



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104781067 B

(45)授权公告日 2017.06.23

(21)申请号 201380059032.2

(22)申请日 2013.12.16

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104781067 A

(43)申请公布日 2015.07.15

(30)优先权数据
13/753,708 2013.01.30 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.05.12

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/075255 2013.12.16

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/120347 EN 2014.08.07

(73)专利权人 波音公司

地址 美国伊利诺斯州

(72)发明人 T·K·特索特西斯

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 王小东

(51)Int.Cl.

B32B 5/02(2006.01)

B32B 5/06(2006.01)

B32B 5/26(2006.01)

B32B 7/02(2006.01)

G08J 5/24(2006.01)

审查员 吴玉菡

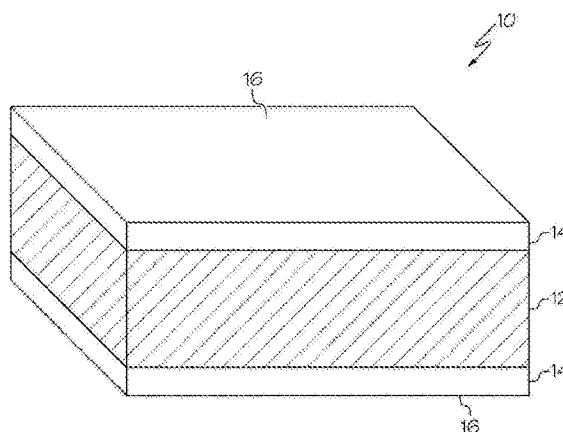
权利要求书2页 说明书11页 附图8页

(54)发明名称

抗拉强度提高的薄毡稳定型复合材料

(57)摘要

一种薄毡稳定型复合材料可包括：至少一个加强层，所述加强层由加强材料形成；交替地布置在所述加强层之间并被结合至所述加强层的多个夹层，每个夹层均由具有第一扭曲变形能力的夹层材料形成；以及注入到所述加强层和所述夹层中的基质材料，所述基质材料具有第二扭曲变形能力，其中所述第一扭曲变形能力大于所述第二扭曲变形能力，以增加所述复合材料的抗拉强度。



1. 一种薄毡稳定型复合材料(10),该薄毡稳定型复合材料具有总体冯·米塞斯应变,该薄毡稳定型复合材料包括:

多个加强层(12),所述多个加强层中的每个加强层均包括增强纤维(20);

多个夹层(14),所述多个夹层被交替地布置在所述加强层(12)之间并被结合至所述加强层(12),其中,所述多个夹层中的每个夹层均包括非织造织物,并且其中所述非织造织物具有对应于第一冯·米塞斯应变的第一扭曲变形能力;以及

基质材料(16),所述基质材料被注入到所述多个加强层(12)和所述多个夹层中,其中所述基质材料具有对应于第二冯·米塞斯应变的第二扭曲变形能力;

其中,所述第二冯·米塞斯应变小于所述总体冯·米塞斯应变,

其中,所述第一冯·米塞斯应变大于所述第二冯·米塞斯应变,并且

其中所述第一扭曲变形能力大于所述第二扭曲变形能力,以增加所述薄毡稳定型复合材料的抗拉强度。

2. 根据权利要求1所述的复合材料,其中,所述非织造织物包括多根连续的聚合纤维。

3. 根据权利要求1所述的复合材料,其中,所述非织造织物包括机械混合的不同纤维。

4. 根据权利要求1所述的复合材料,其中,所述非织造织物包括多根多组分纤维。

5. 根据权利要求1所述的复合材料,其中,所述非织造织物通过由纺粘法、水刺法和织物成网法组成的组中的至少一种方法形成。

6. 根据前述权利要求中的任一项所述的复合材料,其中,所述多个夹层中的至少一个夹层被熔融结合至所述多个加强层中的至少一个加强层(12)。

7. 根据权利要求1或2所述的复合材料,所述复合材料进一步包括:穿过所述多个加强层(12)和所述多个夹层(14)延伸的缝合线。

8. 根据权利要求1或2所述的复合材料,其中,所述非织造织物包括选自以下材料组成的组的纤维:聚酰胺、聚酰亚胺、聚酯、聚丁二烯、聚氨酯、聚丙烯、聚砜、聚苯硫醚、聚醚酮、聚醚醚酮、聚酮、聚苯醚、以及这些材料的组合。

9. 根据权利要求8所述的复合材料,其中,所述非织造织物进一步包括非热塑性纤维。

10. 根据权利要求1或2所述的复合材料,其中,当所述基质材料(16)被注入到所述多个加强层中并被固化时,所述多个夹层(14)适于保持完整。

11. 根据权利要求1或2所述的复合材料,其中,所述增强纤维(20)包括碳纤维。

12. 根据权利要求1或2所述的复合材料,其中,所述基质材料(16)被预浸渍在所述多个加强层的每个加强层(12)及与所述加强层结合的所述多个夹层的至少一个夹层(14)内;并且

其中所述基质材料被液体模制在所述多个加强层和所述多个夹层内。

13. 根据权利要求8所述的复合材料,其中,所述聚酰亚胺为聚酰胺-酰亚胺和/或聚醚酰亚胺,所述聚砜为聚醚砜和/或聚苯砜,所述聚酰胺为聚芳基酰胺和/或聚邻苯二甲酰胺,所述聚酯为聚对苯二甲酸丁二醇酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯和/或聚酯-聚芳酯。

14. 一种用于形成复合材料的方法,该复合材料具有总体冯·米塞斯应变,所述方法包括以下步骤:

提供包括由增强纤维(20)形成的加强材料的至少一个加强层(12);

将至少一个夹层(14)定位在所述加强层上,所述夹层包括由具有对应于第一冯·米塞

斯应变的第一扭曲变形能力的非织造聚合纤维形成的夹层材料；

将所述加强层和所述夹层结合到一起以形成薄毡稳定型织物(18)；

为所述薄毡稳定型织物注入基质材料(16)以形成复合材料,所述基质材料具有对应于第二冯·米塞斯应变的第二扭曲变形能力;以及

使所述复合材料固化;

其中,所述第二冯·米塞斯应变小于所述总体冯·米塞斯应变,

其中,所述第一冯·米塞斯应变大于所述第二冯·米塞斯应变,并且

其中,所述第一扭曲变形能力大于所述第二扭曲变形能力,以增加所述复合材料的抗拉强度。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中,使所述加强层(12)和所述夹层(14)熔融结合。

抗拉强度提高的薄毡稳定型复合材料

技术领域

[0001] 本公开总体涉及固化的复合材料,并且更特别地涉及利用夹层连同加强层来获得抗拉强度增加的固化的复合材料的薄毡稳定型织物(veil-stabilized fabrics)。

背景技术

[0002] 由单向增强纤维的交替层构建的高性能复合材料拥有强度高、重量轻的组合优势。因此复合材料用于航空航天和其它行业中,在这些行业中这样的性能要求是很关键的。一般而言,通过将若干交替层与具有以不同角度延伸的单向纤维的相邻层铺放来制备复合材料。若干层这样的单向织物的累积的净效应在于提供拥有出众强度(或者是准各向同性的,或者在一个或多个特定方向上)的复合材料。这样的复合材料可作为预浸料或预制件生产。

[0003] 在预浸料的途径中,各层单向织物被浸泡或浸渍基质材料,诸如树脂。各层可被铺放成将要由复合材料生产的最终复合材料部件的形状。此后,可加热被铺放的复合材料,以使基质材料固化并提供成品复合材料部件。

[0004] 在预制件的途径中,各层单向增强纤维或者机织、编织、经编或其它类型的织物类似于将之铺放在预浸料的途径中的方式进行铺放。然而,在预制件的途径中,各层在干燥的情况下被铺放(即,没有基质材料)。此后,在液体模制工艺中向被铺放的复合材料注入基质材料,并且可加热被模制的复合材料部件以使基质材料固化(如在预浸料的途径中那样)。

[0005] 增强纤维的交替层或薄层提供了由预浸料或预制件制成的复合材料部件,该复合材料部件尤其在与具体的纤维方向对准的方向上具有很大的强度。从而,可生产非常强的轻质部分,例如,作为飞行器的机翼和机身。夹层的使用还可用来改进复合材料的断裂韧性和/或抗冲击性。

[0006] 虽然增强纤维的交替薄层或者夹层的使用可提供强度和抗冲击性,但复合材料的抗拉强度主要由增强纤维的性能及其与固化的基质材料的相互作用决定。由此,为了增加复合材料的抗拉强度,必须使用更高强度的增强纤维,这可能增加成本;或者必须使用专用树脂,这可能影响复合材料的其它物理特性。

[0007] 已发现,具有提高的(即增加的)扭曲变形和/或降低的(即较少的)扩张负荷的复合材料聚合物基质(如表达为冯·米塞斯应变关系)将增加冯·米塞斯应变并提供增强的复合材料机械性能。

[0008] 物的变形可以分为两类:扩张(即,体积膨胀)和扭曲。其机理对应于在均匀的应力状态下发生在此物中的弹性和塑性过程。施加到物理系统并导致体积变化的力被称为弹性,并且已经使用虎克定律进行了充分描述。如图1所示的体积膨胀是分子间内聚的局部损失和密度减少的结果。只要位移较小,线性恢复力或内聚强度就将扭转所施加的力的释放的影响。随着聚合物被冷却,这里讨论的内聚力还造成随着温度的热收缩,并且直接后果是降低分子振动的振幅。可以使用势函数来描述内聚力,势函数将分子间引力能量和分隔距离与范德华力和最近的相邻斥力关联。

[0009] 在宏观层面,弹性变形的各向同性体将遵从以下关系而膨胀: $\varepsilon_v = J_1 + J_2 + J_3$,其中 $J_1 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$, $J_2 = \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_2 \varepsilon_3 + \varepsilon_3 \varepsilon_1$, $J_3 = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3$,并且 ε_1 、 ε_2 和 ε_3 是主应变。体积变化可以近似为应变 J_1 的第一恒量,这代表了超过98%的体积变化。

[0010] 临界体积膨胀能力在数值上等于聚合物从其玻璃化转变温度起开始冷却所经历的收缩的量。与热能的减少和均衡分子间距离的降低直接相关的热收缩代表了机械或热负荷下的最大弹性膨胀潜力。

[0011] 合理的是,随着聚合物链的具体体积或区段响应于应变偏压的突然切变或协同运动来观察材料的扭曲或偏响应与所施加的力。图2例示的扭曲的立方体是扭曲的简单描述。

[0012] 复合材料之中的聚合物可以并经常承受力的施加,这严重限制了聚合物的流动能力。由纤维取向(与主应变方向大于约 30°)强加的约束将产生扩张的临界变形。与全局应变的方向的角度差小于约 25° 的薄层取向将从扩张临界行为过渡到扭曲临界行为。

[0013] 对组成材料变形行为的更多理解已经启用了可以利用复合材料的独特性能特点的设计结构。分析和测试验证已经表明,利于基质扭曲而非扩张的机械负荷考虑了复合材料-结构-具体性能能力。然而,特别的组成材料的最终强度可以限制最高性能的实现。例如,测试表明,纤维性能受到所用热固性树脂的低的基质临界扭曲能力的限制。

[0014] 从而,本领域技术人员在复合材料领域中继续研究和开发努力。

发明内容

[0015] 在一个实施方式中,所公开的薄毡稳定型复合材料可包括:至少一个加强层;多个夹层,所述多个夹层交替地布置在所述加强层之间并被结合至所述加强层,各所述夹层均由具有第一扭曲变形能力的夹层材料形成;以及基质材料,所述基质材料被注入所述加强层和所述夹层中,所述基质材料具有第二扭曲变形能力,其中所述第一扭曲变形能力大于所述第二扭曲变形能力,以增加所述复合材料的抗拉强度。

[0016] 在另一实施方式中,所公开的薄毡稳定型复合材料可包括:加强层,所述加强层包括多根单向增强纤维;以及一对夹层,这一对夹层布置在所述加强层上,各所述夹层均包括多根聚合纤维,其中所述聚合纤维具有较高的扭曲变形能力,并且其中所述加强层和所述夹层被结合到一起,以形成薄毡稳定型织物。

[0017] 在又一实施方式中,公开了一种用于形成薄毡稳定型复合材料的方法,所述方法可包括以下步骤:(1)提供包括纤维增强材料的至少一个加强层,(2)将至少一个夹层定位在所述加强层上,所述夹层包括具有第一扭曲变形能力的非织造聚合纤维,(3)将所述加强层和所述夹层结合到一起以形成薄毡稳定型织物,以及(4)为所述薄毡稳定型织物注入基质材料,所述基质材料具有第二扭曲变形能力,并且(5)处理该材料以使所述基质材料固化,从而形成固体复合材料。

[0018] 根据以下具体说明、附图和随附权利要求书,所公开的薄毡稳定型复合材料的其它方面将变得显而易见。

附图说明

[0019] 图1描绘了示出在施加力时的立方体的体积膨胀的立方体的立体图;

[0020] 图2描绘了在将偏压应变施加到立方体时的图1的立方体的立体图;

- [0021] 图3是所公开的薄毡稳定型复合材料的实施方式的立体图；
- [0022] 图4是所公开的薄毡稳定型复合材料的薄毡稳定型织物的实施方式的侧视图；
- [0023] 图5是所公开的薄毡稳定型复合材料的一部分的详细的横截面视图；
- [0024] 图6是所公开的薄毡稳定型复合材料的薄毡稳定型织物的另一实施方式的侧视图；
- [0025] 图7是所公开的薄毡稳定型复合材料的薄毡稳定型织物的另一实施方式的横截面视图；
- [0026] 图8是用于形成图4的所公开的薄毡稳定型织物的所公开系统的实施方式的示意图；
- [0027] 图9-图12是示意性地例示所公开的薄毡稳定型复合材料的夹层的示例双组分纤维的截面图；
- [0028] 图13是例示用于形成薄毡稳定型复合材料的所公开方法的实施方式的流程图；以及
- [0029] 图14是薄毡几何结构的总体形态的详细的示意俯视图。

具体实施方式

[0030] 以下详细说明参照附图，附图例示了本公开的具体实施方式。具有不同结构和操作的其它实施方式并不脱离本公开的范围。在不同的附图中，相同的附图标记可指代相同的元件或组分。

[0031] 参照图3，所公开的薄毡稳定型复合材料（总体指定为10）的一个实施方式可包括多个注入基质材料16的交替的加强层12和夹层14。本公开提供了由一个或多个夹层14形成的薄毡，这增加了扭曲变形，和/或降低了扩张负荷，以便增加复合材料10内的冯·米塞斯应变。

[0032] 参照图4，至少一个加强层12可被一对夹层14覆盖（例如，覆盖在上纵向表面上和下纵向表面上）。加强层12和夹层14可结合到一起，以形成薄毡稳定型织物18。薄毡稳定型织物18可注入基质材料16（图3），以浸渍加强层12并形成复合材料10（图3）。

[0033] 参照图3和图4，与周围的基质材料16的扭曲变形能力比较，薄毡稳定型织物18可具有相对更高的扭曲变形能力。在第一表述中，薄毡稳定型织物18的扭曲变形能力可比周围的基质材料16的扭曲变形能力大至少5%。在第二表述中，薄毡稳定型织物18的扭曲变形能力可比周围的基质材料16的扭曲变形能力大至少10%。在第三表述中，薄毡稳定型织物18的扭曲变形能力可比周围的基质材料16的扭曲变形能力大至少20%。在第四表述中，薄毡稳定型织物18的扭曲变形能力可比周围的基质材料16的扭曲变形能力大至少30%。在第五表述中，薄毡稳定型织物18的扭曲变形能力可比周围的基质材料16的扭曲变形能力大至少40%。在第六表述中，薄毡稳定型织物18的扭曲变形能力可比周围的基质材料16的扭曲变形能力大至少50%。因此，复合材料10可表现出机械性能的显著改进，诸如抗拉强度和/或应变增加。

[0034] 复合材料10可设计或构造成具有更高的扭曲负荷和更低的扩张负荷，以便增加冯·米塞斯应变。在一个表述中，复合材料10的冯·米塞斯应变可至少为0.300。在另一表述中，复合材料10的冯·米塞斯应变可至少为0.400。在再一表述中，复合材料10可由胺和

环氧树脂(例如,包括至少一种二胺和至少一种环氧树脂的组成)制成。在其它实施方式中,复合材料可包括变化的冯·米塞斯应变结果,并可由不同材料制成。

[0035] 参照图5,图5例示了所公开的复合材料10的单层的示意横截面。夹层14可在加强层12的纤维床和基质材料16的富树脂区23之间附着至增强纤维20。可以认识到,当复合材料10形成有多层时,富树脂区23在各层之间延伸。在某些实施方式中,如图14所示,夹层14可能不一定存在于沿着加强层12的所有点,但图5反映了用于创建夹层14的夹层材料(例如,非织造织物)的面内几何结构。在图14中,薄毡单位面积重量和单丝直径将影响细丝之间每单位面积和间距的细丝数目。如果夹层14的扭曲应变能力足够大于基质材料16的扭曲应变能力,则夹层14将发生扭曲并延迟基质材料16中的应变的发生,使得整体的复合材料10被允许扭曲得大于没有夹层14的情况,为复合材料10提供比将以其它方式从相同的增强纤维-基质材料的组合所得到的抗拉强度更高的抗拉强度。可以认识到,为了提供该优点,可存在着足量的夹层14。

[0036] 仍参照图5,每个加强层12均包括纤维床。例如,加强层12的纤维床可包括由增强纤维20制成的单向织物。增强纤维20可以是连续或不连续的(例如,切开或拉伸断裂的纤维),并且可由任何各种材料形成。在一个示例中,单向增强纤维20可由碳纤维制成。增强纤维20的其它示例包括(并不限于)玻璃纤维、有机纤维、金属纤维、陶瓷纤维和矿物纤维。

[0037] 每个夹层14均可由非织造织物形成,例如具有连续聚合纤维的非织造织物。夹层14可由任何各种热塑性材料形成,但可包括非热塑性纤维而不脱离本公开的范围。夹层纤维可选自与用于形成复合材料10的热固性基质材料16兼容的任何类型的纤维之中。例如,夹层纤维可自由以下所组成的组:聚酰胺、聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺、聚酯、聚丁二烯、聚氨酯、聚丙烯、聚醚、聚砜、聚醚砜、聚苯砜、聚苯硫醚、聚醚酮、聚醚醚酮、聚芳基酰胺、聚酮、聚邻苯二甲酰胺、聚苯醚、聚对苯二甲酸丁二醇酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯或聚酯聚芳酯(例如Vectran[®])。

[0038] 夹层14可以是非织造的,例如被纺粘、被水刺的织物,或网,其中每个夹层14均可由自动化的方法形成并且具有相对较宽的宽度,可能难以或不可能通过编织、编结等形成。被纺粘的织物可由连续旋转并热结合连续纤维生产。这些织物可购自各种各样的来源。首选的织物的单位面积重量一般介于每平方米1克至50克之间,并且更优选地,单位面积重量介于整体的固化复合材料重量的0.25%至5%之间。被水刺的织物可由连续旋转并机械结合连续纤维来制备。这些织物可购自各种各样的来源。首选的被水刺的织物的单位面积重量一般与被纺粘的织物在相同的范围内。网织物结构在经纬方向上每英寸可包含0.5根至15根之间的线。

[0039] 一般而言,夹层14可由与基质材料16(例如,热固性树脂)化学兼容且在注入和固化期间不溶解到基质材料16中的任何各种聚合纤维形成。例如,夹层14在任何较大程度上不应该可溶解于下面的基质材料16,除非为了方便更好地接触和/或粘附在夹层14和基质材料16之间。夹层材料的熔点通常应该在基质材料16的凝胶温度附近或超过基质材料16的凝胶温度,以确保不会损害复合材料性能,诸如升高温度的压缩强度。夹层材料还应该对例如酮、水、喷气燃料和制动流体的溶剂具有良好抗性,以确保复合材料10在暴露于这样的溶剂时不容易使强度下降。

[0040] 复合材料10的扭曲变形能力(可表达为冯·米塞斯应变性能)应该相对于基质材

料16(例如,热固性聚合物树脂)较高,以便在加强材料和周围的基质材料16之间实现最佳的增强纤维-基质材料负荷转移能力。冯·米塞斯应变或应力是从材料中任何给定点的主应力的组合得到的指数,以确定在材料中的哪一点,应力将导致失效。

[0041] 虽然形成基质材料16的自体聚合物树脂具有比夹层材料的聚合纤维22更低的扭曲变形能力(通过较低的冯·米塞斯应变性能表现),但如果夹层材料适当选择为可与基质材料16兼容,则由于围绕加强层12的夹层14,复合材料10的整体机械性能将显著改进。夹层14还可有利于减轻因过热应变而产生的横向微裂纹的影响,特别是在基质材料16中使用高温树脂的复合材料10。

[0042] 基质材料16可包括任何聚合物树脂或任何其它的任何合适的商用或定制树脂系统,其具有与夹层14的物理性能不同的期望的物理性能。这些物理性能的差异导致夹层14的扭曲变形能力比基质材料16的扭曲变形能力更高。例如(并且没有限制),基质材料的可影响其扭曲变形能力的典型物理性能包括(但不限于):相对于夹层材料优良的流体阻力、增加的模数、提高的高温性能、改进的工艺性和/或处理性能(诸如粘性度和粘性寿命)。

[0043] 虽然本公开并未局限于任何特别的操作理论,但应认为,为了给夹层14提供所得到的复合材料10的期望的抗拉强度的增加,夹层材料应该具有一些与基质材料16的化学兼容性(例如化学键、氢键,等等)。

[0044] 返回参照图3和图4,在一执行方案中,一个加强层12可布置在相邻的夹层14之间。夹层14可结合至加强层12,以形成薄毡稳定型织物18。参照图6,在另一执行方案中,两个加强层12可用于形成薄毡稳定型织物18。每个夹层14均可结合至相关联的加强层12,以形成薄毡稳定型织物18。在另一执行方案中,可使用三个或更多个加强层12。在另一执行方案中,可使用四个至十六个加强层12。在另一执行方案中,可使用多于十六个加强层12。

[0045] 在一个实施方式中,夹层14被熔融结合至夹层14被布置在其上的加强层12上。这样的熔融结合发生作用,以在铺放任何多层薄层并随后注入基质材料16期间使加强层12的增强纤维20的取向维持到位。

[0046] 参照图7,可通过将加强层12与夹层14一起下针而编出经编复合材料。首先执行熔融结合,以制造单向材料或稳定的单层织物,该织物然后引入经编机中。针织线或缝纫线24可选自以下各种材料,包括但不限于:聚酯-聚芳酯(例如Vectran[®])、聚芳酰胺(例如Kevlar[®])、聚苯并噁唑(例如Zylon(齐龙)[®])、粘胶(例如Rayon(人造丝)[®])、丙烯酸酯、聚酰胺、碳和纤维玻璃。在期望的地点,在最初铺放加强层12和夹层14之后,可进行针织或缝纫步骤。相同种类的线可用于经由缝合或经由裁绒将局部不同的厚度以机械的方式保持到位。

[0047] 多根缝纫线24可用于将复合材料10(图3)的薄毡稳定型织物18(即,加强层12和夹层14)保持在一起。每根线24(例如,每个缝合)可在交替的方向上延伸通过薄毡稳定型织物18的加强层12和夹层14中的每个层。由此,加强层12和夹层14都可经由缝合进行连接,加强层12和夹层14均未被熔融结合或以其它方式结合到一起。在这方面,夹层14在一些情况下可提供很少的或不提供用于结合或粘附至加强层12的粘性或粘着性。而是,缝合可在加强层12和夹层14之间提供任何必要的连接,和/或机械紧固件可提供对加强层12和夹层14的临时或永久的连接。从而,在未使用“增粘剂”(即,用于使加强层12和夹层14结合的材料)的情况下可形成复合材料10。即,在堆叠期间并在注入基质材料16期间,缝合可将加强层12和夹层14相连接。加强层12和夹层14之间增粘剂的缺乏可增加复合材料10内的基质材料16的

渗透性,并借此方便基质材料向加强层12和夹层14的注入。

[0048] 参照图8,在所公开系统(总体指定为100)的一个实施方式中,加强层12可经由层压制备,其中增强纤维20从筒子架102取下,纱架102容纳增强纤维20(例如,丝束)的多个线轴104,增强纤维20由舒展杆106展开至期望的宽度并与夹层14组合。通过提供单向增强纤维20(例如,碳纤维)的丝束并进而将从辊108馈送的薄毡夹层14层压至加强层12,可将诸如层压器或卧式炉的装置与压力辊组合用于制备加强层12。夹层14可在热和/或压力下被熔融结合至加强层12的一个或两面,以生产出例如经由炉110和/或经由通过加热辊112之间使夹层14熔融结合至加强层12的干燥的薄毡稳定型织物18。

[0049] 图4示出了使夹层14熔融结合至加强层12的两面的薄毡稳定型织物18的结构。在另选实施方式中,夹层14可仅被熔融结合至加强材料12的一面。然而,优选的是将夹层14熔融结合到加强层12的两面,以生产出具有更容易的操作性的薄毡稳定型织物18。

[0050] 复合材料10(图3)可经由一些工艺制造,以生产出宽度可介于1英寸至300英寸之间的预浸料或预制件。通常,复合材料10的宽度可至少约为50英寸。

[0051] 在一个执行方案中,复合材料10可生产为随后使用液体树脂注入来模制(例如,液体模制)的预制件。该预制件可包括铺放在模具中的至少一个薄毡稳定型织物18(即,多个交替的加强层12和夹层14)。薄毡稳定型织物18预制件可注入基质材料16(诸如热固性树脂),使用液体模制来完全润湿预制件。在为预制件注入基质材料16之后,复合材料10可在模具中被加热,以使基质材料16凝胶、凝结并固化而形成最终复合材料部件。

[0052] 在另一执行方案中,复合材料10可生产为预浸渍的(即,预浸料)复合材料。在铺放于模具中之前将基质材料16施加到薄毡稳定型织物18,以形成预浸料。在为薄毡稳定型织物18预浸渍基质材料16之后,可铺放复合材料10并在模具中加热复合材料10,以使基质材料16凝胶、凝结并固化而形成最终复合材料部件。

[0053] 常见的是制备由包括两个或更多个层或薄层的多轴向预制件织物制成的复合材料。在期望的情况下,可重复薄层的图案,以实现期望的厚度。当期望积聚期望的厚度时,镜像复合材料薄层堆叠可用于防止固化后由于在升高的温度下使树脂固化之后产生的热应力所导致的弯曲和扭曲。在这样的情况下,总的铺放可由几组均衡的薄层构成,或者被交替地铺放以使薄层平衡。该实践在本领域中是常见的,并被完成以确保各部分的制造没有产生不希望的扭曲。

[0054] 在一个实施方式中,复合材料10可铺放于准各向同性图案中。准各向同性图案近似于纤维面内的各向同性材料。这还被称为横向各向同性。准各向同性图案的示例为铺放于0/+45/90/-45格局中的薄层。另一准各向同性图案可包括+45/0/45/-90格局。另一准各向同性图案可包括-45/0/+45/90格局。再一准各向同性图案可包括0/+60/-60格局。

[0055] 在另一实施方式中,复合材料10可铺放于正交各向异性图案中。正交各向异性意指具有这样的纤维或单元:使得在比如准各向同性图案的面内,最终结果并非准各向同性。正交各向异性图案的示例是:纤维的44%为0°,22%为+45°,22%为-45°,并且12%为90°。在该示例中,实现了比准各向同性(25/50/25)铺放更大的纵向强度(沿着0°方向)以及更低的剪切强度($\pm 45^\circ$ 方向)和横向强度(90°方向)。与准各向同性薄层比较,所得到的建成的薄层在0°方向上提供了更高的强度和厚度,却提供了更低的剪切强度和厚度(由 $\pm 45^\circ$ 层所提供)。相应地,在该示例中,90°的强度低于准向性薄层(quasi-tropic laminate)。术语正

交各向异性在本领域中很好理解。例如,0°的织物为正交各向异性,以及不会导致面内性能的平衡平均化(即准各向同性)的任何其它图案。另外,可根据需要或首选地选择不同于0°、90°和±45°的角度,以获得期望的强度和刚度。

[0056] 在所使用的无论哪种工艺中,夹层14是轻质而多孔的,以尽量减少加强层12的扭曲,并且在将基质材料16注入加强层12期间减少基质材料16流过夹层14的阻力。

[0057] 夹层14可由改进得到的复合材料10的具体特性(诸如抗拉强度)的材料形成,而不管夹层材料的粘性如何。夹层14应该由扭曲变形能力比基质材料16更高的材料形成。得到的复合材料10的抗拉强度在一些情况下可大于在可形成有由不同材料制成的夹层的类似尺寸的复合材料中所实现的抗拉强度。进一步地,得到的复合材料10的抗拉强度在一些情况下可大于可以在形成有相邻布置的加强层(其间没有夹层)的类似尺寸的复合材料中所实现的抗拉强度。由此,增加夹层14的扭曲变形能力应该总体增加了复合材料10的抗拉强度。

[0058] 夹层14可由单种材料或两种或更多种材料制成。参照图9-图12,夹层纤维可包括可用来替代单组分纤维的双组分纤维。例如,可通过将不同的纤维以机械的方式混合来制备两种或更多种材料,这用于创建被纺粘的、被水刺的或网织物夹层材料。两种或更多种材料可用于形成双组分纤维、三组分纤维或更多组分的纤维,以创建夹层材料。图9-图12中示意性地例示了双组分纤维的非限制性示例。例如,图9示出了通过把纤维材料A和纤维材料B共挤压而制成的纤维的横截面。可经由具有两个出口的喷丝板来生产这样的纤维。作为另一示例,图10示出了由材料A和B制成的双组分纤维,这将通过四个喷丝板进行挤压来生产。作为另一示例,图11示出了由材料A和B制成的双组分纤维,这将通过八个喷丝板进行挤压来生产。作为又一示例,双组分纤维可以以芯鞘型纤维的形式使用,诸如图12中例示的纤维。在芯鞘型纤维中,一种类型的纤维材料(如图12中的B例示)可挤压为芯,而另一类型的纤维材料(如图12中的A例示)可挤压为鞘。例如,双组分纤维可由聚氨酯和聚酰胺制成。作为另一示例,鞘可由聚氨酯制成,并且芯可由聚酰胺制成。

[0059] 双组分纤维(诸如图9-图12例示的纤维)和包含多于两种组分的其它纤维是本领域众所周知的,并且可以经由一些常规过程制成。另外,虽然图9-图12中的纤维示意性地例示成圆形横截面,但可以理解,可使用其它横截面。

[0060] 在通过使不同的纤维以机械的方式混合而制成的多组分夹层14的一个实施方式中,非热塑性纤维可与热塑性纤维组合,以使仍能够被熔融结合至增强纤维12的混合材料夹层形成预制件织物或预浸料。非热塑性纤维的非限制性示例包括:由碳纤维、碳纳米纤维和/或碳纳米管制成的毛毡或垫;由玻璃、陶瓷、金属或矿物纤维制成的毛毡或垫,或者晶须(whisker);碳纤维、碳纳米纤维、碳纳米管、玻璃纤维、陶瓷纤维、金属纤维、矿物纤维或聚合纤维,诸如对位芳纶(例如Kevlar、Twaron)、粘胶(例如人造丝),或者利用或不利用粘合剂直接沉积到热塑性薄毡上并且利用或不利用加热以辅助将非热塑性纤维固定到热塑性纤维而处理的其它热固型纤维。另外,还可以组合这些材料。在这些示例中,只要热塑性和其它纤维的组合生产出扭曲能力大于基质16的夹层14,应该就可以增加复合材料10的整体抗拉强度。

[0061] 在一个执行方案中,构成夹层材料的纤维22的直径可从1微米至100微米。在另一执行方案中,构成夹层材料的纤维22的直径可从10微米至75微米。在另一执行方案中,构成

夹层材料的纤维22的直径可从10微米至30微米。在另一执行方案中,构成夹层材料的纤维22的直径可从1微米至15微米。在另一执行方案中,构成夹层的纤维22包括不同单丝直径的组合。

[0062] 如上所述,薄毡稳定型织物18可包括单个加强层12(图4)或多个加强层12(图6)。虽然单层的薄毡稳定型织物18可经由预浸渍而注入基质材料16以形成未固化的复合材料10,但更优选的是使用可经由各种液体模制工艺注入基质材料16的多层薄毡稳定型织物18,以形成可以随后被固化而形成固体薄层的复合材料10。例如,在一种工艺—真空辅助的树脂传递模制中,基质材料16(诸如树脂)在真空下被引入到容纳多层薄毡稳定型织物18的模具。

[0063] 模具通常限定出对应于成品复合材料部件的期望轮廓的一个或多个表面,使得以期望的配置来支撑多层薄毡稳定型织物18。基质材料16注入薄毡稳定型织物18中的各层,并且使夹层14之间的加强层12饱和。夹层14必须由在液体模制期间能透过以允许基质材料16流动的材料制成。可选地,加强层12和夹层14之间的缝线24(图7)可在注入基质材料16期间将每个薄毡稳定型织物18保持到位。

[0064] 模具可以是用于容纳真空的密闭容器状装置。在通常被称为树脂传递模制的另一工艺中,基质材料16(例如,热固性树脂)在压力下被注入到密闭模具中。优选地,模具被封装在密封袋中,使得树脂被引入并且空气和挥发物从袋内侧被去除。可以认识到,其它液体模制工艺可用于制备固化的复合材料10。

[0065] 紧随在诸如上述的工艺中注入基质材料16之后,模具可被加热使基质材料16固化,以生产出固化的复合材料10(例如,成品复合材料部件)。在加热期间,基质材料16与本身起反应,以在复合材料10的基质中形成交联。在最初的加热期之后,基质材料16凝胶。在凝胶时,基质材料16不再流动,而是表现为固体。优选地,基质材料16在低于夹层14的夹层材料的熔点的温度下凝胶,以便防止夹层材料熔融并流动到加强材料中。凝胶后,温度可上升直到最终温度,以完成固化。最终固化温度取决于所选基质材料16的性质和性能。针对航空航天级的环氧树脂的情况,常规的是在凝胶后使温度上升直到325°F至375°F的温度范围,并在该温度下保持1小时至6小时以完成固化。

[0066] 与未改性的复合材料比较,由至少一个薄毡稳定型织物18形成的所得到的复合材料10已经显示显著地增加复合材料10的抗拉强度。强度临界结构的研究已经比较了具有能够高度扭曲的夹层14(沿着结构增强纤维20存在并与基质材料16完全接触)的所公开复合材料10的设计和结构。针对以千磅每平方英寸(ksi)为单位测量的开孔拉伸(OHT, Open Hole Tensile)强度来测试复合材料10。OHT测试的性能结果与根据ASTM D5766制成并测试的面板进行比较。

[0067] 与不具有夹层的参考材料比较,显示了使用具有夹层的Cytec 5320-1树脂和T800S增强纤维以形成薄毡稳定型复合材料所得到的复合材料10的一组OHT测试已经增加了20%至30%的抗拉强度性能。

[0068] 与在-75°F的温度下不具有夹层的参考材料比较,显示了使用具有夹层的Cytec 5320-1树脂和T800S增强纤维以形成薄毡稳定型复合材料所得到的复合材料10的另一组OHT测试已经增加了10%至20%的抗拉强度性能。

[0069] 与不具有夹层的相同材料比较,显示了使用Cytec 9700树脂和具有T300-3K-PW增

强纤维的PA1470薄毡夹层以形成薄毡稳定型复合材料所得到的复合材料10的另一组OHT测试已经增加了5%至15%的抗拉强度性能。

[0070] 另外,如果选择适当,则包含夹层14的所公开复合材料10可同时具备提高的抗拉强度和改进的耐冲击破坏。例如,与不具有夹层的相同材料比较,使用Cytec 9700树脂和具有T300-3K-PW增强纤维的PA1470薄毡夹层以形成薄毡稳定型复合材料所得到的复合材料10已经增加了50%-55%的压缩后的冲击强度性能。

[0071] 假设由至少一种薄毡稳定型织物形成的复合材料10可改进扭曲变形能力,这是因为当增强纤维经历负荷时,加强材料的微观尺度裂纹周围(可视为沿着纵轴的失效起始部位)的负荷发生了转移。在裂纹周围重新分配负荷的这种能力可允许复合材料10无失效地继续维持负荷。

[0072] 参照图13,还公开了一种用于制造薄毡稳定型复合材料的方法(总体指定为200)。方法200可开始于块202的步骤:提供至少一个加强层。每个加强层均可由多根结构增强纤维形成。

[0073] 如块204示出的,可将至少一个夹层定位在加强层上。每个夹层均可由多根非织造聚合纤维形成。夹层可具有第一扭曲变形能力。

[0074] 如块206示出的,可将加强层和夹层结合到一起,以形成薄毡稳定型织物的层。或者在预浸料的途径中或者在预制件的途径中,可为薄毡稳定型织物(即,结合至至少一个加强层的至少一个夹层)注入基质材料。在任一途径中,在注入基质材料之前,可将加强层和夹层结合到一起,以形成薄毡稳定型织物的单独层。基质材料可具有第二扭曲变形能力。第一扭曲变形能力可大于第二扭曲变形能力。

[0075] 在预制件的途径中,例如在模具中,可使薄毡稳定型织物的至少一个层形成最终复合材料部件的形状。如块208示出的,在另一执行方案中,可将多个层铺放于例如模具中,以形成最终复合材料部件的形状。

[0076] 如块210示出的,可将基质材料注入到薄毡稳定型织物的多个被铺放的层中,以形成加固的复合材料。

[0077] 如块212示出的,可例如在一炉中使复合材料(即,注入了基质材料的薄毡稳定型织物的至少一个层)固化,以形成固化的复合材料部件。

[0078] 在预浸料的途径中,可颠倒块208和210。薄毡稳定型织物的每个层均可注入(例如在至少一侧上涂覆有)基质材料,以形成加固的复合材料。可选地,然后可使薄毡稳定型复合材料部件地固化。然后可覆盖部分地固化的薄毡稳定型复合材料的每个层,用于存储和/或运输。例如在具有复合材料部件的形状的模具中,可将薄毡稳定型复合材料的多个层铺放成形成最终复合材料部件的形状。可例如在一炉中使复合材料固化,以形成固化的复合材料部件。

[0079] 从而,与被基质材料围绕的加强层比较,所公开的复合材料10可具有相对较高的扭曲变形能力(例如,抗拉强度)。这允许生产出更高强度的复合材料,而无需更高的成本和更高强度的增强纤维。结合至加强层的适当选择的夹层形成了薄毡稳定型织物,该薄毡稳定型织物创建出围绕加强层增强纤维的区域,这优化了基质材料-纤维横跨纤维不连续处或缺陷的负荷转移,借此改进了复合材料的机械性能。

[0080] 进一步,本公开包括根据以下条款的实施方式:

- [0081] 1、一种薄毡稳定型复合材料,该薄毡稳定型复合材料包括:
- [0082] 多个加强层,所述多个加强层中的每个加强层均包括增强纤维;
- [0083] 多个夹层,所述多个夹层被交替地布置在所述加强层之间并被结合至所述加强层,所述多个夹层中的每个夹层均包括非织造织物,其中所述非织造织物包括第一扭曲变形能力;以及
- [0084] 基质材料,所述基质材料被注入到所述多个加强层和所述多个夹层中,所述基质材料包括第二扭曲变形能力;
- [0085] 其中所述第一扭曲变形能力大于所述第二扭曲变形能力。
- [0086] 2、根据条款1所述的复合材料,其中,所述非织造织物包括多根连续的聚合纤维。
- [0087] 3、根据条款1所述的复合材料,其中,所述非织造织物包括机械混合的不同纤维。
- [0088] 4、根据条款1所述的复合材料,其中,所述非织造织物包括多根多组分纤维。
- [0089] 5、根据条款1所述的复合材料,其中,所述非织造织物通过由纺粘、水刺和织物网格组成的组中的至少一个形成。
- [0090] 6、根据条款1所述的复合材料,其中,所述多个夹层中的至少一个夹层被熔融结合至所述多个加强层中的每个加强层。
- [0091] 7、根据条款1所述的复合材料,所述复合材料进一步包括:穿过所述多个加强层和所述多个夹层延伸的缝合线。
- [0092] 8、根据条款1所述的复合材料,其中,所述非织造织物包括选自以下材料组成的组的纤维:聚酰胺、聚酰亚胺、聚酰胺-酰亚胺、聚酯、聚丁二烯、聚氨酯、聚丙烯、聚醚酰亚胺、聚砜、聚醚砜、聚苯砜、聚苯硫醚、聚醚酮、聚醚醚酮、聚芳基酰胺、聚酮、聚邻苯二甲酰胺、聚苯醚、聚对苯二甲酸丁二醇酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚酯-聚芳酯以及这些材料的组合。
- [0093] 9、根据条款8所述的复合材料,其中,所述非织造织物进一步包括非热塑性纤维。
- [0094] 10、根据条款1所述的复合材料,其中,当所述基质材料被注入到所述多个加强层中并被固化时,所述多个夹层适于保持完整。
- [0095] 11、根据条款1所述的复合材料,其中,所述增强纤维包括碳纤维。
- [0096] 12、根据条款1所述的复合材料,其中,所述基质材料被预浸渍在所述多个加强层的每个加强层和结合至所述加强层的所述多个夹层的至少一个夹层内。
- [0097] 13、根据条款1所述的复合材料,其中,所述基质材料被液体模制在所述多个加强层和所述多个夹层内。
- [0098] 14、一种薄毡稳定型复合材料,该薄毡稳定型复合材料包括:
- [0099] 加强层,所述加强层包括多根单向增强纤维;以及
- [0100] 一对夹层,这一对夹层被布置在所述加强层上,所述夹层均包括多根聚合纤维,
- [0101] 其中所述聚合纤维包括第一扭曲变形能力,并且
- [0102] 其中所述加强层和所述夹层被结合到一起,以形成薄毡稳定型织物。
- [0103] 15、根据条款14所述的复合材料,其中,所述薄毡稳定型织物预浸渍有基质材料,所述基质材料包括第二扭曲变形能力,所述第二扭曲变形能力小于所述第一扭曲变形能力。
- [0104] 16、根据条款14所述的复合材料,其中,所述薄毡稳定型织物液体模制有基质材

料,所述基质材料包括第二扭曲变形能力,所述第二扭曲变形能力小于所述第一扭曲变形能力。

[0105] 17、一种用于形成复合材料的方法,所述方法包括以下步骤:

[0106] 提供包括由增强纤维形成的加强材料的至少一个加强层;

[0107] 将至少一个夹层定位在所述加强层上,所述夹层包括由具有第一扭曲变形能力的非织造聚合纤维形成的夹层材料;

[0108] 将所述加强层和所述夹层结合到一起以形成薄毡稳定型织物;以及

[0109] 为所述薄毡稳定型织物注入基质材料以形成复合材料,所述基质材料具有第二扭曲变形能力。

[0110] 18、根据条款17所述的方法,其中,所述第一扭曲变形能力大于所述第二扭曲变形能力。

[0111] 19、根据条款17所述的方法,其中,使所述加强层和所述夹层熔融结合。

[0112] 20、根据条款17所述的方法,所述方法进一步包括使所述复合材料固化的步骤。

[0113] 虽然已经示出并描述了所公开的复合材料的各方面,但在阅读说明书的基础上本领域技术人员可做出修改。本申请包括这样的修改,并且仅由权利要求书的范围进行限制。

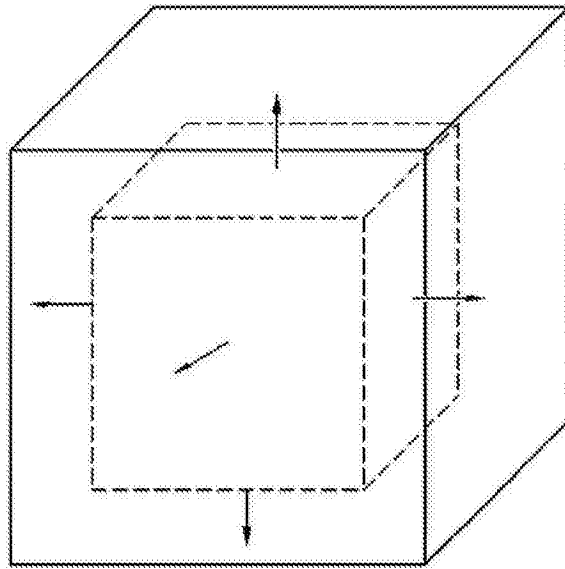


图1

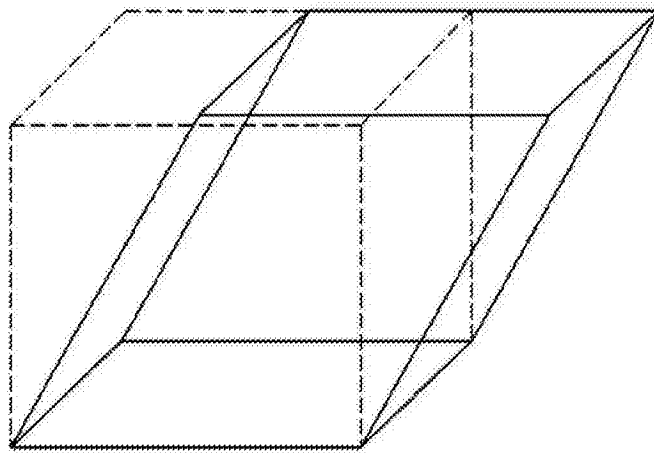


图2

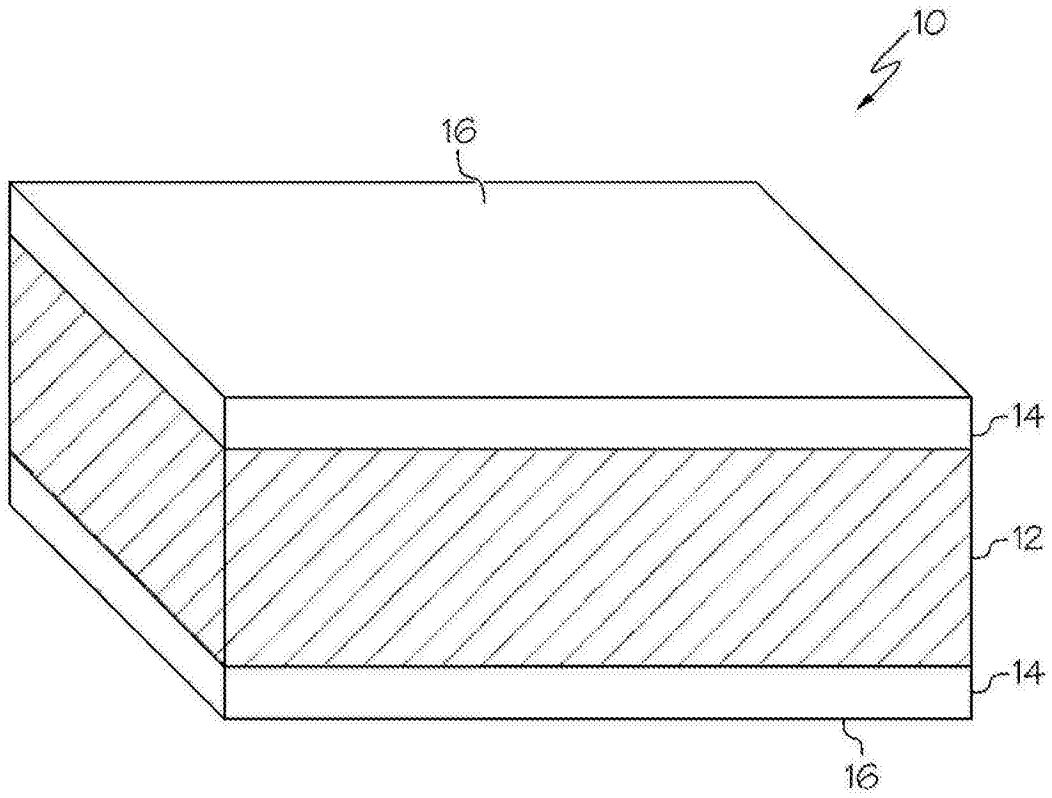


图3

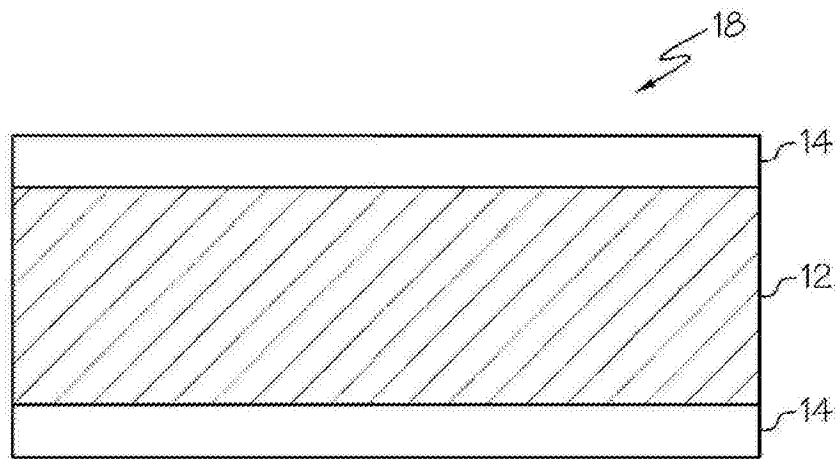


图4

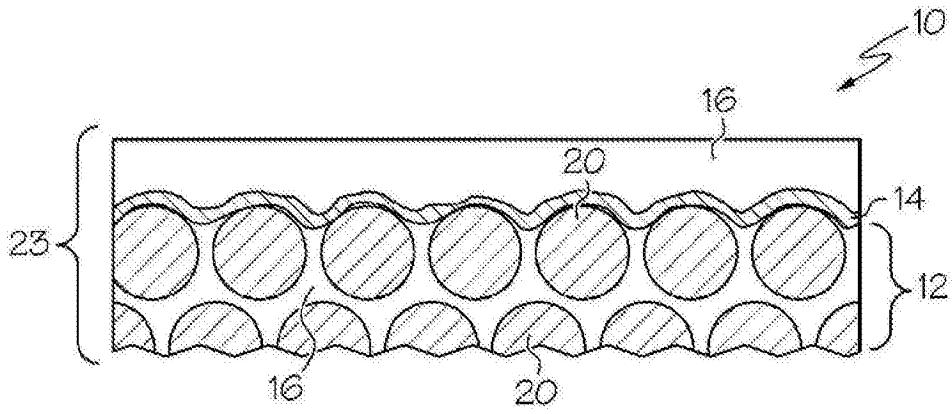


图5

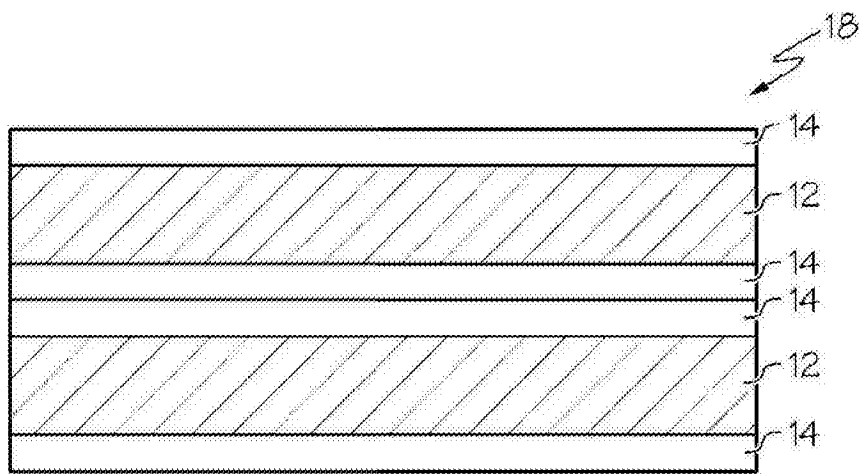


图6

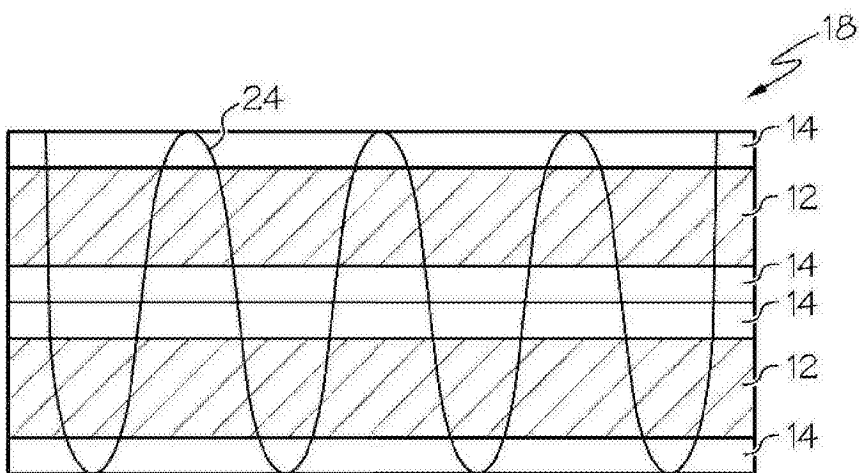


图7

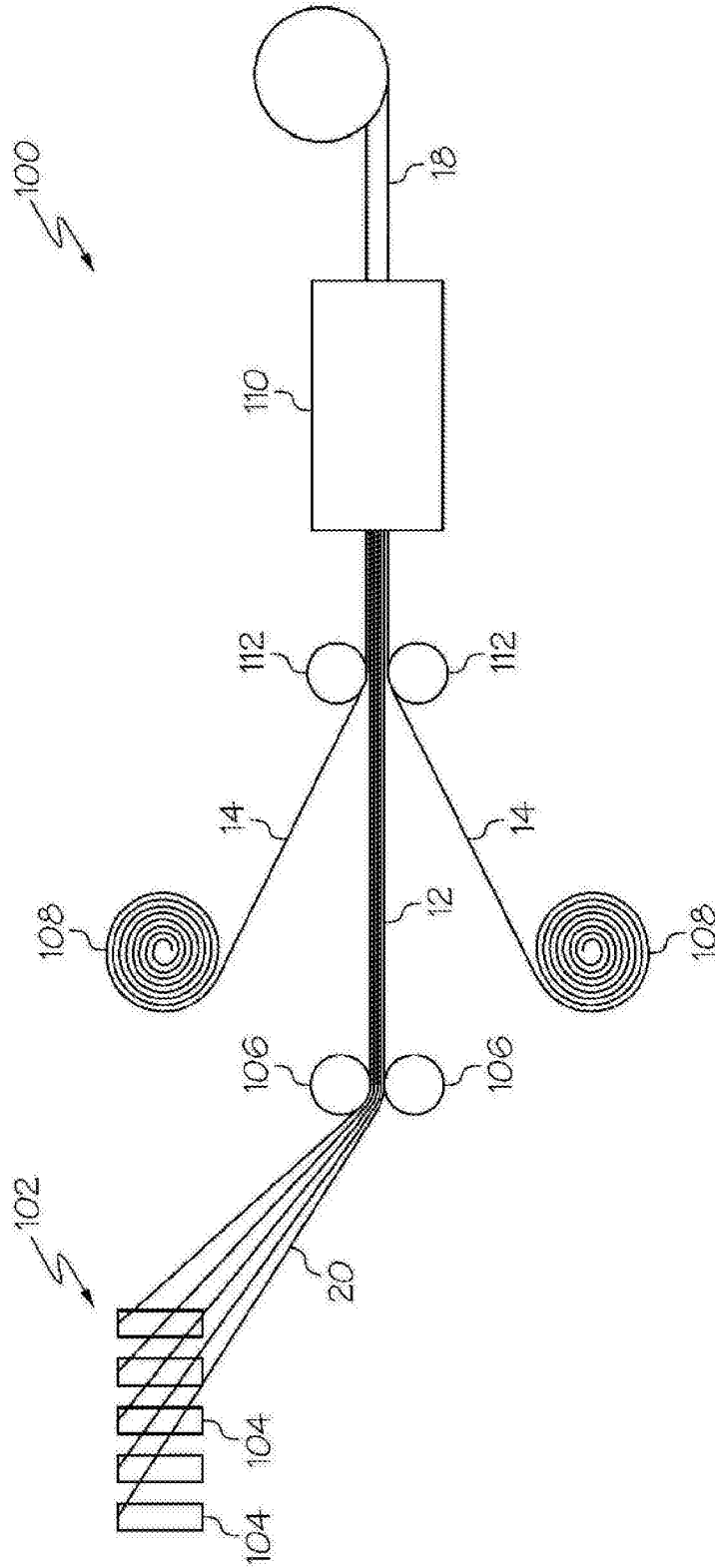


图8

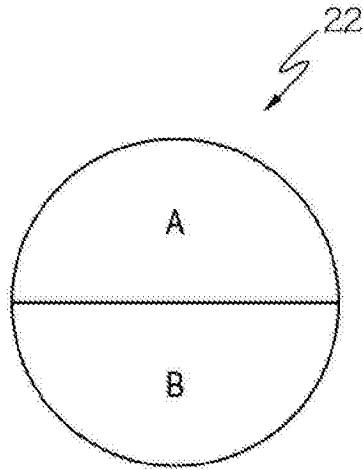


图9

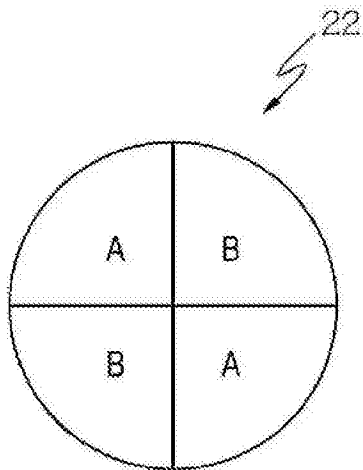


图10

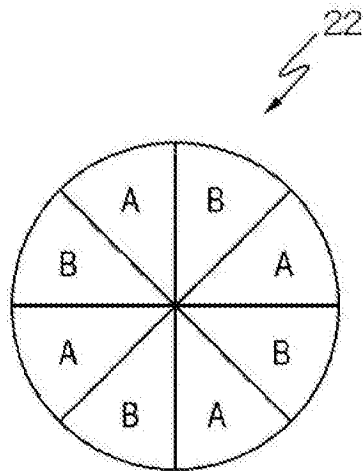


图11

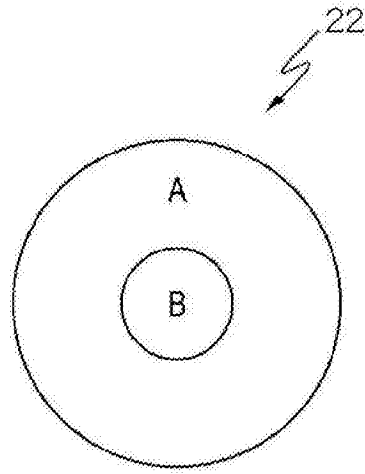


图12

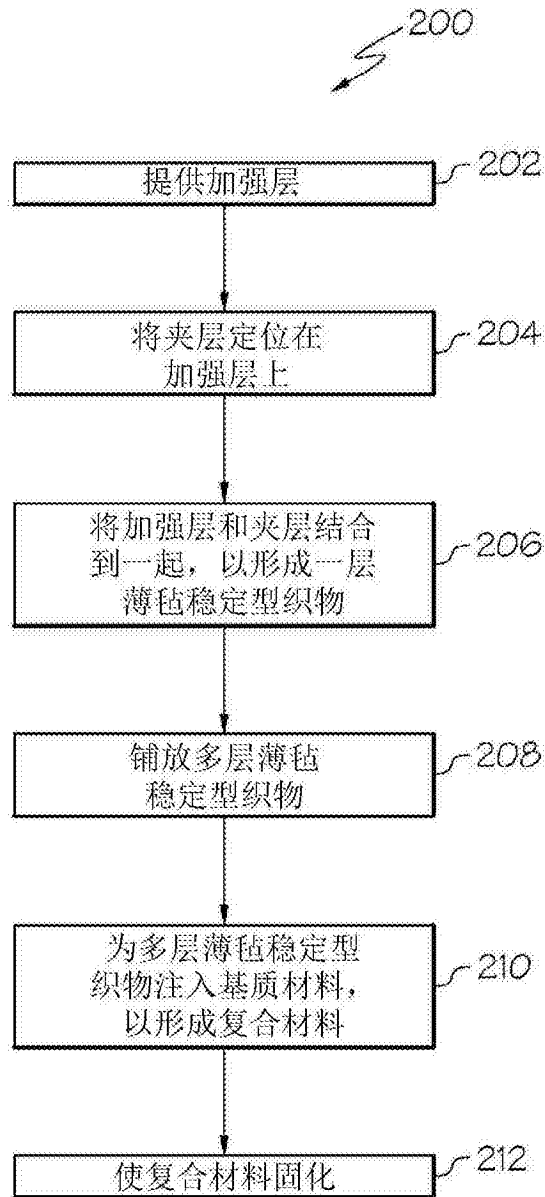


图13

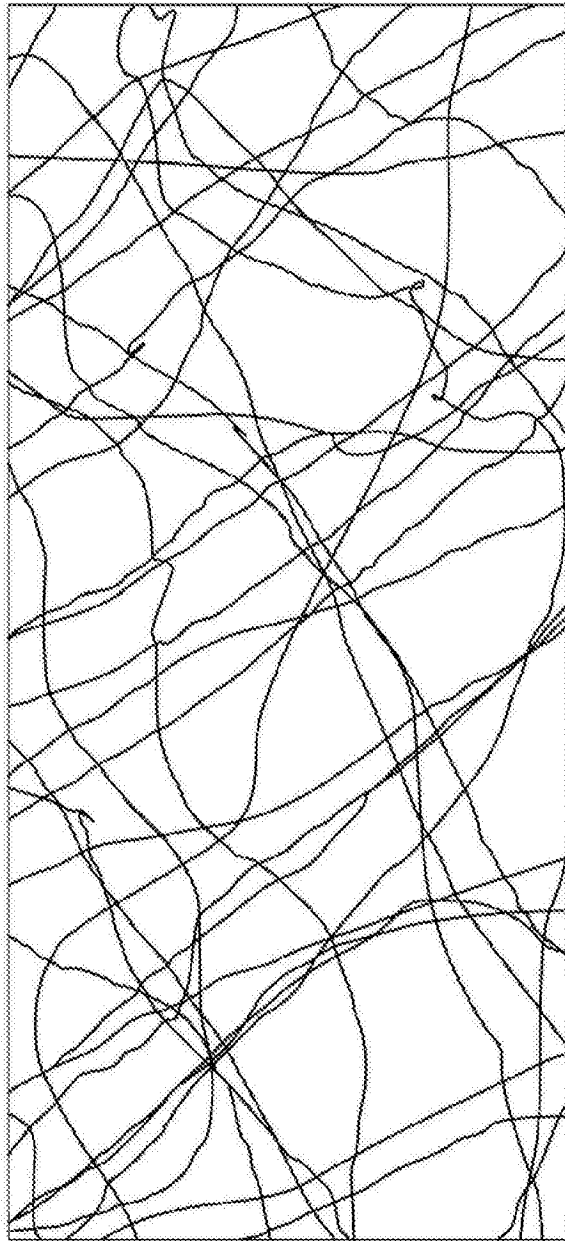


图14