



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110194271 A

(43)申请公布日 2019.09.03

(21)申请号 201811552202.1

(22)申请日 2018.12.19

(30)优先权数据

15/904,958 2018.02.26 US

(71)申请人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 M·S·威伦斯基 M·P·科扎

(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 赵志刚 赵蓉民

(51)Int.Cl.

B64D 37/32(2006.01)

权利要求书3页 说明书9页 附图5页

(54)发明名称

动能吸收方法和动能吸收增强复合材料制品

(57)摘要

本发明公开了一种动能吸收方法和一种动能吸收增强复合材料制品。一种增强复合材料制品包含第一板层、第二板层和第三板层。第一界面材料位于第一板层和第二板层之间。第二界面材料位于第二板层和第三板层之间。材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定图案被分配到在第一界面材料中确定的选定位置或分配在与第二界面材料相比在第一界面材料中确定的选定位置之间。该图案足以可测量地改变粘附性、韧性、强度、模量或其组合。该制品允许当第一、第二和第三板层从动能接收高于分离阈值的力时,通过使第一板层从第二板层和/或使第二板层从第三板层部分地分层,将载荷分配在图案上。

1. 一种动能吸收方法,其包括:

提供一种增强复合材料制品,其包括:

第一板层、不同于所述第一板层的第二板层以及不同于所述第一板层和所述第二板层的第三板层;

在所述第一板层和所述第二板层之间的第一界面材料;

在所述第二板层和所述第三板层之间的第二界面材料;

材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定图案(30、44、54),所述指定图案被分配到在所述第一界面材料中确定的选定位置或分配在与所述第二界面材料相比在所述第一界面材料中确定的选定位置之间;

所述图案足以可测量地改变粘附性、韧性、强度、模量或其组合;以及

至少部分地包封所述第一板层、所述第二板层和所述第三板层的基体材料;并且

当所述第一板层、所述第二板层和所述第三板层从动能接收高于分离阈值的力时,通过使所述第一板层从所述第二板层和/或使所述第二板层从所述第三板层部分地分层,将载荷分配在所述图案上。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一界面材料接触所述第一板层和所述第二板层两者,并且所述第二界面材料接触所述第二板层和所述第三板层两者。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中:

所述复合材料制品是纤维增强的,并且所述第一板层、所述第二板层和所述第三板层是纤维板层,或者,所述复合材料制品是膜增强的,并且所述第一板层、所述第二板层和所述第三板层是膜板层;并且

所述第一界面材料和所述第二界面材料独立地包括选自粘合剂、偶联剂、剥离剂、高分子膜、粘合剂膜、增韧剂膜、剥离膜、遮织物或其组合的材料。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其中所述图案包括选自以下项的几何结构:正方形、圆形、椭圆形、三角形、星形、矩形、线条、波浪线、随机图案及其组合。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,其中所述第一界面材料包括界面材料盘的多个第一区域(32)的图案和界面材料盘的多个第二区域(34)的图案,所述多个第一区域中的每一个具有覆盖面积,所述多个第二区域中的每一个具有比所述第一区域的所述覆盖面积小的覆盖面积。

6. 根据权利要求1或2所述的方法,其中:

所述图案是第一图案并且所述制品进一步包括:

材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第二图案,所述第二图案被分配到在所述第二界面材料中确定的选定位置;并且

所述第二图案足以将粘附性、韧性、强度、模量或其组合可测量地改变到与所述第一图案不同的程度;并且

所述方法进一步包括:

通过使所述第一板层从所述第二板层并使所述第二板层从所述第三板层部分地分层,将所述载荷分配在所述第一图案和所述第二图案上。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中:

所述复合材料制品还包括:

不同于所述第一板层、所述第二板层和所述第三板层的第四板层；

在所述第三板层和所述第四板层之间的第三界面材料；

材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第三图案，所述第三图案被分配到在所述第三界面材料中确定的选定位置；并且

所述第三图案足以将粘附性、韧性、强度、模量或其组合可测量地改变到与所述第一图案和所述第二图案不同的程度；并且

所述方法进一步包括：

通过附加地使所述第三板层从所述第四板层部分地分层，将所述载荷分配在所述第一图案、所述第二图案和所述第三图案上。

8. 根据权利要求1或2所述的方法，其中：

所述第三板层是背侧板层(14b、24b)，另一个指定图案被分配在所述第二界面材料中，所述第二界面材料是剥离材料(16)，并且所述第二界面材料与所述第二板层和所述第三板层两者接触；并且

所述载荷的所述分配进一步包括：

用具有动能的物体施加所述载荷；

在所述物体穿过所述第一板层之后用所述第三板层捕获所述物体；并

且

使所述第三板层从所述第二板层部分地分层。

9. 根据权利要求1或2所述的方法，其中：

所述第二板层和所述第三板层是背侧板层(14b、24b)，所述第一界面材料是剥离材料(16)，所述第一界面材料接触所述第一板层和所述第二板层两者，另一指定图案被分配在所述第二界面材料中，所述第二界面材料是剪切材料，并且所述第二界面材料接触所述第二板层和所述第三板层两者，并且

所述载荷的所述分配进一步包括：

用具有动能的物体施加所述载荷；

在所述物体穿过所述第一板层之后用所述第二板层和所述第三板层捕获所述物体；

使所述第二板层从所述第一板层部分地分层；并且

通过剪切所述第二界面材料促进所述第二板层和所述第三板层之间的自由移动。

10. 一种动能吸收增强复合材料制品，其包括：

第一板层、不同于所述第一板层的第二板层以及不同于所述第一板层和所述第二板层的第三板层；

在所述第一板层和所述第二板层之间的第一界面材料；

在所述第二板层和所述第三板层之间的第二界面材料；

材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定图案(30、44、54)，所述指定图案被分配到在所述第一界面材料中确定的选定位置或分配在与所述第二界面材料相比在所述第一界面材料中确定的选定位置之间；

所述图案足以可测量地改变粘附性、韧性、强度、模量或其组合；以及

至少部分地包封所述第一板层、所述第二板层和所述第三板层的基体材料。

11. 根据权利要求10所述的制品，其中所述制品是飞机燃料囊。

12. 根据权利要求10或11所述的制品,其中所述第一界面材料接触所述第一板层和所述第二板层两者,并且所述第二界面材料接触所述第二板层和所述第三板层两者。

13. 根据权利要求10或11所述的制品,其中:

所述复合材料制品是纤维增强的,并且所述第一板层、所述第二板层和所述第三板层是纤维板层,或者,所述复合材料制品是膜增强的,并且所述第一板层、所述第二板层和所述第三板层是膜板层;并且

所述第一界面材料和所述第二界面材料独立地包括选自粘合剂、偶联剂、剥离剂、高分子膜、无纺布粘合剂膜、无纺布增韧剂膜、无纺布剥离膜、遮织物及其组合的材料。

14. 根据权利要求10或11所述的制品,其中所述图案包括选自以下项的几何结构:正方形、圆形、椭圆形、三角形、星形、矩形、线条、波浪线、随机图案及其组合。

15. 根据权利要求10或11所述的制品,其中第一界面材料包括界面材料盘的多个第一区域(32)的图案和界面材料盘的多个第二区域(34)的图案,所述多个第一区域中的每一个具有覆盖面积,所述多个第二区域中的每一个具有比所述第一区域的所述覆盖面积小的覆盖面积。

16. 根据权利要求10或11所述的制品,其中所述图案是第一图案并且所述制品进一步包括:

材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第二图案,所述第二图案被分配到在所述第二界面材料中确定的选定位置;以及

所述第二图案足以将粘附性、韧性、强度、模量或其组合可测量地改变到与所述第一图案不同的程度。

17. 根据权利要求16所述的制品,其中所述复合材料制品还包括:

不同于所述第一板层、所述第二板层和所述第三板层的第四板层;

在所述第三板层和所述第四板层之间的第三界面材料;

材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第三图案,所述第三图案被分配到在所述第三界面材料中确定的选定位置;并且

所述第三图案足以将粘附性、韧性、强度、模量或其组合可测量地改变到与所述第一图案和所述第二图案不同的程度。

18. 根据权利要求10或11所述的制品,其中所述第三板层是背侧板层(14b、24b),另一个指定图案被分配在所述第二界面材料中,所述第二界面材料是剥离材料(16),并且所述第二界面材料与所述第二板层和所述第三板层两者接触。

19. 根据权利要求10或11所述的制品,其中所述第二板层和所述第三板层是背侧板层(14b、24b),所述第一界面材料是剥离材料(16),所述第一界面材料接触所述第一板层和所述第二板层两者,另一指定图案被分配在所述第二界面材料中,所述第二界面材料是剪切材料,并且所述第二界面材料接触所述第二板层和所述第三板层两者。

动能吸收方法和动能吸收增强复合材料制品

技术领域

[0001] 本发明涉及一种动能吸收方法和一种动能吸收增强复合材料制品。

背景技术

[0002] 飞机、航天器和其他结构可能受到各种外来物体的撞击。示例包括碎片(诸如轮胎胎面、岩石等)、冰雹、微流星体等。结构的破坏会严重损坏内部部件并影响结构完整性,甚至导致飞机、航天器和其他交通工具结构的灾难性损失。

[0003] 携带燃料的飞机、航天器和其他交通工具结构可能在地面撞击期间遭受燃料外壳的破坏。存在各种自密封燃料囊和撞击外壳结构,其目的是在这种事件期间抵抗燃料外壳的破坏。考虑这些目的设计的已知燃料囊和外壳结构通常由织物或单向纤维制成。然而,期望减少燃料囊和外壳结构的质量,同时仍然提供同样的抗破坏性或增加抗破坏性。

[0004] 因此,应当理解,减少结构破坏的更有效的材料对于受到外来物体撞击的飞机、航天器和其他交通工具结构将是有益的。更有效的材料表现出更高的比强度(强度/密度),有时称为强度重量比。类似地,更有效的抗破坏燃料囊和外壳结构将是有益的。与已知的结构材料相比,具有更高效的材料以更少质量的结构材料保持或增加了对破坏的抵抗力。

发明内容

[0005] 一种动能吸收方法包括提供一种增强复合材料制品,所述增强复合材料制品包含第一板层、不同于第一板层的第二板层以及不同于第一板层和第二板层的第三板层。第一界面材料位于第一板层和第二板层之间。第二界面材料位于第二板层和第三板层之间。材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定图案被分配到在第一界面材料中确定的选定位置或分配在与第二界面材料相比在第一界面材料中确定的选定位置之间。该图案足以可测量地改变粘附性、韧性、强度、模量或其组合。基体材料至少部分地包封第一板层、第二板层和第三板层。该方法另外包括当第一板层、第二板层和第三板层从动能接收高于分离阈值的力时,通过使第一板层从第二板层和/或使第二板层从第三板层部分地分层,将载荷分配在图案上。

[0006] 一种动能吸收增强复合材料制品包括第一板层、不同于第一板层的第二板层以及不同于第一板层和第二板层的第三板层。第一界面材料位于第一板层和第二板层之间。第二界面材料位于第二板层和第三板层之间。该制品包括材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定图案,该图案被分配到在第一界面材料中确定的选定位置或分配在与第二界面材料相比在第一界面材料中确定的选定位置之间。该图案足以可测量地改变粘附性、韧性、强度、模量或其组合。基体材料至少部分地包封第一板层、第二板层和第三板层。

[0007] 另一种动能吸收增强复合材料制品包括内板层、不同于内板层的第一背侧板层以及不同于内板层和第一背侧板层的第二背侧板层。剥离材料(release material)在内板层和第一背侧板层之间并与内板层和第一背侧板层接触。剪切材料在第一背侧板层和第二背侧板层之间并与第一背侧板层和第二背侧板层接触。该制品包括材料性能变化、几何结构

变化、空间变化或其组合的指定的第一图案,该第一图案被分配到在剥离材料中确定的选定位置。该第一图案足以可测量地改变粘附性、韧性、强度、模量或其组合。该制品包括材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第二图案,该第二图案被分配到剪切材料中确定的选定位置。该第二图案足以将粘附性、韧性、强度、模量或其组合可测量地改变到与第一图案不同的程度。基体材料至少部分地包封内板层、第一背侧板层和第二背侧板层。

[0008] 已经讨论的特征、功能和优点可以在各种实施例中独立地实现,或者可以在另一些实施例中组合,其进一步的细节可以参考以下描述和附图看出。

附图说明

[0009] 下面参考以下附图描述一些实施例。

[0010] 图1A、图1B和图1C示出了撞击增强复合材料并停止于背侧捕获层中的物体的顺序横截面侧视图。

[0011] 图2A、图2B和图2C示出了撞击增强复合材料、引起微分层并停止于背侧捕获层中的物体的顺序横截面侧视图。

[0012] 图3示出了界面材料几何结构的顶视图。

[0013] 图4和图5示出了各层界面材料之间的空间变化的两个示例的横截面侧视图。

[0014] 图6示出了燃料囊及其与地面的撞击的侧视图。

具体实施方式

[0015] 为了有效地停止高速物体,航空航天结构通常在事件的不同阶段使用不同的机制/机理(mechanisms)。一种用于停止物体的有效轻型结构由聚合物纤维层制成。可用于本文的方法和装置的已知纤维的示例包括尼龙、聚乙烯、芳纶(诸如KEVLAR)、POM(聚甲醛,诸如DELIRIN)、PTFE(聚四氟乙烯,诸如TEFLON)、PEEK(聚醚醚酮)、聚酯(诸如PET(聚对苯二甲酸乙二醇酯)等)、PP(聚丙烯)和PVA(聚乙烯醇)。其他纤维也是众所周知的。膜层可以代替或也可以用于本文的方法和装置中。可以使用的已知热塑性膜的示例包括亚克力(acrylics)、尼龙、碳氟化合物、聚酰胺、聚乙烯、聚酯、聚丙烯、聚碳酸酯、聚氨酯、聚醚醚酮、聚醚酮酮、聚醚酰亚胺、拉伸高分子材料和任何其它合适的热塑性材料。其他热塑性膜也是众所周知的。

[0016] 物体的动能可以通过纤维的失效、层之间的剪切(分层)、对物体本身的损坏以及剥离一定数量的层而被吸收以便“捕获”物体。本文的方法和装置使用粘合剂、偶联剂、剥离剂和其他材料的特定图案,以使这些机制在最有效的位置并以适当的程度发生。图案可以放置在层之间(平面内)或者可以是层到层(全厚度(through-thickness))的变化。可以同时使用面内变化和全厚度变化。

[0017] 虽然已知的结构可能由于上述机制中的一种或多种而使物体停止,但是这些机制的位置和程度并未专门设计到结构中,从而导致结构重量超过必要的重量。在该事件期间这些机制可能不会在最有效的位置或时间被调用,并因此不能以最有效的方式吸收能量。已知的外壳结构通常由复合材料制成,所述复合材料包含单一类型的简单的正交铺层或准各向同性铺层复合材料。

[0018] 虽然已知的铺层可能通过所述机制停止物体,但不控制不同机制的程度和位置。本文的方法和装置提供了一种控制不同失效机制的位置和程度的方式,其产生更有效的外壳结构。通过控制不同失效机制的位置和范围,可以产生更轻的外壳结构。更轻型的外壳结构为旋翼飞机、固定翼飞机和航天器以及许多航空航天器提供了高价值。

[0019] 在具有多个板层的复合材料中,以多种方式选择性地粘附层包括粘附一些层而不粘附其它层、仅粘附一层的一部分以及仅粘附多个层的通常位于每一层中的相同全厚度区域中的部分。当被物体撞击时,变化的粘附层随着层分层将动能分散在多个层中增加的平面内区域和全厚度区域中。分层的复合材料的增加的宽度和增加的深度产生增加的“捕获”体积。另外,在背侧层的板层之间具有较高粘附层的背侧层捕获物体并且不太可能被破坏,这是因为“捕获”体积由于其增加的宽度和深度而分散动能。换句话说,通过沿着可预测的路径引导分层来发生吸收动能。

[0020] 在地面撞击事件期间,燃料囊中的液体燃料产生流体动力学撞锤,其可能导致纤维经受非常强烈的冲击载荷,从而可能导致囊壁失效。已知的囊已被非常稳健地设计以克服失效,但稳健设计的囊壁很重。图6示出了燃料囊60a落到地面并且在撞击时变形而产生受撞击的燃料囊60b。受撞击的燃料囊60b中的壁的变形示出了纤维经受由所容纳的燃料引起的流体动力学撞锤的冲击载荷的一个示例。可以提供围绕燃料囊的撞击外壳结构,并且类似地设计得非常稳健,以满足撞击的性能标准。

[0021] 稳健设计可能包括非常有韧性的材料,如KEVLAR或其他合成纤维,并且根据稳健设计该材料也会较重。本文描述的方法和装置允许载荷分配和板层分层作为用于吸收由于撞击地面而由冲击施加的动能的机制。因此,可以减小单根纤维上的峰值载荷,从而允许更有效地设计结构壁并且在保持性能的同时产生更轻的结构。

[0022] 复合材料制品的行为可以分为三大类来描述。首先,在载荷通过结构的强度和回弹性被吸收的情况下,物体的撞击不导致塑性变形。其次,物体撞击产生塑性变形,但不破坏结构。第三,物体撞击产生塑性变形和破坏。本文的方法和装置适用于后两类。

[0023] 本文中有关于通过分配由撞击物体的动能施加的载荷来避免破坏的重要解释。然而,即使根据本文的方法和装置分配载荷,当分配载荷仍然超过材料的强度时依然存在破坏的可能性。

[0024] 因此,图1A、图1B和图1C解释了一种可以单独使用或与本文所述的其他方法和装置结合使用的措施。在图1A中,复合材料10包括层14a/14b,层14a/14b可以是即将被物体12撞击的单独的板层或板层组。复合材料10包括前侧层14a,其通过具有降低的粘附性16的区域与背侧层14b分开。前侧层14a是结构的外层并且将在背侧层14b之前受到撞击。图1B示出了撞击前侧层14a并行进穿过它们的物体12。在图1B中,可以使用本文描述的用于分配由来自物体12的动能的力所致的载荷的方法和装置。例如,层14a、14b或两者可包括足以可测量地改变粘附性、韧性、强度、模量或其组合的指定图案。

[0025] 在没有实施来自本文的方法或装置之一的载荷分配或者不足以停止物体12的情况下,图1C示出了背侧层14b在其分层并与前侧层14a脱离接触时变成捕获层18。通过控制降低的粘附性16中的剥离性能,可以剥离背侧层14b,从而实现各种能量吸收机制。

[0026] 例如,剪切降低的粘附性16吸收动能。而且,可以控制当背侧层14b变成捕获层18时背侧层14b之间的剪切性能,以允许在这些层之间进行剪切。捕获层18之间的剪切促进捕

获层18的自由移动并附加地吸收动能。因此,可以通过依赖于代替本文的方法和装置中的载荷分配或除此之外的机制来避免结构的破坏。

[0027] 已知各种自密封燃料囊。它们根据各种机制工作,借此纤维和/或板层的暴露调动对破裂区域的物理改变,从而减少燃料损失。在图1C的示例中,捕获层18的部分分层可以允许液体(诸如燃料)迁移到分层中,从而调动自密封燃料囊的机制,诸如分层纤维和/或板层的膨胀、发泡等。

[0028] 图2A-2C解释了一种可以单独使用或与图1A-1C的捕获层概念结合使用的措施。图2A-2C示出了与捕获层概念结合使用的措施。在图2A中,复合材料20包括层24a/24b,层24a/24b可以是即将被物体12撞击的单独的板层或板层组。复合材料20包括与背侧层24b分开的前侧层24a。图1A-1C中的具有降低的粘附性16的区域可被包括在复合材料20中,以将前侧层24a与背侧层24b分开。替代地,可以包括本文中讨论的其他形式的界面材料作为隔板以产生捕获层28。

[0029] 图2B示出了撞击前侧层24a并行进穿过它们的物体12。在图2B中,可以使用本文描述的用于吸收来自物体12的动能的方法和装置。图2B中示出微分层26开始形成。尽管从图2A中不明显,但是前侧层24a之间的界面材料被图案化成具有较高和较低粘附性的区域。

[0030] 较低的粘附性足够低,使得由物体12的动能施加的载荷超过较低粘附性区域的分离阈值,从而导致较高粘附性区域之间的分层。较低粘附性区域中的微分层分配受被施加到前侧层24a的载荷影响的体积的宽度。除了微分层26显示其中分配载荷超过足以使一些较低粘附性区域分层的分离阈值之外,这种较低粘附性区域的具体位置不明显。

[0031] 当选择在界面材料中变化的图案的尺寸、形状和粘附水平时存在各种考虑。一般而言,变化的粘附性可以决定分层的位置和进展。通过控制分层(及高粘附性的位置),可以控制结构的整体变形。可以针对特定模式并且设计几何结构变化以实现整体失效模式。示例包括模式I(开口载荷)断裂韧性(GIC)和模式II(剪切载荷)断裂韧性(GIIC)。图案变化可以将界面材料特性设置成实现一种模式或另一种模式。控制整体变形的另一个部件可以包括控制失效几何结构。可以针对特定的几何结构,并且在界面材料中变化的图案可以被设计为实现失效几何结构。一个示例包括预期通过以撞击为中心的对称变形产生失效的物体撞击,但是该物体撞击通过设计变为不对称变形,诸如椭圆形变形或在撞击物体的一侧具有更大变形的变形。

[0032] 在来自微分层26的载荷分配不足以使物体12停止的情况下,图2C示出了背侧层24b变成捕获层28。如上所述,与背侧层24b相关联的剥离性能也能够实现各种能量吸收机制,诸如被描述用于捕获层18的那些。

[0033] 复合材料10和20中的指定图案可以通过厚度可测量地改变粘附性、韧性、强度、模量或其组合,使得各层逐渐失效。随着物体12穿过连续的层,每一层的失效吸收除所述的其他吸收机制之外的动能。因此,在与前侧层14a或24a脱离接触分层之后,捕获层18或28中的一个或多个板层会逐渐失效。可以保留一个或多个其他板层以避免破坏结构。以这种方式,层14b或24b在变成捕获层18或28之后吸收额外的动能。

[0034] 如上所述,用于自密封燃料囊的概念可以结合到复合材料20中。由于自密封燃料囊通常在纤维将失效并且层将被分层的假设下工作,所以增加损坏机制的分配(如在微分层26中)可以在已知的自密封机制中引发更显著的响应。分层可允许流体(诸如燃料)进入

层24a并在自密封机制中引起反应或物理响应。类似地,这种分层可以强化、剥离或混合化学物质以引起发泡和/或局部膨胀和固化,目的是堵塞复合材料20中的裂口。可以受益于本文所述的另外的方法和装置的已知自密封机制的示例在Childress等人的美国专利申请公开No.2016/0347038、Wilenski等人的美国专利申请公开No.2017/0057345、Kozar等人的美国专利申请公开No.2017/0057344、Kozar等人的美国专利申请公开No.2017/0057342和Wilenski等人的美国专利申请公开No.2017/0057341中公开,所有这些专利申请都在署名发明人中包括本发明人。

[0035] 图3示出了界面材料几何结构的顶视图,其提供性能的平面内变化,诸如粘附性、韧性、强度、模量或其组合。几何结构可以使用已知的方法和装置印刷,或者通过另一种已知技术施加。图3中的图案30包含较高密度区域32和较低密度区域34。较高密度区域32内的界面材料盘被分配成产生所需的覆盖面积,而较低密度区域34中的界面材料盘具有比区域32的覆盖面积小的覆盖面积。界面材料盘可包含粘附性物质或替代地包含剥离物质。对于粘附性物质,与较低密度区域34相比,较高密度区域32将表现出较高水平的粘附性。对于剥离物质,与较低密度区域34相比,较高密度区域32将表现出较低水平的粘附性。

[0036] 代替平面内的性能变化,粘附性、韧性、强度、模量或其组合可以全厚度地变化,如图4和图5所示。在图4中,复合材料40包括在A型和B型之间交替的层44。B型层44的虚线不一定表示界面材料的间歇性覆盖。相反,虚线仅表示不同类型的界面材料。间歇性覆盖是提供不同类型界面材料的一种方式。在空间变化的一个示例的横截面侧视图中,图4可以提供具有与B型层44相比具有更高粘附水平的A型层44,使得B型层优先分层。

[0037] 在图4所示的全厚度区域中,性能可以在全厚度方向上变化。另外,通过结合图3的概念,可以提供复合材料40的在图4中不可见的其它全厚度区域,其在层44的全厚度区域中不变化或者与图4中所示的变化不同。换句话说,可以在全厚度区域以及平面内提供图案。以这种方式,B型层44可以用

[0038] 图4中未示出的其他全厚度区域中的A型层44代替。

[0039] 图5示出了界面材料层中空间变化的另一示例的另一横截面侧视图。代替ABAB变化,图5示出了通过在层54中添加C型界面材料的ABCABC变化。再次,C型层54的虚线仅显示不同类型的界面材料,而不是必须具有不同覆盖面积的界面材料,尽管这是一种可能的变化。其他可想到的变化包括AABBAABB图案、ABCCBAABCCBA图案等。

[0040] 图4和图5中不同的板层间粘附水平提供了用于根据本文所述的方法和装置控制增强复合材料性能的另一机制。在图4和图5中,板层本身不明显,但界面材料层44和54被理解为位于复合材料40和50的板层之间。

[0041] 图1A-1C、图2A-2C和图3-5的示例提供了用于图案化粘合剂、偶联剂、剥离剂或控制板层的层之间或各个板层本身之间的失效模式有效的一些其他界面材料的几个可能性。然而,当考虑以下附加考虑因素时,可以想到用于实现期望的失效模式的其他可能性。

[0042] 期望的失效模式的几个非排他性示例包括:a)控制在层剥离期间所吸收的能量的量,b)具体通过层的分层控制所吸收的能量的量,c)通过分层的类型(诸如微分层)控制所吸收的能量的量,和d)通过将背侧层剥离到捕获层中控制所吸收的能量的量。界面材料的影响实现所列举的失效模式及其他失效模式的相关性能包括材料性能变化、几何结构变化、空间变化及其组合。

[0043] 材料性能变化可以是粘合剂、偶联剂或剥离剂的变化。性能可以根据材料组成而变化,使得在平面内或全厚度中提供不同的界面材料组成产生期望的变化。对于一些材料,尽管材料具有相同的组成,但制造方法也可能影响诸如粘附性、韧性、强度和模量的性能。另外,不同类别的界面材料可以在平面内或全厚度中使用,诸如交替的粘合剂和剥离剂。因此,尽管在层之间可能存在界面材料的完全覆盖,但是材料性能可以在平面内或全厚度中变化。

[0044] 同样需要注意的是,即使可以在平面内或全厚度中均匀地使用相同类别的界面材料,几何结构变化可以引入以不同方式执行以提供对失效模式的期望控制的区域。可以想到,几何结构变化可用于创建具有受控机械性能(诸如粘附/剥离、能量吸收、分层面积和分层图案/方向)的区域图案。在几何结构变化中,一般而言,给定界面材料的存在或不存在决定了性能。材料性能变化可以与几何结构变化组合,使得不同的界面材料被分配在几何结构的图案中。图案可以使用各种几何形状,诸如正方形、圆形、椭圆形、三角形、星形、矩形、线条、波浪线、随机图案及其组合。

[0045] 界面材料膜,诸如无纺布膜,经得起其中形成有几何结构变化的图案的生产。一个简单的示例包括在平面内间隔开的粘合剂线条以产生期望的效果。可以通过以重复图案包括两种类型的粘合剂A和B来引入材料性能变化。可以另外改变线条的宽度以引入第二几何结构变化。在粘合剂线条的示例中,当界面材料中包括多种类型的界面材料时,线条之间的空间不需要存在。上面针对图4和图5讨论的变化ABAB、ABCABC、AABBAABB、ABCCBAABCCBA等可以用不同的膜类型和/或空间在平面内实施。可以在由界面材料覆盖的面积百分比的背景下讨论几何结构变化。另外,可以预期的是,即使对于相同覆盖面积的界面材料,在几何结构变化中使用的不同几何结构形式也可能影响失效模式。

[0046] 空间变化可以在结构的层之间在全厚度方向和/或平面内方向上的特定位置处发生,以提供在整个制品中在空间上定制特定能量吸收和/或失效模式的位置的能力。制品的某些部件用于某些目的,并且空间变化允许改变图案以匹配特定制品上选定位置的特征,例如在制品边缘附近具有高粘附性。以上关于图1C和图2C描述了空间变化的一个示例。

[0047] 制造考虑因素允许用于制造本文所述装置的各种方法。材料印刷技术的进步实现了本文所述的材料性能变化、几何结构变化和空间变化。材料印刷技术为与材料印刷相配的界面材料实现了多种印刷图案选项。材料性能变化、几何结构变化和空间变化的一个益处包括在基体浸渍(“预浸料”)之前或在面板铺层期间易于实施。

[0048] 可以在制造和/或预浸渍期间施加图案化的增韧剂膜、剥离膜、遮织物或其他界面材料。遮织物通常用于通过掩蔽增强纤维图案来提升表面外观和/或持续时间。然而,本文中,遮织物可以用作界面材料。作为界面材料,遮织物可以随材料性能变化(不同纤维、不同粘合剂、多种纤维、图案中的不同粘合剂等)制成。遮织物可以包括几何结构变化,诸如,不同图案中的孔、不同的覆盖百分比、不同的形状等。遮织物可以包括空间变化,诸如遮织物的厚度(局部厚区域、局部薄区域等)。遮织物的纤维之间的粘附量可在空间上变化。遮织物中的纤维可以整个或局部取向。

[0049] 特征可以直接印刷在用于构成制品的层上。可以在制造部件期间、制造膜期间或制造预浸料制品期间顺序引入变化。材料印刷的替代方案包括通过掩模喷涂和在结构中放置图案化膜或其他无纺布界面材料。该膜或无纺布界面材料可在其中或在具有与其他区域

性能不同的选定区域中具有孔。简单地放置膜或无纺布界面材料然后引入变化。

[0050] 根据一个实施例,一种动能吸收方法包括提供增强复合材料制品,该制品包括第一板层、不同于第一板层的第二板层以及不同于第一板层和第二板层的第三板层。第一界面材料位于第一板层和第二板层之间。第二界面材料位于第二板层和第三板层之间。材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定图案被分配到在第一界面材料中确定的选定位置或分配在与第二界面材料相比在第一界面材料中确定的选定位置之间。该图案足以可测量地改变粘附性、韧性、强度、模量或其组合。基体材料至少部分地包封第一、第二和第三板层。该方法另外包括当第一、第二和第三板层从动能接收高于分离阈值的力时,通过使第一板层从第二板层和/或使第二板层从第三板层部分地分层,将载荷分配在图案上。

[0051] 在本文件的上下文中,“粘附性”是指描述表面彼此紧贴的趋势的众所周知的性能。而且,“韧性”是指这种众所周知的性能,其中材料吸收能量而不破裂,即使它会塑性变形。在一些系统中,韧性可以量化为应力-应变曲线下的总面积。此外,“强度”是指材料在承受施加的应力的同时避免失效的能力。在一些系统中,强度可以被量化为极限拉伸强度,这意味着应力-应变曲线的最大工程(即标称)应力。更进一步,“模量”(即“弹性模量”)描述了材料抗弹性变形的能力。在一些系统中,模量可以量化为弹性区域中的应力-应变曲线的斜率。粘附性、韧性、强度和模量可通过本领域普通技术人员已知的各种技术测量。

[0052] 可以在本方法中实现附加特征。举例来说,制品可以是飞机燃料囊。第一界面材料可以接触第一板层和第二板层两者。第二界面材料可以接触第二板层和第三板层两者。复合材料制品可以是纤维增强的,并且第一、第二和第三板层可以是纤维板层。或者,复合材料制品可以是膜增强的,并且第一、第二和第三板层可以是膜板层。第一和第二界面材料可以独立地包含选自粘合剂、偶联剂、剥离剂、高分子膜、粘合剂膜、增韧剂膜、剥离膜、遮织物或其组合的材料。粘合剂膜、增韧剂膜和剥离膜可以是无纺布膜。

[0053] 图案可以包括选自正方形、圆形、椭圆形、三角形、星形、矩形、线条、波浪线、随机图案及其组合的几何结构。第一界面材料可包含界面材料盘的多个第一区域的图案,其中多个第一区域中的每一个具有覆盖面积。第一界面材料还可以包括界面材料盘的多个第二区域的图案,其中多个第二区域中的每一个具有比第一区域的覆盖面积小的覆盖面积。

[0054] 在本方法中,图案可以是第一图案,并且制品还可以包括材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第二图案,所述第二图案被分配到在第二界面材料中确定的选定位置。第二图案可足以将粘附性、韧性、强度、模量或其组合可测量地改变到与第一图案不同的程度。因此,该方法可以进一步包括通过使第一板层从第二板层并使第二板层从第三板层部分地分层,将载荷分配在第一和第二图案上。

[0055] 此外,在本方法中,复合材料制品还可包括:不同于第一、第二和第三板层的第四板层;在第三板层和第四板层之间的第三界面材料;被分配到在第三界面材料中确定的选定位置的材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第三图案。第三图案可足以将粘附性、韧性、强度、模量或其组合可测量地改变到与第二图案不同的程度。因此,该方法可以进一步包括通过附加地使第三板层从第四板层部分地分层,将载荷分配在第一、第二和第三图案上。

[0056] 参考本方法,第三板层可以是背侧层,另一个指定图案可以被分配在第二界面材料中,第二界面材料可以是剥离材料,并且第二界面材料可以与第二板层和第三板层两者

接触。那么结果就是,载荷的分配可以进一步包括用具有动能的物体施加载荷,在物体穿过第一板层之后用第三板层捕获物体,并且使第三板层从第二板层部分地分层。

[0057] 替代地,第二和第三板层可以是背侧层,第一界面材料可以是剥离材料,并且第一界面材料可以接触第一板层和第二板层两者。另一指定图案可以被分配在第二界面材料中,第二界面材料可以是剪切材料,并且第二界面材料可以接触第二板层和第三板层两者。因此,载荷的分配可以进一步包括用具有动能的物体施加载荷并且在物体穿过第一板层之后用第二和第三板层捕获物体。第二板层可以从第一板层部分地分层。该方法包括通过剪切第二界面材料促进第二和第三板层之间的自由移动。

[0058] 可以在本方法中实现的附加特征也可以在本文的其他实施例中实现。

[0059] 在另一个实施例中,动能吸收增强复合材料制品包括第一板层、不同于第一板层的第二板层以及不同于第一和第二板层的第三板层。第一界面材料位于第一板层和第二板层之间。第二界面材料位于第二板层和第三板层之间。该制品包括被分配到在第一界面材料中确定的选定位置或分配在与第二界面材料相比在第一界面材料中确定的选定位置之间的材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的图案。该图案足以可测量地改变粘附性、韧性、强度、模量或其组合。基体材料至少部分地包封第一、第二和第三板层。

[0060] 附加特征可以在本发明的制品中实现。举例来说,制品可以是飞机燃料囊。第一界面材料可以接触第一板层和第二板层两者。第二界面材料可以接触第二板层和第三板层两者。复合材料制品可以是纤维增强的,并且第一、第二和第三板层可以是纤维板层。或者,复合材料制品可以是膜增强的,并且第一、第二和第三板层可以是膜板层。第一界面材料和第二界面材料可以独立地包括选自粘合剂、偶联剂、剥离剂、高分子膜、粘合剂膜、增韧剂膜、剥离膜、遮织物及其组合的材料。粘合剂膜、增韧剂膜和剥离膜可以是无纺布膜。图案可以包括选自正方形、圆形、椭圆形、三角形、星形、矩形、线条、波浪线、随机图案及其组合的几何结构。

[0061] 第一界面材料可包含界面材料盘的多个第一区域的图案,其中多个第一区域中的每一个具有覆盖面积。第一界面材料还可以包括界面材料盘的多个第二区域的图案,其中多个第二区域中的每一个具有比第一区域的覆盖面积小的覆盖面积。

[0062] 图案可以是第一图案,并且制品还可以包含材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第二图案,所述第二图案被分配到第二界面材料中确定的选定位置。第二图案可足以将粘附性、韧性、强度、模量或其组合可测量地改变到与第一图案不同的程度。

[0063] 复合材料制品还可包含不同于第一、第二和第三板层的第四板层以及在第三板层和第四板层之间的第三界面材料。该制品还可包括被分配到在第三界面材料中确定的选定位置的材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第三图案。第三图案可足以将粘附性、韧性、强度、模量或其组合可测量地改变到与第一和第二图案不同的程度。

[0064] 参考本发明的制品,第三板层可以是背侧板层,另一指定图案可以被分配在第二界面材料中,第二界面材料可以是剥离材料,并且第二界面材料可以与第二板层和第三板层两者接触。

[0065] 替代地,第二和第三板层可以是背侧板层,第一界面材料可以是剥离材料,并且第一界面材料可以接触第一板层和第二板层两者。另一指定图案可以被分配在第二界面材料

中,第二界面材料可以是剪切材料,并且第二界面材料可以接触第二板层和第三板层两者。

[0066] 可以在本制品中实现的附加特征也可以在本文的其他实施例中实现。

[0067] 在另一个实施例中,一种动能吸收增强复合材料制品包括内板层、不同于内板层的第一背侧板层以及不同于内板层和第一背侧板层的第二背侧板层。剥离材料在内板层和第一背侧板层之间并与内板层和第一背侧板层接触。剪切材料在第一背侧板层和第二背侧板层之间并与第一背侧板层和第二背侧板层接触。该制品包括被分配到在剥离材料中确定的选定位置的材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第一图案。第一图案足以可测量地改变粘附性、韧性、强度、模量或其组合。该制品包括材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第二图案,所述第二图案被分配到在剪切材料中确定的选定位置。第二图案足以将粘附性、韧性、强度、模量或其组合可测量地改变到与第一图案不同的程度。基体材料至少部分地包封内板层、第一背侧板层和第二背侧板层。

[0068] 条款1.一种动能吸收增强复合材料制品,其包括:

[0069] 内板层、不同于所述内板层的第一背侧板层以及不同于所述内板层和所述第一背侧板层的第二背侧板层;

[0070] 在所述内板层和所述第一背侧板层之间并与所述内板层和所述第一背侧板层接触的剥离材料;

[0071] 在所述第一背侧板层和所述第二背侧板层之间并与所述第一背侧板层和所述第二背侧板层接触的剪切材料;

[0072] 被分配到在所述剥离材料中确定的选定位置的材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第一图案;

[0073] 所述第一种图案足以可测量地改变粘附性、韧性、强度、模量或其组合;

[0074] 材料性能变化、几何结构变化、空间变化或其组合的指定的第二图案,所述第二图案被分配在所述剪切材料中确定的选定位置;

[0075] 所述第二图案足以将粘附性、韧性、强度、模量或其组合可测量地改变到与所述第一图案不同的程度;和

[0076] 至少部分地包封所述内板层、所述第一背侧板层和所述第二背侧板层的基体材料。

[0077] 附加特征可以在本制品中实现。举例来说,复合材料制品可以是纤维增强的,并且第一、第二和第三板层可以是纤维板层。或者,复合材料制品可以是膜增强的,并且第一、第二和第三板层可以是膜板层。可以在本制品中实现的附加特征也可以在本文的其他实施例中实现。

[0078] 发明人明确地设想,除非不相配,否则本文描述的用于各个方法和装置的各种选项不限于此。即使其他地方没有具体指出,本文中各个方法的特征和益处也可以与本文描述的装置和其他方法组合使用。类似地,即使其他地方没有具体指出,本文中各个装置的特征和益处也可以与本文描述的方法和其他装置组合使用。

[0079] 根据法规,已经就结构和方法特征用或多或少具体的语言描述了实施例。然而,应该理解,实施例不限于所示出和描述的特定特征。因此,在根据等同原则适当解释的所附权利要求的适当范围内以其任何形式或修改要求保护实施例。

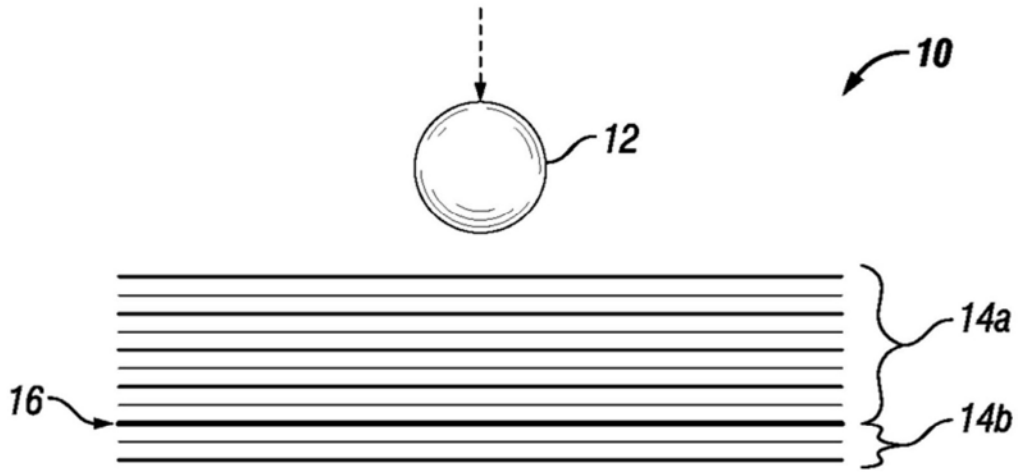


图1A

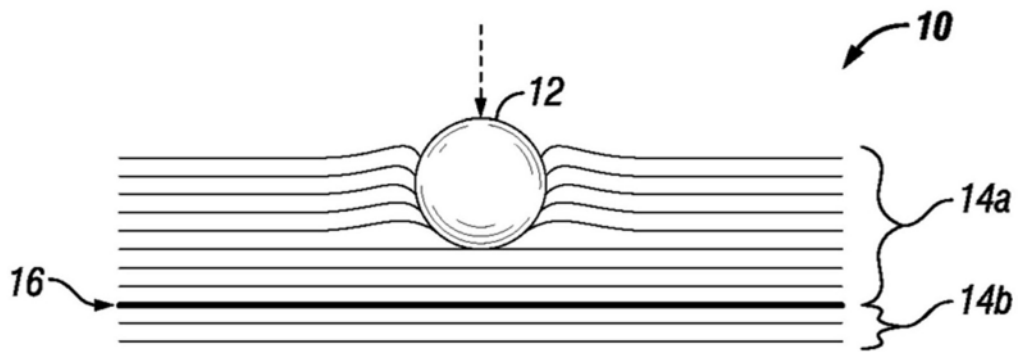


图1B

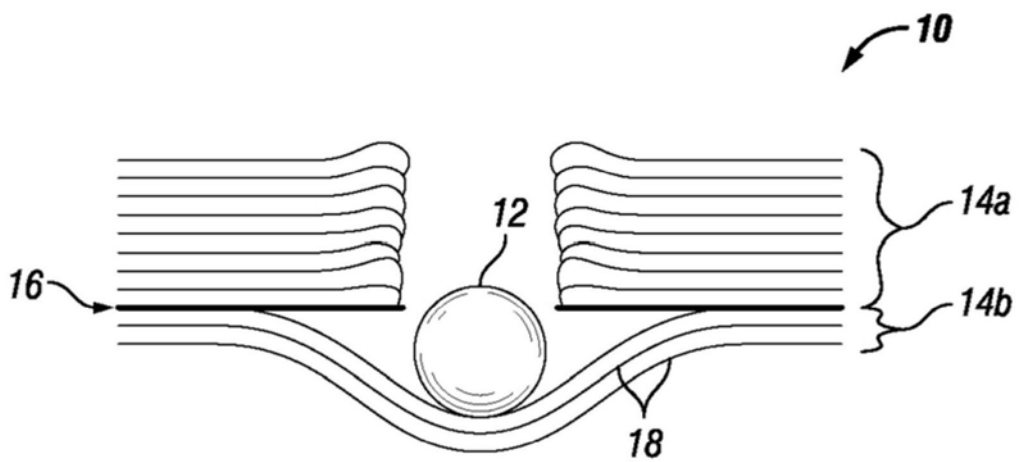


图1C

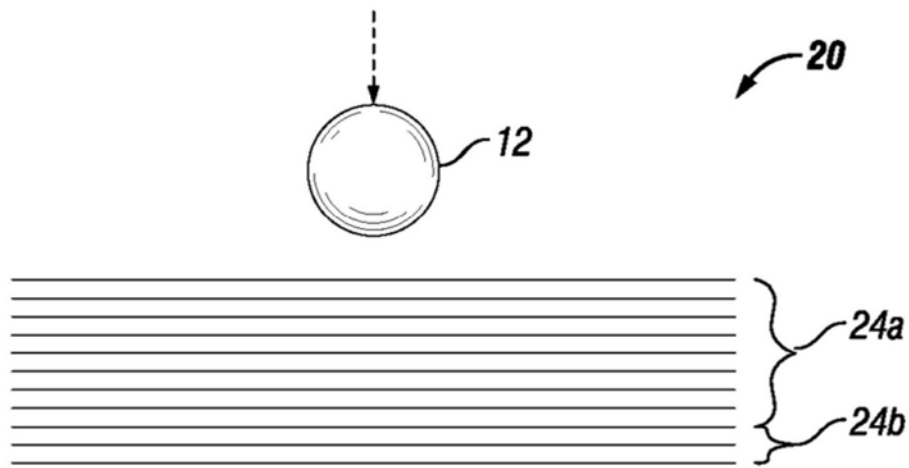


图2A

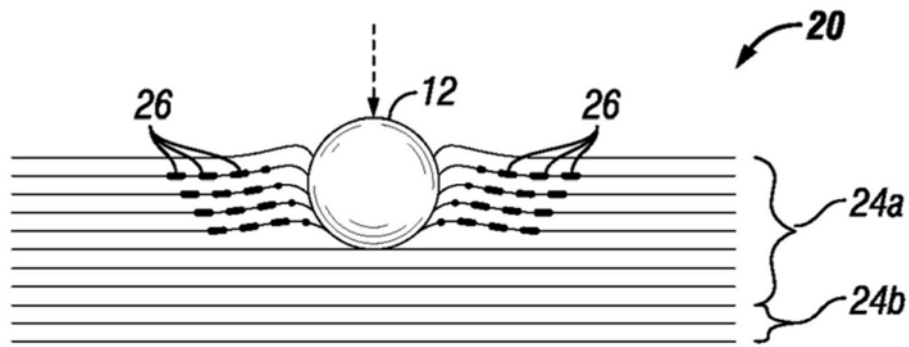


图2B

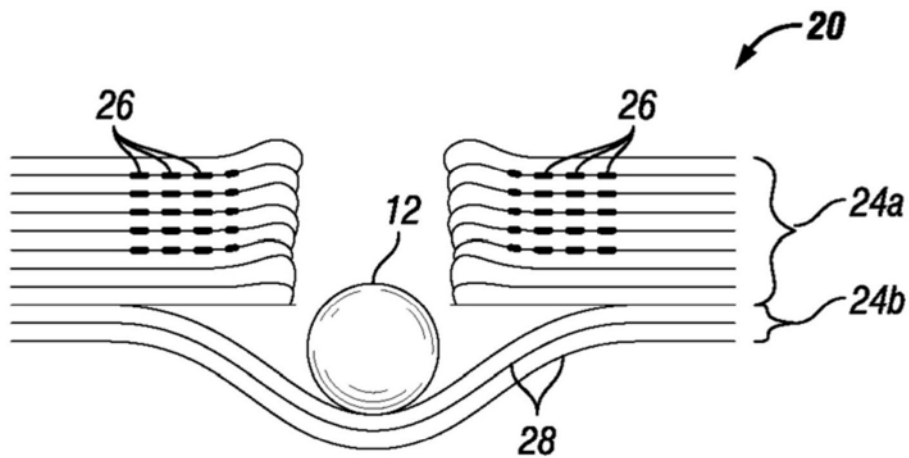


图2C

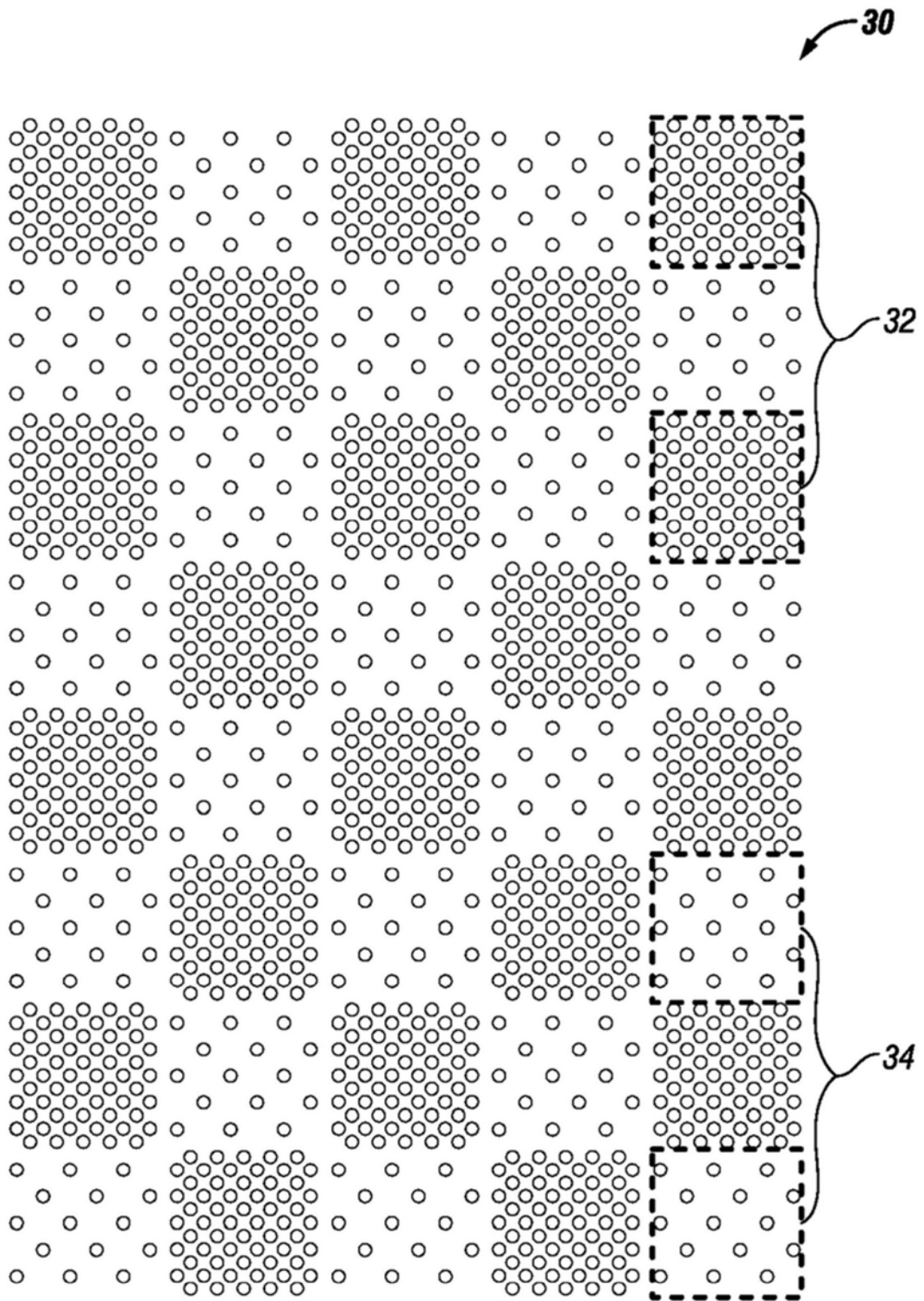


图3

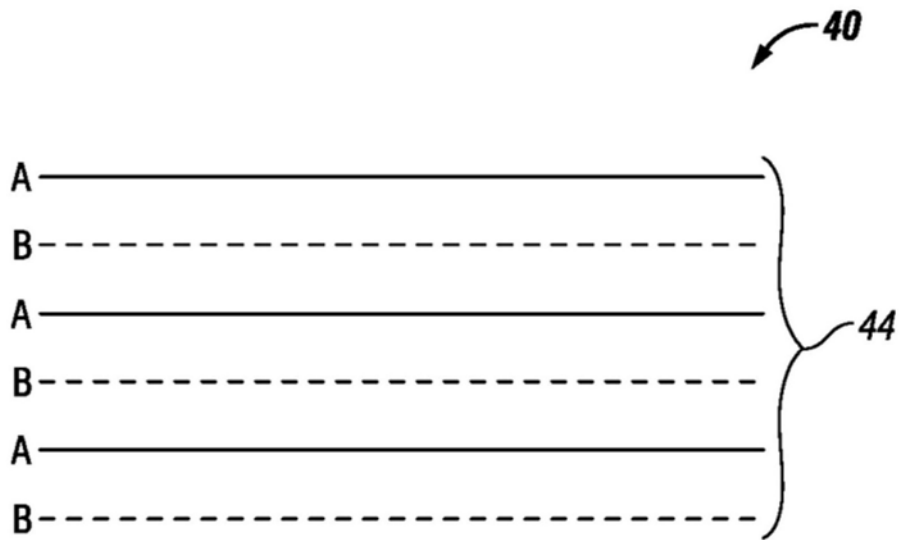


图4

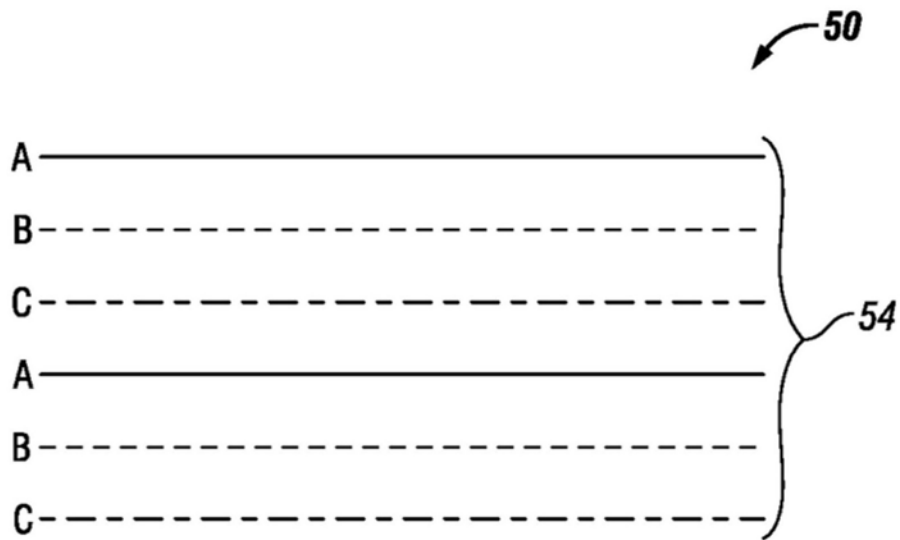


图5

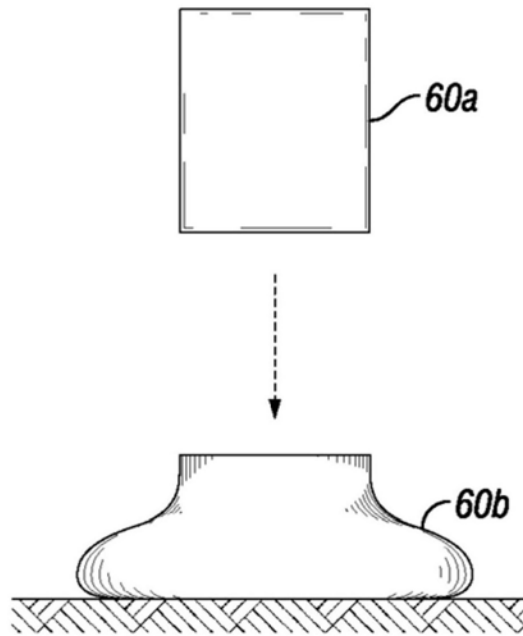


图6