



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104552994 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 29

(21) 申请号 201510033087. 7

(22) 申请日 2015. 01. 23

(71) 申请人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市明故宫御道街
29 号

(72) 发明人 还大军 李勇 李吻 肖军

(74) 专利代理机构 南京钟山专利代理有限公司
32252

代理人 戴朝荣

(51) Int. Cl.

B29C 70/84(2006. 01)

B29C 70/88(2006. 01)

F03D 11/00(2006. 01)

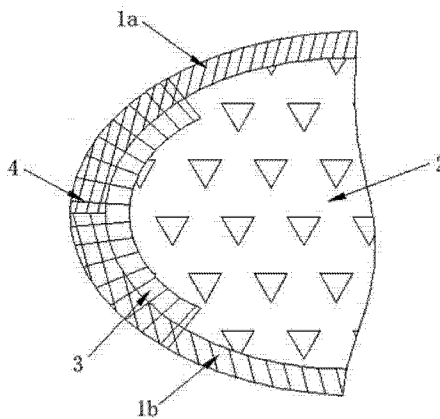
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

Z-pin 增强复合材料风电叶片及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及 Z-pin 增强泡沫夹芯复合材料风电叶片及其制造工艺,属于纤维复合材料增强技术领域。该制造工艺将 Z-pin 植入泡沫预制体,制备好复合材料连接层;在风电叶片模具中铺覆上半壳体和下半壳体,在下半壳体与连接层连接的部位垂直壳体植入 Z-pin;在下模具中浇注泡沫发泡料,然后合上上模具;待发泡料发泡结束,取下上模具,在上半壳体与连接层上半部分连接处,从外侧植入垂直壳体 Z-pin,再合上上模具;将 Z-pin 增强复合材料风电叶片固化。本发明可以显著提高复合材料风电叶片上壳体与下壳体连接处的连接强度与抗疲劳性能,避免由于上、下壳体脱胶引起的结构破坏,且 Z-pin 轻质高强,满足风电叶片对材料的要求。



1. Z-pin 增强复合材料风电叶片,包括风电叶片壳体(1),所述的风电叶片壳体(1)分为上半壳体(1a)和下半壳体(1b),所述的上半壳体(1a)和下半壳体(1b)的内侧填充有填充泡沫(2),其特征是:所述的风电叶片壳体(1)与填充泡沫(2)之间设有连接层(3),所述连接层(3)上部与上半壳体(1a)内侧面贴合,下部和下半壳体(1b)内侧面贴合,所述连接层(3)上部与上半壳体(1a)之间、连接层(3)下部和下半壳体(1b)之间均植入有用于提高连接强度的 Z-pin(4)。

2. 根据权利要求 1 所述的 Z-pin 增强复合材料风电叶片,其特征是:所述的 Z-pin(4) 植入方向垂直于连接层(3)与上半壳体(1a)的连接面以及连接层(3)与下半壳体(1b)的连接面。

3. 一种 Z-pin 增强复合材料风电叶片的制造方法,其特征是:包括以下步骤:

步骤一、通过拉挤工艺制备 Z-pin(4),根据预设的 Z-pin(4) 参数将 Z-pin(4) 植入泡沫预制体(5)中,制成含 Z-pin 的泡沫预制体;

步骤二、制备好复合材料连接层(3);

步骤三、在风电叶片模具中铺覆风电叶片壳体(1)的上半壳体(1a)和下半壳体(1b),沿着下半壳体(1b)内侧的边缘放置连接层(3),使连接层(3)的下半部分紧贴下半壳体(1b)内侧,连接层(3)的上半部分位于下半壳体(1b)的外侧;

步骤四、利用热压将含 Z-pin 的泡沫预制体压弯,使其与连接层(3)的下半部分贴合;

步骤五、将含 Z-pin 的泡沫预制体中的 Z-pin(4) 植入连接层(3)的下半部分与下半壳体(1b)中,使 Z-pin(4) 垂直贯穿连接层(3)的下半部分与下半壳体(1b)的连接面;

步骤六、除去泡沫载体和多余的 Z-pin;

步骤七、在下模具中浇注泡沫发泡料,然后合上上模具,使连接层(3)的上半部分置于上半壳体(1a)内侧,并锁紧;

步骤八、待发泡料发泡结束,取下上模具,连接层(3)的上半部分位于上半壳体(1a)内侧与新形成的填充泡沫(2)之间,利用填充泡沫(2)对风电叶片壳体(1)成形,将另一个含 Z-pin 的泡沫预制体压弯,与上半壳体(1a)外侧贴合;

步骤九、将另一个含 Z-pin 的泡沫预制体中的 Z-pin(4) 植入上半壳体(1a)与连接层(3)的上半部分中,使 Z-pin(4) 垂直贯穿上半壳体(1a)与连接层(3)的上半部分的连接面;

步骤十、除去另一个泡沫载体和多余的 Z-pin,制成未固化的 Z-pin 增强复合材料风电叶片;

步骤十一:再合上上模具;未固化的 Z-pin 增强复合材料风电叶片固化。

4. 根据权利要求 3 所述的一种 Z-pin 增强复合材料风电叶片的制造方法,其特征是:步骤五和步骤九中,采用超声枪将 Z-pin(4) 植入连接层(3)的下半部分与下半壳体(1b)中以及上半壳体(1a)与连接层(3)的上半部分中。

5. 根据权利要求 4 所述的一种 Z-pin 增强复合材料风电叶片的制造方法,其特征是:所述的连接层(3)为预浸料连接层。

6. 根据权利要求 4 所述的一种 Z-pin 增强复合材料风电叶片的制造方法,其特征是:所述的连接层(3)为纤维布连接层。

7. 根据权利要求 6 所述的一种 Z-pin 增强复合材料风电叶片的制造方法,其特征是:

步骤十中除去泡沫载体和多余 Z-pin 后还设有注入树脂步骤：将树脂注入纤维布连接层中。

8. 根据权利要求 7 所述的一种 Z-pin 增强复合材料风电叶片的制造方法,其特征是：注入树脂步骤中采用树脂传递模塑工艺或真空灌注工艺将树脂注入纤维布连接层中。

Z-pin 增强复合材料风电叶片及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种 Z-pin 技术用于复合材料风电叶片及其制造方法,属于复合材料增强技术领域。

背景技术

[0002] 复合材料风电叶片是风力发电机组中能量转化的关键部件,也是受力最为复杂的部件,其设计制造的好坏直接关系到风力发电机的效率和使用寿命,影响着整个系统的性能。其中泡沫夹芯风电叶片因为其轻质高强,成为现在常用的复合材料叶片。对于大型叶片,由于整体制备比较困难,将叶片分为两部分制备,即上半壳体和下半壳体。上半壳体与下半壳体之间存在连接界面,当叶片在受力时,界面易脱胶,导致结构破坏。由此,将 Z-pin 技术用于增强风电叶片上、下半壳体。

[0003] Z-pin 三维增强技术是在不连续缝合技术基础上发展而来的新三维增强技术,Z-pin 是指一种金属类或复合材料类圆柱型短棒。Z-pin 技术是将针状细杆 Z-pin 植入到铺叠好的预浸料中形成三维增强,经共固化形成的整体结构。该项技术可明显改善复合材料层合板的层间韧性,并具有操作简单、可设计性强、易于整体成型、减重性好、抗剪切、抗剥离性能强、对纤维损伤小的优点。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对目前风电叶片上、下半壳体连接界面性能差的问题,提供一种采用 Z-pin 三维增强技术显著提高风电叶片上、下半壳体的连接强度与抗疲劳性能的 Z-pin 增强复合材料风电叶片及其制造方法。

[0005] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案为:

Z-pin 增强复合材料风电叶片,包括风电叶片壳体,风电叶片壳体分为上半壳体和下半壳体,上半壳体和下半壳体的内侧填充有填充泡沫,其中:风电叶片壳体与填充泡沫之间设有连接层,连接层上部与上半壳体内侧面贴合,下部和下半壳体内侧面贴合,连接层上部与上半壳体之间、连接层下部和下半壳体之间均植入有用于提高连接强度的 Z-pin。

[0006] 为优化上述技术方案,采取的具体措施还包括:

上述的 Z-pin 植入方向垂直于连接层与上半壳体的连接面以及连接层与下半壳体的连接面。

[0007] 一种 Z-pin 增强复合材料风电叶片的制造方法,包括以下步骤:

步骤一、通过拉挤工艺制备 Z-pin,根据预设的 Z-pin 参数将 Z-pin 植入泡沫载体中,制成含 Z-pin 的泡沫预制体;

步骤二、制备好复合材料连接层;

步骤三、在风电叶片模具中铺覆风电叶片壳体的上半壳体和下半壳体,沿着下半壳体内侧的边缘放置连接层,使连接层的下半部分紧贴下半壳体内侧,连接层的上半部分位于下半壳体的外侧;

步骤四、利用热压将含 Z-pin 的泡沫预制体压弯,使其与连接层的下半部分贴合;

步骤五、将含 Z-pin 的泡沫预制体中的 Z-pin 植入连接层的下半部分与下半壳体中,使 Z-pin 垂直贯穿连接层的下半部分与下半壳体的连接面;

步骤六、除去泡沫载体以及多余的 Z-pin;

步骤七、在下模具中浇注泡沫发泡料,然后合上上模具,使连接层的上半部分置于上半壳体内侧,并锁紧;

步骤八、待发泡料发泡结束,取下上模具,连接层的上半部分位于上半壳体内侧与新形成的填充泡沫之间,利用填充泡沫对风电叶片壳体维形,将另一个含 Z-pin 的泡沫预制体压弯,与上半壳体外侧贴合;

步骤九、将另一个含 Z-pin 的泡沫预制体中的 Z-pin 植入上半壳体与连接层的上半部分中,使 Z-pin 垂直贯穿上半壳体与连接层的上半部分的连接面;

步骤十、除去泡沫载体以及多余的 Z-pin,制成未固化的 Z-pin 增强复合材料风电叶片;

步骤十一:再合上上模具;未固化的 Z-pin 增强复合材料风电叶片固化。

[0008] 上述的步骤五和步骤九中,采用超声枪将 Z-pin 植入连接层的下半部分与下半壳体中以及上半壳体与连接层的上半部分中。

[0009] 上述的连接层为预浸料连接层。

[0010] 上述的连接层为纤维布连接层。

[0011] 上述的步骤十中除去另一个含 Z-pin 的泡沫预制体后还设有注入树脂步骤:将树脂注入纤维布连接层中。

[0012] 注入树脂步骤中采用树脂传递模塑工艺或真空灌注工艺将树脂注入纤维布连接层中。

[0013] 与现有技术相比,本发明提供的 Z-pin 增强复合材料风电叶片在,风电叶片的上半壳体和下半壳体的连接处铺覆连接层,将 Z-pin 分别植入上半壳体、下半壳体与连接层连接的部位;通过 Z-pin 增强风电叶片上、下半壳体的连接强度与抗疲劳性能,

其增强原理如下:

当风电叶片上半壳体与下半壳体受力时,Z-pin 对它们与连接层的桥联力阻碍裂纹的扩展,减缓裂纹扩展的速度,同时 Z-pin 的“钉扎”效应和自身变形抑制裂纹扩展,从而提高风电叶片上、下半壳体的连接强度与抗疲劳性能。同时连接层的存在,可以防止泡沫外溢。因为直接将 Z-pin 植入风电叶片的上半壳体和下半壳体中非常困难,而且在植入过程中会损伤风电叶片壳体,通过将 Z-pin 植入泡沫预制体,使泡沫预制体起到导向的作用,方便将 Z-pin 植入,并降低植入过程中对风电叶片壳体的损伤。

[0014] 本发明具有能显著提高风电叶片上、下半壳体的连接强度与抗疲劳性能的优点。

附图说明

[0015] 图 1 为不含 Z-pin 增强风电叶片横截面示意图;

图 2 为 Z-pin 植入下半壳体与连接层下部分连接部分横截面的示意图;

图 3 为 Z-pin 植入上半壳体与连接层上部分连接部分横截面示意图

图 4 为 Z-pin 增强风电叶片横截面示意图。

具体实施方式

[0016] 以下结合附图对本发明的实施例作进一步详细描述。

[0017] 图 1 为现有技术中的不含 Z-pin 增强的帽型加筋壁板横截面示意图；

图 2 至图 4 所示为本发明的结构示意图。

[0018] 其中的附图标记为：风电叶片壳体 1、上半壳体 1a、下半壳体 1b、填充泡沫 2、连接层 3、Z-pin4、泡沫载体 5。

[0019] 第一实施例：如图 2 至 4 所示，

Z-pin 增强复合材料风电叶片的制造方法，包括以下步骤：

步骤一、通过拉挤工艺制备高性能 Z-pin4，根据预设的 Z-pin4 参数将 Z-pin4 植入泡沫载体 5 中，制成含 Z-pin 的泡沫预制体；

步骤二、用预浸料制备好复合材料连接层 3；

步骤三、在风电叶片模具中用预浸料铺覆上半壳体 1a 和下半壳体 1b，沿着下半壳体 1b 内侧的边缘放置预浸料连接层，使预浸料连接层的下半部分紧贴下半壳体 1b 内侧，连接层 3 的上半部分位于下半壳体 1b 的外侧；

步骤四、利用热压将含 Z-pin 的泡沫预制体压弯，使其与连接层 3 的下半部分贴合；如图 2 所示；

步骤五、将含 Z-pin 的泡沫预制体中的 Z-pin4 植入连接层 3 的下半部分与下半壳体 1b 中，使 Z-pin4 垂直贯穿连接层 3 的下半部分与下半壳体 1b 的连接面；

步骤六、除去泡沫载体 5 以及多余的 Z-pin；

步骤七、在下模具中浇注泡沫发泡料，然后合上上模具，使连接层 3 的上半部分置于上半壳体 1a 内侧，并锁紧；

步骤八、待发泡料发泡结束，取下上模具，连接层 3 的上半部分位于上半壳体 1a 内侧与新形成的填充泡沫 2 之间，利用填充泡沫 2 对风电叶片壳体 1 成形，将另一个含 Z-pin 的泡沫预制体压弯，与上半壳体 1a 外侧贴合；如图 3 所示；

步骤九、将另一个含 Z-pin 的泡沫预制体中的 Z-pin4 植入上半壳体 1a 与连接层 3 的上半部分中，使 Z-pin4 垂直贯穿上半壳体 1a 与连接层 3 的上半部分的连接面；

步骤十、除去另一个泡沫载体 5 和多余的 Z-pin，制成未固化的 Z-pin 增强复合材料风电叶片；如图 4 所示；

步骤十一：再合上上模具；未固化的 Z-pin 增强复合材料风电叶片固化。

[0020] 第二实施例：如图 2 至图 4 所示，

Z-pin 增强复合材料风电叶片的制造方法，包括以下步骤：

步骤一、通过拉挤工艺制备高性能 Z-pin4，根据预设的 Z-pin4 参数将 Z-pin4 植入泡沫载体 5 中，制成含 Z-pin 的泡沫预制体；

步骤二、用纤维布制备好复合材料连接层 3；

步骤三、在风电叶片模具中用纤维布铺覆上半壳体 1a 和下半壳体 1b，沿着下半壳体 1b 内侧的边缘放置纤维布连接层，使纤维布连接层的下半部分紧贴下半壳体 1b 内侧，连接层 3 的上半部分位于下半壳体 1b 的外侧；

步骤四、利用热压将含 Z-pin 的泡沫预制体压弯，使其与连接层 3 的下半部分贴合；如

图 2 所示；

步骤五、将含 Z-pin 的泡沫预制体中的 Z-pin4 植入连接层 3 的下半部分与下半壳体 1b 中，使 Z-pin4 垂直贯穿连接层 3 的下半部分与下半壳体 1b 的连接面；

步骤六、除去泡沫载体和多余的 Z-pin；

步骤七、在下模具中浇注泡沫发泡料，然后合上上模具，使连接层 3 的上半部分置于上半壳体 1a 内侧，并锁紧；

步骤八、待发泡料发泡结束，取下上模具，连接层 3 的上半部分位于上半壳体 1a 内侧与新形成的填充泡沫 2 之间，利用填充泡沫 2 对风电叶片壳体 1 成形，将另一个含 Z-pin 的泡沫预制体压弯，与上半壳体 1a 外侧贴合；如图 3 所示；

步骤九、将另一个含 Z-pin 的泡沫预制体中的 Z-pin4 植入上半壳体 1a 与连接层 3 的上半部分中，使 Z-pin4 垂直贯穿上半壳体 1a 与连接层 3 的上半部分的连接面；

步骤十、除去另一个泡沫载体 5 和多余的 Z-pin，使用树脂传递模塑工艺 (RTM) 或真空灌注工艺 (VARIM) 将树脂注入纤维布连接层中，制成未固化的 Z-pin 增强复合材料风电叶片；如图 4 所示；

步骤十一：再合上上模具；未固化的 Z-pin 增强复合材料风电叶片固化。

[0021] 以上仅是本发明的优选实施方式，本发明的保护范围并不局限于上述实施例，凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰，应视为本发明的保护范围。

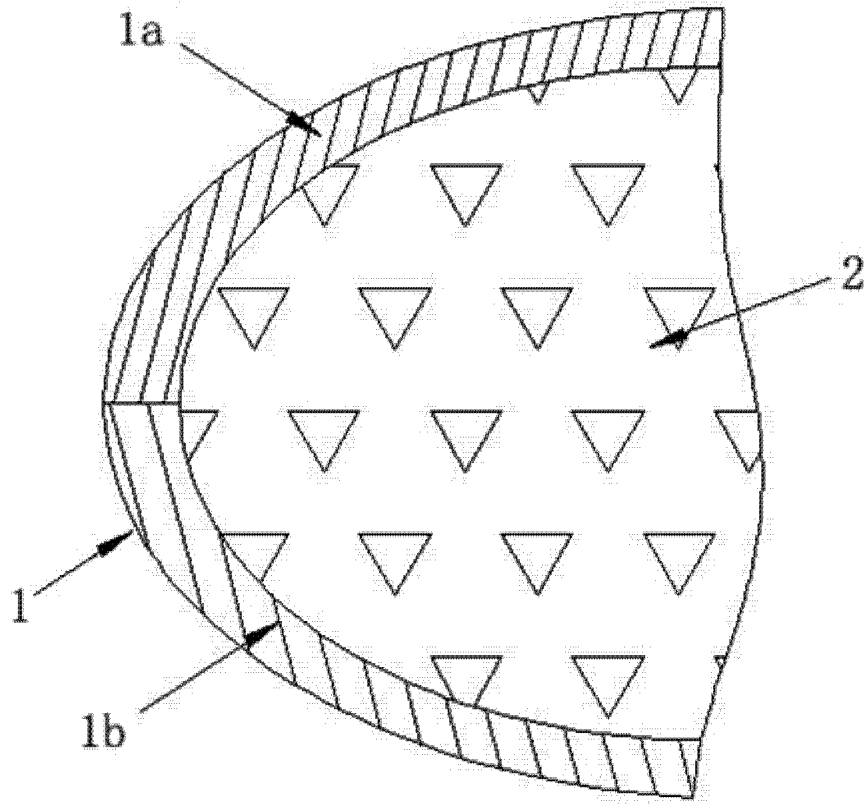


图 1

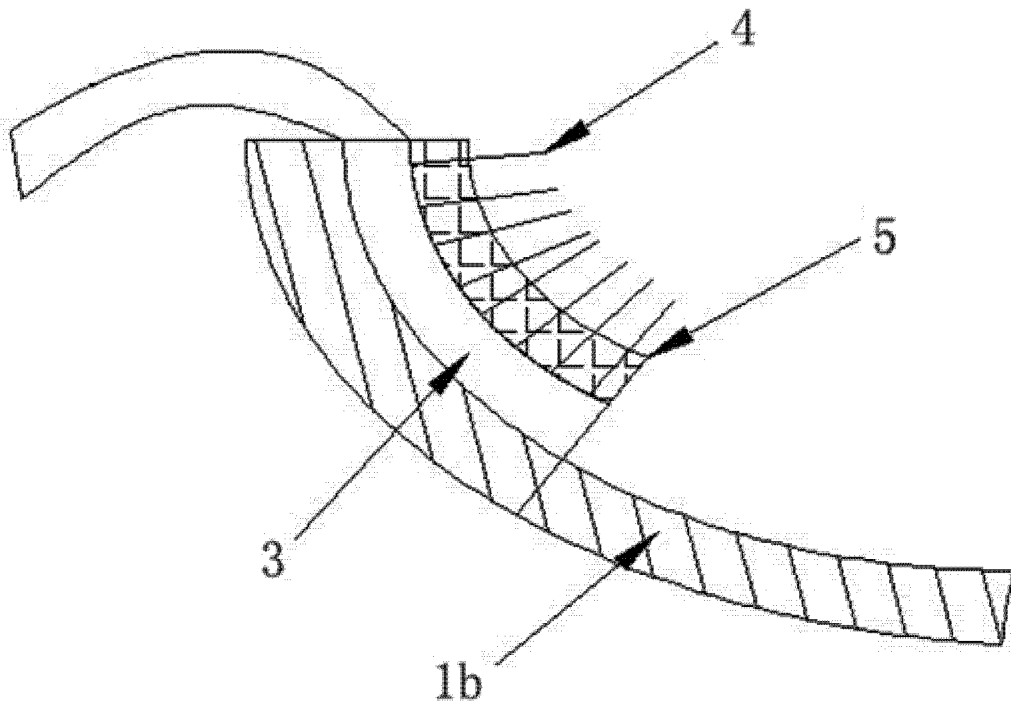


图 2

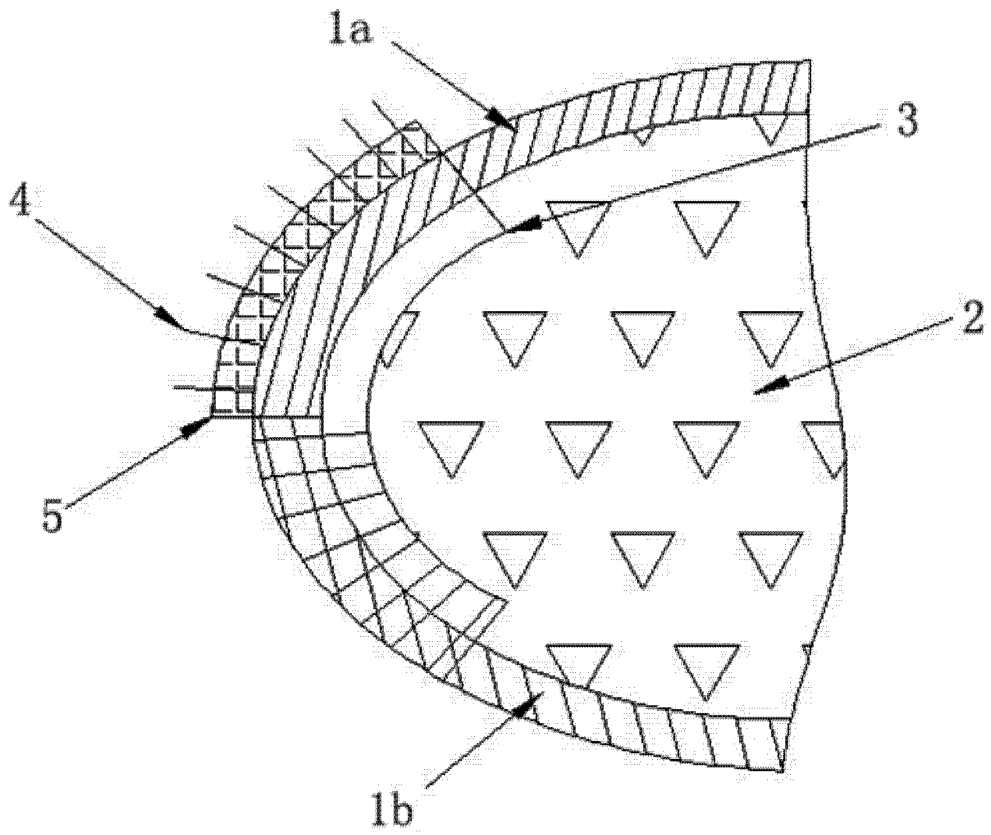


图 3

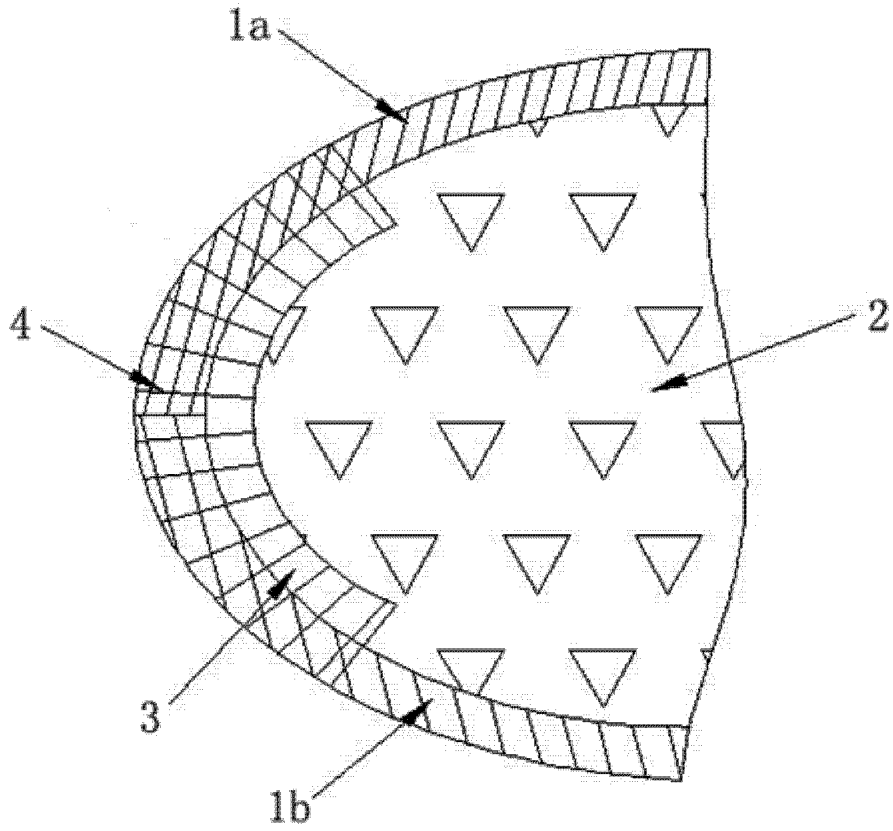


图 4