



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110242848 B

(45) 授权公告日 2020.11.06

(21) 申请号 201910390527.2

B32B 33/00 (2006.01)

(22) 申请日 2019.05.10

B32B 1/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 方赞

申请公布号 CN 110242848 A

(43) 申请公布日 2019.09.17

(73) 专利权人 国家能源投资集团有限责任公司

地址 100011 北京市东城区安定门西滨河
路22号

专利权人 北京低碳清洁能源研究所

(72) 发明人 张志成 梁文斌 马伊 文成玉

(74) 专利代理机构 北京润平知识产权代理有限公司

公司 11283

代理人 邝圆晖 李健

(51) Int. Cl.

F16S 1/00 (2006.01)

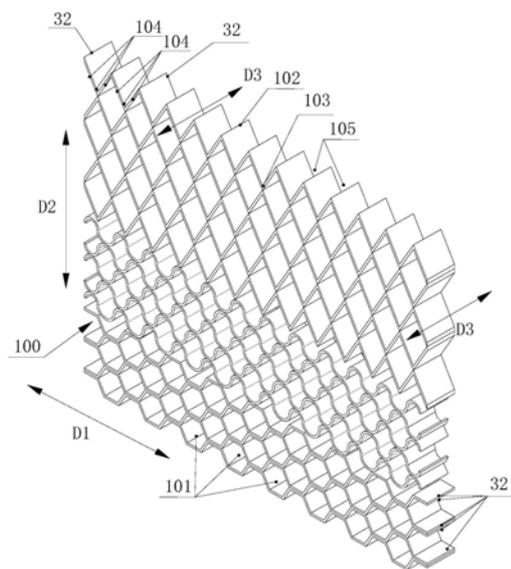
权利要求书3页 说明书25页 附图16页

(54) 发明名称

热塑性组合芯材

(57) 摘要

本发明公开了一种热塑性组合芯材,该热塑性组合芯材为单元组合体并至少包括多个沿第一方向延伸且沿第二方向层叠拼接的几何片材单元,几何片材单元的片材表面形成有沿第一方向重复呈现的非闭合的几何形状体,几何形状体用于拼接形成在单元组合体中沿第一方向依次分布的多个轴孔结构;其中,单元组合体包括沿第二方向划分的多个几何单元分部,任意邻接的两个几何单元分部具有不同的几何形状体。根据本发明的新型热塑性组合芯材,可具有较大壁厚、可填充材料,芯材强度高、功能丰富且同一芯材中可具有多种不同的结构强度和性能,适于对结构强度要求苛刻和功能要求多样化的领域,能够大规模连续化生产加工,满足实际应用中的多样化需求。



1. 一种热塑性组合芯材,其特征在于,所述热塑性组合芯材为单元组合体(100)并至少包括多个沿第一方向(D1)延伸且沿第二方向(D2)层叠拼接的几何片材单元(32),所述几何片材单元(32)的材质包括热塑性聚合物、填料填充的热塑性聚合物、纤维增强的热塑性树脂基复合材料和/或塑性形变纸张、钢塑复合物,所述几何片材单元(32)的片材表面形成有沿所述第一方向(D1)重复呈现的非闭合的几何形状体(104),所述几何形状体(104)用于拼接形成在所述单元组合体(100)中沿所述第一方向(D1)依次分布的多个轴孔结构,所述轴孔结构包括轴向沿第三方向(D3)的轴向贯通孔(101)和围绕所述轴向贯通孔(101)的周向封闭的轴孔周壁;

其中,所述单元组合体(100)包括沿所述第二方向(D2)划分的多个几何单元分部,每个所述几何单元分部均包括一个或多个所述几何片材单元(32),每个所述几何单元分部中具有相同的所述几何形状体(104),且任意邻接的两个所述几何单元分部具有不同的所述几何形状体(104)。

2. 根据权利要求1所述的热塑性组合芯材,其特征在于,在至少包括沿所述第二方向(D2)依次邻接的三个所述几何片材单元(32)的所述几何单元分部中,居中的所述几何片材单元(32)通过几何形状高点(102)与一侧的所述几何片材单元(32)的几何形状低点(103)抵接相连,且通过几何形状低点(103)与另一侧的所述几何片材单元(32)的几何形状高点(102)抵接相连。

3. 根据权利要求2所述的热塑性组合芯材,其特征在于,在每个所述几何片材单元(32)中,相同的各个所述几何形状体(104)沿所述第一方向(D1)等步距分布,由各个所述几何形状高点(102)构成的几何形状高点面和由各个所述几何形状低点(103)构成的几何形状低点面形成沿所述第一方向(D1)的平行平面。

4. 根据权利要求2所述的热塑性组合芯材,其特征在于,抵接相连的所述几何形状高点(102)与所述几何形状低点(103)之间形成弧面接触、尖端接触或平面接触。

5. 根据权利要求1所述的热塑性组合芯材,其特征在于,所述几何形状体(104)形成为从所述几何片材单元(32)的片材表面沿所述第二方向(D2)隆起的几何凸起部,所述几何凸起部内形成有轴向沿所述第三方向(D3)的几何内孔(105),该几何内孔(105)沿所述第二方向(D2)呈单侧开口状;

其中,在所述几何单元分部中,所述几何内孔(105)的单侧开口端由邻接的所述几何片材单元(32)封闭以构成至少部分的所述轴向贯通孔(101)。

6. 根据权利要求1所述的热塑性组合芯材,其特征在于,所述几何形状体(104)为压制成型结构,所述几何内孔(105)为压制成型孔且为正六边形孔、菱形孔、腰形孔或不规则的异型孔的半分孔。

7. 根据权利要求1所述的热塑性组合芯材,其特征在于,所述单元组合体(100)和所述几何单元分部均形成为沿所述第一方向(D1)的长条状,所述第一方向(D1)与所述第二方向(D2)垂直且分别为所述单元组合体(100)和所述几何单元分部的两个边长方向,所述第二方向(D2)垂直于所述几何片材单元(32)的片材表面,所述第三方向(D3)为所述单元组合体(100)和所述几何单元分部的厚度方向。

8. 根据权利要求1~7中任意一项所述的热塑性组合芯材,其特征在于,所述单元组合体(100)包括沿所述第一方向(D1)延伸的平整片材单元(31),所述平整片材单元(31)穿插

于相邻的所述几何单元分部之间。

9. 根据权利要求8所述的热塑性组合芯材,其特征在于,所述平整片材单元(31)和/或所述几何片材单元(32)为双层片材结构并包括具有相容性的用于实现设定功能的功能层和用于承受载荷的结构层。

10. 根据权利要求8所述的热塑性组合芯材,其特征在于,所述平整片材单元(31)和/或所述几何片材单元(32)为三层或三层以上的多层片材结构并包括用于实现设定功能的功能层和用于承受载荷的结构层。

11. 根据权利要求10所述的热塑性组合芯材,其特征在于,三层或三层以上的所述多层片材结构还包括夹设在不相容性的相邻两层中的低温胶层。

12. 根据权利要求9~11中任意一项所述的热塑性组合芯材,其特征在于,所述功能层为阻燃层、抗紫外层、颜色层、隔热或传热层、透磁或阻磁层、抗菌层、或隔音层中的一种或者多种功能组合层;和/或,所述功能层的材质包括阻燃填料填充聚合物、抗紫外填料填充聚合物、颜料填料填充聚合物、隔热或传热填料填充聚合物、透磁或阻磁填料填充聚合物、抗菌填料填充聚合物、隔音填料填充聚合物中的一种或者多种组合物。

13. 根据权利要求8所述的热塑性组合芯材,其特征在于,所述平整片材单元(31)和/或所述几何片材单元(32)为两层或两层以上的所述多层片材结构,所述平整片材单元(31)和/或所述几何片材单元(32)中的单层片材结构的最小厚度不小于0.1mm。

14. 根据权利要求13所述的热塑性组合芯材,其特征在于,任意形状的所述轴向贯通孔(101)的外接圆的直径不小于1mm;和/或,任意形状的所述轴向贯通孔(101)的孔轴长与该轴向贯通孔(101)的外接圆的直径之比不大于200。

15. 根据权利要求1所述的热塑性组合芯材,其特征在于,所述热塑性聚合物为聚丙烯、聚乙烯、聚酰胺、热塑性聚酯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚苯醚、热塑性弹性体、多元共聚热塑性塑料、聚甲基丙烯酸甲酯、聚苯硫醚、聚醚醚酮和聚酰亚胺中的一种或其中多种的共混物;

填料填充的所述热塑性聚合物中的填料为蜡、滑石粉、炭黑、白炭黑、高岭土、碳酸钙、硬脂酸、硬脂酸钙、晶须、二氧化钛、氧化铁、颜料、阻燃剂和抗氧剂中的一种或其中多种的组合物;

纤维增强的所述热塑性树脂基复合材料中的纤维为有机纤维、无机纤维、金属纤维、高分子纤维、植物纤维中的一种或多种;以及

纤维增强的所述热塑性树脂基复合材料中的纤维为玻璃纤维、碳纤维、玄武岩纤维、钢丝纤维、聚丙烯纤维、聚酯纤维、超高分子量聚乙烯纤维、聚酰亚胺纤维和麻纤维中的一种或者其中多种的组合物。

16. 根据权利要求1所述的热塑性组合芯材,其特征在于,当所述第三方向(D3)为承受压缩载荷方向时,所述单元组合体(100)的材料体积利用率不低于60%;

和/或,在由所述第一方向(D1)与所述第二方向(D2)定义且与所述单元组合体(100)实体相交的任一平面中,平面空隙率不低于40%。

17. 根据权利要求16所述的热塑性组合芯材,其特征在于,当所述第三方向(D3)为承受压缩载荷方向时,所述单元组合体(100)的材料体积利用率不低于80%;

和/或,在由所述第一方向(D1)与所述第二方向(D2)定义且与所述单元组合体(100)实

体相交的任一平面中,平面空隙率不低于60%。

热塑性组合芯材

技术领域

[0001] 本发明涉及材料成型技术领域,具体地,涉及一种热塑性组合芯材。

背景技术

[0002] 热塑性蜂窝复合材料因具有优于传统金属结构材料的轻质重载性能,目前已广泛应用在轻载货运、冷链物流、建筑模板和航空物流等领域,但受限于加工工艺、加工效率和加工成本,现有的由热塑性蜂窝芯材形成的热塑性三明治复合材料的种类有限,既有加工工艺难以生产可填充大量功能填料和结构填料的热塑性芯材,或者生产效率差,加工成本高企,加工质量不可控性高。随着各领域对热塑性芯材的应用需求日显急迫,如何达到轻质、重载、多功能的热塑性芯材的大规模批量化高效生产和低成本加工,成为当下亟需解决的重大技术问题。

[0003] 并且,现有的蜂窝芯材通常仅具有单一性的结构,从而在同一结构板中无法做到针对不同分部设置不同的性能或分部平均密度。而在实际应用中的的一些特殊的应用场景往往需要针对不同的位置相应地配备不同性能的材料,如仅对不同性能的材料进行组合安装使用,不利于材料的完整性,并可能存在组合安装位置的失效风险,降低了材料的可靠性。若针对不同的使用位置均统一使用同一性能过剩的材料,则不利于选材的性能最优化或成本最优化,从而无法满足实际应用中的多样化需求。

[0004] 此外,市面上的热塑性芯材的类型很少,大致有两类,一种是圆管蜂窝芯结构,另一者是半封闭折叠蜂窝结构。前者通过挤出较厚壁厚的单根圆管,吹塑形成壁厚小的薄管,将多根薄管叠加成坨后放入烘箱中,加热粘接形成蜂窝体结构。后者通过在持续输出的平面片材上通过吸塑等工艺产生塑性形变,从而形成半蜂窝结构,进而可沿设定方向相互折叠成蜂窝体结构。前者的工艺简单,但生产不连续,生产效率低成本高。后者虽然工艺生产连续,但物料浪费较多。尤其重要的是,两种生产方法生产的热塑性芯材都只能具有单一性的蜂窝性结构,且无法填充结构填料或功能填料,或者填充填料后容易在后续工艺过程中产生填料破壁,无法满足实际应用中的多样化需求。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种新型的热塑性组合芯材,芯材强度高,功能性丰富且同一芯材中可具有多种不同的结构强度和性能,适于对结构强度要求苛刻及特定功能需求的领域,能够大规模连续化生产加工,满足实际应用中的多样化需求。

[0006] 为了实现上述目的,本发明提供了一种热塑性组合芯材,所述热塑性组合芯材为单元组合体并至少包括多个沿第一方向延伸且沿第二方向层叠拼接的几何片材单元,所述几何片材单元的片材表面形成有沿所述第一方向重复呈现的非闭合的几何形状体,所述几何形状体用于拼接形成在所述单元组合体中沿所述第一方向依次分布的多个轴孔结构,所述轴孔结构包括轴向沿第三方向的轴向贯通孔和围绕所述轴向贯通孔的周向封闭的轴孔周壁;

[0007] 其中,所述单元组合体包括沿所述第二方向划分的多个几何单元分部,每个所述几何单元分部均包括一个或多个所述几何片材单元,每个所述几何单元分部中具有相同的所述几何形状体,且任意邻接的两个所述几何单元分部具有不同的所述几何形状体。

[0008] 在一些实施例中,在至少包括沿所述第二方向依次邻接的三个所述几何片材单元的所述几何单元分部中,居中的所述几何片材单元通过几何形状高点与一侧的所述几何片材单元的几何形状低点抵接相连,且通过几何形状低点与另一侧的所述几何片材单元的几何形状高点抵接相连。

[0009] 在一些实施例中,在每个所述几何片材单元中,相同的各个所述几何形状体沿所述第一方向等步距分布,由各个所述几何形状高点构成的几何形状高点面和由各个所述几何形状低点构成的几何形状低点面形成为沿所述第一方向的平行平面。

[0010] 可选的,抵接相连的所述几何形状高点与所述几何形状低点之间形成弧面接触、尖端接触或平面接触。

[0011] 在一些实施例中,所述几何形状体形成为从所述几何片材单元的片材表面沿所述第二方向隆起的几何凸起部,所述几何凸起部内形成有轴向沿所述第三方向的几何内孔,该几何内孔沿所述第二方向呈单侧开口状;

[0012] 其中,在所述几何单元分部中,所述几何内孔的单侧开口端由邻接的所述几何片材单元封闭以构成至少部分的所述轴向贯通孔。

[0013] 可选的,所述几何形状体为压制成型结构,所述几何内孔为压制成型孔且为正六边形孔、菱形孔、腰形孔或不规则的异型孔的半分孔。

[0014] 可选的,所述单元组合体和所述几何单元分部均形成为沿所述第一方向的长条状,所述第一方向与所述第二方向垂直且分别为所述单元组合体和所述几何单元分部的两个边长方向,所述第二方向垂直于所述几何片材单元的片材表面,所述第三方向为所述单元组合体和所述几何单元分部的厚度方向。

[0015] 可选的,所述单元组合体包括沿所述第一方向延伸的平整片材单元,所述平整片材单元穿插于相邻的所述几何单元分部之间。

[0016] 可选的,所述平整片材单元和/或所述几何片材单元为双层片材结构并包括具有相容性的用于实现设定功能的功能层和用于承受载荷的结构层。

[0017] 在一些实施例中,所述平整片材单元和/或所述几何片材单元为三层或三层以上的多层片材结构并包括用于实现设定功能的功能层和用于承受载荷的结构层。

[0018] 在一些实施例中,三层或三层以上的所述多层片材结构还包括夹设在相容性的相邻两层中的低温胶层。

[0019] 在一些实施例中,所述功能层为阻燃层、抗紫外层、颜色层、阻热或传热层、透磁或阻磁层、抗菌层、或隔音层中的一种或者多种功能组合层;和/或,所述功能层的材质包括阻燃填料填充聚合物、抗紫外填料填充聚合物、颜料填料填充聚合物、阻热或传热填料填充聚合物、透磁或阻磁填料填充聚合物、抗菌填料填充聚合物、隔音填料填充聚合物中的一种或者多种组合物。

[0020] 可选的,所述平整片材单元和/或所述几何片材单元为两层或两层以上的所述多层片材结构,所述平整片材单元和/或所述几何片材单元中的单层片材结构的最小厚度不小于0.1mm。

[0021] 可选的,任意形状的所述轴向贯通孔的外接圆的直径不小于1mm;和/或,任意形状的所述轴向贯通孔的孔轴长与该轴向贯通孔的外接圆的直径之比不大于200。

[0022] 进一步地,所述片材单元的材质可包括热塑性聚合物、填料填充的热塑性聚合物、纤维增强的热塑性树脂基复合材料和/或塑性形变纸张、钢塑复合物;

[0023] 其中,所述热塑性聚合物为聚丙烯、聚乙烯、聚酰胺、热塑性聚酯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚苯醚、热塑性弹性体、多元共聚热塑性塑料、聚甲基丙烯酸甲酯、聚苯硫醚、聚醚醚酮和聚酰亚胺中的一种或其中多种的共混物;

[0024] 填料填充的所述热塑性聚合物中的填料为蜡、滑石粉、炭黑、白炭黑、高岭土、碳酸钙、硬脂酸、硬脂酸钙、晶须、二氧化钛、氧化铁、颜料、阻燃剂和抗氧剂中的一种或其中多种的组合物;

[0025] 纤维增强的所述热塑性树脂基复合材料中的纤维为有机纤维、无机纤维、金属纤维、高分子纤维、植物纤维中的一种或多种;以及

[0026] 纤维增强的所述热塑性树脂基复合材料中的纤维为玻璃纤维、碳纤维、玄武岩纤维、钢丝纤维、聚丙烯纤维、聚酯纤维、超高分子量聚乙烯纤维、聚酰亚胺纤维和麻纤维中的一种或者其中多种的组合物。

[0027] 进一步地,当所述第三方向为承受压缩载荷方向时,所述单元组合体的材料体积利用率可不低于60%,优选的,材料体积利用率不低于80%;

[0028] 和/或,在由所述第一方向与所述第二方向定义且与所述单元组合体实体相交的任一平面中,平面空隙率可不低于40%,进一步的,所述平面空隙率不低于60%。

[0029] 本发明的热塑性组合芯材至少由多个几何单元分部拼接组成,且任意邻接的两个几何单元分部具有不同的几何形状体。该热塑性组合芯材的结构形状新颖,显著区别于现有的结构单一的蜂窝芯体。本发明的热塑性组合芯材在同一芯材中可具有多种不同的分部结构,即可通过灵活变换不同的几何单元分部组合来改变同一芯材中不同分部的性能或分部平均密度等,从而使得同一芯材中可具有多种不同的性能或分部平均密度等,以应用于具有特定功能需求的领域,满足实际应用中的多样化需求。此外,单个片材单元的加工成型方式易于实现,且能够填充大量结构填料或功能填料填充,从而大大提高芯材强度及功能多样性,可应用至当前蜂窝芯材难以符合强度或功能要求的领域。

[0030] 本发明的其它特征和优点将在随后的具体实施例部分予以详细说明。

附图说明

[0031] 附图是用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施例一起用于解释本发明,但并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0032] 图1a展示了根据本发明的第一实施例的热塑性组合芯材的立体结构,其中,单元组合体包括分为多个几何单元分部,每个几何单元分部均包括多个几何片材单元;

[0033] 图1b为图1a的主视图;

[0034] 图2a展示了根据本发明的第二实施方式的热塑性组合芯材立体的结构,其中,单元组合体包括分为多个几何单元分部,每个几何单元分部均包括一个或多个几何片材单元;

[0035] 图2b为图2a的主视图;

[0036] 图3为展示了根据本发明的相邻两个几何单元分部的主视图,其中,平整片材单元穿插于相邻的两个几何单元分部之间;

[0037] 图4a展示了组成本发明的热塑性组合芯材的一种几何片材单元;

[0038] 图4b为两个图4a所示的几何片材单元的拼接立体结构;

[0039] 图5展示了第一种几何片材单元的分层结构示意图;

[0040] 图6a至6a'中阴影部分分别图示了热塑性组合芯材的结构为全贯通且承载受力方向为图中竖直方向时,承载壁的总横截面面积和有效部分的横截面面积;

[0041] 图6b至6b'中阴影部分分别图示了热塑性组合芯材的结构为一头存在缺陷且承载受力方向为图中竖直方向时,承载壁的总横截面面积和有效部分的横截面面积;

[0042] 图6c至6c'中阴影部分分别图示了热塑性组合芯材的结构为两头存在缺陷且承载受力方向为图中竖直方向时,承载壁的总横截面面积和有效部分的横截面面积;

[0043] 图6d至6d'中阴影部分分别图示了热塑性组合芯材的结构为中间缺陷且承载受力方向为图中竖直方向时,承载壁的总横截面面积和有效部分的横截面面积;

[0044] 图6e至6e'中阴影部分分别图示了热塑性组合芯材的结构为组合型缺陷且承载受力方向为图中竖直方向时,承载壁的总横截面面积和有效部分的横截面面积;

[0045] 图7为根据本发明的第一实施例的热塑性组合组合芯材的生产方法的流程图;

[0046] 图8a至图8c为应用于图8所示的生产方法中的生产设备结构示意图,其中图8a为立体图,图8b为主视图,图8c为俯视图;

[0047] 图9为根据本发明的第二实施例的热塑性组合芯材的生产方法的流程图;

[0048] 图10为应用于图9所示的生产方法中的生产设备结构示意图。

[0049] 附图标记说明

[0050]	100	单元组合体	101	轴向贯通孔
[0051]	102	高点	103	低点
[0052]	104	几何形状体	105	几何内孔
[0053]	106	几何间隔孔		
[0054]	1	热塑材料成型设备	2	几何形状体成型组件
[0055]	3	胶枪	4	裁切组件
[0056]	7	收拢组件	8	熔融粘接组件
[0057]	10	片材	20	片材单元带
[0058]	31	平整片材单元	32	几何片材单元
[0059]	D1	第一方向	D2	第二方向
[0060]	D3	第三方向	Z	流水线平台垂直方向
[0061]	X	流水线输出方向	Y	宽边输出方向
[0062]	a	夹角	a'	平面夹角
[0063]	W	宽度方向	L	长度方向
[0064]	00'	几何内孔中心线	PP'	旋转轴线

具体实施方式

[0065] 以下结合附图对本发明的具体实施例进行详细说明。应当理解的是,此处所描述的具体实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限制本发明。

[0066] 下面参考附图描述根据本发明的热塑性组合组合芯材及其生产方法和生产设备。

[0067] 图1a、图1b图示了根据本发明的第一实施例的热塑性组合芯材的结构。

[0068] 在第一实施例中,热塑性组合芯材在外形上展示为蜂窝体形状,即图1a所示的单元组合体100,图1a所示的单元组合体100包括三种不同的蜂窝形状。在组成结构上,根据本发明的单元组合体100至少包括多个沿第一方向D1延伸且沿第二方向D2层叠拼接的几何片材单元32。其中,至少部分的几何片材单元32的片材表面形成有沿第一方向D1重复呈现的非闭合的几何形状体104。在外形形状上,如图1a、图1b所示,由几何片材单元32拼接组成的单元组合体100包括通过几何形状体104 拼接形成并沿第一方向D1分布的多个轴孔结构,轴孔结构包括轴向沿第三方向D3的轴向贯通孔101 和围绕轴向贯通孔101的周向封闭的轴孔周壁。

[0069] 其中,单元组合体100包括沿第二方向D2划分的多个几何单元分部,每个几何单元分部均包括一个或多个几何片材单元32,每个几何单元分部中具有相同的几何形状体104,且任意邻接的两个几何单元分部具有不同的几何形状体104。如图1a、图1b所示,单元组合体100包括沿第二方向D2 划分的三个几何单元分部,第一几何单元分部的轴向贯通孔101为均为菱形孔,第二几何单元分部的轴向贯通孔101为均为腰形孔,第三几何单元分部的轴向贯通孔101为均为正六边形孔。每个几何单元分部均包括多个几何片材单元32,每个几何单元分部中具有相同的几何形状体104,且邻接的两个几何单元分部具有不同的几何形状体104。

[0070] 可选地,图2a、图2b图示了根据本发明的第二实施例的热塑性组合芯材的结构。在第二实施例中,热塑性组合芯材在外形上展示为蜂窝体形状,即图2a所示的单元组合体100,同样的,第二实施例的单元组合体100也至少包括多个沿第一方向D1延伸且沿第二方向D2层叠拼接的几何片材单元32且沿第二方向D2划分为多个几何单元分部,至少部分的几何片材单元32的片材表面形成有沿第一方向D1重复呈现的非闭合的几何形状体104,每个几何单元分部中具有相同的几何形状体104,且邻接的两个几何单元分部具有不同的几何形状体104。但不同的是,与第一实施例的单元组合体100 相比,第二实施例中的单元组合体100的每个几何单元分部可包括一个或多个几何片材单元32,即每个几何单元分部的几何片材单元32的数量可为1个而不限定为多个。

[0071] 如图2a、图2b所示的第二实施例的单元组合体100,该单元组合体100包括沿第二方向D2划分的三个几何单元分部,其中两个几何单元分部均仅包括1个几何片材单元32,一个几何单元分部包括多个几何片材单元。每个几何单元分部中具有相同的几何形状体104,且邻接的两个几何单元分部具有不同的几何形状体104。具体地,如图2a、图2b所示的第二实施例的单元组合体100中,第一几何单元分部由多个几何片材单元32组成,该几何片材单元32的几何形状体104为半正六边形形状体;第二几何单元分部由一个几何片材单元32组成,该几何片材单元32的几何形状体104为半菱形形状体;第三几何单元分部也由一个几何片材单元32组成,该几何片材单元32的几何形状体104 为半跑道形形状体。

[0072] 需要说明的是,无论是第一实施例还是第二实施例,单元组合体100邻接的两个几

何单元分部均具有不同的几何形状体104,即单元组合体100均包括至少两个由不同的几何片材单元32组成的几何单元分部。除了第一实施例和第二实施例的单元组合体100,当然也可以灵活组合更多由不同的几何片材单元32组成的几何单元分部以形成各种不同结构的单元组合体100,本发明不限于此,由此可得到各种具有不同分部性能或者分部平均密度的单元组合体100。换言之,本发明的热塑性组合芯材可通过灵活变换不同的几何单元分部组合来改变同一芯材中不同分部的性能或分部平均密度等,从而使得同一芯材中可具有多种不同的性能或分部平均密度等,以应用于具有特定功能需求的领域,满足实际应用中的多样化需求。

[0073] 其中,几何片材单元32的几何形状体104为压制成型结构,几何内孔105为压制成型孔且可为正六边形孔、菱形孔、腰形孔或不规则的异型孔的半分孔等其他形状。

[0074] 需要说明的是,片材单元可分为平整片材单元31和片材表面形成有几何形状体104的几何片材单元32两种。平整片材单元31的片材表面上未加工出几何形状体104,从而片材表面呈平整状,几何片材单元32的片材表面上则加工有几何形状体104。本发明的热塑性组合芯材中,单元组合体100还可包括多个沿第一方向D1延伸且沿第二方向D2层叠拼接的平整片材单元31。在第一个实施例和第二个实施例中,各个几何单元分部均由几何片材单元32组成,邻接的两个几何单元分部均具有不同的几何形状体104。在图3的两个相邻的几何单元分部中,沿第一方向D1延伸的平整片材单元31穿插于相邻的两个几何单元分部之间,在一些实施例中,单元组合体100还可以由沿D2方向交替层叠布置的平整片材单元31和几何单元分部组成构成。

[0075] 在外形形状上,单元组合体100中至少形成有沿第一方向D1分布的多个轴孔结构,多个轴孔结构可呈一行或多行分布,每个轴孔结构均包括轴向沿第三方向D3的轴向贯通孔101和围绕轴向贯通孔101的周向封闭的轴孔周壁。其中,每个轴孔结构可由至少一个几何形状体104与相应的封闭该至少一个几何形状体104的非闭合开口的内孔周向闭合结构而组成。封闭几何形状体104的非闭合开口的内孔周向闭合结构可以是相邻的平整片材单元31,也可以是相邻的几何片材单元32。

[0076] 关于非闭合的几何形状体104,定义为形成为在几何片材单元32的片材表面沿第二方向D2隆起的几何凸起部,几何凸起部内形成有轴向沿第三方向D3贯通且在片材表面呈非闭合状的几何内孔105。几何形状体104可以是形成在片材表面的压制成型结构,此时几何内孔105则为压制成型孔,几何内孔105在片材表面形成为非闭合状态。

[0077] 根据加工方式和加工方向(单向或双向)的不同,几何形状体104可形成在同一片材表面,也可形成在片材的相对的两个片材表面上,即分别从片材顶面和片材底面沿第二方向D2朝向相反方向隆起。当几何形状体104同时形成在片材顶面和片材底面时,则部分的几何形状体104从片材顶面朝向片材底面凸起,另一部分的几何形状体104从片材底面朝向片材顶面凸起。

[0078] 以下结合附图的说明中,为便于理解不易混淆,均以单向加工为例,即几何形状体104均形成在统一片材表面上,要么统一从片材顶面朝向片材底面凸起,要么统一从片材底面朝向片材顶面凸起。因此图4a、图4b中标示的几何形状体104均朝向第二方向D2的单一方向呈凸起状,即都从片材顶面朝向片材底面凸起,从而几何形状体104上都形成有几何形状低点103。但本领域技术人员能够理解的是,若采用双向加工,则图4a、图4b中位于标示的相

邻两个几何形状体104之间且形成有几何形状高点102的部分也为几何形状体,只是与形成有几何形状低点103的几何形状体的加工方向(或凸起方向)相反,此时几何间隔孔106也是几何内孔。

[0079] 但无论是定义几何形状体104为单向凸起或可为双向凸起,如图1b所示,在外形上,加工出几何形状体104后,几何片材单元32上形成有沿第一方向D1交替间隔分布的几何形状高点102和几何形状低点103,几何形状高点102和几何形状低点103可以是平面或者线,以与相邻的几何片材单元32或平整片材单元31之间构成平面接触或线状接触。即构成单元组合体100的最小单元可以是几何片材单元32或平整片材单元31,几何片材单元32或平整片材单元31可为构成如图1b所示的单元组合体100的一个完整蜂窝单元体的对半部分,几何形状高点102和几何形状低点103与相邻的几何片材单元32或平整片材单元31抵接相连时可形成弧面接触、尖端接触或平面接触,从而拼接成整个单元组合体100。

[0080] 其中,为构成完整的单元组合体100,作为最小组成单元的几何片材单元32或平整片材单元31的接合方式可以是多样化的,例如对接的几何形状高点102与几何形状低点103之间的接触部可通过胶体胶接方式完成,构成间接连接,也可通过高温熔融以粘接完成,形成直接连接。以下还将结合生产方法和生产设备进行具体阐述。当然本发明也不限于此,还可以是其他任何可行的粘接方式。

[0081] 可选地,在至少包括沿第二方向D2依次邻接的三个几何片材单元32的几何单元分部中,居中的几何片材单元32通过几何形状高点102与一侧的几何片材单元32的几何形状低点103抵接相连,且通过几何形状低点103与另一侧的几何片材单元32的几何形状高点102抵接相连。若单元组合体100中存在平整片材单元31穿插于相邻的几何单元分部之间时,平整片材单元31分别与两侧的几何片材单元32的几何形状低点103或几何形状高点102抵接相连。

[0082] 可选的,每个几何单元分部均包括一个或多个几何片材单元32,每个几何单元分部中具有相同的几何形状体104,即在每个几何片材单元32中,相同的各个几何形状体104沿第一方向D1等步距分布,由各个几何形状高点102构成的几何形状高点面和由各个几何形状低点103构成的几何形状低点面形成为沿第一方向D1的平行平面。

[0083] 以下为便于理解,将几何片材单元32视为通过在平整片材上采用单向加工而形成各个几何形状体104,以图4a、图4b为例,几何形状体104沿第一方向D1间隔排布,均为从几何片材单元32的片材顶面向下凸出的几何凸起部,即半六面体凸起,从而几何内孔105在朝向片材顶面的顶侧形成非封闭的开口状。几何内孔中心线00'沿第三方向D3。此时,相邻的几何形状体104之间还可形成非封闭的几何间隔孔106,几何内孔105与几何间隔孔106的非封闭开口朝向相反。附图所示的实施例中,几何形状体104均统一地从几何片材单元32的片材顶面向下凸出成型,如图4a所示。因此,几何形状高点102所在平面为片材顶面,几何形状低点103为几何形状体104的凸点。

[0084] 多个几何片材单元32在第二方向D2层叠排列时,若以几何形状体104的凸起方向为正向,则几何片材单元32可正向摆放也可反向摆放,只要能够拼接成带有沿第一方向D1的依次分布的轴孔结构的单元组合体100即可。

[0085] 在拼接成单元组合体100时,参照图2b、图3和图4b,任意相邻的第一片材单元和第二片材单元中,第一片材单元和第二片材单元中的至少一个为几何片材单元32,在由几何

片材单元32拼接形成的轴孔结构中,每个轴向贯通孔101包括第一片材单元上的至少一个第一几何形状体的第一几何内孔,每个轴孔结构均包括第一片材单元上的至少一个第一几何形状体和第二片材单元上用于沿周向封闭第一几何形状体的第一几何内孔的内孔周向闭合结构,内孔周向闭合结构为平整壁或包括至少部分的第二几何形状体。其中,在在几何单元分部中,几何内孔105的单侧开口端由邻接的几何片材单元 32封闭以构成至少部分的轴向贯通孔101。若单元组合体100中存在平整片材单元31穿插于相邻的几何单元分部之间时,几何内孔105的单侧开口端由邻接的平整片材单元31的平整壁封闭以构成至少部分的轴向贯通孔101。

[0086] 作为具体示例,在第一实施例和第二实施例中,几何片材单元32上的几何形状体104均统一地从几何片材单元32的片材顶面向下凸出成型,每个几何单元分部的几何形状体104均结构形状相同。如图4b所示,沿第二方向D2排布时,各个几何片材单元32的几何形状体104沿第二方向D2的同一朝向(图中向下)布置,任意相邻的第一片材单元和第二片材单元的对齐方式为:使得第一片材单元上的第一几何形状体与第二片材单元的第二几何形状体沿第二方向D2错开,即非对齐状态。如图 4b所示,轴向贯通孔101由一个几何内孔105与沿第二方向D2对齐的几何间隔孔106拼合而成。此时,该几何形状体104的内孔周向闭合结构包括相邻的几何片材单元32上的片材平整壁及其两侧的部分的几何形状体104。当然,在几何片材单元32的各个几何形状体104的形状结构相同且等间隔布置时,此时适当移动调整沿第一方向D1的对齐位置,也可形成合适的单元组合体100。

[0087] 在图1b中,显然部分的轴向贯通孔101包括一个几何内孔105,部分的轴向贯通孔101包括三个几何内孔105。在图3中,则每个轴向贯通孔101包括一个几何内孔105或一个几何间隔孔106,且内孔周向闭合结构为平整片材单元31。

[0088] 另外需要说明的是,本发明的单元组合体100中沿第一方向D1依次分布的轴向贯通孔101不限于包括几何内孔105的第一类轴向贯通孔101,也可存在不包括几何内孔105,而仅包括几何间隔孔106的第二类轴向贯通孔101,如图3所示。但单元组合体100中至少包括一行或多行的多个由几何内孔105构成的第一类轴向贯通孔101。

[0089] 在第一实施方式中,单元组合体100和几何单元分部均为长条状,第一方向D1与第二方向D2 垂直且分别为单元组合体100的两个边长方向,第二方向D2垂直于几何片材单元32的片材表面,轴向贯通孔101沿单元组合体100的厚度方向贯通,即几何内孔中心线00'沿单元组合体100的厚度方向。图1a所示的第一方向D1为单元组合体100的长度方向,第二方向D2为单元组合体100的宽度方向,第三方向D3为单元组合体100的厚度方向,但各方向定位可以互换,本发明不限于此。而且第一方向D1、第二方向D2与第三方向D3中彼此两两之间也不限于形成直角夹角,例如第三方向 D3与第一方向D1或第二方向D2可形成锐角夹角,即几何内孔105为相对于第一方向D1和第二方向D2定义的芯材横截面的倾斜孔,而非垂直孔。

[0090] 在单元组合体100中,相邻几何单元分部的邻接边界可由两个形状结构不同的几何单元片材32 拼接而成,即至少包括两种类型的几何片材单元,构成异型片材单元的组组合拼接。例如,图1b所示的第一几何单元分部的几何单元片材32中的几何内孔105为半正六边形孔的形状,第二几何单元分部的几何单元片材32中的几何内孔105为半菱形孔的形状,还有第三几何分部的几何单元片材32中的几何内孔105为腰形孔的形状,且三种几何单元片材32中的几何形状体104沿第一方向D1的跨度可不同。

[0091] 由于单元组合体100邻接的两个几何单元分部均具有不同的几何形状体104,即至少包括两种类型的几何片材单元32,使得本发明的整个单元组合体100中的邻接的几何单元分部之间具有不同形状的沿第一方向D1分布的多种轴向贯通孔101。例如图1b中所显示的第二几何单元分部与第三几何单元分部的邻接边界的多个轴向贯通孔101,轴向贯通孔101可由一个半腰形孔形状的几何间隔孔106与一个半正六边形孔形状的几何内孔105构成,或者,轴向贯通孔101可由两个或若干个半腰形孔形状的几何间隔孔106与两个或若干个半正六边形孔形状的几何内孔105构成。

[0092] 由此可见,在不同形状结构的几何片材单元构成异型片材单元的组合拼接时,并非各个几何形状高点102和几何形状低点103均能对应相接,部分的几何形状高点102或几何形状低点103可呈悬空状。

[0093] 需要说明的是,以上构成异型片材单元的组合拼接时,还可以是其他的例如半菱形孔与半腰形孔拼接成轴向贯通孔101。另外,几何片材单元32之间的接触部的接触面不限于同类型面相接,也可以是例如平面与弧面的对接等等。在单元组合体100中,轴向贯通孔101的形状不限于附图所示的各个形状,也可以是正四边形、圆形等等,在此不再展开细述。

[0094] 在单元组合体100中,在相邻两个几何片材单元32的形状结构相同时,只需在沿第一方向D1的两端对齐的多个几何片材单元32的基础上,将几何片材单元32围绕平行于第一方向D1的旋转轴线(例如几何片材单元32的长边)翻转,其中,使得相邻两个几何片材单元32的翻转方向相反,从而一个几何片材单元32上的几何形状体104与反向翻转后的另一几何片材单元32上的几何形状体104沿第二方向D2对齐并一体连接。其中,反向翻转后的几何片材单元32中,高点和低点的位置互换。当然,也可将相邻两个几何片材单元32围绕平行于第一方向D1的旋转轴线(例如几何片材单元32的长边)翻转且翻转方向一致,进而沿第一方向D1移动调节以错开一定距离,从而如前所述地,使得第一片材单元上的第一几何形状体与相邻的第二片材单元上的第二几何形状体沿第一方向D1依次交替布置。由此,基于上述任一排列翻转规则,可严格对应地形成整个单元组合体100。

[0095] 另外,片材单元可以为单层片材结构,也可以是多层片材结构。如图5所示,几何片材单元32包括A、B、C三层,各层材料可相同也可不同。其中相邻两层的材质相同时,可视为同一层。当相邻的几何片材单元32结合成为单元体组合体100时,组合方式可以为A-A-C-C接触,即几何片材单元32的A层与一侧相邻的几何片材单元32的A层结合,同时几何片材单元32的C层与另一侧相邻的几何片材单元32的C层结合。当然也可以是例如A-C-A-C或者A-A-C-C-A-C的结合方式,也还可以为上述方式两者或两者以上的组合。当组合方式中存在A-C结合时,此时邻近的几何片材单元32之间可相互错开一定的距离而后结合。

[0096] 可选的,平整片材单元31和/或几何片材单元32为双层片材结构并包括具有相容性的用于实现设定功能的功能层和用于承受载荷的结构层。其中,结构层和功能层为两个不同材质的材料,但这两种材料具备相容性,即两种材料在模具内可不通过粘结剂直接热复合成型。其中,功能层可为阻燃层、防腐层或隔音层,但本发明不限于此,还可例如为防毒层等具有其他各种功能的功能层。更进一步的,平整片材单元31和/或几何片材单元32为三层或三层以上的多层片材结构并包括用于实现设定功能的功能层和用于承受载荷的结构层。当相邻的两层材料之间不具备相容性时,三层或三层以上的多层片材结构还包括夹设在相容性的相邻两层中的低温胶层,以使得相邻的两层材料粘结成型。或者,三层或三

层以上的多层片材结构还可包括三种或三种以上不同材质的材料,此三种或三种以上材料中的任意相邻两层材料均具备相容性,即任意相邻两层材料均在模具内可不通过粘结剂直接热复合成型。当然,本发明不限于此,三层或三层以上的多层片材结构还可为其他材料组合形式。为提高芯材的载荷能力,平整片材单元31和/或几何片材单元32中的单层片材结构的最小厚度应优选设置为不小于 0.1mm。

[0097] 其中,功能层可为阻燃层、抗紫外层、颜色层、阻热或传热层、透磁或阻磁层、抗菌层、或隔音层中的一种或者多种功能组合层。功能层的材质可包括阻燃填料填充聚合物、抗紫外填料填充聚合物、颜料填料填充聚合物、阻热或传热填料填充聚合物、透磁或阻磁填料填充聚合物、抗菌填料填充聚合物、隔音填料填充聚合物中的一种或者多种组合物。

[0098] 以上结合附图阐述了组成结构简单新颖的蜂窝形状的热塑性组合芯材,其通过单个几何片材单元32或平整片材单元31以几何单元分部组合排列、聚合即可形成组合芯材,便于加工制造,降低成本,以下还将细述。但本发明的热塑性组合芯材的优点不限于此,更重要的是,由于以下将阐述的加工便利性,根据本发明的热塑性组合芯材的可具有较大壁厚,可填充其他增强材料等,从而实现高强度,尤其适于重载领域等。

[0099] 现有的圆管蜂窝或半封闭折叠蜂窝的热塑性芯材在成型过程中都需要采用吸塑或吹塑工艺,由于热塑性材料的成型受材质塑性性能和加工压力等各方面原因的限制,吸塑或吹塑工艺不宜用来加工结构形状复杂以及壁厚较大的制品。这就限制了蜂窝孔的最大孔壁,而且工艺流程不连续,加工效率低、成本高。在最大壁厚受限时,中间填充材料容易产生破壁,从而破坏芯材的结构,形成不合格品。在本发明的实施例中,片材单元32均由平整的片材10压制成型,无吹塑或吸塑环节,从而无壁厚方面的工艺限制。参见图1b,在轴向贯通孔101中,轴向贯通孔101的轴孔周壁分为接触部壁厚和非接触部壁厚,在本发明的热塑性组合芯材中,轴向贯通孔101的轴孔周壁的最小厚度应不小于0.1mm,轴孔周壁的最大厚度不受限于加工工艺。轴孔周壁的厚度可通过增加加压在片材10上的成型压力(例如增大成型辊对的压力等)或增大片材10的成型挤出压力等实现加厚。在保证足够的壁厚厚度时,在片材10中可添加的填充材料种类更多,且片材在加工过程中不容易产生破壁,大大提高了生产效率和拓展了产品的多样化生产范围。

[0100] 此外,可将任意形状的轴向贯通孔101的外接圆的直径优选设置为不小于1mm;和/或,可将任意形状的轴向贯通孔101的孔轴长与该轴向贯通孔101的外接圆的直径之比优选设置为不大于200,以使得芯材获得更佳的重载轻质效果。

[0101] 相对于传统钢和铝等金属成型材料,热塑性材料具有质量轻、耐腐蚀、绝缘性好、易粘结和焊接等优点。此外,塑料板材容易回收,便于二次加工,可以节约资源。目前,热塑性材料正组件替代传统金属材料,可以用于建筑、交通、容器等领域。在本发明中,片材单元的材质采用热塑性材料,而非铝、铁等金属成型材料,以实现自身轻量化,因此片材单元的材料可包括热塑性聚合物、填料填充的热塑性聚合物、纤维增强的热塑性树脂基复合材料和/或塑性形变纸张、钢塑复合物等等。作为示例,热塑性聚合物可以为聚丙烯、聚乙烯、聚酰胺、热塑性聚酯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚苯醚、热塑性弹性体、多元共聚热塑性塑料、聚甲基丙烯酸甲酯、聚苯硫醚、聚醚醚酮和聚酰亚胺中的一种或其中多种的共混物。填料填充的热塑性聚合物中,填料可以为有机物、无机物、或者两者均有,具体地,填料可以为蜡、滑石粉、炭黑、白炭黑、高岭土、碳酸钙、硬脂酸、硬脂酸钙、晶须、二氧化钛、氧化铁、颜

料、阻燃剂和抗氧剂中的一种或其中多种的组合物。纤维增强的所述热塑性树脂基复合材料中的纤维可以为有机纤维、无机纤维、金属纤维、高分子纤维、植物纤维中的一种或多种。纤维增强的所述热塑性树脂基复合材料中的纤维可以为玻璃纤维、碳纤维、玄武岩纤维、钢丝纤维、聚丙烯纤维、聚酯纤维、超高分子量聚乙烯纤维、聚酰亚胺纤维和麻纤维中的一种或者其中多种的组合物。

[0102] 如图7所示,片材单元或用于加工成型出片材单元的片材10可以是单层结构或多层结构,例如图5所示的三明治夹层结构,其中可包括中间填充材料层,例如图5所示的B层。中间填充材料层可以是增强型填充材料和/或功能填充材料。增强型填充材料可显著增强芯材强度,还可以填充功能填充材料,诸如阻燃材料和/或隔音材料,以实现阻燃、隔音等功能。这种带有填充材料的可实现较大壁厚的热塑性组合芯材,可应用于对轻质高强要求较高的各个领域中,例如载重越来越大的各种运载车辆中,尤其是重载电力运煤火车,或续航能力不足而需减轻车体的电物流车等。

[0103] 为获得符合要求的能够实现轻质重载的热塑性组合芯材,在图1a所示的成型后的单元组合体100中,可通过设置较多的作为减质孔的轴向贯通孔101以实现轻量化。参照图1a,在单元组合体100的由第一方向D1与第二方向D2定义且与单元组合体100实体相交的任一平面,即单元组合体100的任一横截面平面中,平面空隙率应不低于40%,进一步的,平面空隙率应不低于60%。在单元组合体100的上述横截面平面中,所述平面空隙率即各个轴向贯通孔101的孔截面面积总和与所述横截面平面的总平面面积之比。

[0104] 在轻量化的同时,为实现重载,除了材料选择,还应提高材料体积利用率,即沿载荷受力方向,能够承受载荷的有效部分与整体部分的质量比或体积比。通俗而言,沿载荷受力方向真实受力部分为承受载荷的有效部分,而垂直于载荷受力方向的材料部分或空洞部分则为承受载荷的无效部分,无效部分的材料体积利用率为0。作为示例,在图1a中,当第三方向D3为承受压缩载荷方向时,单元组合体100的材料体积利用率不低于60%,优选的,材料体积利用率不低于80%。

[0105] 需要说明的是,由于单元组合体100邻接的两个几何单元分部均具有不同的几何形状体104,即相邻的几何单元分部的结构不同,其平面空隙率和/或材料体积利用率可能不同,从而使得同一芯材中可具有多种不同的性能或分部平均密度等。

[0106] 其中,关于材料体积利用率的定义,当材料承受压缩载荷时,沿着载荷方向具备实体材料且实体材料累计高度大于等于95%该方向材料的最高高度部分的材料体积与材料总体积之比即为材料体积利用率。由于材料通常难以为规则形状,存在两头缺陷、中间缺陷或者其他组合型缺陷等,为了便于理解,同时结合专利发明内容,此处将可能遇到的情况分为五类,第一类为全贯通,第二类为一头存在缺陷,第三类为两头存在缺陷,第四类为中间存在缺陷,第五类为组合型。

[0107] 具体地,图6a~图6e'分别图示了上述五类情况的计算说明,其中,压缩载荷方向均为Y方向, Y_0 为材料最高高度, Y_1 为具备实体材料的高度, Y_2 为缺陷高度,材料体积利用率均为 S_1/S_0 , S_0 为全域面积, S_1 为有效面积, S_0 计算公式为 $S_0 = \int dx dy$ 。对于五类情况的有效面积 S_1 的计算说明,以下将一一述及。需要说明的是,为了简便定义材料体积利用率,材料体积利用率的定义采用横截面面积指称材料体积,如在图示中未标注的Z方向中横截面与现有图示均相同,此时可以采用 S_0 代替材料总体积, S_1 代替材料有效体积;如沿Z方向横截面与

现有图示不相同,则总体积为实际体积,而有效体积则为任意一横截面满足上述定义的有效横截面的实体的体积之和。并且,考虑到材料在未破坏时,在载荷作用下会发生一定的变形,使得原本累计高度略低于最高高度也能承受载荷,但材料的变形量是有限的,故规定累计高度大于等于95%的该方向材料的最高高度,即 $Y_1 \geq 0.95Y_0, Y_2 \leq 0.05Y_0$ 。

[0108] 当热塑性组合芯材的结构为全贯通时,参见图6a、图6a',图6a的阴影部分展示了承载壁的总横截面,该承载壁的总横截面面积为 S_0 ;在载荷方向能贡献支撑力的承载壁的有效部分为图6a'的阴影部分,其面积为 $S_1, S_1 = S_0 = \int dx dy$ 。当热塑性组合芯材的结构为一头存在缺陷时,参见图6b、图6b',图6b的阴影部分展示了承载壁的总横截面,该承载壁的总横截面面积为 S_0 ;在载荷方向能贡献支撑力的承载壁的有效部分为图6b'的阴影部分,其面积为 $S_1, S_1 = \int dx dy | Y_0 \geq y \geq Y_1$ 。当热塑性组合芯材的结构为两头存在缺陷时,参见图6c、图6c',图6c的阴影部分展示了承载壁的总横截面,该承载壁的总横截面面积为 S_0 ;在载荷方向能贡献支撑力的承载壁的有效部分为图6c'的阴影部分,其面积为 $S_1, S_1 = \int dx dy | Y_0 \geq y \geq Y_1$ 。当热塑性组合芯材的结构为中间缺陷时,参见图6d、图6d',图6d的阴影部分展示了承载壁的总横截面,该承载壁的总横截面面积为 S_0 ;在载荷方向能贡献支撑力的承载壁的有效部分为图6d'的阴影部分,其面积为 $S_1, S_1 = \int dx dy | Y_0 \geq y \geq Y_0 - Y_2$ 。当热塑性组合芯材的结构为组合型缺陷时,参见图6e、图6e',图6e的阴影部分展示了承载壁的总横截面,该承载壁的总横截面面积为 S_0 ;在载荷方向能贡献支撑力的承载壁的有效部分为图6e'的阴影部分,其面积为 $S_1, S_1 = \int dx dy | Y_0 \geq y \geq Y_1 \text{ 且 } Y_0 \geq y \geq Y_0 - Y_2$ 。

[0109] 为加工出图1a、图1b所示蜂窝状的第一实施例的热塑性组合芯材,图7~图8c所示的实施例中,提供了热塑性组合芯材的第一种生产方法。以下均结合图1a、图1b所示的单元组合体100为例,来阐述该单元组合体100的加工成型过程。

[0110] 参见图7~图8c,该热塑性组合芯材的生产方法包括流水线连续作业的以下步骤:

[0111] S181、以分组方式沿流水线输出方向X持续输出多组平整的片材10,多组片材10的片材表面相互平行且沿片材10的宽边输出方向Y间隔分布;

[0112] S182、分组加工各组片材10,将每组片材10分割加工成沿流水线输出方向X呈带状延伸的多个几何片材单元32,几何片材单元32的片材表面上加工有沿流水线输出方向X重复呈现的非闭合的几何形状体104;

[0113] S183、以分组方式将各组中分割加工后的各个几何片材单元32分别翻转预设角度,使得翻转后的几何片材单元32的长度方向L保持沿流水线输出方向X,几何片材单元32的宽度方向W与片材10的宽边输出方向Y之间形成夹角 α ;

[0114] S184、将各组中翻转后的各个几何片材单元32沿宽边输出方向Y统一收拢并层叠拼接成单元组合体100。

[0115] 可见,上述生产方法生产的热塑性组合芯材结构形状新颖,至少由多个几何单元分部拼接组成,且任意邻接的两个几何单元分部具有不同的几何形状体,每个几何单元分部至少均包括多个几何片材单元32,显著区别于现有的单一性结构的蜂窝芯体。可通过灵活变换不同的几何单元分部组合来改变同一芯材中不同分部的性能或分部平均密度等,从而使得同一芯材中可具有多种不同的性能或分部平均密度等,以应用于具有特定功能需求的领域,满足实际应用中的多样化需求。

[0116] 此外,本生产方法保障了热塑性组合芯材的生产连续性,可自动化流水线生产,通

过流水线上游端连续输出的片材10加工出从流水线下游端持续输出的单元组合体100,相较于需要人工参与或中断的间断式生产方式,生产效率获得极大提高,从而具备通用性大规模生产、大幅降低成品成本的基础大。其中,通过辊压等方式在片材10上直接压型出蜂窝结构的波峰和波谷,即几何形状体104等,无吸塑或吹塑等环节,从而片材可具有较大的壁厚,可填充较多增强材料,使得辊压成型后的单元组合体100也可具有较大的壁厚,强度高,而且无任何材料浪费,实现了节约型生产。

[0117] 可比较地,现有大量使用的热塑性树脂基蜂窝芯主要有两种类型,一种是圆管蜂窝芯,主要工艺为高速双层共挤出较厚壁厚的单根圆管,经吹塑形成壁厚为0.1~0.3mm厚薄管,将多根薄管叠加成坨并放入烘箱中,使得外层低温料熔融而里层高温料保持固态,冷却后按要求裁切。第二种是半封闭折叠蜂窝,主要工艺流程为连续材料通过垂直于材料面的塑性形变产生,从而形成半六边形单元壁和较小的连接区域,通过沿传输方向折叠,单元避相遇,从而形成蜂窝体结构。受限于生产工艺,此两种生产方法都只能生产具有单一性结构的蜂窝芯体,无法满足实际应用中的多样化需求。并且,第一种圆管蜂窝的工艺简单,但由于生产不连续导致,即烘箱存在升温降温过程,导致圆管蜂窝生产效率较低,生产成本高,成型过程中存在吹塑环节,导致物料中无法填充功能填料和增强填料,应用场合受限。第二种的半封闭折叠蜂窝的工艺生产连续,但其半封闭导致物料浪费较多,成型中存在吸塑环节,导致物料中也无法填充功能填料和增强填料,应用场合受限。

[0118] 而本发明可完全解决上述两种方案中存在的蜂窝形结构单一、无法填充功能填料和增强填料、高成本及物料浪费的问题,提供一种新型的可组合多种蜂窝形结构、可填充、低成本、节约型蜂窝组合芯材及其生产方法和生产设备。

[0119] 在本发明的第一种生产方法中,多组平整片材10可通过多组沿片材10的宽边输出方向Y间隔分布的热塑材料成型设备1的出口持续输出,可在水平的流水线作业平台上沿流水线输出方向X持续移动输出。为便于理解片材10、几何片材单元32在加工过程中的不同阶段的定向以及彼此的方位关系,在附图所示的各个生产方法和生产设备的实施例中,定义了绝对坐标系和相对坐标系。其中,片材10平稳输出,并不会翻转,因此流水线输出方向X、宽边输出方向Y即片材10的长度方向和宽度方向。因此,可考虑以片材成型设备的成型出口或流水线作业平台的起点位置定义绝对坐标系。在附图所示的各个方法和设备实施例中,绝对坐标系包括流水线输出方向X、宽边输出方向Y和流水线平台垂直方向Z,原点位置设置在片材成型设备的成型出口或流水线作业平台的起点位置,流水线输出方向X、宽边输出方向Y共同限定流水线作业平台的水平平台表面或从所述成型出口水平输出的片材10的片材表面。同时,针对几何片材单元32定义动态坐标系,即几何片材单元32的宽度方向W(即图1a中的第三方向D3)和长度方向L(即图1a的第一方向D1),可清晰明了地展现几何片材单元32在加工过程中的转向前后的位置关系。

[0120] 如图9所示,在本实施例的输出步骤181中,以分组方式沿流水线输出方向X持续输出多组平整的片材10,多组片材10的片材表面相互平行且沿片材10的宽边输出方向Y间隔分布。当单元组合体100沿第二方向的尺寸要求较大时,则需要较多数量的几何片材单元32进行拼接,由此片材10沿宽边输出方向Y的尺寸也相应地需要增大。然而,当片材10沿宽边输出方向Y的尺寸过大时,片材10的生产难度大大增加,且输出设备及输出模具的生产成本和维护成本也大大增加。并且,由于生产工艺及设备的限制,片材10沿宽边输出方向Y的输

出宽边尺寸也有限,由此导致单组输出片材 10所生产出来的单元组合体100的尺寸大大受到限制。而本发明的输出步骤181采用沿宽边输出方向Y分组并多组输出片材10的输出方式,组合多组片材10的宽边输出方向的宽边尺寸,能大大增加沿宽边输出方向Y同步输出的几何片材单元32的数量,由此很大程度的拓展了单元组合体100的生产尺寸。

[0121] 此外,以分组方式沿流水线输出方向X持续输出多组平整的片材10,以使得每组片材10后续能对应加工出如图1a、图1b中所示的第一实施例的热塑性组合芯材的几何单元分部,该实施例的几何单元分部包括多个具有相同几何形状体104的几何片材单元32。即可通过灵活变换不同的几何形状体成型组件2来加工出具有不同几何形状体104的几何单元分部,以改变同一芯材中不同分部的性能或分部平均密度等,从而使得同一芯材中可具有多种不同的性能或分部平均密度等。除了第一实施例的单元组合体100,当然也可以灵活组合更多由不同的几何片材单元32组成的几何单元分部以形成各种不同结构的单元组合体100,本发明不限于此,由此可得到各种具有不同分部性能或者分部平均密度的单元组合体100。

[0122] 可选地,输出步骤181可包括:

[0123] 以分层挤出方式输出,使得片材10形成沿片材厚度方向的多层片材结构。

[0124] 其中,通过分层挤出并直接在模内复合形成具有多层片材结构的片材10,多层片材结构可包括用于实现设定功能的功能层和用于承受载荷的结构层,功能层可为阻燃层、防腐层或隔音层,但本发明不限于此,还可例如为防毒层等具有其他各种功能的功能层。层与层之间的片材材料可具有相容性,即两种材料在模具内可不通过粘结剂直接热复合成型;当层与层之间的片材材料不具有相容性时,可采用粘结剂对不相容的两层材料进行粘结。多层片材结构的片材10可将多层材料的不同性能进行组合,从而形成集多种功能于一体的功能结构材料,拥有单一结构的材料无法比拟的优异性能,可应用于具有不同应用场景的多种领域。

[0125] 可选的,输出步骤181还可包括:

[0126] 控制几何片材单元32中的单层片材结构的最小厚度不小于0.1mm。

[0127] 由于本发明的生产方法中的片材单元32均由平整的片材10压制成型,无吹塑或吸塑环节,从而无壁厚方面的工艺限制。可通过增加加压在片材10上的成型压力(例如增大成型辊对的压力等)或增大片材10的成型挤出压力等实现加厚。在能保证足够的壁厚厚度时,在片材10中可添加的填充材料种类更多,且片材在加工过程中不容易产生破壁,大大提高了生产效率和拓展了产品的多样化生产范围。

[0128] 此外,在分割加工步骤S182中,根据分割和加工的先后顺序不同,可选择地,步骤S182可包括子步骤:

[0129] S1821、分组加工各组片材10,分组切割每组片材10以形成沿流水线输出方向X输出的多组片材单元带20;

[0130] S1822、分组加工各组片材10,在每组片材单元带20的片材表面上相应地加工出沿流水线输出方向X重复呈现的几何形状体104,从而形成沿流水线输出方向X呈带状的多组几何片材单元32;

[0131] 其中,在子步骤S182中,加工有几何形状体104的片材单元带20形成几何片材单元32,在图10所示的实施例中,通过子步骤S182加工成型的片材单元均为几何片材单元,几

何片材单元32的长度方向L沿流水线输出方向X,几何片材单元32的宽度方向W平行于宽边输出方向Y。

[0132] 可选择地,步骤S182也可包括子步骤:

[0133] S1821'、分组加工各组片材10,在每组片材10的片材表面上相应地加工出沿流水线输出方向X 重复呈现的几何形状体104;

[0134] S1822'、分组加工各组片材10,分组切割每组片材10以形成沿流水线输出方向X呈带状的多组几何片材单元32。

[0135] 如图10所示,各组用于加工几何形状体104的几何形状体成型组件2的外周部均形成有沿宽边输出方向Y连续延伸并呈凸起状的棱边压接部,从而可在片材10的整个片材表面上加工出几何形状体104,在切割后则形成图8a~图8c所示的多个带状几何片材单元32。

[0136] 其中,分割加工步骤S182还可包括:

[0137] 使得单组片材10对应加工出相同的多个几何形状体104。

[0138] 即如图8a~图8c所示,每组片材10可加工出一个具有相同的几何形状体104的几何单元分部。换言之,一组片材10对应加工出热塑性组合芯材的一个几何单元分部。

[0139] 进一步的,分割加工步骤S182还可包括:

[0140] 使得沿宽边输出方向Y相邻的两组片材10对应加工出的几何片材单元32具有不同的几何形状体104。

[0141] 即如图8a~图8c所示,沿宽边输出方向Y相邻的两组片材10对应加工出的两个邻接的几何单元分部具有不同的几何形状体104,以对应加工出如图1a、图1b中所示的第一实施例的热塑性组合芯材的几何单元分部,即任意邻接的两个几何单元分部具有不同的几何形状体104。

[0142] 能够理解的是,每组片材10可包括沿宽边输出方向Y间隔分布的若干个片材10,相应地,每组用于加工同一组片材10的几何形状体成型组件2也沿宽边输出方向Y间隔分布的若干个。

[0143] 进一步的,分割加工步骤S182还可包括:

[0144] 使得各组片材10对应加工出的各个几何片材单元32具有沿宽边输出方向Y的相同宽度。

[0145] 即在组成各个几何单元分部的各个几何片材单元32具有沿宽边输出方向Y的相同宽度。

[0146] 在分割加工步骤S182中,在加工几何形状体104时,应使几何片材单元32与片材10保持平行,在相应的片材10或片材单元带20的片材表面上加工出垂直于片材表面呈隆起状的几何凸起部,在几何凸起部中形成沿宽边输出方向Y轴向贯通且在片材表面呈非闭合状的几何内孔105,从而加工出几何形状体104。在图8a~图8c中,当垂直于片材10的片材表面方向辊压出几何形状体104时,加工出的几何片材单元32上的几何形状体104的几何内孔中心线00' 应平行于宽边输出方向Y。其中,几何形状体104的加工方式可采用例如辊式模具挤压、板状模具挤压或链式模具挤压等。片材 10的输出加工方式可采用挤出、压延、流延或辊压加工等等。

[0147] 在翻转步骤S183中,通过分组翻转,使得翻转后的几何片材单元32的长度方向L保持沿流水线输出方向X,宽度方向W与宽边输出方向Y之间形成夹角 α 。夹角 α 的取值范围可在

20°~160°之间,例如 $a=20^\circ$ 或 160° 时,轴向贯通孔101呈斜孔状。在图8a~图8c中,所述夹角 a 优选为 90° ,即翻转后的几何片材单元32的各自几何形状体104的几何内孔中心线 $00'$ 垂直于片材10的片材表面,即几何内孔中心线 $00'$ 沿流水线平台垂直方向Z。参见图8a~图8c,翻转后的几何片材单元32与片材10垂直,几何形状体104沿宽边输出方向Y凸出,几何凸起部中的几何内孔105的轴向沿流水线平台垂直方向Z垂直于片材10的片材表面。

[0148] 具体地,在翻转步骤中,各组几何片材单元32可围绕各自的沿流水线输出方向X的旋转轴线 PP' 分别翻转相同的预设角度,该预设角度即翻转后的宽度方向W与宽边输出方向Y之间的夹角 a 。在图8a~图8c所示的实施例中,可使任意相邻的两个几何片材单元32的翻转方向相反且翻转的预设角度均为 90° ,翻转后的各个几何片材单元32呈板板对置式的格栅板状分布且与片材10垂直。其中,几何片材单元32的几何形状体104沿宽边输出方向Y凸出,几何凸起部中的几何内孔105的轴向垂直于片材10的片材表面。翻转后的几何片材单元32的板板对置式分布,意味着后续沿宽边输出方向Y彼此靠拢并进行拼接时,能够形成沿流水线输出方向X依次间隔的多个周向封闭的轴向贯通孔101,即形成如图1b所示的完整的单个蜂窝单元体。

[0149] 在图8a~图8c中,同一组的几何片材单元32的几何形状体104均相同,在同一组内的任意相邻的两个几何片材单元32翻转方向相反时,可不必在流水线输出方向X移动调整,即可拼接形成图1a、图1b所示的单元组合体100中的几何单元分部。第一实施方式的单元组合体100中的每个几何单元分部均可采用上述翻转方式,可不必进行沿流水线输出方向X的移动调整。当然,在执行翻转过程中,也可进一步控制沿流水线输出方向X的翻转后输出速度。

[0150] 在本实施例中的收拢拼接步骤中,S184可包括子步骤:

[0151] S1841、将各组中翻转后的各个几何片材单元32沿宽边输出方向Y统一收拢并层叠;

[0152] S1842、使得收拢抵接后的各个几何片材单元32之间的接触部粘接以形成单元组合体100。

[0153] 其中,子步骤S1841可包括:

[0154] 使得居中的几何片材单元32通过几何形状高点与一侧的几何片材单元32的几何形状低点抵接相连,且通过几何形状低点与另一侧的几何片材单元32的几何形状高点抵接相连。

[0155] 即,加工出几何形状体104后,几何片材单元32上形成有沿第一方向D1交替间隔分布的几何形状高点102和几何形状低点103,几何形状高点102和几何形状低点103可以是平面或者线,与两侧相邻的几何片材单元32的几何形状高点102或几何形状低点103进行抵接相连后构成平面接触或线状接触。

[0156] 另外,子步骤S1841还可包括:

[0157] 沿流水线输出方向X移动调整几何片材单元32,使得层叠拼接成的单元组合体100中包括通过几何形状体104拼接形成并沿流水线输出方向X依次分布的多个轴孔结构,轴孔结构包括轴向贯通孔101和围绕轴向贯通孔101的周向封闭的轴孔周壁。

[0158] 即通过沿宽边输出方向Y收拢各个几何片材单元32并沿流水线输出方向X的移动调整各个几何片材单元32的对齐位置。在形成第一实施例所示的单元组合体100时,由于邻

接的两个几何单元分部均具有不同的几何形状体104,可调整几何片材单元32的翻转后输出速度,即输出步调等,以实现邻接的两个几何单元分部沿宽边输出方向Y的精确对齐。由此,任意相邻的几何片材单元32沿宽边输出方向Y彼此抵接后形成有沿流水线输出方向X依次分布的多个轴孔结构,轴孔结构包括周向封闭的轴向贯通孔101和围绕轴向贯通孔101的周向封闭的轴孔周壁。

[0159] 进一步的,步骤S184可包括收拢子步骤以及其后的粘接子步骤。其中,子步骤S1842还可包括:

[0160] 使得任意相邻的几何片材单元32之间以熔融粘接方式连接成单元组合体100。

[0161] 可选的,几何片材单元32之间的熔融粘接方式可选择热熔拼接、超声拼接或红外拼接等,此外也可采用替代的机械连接等等。

[0162] 当然,也可在步骤S182形成带状的几何片材单元32后,在各个几何片材单元32上用于拼接接触的接触部的接触表面(即几何形状高点102或几何形状低点103的表面)上涂覆胶体,即胶接层,以用于在后续收拢抵接几何片材单元32后,二者的接触部可直接粘接成型。

[0163] 此外,如前所述的,在输出片材10和加工几何片材单元32时,应注意使得组合成型后的几何片材单元32符合特定参数要求,达到所需的轻质重载功能。例如,使得当片材10的片材表面的垂直方向为承受压缩载荷方向时,单元组合体100的材料体积利用率不低于60%,优选的,材料体积利用率不低于80%;和/或,在单元组合体100的平行于片材10的片材表面的芯材横截面上,平面空隙率不低于40%,进一步的,所述平面空隙率不低于60%。

[0164] 对应于上述实施例的热塑性组合芯材的生产方法,还相应提供了一种热塑性组合芯材的生产设备,如图8a~图8c所示,该生产设备包括:

[0165] 多组的热塑材料成型设备1,用于以分组方式沿流水线输出方向X持续输出多组平整的片材10;

[0166] 多组的片材单元加工成型组件,用于将各组片材10分割加工成沿该片材10的宽边输出方向Y等宽且沿流水线输出方向X呈带状的多个几何片材单元32,几何片材单元32的片材表面上加工有沿流水线输出方向X重复呈现的非闭合的几何形状体104;

[0167] 导向定位组件5,用于将分割加工后的各个几何片材单元32分别翻转预设角度,使得翻转后的几何片材单元32的长度方向L保持沿流水线输出方向X,几何片材单元32的宽度方向W与片材10的宽边输出方向Y之间形成夹角 α ;

[0168] 收拢组件7,用于沿宽边输出方向Y收拢各个几何片材单元32并粘接成单元组合体100。

[0169] 其中,多组的热塑材料成型设备1沿片材10的宽边输出方向Y间隔分布,使得输出的多组片材10的片材表面相互平行。并且,各组热塑材料成型设备1均为用于实现多层挤出的模内复合组件。需要说明的是,图8a~图8c中片材10采用了挤出模具的片材挤出方式,当然也可采用例如片材流延、片材压延、片材辊压等替代方式。

[0170] 其中,参见图8a~图8c,多组的片材单元加工成型组件可包括:

[0171] 多组的裁切组件4,用于沿流水线输出方向X分组切割片材10并分割成沿片材10的宽边输出方向Y等宽的多组片材单元带20;

[0172] 多组的几何形状体成型组件2,用于在至少部分的片材单元带20的片材表面上分

组成型出垂直于片材表面呈隆起状的几何凸起部,几何凸起部中形成有沿宽边输出方向Y轴向贯通且在片材表面呈非闭合状的几何内孔105。

[0173] 可选的,也可将多组的裁切组件4和多组的几何形状体成型组件2位置调换,即先加工再裁剪,因此多组的片材单元加工成型组件也可包括:

[0174] 多组的几何形状体成型组件2,用于在片材10的至少部分的片材表面上分组成型出垂直于片材表面呈隆起状的几何凸起部,几何形状体104中形成有沿宽边输出方向Y轴向贯通且在片材表面呈非闭合状的几何内孔105;

[0175] 多组的裁切组件4,用于沿流水线输出方向X分组切割片材10并分割成沿片材10的宽边输出方向Y等宽的多组几何片材单元32。

[0176] 其中,多组的几何形状体成型组件2采用了多组的压辊组件。参见图8a~图8c,多组的压辊组件沿片材10的宽边输出方向Y间隔分布,且多组的压辊组件的旋转轴线沿片材10的宽边输出方向Y 并且辊体周壁形成有沿周向间隔的凸起状的棱边压接部。任意相邻的两组所述压辊组件互不相同而同一组压辊组件的外周部均凸出有沿周向等间隔分布的相同的多个棱边压接部。几何形状体104的加工方式采用了压辊组件的辊式模具挤压,当然也可采用板式模具挤压或链式模具挤压等,以达到加工几何形状体104的目的。

[0177] 特别地,由于需要对多组片材单元带20分别加工,因而多组的几何形状体成型组件2和导向定位组件5均包括沿宽边输出方向Y依次布置且个数相同的多组切刀单体和多个转向器单体。导向定位组件5采用了导向箱体的形式,但也可采用例如导向辊的方式。

[0178] 进一步地,生产设备还可包括:

[0179] 收拢组件7,用于沿宽边输出方向Y收拢各组几何片材单元32。

[0180] 收拢组件7可单独设置,也可通过逐渐收窄的导轨侧壁等结构方式达到从两侧向中心收拢的目的。

[0181] 进一步地,生产设备还可包括:

[0182] 熔融粘接组件8,用于加热收拢的各组几何片材单元32以熔融粘接成单元组合体100。

[0183] 其中,熔融粘接组件8采用加热箱的方式,但也可采用超声焊、红外加热等等方式,从而可选用相应的功能设备。

[0184] 在图8a~图8c中,多组的热塑性成型设备1、多组的裁切组件4、多组的几何形状体成型组件2、导向定位组件5、收拢组件7和熔融粘接组件8均沿流水线输出方向X依次布置,以适应于流水线式持续生产操作。当然,多组的裁切组件4与多组的几何形状体成型组件2的位置也可互换。

[0185] 对应于图8a~图8c所示的热塑性组合芯材的生产方法,还相应提供了另一种热塑性组合芯材的生产设备,该生产设备包括:

[0186] 多组的热塑性成型设备1,用于沿流水线输出方向X持续输出多组平整的片材10;

[0187] 多组的片材单元加工成型组件,用于将片材10分组分割加工成沿该片材10的宽边输出方向Y 等宽且沿流水线输出方向X呈带状的多组几何片材单元32,其中几何片材单元32的片材表面上加工有沿流水线输出方向X重复呈现的非闭合的几何形状体104;

[0188] 多组的胶枪3,用于在各组几何片材单元32的接触表面涂覆胶接层;

[0189] 导向定位组件5,用于将分割加工后的各个带状的几何片材单元32分别翻转预设角度,使得翻转后的几何片材单元32的长度方向L保持沿流水线输出方向X,几何片材单元32的宽度方向W与片材10的宽边输出方向Y之间形成夹角;

[0190] 收拢组件7,用于沿宽边输出方向Y收拢各个几何片材单元32粘接成单元组合体100。

[0191] 与图8a~图8c所示的生产设备不同的是,此生产设备采用胶粘方式,从而可省略熔融粘接组件8。

[0192] 同样的,多组的裁切组件4和多组的几何形状体成型组件2可位置对调。

[0193] 其中,多组的几何形状体成型组件2可为多组的压辊组件,多组的胶枪3可为形状结构相同的辊体胶枪(未显示),压辊组件和辊体胶枪的各自旋转轴线均沿宽边输出方向Y,压辊组件的辊体周壁形成有沿周向间隔的凸起状的棱边压接部,辊体胶枪的辊体周壁形成有沿周向间隔的凹槽状的棱边涂胶部,棱边压接部和棱边涂胶部的个数相同且沿周向相同布置。

[0194] 同样的,为加工出图2a、图2b所示蜂窝状的第二实施例的热塑性组合芯材,图9、图10所示的实施例中,提供了热塑性组合芯材的第一种生产方法。以下均结合图2a、图2b所示的单元组合体100为例,来阐述该单元组合体100的加工成型过程。

[0195] 参见图9、图10,该热塑性组合芯材的生产方法包括流水线连续作业的以下步骤:

[0196] S191、沿流水线输出方向X持续输出平整的片材10;

[0197] S192、将片材10分割成沿片材10的宽边输出方向Y等宽且沿流水线输出方向X呈带状的多个片材单元带20;

[0198] S193、将多个片材单元带20分组并进行分组加工,在片材单元带20的片材表面上相应加工出沿流水线输出方向X重复呈现的非闭合的几何形状体104,以加工成相应的几何片材单元32;

[0199] S194、将各个几何片材单元32沿宽边输出方向Y统一收拢并层叠拼接成单元组合体100。

[0200] 与图8a~图8c所示的热塑性组合芯材的第一种生产方法及其生产设备相同的是,图9、图10所示的热塑性组合芯材的第二种生产方法及其设备生产的热塑性组合芯材结构形状新颖,也至少由多个几何单元分部拼接组成,且任意邻接的两个几何单元分部具有不同的几何形状体,显著区别于现有的由相同的几何片材单元拼接组成的蜂窝芯体,并且同样实现了连续生产作业、片材可具有较大的壁厚,可填充较多增强材料等诸多优点,在此不再重复赘述。

[0201] 不同的是,第一种生产方法及其生产设备的几何形状体成型组件2的加工对象为片材10或由片材10分割而成的多个片材单元带20;而第二种生产方法及其设备生产的几何形状体成型组件2的加工对象为单个片材单元带20,因此可方便地加工出形状结构相同或不不同的邻接的几何片材单元32,即第一种生产方法及其设备生产的热塑性组合芯材的单个几何单元分部包括多个几何片材单元32,而第二种生产方法及其设备生产的热塑性组合芯材的单个几何单元分部可仅包括一个或多个几何片材单元32,即可更灵活地变换调整邻接的几何片材单元32的几何形状体104,从而可更便捷地调整改变同一芯材中的性能或分部平均密度等。

[0202] 此外,由于第一种生产方法及其生产设备的几何形状体成型组件2的加工对象为片材10或由片材10分割而成的多个片材单元带20,即几何形状体成型组件2的尺寸相对较大,设备成本和维护成本较高,而第二种生产方法及其设备的几何形状体成型组件2的加工对象仅为单个片材单元带20,几何形状体成型组件2的尺寸相对较小,设备成本和维护成本较低且维护安装操作便捷。

[0203] 同样的,本发明的第二种生产方法中,平整片材10可通过沿片材10的宽边输出方向Y间隔分布的热塑材料成型设备1的出口持续输出,可在水平的流水线作业平台上沿流水线输出方向X持续移动输出。为便于理解片材10、几何片材单元32在加工过程中的不同阶段的定向以及彼此的方位关系,在附图所示的各个生产方法和生产设备的实施例中,定义了绝对坐标系和相对坐标系。其中,片材10平稳输出,并不会翻转,因此流水线输出方向X、宽边输出方向Y即片材10的长度方向和宽度方向。因此,可考虑以片材成型设备的成型出口或流水线作业平台的起点位置定义绝对坐标系。在附图所示的各个方法和设备实施例中,绝对坐标系包括流水线输出方向X、宽边输出方向Y和流水线平台垂直方向Z,原点位置设置在片材成型设备的成型出口或流水线作业平台的起点位置,流水线输出方向X、宽边输出方向Y共同限定流水线作业平台的水平平台表面或从所述成型出口水平输出的片材10的片材表面。同时,针对几何片材单元32定义动态坐标系,即几何片材单元32的宽度方向W(即图2a中的第三方向D3)和长度方向L(即图2a的第一方向D1),可清晰明了地展现几何片材单元32在加工过程中的转向前后的位置关系。

[0204] 同样的,如图9所示,本实施例的生产方法可概略包括输出步骤、分割步骤、翻转加工步骤和收拢拼接步骤。

[0205] 其中,输出步骤S191的片材10的输出加工方式可选择为挤出、压延、流延或辊压加工等等。

[0206] 可选地,输出步骤191可包括;

[0207] 以分层挤出方式输出,使得片材10形成为沿片材厚度方向的多层片材结构。

[0208] 即同样的,通过分层挤出并直接在模内复合形成具有多层片材结构的片材10,多层片材结构可包括用于实现设定功能的功能层和用于承受载荷的结构层,功能层可为阻燃层、防腐层或隔音层,但本发明不限于此,还可例如为防毒层等具有其他各种功能的功能层。层与层之间的片材材料可具有相容性,即即两种材料在模具内可不通过粘结剂直接热复合成型;当层与层之间的片材材料不具有相容性时,可采用粘结剂对不相容的两层材料进行粘结。多层片材结构的片材10可将多层材料的不同性能进行组合,从而形成集多种功能于一体的功能结构材料,拥有单一结构的材料无法比拟的优异性能,可应用于具有不同应用场景的多种领域。

[0209] 可选地,输出步骤191还可包括;

[0210] 控制几何片材单元32中的单层片材结构的最小厚度不小于0.1mm。

[0211] 即同样的,由于本发明的生产方法中的片材单元32均由平整的片材10压制成型,无吹塑或吸塑环节,从而无壁厚方面的工艺限制。可通过增加加压在片材10上的成型压力(例如增大成型辊对的压力等)或增大片材10的成型挤出压力等实现加厚。在能保证足够的壁厚厚度时,在片材10中可添加的填充材料种类更多,且片材在加工过程中不容易产生破壁,大大提高了生产效率和拓展了产品的多样化生产范围。

[0212] 此外,在翻转加工步骤S193中,根据翻转和加工的先后顺序不同,可选择地,步骤S193可包括子步骤:

[0213] S1931、在多个片材单元带20分组加工之前,将各个片材单元带20导向翻转并排布成沿宽边输出方向Y依次间隔布置;其中,使得导向翻转后的片材单元带20沿流水线输出方向X延伸,导向翻转后的片材单元带20的片材表面与片材10的片材表面形成有平面夹角 a' ;

[0214] S1932、在各个片材单元带20的片材表面上加工沿宽边输出方向Y呈隆起状的几何凸起部,在几何凸起部中形成沿片材10的片材表面的垂直方向轴向贯通且在片材单元带20的片材表面呈非闭合状的几何内孔105,从而加工出几何形状体104。

[0215] 可选择地,步骤S193也可包括子步骤:

[0216] S1931'、在各个片材单元带20的片材表面上加工沿宽边输出方向Y呈隆起状的几何凸起部,在几何凸起部中形成沿宽边输出方向Y轴向贯通且在片材单元带20的片材表面呈非闭合状的几何内孔 105,从而加工出几何形状体104以形成几何片材单元32;

[0217] S1932'、在多个片材单元带20分组加工成几何片材单元32之后,将各个几何片材单元32导向翻转并排布成沿宽边输出方向Y依次间隔布置;其中,使得导向翻转后的几何片材单元32沿流水线输出方向X延伸,导向翻转后的几何片材单元32的片材表面与片材10的片材表面形成有平面夹角。

[0218] 其中,步骤S193包括子步骤S1931'和S1932'的具体实施例与上述第一种生产方法的S1821和 S1822的不同之处在于几何形状体成型组件2的不同,第一种生产方法及设备中的几何形状体成型组件2的成型模具为一体式且只能对应加工出同样的几何形状体104,而第二种生产方法及设备中的几何形状体成型组件2的成型模具为分体拼接式且可对应加工出不同的几何形状体104。

[0219] 其中,在步骤S1931或S1932'中,平面夹角的取值范围可以是 $20^{\circ}\sim 160^{\circ}$ 。在图10的具体实施例中,平面夹角 $a' = 90^{\circ}$,各个片材单元带20的片材表面导向翻转成与片材10的片材表面垂直,各个片材单元带20形成为沿宽边输出方向Y呈板板对置式的格栅板状分布。

[0220] 参见图10,在步骤S1932中,加工几何形状体104时,使得加工后的几何片材单元32上的几何内孔中心线 $00'$ 垂直于片材10的片材表面,即几何内孔中心线 $00'$ 沿流水线平台垂直方向Z。也因此,几何形状体成型组件2的辊压旋转轴线应垂直于片材表面,对各个片材单元带20单独配备一组压接辊。参见图10,具体加工过程中,使片材单元带20与片材10保持垂直,在片材单元带20的片材表面上加工沿宽边输出方向Y呈隆起状的几何凸起部,在几何凸起部中形成沿片材10的片材表面的垂直方向轴向贯通且在片材单元带20的片材表面呈非闭合状的几何内孔105,从而加工出几何形状体104。

[0221] 在步骤S1931'中(图中未示出),加工几何形状体104时,使得加工后的几何片材单元32上的几何内孔中心线 $00'$ 沿宽边输出方向Y。也因此,几何形状体成型组件2的辊压旋转轴线应沿宽边输出方向Y,对各个片材单元带20单独配备不同形状的压接辊。具体加工过程中,使片材单元带20与片材10保持平行,在片材单元带20的片材表面上加工垂直于片材10的片材表面呈隆起状的几何凸起部,在几何凸起部中形成沿宽边输出方向Y轴向贯通且在片材单元带20的片材表面呈非闭合状的几何内孔105,从而加工出几何形状体104以形成几何片材单元32。

[0222] 其中,在翻转加工步骤S193中,几何形状体104的加工方式可选择为辊式模具挤

压、板状模具挤压或链式模具挤压等等。且无论是先翻转再加工还是先加工再翻转,翻转加工步骤S193还可包括;

[0223] 将沿宽边输出方向Y依次排布的多个片材单元带20分为沿宽边输出方向Y的多组,每组至少包括一个片材单元带20。

[0224] 其中,沿宽边输出方向Y对多个片材单元带20进行分组,每组可包括一个或多个片材单元带20以使得后续的加工步骤能对应加工出如图2a、图2b中所示的第二实施例的热塑性组合芯材的几何单元分部,该实施例的几何单元分部包括一个或多个几何片材单元32。

[0225] 进一步地,翻转加工步骤S193还可包括;

[0226] 使得沿宽边输出方向Y相邻的两组片材单元带20对应加工出不同的几何形状体104。

[0227] 即如图10所示,沿宽边输出方向Y相邻的两组片材单元带20加工出两组具有不同的几何形状体104的几何片材单元32,以使得后续对应加工出的两个邻接的几何单元分部具有不同的几何形状体104,即对应加工出如图2a、图2b中所示的第二实施例的热塑性组合芯材的几何单元分部,即任意邻接的两个几何单元分部具有不同的几何形状体104。

[0228] 进一步地,翻转加工步骤S193还可包括;

[0229] 使得单组内的各个片材单元带20对应加工出相同的几何形状体104。

[0230] 即如图10所示,每组片材单元带20加工出的几何片材单元32均具有相同的几何形状体104,从而每组具有相同的几何形状体104的几何片材单元32后续可对应加工出一个具有相同的几何形状体104的几何单元分部。换言之,一组片材单元带20可对应加工出热塑性组合芯材的一个几何单元分部。

[0231] 在步骤S194中,当相邻两个几何片材单元32都属于同一类型,即各个几何形状体104的形状结构都相同时,如前所述的,只需几何形状体成型组件2的各个辊压对同步工作,收拢后即可精确对齐,层叠拼接成单元组合体100。但如果相邻的两个几何片材单元32的不同类型时,则可调节几何形状体成型组件2的辊压行程或工作频率,以在压接成型后完成对位精准的层叠拼接。

[0232] 其中,步骤S194可包括:

[0233] 在统一收拢之前,沿流水线输出方向X移动调整几何片材单元32,使得层叠拼接成的单元组合体100中包括通过几何形状体104拼接形成并沿流水线输出方向X依次分布的多个轴孔结构,轴孔结构包括轴向贯通孔101和围绕轴向贯通孔101的周向封闭的轴孔周壁。

[0234] 即通过沿宽边输出方向Y收拢各个几何片材单元32并沿流水线输出方向X的移动调整各个几何片材单元32的对齐位置。在形成第二实施例所示的单元组合体100时,由于邻接的两个几何单元分部均具有不同的几何形状体104,可调整几何片材单元32的翻转后输出速度,即输出步调等,以实现邻接的两个几何单元分部沿宽边输出方向Y的精确对齐。由此,任意相邻的几何片材单元32沿宽边输出方向Y彼此抵接后形成有沿流水线输出方向X依次分布的多个轴孔结构,轴孔结构包括周向封闭的轴向贯通孔101和围绕轴向贯通孔101的周向封闭的轴孔周壁。

[0235] 其中,步骤S194还可包括:

[0236] 在层叠拼接时,使得居中的几何片材单元32通过几何形状高点与一侧的几何片材

单元32的几何形状低点抵接相连,且通过几何形状低点与另一侧的几何片材单元32的几何形状高点抵接相连。

[0237] 即,加工出几何形状体104后,几何片材单元32上形成有沿第一方向D1交替间隔分布的几何形状高点102和几何形状低点103,几何形状高点102和几何形状低点103可以是平面或者线,以与两侧相邻的几何片材单元32的几何形状高点102或几何形状低点103进行抵接相连后构成平面接触或线状接触。

[0238] 进一步的,步骤S194可包括收拢子步骤以及其后的粘接子步骤,即使得任意相邻的几何片材单元32之间以熔融粘接方式连接成单元组合体100。

[0239] 可选的,几何片材单元32之间的熔融粘接方式可选择热熔拼接、超声拼接或红外拼接等,如图10采用烘烤加热箱时,应控制烘烤温度的稳定性和烘烤时间的精确性。此外,也可采用替代的机械连接等等,如使用胶枪形式。此时,胶枪的设置较为关键,胶枪应与压型辊相似设计,以精确地在相应接触面上涂覆胶体。

[0240] 当然,也可在步骤S193形成带状的几何片材单元32后,在各个几何片材单元32上用于拼接接触的接触部的接触表面(即几何形状高点102或几何形状低点103的表面)上涂覆胶体,即胶接层,以用于在后续收拢抵接几何片材单元32后,二者的接触部可直接粘接成型。

[0241] 此外,如前所述的,在输出片材10和加工几何片材单元32时,应注意使得组合成型后的几何片材单元32符合特定参数要求,达到所需的轻质重载功能。例如,使得当片材10的片材表面的垂直方向为承受压缩载荷方向时,单元组合体100的材料体积利用率不低于60%,优选的,材料体积利用率不低于80%;和/或,在单元组合体100的平行于片材10的片材表面的芯材横截面上,平面空隙率不低于40%,进一步的,所述平面空隙率不低于60%。

[0242] 对应于上述实施例的热塑性组合芯材的生产方法,还相应提供了一种热塑性组合芯材的生产设备,如图10所示,该生产设备包括:

[0243] 热塑材料成型设备1,用于沿流水线输出方向X持续输出平整的片材10;

[0244] 裁切组件4,用于沿流水线输出方向X切割片材10并分割成沿片材10的宽边输出方向Y等宽的多个片材单元带20;

[0245] 多个的导向定位组件5,用于将各个片材单元带20一一对应地导向翻转并排布成沿宽边输出方向Y依次间隔布置;

[0246] 多组几何形状体成型组件2,用于在分组后的各个片材单元带20上对应成型出沿流水线输出方向X重复呈现的非闭合的几何形状体104,以形成相应的几何片材单元32;

[0247] 收拢组件7,用于沿宽边输出方向Y收拢各个几何片材单元32并粘接成单元组合体100。

[0248] 可选的,根据翻转和加工的先后顺序不同,也可将多个的导向定位组件5和多组的几何形状体成型组件2位置调换,即先加工再翻转。

[0249] 其中,多组的几何形状体成型组件2采用了多组的压辊组件。针对先翻转再加工的实施例而言,参见图10,多组的压辊组件的旋转轴线垂直于片材表面,而针对先加工再翻转(图中未示出)而言,且多组的压辊组件的旋转轴线沿宽边输出方向Y。但无论是先翻转再加工还是先加工再翻转,多组的压辊组件均沿片材10的宽边输出方向Y分布且并且辊体周壁形成有沿周向间隔的凸起状的棱边压接部。任意相邻的两组所述压辊组件互不相同而同一

组压辊组件的外周部均凸出有沿周向等间隔分布的相同的多个棱边压接部。并且,同一组内的压辊组件包括与组内的各个片材单元带20一一对应的相同的压辊单元。几何形状体104的加工方式采用了压辊组件的辊式模具挤压,当然也可采用板式模具挤压或链式模具挤压等,以达到加工几何形状体104的目的。

[0250] 特别地,由于需要对多组片材单元带20分别加工,因而多组的几何形状体成型组件2和导向定位组件5均包括沿宽边输出方向Y依次布置且个数相同的多组切刀单体和多个转向器单体。导向定位组件5采用了导向箱体的形式,但也可采用例如导向辊的方式。

[0251] 可选的,各组热塑性成型设备1均为用于实现多层挤出的模内复合组件。

[0252] 此外,设置专门的收拢组件7有助于快速、定位精准地收拢各个几何片材单元32,使之收拢后沿宽边输出方向Y对位精准。收拢组件7可优选地设置在送入熔融粘接组件8的上游。

[0253] 进一步地,根据粘接方式的可选择性,生产设备可进一步包括:

[0254] 熔融粘接组件8,用于加热沿宽边输出方向Y依次间隔布置的几何片材单元32以能够熔融粘接成单元组合体100。

[0255] 参见图10,热塑性成型设备1、裁切组件4、导向定位组件5、几何形状体成型组件2、收拢组件7和熔融粘接组件8可沿流水线输出方向X依次布置,以便于流水线生产作业。当然,导向定位组件5与多组的几何形状体成型组件2的位置也可互换。

[0256] 在采用胶接方式时,生产设备可包括:

[0257] 胶枪3,用于在几何片材单元32之间用于接触连接的接触部上涂覆胶接层以使得各个几何片材单元32相互胶接成单元组合体100。

[0258] 同样地,热塑性成型设备1、裁切组件4、导向定位组件5、几何形状体成型组件2、胶枪3和收拢组件7可沿流水线输出方向X依次布置。当然,导向定位组件5与多组的几何形状体成型组件2的位置也可互换。

[0259] 其中,几何形状体成型组件2可为压辊组件,压辊组件包括与多个片材单元带20个数相同的多对压辊,对置式排列在片材单元体20的表面两侧。其中的导向定位组件5优选为导向辊组件,如图10所示,对于每条片材单元带20包括两个导向辊,两个导向辊沿宽边输出方向Y间隔布置。导向定位组件5可采用导向辊或导向箱体,熔融粘接组件8可以为烘烤组件、超声焊接组件或红外焊接组件等等。

[0260] 综上所述,本发明提供了一种可连续挤出且辊压成型的热塑性组合芯材,具体涉及到适用于热塑性三明治复合材料中的夹芯体,该热塑性组合芯材的结构形状新颖,显著区别于现有的结构单一的蜂窝芯体。由于在同一芯材中能包括有不同的几何单元分部,本发明的热塑性组合芯材在同一芯材中可具有多种不同的分部结构,即可通过灵活变换不同的几何单元分部组合来改变同一芯材中不同分部的性能或分部平均密度等,从而使得同一芯材中可具有多种不同的性能或分部平均密度等,以应用于具有特定功能需求的领域,满足实际应用中的多样化需求,并解决了传统蜂窝芯材的制造成本高、物料浪费、不可添加功能填料及增强填料的问题,实现了蜂窝芯可填充、低成本等优点以及节约型的生产制造,有效拓展了热塑性复合材料的应用领域。

[0261] 其中,本发明的热塑性组合芯材由连续挤出片材通过辊压的方式形成一定结构,通过导向装置完成蜂窝体取向,经过热烘道完成产品粘结,从而形成蜂窝体结构。该工艺为

连续生产,结构赋形采用辊压方式,可实现功能填料及增强填料的填充,与纤维增强热塑性复合板材复合后,解决了现有的圆管蜂窝及半封闭折叠蜂窝无法满足的功能需求领域及结构强度需求苛刻的领域。因此如前所述,本发明的带有填充材料的较大壁厚的热塑性组合芯材可应用于对轻质高强要求较高的各个领域,例如载重越来越大的各种运载车辆中,尤其是重载电力运煤火车,或续航能力不足而需减轻车体的电物流车等。

[0262] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0263] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0264] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接或彼此可通讯;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系,除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0265] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0266] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0267] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

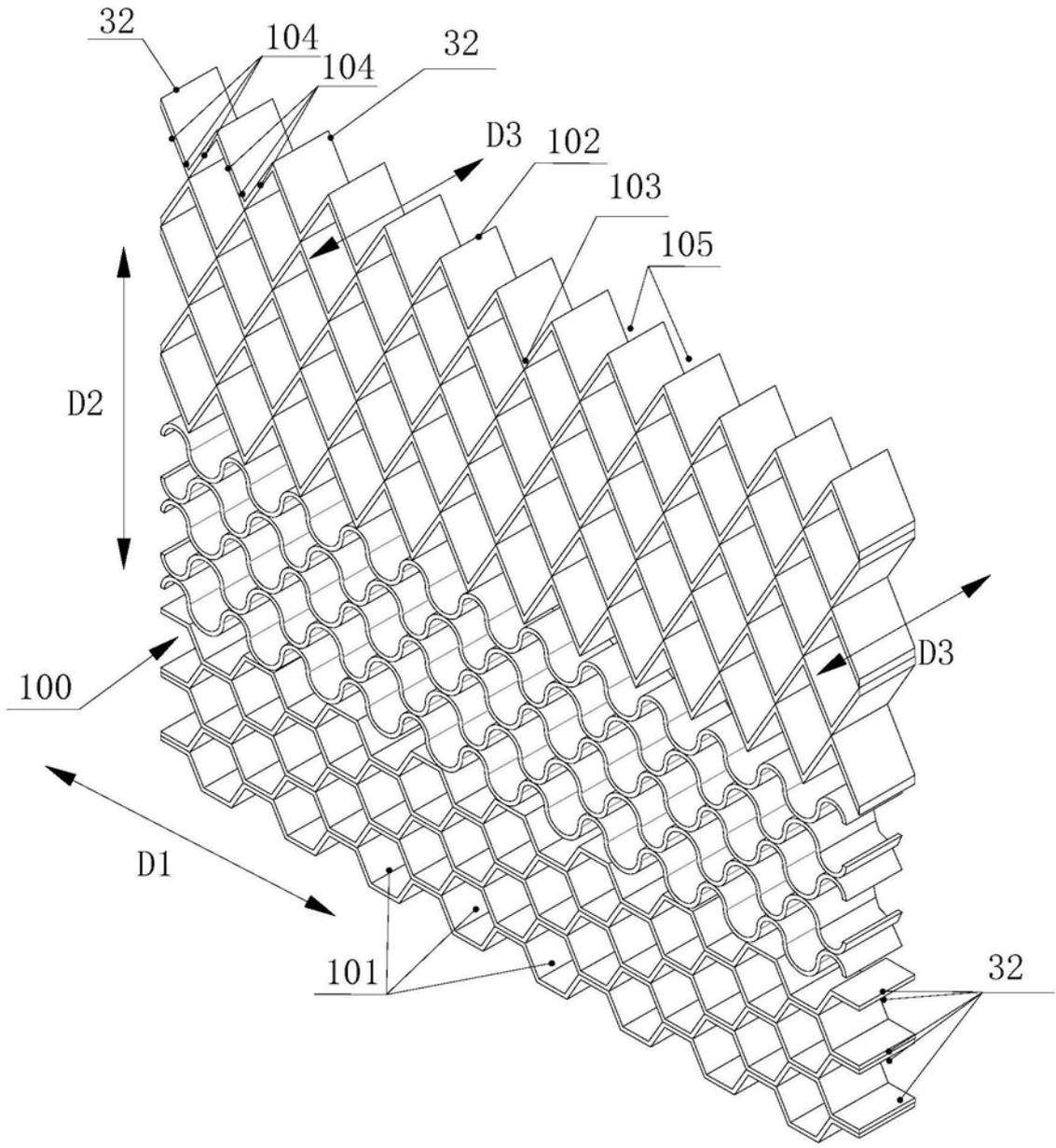


图1a

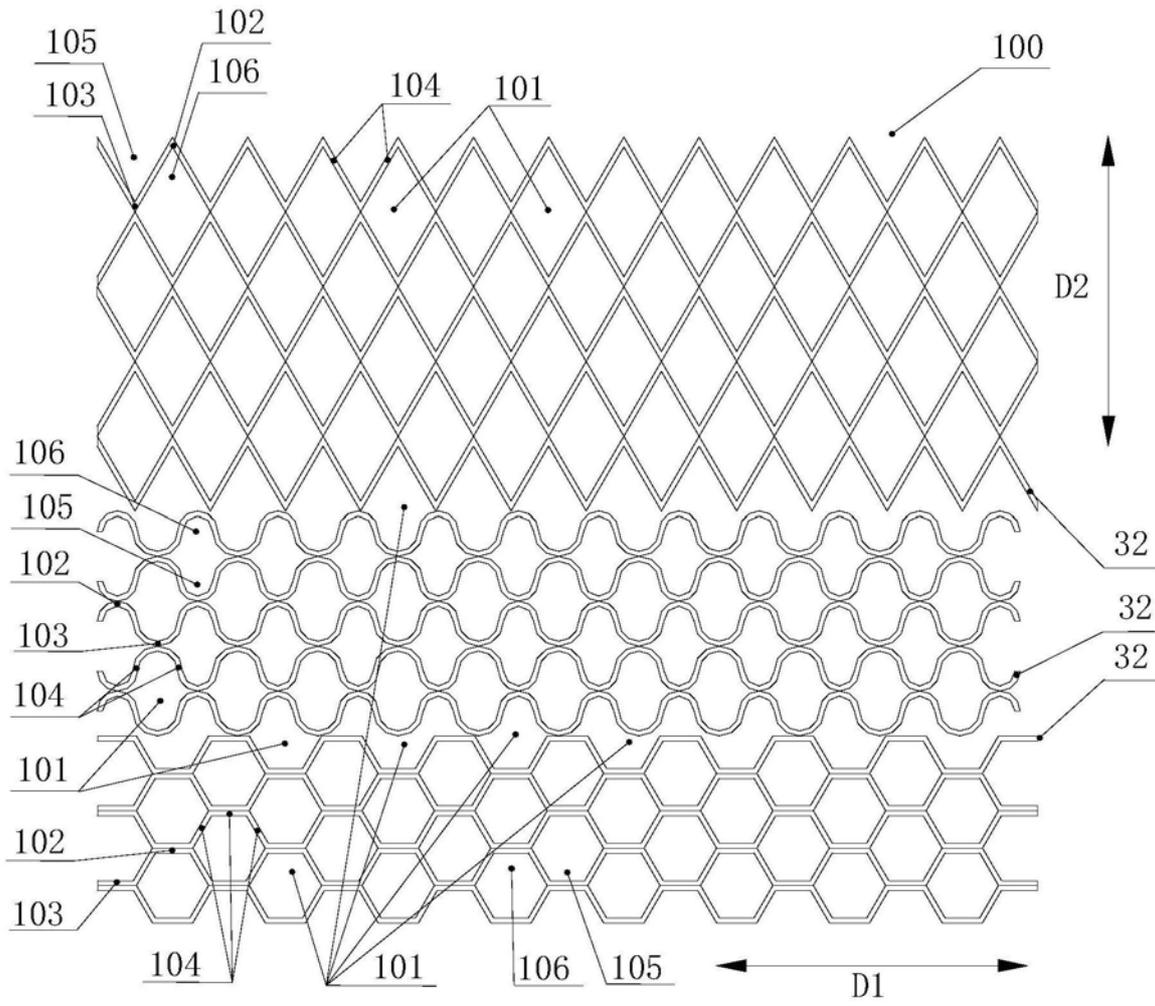


图1b

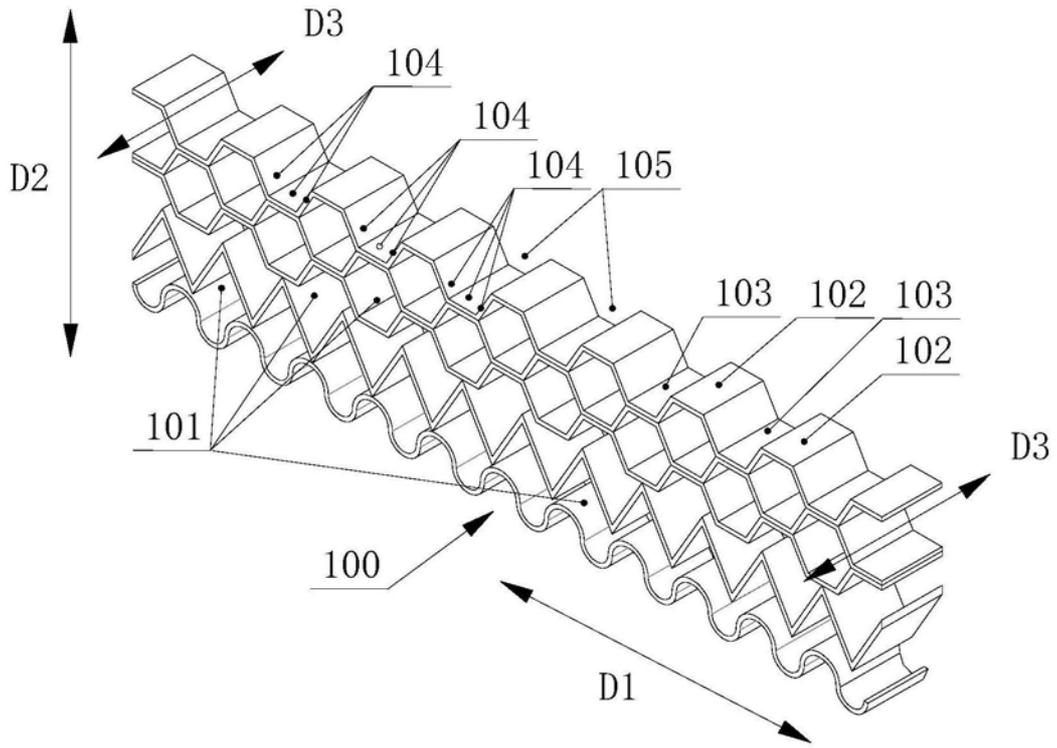


图2a

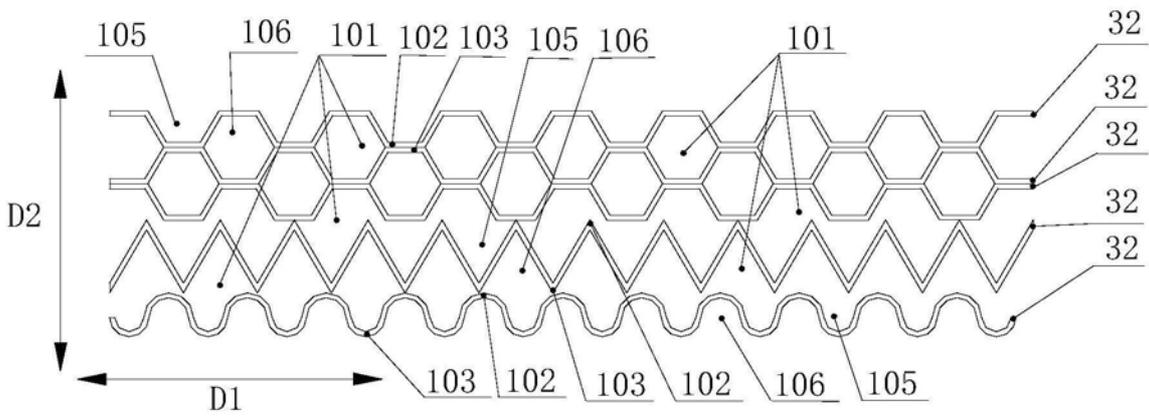


图2b

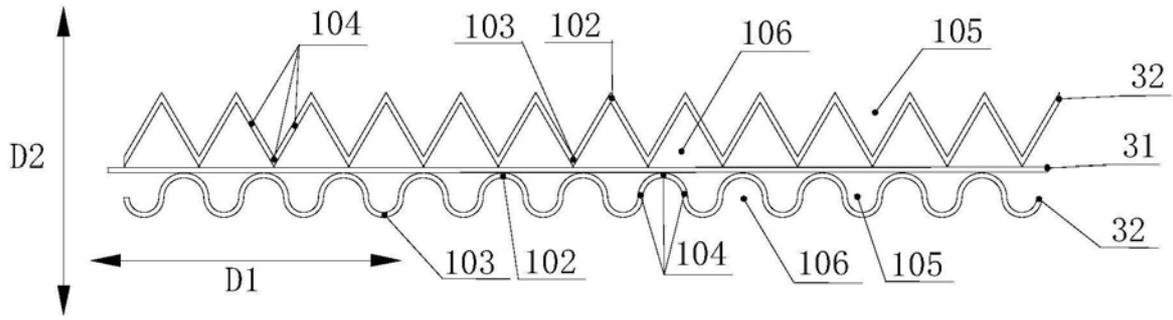


图3

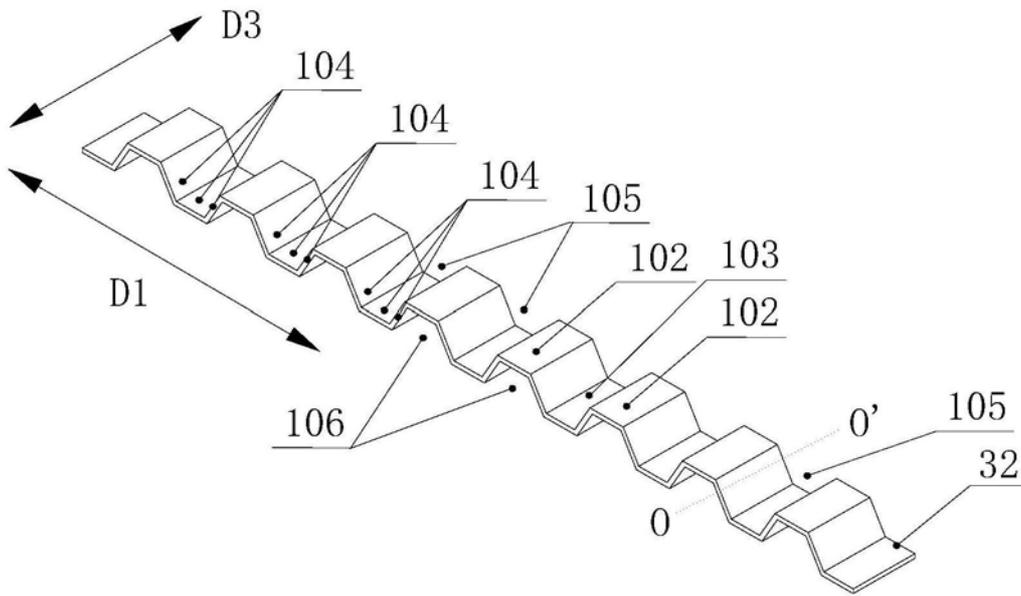


图4a

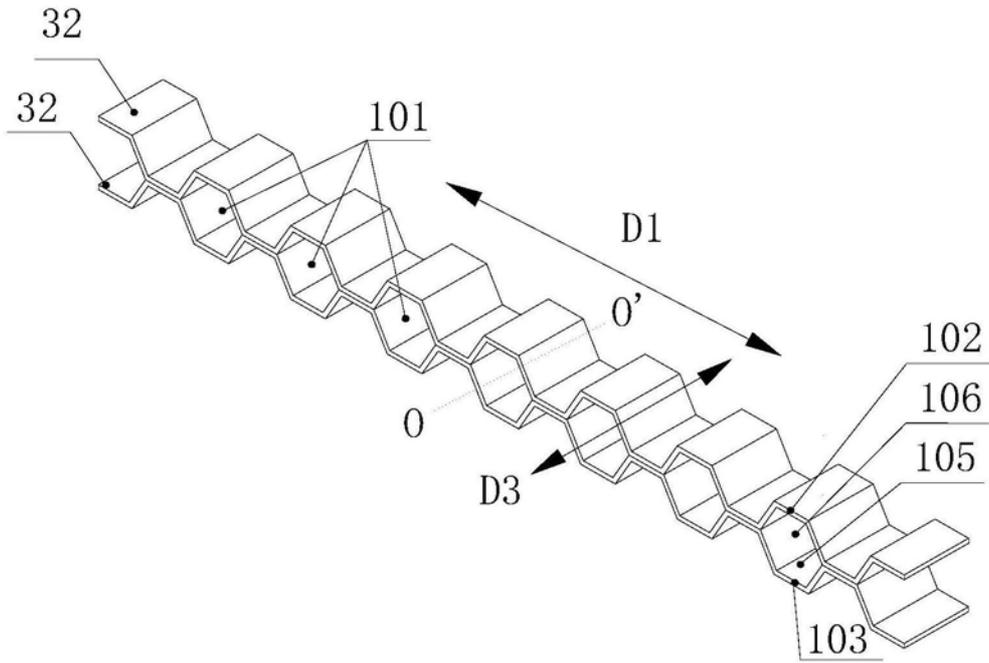


图4b

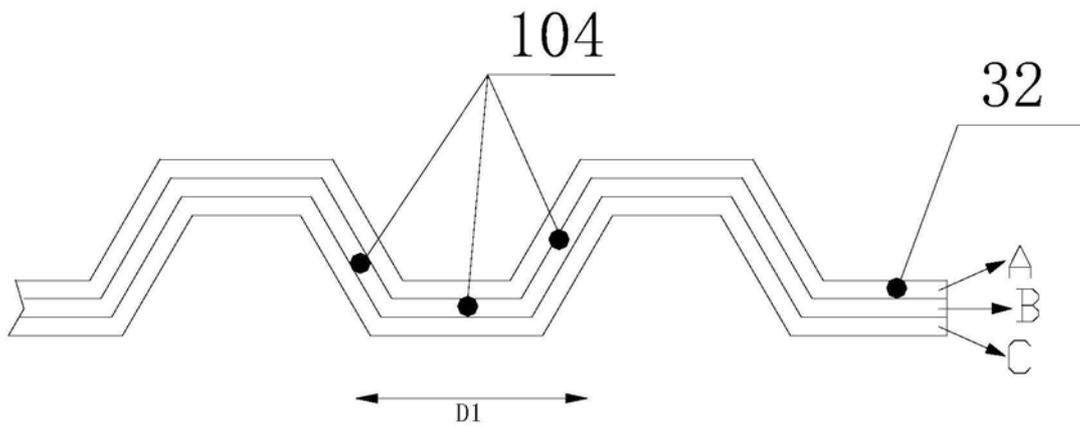


图5

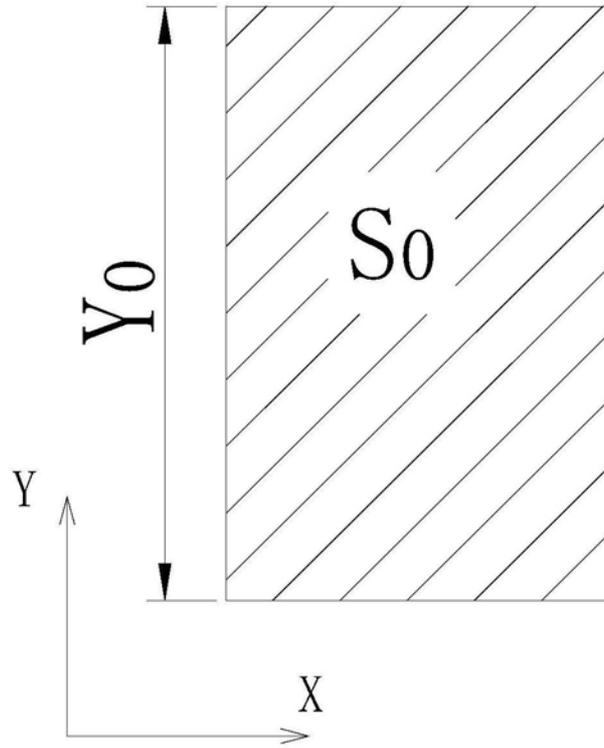


图6a

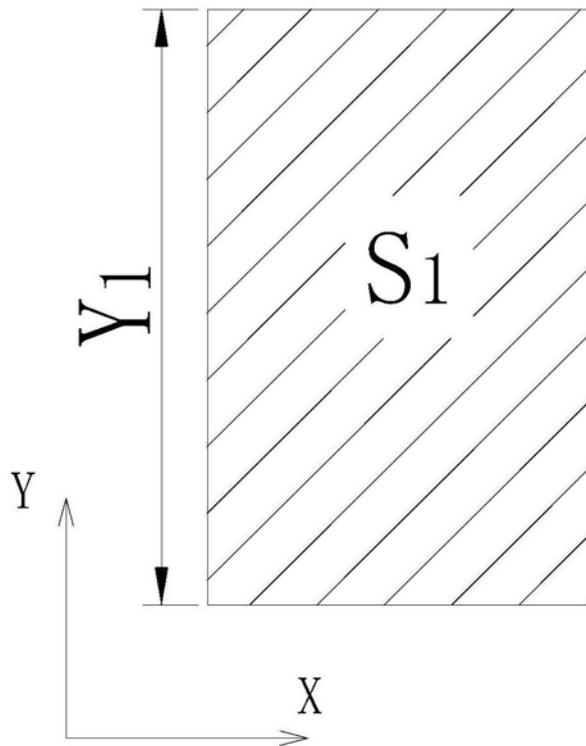


图6a'

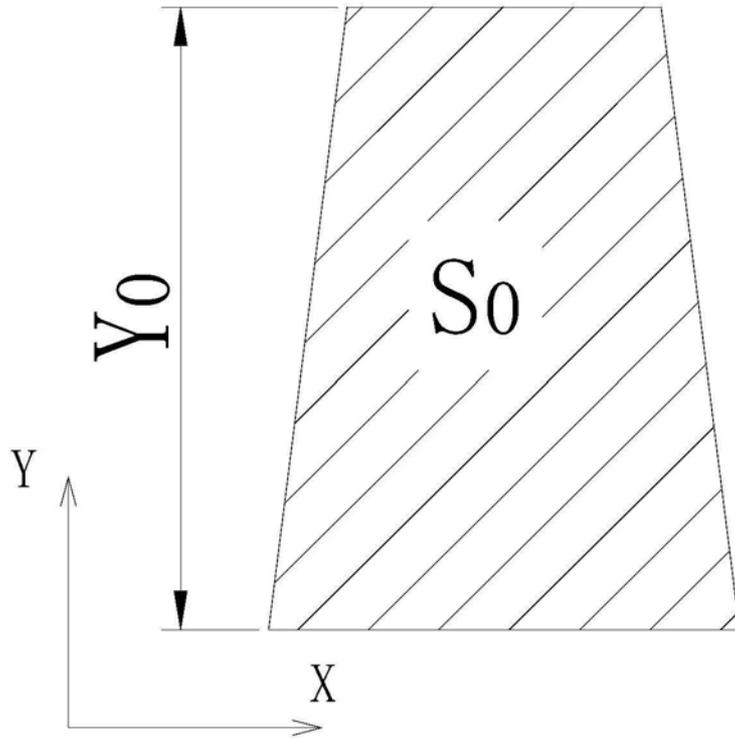


图6b

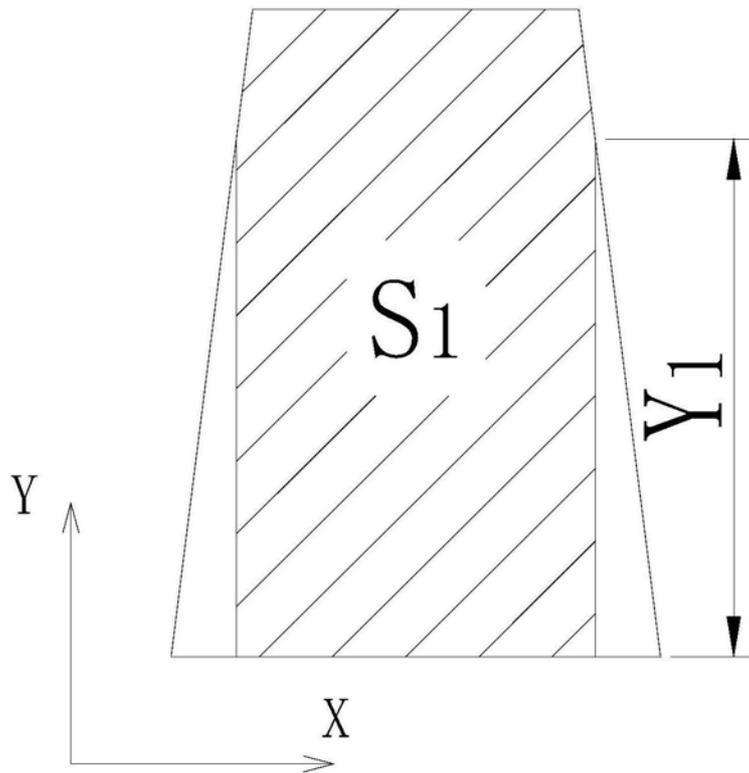


图6b'

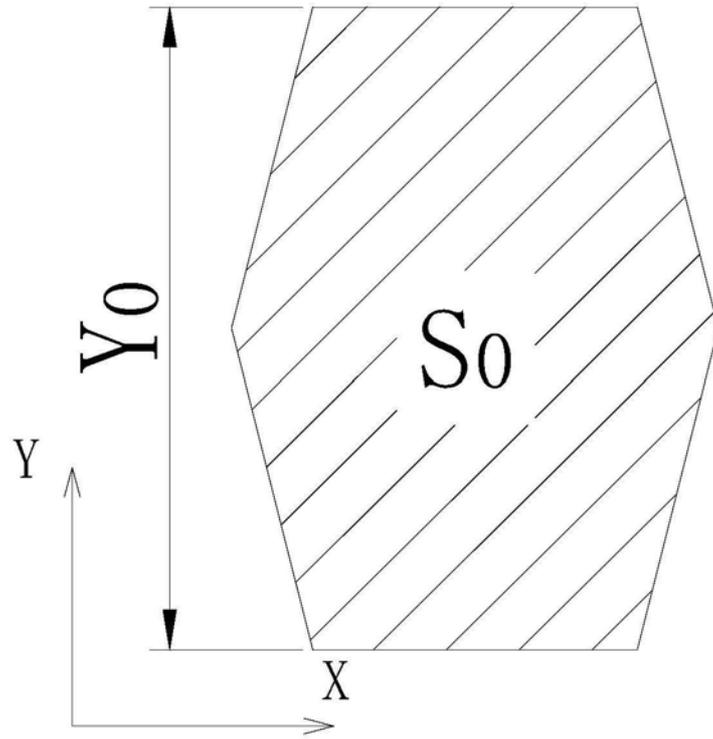


图6c

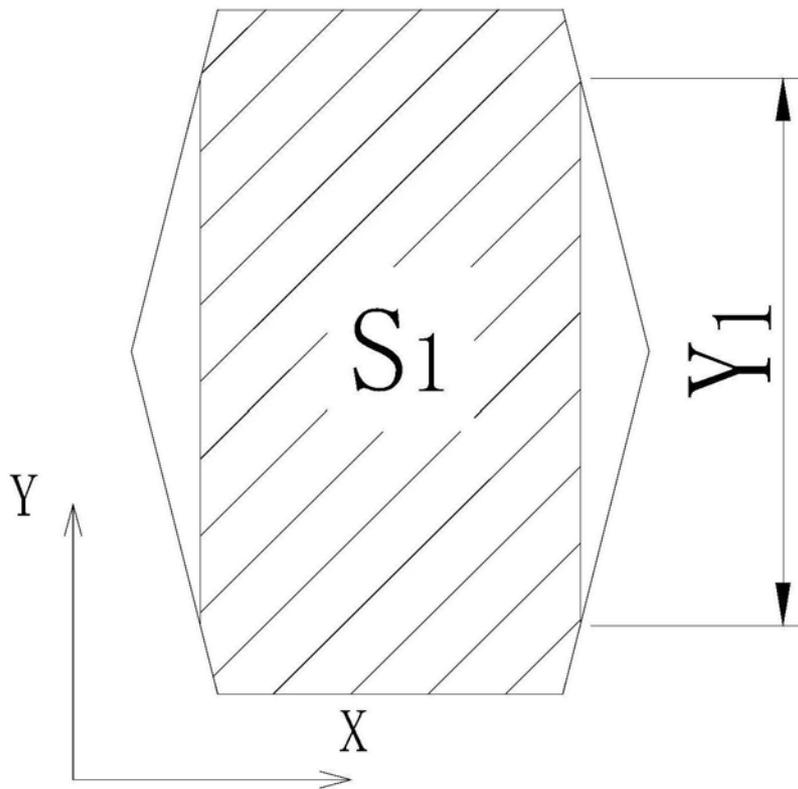


图6c'

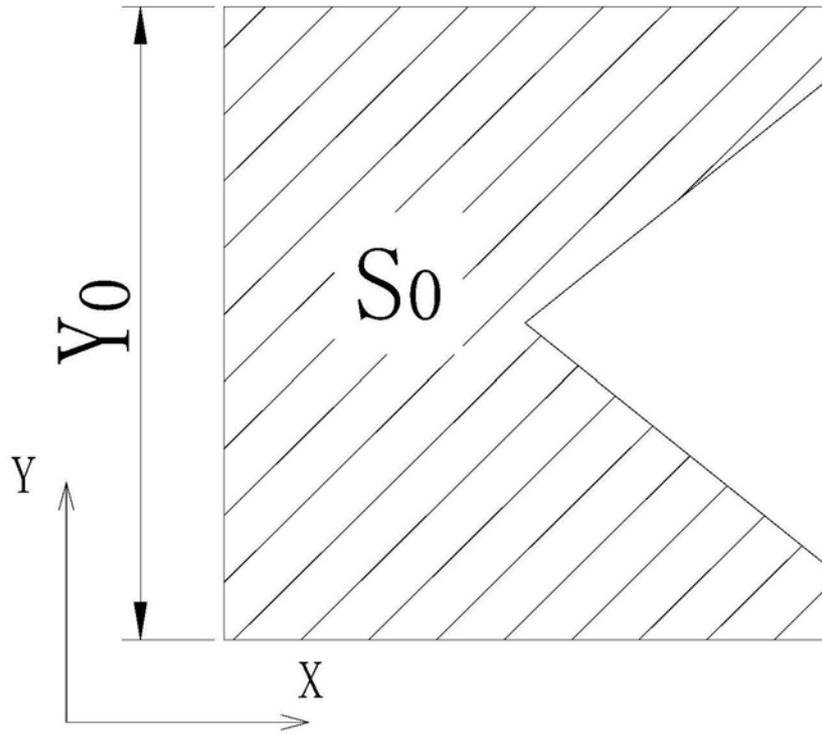


图6d

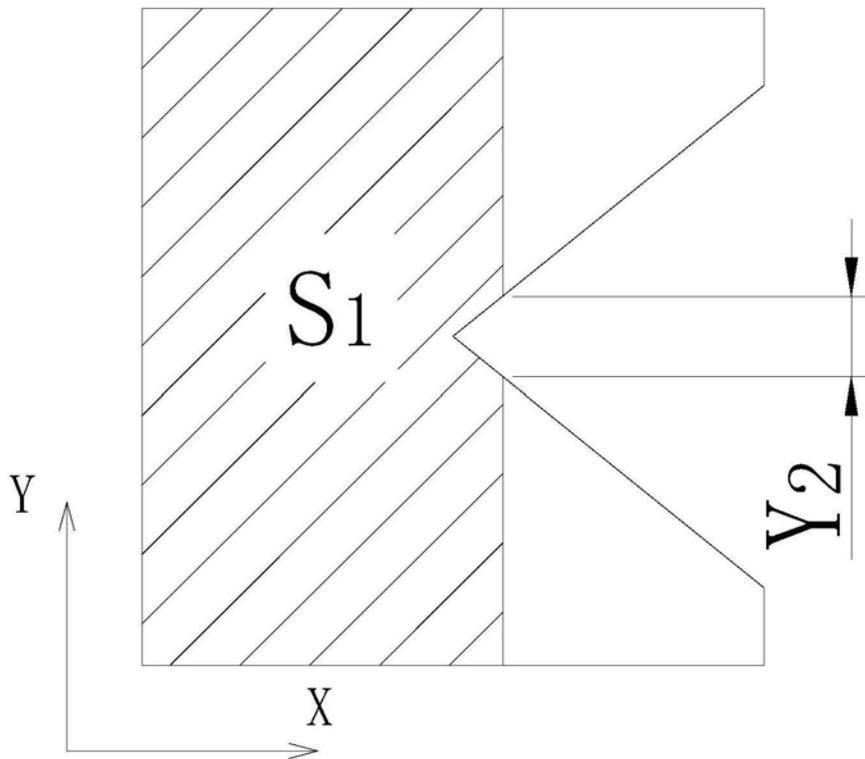


图6d'

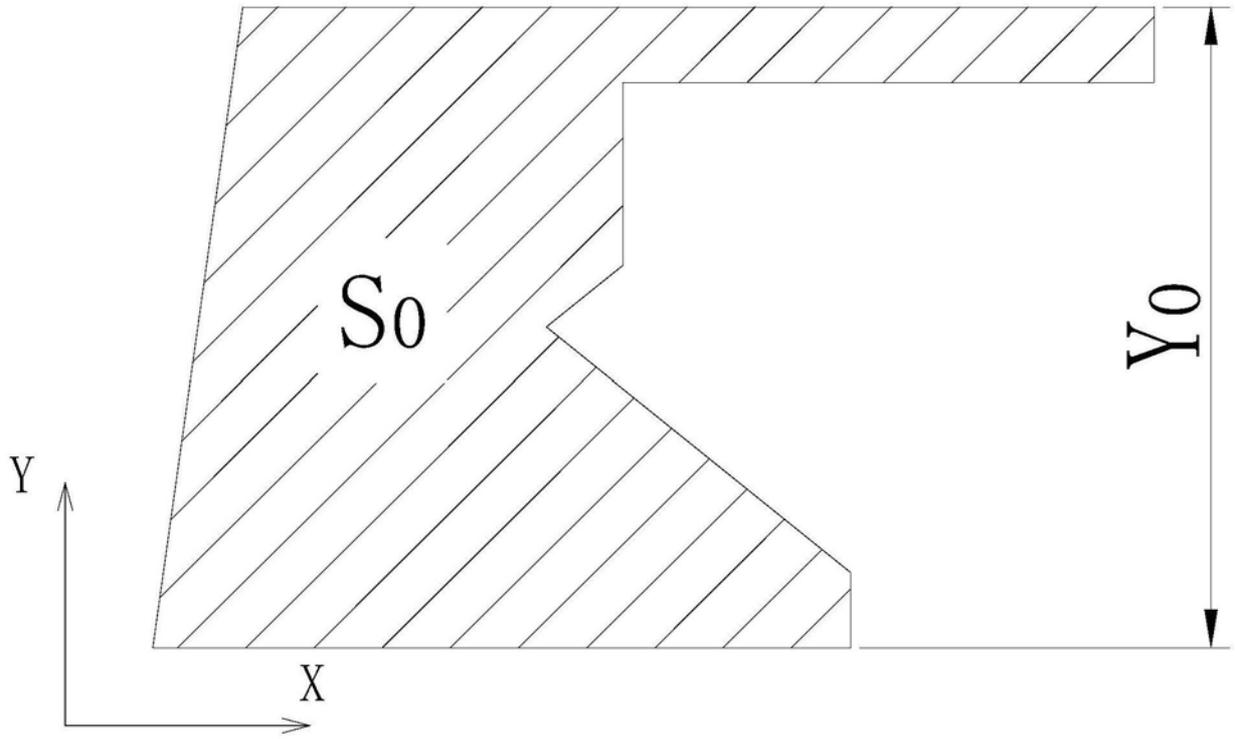


图6e

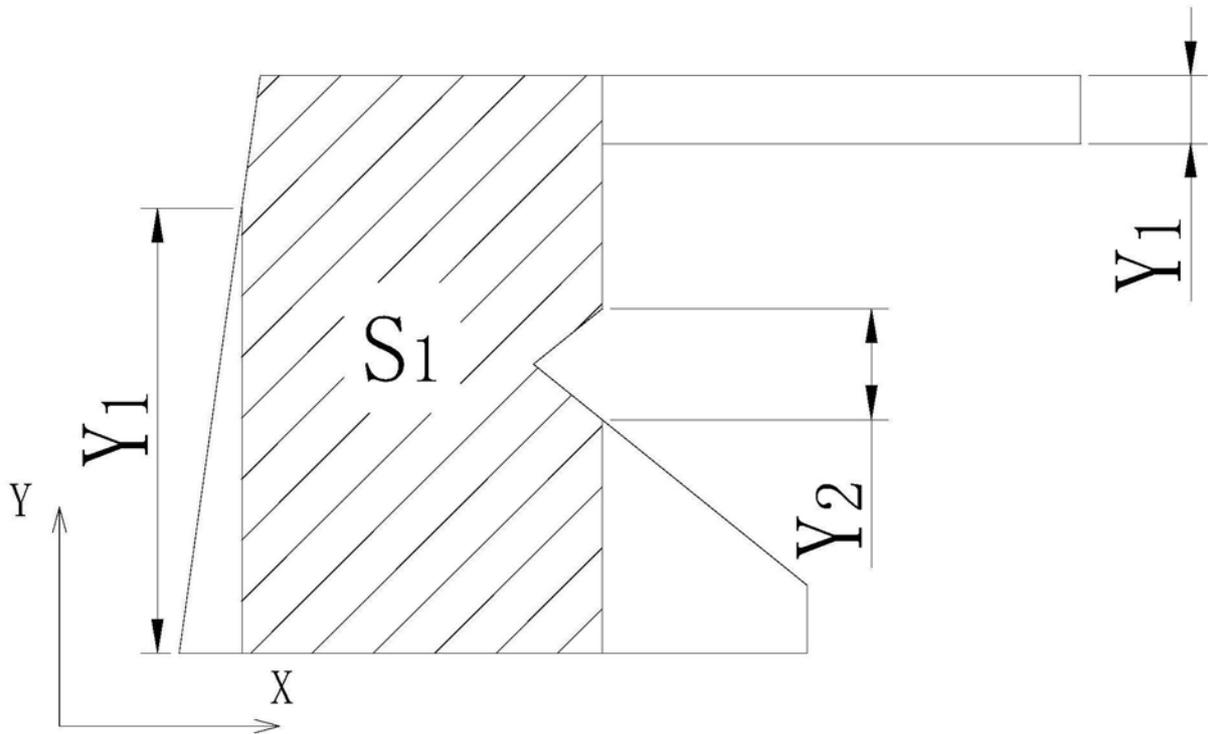


图6e'

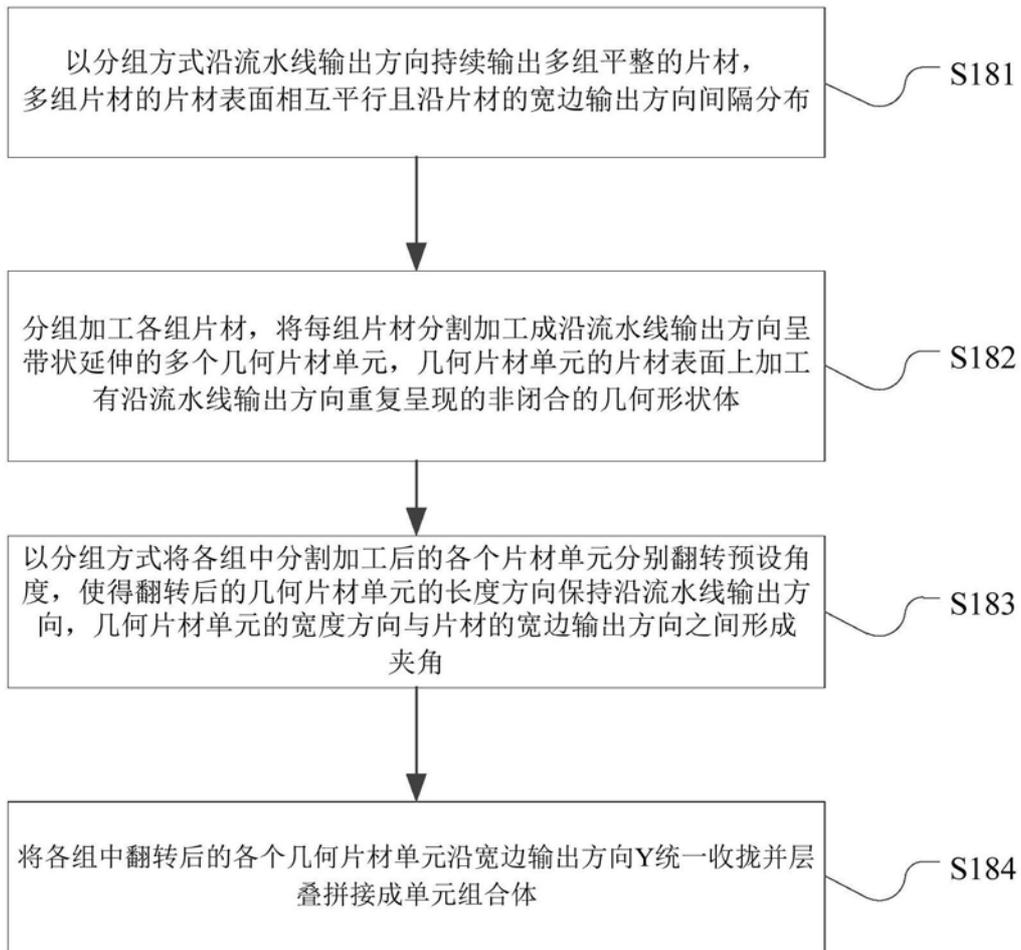


图7

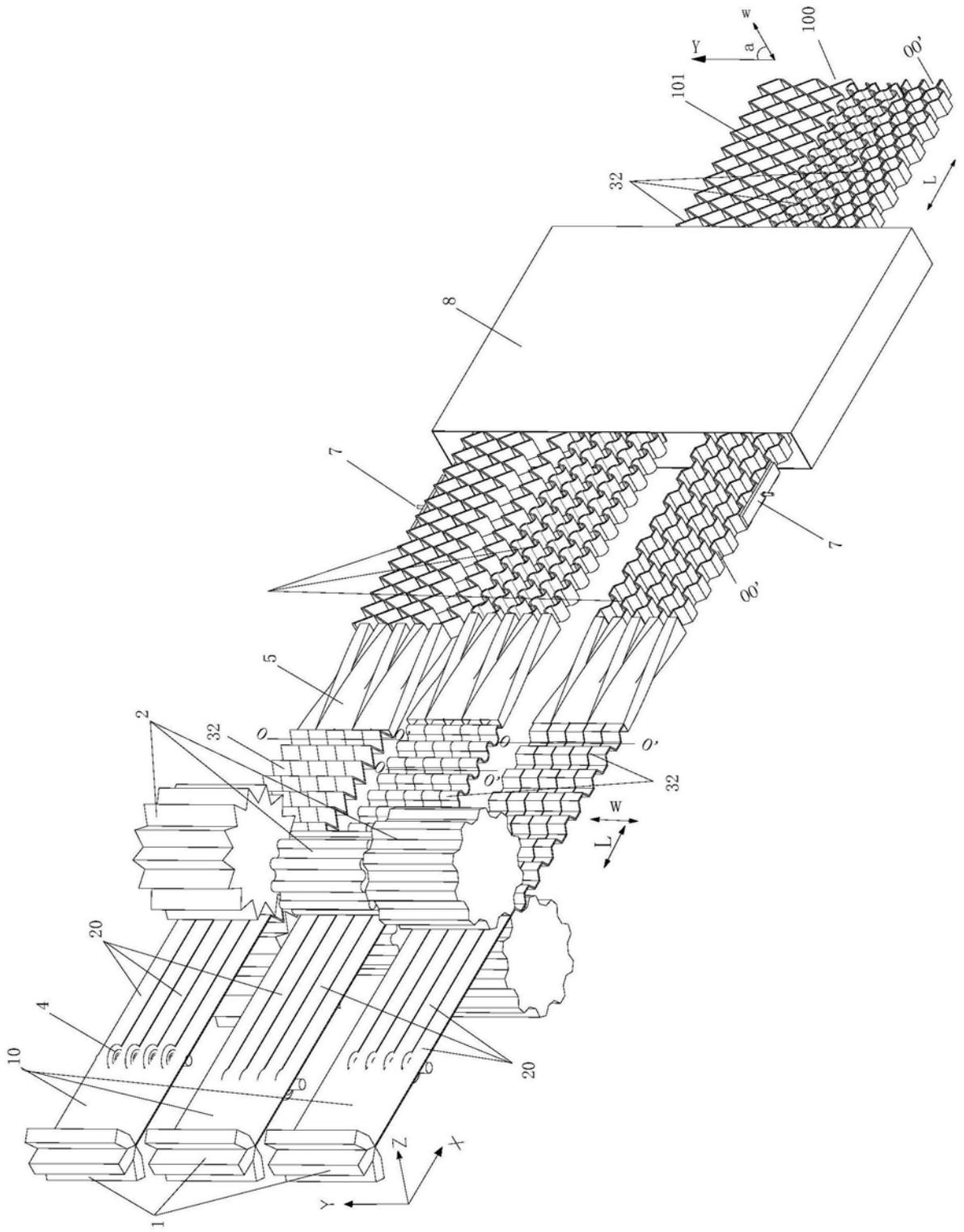


图8a

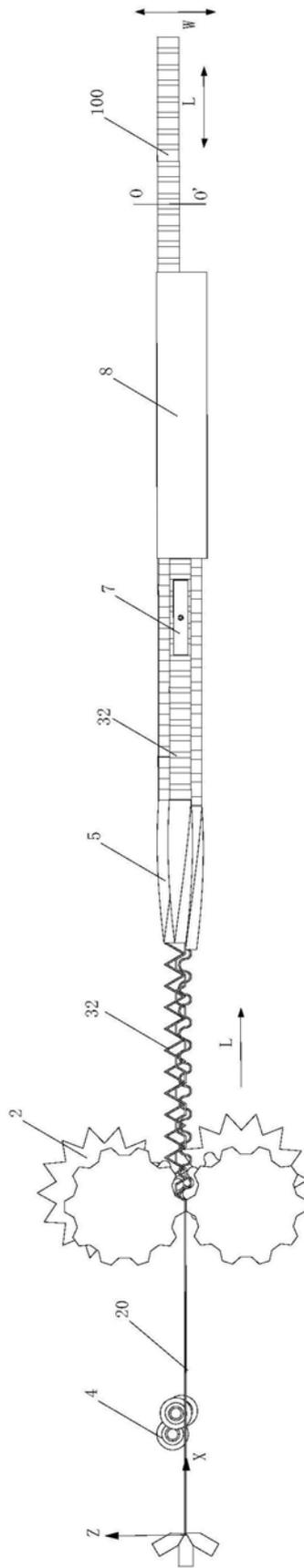


图8b

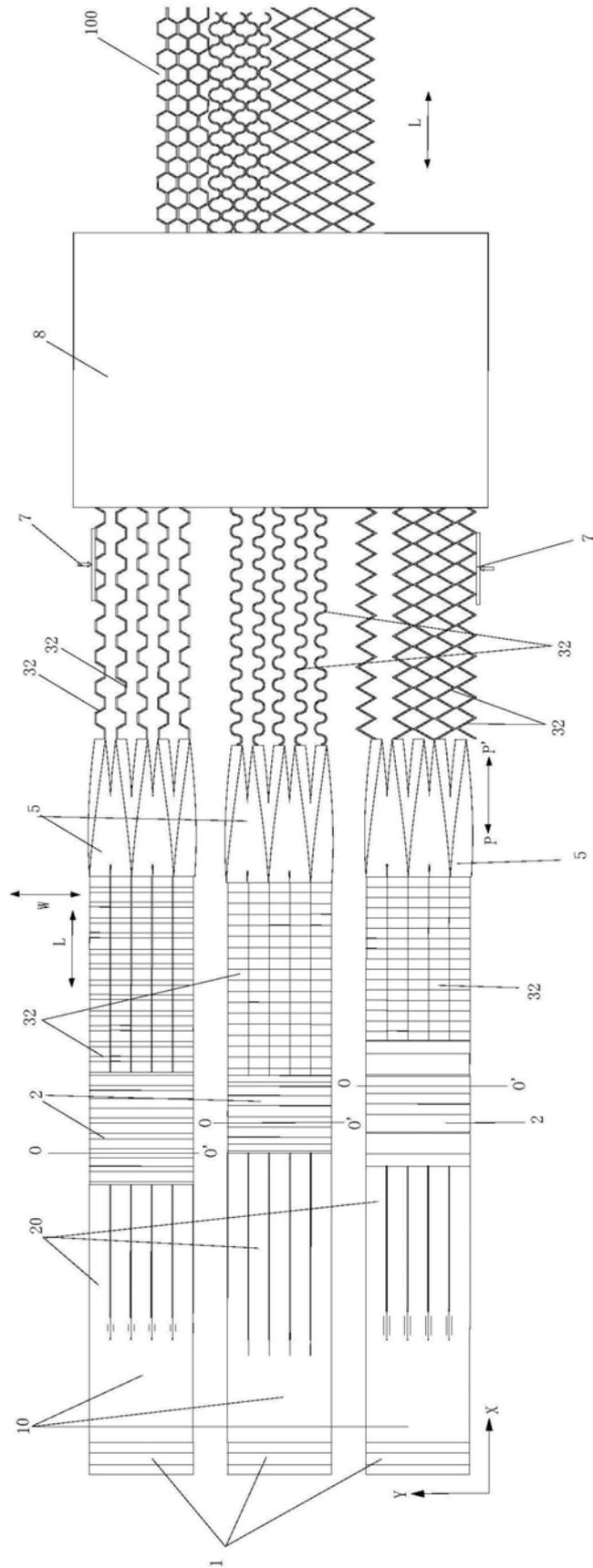


图8c

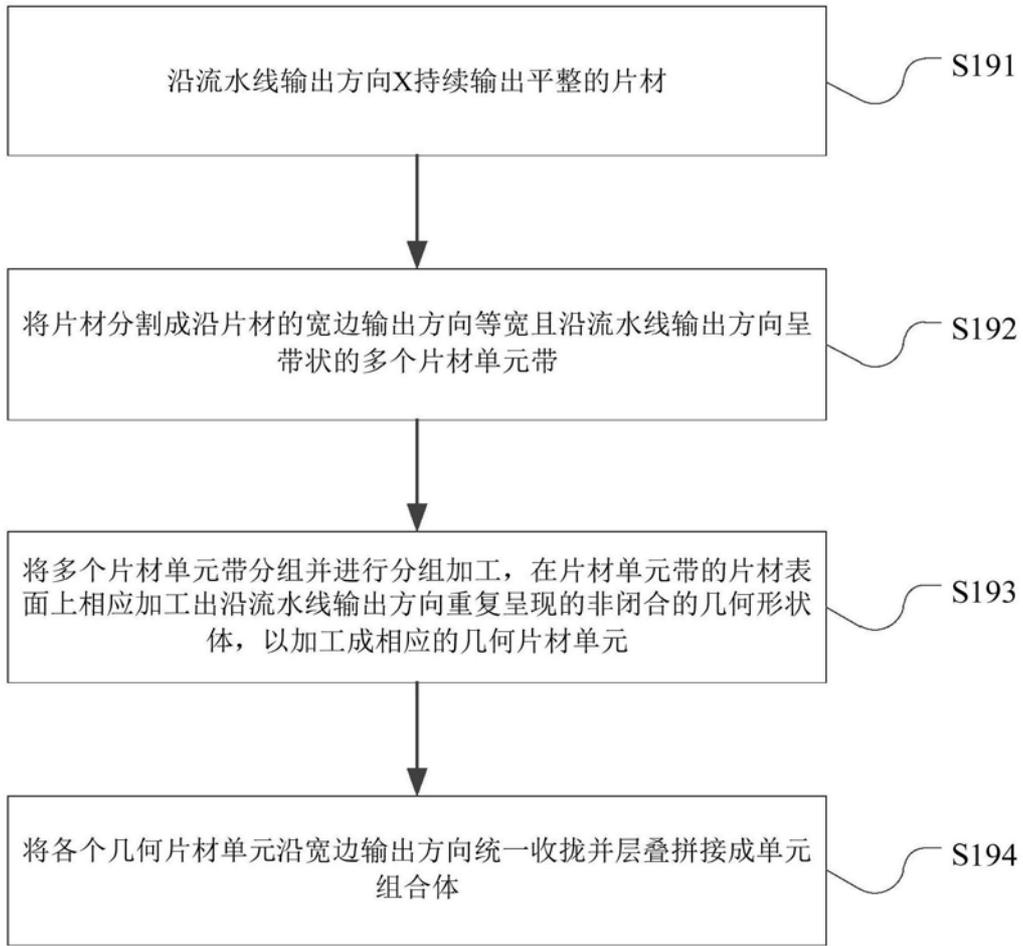


图9

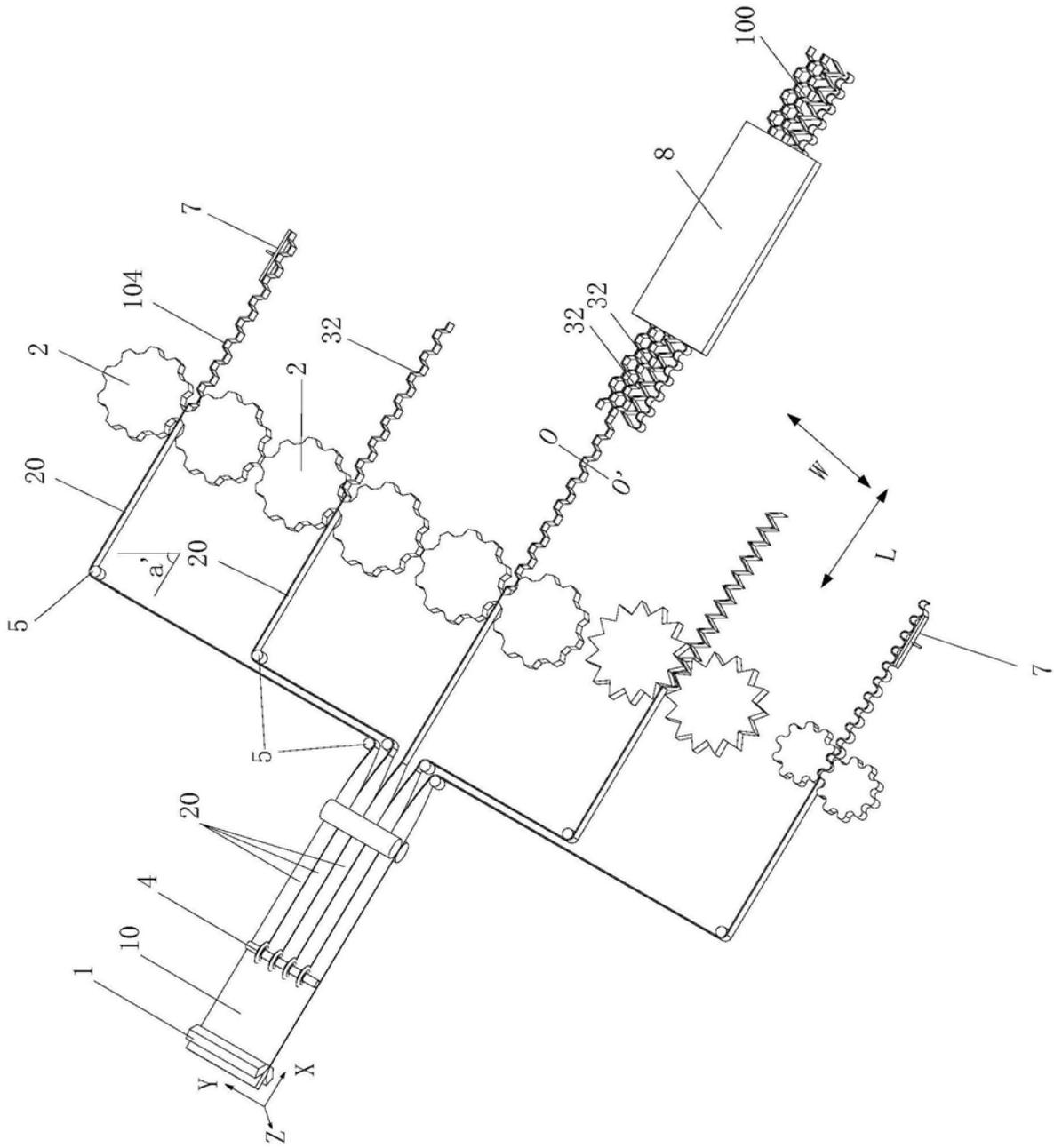


图10