



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105690795 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 22

(21) 申请号 201610162391. 6

(22) 申请日 2016. 03. 21

(71) 申请人 航天材料及工艺研究所

地址 100076 北京市丰台区南大红门路 1 号

申请人 中国运载火箭技术研究院

(72) 发明人 沈登雄 张建宝 陈亮 赵文宇

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心

11009

代理人 陈鹏

(51) Int. Cl.

B29C 70/34(2006. 01)

B29C 70/54(2006. 01)

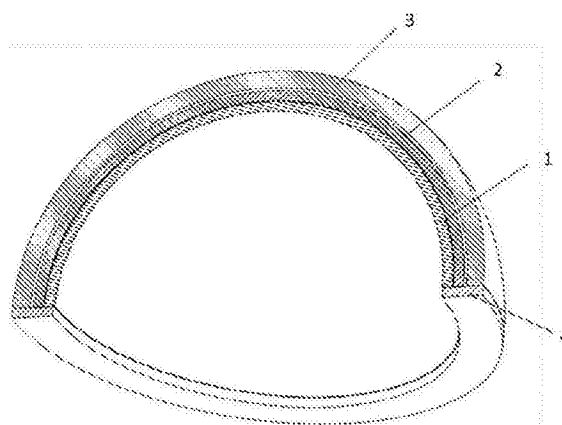
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具和方法

(57) 摘要

一种半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具和方法,模具包括芯模衬(1)、阳模(2)、外阴模(3)和对芯模衬(1)和外阴模(3)起支撑作用的下端压环(4);阳模(2)由分瓣模片拼接而成,包在芯模衬(1)外,阳模(2)外表面中部设有突起,突起之间形成筋槽;外阴模(3)包在阳模(2)外与突起的外表面的距离为1~5mm,外阴模(3)与阳模(2)在没有突起区域分别形成上端增厚区(5)和下端增厚区(8),所述成型方法利用所述模具制作半封闭复合材料构件,上端增厚区(5)和下端增厚区(8)用于铺预浸料从而形成端框,筋槽用于缠绕预浸丝从而形成加强筋。所述复合材料构件强度高,网格密实度高。



1. 一种半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具, 其特征在于, 包括芯模衬(1)、阳模(2)、外阴模(3)和下端压环(4); 芯模衬(1)、阳模(2)和外阴模(3)均为下端开口且向外突出的曲面壳体; 下端压环(4)为环形, 与芯模衬(1)的下端和外阴模(3)的下端相连接; 阳模(2)包在芯模衬(1)外, 阳模(2)内表面与芯模衬(1)外表面贴合, 阳模(2)外表面上设有沿经向和纬向排列的阵列突起, 突起之间的缝隙连成筋槽, 所述筋槽包括沿经向的纵向筋槽(7)和沿纬向的环向筋槽(6), 所述阳模(2)由2片及以上分瓣模片拼接而成; 外阴模(3)包在阳模(2)外, 与阳模(2)不接触; 外阴模(3)与阳模(2)在阵列突起的两端分别形成上端增厚区(5)和下端增厚区(8)。

2. 一种如权利要求1所述的半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具, 其特征在于, 所述突起在阳模(2)外表面 $a^{\circ} \sim b^{\circ}$ 纬线之间, 所述 a 为 $20 \sim 30$, 所述 b 为 $70 \sim 85$ 。

3. 一种如权利要求1所述的半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具, 其特征在于, 所述曲面壳体为半球形壳体或者半椭球形壳体。

4. 一种如权利要求1至3之一所述的半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具, 其特征在于, 所述阳模(2)为硅橡胶材料。

5. 一种如权利要求1至3之一所述的半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具, 其特征在于, 所述突起为梯形六面体, 所述筋槽的截面为倒梯形。

6. 一种如权利要求1至3之一所述的半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具, 其特征在于, 所述筋槽的深度为 $5 \sim 10\text{mm}$ 。

7. 一种利用如权利要求1或2或3所述的模具进行半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型的方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

S1、将所述芯模衬(1)的下端固定在下端压环(4)上;

S2、将阳模(2)的各分瓣模片包在芯模衬(1)外;

S3、在上端增厚区(5)和下端增厚区(8)分别铺放一层预浸料, 形成上端框和下端框;

S4、分别绕纵向筋槽(7)和环向筋槽(6)缠绕铺放一层预浸丝, 形成网状的加强筋;

S5、重复步骤S3和步骤S4, 直至铺层的厚度与突起的高度平齐;

S6、对预浸丝和预浸料进行吸胶预压实处理;

S7、在阳模(2)表面铺放蒙皮, 蒙皮厚度满足使蒙皮填充在阳模(2)和外阴模(3)之间;

S8、对步骤S7所铺完蒙皮后的模具进行吸胶预压实处理;

S9、将外阴模(3)包在蒙皮外表面, 下端固定在下端压环(4)上, 用热压罐固化工艺实现对预浸丝、预浸料和蒙皮的共固化;

S10、依次拆除外阴模(3)、下端压环(4); 再将芯模衬(1)拔出, 将分瓣模片向内部拔出, 得到复合材料成型结构件。

8. 一种如权利要求7所述的半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型的方法, 其特征在于, 所述步骤S5中, 当铺层厚度为突起高度 $1/2$ 或 $2/3$ 时, 还对预浸丝和预浸料进行吸胶预压实处理。

9. 一种如权利要求7所述的半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型的方法, 其特征在于, 所述步骤S6或步骤S8中所述吸胶处理的吸胶温度为 $50 \sim 90^{\circ}\text{C}$, 升温速率为 $10 \sim 50^{\circ}\text{C/h}$, 吸胶压力为 $0.2 \sim 0.8\text{MPa}$, 吸胶时间为 $30 \sim 90\text{min}$ 。

10. 一种如权利要求7所述的半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型的方法, 其特征在

于,所述步骤S9中最终固化温度为100~200℃,升温速率为10~50℃/h,固化压力为0.5~1.0MPa,固化时间为10~15h。

一种半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种成型模具和方法,特别是涉及一种网格蒙皮结构复合材料成型模具和方法。

背景技术

[0002] 网格结构复合材料具有良好的几何拓扑优化性、结构承载力高、结构抗屈曲能力强、高比强度和比刚度等特点,显示出无可比拟的应用前景,在航空航天领域得到广泛地关注与应用。

[0003] 国外对网格结构的研究较早,CRISMB于1981年制造了俄罗斯第一个复合材料网格结构实验级间件,该筒体直径为1.3m,长1.4m。经过几年的发展,成功研制了直径为4.2m,长度为8m的航天用圆筒网格结构制品。美国空军试验室在弹道导弹防御组织的联合试验计划中对成功地网格加筋结构整流罩进行了设计、制造和飞行试验,此整流罩比铝质整流罩轻60%。日本国家宇航开发事业团将碳纤维增强的三角形网格圆筒应用与H-2运载火箭的第三级结构。

[0004] 国内对复合材料网格结构的研究起步晚,与俄罗斯、美国等航天大国相比,技术和工艺上均不够成熟。航天材料及工艺研究所采用手工铺设的方式相继研制出具有蒙皮-网格结构的构件,西安航天复合材料研究所采用缠绕网格成型工艺成功研制了多种带蒙皮和不带蒙皮的网格复合材料筒形件。哈尔滨玻璃钢研究院、国防科技大学也进行了大量研究工作,并取得初步成功。

[0005] 以上研究中的复合材料件的结构特点是圆柱筒形,这种圆筒形复合材料结构件的蒙皮具有可展开的特点,筋条的成型方法通常是纵向筋条和环向筋条的缠绕。而对于蒙皮非可展的半封闭腔体空间曲面网格结构件、具有经向和纬向的筋条以及带有端框增厚区的结构件则无法成型。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是:克服现有技术不足,提供一种对蒙皮非可展的半封闭腔体空间曲面网格结构件成型的模具和方法,该模具和方法制作的结构件具有经向和纬向的筋条以及端框增厚区,强度高,网格密实度高。

[0007] 本发明所采用的技术方案是:

[0008] 一种半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具,包括芯模衬、阳模、外阴模和下端压环;芯模衬、阳模和外阴模均为下端开口且向外突出的曲面壳体;下端压环为环形,与芯模衬的下端和外阴模的下端相连接;阳模包在芯模衬外,阳模内表面与芯模衬外表面贴合,阳模外表面上设有沿经向和纬向排列的阵列突起,突起之间的缝隙连成筋槽,所述筋槽包括沿经向的纵向筋槽和沿纬向的环向筋槽,所述阳模由2片及以上分瓣模片拼接而成;外阴模包在阳模外,与阳模不接触;外阴模与阳模在阵列突起的两端分别形成上端增厚区和下端增厚区。

- [0009] 所述突起在阳模外表面 $a^{\circ} \sim b^{\circ}$ 纬线之间,所述 a 为 $20 \sim 30$,所述 b 为 $70 \sim 85$ 。
- [0010] 所述曲面壳体为半球形壳体或者半椭球形壳体。
- [0011] 所述阳模为硅橡胶材料。
- [0012] 所述突起为梯形六面体,所述筋槽的截面为倒梯形。
- [0013] 所述筋槽的深度为 $5 \sim 10\text{mm}$ 。
- [0014] 一种利用前述模具进行半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型的方法,包括以下步骤:
- [0015] S1、将所述芯模衬的下端固定在下端压环上;
- [0016] S2、将阳模的各分瓣模片包在芯模衬外;
- [0017] S3、在上端增厚区和下端增厚区分别铺放一层预浸料,形成上端框和下端框;
- [0018] S4、分别绕纵向筋槽和环向筋槽缠绕铺放一层预浸丝,形成网状的加强筋;
- [0019] S5、重复步骤S3和步骤S4,直至铺层的厚度与突起的高度平齐;
- [0020] S6、对预浸丝和预浸料进行吸胶预压实处理;
- [0021] S7、在阳模表面铺放蒙皮,蒙皮厚度满足使蒙皮填充在阳模和外阴模之间;
- [0022] S8、对步骤S7所铺完蒙皮后的模具进行吸胶预压实处理;
- [0023] S9、将外阴模包在蒙皮外表面,下端固定在下端压环上,用热压罐固化工艺实现对预浸丝、预浸料和蒙皮的共固化;
- [0024] S10、依次拆除外阴模、下端压环;再将芯模衬拔出,将分瓣模片向内部拔出,得到复合材料成型结构件。
- [0025] 所述步骤S5中,当铺层厚度为突起高度 $1/2$ 或 $2/3$ 时,还对预浸丝和预浸料进行吸胶预压实处理。
- [0026] 所述步骤S6或步骤S8中所述吸胶处理的吸胶温度为 $50 \sim 90^{\circ}\text{C}$,升温速率为 $10 \sim 50^{\circ}\text{C/h}$,吸胶压力为 $0.2 \sim 0.8\text{MPa}$,吸胶时间为 $30 \sim 90\text{min}$ 。
- [0027] 所述步骤S9中最终固化温度为 $100 \sim 200^{\circ}\text{C}$,升温速率为 $10 \sim 50^{\circ}\text{C/h}$,固化压力为 $0.5 \sim 1.0\text{MPa}$,固化时间为 $10 \sim 15\text{h}$ 。
- [0028] 本发明与现有技术相比的优点在于:
- [0029] 1)本发明所述的半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具,所述的阳模设有上端增厚区和下端增厚区,有利于实现半封闭腔体端框的铺层。本发明适用制作一种半封闭结构网格蒙皮结构复合材料结构件,制成的构件具有半封闭腔体端框、非可展蒙皮。该结构特点使其具备良好的抗损伤能力,对缺陷不敏感,重量轻,强度高,对结构破坏具有延性特征,结构的抗冲击能力强,通过引入功能性的材料,可作为能量吸收装置。这类型的结构形式在变截面的曲面承载容器、具有空间变曲率的运载火箭的减震装置,以及有效载荷接管等方面具有广泛的应用前景。
- [0030] 2)所用的阳模为硅橡胶分瓣模,可以有效地解决腔体小网格的固定和加工问题;硅橡胶分瓣模的大膨胀系数有利于半封闭腔体构件在常温下的脱模;硅橡胶的柔软和易变性的特性,能够有效地解决对网格加筋结构筋条压力的施加及脱模问题,利用硅橡胶模传递压力吸胶,有效地保证了网格筋条的含胶量和密度,确保了半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料结构件中具有较高的纤维体积含量和较低的孔隙率,产品网格密实度高,不易产生缺陷。

[0031] 3)本发明所述的半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型方法中网格筋条采用缠绕成型,缠绕成型中的张力有效地约束硅橡胶对网格结构复合材料产生的压力,网格将强筋和端框的交替铺放可实现半封闭腔体端框增厚区的铺层及网格加强筋和端框过渡的问题。

[0032] 4)针对传统的手工铺层难以保证其成型空间不可展形面等厚度成型的问题,本发明所述的半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型方法可以有效地解决半封闭腔体端框、非可展蒙皮对外形面精度和铺层厚度高精度要求的问题。

附图说明

[0033] 图1半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具剖面图;

[0034] 图2上段分瓣模片;

[0035] 图3下段分瓣模片;

[0036] 图4半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型工艺示意图;

[0037] 图5上端增厚区铺层与筋条缠绕循环交替铺层示意图;

[0038] 图6下端增厚区铺层与筋条缠绕循环交替铺层示意图;

[0039] 图7吸胶、固化包封示意图。

具体实施方式

[0040] 如图1所示,一种半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型模具,包括芯模衬1、阳模2、外阴模3和下端压环4。芯模衬1为与所要制作的半封闭腔体构件形状一致的下端开口且向外突出的曲面壳体,如半球壳体或半椭球壳体。本实施例中为半球形壳体,阳模2包在芯模衬1外,阳模2内表面与芯模衬1外表面贴合。阳模2包括8片分瓣模片,所有分瓣模片拼接成一个半球壳体;本实施例中沿经线分为4部分,沿纬线分为2部分。阳模2在纬线 $a^{\circ} \sim b^{\circ}$ 之间设有突起, a 为 $20 \sim 30$, b 为 $70 \sim 85$,突起之间形成筋槽,筋槽包括沿经向的纵向筋槽7和纬向的环向筋槽6。突起可以为梯形六面体,筋槽的截面可以为倒梯形,筋槽的深度为 $5 \sim 10\text{mm}$ 。外阴模3为半球壳体,包在阳模2外,外阴模3的内表面与阳模2的外表面的距离为 $1 \sim 5\text{mm}$ 。外阴模3与阳模2在没有突起的半球壳体顶部区域形成上端增厚区5,没有突起的半球壳体最大圆周周围形成下端增厚区8,上端增厚区5和下端增厚区8用于铺预浸料从而形成端框,分别是上端框和下端框,筋槽用于缠绕预浸丝从而形成加强筋,加强筋包括纵向筋槽7处形成的径向加强筋和环向筋槽6处形成的纬向加强筋。所述纬线是绕曲面壳体一周、长度不等的圆圈,纬线的所在平面与下端开口平行。所述经线是与纬线垂直、从曲面壳体顶端延伸至下端开口处的线。纬线度数的定义可参照地球纬线度数的定义,下端开口处的纬线为 0° ,顶端的纬线为一个点,为 90° 纬线。半球壳体的经线和纬线分别和地球的经线和纬线相同。

[0041] 下端压环4为圆环形,模衬1和外阴模3的最大圆周固定在下端压环4上,下端压环4对芯模衬1和外阴模3起支撑作用。芯模衬1为钢,也可以为其他金属材料,阳模2为硅橡胶材料,外阴模3为铝,也可以为其他金属材料。

[0042] 阳模2在纬线上至少被分为2部分,在经线上至少被分为4部分。本实施例中,阳模2在纬向上分为上段分瓣模片和下段分瓣模片;经向上被分为4瓣。如图2和图3所示,均为分

瓣模片。图2为上段分瓣模片的一部分,图3为下段分瓣模片的一部分。上段分瓣模片的上部设有上端增厚区5,上段分瓣模片的下部设有下端增厚区8。所述突起的四个角处设有倒角,易于脱模和减小应力,倒角半径的计算公式:

$$[0043] \quad R = \sqrt{\frac{A \times B}{4 - \pi}}$$

[0044] 其中,R为倒角的半径;A为突起的纬向长度;B为经向长度。

[0045] 如图4所示,一种半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料成型方法,成型方法按如下步骤依次进行:

[0046] S1、将芯模衬1固定在下端压环4上;

[0047] S2、将阳模2的分瓣模片包在芯模衬1外;

[0048] S3、在上端增厚区5和下端增厚区8分别铺放预浸料;采用双局部坐标系铺放半封闭腔体端框,每次铺0.13~0.2mm。

[0049] S4、绕筋槽沿纬向和经向缠绕预浸丝,形成网状的加强筋;本事示例中,缠绕时取1~3根预浸丝,先依次缠绕各经向加强筋,然后再缠绕纬向加强筋。经向加强筋的缠绕方式可以为从最上部的突起沿纵向筋槽7缠绕至最下部的突起,然后再沿相邻的纵向筋槽7绕回最上部的突起。

[0050] 预浸丝可以为碳纤维材料。预浸丝缠绕根数采用如下公式进行计算: $n = S \times \rho \times m_f / \rho_f$,其中,n为碳纤维预浸丝总根数;S为筋槽的截面积; ρ 为预浸料固化后的密度; m_f 为预浸料中纤维或织物的重量百分比含量; ρ_f 为预浸丝线密度。

[0051] S5、重复步骤S3和步骤S4,直至铺层的厚度与突起的高度平齐。上端增厚区铺层9和筋条缠绕10的交替进行如图5所示,下端增厚区铺层11与筋条缠绕10的交替进行如图6所示。上端增厚区铺层9、筋条缠绕10和下端增厚区铺层11将分别形成上端框、加强筋和下端框。

[0052] S6、对步骤S3和步骤S4所得缠绕完的碳纤维预浸丝和铺层完的预浸料进行1~4次吸胶预压实处理,优选2~3次。在重复步骤S3和步骤S4的过程中,也可以对预浸丝和预浸料进行吸胶预压实处理。如当铺层厚度分别达到突起高度的1/2、2/3和突起高度时,对预浸丝和预浸料进行吸胶预压实处理。吸胶处理时先裁好硅橡胶条,置于筋条中;在增厚区放置4~6mm厚的硅橡胶片,硅橡胶的厚度优选5~6mm,向硅橡胶片施加径向压力,在筋条和增厚区处放1~2张滤纸,用于吸取预浸料中多余的树脂。模具用真空袋包封,如图7所示,抽真空,从外侧真空袋施加吸胶压力,升温吸胶,排除多余的挥发份,挥发份为树脂的溶剂。加强筋的吸胶温度控制在50~90℃范围内,优选60~80℃;升温速率控制在10~50℃/h范围内,优选10~30℃/h;吸胶压力控制在0.2~0.8MPa范围内,优选0.4~0.6MPa;吸胶时间控制在30~90min内,优选30~40min。

[0053] S7、在步骤6经过吸胶压实处理后的阳模2表面铺放蒙皮。蒙皮的预浸料用变形量分析实现对非可展等厚度蒙皮的展开,蒙皮的铺层采用铺层方式。

[0054] S8、对步骤7所铺完蒙皮后的模具进行1~3次吸胶预压实处理,优选1~2次,吸胶处理时将模具用真空袋包封,如图7所示,抽真空,从外侧对真空袋施加吸胶压力,升温吸胶,排除多余的挥发份和压实铺放的蒙皮。蒙皮厚度为1~5mm。蒙皮的吸胶温度控制在50~90℃范围内,优选60~80℃;升温速率控制在10~50℃/h范围内,优选10~30℃/h;吸胶压

力控制在0.2~0.8MPa范围内,优选0.4~0.6MPa;吸胶时间控制在30~90min内,优选30~40min。

[0055] S9、将外阴模3包在蒙皮外表面,下端固定在下端压环4上。模具用真空袋包封,如图7所示,抽真空,从外侧对真空袋施加固化压力,升温固化,即用热压罐固化工工艺实现对网格-蒙皮整体共固化。

[0056] 最终固化温度控制在100~200℃范围内,优选100~170℃;升温速率控制在10~50℃/h范围内,优选10~30℃/h;固化压力控制在0.5~1.0MPa范围内,优选0.5~0.8MPa;固化时间控制在10~15h内,优选10~12h。

[0057] S10、根据步骤9所得固化后的模具翻转,使其开口向上,依次拆除外阴模3、下端压环4;再将芯模衬1向上拔出,将分瓣模片向内部拔出,得到半封闭腔体网格蒙皮结构复合材料结构件。

[0058] 本发明未详细说明部分属于本领域技术人员公知技术。

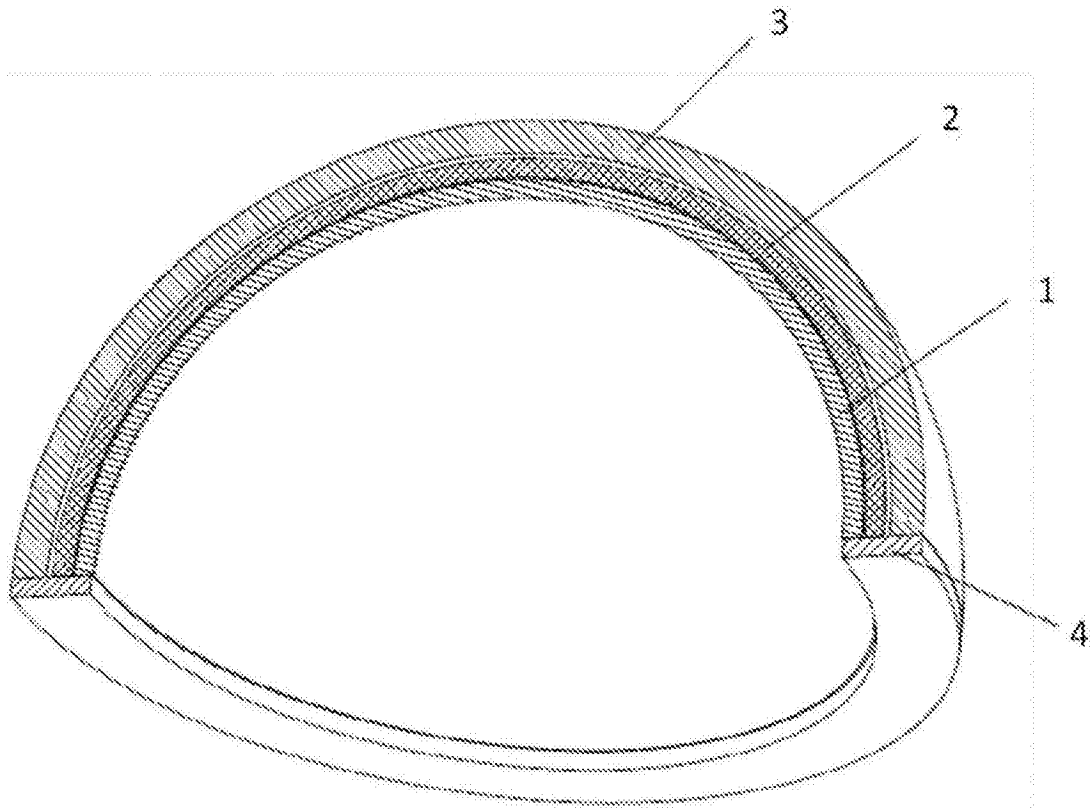


图1

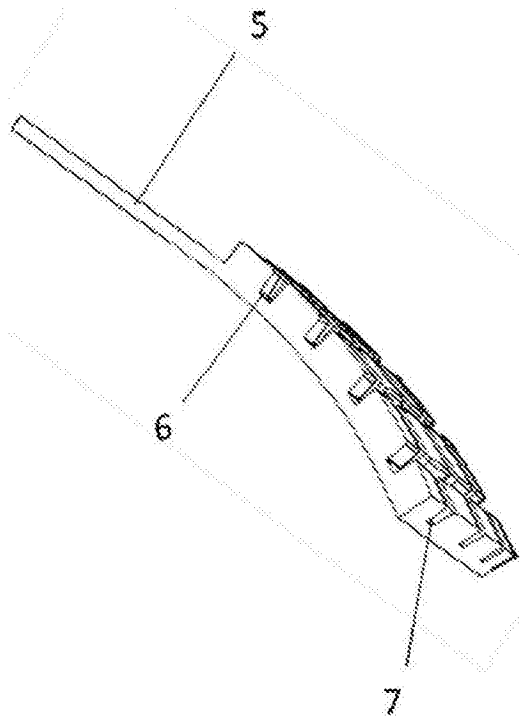


图2

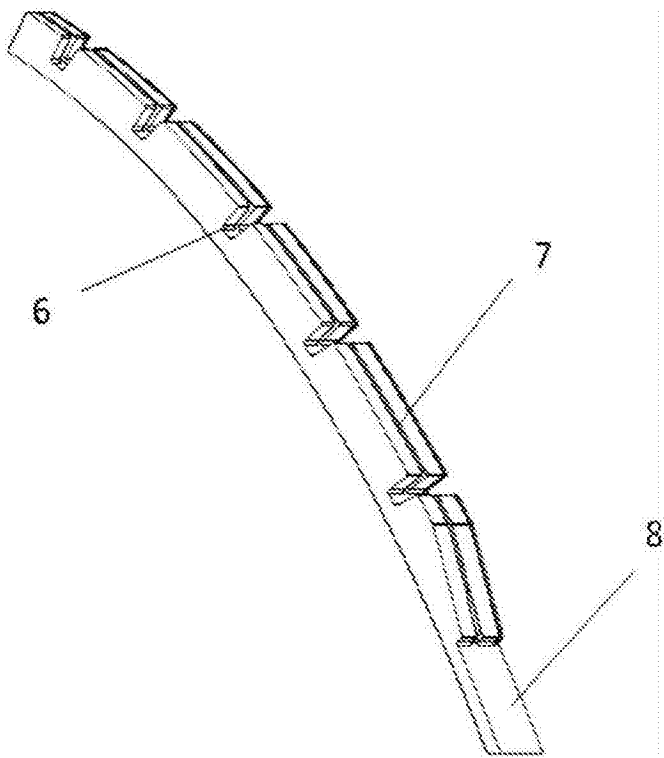


图3

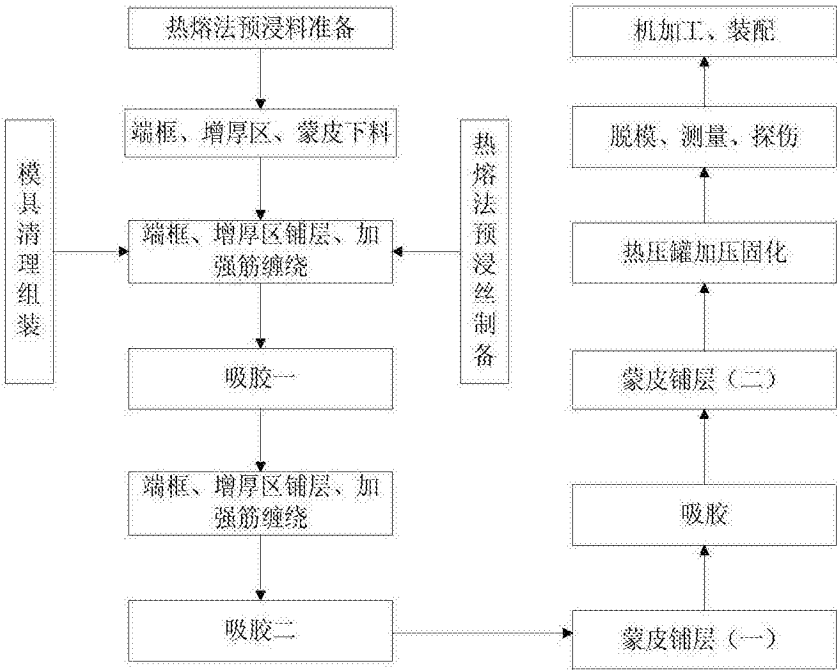


图4

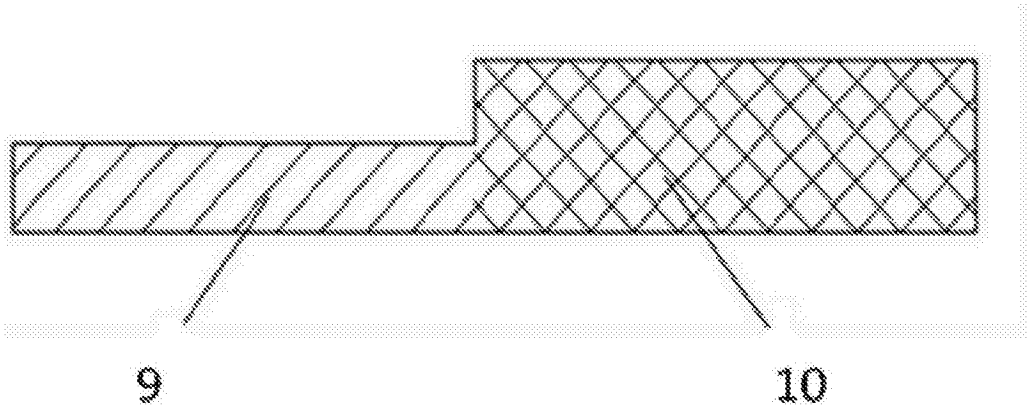


图5

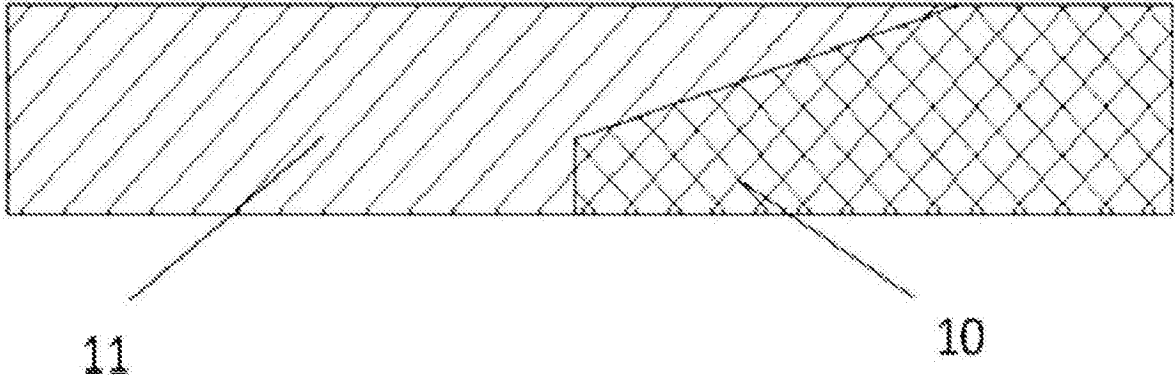


图6

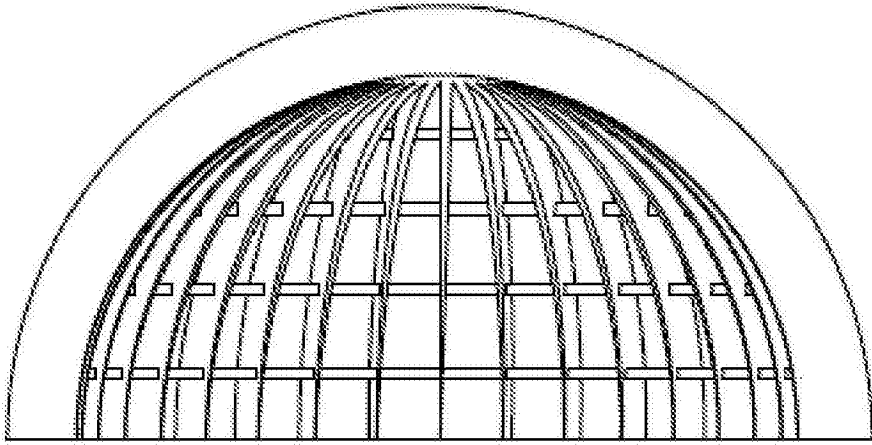


图7