



(10) 授权公告号 CN 113163897 B

(45) 授权公告日 2024. 03. 15

(21) 申请号 201980076590.7

(22) 申请日 2019.11.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113163897 A

(43) 申请公布日 2021.07.23

(30) 优先权数据
18207209.0 2018.11.20 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.05.20

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2019/081886 2019.11.20

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/104505 EN 2020.05.28

(73) 专利权人 伊科斯克有限公司
地址 丹麦布雷泽布罗

(72) 发明人 J·米切尔 P·卡卢奇

(74) 专利代理机构 北京市正见永申律师事务所
11497

专利代理师 黄小临

(51) Int.Cl.
A43B 13/18 (2006.01)
B33Y 80/00 (2006.01)
B29D 99/00 (2006.01)
A43B 13/14 (2006.01)
B29D 35/12 (2006.01)
A43B 13/04 (2006.01)
A43B 13/12 (2006.01)

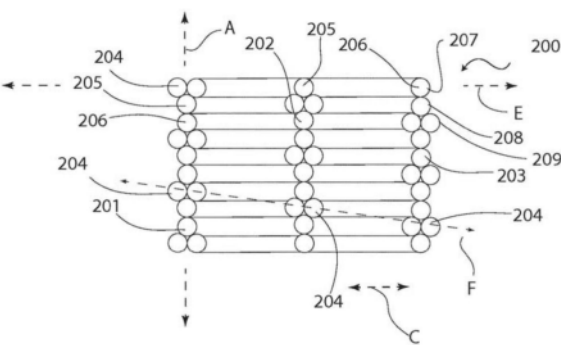
(56) 对比文件
CN 105034361 A, 2015.11.11
EP 3213909 A1, 2017.09.06
US 2014068880 A1, 2014.03.13
CN 104859260 A, 2015.08.26
CN 107301671 A, 2017.10.27
US 2015013066 A1, 2015.01.15
US 2017127477 A1, 2017.05.04

审查员 刘璐

权利要求书1页 说明书16页 附图6页

(54) 发明名称
3D打印结构

(57) 摘要
弹性材料的3D打印结构, 该3D打印结构包括: 至少第一壁, 其具有沿第一轴线延伸的多个层, 该第一壁至少包括第一级结构层、第一柔韧层和第二柔韧层, 其中第一级结构层具有第一刚度, 第一柔韧层和/或第二柔韧层具有第二刚度, 其中第一刚度大于第二刚度。



1. 一种弹性材料的3D打印结构,所述3D打印结构至少包括:
 - 第一壁,被配置为当在第一轴线方向上向所述壁施加力时变形,并配置为当释放所施加的力时恢复其原始形态,其中所述第一壁具有沿着所述第一轴线延伸的多个层,所述第一壁包括至少一个第一级结构层和一个第一柔韧层以及一个第二柔韧层,
 - 其中,所述第一级结构层具有第一刚度,所述第一柔韧层和/或所述第二柔韧层具有第二刚度,其中,所述第一刚度大于所述第二刚度。
2. 根据权利要求1所述的3D打印结构,其中,所述第一级结构层沿所述第一轴线邻接所述第一柔韧层和所述第二柔韧层。
3. 根据权利要求1所述的3D打印结构,其中,所述刚度在纵向方向上。
4. 根据权利要求1所述的3D打印结构,其中,所述刚度在横向方向上。
5. 根据权利要求1所述的3D打印结构,其中,所述刚度在旋转方向上。
6. 根据权利要求1所述的3D打印结构,其中,所述结构层具有大于所述柔韧层的宽度的宽度。
7. 根据权利要求1所述的3D打印结构,其中,所述第一壁具有第二级结构层和至少第三柔韧层。
8. 根据权利要求7所述的3D打印结构,其中,所述第一壁沿着至少一个第一级结构层和至少一个柔韧层的纵向轴线具有重复的分层结构。
9. 根据权利要求7所述的3D打印结构,其中,所述第一级结构层和所述第二级结构层由至少所述第一柔韧层分隔。
10. 根据权利要求1所述的3D打印结构,其中,所述结构层的高度与所述柔韧层的高度基本相似。
11. 根据权利要求1所述的3D打印结构,其中,所述第一级结构层在纵向方向上由两个或更多个柔韧层分隔。
12. 根据权利要求1所述的3D打印结构,其中,所述第一壁具有第一高度以及第一端和第二端,其中,第一级结构层定位为距所述第一端至少第一长度的20%的距离、和/或距所述第二端至少20%的距离。
13. 根据权利要求1所述的3D打印结构,其中,所述第一轴线与所述结构层和/或所述柔韧层的中心轴线相交。
14. 根据权利要求1所述的3D打印结构,其中,所述弹性材料是硅树脂材料或硅树脂材料的混合物。
15. 根据权利要求1所述的3D打印结构,其中,所述结构层由第一材料组分制成,和/或其中所述柔韧层由第二材料组分制成,其中所述第一材料组分不同于所述第二材料组分。

3D打印结构

技术领域

[0001] 弹性材料的3D打印结构,该3D打印结构包括:至少第一壁,其具有沿第一轴线延伸的多个层,该第一壁包括至少第一级(primary)结构层、第一柔韧层和第二柔韧层。

背景技术

[0002] 3D打印结构的一个常见问题是这样种类的结构通常由相对硬的材料制成,这意味着3D打印结构的结构由于用于打印的材料的分而可能相对不柔韧。

[0003] CN 105034361公开了一种含有不同厚度和不同形状的孔格(cell)的蜂巢芯(honeycomb core),并且所获得的蜂巢单元的壁厚的至少部分在沿着蜂巢单元的中心朝向蜂巢单元的两端的方向上逐渐增加,使得可以添加蜂巢夹(honeycomb clamp)。芯和面板的接触区域以及蜂巢芯可以是平坦的或弯曲的结构,以满足非线性弯曲结构的要求,其中,蜂巢芯具有优异的抗弯曲性和抗压缩性。

[0004] EP 3 213 909公开了一种用于抗高速冲击结构的抗冲击夹层结构构架,其包括夹层蒙皮,该夹层蒙皮包封由多个间隔层和多个触发层形成的夹层芯,其中这些层交替地堆叠在芯中。

[0005] 这些类型的材料在航空航天工业中广泛用于提供刚化效果,其中,这些材料旨在施加外力期间保持它们的形状。

[0006] 然而,为了尝试获得具有可压缩性和柔韧性的结构,已经进行了许多尝试来构造在具有所需柔韧性的同时仍保持材料的结构完整性的材料。由于用于打印的材料柔韧性和重量,构成在多个不同且非常特定的区域中可以实现受控制的柔韧性和反作用力的分层构造可能是困难的任务。当在3D打印结构中存在需要具有不同的柔韧性或反作用力的多个区域时,进一步的困难可能会产生。

[0007] 这样的柔韧层通常是使用类似泡沫的物质诸如PU泡沫制成的,其中泡沫能够保持某种形态,同时仍然具有一定的柔韧性,诸如座椅坐垫、鞋中底、行李箱垫等。这种柔韧层的一个问题是,当增加材料的结构强度时,层的柔韧性降低,在此这也增加了材料的重量。此外,这种材料的形成通常在大型模具中进行,在这种情况下,材料的任何个性化,诸如专门的轮廓加工,通常需要将材料切掉,且泡沫要在制造后进行雕刻,由于个性化模具的成本太高,这不是对于每个用户来说用于个人的个性化的可行选项。

[0008] 因此,需要一种用于柔韧结构个性化的改进结构。

发明内容

[0009] 根据本申请,提供了一种弹性材料的3D打印结构,该3D打印结构包括:至少第一壁,其被配置为当在第一轴线方向上向壁施加力时变形,且被配置为当释放所施加的力时恢复到其原始形态,其中壁具有沿着第一轴线延伸的多个层,第一壁包括至少第一级结构层以及第一柔韧层和第二柔韧层,其中第一级结构层具有第一刚度,第一柔韧层和/或第二柔韧层具有第二刚度,其中第一刚度大于第二刚度。

[0010] 在本说明书的上下文中,术语刚度可被理解为柔韧性率,其中可通过层的刚度、屈服率、硬度来进行度量(即,在该理解中,与较软的层相比,较硬的层具有较高的刚度率)。某个层的刚度应理解为层在某个方向上挠曲的能力、潜能或可能性。刚度的替代表示例如可以是层的柔韧性,其中第一级结构层(或任何后续结构层)可具有第一柔韧性,第一和/或第二柔韧层(或任何后续柔韧层)可具有第二柔韧性,其中第一柔韧性可低于第二柔韧性。刚度可被视为层响应于所施加的力如何抵抗变形的程度的量化。术语柔韧可以是对刚度的互补概念,即,层越柔韧,其刚性越小。

[0011] 在对本申请的理解内,术语“层”可被理解为三维结构的二维平面。该层可包括与二维平面相交的一个或多个壁。在本申请的理解内,“壁”可被理解为三维结构的二维平面,其中二维平面可平行于壁并且可与三维结构的多个层相交。在对本申请的理解内,壁的第一层可邻接壁的第二层,第二层可邻接壁中的第三层。因此,壁可被视为具有堆叠在彼此之上或堆叠在彼此之下的两层或更多层的结构。

[0012] 术语“结构层”旨在与壁结构中的其他层区分开,并且其中术语“柔韧层”旨在对未被视为结构层的层进行命名,以使结构层与壁结构中的不同层即柔韧层区别开。壁结构中结构层和至少一个柔韧层的存在不排除壁结构中具有与被定义为结构层和/或柔韧层的两个层不同的特性的其他类型的层。

[0013] 第一级结构层、第二级(secondary)结构层、第三级(tertiary)结构层或任何其他结构层可具有第一刚度。所有结构层可具有第一刚度,其中第一刚度高于第二刚度。第一柔韧层、第二柔韧层、第三柔韧层和/或任何其他后续柔韧层可具有第二柔韧性,其中第二柔韧性可低于第一柔韧性。

[0014] 在一个实施例中,一个壁和/或多个壁中的所有结构层可具有相同的柔韧性。在一个实施例中,一个壁和/或多个壁中的所有柔韧层可具有相同的柔韧性。

[0015] 提供以弹性材料提供的第一壁意味着,当沿第一轴线的方向向壁施加力时,该壁能够吸收引起壁塌陷的该力。该力可被视为压缩力,其中预定水平以下的力可导致第一壁压缩而不使壁变形离开第一轴线。即,壁可保持其形状直到一定量的力。但是,当超过了预定的力阈值时,即在向壁施加高于该阈值的力的情况下,壁可能会变形而脱离形状,使得壁的一个层或多个层可沿与第一轴线的方向不同的方向,即,沿例如可被视为与第一轴线正交的方向,而发生位移。因此,壁可被视为发生弯曲,或者是离开第一轴线而凸出的,其中施加到第一壁的力由于弹性材料的弹性而被吸收在壁结构中,使得当该力从第一壁被释放/移除后,第一壁将恢复其原始形状。即,弹性材料将提供弹性的壁结构,其中壁在被压缩后将恢复其原始形态。因此,第一壁或任何后续壁可被视为是弹性的。壁可被视为具有未压缩状态、压缩状态以及中间状态,且该中间状态可被视为如下的壁状态:其中对壁施加了压缩力,但是壁尚未达到其完全压缩状态。

[0016] 所述壁可具有第一端和第二端,第一端可被视为壁的顶部,第二端可被视为壁的底部,其中所述壁在第一端和第二端之间被提供有多个层。当没有压缩力施加到壁时,壁可具有第一长度,其中第一长度基本上是壁的每一层的高度的总和。当在平行于第一轴线的方向上向壁施加压缩力时,壁可具有第二高度,其中第二高度低于每一层的高度的总和。

[0017] 这意味着3D打印结构的壁可在第一轴线的方向上具有比其他区域刚度更高的区域,所述其他区域位于沿着第一轴线的其他位置。较高的刚度允许第一壁的第一级结构层

或任何其他结构层与和结构层相比具有减小的刚度的柔韧层相比更不可能变形。因此,这意味着当向壁施加压缩力(沿第一轴线的方向)时,如果压缩力高于预定的力,则施加到这些层的压缩力将压缩壁,在此情况下,壁将具有屈服于压缩力的倾向,其中允许壁由于压缩力而屈曲或弯曲。由于不同层的刚度不同,压缩力将导致具有较低刚度的层先于具有增加的刚度的层而屈服,这意味着壁的弯曲和/或屈曲将发生在预定的区域,其中,具有较小刚度的层将在具有增加的刚度的层之前偏离第一轴线。

[0018] 可根据3D打印结构的要求来调整层的刚度和数量,其中,对于对允许第一壁屈服所需要的力具有较低要求的壁,可增加柔韧层的数量,而为了提高对压缩力的抵抗,可采用增加数量的结构层。因此,通过改变柔韧层相对于结构层的比率,可改变第一壁的刚度。

[0019] 在本申请的一个示例性实施例中,3D打印结构可以是3D打印柔韧结构。3D打印结构可以是可视为减震的结构,其中3D打印结构被配置为吸收施加到3D打印结构的力。可以以3D打印结构吸收施加到3D打印结构的力的能量的形式来提供减震,其中3D打印结构可弹性变形以吸收能量。当释放力时,当弹性变形反向时,能量可被释放。

[0020] 3D打印机结构以及3D打印结构的壁可具有可理解为它们的永久形状的原始形状、和可被视为临时形状的变形形状,其中变形形状可被视为由外部刺激而产生的形状,所述外部刺激诸如对3D打印结构和/或3D打印结构的的外力或外部施加的机械能。

[0021] 在本申请的一个实施例中,3D打印结构可以是适于吸收由人体产生的力的3D打印结构。3D打印结构可被用作在人体的一部分与另一实体之间的阻尼结构,即刚性结构,诸如鞋中的鞋底组件的部分、座椅上的就座区域、背包与用户的身体之间的垫、床垫以及可用于吸收和分配从人体传递到另一实体的能量的类似结构。

[0022] 在本申请的理解内,术语“弹性材料”应被理解是指弹性材料能够拉伸或压缩而没有塑性变形的术语。即,其中应力-应变曲线的弹性区域大于应力-应变曲线的塑性区域。即,材料的杨氏模量(Young's modulus)可小于60GPa,或者优选小于40GPa,或者小于20GPa,或者小于10GPa。

[0023] 术语“弹性材料”可指这样的材料,其具有至少50%的伸长、或具体地大于100%的伸长、或具体地大于200%的伸长、或具体地大于300%的伸长。术语伸长百分比(伸长%)是一种度量,用于捕获材料将发生塑性和弹性变形直至断裂的量。伸长百分比是一种测量和量化材料延展性的方法。将材料的最终长度与其原始长度进行比较,以确定伸长百分比和材料的延展性。

[0024] 用于提供层的弹性材料可以是具有30至80之间的肖氏(Shore)A硬度的材料。然而,3D结构可具有与弹性材料相比组合的更低的肖氏A硬度,这是因为该材料可由可彼此分隔的层状材料的许多壁制成。因此,结构的硬度可以是壁结构和壁之间的间隔的硬度的组合。此外,由于壁的屈服可能性,壁可能以比弹性材料的硬度低的比率偏离或弯曲。因此,各个层在压缩力的方向上可以是稳定的,其中各层在它们所经受的力的作用下在各自基础上最小地压缩。

[0025] 从第一轴线的方向看,结构层和第一柔韧层以及第二柔韧层的顺序可以是第一级结构层,其后为第一柔韧层和第二柔韧层。该顺序还可以是或可替代地是第一柔韧层,其后为第一级结构层,其后依次为第二柔韧层。顺序也可以是或可替代地是第一柔韧层,其后是第二柔韧层,其后是第一级结构层。

[0026] 这意味着当在平行于纵向轴线的方向上施加力时,第一和/或第二柔韧层将在第一级结构层偏离纵向轴线之前偏离纵向轴线。

[0027] 当在壁的纵向方向上向壁施加压缩力时,具有沿其整个长度具有相同层的层结构的壁可能会具有一定程度的可预测的塌陷力,但是几乎不可能预测壁将如何塌陷,这是因为当力不完全平行于纵向轴线时,塌陷可能是在力的方向,这对壁可能如何塌陷或弯曲具有巨大影响。此外,另一个问题是,当壁塌陷时,它可能会失去其对压缩力的大部分或全部反作用力,使得一旦壁塌陷,则壁失去其大部分反向力,这是因为壁可能会完全地折叠和/或塌陷。

[0028] 但是,通过例如可以沿着纵向轴线以重复结构应用结构层和柔韧层的结构,可预测第一壁将在哪里屈服于压缩力,这是因为柔韧层可以具有降低的对力的刚度和/或抵抗,使得在壁将在具有结构层的区域中偏离之前,将总会在具有柔韧层的区域中偏离。因此,有可能使壁以可预测的方式因压缩力而塌陷/偏离,这使得更容易将壁构造成在一定力下塌陷。此外,这允许壁以受控的方式塌陷或偏离,从而即使柔韧部分在结构部分之间已经偏离或已经塌陷,壁的结构部分也可保持对压缩力的反作用力。

[0029] 第一壁可以是较大结构的一部分,其中壁的每一层可对应于较大3D结构的层,并且其中较大3D结构可具有多个层。第一壁可以是具有第二壁、第三壁或后续壁的结构的部分。第一壁可以是结构的部分,其中第一壁是蜂窝结构的部分,其中第一壁是诸如圆形、环形、三角形、六边形或任何合适的多边形封闭孔格这样的封闭孔格(从上方看)的部分,其中第一壁和/或多个壁限定孔格的体积。

[0030] 结构层可以是构成与柔韧层相比具有增加的刚度的壁的任何种类的结构。结构层可在第一轴线的方向上包括多个层,其中这些层可堆叠于彼此之上,从而构成具有增加的刚度的壁的部分。结构层可在第一轴线方向上具有与第一层的高度相似或相同的高度。然而,结构层可替代地具有大于柔韧层的高度的高度。

[0031] 在本申请的上下文中,当公开壁的一部分时,术语壁可采用术语壁部分来代替。

[0032] 因此,壁和结构层可被用作机械装置,该机械装置可被用于存储能量并随后释放能量以减震或维持接触表面(壁的第一端和第二端)之间的力。

[0033] 在一个或多个实施例中,第一级结构层和/或第一和/或第二柔韧层可经由边界附接到另一层,其中两层之间的边界可具有小于第一级结构层和/或柔韧层的刚度的刚度。这意味着,当第一壁从第一轴线偏离时,两层的偏离会跨越边界枢转(在横截面图中观察到)。这意味着层可在预定区域中偏离,这意味着可预测和/或预期第一壁的偏离,这可通过调整层的刚度或层之间的边界的刚度来辅助控制偏离。

[0034] 在一个或多个实施例中,结构层可具有第一表面和第二表面。当第一壁处于未压缩状态时,结构层的第一表面和/或第二表面可被视为层的与第一轴线相交的部分。结构壁的第一表面和/或第二表面可被视为该层的面对第一壁的前一层或后一层的部分。因此,第一表面和/或第二表面可具有基本正交于第一轴线的切线轴线(在截面图中观察)。第一表面和/或第二表面可被视为与壁的另一层邻接的层的部分。

[0035] 当以线性方式构造壁时,第一壁的未压缩状态可以是第一轴线与第一壁的所有层和/或壁的至少多个层相交的情况,其中壁的每个层沿第一轴线堆叠于彼此之上。第一壁的中间状态可例如为第一轴线与第一壁的所有层和/或至少多个层相交的情况,其中压缩力

例如可能太低而不能迫使壁的一个或多个层从第一轴线偏离。第一壁的压缩状态可以是第一壁的至少一层偏离第一轴线的情况。

[0036] 在一个示例性实施例中,第一级结构层可沿着第一轴线邻接第一柔韧层和第二柔韧层。这意味着第一壁的第一级结构层可在第一级结构层的第一侧上具有第一柔韧层,并且在第一级结构层的相对的第二侧上具有第二柔韧层。因此,第一轴线可沿着第一轴线的长度与柔韧层、结构层和柔韧层以此顺序相交。这允许第一级结构层被柔韧层围绕,即在顶部和底部上,从而当向第一壁施加力时允许柔韧层在结构层变形之前变形。

[0037] 在一个或多个实施例中,柔韧层可具有主表面和次表面。当第一壁处于未压缩状态时,柔韧层的主表面和/或次表面可被视为该层的与第一轴线相交的部分。柔韧层的主表面和/或次表面可被视为该层的面对第一壁的前一层或后一层的部分。因此,主表面和/或次表面可具有与第一轴线基本正交的切线轴线(在横截面图中观察)。第一表面和/或第二表面可被视为该层的与壁的另一层邻接的部分。

[0038] 当已经形成壁结构时,第一壁的层可融合,结合,混合,统合和/或合并,其中在壁的两个层之间的边界可能是无法区分的。然而,在第一壁或任何后续壁的3D打印期间,该壁是逐层形成的,其中一个层位于前一层(已经形成并定位的层)的顶部,该前一层的第一表面邻接后一层(位于前一层顶部的层)的第二表面。这两层的定位可在固化之前进行,使得第一和第二表面相交,并且可彼此不清晰。替代地,第一表面可以以永久的方式结合或粘附到第二表面,其中,在第一壁或任何后续壁的截面的显微视图中可观察到两层之间的边界。

[0039] 在一个或多个实施例中,刚度可在纵向方向上。纵向方向可以是平行于第一壁的第一轴线的方向。第一壁或任何后续壁的层的刚度可被视为代表该层在纵向方向的柔韧性的刚度。即,其中,刚度表示该层如何倾向于在纵向方向移动。高刚度将意味着与具有较低刚度的层相比,该层可能需要增加的力来沿纵向方向布置该层,反之亦然。

[0040] 在一个或多个实施例中,刚度可在横向方向上。横向方向可以是横向于第一壁的第一轴线的方向。第一壁或任何后续壁的层的刚度可被视为代表该层在横向方向的柔韧性的刚度。即,其中,刚度表示该层如何倾向于在横向方向移动。与具有较低刚度的层相比,高刚度将意味着该层可能需要增加的力以沿横向方向布置该层,反之亦然。

[0041] 在一个或多个实施例中,刚度可在旋转方向上。旋转方向可以是沿着第一壁的层的纵向轴线旋转的方向,其中第一壁的层的纵向轴线可与第一壁的第一轴线基本正交(成直角)。因此,第一壁或任何后续壁的层的刚度可被视为代表该层在旋转方向上的柔韧性的刚度。因此,当将压缩力施加到结构的壁时,一层或多层可能会偏离壁的第一轴线,其中,一层可能会结合到另一层,这意味着压缩力将造成施加到该层或两层上的扭矩。该层的刚度可在例如可以代表两层之间的连接的旋转方向上,即单层的旋转柔韧性。旋转方向上的柔韧性可被视为响应于施加的力对层的扭转运动的抵抗,即,层如何响应于施加的力来抵抗旋转运动。旋转刚度和/或硬度也可被视为扭转刚度、硬度和/或柔韧性。

[0042] 在一个或多个实施例中,结构层可具有大于柔韧层的厚度的宽度(横向于纵向轴线)。

[0043] 结构层具有大于柔韧层的厚度的110%、120%、130%或150%的宽度(横向于纵向轴线)。结构层可具有柔韧层的宽度的大约两倍的宽度。

[0044] 结构层可形成为在横向方向上彼此邻接的两层或更多层柔韧材料。这意味着这两

层可位于壁结构的单层中,并且其中每一层结合到结构的前一层和/或后一层以及在横向方向上旁边的层。因此,第一级结构层或任何后续层可由两层或更多层材料构成,其中每一层都可与壁结构的柔韧层相比较。提供两层或更多层材料以形成结构层将增加壁的层的刚度,这是因为当两层或更多层彼此结合,以及在纵向方向上结合到邻接层时,材料可能具有增加的宽度。两个邻接层可具有与柔韧层的高度可比或相同的高度(在纵向方向上),其中邻接层的引入不改变结构层的高度。因此,结构层可具有与柔韧层相似或相同的高度。

[0045] 在一个或多个实施例中,第一壁可具有至少第二级结构层和/或至少第三柔韧层。延续第一级结构层和/或柔韧层,可将第二级结构层进一步提供给3D打印结构的壁,其中可提供另外的结构层以增加壁的高度和/或增加壁的刚度。延续第一级结构层、第二级结构层、第一柔韧层和/或第二柔韧层,可进一步将第三柔韧层提供到3D打印结构的壁上,其中可提供另一柔韧层以增加壁的高度和/或降低壁的刚度。第一壁或任何后续壁可被提供有多个结构和/或柔韧层,以便沿第一轴线的方向提供预定长度的壁。

[0046] 在一个或多个实施例中,结构层和柔韧层的顺序可沿着第一轴线重复。这意味着可沿着壁的长度(沿着第一轴线)再现结构以及第一和第二柔韧层的顺序,其中第一级结构层和第二级结构层可被一个或多个柔韧层分隔开,在一个示例中,两个结构层被两个柔韧层分隔。因此,壁的长度可具有如下结构,其中结构层可在每侧(沿着纵向长度的上方和下方)邻接一个或两个柔韧层,其中该顺序可沿着壁的长度重复。

[0047] 在一个或多个实施例中,第一壁可沿着至少一个第一级结构层和至少一个柔韧层的纵向轴线具有重复的分层结构。

[0048] 这意味着柔韧层可被构造成在两个结构层之间的区域中与施加到第一壁的压缩力有差异,使得壁能够从其第一端到其第二端减小高度。

[0049] 在一个或多个实施例中,第一级和第二级结构层可被至少第一柔韧层分隔。通过采用至少一个柔韧层将第一级和第二级结构层分隔,可控制第一壁沿其纵向轴线的变形,其中,具有比结构层低的刚度的柔韧层将在结构层的变形之前变形。因此,可更精确地预测第一壁如何变形,并且因此可调节结构层和/或围绕第一壁的任何壁的刚度,以提供就其本身而言具有可预测和可控制的整个壁的整体刚度的第一壁。

[0050] 在一个或多个实施例中,结构层的高度可与柔韧层的高度基本相似。通过以与柔韧层相似的高度提供结构层,其中在一个或多个实施例中,结构层的高度与柔韧层相同,在壁的构造期间,可将结构层与柔韧层交换,反之亦然,不必由于一个结构层与柔韧层的交换而重新校准壁的总高度,反之亦然。因此,可由层的总数限定要制造/打印的壁在第一轴线方向上的长度(高度或总高度),其中特定层的具体数目不影响壁的长度,且无需特别修改和计算壁的总长度就能够互换特定类型的层。这也意味着结构壁的引入能够在要进行3D打印的物品的层中在任何位置上有选择地完成,而不会影响物品的后续层,并且无需补偿壁的后续层中的结构层。

[0051] 在一个或多个实施例中,第一级结构层可在纵向方向上被两个或更多个柔韧层分隔开。通过将第一级结构层与两个或更多个柔韧层分隔,这意味着在纵向方向(第一轴线的方向)上,第一级结构层之后是至少两个柔韧层。这意味着至少两个柔韧层为壁提供了这样的区域(在纵向方向上),该区域可被视为更具柔韧性(更小刚度),从而允许壁以更容易的方式在这个区域塌陷。因此,提供在第一轴线方向上彼此邻接的两个柔韧层,也可能意味着

两层之间的结合的柔韧性小于结构层和柔韧层之间,这可能意味着当在第一轴线的方向上向壁施加压缩力时,一个柔韧层可以更容易地从另一柔韧层偏离。

[0052] 在一个或多个实施例中,第一柔韧层可邻接第一级结构层。通过使第一级结构层在第一轴线的方向上邻接第一柔韧层,可在第一轴线的方向上增加壁的柔韧性。柔韧层将具有比结构层更低的刚度,使得组合的两层的总刚度将小于例如彼此邻接的两个结构层。因此,可通过提供柔韧壁来增加壁的柔韧性,而无需改变用于3D打印的材料组分。

[0053] 在一个或多个示例性实施例中,第一壁、第二壁、第三壁或任何后续壁可具有第一高度以及第一端和第二端,其中第一级结构层被定位为距第一端至少第一长度的20%的距离、和/或距第二端至少20%的距离。第一高度可以是沿着第一轴线从第一端到第二端的距离。因此,在第一壁具有10mm的高度的一个示例中,第一级结构层可位于第一壁的高度的2mm与8mm之间的区域中。这意味着壁可具有位于壁的中心区域中的结构层。因此,第一壁的中心区域可具有第一柔韧层和第二柔韧层二者以及结构层。因此,当向壁施加力时,可控制第一壁的变形。在第二示例中,第一壁的中心区域可具有两个或更多个结构层,其中各结构层可被一个或更多个柔韧层分隔开。

[0054] 在一个或多个实施例中,第一轴线可与结构层和/或柔韧层的中心轴线相交。这意味着可以以使得以线性方式提供结构层和柔韧层的方式来提供第一壁,其中,每个层以直接的方式堆叠在彼此之上,从而将沿平行于第一轴线的方向施加于第一壁的任何压缩力穿过具有与第一轴线相交的中心轴线的壁的所有层传递。层的中心轴线可被视为遵循该层的长度的纵向轴线,并且可被视为垂直于该层的横截面。

[0055] 在一个或多个实施例中,弹性材料可以是硅树脂(silicone)材料或硅树脂材料的混合物。3D打印可通过在另一层之上添加一层,然后继续此过程直到壁具有所需的高度来完成。可有利地使用液体形态聚合物来完成3D打印,该液体形态聚合物当已经位于其正确位置时固化。因此,当固化时,3D打印结构可由聚合材料制成。其一个示例是液体硅树脂聚合物,其位于该层的顶部,在与该层相同的方向上添加,因此壁可以是在彼此顶部添加的聚合物的许多离散线,其中这些线当3D打印在彼此之上时彼此平行。该材料有利地是弹性的,使得在施加压力期间该材料的变形是可逆的,并且当该材料发生弹性变形时该材料不会塑性变形。即,在发生塑性变形之前具有高的应力/应变关系比率。

[0056] 在一个实施例中,固化时聚合物的硬度可在20至90肖氏A之间,优选在30至85肖氏A之间,更优选在35至80肖氏A之间,更优选在大约40至60肖氏A。聚合物的一个示例是硅树脂,其中一种类型可以是3D打印而设计的道康宁(Dow Corning)LC3335液体硅树脂橡胶(Liquid Silicone Rubber),其具有约为50的肖氏A硬度。也可使用适用于3D打印的其他类型的聚合物和硅树脂,并且特定类型的硅树脂或聚合物对于本发明不是关键的,但是3D打印的弹性、硬度和功能可能被视为重要的因素。

[0057] 3D打印方法使用的是融合沉积模型(Fusion Deposition Modelling),其使两个被限定的流体强制穿过静态混合器,然后取决于精确的应用,从喷嘴中挤出。可使用的一种打印设备是德国RapRap GmbH 3D打印机X400 PRO3D打印机。其他类型的打印机也能够使用。

[0058] 在一个实施例中,每一层的厚度可在0.1至1.6mm之间,更优选在0.2至1.2mm之间,更优选在0.3至1.0mm之间,或者更优选在0.4至0.9mm之间。可通过3D打印线的厚度和/或3D

打印线的多重性(multiplicity)来控制层的厚度。因为增加的厚度将提供增加的抵抗和/或增加的刚度,线的厚度可控制壁的抵抗。

[0059] 在一个或多个实施例中,结构层可由第一材料组分制成和/或其中柔韧层由第二材料组分制成,其中第一材料组分不同于第二材料组分。因此,该3D打印结构可由至少两种不同的材料组分制成,其中当施加压缩力时,该材料组分可影响层的行为和可压缩性。

[0060] 可通过在不同数量的层中提供壁来调整3D打印结构的形态,其中3D打印结构的旨在具有降低的高度的部分可被提供有层数少的壁,其中旨在具有增加的高度的3D打印结构的部分可被提供有位于彼此之上的增加数量的层。

[0061] 在3D打印结构可以是鞋的中底的示例中,旨在具有较低高度的区域例如可以是前脚区域,其中较高的区域可以是例如3D打印结构的内侧(medial)部分的足弓区域、以及例如后跟区域。因此,由于可以完全按照特定用户的脚的形态利用3D打印结构形成,所以在其中将使用中底的鞋可以以相对通用的形态形成,其中鞋面和外底可接合在一起,其中外底的内表面可相对平坦并且在高度的意义上不成形为脚的形态。因此,外底的内表面,即外底的面向脚的表面、或鞋的面向脚的表面,如果被提供有中间部分,则可相对平坦,并且可被设置为用于3D打印的中底的下部的接收表面。因此,外底的面向脚的表面可在纵向方向和横向方向上以脚的形状提供,但是在高度方向上,即在垂直于脚的纵向和/或横向方向的方向上,不具有任何特征性的脚形状。因此,对于用户而言具有正确尺寸(沿鞋的纵向轴线)的鞋可被提供有3D打印的中底,该3D打印的中底在面向脚的表面上,特别是在高度方向上,为用户特别形成为用户的脚的轮廓,并且可在行走、奔跑或静止定位期间以步态、从脚传递的力、以及脚的轮廓分析的形态,在针对每个特定用户特别选择的区域中强化或软化。

[0062] 因此,本申请还可涉及一种具有3D打印的中底的鞋,该3D打印的中底由根据上述公开内容的3D打印结构制成。

[0063] 控制3D打印结构的抵抗的另一种方法是如何将一个壁连接到第二壁以及该壁的形态。如果一个壁以一定角度连接到另一壁,即,壁的平面以一定角度相交,则第二壁可为第一壁提供增加的抵抗,反之亦然,这是因为这些壁彼此相对成角度并为彼此提供结构抵抗,特别是如果一个壁沿其整个高度连接到第二壁。

[0064] 3D打印结构可被提供有多个壁,其中多个壁限定了多个孔格,所述孔格具有基本平行于壁的中心轴线并且具有从壁到中心轴线的半径。

[0065] 当对壁施加压力并且当施加于壁的力超过某个限度时,壁将变形,并且由于壁的底端(第二端)被外底的面向脚的表面限制在鞋内部,所以第一端将在朝着第二端的方向移动,并且为其发生,壁将通过屈曲、扩展或其他方式变形,以允许第一端沿向下的方向移动。由于壁将变形,因此可以有利的是,壁的变形在至少一个方向,即,在朝向孔格的中心轴线的方向上,不受限制。因此,变形的壁被允许自由地变形到孔格中,使得在至少一个区域中减小了壁与孔格之间的半径。孔格的形态,例如从上方或侧面观察的孔格的形状,也会影响壁的变形,这是因为连接的壁和连接的角度可能会增加或减小壁的抵抗。

[0066] 可由圆形壁提供单个孔格,该圆形壁在多个层中提供圆柱形壁,其中该壁的外表面可连接至第二壁。因此,孔格结构可以是多个圆柱形孔格,其经由壁连接到其他圆柱形孔格。圆形壁可包括第一壁、第二壁和/或第三壁,其中第一壁、第二壁和/或第三壁可以是圆形壁在沿着圆形壁的不同位置处的区域。因此,第一壁可以例如是以0-60度的角度定位,而

第二壁可以以61-120度的角度定位,第三壁可以以121-180度的角度定位。替代地,第一壁例如可以以0-120度的角度定位,而第二壁可以以121-240度的角度定位,第三壁可以以240-360度的角度定位。圆形壁可具有360度的旋转,其中该旋转围绕圆形壁的中心轴线,其中该中心轴线延伸穿过圆形壁的中心。

[0067] 在一个或多个实施例中,第一层可在第一轴线的方向上邻接第二层。这意味着第一层可位于第二层之上,或也可位于第二层之下。通过将层定位于彼此之上,第一层和第二层提供了3D打印构造的部分,其可被构造为可定位在彼此之上的多层结构。因此,3D构造的壁部分可构成3D打印结构,其中壁结构的一个层可具有与相同壁结构的另一层不同的刚度,和/或其中壁部分的一个层可具有与相同层中不同壁部分的层不同的刚度。

[0068] 在一个或多个实施例中,第二层的第二壁部分可包括第二级结构层或第三柔韧层。通过向第二壁部分提供第二级结构层或第三柔韧层,第一壁部分的3D打印结构可具有与第二壁部分一样多的层,并且可分别具有与第一壁部分相似的刚度或更低的刚度。即,当第一壁部分和第二壁部分二者具有相同数量的层时,并且当两个壁部分都具有结构层和柔韧层时,它们的组合刚度基本相似。然而,当第一壁部分和第二壁部分不具有相同量的柔韧层和结构层时,具有较少结构层的壁部分的刚度低于具有较多数量的结构层的壁部分。因此,可通过调节结构层和柔韧层的数量来控制壁部分的刚度。

[0069] 在一个或多个实施例中,第一柔韧层可邻接第二级结构层或第三柔韧层。这意味着第二级结构层或第三柔韧层可为第二壁部分提供特定的结构,其中第二级结构层可通过邻接第二柔韧层来增加第二壁部分的组合刚度,或第三柔韧层可确保第二壁部分的刚度低于第一壁部分的相应层。

[0070] 在一个或多个实施例中,该3D打印结构可包括第三壁。第三壁可为3D打印结构提供增加的可变性,其中第三壁可由与第一壁和/或第二壁相似的层构成,但是其中第三部分在相应的层中在第一轴线方向可以具有与第一和/或第二壁不同的分层结构。替代地,如果3D打印结构的构造需要第三壁,则第三壁可具有与第一壁和/或第二壁相似的结构。

[0071] 在一个或多个实施例中,第一层可进一步包括第三壁部分,其中第三壁部分在第一层中包括第二柔韧层或第二级结构层。第三壁部分可为3D打印结构提供另一层,其中第三壁部分可具有与相同层中的第一壁部分和/或第二壁部分相似的刚度,或可具有不同的刚度,即高于或低于第一壁部分和/或第二壁部分的刚度。

[0072] 在一个或多个实施例中,第二层包括第三壁部分,其中第三壁部分在第二层中包括柔韧层或结构层。第三壁部分可具有与第一壁部分和/或第二壁部分相同的层数,使得第一、第二和第三壁部分的高度相同。

[0073] 在一个或多个实施例中,在沿着第二轴线的方向上第一壁可邻接第二壁和/或第三壁可邻接第二壁。这意味着这些壁可沿特定方向延伸。第二轴线也可以是圆形方向的部分,其中第一壁、第二壁和第三壁可以以环形或多边形的方式连接,从而产生闭合结构例如孔格的部分。因此,第一壁、第二壁和/或第三壁可以以环形方式或部分环形方式彼此邻接,其中这些壁形成环形结构的部分。

[0074] 在一个或多个实施例中,第二柔韧层可邻接第一结构层。第二柔韧层可在沿着第二轴线的方向上邻接第一结构层,其中沿着第二轴线的方向观察,第二柔韧层位于第一结构层的侧面。

[0075] 以上公开了3D打印结构的第一层具有与第二层不同的结构。3D打印结构的壁可沿着第一轴线延伸,而第二壁可被定位到第一壁的侧面,即,在与第一轴线成直角的方向上。在本申请的含义内,第二轴线可与第一轴线正交。因此,3D打印结构可具有在至少两个方向上具有变化结构的多个层,其中第一壁部分和第二壁部分或任何后续壁部分的结构可在3D打印结构的不同部分中重复。这可意味着第一壁部分和第二壁部分的结构可在第一轴线的方向和/或第二轴线的方向上重复,以便提供多个壁和/或多个层以提供具有特定刚度的3D结构,其可以是3D结构的一个或多个壁或壁部分中的结构层和柔韧层的组合。

[0076] 在一个实施例中,可提供具有至少第一层和第二层的弹性材料的3D打印结构,该3D打印结构包括:至少第一壁,其包括至少第一级结构层和至少第一柔韧层;至少第二壁,其包括至少第二级结构层和至少第二柔韧层,其中3D打印结构包括第三轴线,其中第三轴线与第一层和第二层相交,其中第三轴线与第一级结构层和第二级结构层相交,其中第一级结构层具有第一刚度,第一柔韧层具有第二刚度,其中第一刚度大于第二刚度。

[0077] 提供上述3D打印结构,其中第三轴线与3D打印结构的两层相交并且和第一级结构层和第二级结构层相交是指第三轴线被提供为与第一层和第二层成角度,其中第一层和第二层相对于彼此基本平行。这也可能意味着成角度的第三轴线可延伸穿过第一层,进入第二层,并继续到第二层的后续层。此外,结构层存在于3D打印结构的不同壁中,其中第一壁和第二壁可具有基本平行的第一轴线。这也意味着第三轴线与3D打印结构的壁成角度。即,第三轴线可被视为具有在平行于第一壁的第一轴线与平行于第一层的第二轴线之间的角度。即,如果第一轴线具有为90度的角度,且第二轴线具有为0度的角度,则第三轴线的角度可大于0度但小于90度,从而允许第三轴线与3D打印结构的至少两层、以及3D打印结构的至少两个壁相交。

[0078] 各层中的第三轴线的相交可意味着第一层和第二层彼此不同,并且第一级结构层和第二级结构层彼此分隔,即,其中,轴线可不与第一和第二结构的各层和/或各个壁的结构层相交于相同位置。因此,3D结构的各层和各结构层可在第三轴线的不同位置处与第三轴线相交,即,3D结构的各层中的相交处在沿着第三轴线的不同位置处,并且对于各壁的结构层也类似。

[0079] 通过沿着第三轴线定位各结构层,可以在3D打印结构的不同层中的结构层和/或柔韧层之间获得交互作用,其中与柔韧层相比,结构层的刚度增加可在不同壁中的两层之间产生弹性/弹簧效应,从而允许3D打印结构的不同壁在壁之间具有弹性机械相互作用,从而由结构层提供的3D打印结构的刚度可以沿着第三轴线遵循整个3D打印结构。

[0080] 在一个或多个实施例中,其中3D打印结构可包括第三层并且可选地还包括至少第三壁,该第三壁包括至少第三级结构层和至少第三柔韧层,其中第三轴线与第三层和第三级结构层相交。因此,3D打印结构可被提供有具有第三级结构层的又一壁以及3D打印结构的至少第三层,其中第三轴线与第三层以及第三结构层都相交。因此,第三壁可提供与第一壁和第二壁的又一连接,以便在第一壁和第二壁以及第三壁之间提供弹性关系。由于第三轴线与第三级结构层相交,因此与可围绕壁中的结构层的柔韧层相比,三个结构层的增加的刚度可遵循第三轴线穿过3D打印结构的多个层和多个壁。

[0081] 在一个或多个实施例中,第一壁、第二壁和/或第三壁可分别包括第一级第一轴线、第二级第一轴线和第三级第一轴线。第一第二和/或第三壁的每个可包括第一轴线,其

中壁中的柔韧层和结构层的结构可遵循第一轴线。所述结构可从一个壁到另一壁是不同的,或者对于每个壁它可以是相似的,例如定位可能从一个壁移到另一壁。即,其中结构层在第一壁中的第一层,在第二壁中的第二层,及在第三壁中的第三层中,依此类推。

[0082] 在一个或多个实施例中,第一级结构层和第二级结构层可位于3D打印结构中的不同层中。通过在3D打印结构的不同层中提供第一级结构层和第二级结构层,可以以对角线的方式将壁的刚度从一个壁移到另一壁,即第二壁的增加的刚度被提供在低于或高于第一壁中的结构层的层中。

[0083] 在一个或多个实施例中,第三级结构层可位于与3D打印结构中的第一级和/或第二级结构层不同的3D打印结构中的层中。因此,第三级结构层可在与第一级和第二级结构层不同的层中。即,如果第一级层在第一层中,第二级在第二层中,则第三级结构层可在与第一层和/或第二层不同的层中。因此,结构层可由此在高度上从一个壁到另一壁移位,从而允许结构层的刚度沿着第三轴线传递。

[0084] 在一个或多个实施例中,第一壁可邻接第二壁,和/或其中第三壁可邻接第二壁。通过使第一壁和第二壁彼此邻接,并且可选地使第三壁与第二壁邻接,可将刚度从一个壁直接传递到另一壁。因此,一个壁中的结构层的刚度可直接传递到另一壁,其中壁的刚度将受到邻接壁中的结构层的影响。此外,通过使壁彼此相邻并且具有与各结构层相交的第三轴线,刚度可从一个壁传递到另一个壁,并产生在3D打印结构的各个壁之间传递的协作效果。

[0085] 在一个或多个实施例中,第一壁和第二壁、以及可选地第三壁可形成限定孔格的预定体积的封闭孔格的部分。因此,从上方看的封闭孔格可具有其中壁限定孔格边界的视图,并且可以是产生封闭孔格的多个壁的部分。封闭孔格例如可具有以环形方式连接的六个壁,例如作为六边形形状,其中第一壁邻接第二壁,且第三壁邻接第二壁,且第四壁邻接第三壁,等等。在第一壁的相对侧上,孔格的封闭可以是例如其中第六壁与第一壁邻接。通过在每个壁中具有结构层,并且各个层可与第三轴线相交,当将一个壁与其邻接壁比较时,结构层可在向上或向下的方向位移。因此,封闭孔格的壁的刚度可从一个壁到另一壁改变。封闭孔格可具有任何合适的形态。

[0086] 在一个或多个实施例中,第三轴线可以是螺旋轴线和/或螺旋形轴线。通过提供呈螺旋轴线和/或螺旋形轴线形态的第三轴线,该轴线可遵循盘绕路径,其中该盘绕路径例如可遵循封闭孔格的壁(即外围壁)。通过在例如螺旋路径中提供第三轴线,并且其中第三轴线与壁中的结构层相交,壁的结构层也可遵循螺旋路径。因此,这意味着壁的刚度可以以螺旋的方式形成,使得封闭的孔格例如可以具有刚度轮廓,其沿封闭孔格的外围模仿盘绕弹簧。因此,这意味着封闭孔格的壁可以以类似于盘绕弹簧的方式执行,其中沿第一轴线方向施加的力经由结构层从一个壁传递到其他壁,其中当遵循螺旋轴线的路径时力在侧向方向(第二轴线)以及在向上和/或向下方向二者传递。因此,这些壁和结构层可被用作机械装置,该机械装置可用来存储能量并随后释放能量,以减震或保持接触表面之间的力。

[0087] 在一个或多个实施例中,第一级结构层是第一层的部分,并且第二级结构层可以是第二层的部分。可选地,第三级结构层可以是第三层的部分。这提供了壁的结构,其中壁的结构层与先前的壁相比可偏移一层。这也可以意味着在结构层位于层中的情况下,结构层是该层的一体的部分,或者处于某个位置的层可包含相应的结构层或由其组成。

[0088] 在一个或多个实施例中,第一级结构层中的第三轴线的交点可与第一层中的交点位于相同的位置,且第二级结构层中的第三轴线的交点可与第二层的交点位于相同的位置。可选地,第三级结构层中的第三轴线的交点可与第三层的交点位于相同的位置。因此,第三轴线将在相同位置处与结构层和该层相交,使得可在三维空间中的至少一点上看到一个层和一个结构层中的交点。

附图说明

[0089] 下面是参考附图的示例性实施例的说明,其中

[0090] 图1a和1b示出了根据本说明的3D打印壁的第一和第二实施例的截面图,

[0091] 图2a、2b和2c示出了3D打印壁、以及当施加压缩力时该壁可以如何反应的截面图,

[0092] 图3示出了3D打印壁的一个示例的立体图,

[0093] 图4示出了3D打印壁的另一实施例的截面图,

[0094] 图5示出了3D打印壁的三个截面的显微图,

[0095] 图6a、6b和6c示出了3D打印结构的三个单独的层,

[0096] 图7a和7b示出了在不同步骤中的分层结构的立体图,以及

[0097] 图8示出了3D打印结构的部分的截面图。

具体实施方式

[0098] 图1示出在示意性截面图中观察到的3D打印结构1的第一示例性实施例,其具有第一壁2,该第一壁2具有沿第一轴线A延伸的多个层。第一壁2包括第一级结构层3、第一柔韧层4和第二柔韧层5。在该示例性实施例中,第一壁2包括第二级结构层6、第三级结构层7和第四级(quaternary)结构层8,其中第二级结构层6和第三级结构层7、以及第三级结构层7和第四级结构层8的每个分别被两个柔韧层9、10、11、12分隔。即,其中第一级结构层3以及第一柔韧层3和第二柔韧层4的结构沿壁2的长度在壁2的纵向方向A上重复。

[0099] 使用具有高度H和宽度W的柔韧材料的挤出的线对第一级结构壁3和第一柔韧壁4、第二柔韧壁5以及后续壁进行3D打印,其中,在3D打印结构中的一个材料层可以是高度H,并且可按照3D打印结构中的要求以连续方式施加。

[0100] 在该实施例中,在此壁2中的结构层6被提供为挤出的柔韧材料的两条分隔的线12、13,其中,这两条分隔的线13、13'在接合侧壁处彼此接合,其中接合侧壁14在材料的两线13、13'之间提供了永久结合。此外,结构层6可接合到至少一个柔韧壁5、9,其中柔韧壁的上壁15或下壁16可接合到结构层6的上壁或下壁,从而产生两层之间的永久结合。层之间的结合可沿着层6、5、9的整个长度沿着基本垂直于在本截面图中表示的2D平面的轴线B延伸。柔韧层9、10也可沿着层9、10的整个长度结合。如在该实施例中所见,结构层6具有大约是柔韧层5、9(W)的宽度(2W)的两倍的宽度。结构层6的宽度确保了该层具有比柔韧层5、9更高的刚度,使得当在第一轴线A的方向上向壁2施加压缩力时,结构层6将比柔韧层抵抗变形更长时间。可对图1a中所示的所有结构层和柔韧层进行相同的考虑。

[0101] 类似地,图1b示出了壁20的另一示例性实施例,其中该壁在第一轴线A的方向上包括第一级结构层21、第二级结构层22以及六个柔韧层23、24、25、26、27、28,该柔韧层23、24、25、26、27、28将第一级结构层21与第二级结构层22分隔。在第二级结构层22下方提供了两

个或更多个柔韧层。在该实施例中,鉴于图1a所示的实施例,增加了柔韧层的数量,假设两个壁以与具有相似的高度(H)和宽度(W)的柔韧材料的线类似的方式、类似的材料和类似的尺度制造,这意味着壁20的整体刚度小于图1a中所示的壁2。柔韧性的增加是由于壁沿轴线A在每单位长度具有比图1a中的壁2更多的柔韧层的事实。因此,当在轴线A的方向上提供压缩力时,结构层21、22将抵抗变形,而柔韧层23、24、25、26、27中的任何一个可在结构层21、22之前变形。

[0102] 图2a示出了具有三个结构层31、32、33的壁30,所述结构层31、32、33由第一组三个柔韧层34、35、36和第二组柔韧层37、38、39彼此分隔开。当壁30在其未压缩状态下,第一轴线A与每一层的中心部分相交,使得壁30可具有基本直立的形状。

[0103] 沿轴线A方向的压缩力的增加将导致层34、35、36、37、38、39的柔韧材料变形,从而由于材料的柔韧性而导致壁30的形状改变,且随着压缩力的增加,壁30最终将以使得壁将弯曲远离第一轴线A的方式变形。假设壁的第一端40和壁的第二端41处于固定位置,则壁的变形将最可能发生在壁30的中心部分42中,其中壁30的中心部分42将偏离第一轴线A。由于壁由具有不同刚度的层构成,因此壁具有较低的刚度的部分,诸如柔韧层34、35、36、37、38、39,很有可能将会成为将变形的第一区域,并因此导致壁偏离柔韧层34、35、36、37、38、39的区域中的轴线A,其中结构层31、32、33将抵抗变形直至某个点。变形的一个例子可见于图2b中,其中两个柔韧层35、38已经沿横向方向C偏离,其中两个层都已经沿相同方向c1偏离,这导致壁的长度从其初始长度X减小到其压缩的长度Y,如图2b所示。

[0104] 在图2c中,示出了相同的情况,其中向壁30施加压缩力,其中柔韧层35在方向c1上偏离并且柔韧层在方向c2上偏离。方向c1和c2仅作为示例示出,并且柔韧层可在相同的方向、相反的方向或交替的方向上偏离。当柔韧层的数量仅为两个时,可能发生类似的偏离,其中柔韧层可在离开第一轴线A的方向上沿轴线C所示的方向偏离。

[0105] 图3示出了在示意图中观察到的3D打印结构1的另一实施例,具有示意性截面图,其具有壁50,其中该壁包括至少第一级结构层51、第一柔韧层52和第二柔韧层53。壁还包括第二级结构层54、以及四个附加柔韧层55、56、57、58。壁50的每一个层均具有纵向轴线D,该纵向轴线D沿每一层的长度沿该层的中心延伸。

[0106] 形成图3中示出的3D打印结构,使得层51-58的纵向轴线D沿着壁50的长度在轴线A的方向上基本上居中,即,轴线D与每一层的纵向轴线D相交。这意味着当在轴线A的方向上向壁50施加压缩力时,该力传递到每个层的中心,并可类似于图2b和2c所示,在柔韧层开始变形并远离纵向轴线A之前,辅助壁50维持其高度(如图2a所示X)直到预定大小的压缩力。

[0107] 图4示出了壁60的示意性截面图,类似于图2a-2c所示,其具有三个结构层61、62、63和六个柔韧层64、65、66、67、68、69。在该示例性实施例中,柔韧层65和68的纵向轴线D已经在方向c1和c2上从壁60的纵向轴线偏移,其中纵向轴线的此偏移确保当在壁60的纵向轴线A的方向上施加压缩力时柔韧层65和68被预先布置或偏置以在方向c1和c2上偏离,从而允许壁60在这些方向上弯曲。层的纵向轴线的偏移不是必须在相反的方向上,而可在相同的方向上。该偏移也可被引入一个或多个结构层中,以便沿对角线方向(方向A和方向c1或c2的乘积(product))传递压缩力以迫使壁发生特定的变形。

[0108] 图5示出了3D打印结构的截面的显微示图,示出了壁70、80和81的三个示例,每个壁具有第一端71和第二端72,其中每个壁70、80、81具有多个柔韧层73和多个结构层74,其

中结构层74被柔韧层分隔开。如从此图中可见,材料层彼此结合,从而产生了从第一端71到第二端72的一定程度均匀的结构,其中每个层73、74彼此融合。在此清楚的是,结构层具有比柔韧层(W)更大的宽度(2W),这增加了结构层74的刚度,高于柔韧层73的刚度。

[0109] 图6a-6c示出了3D打印结构的单独的层,其中图6a示出了第一层90,图6b示出了第二层91,且图6c示出了第三层92。当3D打印结构经由3D打印被构造时,其中第一层90可被视为基础层,第二层91可被定位于第一层90的顶部,且第三层92可被定位于第二层91的顶部。如果第四层将被添加到3D打印结构中,则第四层例如可具有与第一层相同的结构。

[0110] 如图6a-6c所示,每一层具有连续线94,其从层90、91、92的右侧95到左侧96遵循Z字形(zig-zag)图案。该构造可形成为使得该线构成多个六边形97,其中每个六边形具有六个壁98。两个相邻的六边形97a、97b至一个六边形以以下方式打印,即,有分隔六边形97a和97b的两个壁98a、98a',而相邻的六边形97c中的四个(这些中的仅两个具有参考标号)具有与第一六边形97分隔的单壁。因此,单层中的两个壁构成结构层,这是因为两个壁98a、98a'彼此结合,并且具有比单壁更高的刚度。因此,仅由单壁98b、98c、98e、98f分隔开的六边形构成柔韧壁。

[0111] 然后如图6b所示以以下方式产生下一层,即第二层91,即,使得层91的结构相对于第一层90旋转60度,这意味着曾出现在六边形的两个壁上的两个壁现在位于柔韧壁(图6a的98b、98e)的顶部,从而第二层91的结构层现在在壁的纵向方向(图1中的轴线A)邻接柔韧层。

[0112] 然后如图6c所示以以下方式产生下一层,即第三层92,即,使得层92的结构相对于第二层90旋转60度(α) (相对于第一层90旋转120度),这意味着曾出现在六边形的两个壁上的两个壁98a、98a'现在位于柔韧壁(图6a的98c-98e)的顶部,使得第二层91的结构层现在在壁的纵向方向(图1中的轴线A)邻接柔韧层。

[0113] 因此,通过在彼此的顶部上添加层并且使层旋转某角度,可构造六边形孔格,其中六边形形状的壁具有例如如图1a所示的结构,其中壁在轴线A的方向上具有第一级结构层以及第一和第二柔韧层。轴线A可被视为垂直于图6a-6c中所示的二维平面的轴线,其中壁的纵向轴线从图的平面朝着读者方向上升。

[0114] 图7a和7b示出了图6a-6c中公开的过程的立体图,其中最左侧的结构示出了3D打印结构的第一层100,其中,双壁101具有第一角度,并且具有两个相邻的单壁103。在从左起的第二结构中,第二层102已定位在第一层101的顶部,在该位置,双壁101现在通过将层的结构旋转60度而邻接单壁103,并且其中单壁103现在位于第一层中的双壁的顶部。从左起的第三个结构示出了第三层104已经定位在第二层102的顶部,其中双壁现在定位在第二层102的单壁103的顶部,且第三层的单壁103已经定位于第二层的双壁101的顶部。现在从左起的第四结构示出具有与第一层一定程度相同的结构的第四层105如何定位于第三层的顶部,从而双壁101定位于单壁103的顶部,以及第四层的单壁103定位于第三层中的双壁101的顶部。

[0115] 通过在每个高度旋转双壁,以如图1所示的方式在彼此的顶部上提供层,可构造如图1-图5所示的壁,其中结构层(双壁)之后是柔韧层(单壁)。旋转可以以不同的方式进行,其中可以以不同的旋转和结构来提供每一层,使得可获得所需的壁结构。此外,可以以不同的方式进行层的旋转,当孔格具有不同的形状时,即,对于三角形形状孔格,旋转可以是大

约120度的乘积,对于矩形形状,旋转可例如是90度的乘积,以获得一定的结构。如果孔格的形状是圆形,则可利用任何角度进行旋转以获得结构。因此,可鉴于孔格的形状或3D打印结构的壁结构来调整层的旋转。

[0116] 图8示出了孔格200的结构的示意性截面图,示出了在方向C上彼此附接的三个相邻壁201、202、203。以在轴线A的方向上重复的图案,每个壁具有结构层204,随后是两个柔韧层205、206。在其他实施例中,可利用前述实施例中示出的任何壁,以便获得某些图案、壁的结构以及相邻壁。在一个实施例中,相邻壁的图案可以是任何合适的图案,其中例如可在一个壁中提供图1a中所示的结构层和柔韧层的图案,其中,相邻壁可具有例如图1b、1c或图4所示的图案。因此,不需要特定图案的壁,并且能够针对特定应用调整该图案,其中一个壁具有第一刚度,然后另一壁具有可高于或低于第一壁的另一柔韧性。

[0117] 当沿轴线C的方向观察图8中的3D打印结构时,可看到该结构的材料的每一层具有第二轴线E,该每一层具有至少一个结构层204和第一柔韧层205、第二柔韧层206。因此,3D打印结构可在一层中定义壁的层,其中壁中的一个可具备具有较高刚度的结构层,而两个相邻的壁可具有或在结构壁的每一侧上可具有柔韧壁。

[0118] 此外,当观察图8的结构时,还可看到,结构壁的结构可被视为如图8所示沿轴线F具有对角线图案。当在方向C移动时可观察到,结构层被柔韧层205代替,并且在侧面即相邻壁202中的下一结构层204比第一壁201的第一结构层204低一层。鉴于结构层204中的第三壁203比第二壁202中的先前结构层204低一层,因此可进行相同的陈述。因此,在三维中观察,结构层204遵循螺旋轴线,其中相邻壁的结构层比先前壁低一层。

[0119] 在此实施例中,结构层204在轴线A的方向上邻接柔韧层,并且还可在轴线E的方向上邻接柔韧层。因此,在3D打印结构200的第一层207中的结构层204可具有邻接3D打印结构200的第二层208中的结构层204的柔韧层205。此外,第二壁202可被提供有邻接第一层208中结构层204的柔韧层205。此外,第三壁203可进一步被提供有柔韧层205,该柔韧层205在轴线E的方向上邻接第一层208中的柔韧层205。

[0120] 第三层209还可在轴线A的方向上被提供有柔韧层205或结构层204,其邻接先前层208中的柔韧层205或结构层204。

[0121] 在图8中示出的实施例的壁可被视为具有第三轴线F,其中第三轴线可被视为遵循孔格的壁(如在图7a和7b中观察到的以螺旋方式)。因此,螺旋轴线F可在每个壁中向斜下方延伸,其中轴线F与结构层204相交。当在二维中从侧面观察视图时,图8所示的视图是扭曲的。螺旋轴线在三维空间中可以被视为曲线,并且其形状可以类似于盘绕弹簧,或者类似于螺旋楼梯中的扶手,其中螺旋轴线以“螺纹(screwing)”运动的方式,例如以圆柱形螺旋的形状,向下移动。

[0122] 根据本申请,应将3D打印结构的一个、两个或三个壁的示例性实施例理解为是可组合的。即,在示出一个壁的图中,根据描述,相同的壁可被用作第二、第三或任何后续的壁或壁部分。基于3D打印结构的当前描述,本领域技术人员将没有任何问题将一个实施例的公开内容与另一实施例相组合。

[0123] 术语“第一”、“第二”、“第三”和“第四”、“第一级”、“第二级”、“第三级”等的使用不暗含任何特定顺序,而是意在标识各个元件。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”和“第四”、“第一级”、“第二级”、“第三级”等的使用不表示任何顺序或重要性,而是术语“第一”、“第

二”、“第三”和“第四”、“第一级”、“第二级”、“第三级”等被用于将一个元件与另一元件区分开。注意，“第一”、“第二”、“第三”和“第四”、“第一级”、“第二级”、“第三级”等词语在这里和其他地方仅用于标记目的，且并不旨在表示任何特定的空间或时间顺序。

[0124] 此外，第一元件的标记并不暗示第二元件的存在，反之亦然。

[0125] 尽管已经示出和描述了特征，但是应当理解，它们并不旨在限制要求保护的发明，并且对于本领域技术人员将显而易见的是，在不脱离本发明的精神和范围的情况下，可进行各种改变和修改。因此，说明书和附图应被认为是说明性而非限制性的。要求保护的发明旨在覆盖所有替代、修改和等同形式。

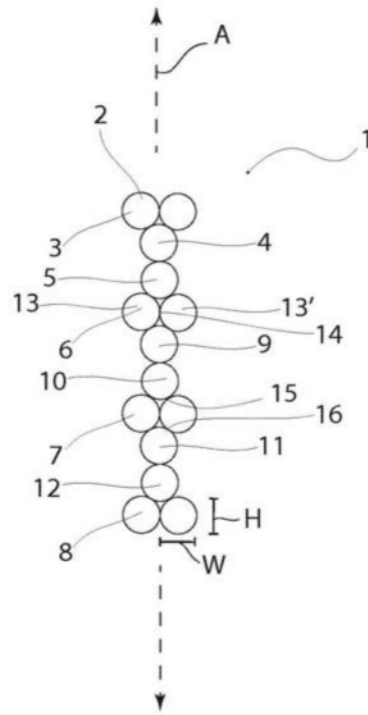


图1a

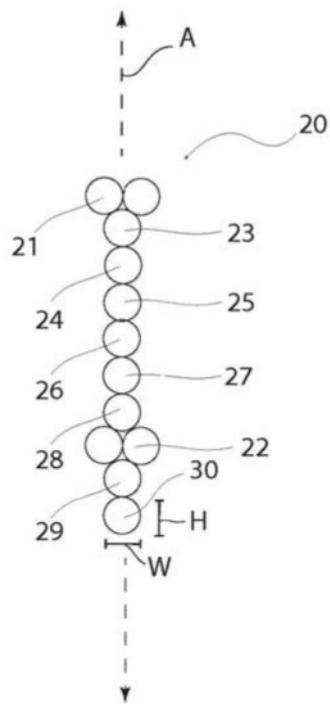


图1b

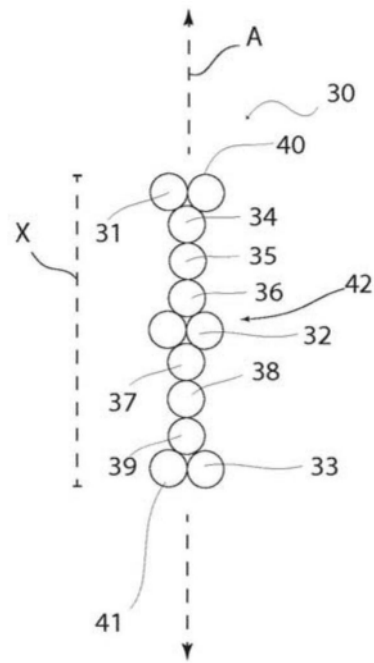


图2a

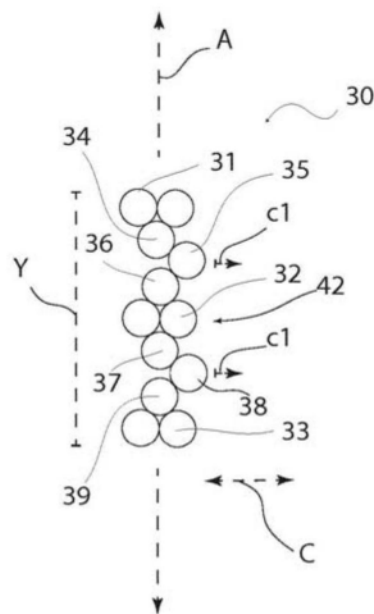


图2b

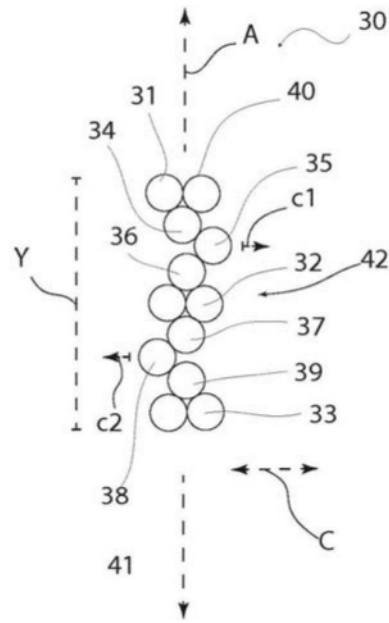


图2c

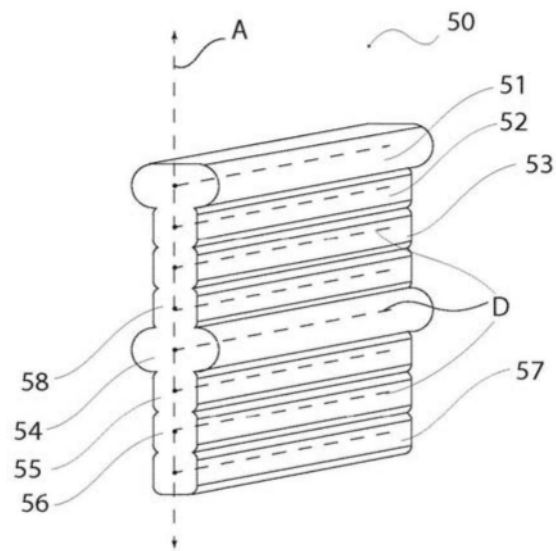


图3

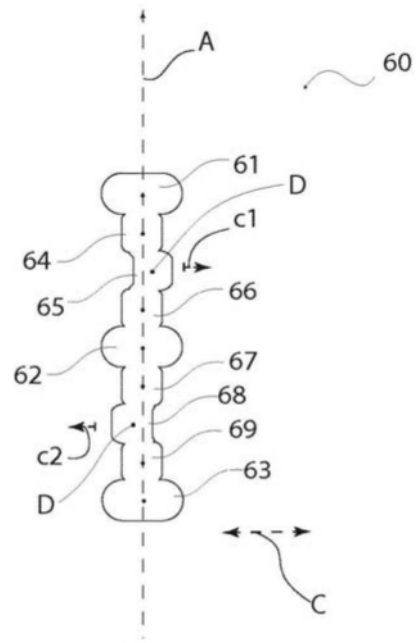


图4

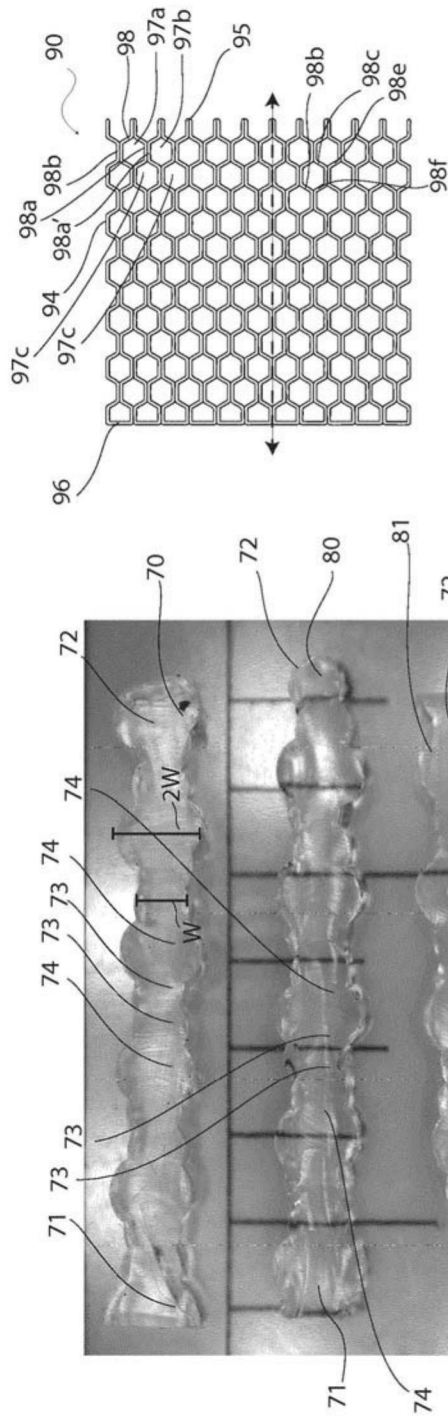


图 6a

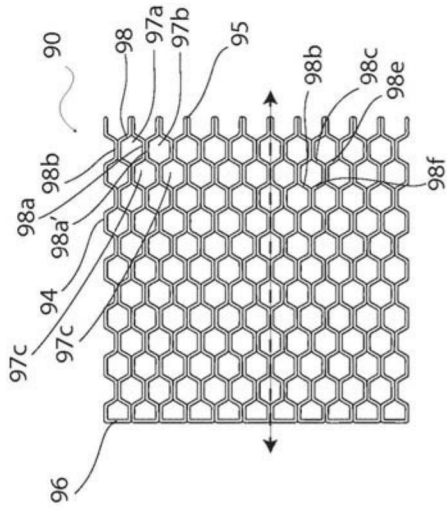


图 5

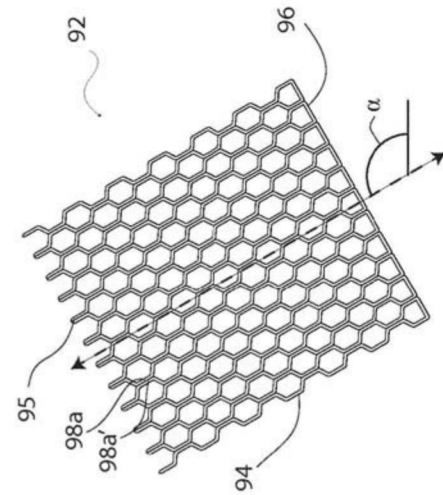


图 6c

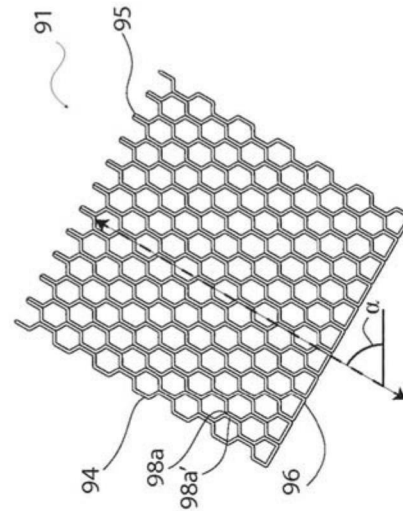


图 6b

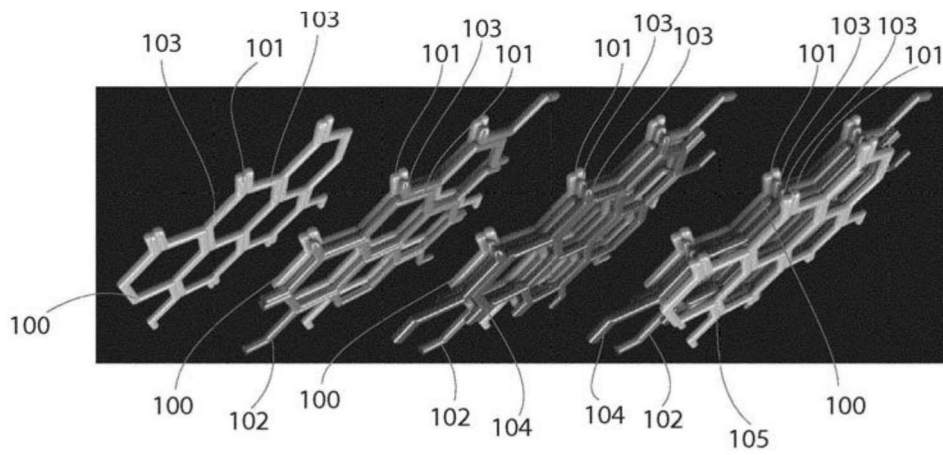


图7a

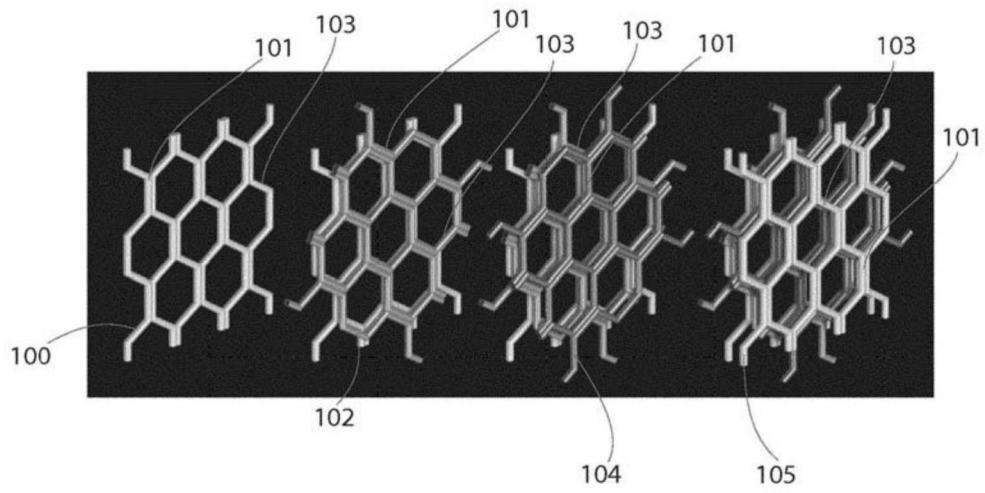


图7b

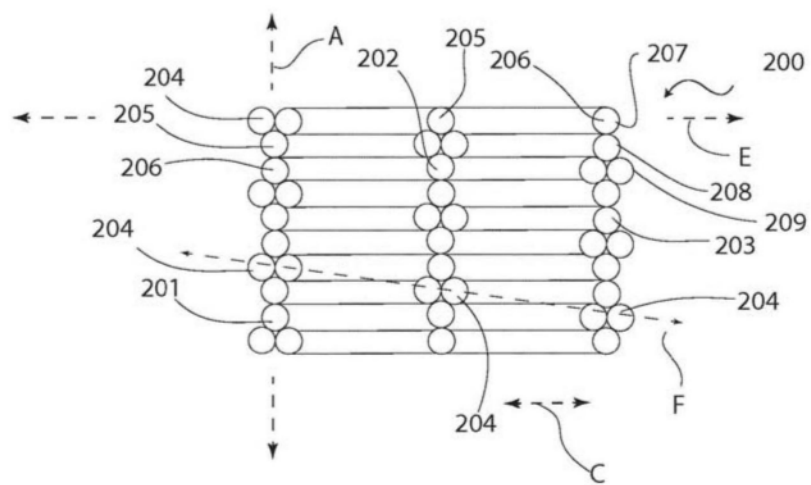


图8