头422、424以及计量段420相似地受环境条件(例如,温度、湿度等)的影响。因此,比起传统的测试样本(例如,使用测试材料样品上粘接的末端接头的样本),复合测试样本402可以较不易于在极端的环境测试期间脱层。此外,虽然将接头粘接到测试材料以形成传统的样本使用了特殊的粘接固定装置,但是不使用此类固定装置来形成接头422和424,这减少了可用于制造传统测试样本的时间和资源。接头422、424也帮助维持了样本几何形状的极高公差,因为在形成复合测试样本的同时可以精确地机械加工这些接头(例如,不必担心粘接的末端接头与测试材料样品脱层)。

[0031] 在特定的实施例中,可以通过机械加工(例如,磨铣、切割、磨削或使用消减制造工艺的其他方式作用于)复合测试坯料210的面412和414来形成计量段420。该机械加工工艺也可以在计量段420与每个接头422和424之间形成弯曲的凹角拐角。例如,如图4所示,计量段420中的每个凹角拐角可以具有曲率半径 $R$ 。在特定实施例中,每个凹角拐角的曲率半径 $R$ 为约0.020英寸(公差在 $\pm 0.005$ 英寸范围内)。凹角拐角的曲率可以减小拐角处的应力集中,由此减小了测试期间计量段420与每个接头422、424之间的界面处早期断裂的风险。

[0032] 计量段420的长度 $L_g$ 可以按尺寸形成,从而应变计可以直接粘合到计量段420。例如,长度 $L_g$ 可以是约0.30英寸,以便容纳0.25英寸的应变计。在图4中,第一应变计430在计

量段420的第一面处被耦接(例如,粘合)到计量段420,并且第二应变计432在计量段420的第二面处被耦接到计量段420。因此,应变计430、432能够在压缩测试期间直接测量应变,以提供比使用常规测试样本可收集的信息更详细的信息。

[0033] 复合测试样本402也可以包含与第一接头422的第一末端404耦接的第一盖板440和与第二接头424的第二末端406耦接的第二盖板442。第一盖板440可以覆盖第一接头422的第一末端404并且可以覆盖第一接头422的一个或多个侧面408、410中的至少一部分,一个或多个面412、414中的至少一部分,或者其组合。例如,第一盖板440可以包含金属件,该金属件被形成或机械加工有凹槽、狭槽或开口以装配在第一接头422的第一末端404上。同样,第二盖板442可以覆盖第二接头424的第二末端406并且可以覆盖第二接头424的一个或多个侧面408、410中的至少一部分、一个或多个面412、414中的至少一部分,或者其组合。例如,第二盖板442可以包含金属件,该金属件被形成或机械加工有凹槽、狭槽或开口以便装配在第二接头424的第二末端406上。当末端经受末端加载的压缩测试时,盖板440、442可以抑制各个接头422、424的末端的帚化(brooming)。

[0034] 图5是图4中的复合测试样本402的特定实施例的详细侧视图的示意图。特别地,图5示出了计量段420和将计量段420连接到第一接头422和第二接头424的区域的更详细视图。图5也示出了层板层的纤维的取向,并且提供了凹角拐角的曲率半径R和将应变计430、432附连到复合测试样本402的进一步图示。

[0035] 在图5中,应变计430、432被直接粘合到计量段420。应变计430、432的引线434、436可以从计量段420突出以便在测试期间可以测量应变。每个凹角拐角具有曲率半径R以便在测试期间减小凹角拐角处的应变。如图5所示,复合测试样本中的大多数层板具有90度的纤维取向,剩余的层板具有0度的纤维取向。0度纤维取向层减小了过早横向拉伸断裂的风险。

[0036] 图6是说明形成复合测试样本的方法600的特定实施例的流程图。该方法600可以用于形成图4和图5中的复合测试样本402。进一步地,一部分方法600可以用于形成图3中的复合测试坯料210。

[0037] 方法600包含:在602处,使用多个层板以通过将第一层板层布置成具有在第一方向上取向的纤维以及将第二层板层布置成具有在第二方向上取向的纤维来形成复合叠层,其中第一方向不同于第二方向。复合叠层具有第一面和与第一面相反的第二面。例如,图1中的多个层板121-128可以被布置成形成图1A中的复合叠层102。

[0038] 方法600还可以包含:在604处,切割复合组件以形成第一段和第二段。例如,图1A中的复合叠层102可以被划分成图1B中的第一段131和第二段130。

[0039] 如参照图1B所描述,第一段131具有第三面133,该第三面对应于复合叠层102的第一面110,并且第一段131具有第四面135,该第四面对应于复合叠层102的第二面112。此外,第二段130具有对应于复合叠层102的第一面110的第五面132,并且具有对应于复合叠层102的第二面112的第六面134。方法600还包含:在606处,将第一段的第三面耦接到第二段的第五面以形成复合组件。复合组件可以被固化以形成复合面板,例如图2中的复合面板200。

[0040] 方法600也可以包含:在608处,由复合面板形成一个或多个复合测试坯料。例如,图2中的复合面板200可以被机械加工(例如,切割、磨铣、磨削等)以形成复合测试坯料210-221。

[0041] 方法600也可以包含:在610处,机械加工一个或多个复合测试坯料中的特定复合测试坯料以形成复合测试样本。例如,图2和图3中的复合测试坯料210可以被机械加工(例如,磨铣、切割、磨削等)以形成图4和图5中的复合测试样本402。为了图示说明,机械加工特定复合测试坯料以形成复合测试样本可以包含垂直于第一方向并且垂直于第二方向机械加工计量段以便相对于特定复合测试坯料的层板数减少计量段内的层板数。如参照图4所描述,复合测试样本可以具有第一接头、第二接头以及在第一接头与第二接头之间的计量段。因此,复合测试样本由单个复合叠层(例如,对应于图1A中的复合叠层102)形成,而不是包含多个零件(例如,具有粘接末端接头的待测试的材料样品)。

[0042] 方法600也可以包含:在612处,将第一盖板耦接到第一接头的末端,并且在614处,将第二盖板耦接到第二接头的末端。每个盖板可以覆盖各自接头的末端并且覆盖各自接头的一个或多个侧面中的至少一部分、一个或多个面中的至少一部分或者其组合。例如,图4中的第一盖板440覆盖第一接头422的第一末端404并且延伸以覆盖第一接头422的至少一部分侧面和/或一部分面。同样,第二盖板442覆盖第二接头424的第二末端406并且延伸以覆盖第二接头424的至少一部分侧面和/或一部分面。

[0043] 方法600也可以包含:在616处,将应变计粘合到复合测试样本的计量段。例如,如图4和图5中所示,可以将应变计430和432耦接到计量段420。应变计430、432的引线可以通过规定路径以监测设备,从而实现在复合测试样本压缩测试期间对应变的实时监测。

[0044] 在形成复合测试样本之后,可以将复合测试样本用于执行测试以收集与用于形成复合测试样本的材料的压缩属性相关的信息。例如,ASTM D695-10标准方法或其修改版本可以用于测试复合测试样本。在修改版本中,ASTM D695-10标准中所描述的测试固定装置可以被修改以适应复合测试样本。例如,可以将额外的下负载板添加到测试固定装置,以便通过消除测试固定装置的离面翘曲引导件与测试固定装置的底部负载板之间的空间来防止过早的末端断裂。添加下负载板可以使复合测试样本被支撑到翘曲引导件的末端。作为另一示例,测试固定装置的离面翘曲引导件可以被翻转以使得离面翘曲引导件的光滑表面接触复合测试样本(而不是如ASTM D695-10标准所描述的那样使离面翘曲引导件的V形槽表面接触复合测试样本)。翻转离面翘曲引导件可以减少复合测试样本由于与V形槽表面接触而导致的末端翘曲断裂。作为又一示例,测试固定装置的支撑螺栓可以被扭转到具有1英寸·磅的扭矩,这可以减小测试固定装置与复合测试样本之间的摩擦。

[0045] 因此,在制备了复合测试样本之后(例如,由复合测试坯料机械加工且耦接到盖板和应变计),复合测试样本可以被固定在经修改的测试固定装置内并且可以将1英寸·磅的扭矩应用于支撑螺栓。复合测试样本被固定到经修改的测试固定装置,从而复合测试样本被定心在测试固定装置内并且使得复合测试样本的末端正好接触测试固定装置。端盖被放置在复合测试样本的顶端并且移动加载压板以便其接触端盖。当监测到负载/应变响应时,对复合测试样本加载直到断裂。

[0046] 在使用本文所述的方法用由特定复合材料形成的复合测试样本进行的测试中,测量出在室温干燥测试条件下最终纤维压缩应变超过21000 $\mu$ 应变以及在寒冷温度干燥测试条件下最终纤维压缩应变超过24000 $\mu$ 应变。这些结果与使用粘接的末端接头测试样本由相同的特定复合材料生成的结果形成对比,后者提供的测量的最终纤维压缩应变为:室温干燥测试条件下为7000 $\mu$ 应变和寒冷温度干燥测试条件下为8000 $\mu$ 应变。

[0047] 以上所述的实施例是说明性而不限制本申请。应该理解的是，根据本申请的原理，多种修改和变化是可能的。

[0048] 本文所描述的实施例的图示旨在提供各种实施例的结构的总体理解。这些图示并不旨在用作利用本文所述的结构和方法的装置和系统的全部元件和特征的完整描述。在阅读本申请之后，对于本领域技术人员来说，许多其他的实施例可能是显而易见的。可以利用并且从本申请推导出其他实施例，从而可以在不偏离本申请的范围的情况下做出结构性和逻辑性替换和改变。例如，可以用与附图中所示的次序不同的次序执行各方法步骤，或者可以省略一个或多个方法步骤。因此，本申请和附图被认为是说明性的而不是限制性的。

[0049] 而且，尽管本文已经描述且说明了一些具体实施例，但是应该意识到，被设计用以实现相同或相似结果的任何后续布置可以替换所示的具体实施例。本申请旨在覆盖各种实施例的任何且全部后续改进或变化。对于阅读了本说明书的本领域技术人员来说，以上实施例的组合和本文没有具体描述的其他实施例将是显而易见的。

[0050] 所提交的本申请的摘要具有以下意义：其将不被用于解释或限制权利要求的范围或意义。此外，在前述具体实施方式中，为了使本申请通顺，各个特征可能被组合到一起或在单个实施例中描述。本申请不应被解释为反映了要求保护的实施例比每个权利要求中明确限定的特征更多的特征的意图。相反，正如随附的权利要求所反映，要求保护的主题可能涉及比任何公开实施例的全部特征更少的特征。

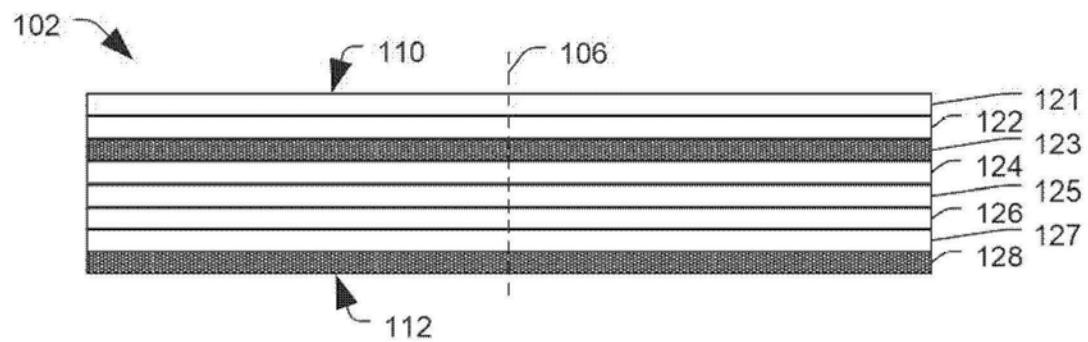


图1A

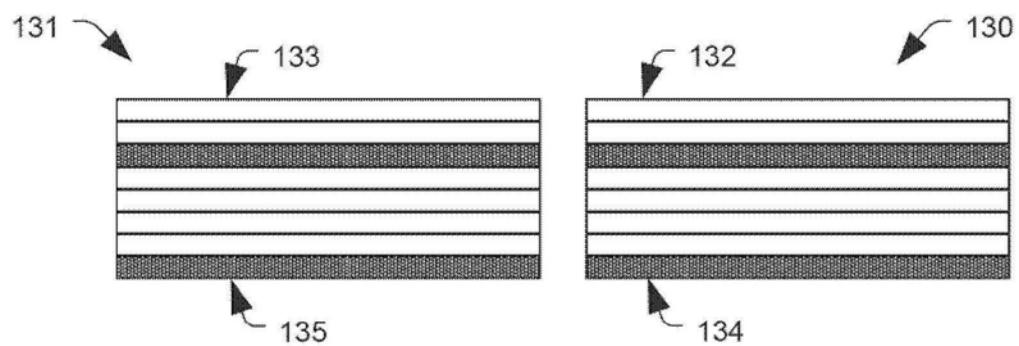


图1B

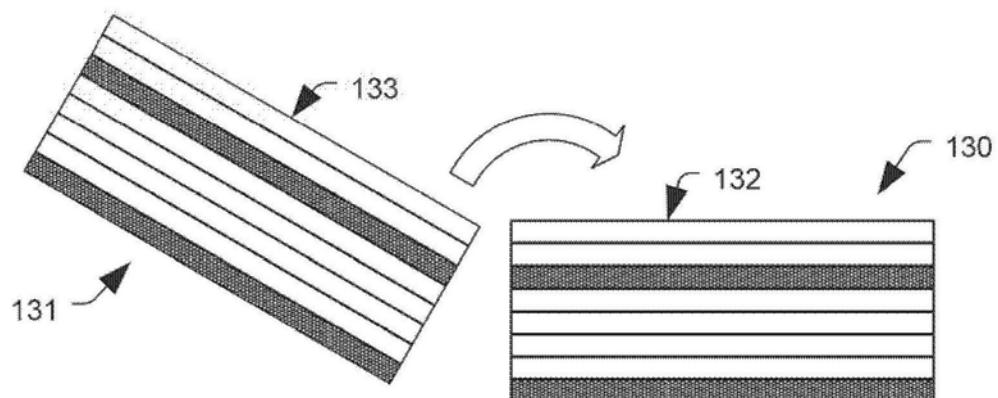


图1C

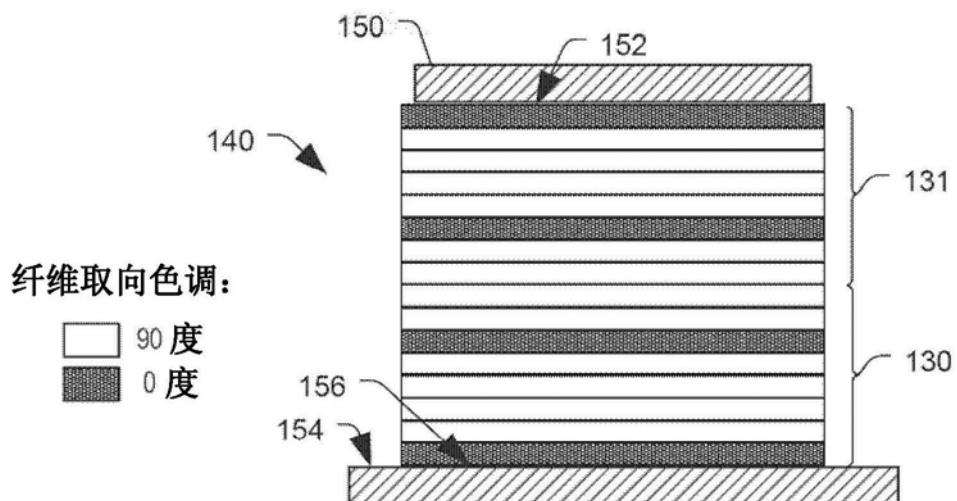


图1D

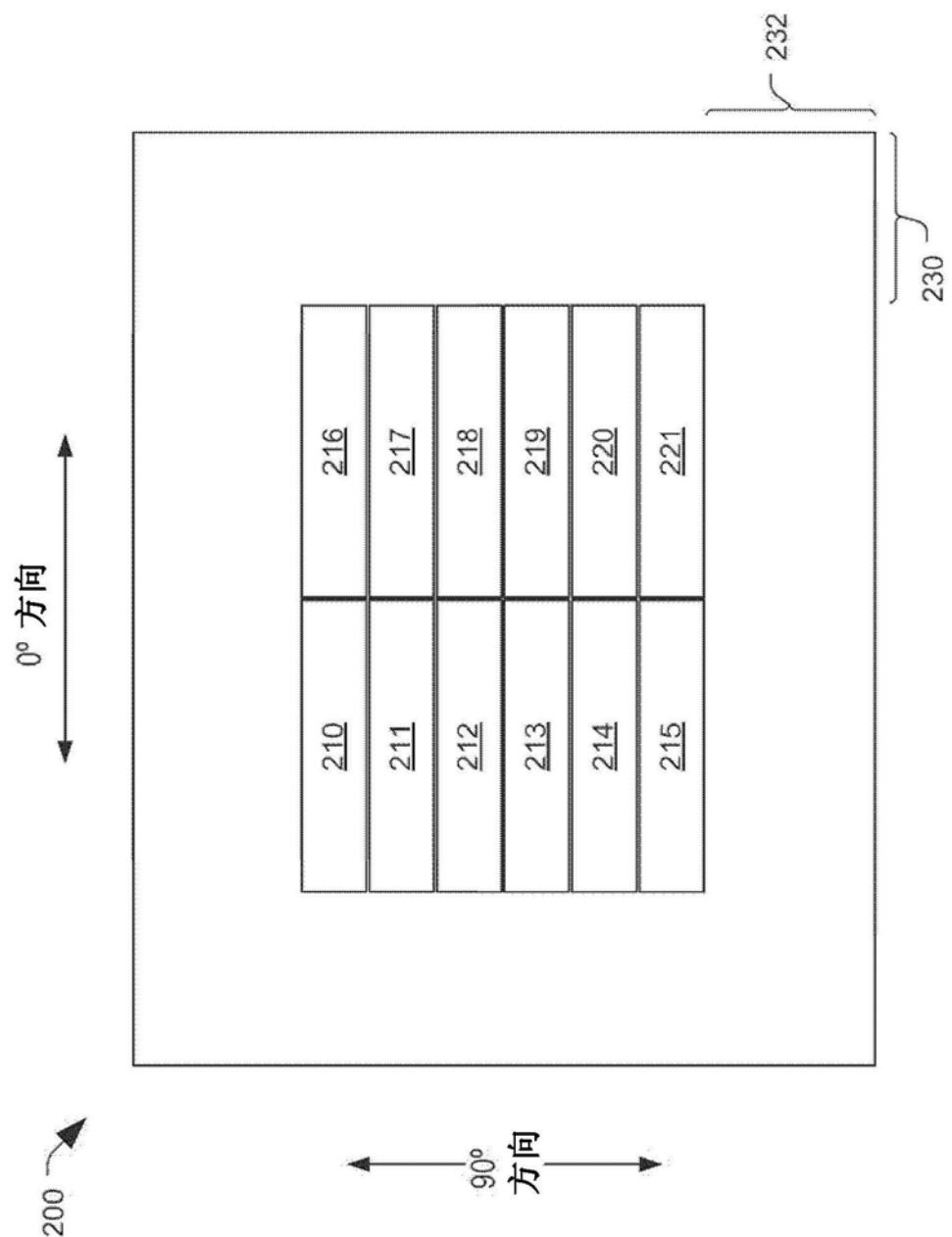


图2

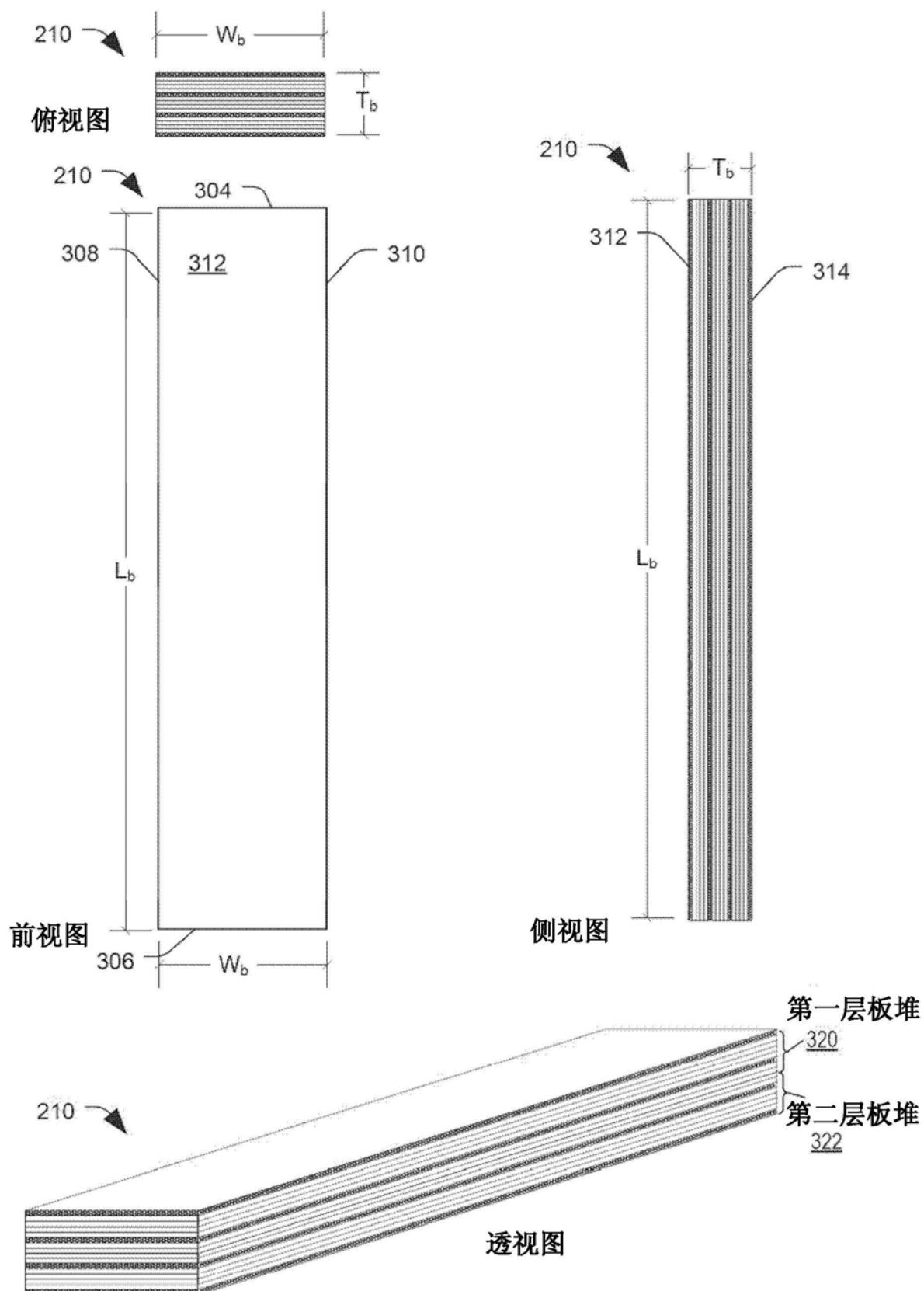


图3

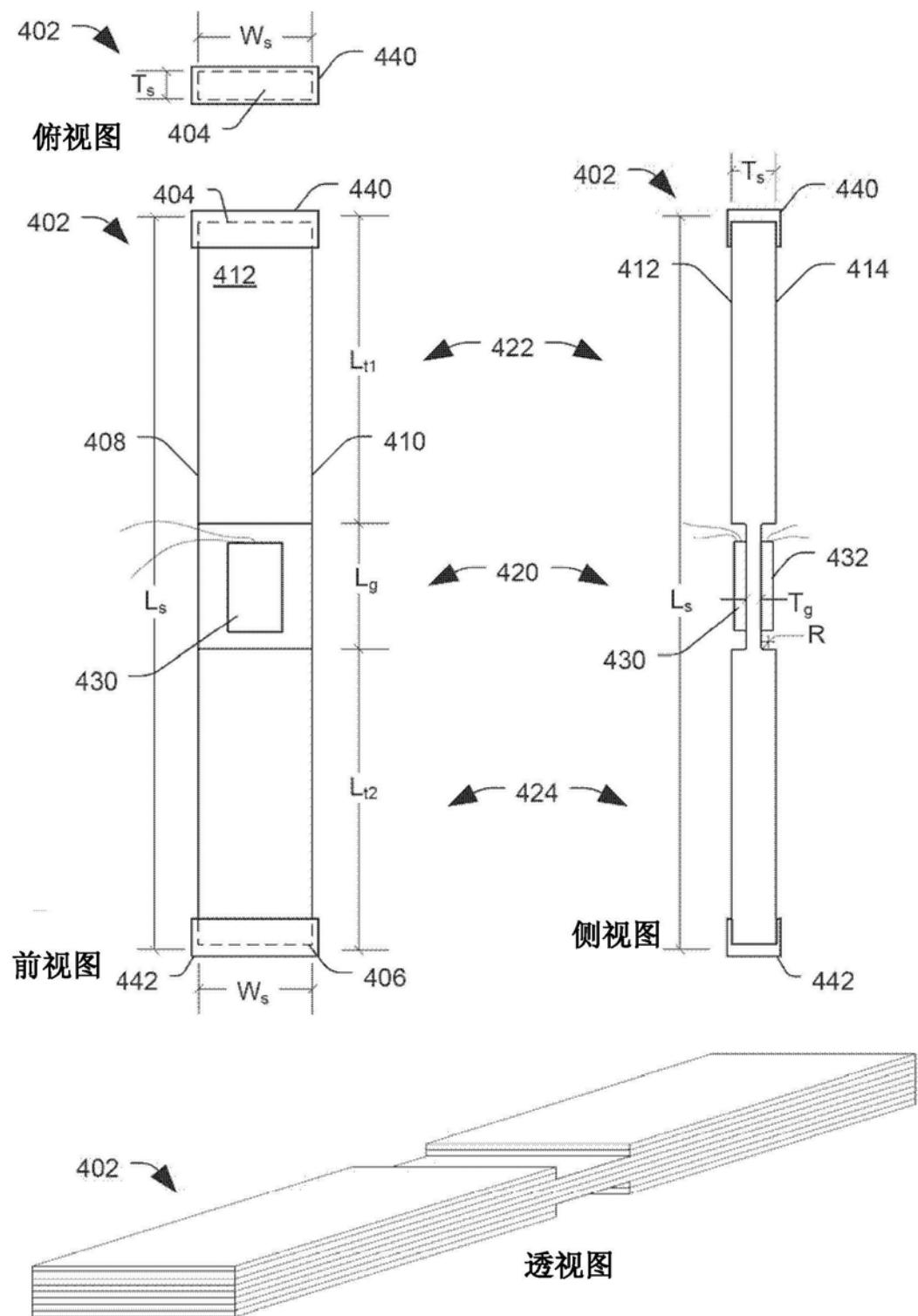


图4

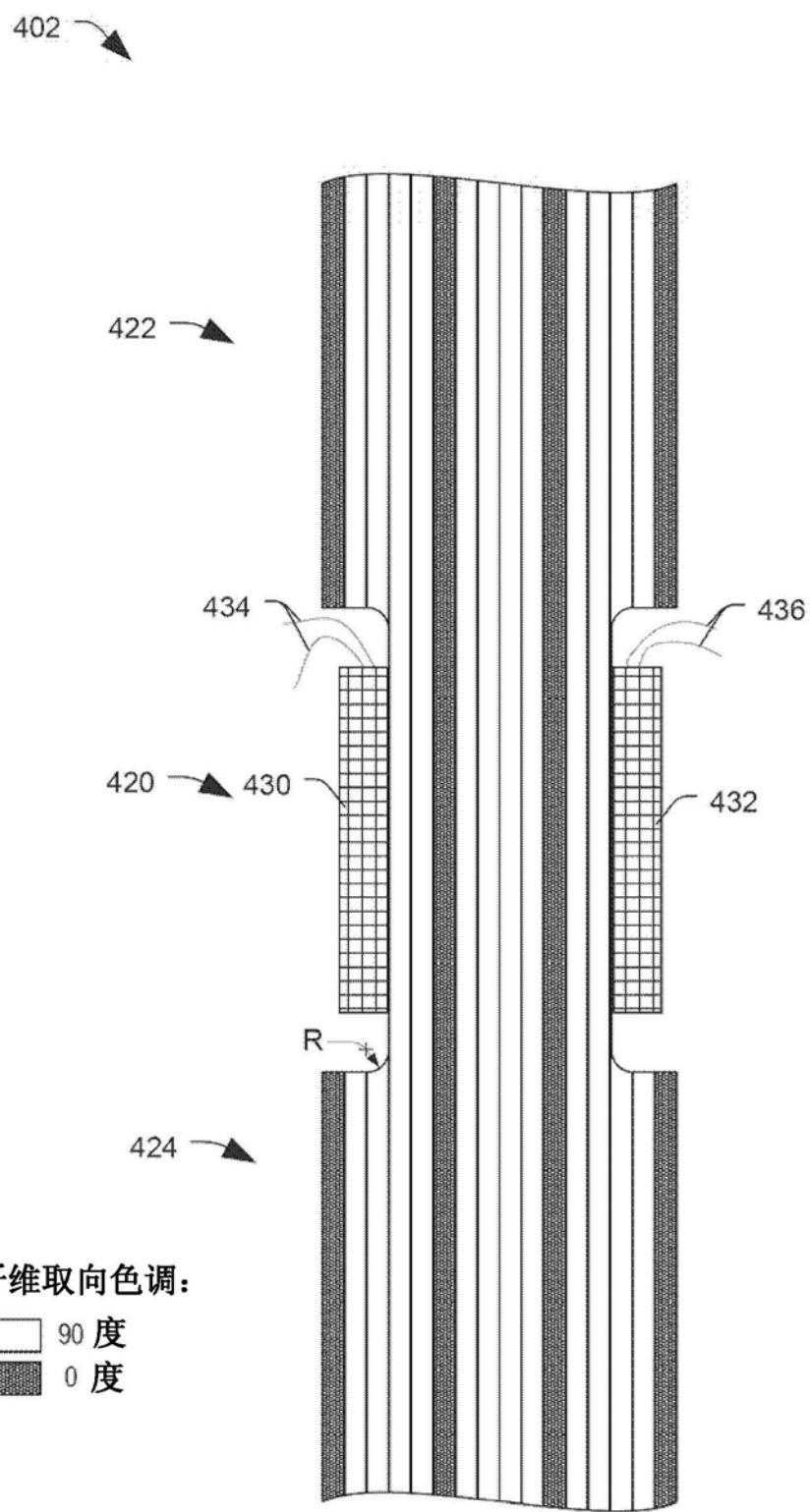


图5

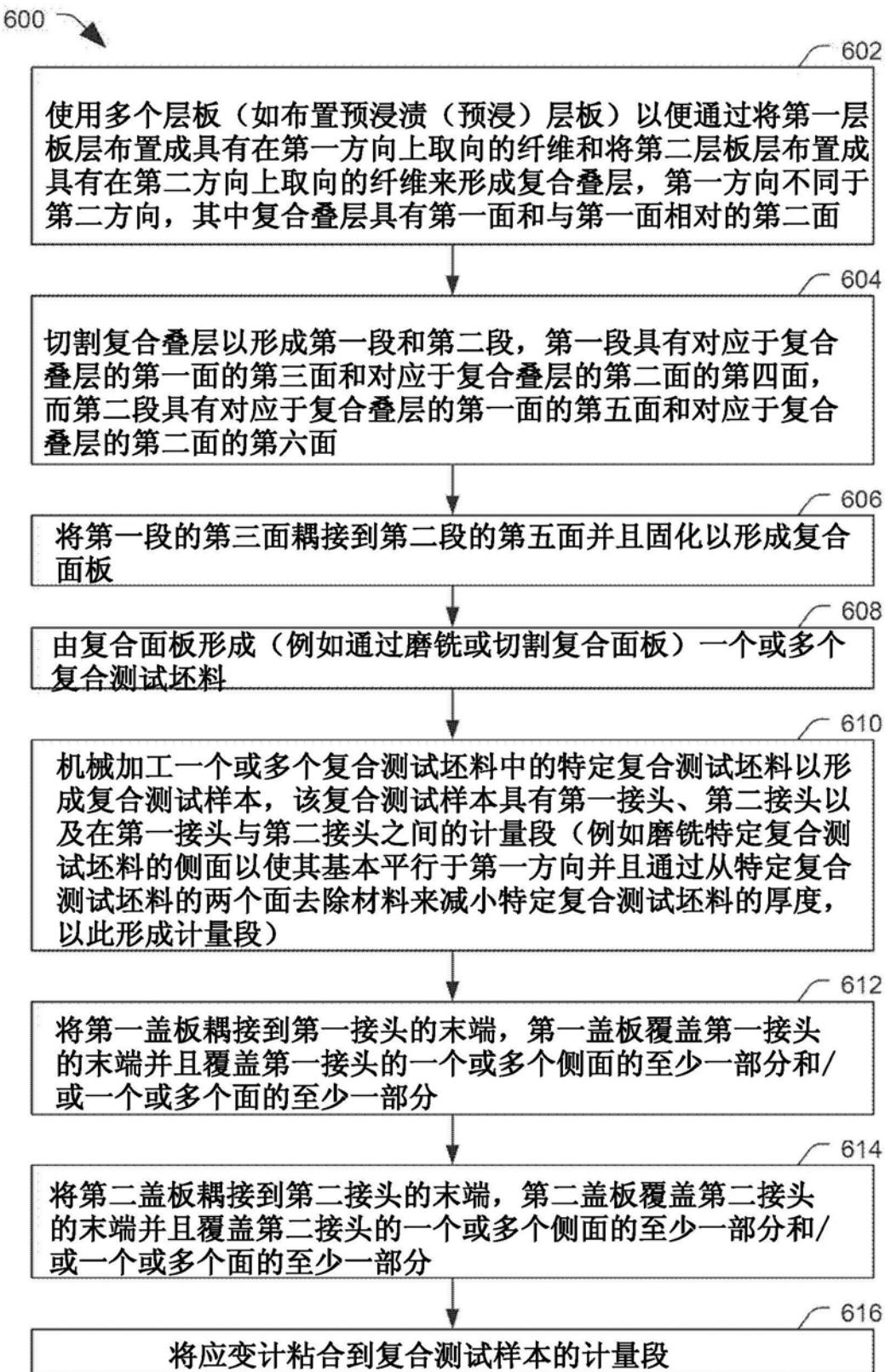


图6