



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111633955 B

(45) 授权公告日 2021.05.07

(21) 申请号 202010434008.4

B29C 51/26 (2006.01)

(22) 申请日 2020.05.21

B29C 51/36 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B29C 51/38 (2006.01)

申请公布号 CN 111633955 A

B21D 31/00 (2006.01)

B21D 37/00 (2006.01)

(43) 申请公布日 2020.09.08

B21D 37/10 (2006.01)

(73) 专利权人 西安交通大学

(56) 对比文件

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

CN 104647777 A, 2015.05.27

CN 109624273 A, 2019.04.16

(72) 发明人 张琦 罗伟 徐宏图 韩宾
段文杰 鱼在池

CN 1836054 A, 2006.09.20

US 2018222107 A1, 2018.08.09

(74) 专利代理机构 西安智大知识产权代理事务所 61215

JP H0732087 A, 1995.02.03

CN 110877074 A, 2020.03.13

代理人 贺建斌

审查员 赵静静

(51) Int. Cl.

B29C 51/10 (2006.01)

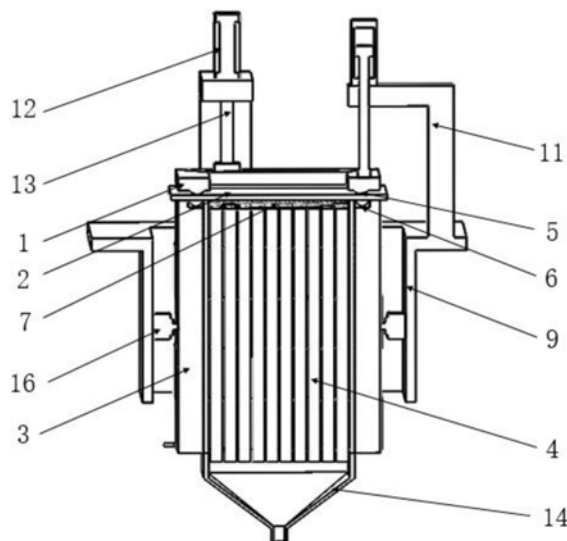
权利要求书3页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

一种热塑性材料柔性成形装置及方法

(57) 摘要

一种热塑性材料柔性成形装置,包括多点柔性模具、锁紧装置和柔性压边系统,多点柔性模具内嵌于锁紧装置中,在锁紧装置上安装有柔性压边系统;多点柔性模具包括四块压板连接形成的方形框,方形框内设有密封用耐高温橡胶,密封用耐高温橡胶内设有由碳纤维丝穿插形成多组正方形格,正方形格内安装有基本单元体,碳纤维丝端头用线卡固定在压板上;锁紧装置包括外框,外框的内侧固定有锁紧液压缸,输出轴与压板接触;柔性压边系统包括固定在外框上的立柱,立柱上固定有压边液压缸,其活塞通过压边圈与板材贴合,板材放置于压板上,压板上内嵌有储油环槽;本发明能够对成形过程进行实时精确控制,具有大批量生产成本低,周期短、柔性好的优点。



1. 一种热塑性材料柔性成形装置,其特征在于:包括多点柔性模具、锁紧装置和柔性压边系统,多点柔性模具内嵌于锁紧装置中,在锁紧装置上安装有柔性压边系统;

所述的多点柔性模具包括压板(3),压板(3)一共有四块,分别为左压板(3-1)、右压板(3-2)、上压板(3-3)、下压板(3-4),四块压板形成一个方形框,方形框内设有密封用耐高温橡胶(14),密封用耐高温橡胶(14)内设有由碳纤维丝(17)穿插形成多组正方形格,正方形格内安装有截面为正方形的基本单元体(4),碳纤维丝(17)端头用线卡(18)固定在压板(3)上;

所述的锁紧装置包括外框(9),外框(9)的内侧面上固定有锁紧液压缸(16),锁紧液压缸(16)输出轴与压板(3)外侧接触,锁紧液压缸(16)通过锁紧液压控制回路控制,在外框(9)外侧面上固定L形板(10);

所述的柔性压边系统包括立柱(11),立柱(11)下端固定在外框(9)上,立柱(11)上端固定有压边液压缸(12),压边液压缸(12)的液压缸活塞(13)和压边圈(1)上端面贴合,压边圈(1)下端面固连压边凸缘(5),压边凸缘(5)弧面与板材(2)贴合,板材(2)放置于压板(3)上,压板(3)上内嵌有储油环槽(6),储油环槽(6)内侧面与密封用耐高温橡胶(14)贴合,压边液压缸(12)由压边液压控制回路控制。

2. 根据权利要求1所述的一种热塑性材料柔性成形装置,其特征在于:所述的左压板(3-1)、右压板(3-2)和上压板(3-3)的主体形状均为长方体,下压板(3-4)截面为“凸”形,四块压板长度方向尺寸相同且两端面齐平;初始状态下,四块压板通过锁紧螺栓(19)固连在一起,形成一个方形框,方形框外侧面开有一系列按规律排布的小通孔,碳纤维丝(17)从通孔中穿过,方形框内侧面与密封用耐高温橡胶(14)贴合,形成一个密封的内腔。

3. 根据权利要求1所述的一种热塑性材料柔性成形装置,其特征在于:所述的碳纤维丝(17)是直径小于1mm的高强度碳纤维细丝,按照其分布方向分为上下压板用碳纤维丝(17-1)和左右压板用碳纤维丝(17-2)两组,上下压板用碳纤维丝(17-1)从上压板穿入,下压板穿出,左右压板用碳纤维丝(17-2)从左压板穿入,右压板穿出,在左右或上下压板之间连续穿插多次,在密封用耐高温橡胶(14)内部穿插形成多组正方形格,上下和左右穿插的两组碳纤维丝在正方形格处相切接触,方格边长与基本单元体(4)边长相等,碳纤维丝拉紧后两端用线卡(18)固定在压板上。

4. 根据权利要求1所述的一种热塑性材料柔性成形装置,其特征在于:所述的基本单元体(4)是截面为正方形的长方体,在截面中心有圆形通孔,长方体的边长小于5mm,基本单元体(4)靠近板材(2)一侧的端面安装有压力传感器,用以监测型腔(7)内的压力和每一个基本单元体(4)承受的轴向压力,基本单元体(4)安装在碳纤维丝(17)构成的正方形方格中,能够沿其内部通孔轴线移动。

5. 根据权利要求1所述的一种热塑性材料柔性成形装置,其特征在于:所述的密封用耐高温橡胶(14)靠近板材(2)的一端为“回”形中空结构,远离板材(2)一端为喇叭口形状,侧面开有让碳纤维丝(17)穿过的小通孔。

6. 根据权利要求1所述的一种热塑性材料柔性成形装置,其特征在于:所述的外框(9)为中空帽子形状,靠近板材(2)一端为“帽檐”,另一端为“回”形;锁紧液压缸(16)共四个,第一锁紧液压缸(16-1)输出轴与左压板(3-1)接触,第二锁紧液压缸(16-2)输出轴与右压板(3-2)接触,第三锁紧液压缸(16-3)输出轴与上压板(3-3)接触,第四锁紧液压缸(16-4)出

轴与下压板(3-4)接触,四个锁紧液压缸输出轴均处于对应压板(3)的中央。

7. 根据权利要求1所述的一种热塑性材料柔性成形装置,其特征在于:所述的压板(3)靠近板材(2)一侧有矩形槽,四块压板的矩形槽连接形成一个环槽,环槽内安装有储油环槽(6)。

8. 根据权利要求1所述的一种热塑性材料柔性成形装置,其特征在于:所述的立柱(11)为倒立的“L”形,分别装在外框(9)“帽檐”端面的左侧,右侧和后侧中央,左右侧两根立柱关于后侧中央立柱对称。

9. 根据权利要求1所述的一种热塑性材料柔性成形装置,其特征在于:所述的储油环槽(6)为正方形环形,截面为“凹”形,中间凹处为弧形,其弧度略小于压边凸缘(5)的弧度,储油环槽(6)安装在压板(3)靠近板材(2)一侧的端面槽内,储油环槽(6)的凹槽处与压边凸缘(5)的弧对称面重合。

10. 基于权利要求1所述的一种热塑性材料柔性成形装置的成形方法,包括以下步骤:

第一步:针对需要成形的三维曲面,通过逆向工程手段获取需要成形零件的三维信息,并使用计算软件计算出每一个基本单元体(4)应该调整的高度;

第二步:初步组装多点柔性模具,首先将密封用耐高温橡胶(14)放到下压板(3-4)上顶面上,将左压板(3-1)和右压板(3-2)安装到下压板(3-4)上,将上压板(3-3)固定在左压板(3-1)和右压板(3-2)上,四块压板构成一个方形框,此时密封用耐高温橡胶(14)处于原始无压缩状态,且四块压板构成的内框与密封用耐高温橡胶(14)的外框面贴合,通过锁紧螺栓(19)连接使得四块压板的相对位置固定;在左压板(3-1)和右压板(3-2),上压板(3-3)和下压板(3-4)之间穿插碳纤维丝(17),碳纤维丝两端用线卡(18)固定在压板(3)上;碳纤维丝构成多组正方形格,将基本单元体(4)插进正方形格中,且所有基本单元体(4)在远离板材(2)一侧齐平;

第三步:模具调形,使用调形装置将中空的基本单元体(4)从靠近板材(2)一侧自动调整到相应位置,使中空的基本单元体(4)群的有压力传感器一侧包络出需要成形的曲面,从而形成特定形状型腔(7);使用锁紧联动液压控制回路给四个锁紧液压缸(16)充相同压力的液体,使四块压板(3)向中间移动并压缩密封用耐高温橡胶(14),调整好的基本单元体(4)保持形状;通过L形板(10)将多点柔性模具固定在成形试验台上;

第四步:模具锁紧,将储油环槽(6)安装到多点柔性模具上,将调整好的多点柔性模具安装到锁紧装置上,放松一侧碳纤维丝的线卡(18),使用锁紧联动液压控制回路给四个锁紧液压缸(16)充相同压力的液体,使四块压板(3)向中间移动并压紧密封用耐高温橡胶(14),从而使得基本单元体(4)群在压板(3)间接作用下锁紧;

第五步:放入板材(2),并压边密封,在储油环槽(6)内倒入耐高温密封油,使其在高温压边时与板材(2)接触实现密封;将板材(2)放到调整好型面的多点柔性模具上,使其与压板(3)上端,储油环槽(6)上端,密封用耐高温橡胶(14)上端贴合;放入压边圈(1),使压边凸缘(5)与板材(2)的上端贴合,同时使储油环槽(6)的凹槽处与压边凸缘(5)的弧对称面重合;使用压边联动液压回路控制三个压边液压缸(12)内的压力始终保持一致,充液使液压缸活塞(13)与压板(3)上端面接触;

第六步:板材成形,给板材(2)加热使其温度升高到可成形温度区间;从密封用耐高温橡胶(14)的喇叭口处抽气,使靠近板材(2)一侧的多点柔性模具调形成的型腔(7)内保持一

定负压,高温的板材(2)在外侧大气压作用下贴在基本单元体(4)群的包络面上,完成板材(2)的成形,同时通过监测每一个基本单元体(4)所承受的压力与型腔(7)内的负压压力值对成形过程进行闭环控制和实时调整型腔内的负压和压边压力;成形完成后冷却保压,释放压边液压缸(12)内的压力,取出压边圈(1),取出成形件,流程结束。

一种热塑性材料柔性成形装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及柔性成形技术领域,具体涉及一种热塑性材料柔性成形装置及方法。

背景技术

[0002] 塑料件在日常生活中被广泛使用,传统塑料加工成型方法主要有挤出、注塑、压延、吹塑、模压、吸塑、热成型等,但普遍存在着小批量生产成本高,样品试制成本高、周期长、柔性差等缺点。

[0003] 柔性制造是制造业的发展趋势,其中“无模多点成形技术”是将柔性成形技术和计算机技术集合为一体的先进制造技术,是板料三维曲面数字化成形技术。

[0004] 将多点成形技术应用于热塑性材料的柔性成形是一种新型成形技术,它具有成本低、柔性高、成形周期短、精度高等优点,有望被应用于医疗、汽车、航空航天和机械制造等领域。

发明内容

[0005] 为了克服上述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种热塑性材料柔性成形装置及方法,具有大批量生产成本低,样品试制成本低、周期短、柔性好的优点,可广泛应用于热塑性材料(如PEEK、ABS等)的柔性加工。

[0006] 为了达到上述目的,本发明采取的技术方案为:

[0007] 一种热塑性材料柔性成形装置,包括多点柔性模具、锁紧装置和柔性压边系统,多点柔性模具内嵌于锁紧装置中,在锁紧装置上安装有柔性压边系统;

[0008] 所述的多点柔性模具包括压板3,压板3一共有四块,分别为左压板3-1、右压板3-2、上压板3-3、下压板3-4,四块压板形成一个方形框,方形框内设有密封用耐高温橡胶14,密封用耐高温橡胶14内设有由碳纤维丝17穿插形成多组正方形格,正方形格内安装有基本单元体4,碳纤维丝17端头用线卡18固定在压板3上;

[0009] 所述的锁紧装置包括外框9,外框9的内侧面上固定有锁紧液压缸16,锁紧液压缸16输出轴与压板3外侧接触,锁紧液压缸16通过锁紧液压控制回路控制,在外框9外侧面上固定L形板10;

[0010] 所述的柔性压边系统包括立柱11,立柱11下端固定在外框9上,立柱11上端固定有压边液压缸12,压边液压缸12的液压缸活塞13和压边圈1上端面贴合,压边圈1下端面固连压边凸缘5,压边凸缘5弧面与板材2贴合,板材2放置于压板3上,压板3上内嵌有储油环槽6,储油环槽6内侧面与密封用耐高温橡胶14贴合,压边液压缸12由压边液压控制回路控制。

[0011] 所述的左压板3-1、右压板3-2和上压板3-3的主体形状均为长方体,下压板3-4截面为“凸”形,四块压板长度方向尺寸相同且两端面齐平;初始状态下,四块压板通过锁紧螺栓19固连在一起,形成一个方形框,方形框外侧面开有一系列按规律排布的小通孔,碳纤维丝17从通孔中穿过,方形框内侧面与密封用耐高温橡胶14贴合,形成一个密封的内腔。

[0012] 所述的碳纤维丝17是直径小于1mm的高强度碳纤维细丝,按照其分布方向分为上

下压板用碳纤维丝17-1和左右压板用碳纤维丝17-2两组,上下压板用碳纤维丝17-1从上压板穿入,下压板穿出,左右压板用碳纤维丝17-2从左压板穿入,右压板穿出,在左右或上下压板之间连续穿插多次,在密封用耐高温橡胶14内部穿插形成多组正方形格,上下和左右穿插的两组碳纤维丝在正方形格处相切接触,方格边长与基本单元体4边长相等,碳纤维丝拉紧后两端用线卡18固定在压板上。

[0013] 所述的基本单元体4是截面为矩形的长方体,在截面中心有圆形通孔,长方体的边长小于5mm,基本单元体4靠近板材2一侧的端面安装有压力传感器,用以监测型腔7内的压力和每一个基本单元体4承受的轴向压力,基本单元体4安装在碳纤维丝17构成的正方形方格中,能够沿其内部通孔轴线移动。

[0014] 所述的密封用耐高温橡胶14靠近板材2的一端为“回”形中空结构,远离板材2一端为喇叭口形状,侧面开有让碳纤维丝17穿过的小通孔。

[0015] 所述的外框9为中空帽子形状,靠近板材2一端为“帽檐”,另一端为“回”形;锁紧液压缸16共四个,第一锁紧液压缸16-1输出轴与左压板3-1接触,第二锁紧液压缸16-2输出轴与右压板3-2接触,第三锁紧液压缸16-3输出轴与上压板3-3接触,第四锁紧液压缸16-4输出轴与下压板3-4接触,四个锁紧液压缸输出轴均处于对应压板3的中央。

[0016] 所述的压板3靠近板材2一侧有矩形槽,四块压板的矩形槽连接形成一个环槽,环槽内安装有储油环槽6。

[0017] 所述的立柱11为倒立的“L”形,分别装在外框9“帽檐”端面的左侧,右侧和后侧中央,左右侧两根立柱关于后侧中央立柱对称。

[0018] 所述的液压缸活塞13下端为矩形块,矩形块下端与压边圈1上端面贴合。

[0019] 所述的压边圈1为正方形环形,上端面为平面,上端面与液压缸活塞13下端贴合,下端面固连压边凸缘5,其截面轮廓为弧形,压边凸缘5与板材2上端面贴合。

[0020] 所述的储油环槽6为正方形环形,截面为“凹”形,中间凹处为弧形,其弧度略小于压边凸缘5的弧度,储油环槽6安装在压板3靠近板材2一侧的端面槽内,储油环槽6的凹槽处与压边凸缘5的弧对称面重合。

[0021] 基于所述的一种热塑性材料柔性成形装置的成形方法,包括以下步骤:

[0022] 第一步:针对需要成形的三维曲面,通过逆向工程手段获取需要成形零件的三维信息,并使用计算机软件计算出每一个基本单元体4应该调整的高度;

[0023] 第二步:初步组装多点柔性模具,首先将密封用耐高温橡胶14放到下压板3-4上顶面上,将左压板3-1和右压板3-2安装到下压板3-4上,将上压板3-3固定在左压板3-1和右压板3-2上,四块压板构成一个方形框,此时密封用耐高温橡胶14处于原始无压缩状态,且四块压板构成的内框与密封用耐高温橡胶14的外框面贴合,通过锁紧螺栓19连接使得四块压板的相对位置固定;在左压板3-1和右压板3-2,上压板3-3和下压板3-4之间穿插碳纤维丝17,碳纤维丝两端用线卡18固定在压板3上;碳纤维丝构成多组正方形格,将基本单元体4插进正方形格中,且所有基本单元体4在远离板材2一侧齐平;

[0024] 第三步:模具调形,使用调形装置将中空的基本单元体4从靠近板材2一侧自动调整到相应位置,使中空的基本单元体4群的有传感器一侧包络出需要成形的曲面,从而形成特定形状型腔7;使用锁紧联动液压控制回路给四个锁紧液压缸16充相同压力的液体,使四块压板3向中间移动并压缩密封用耐高温橡胶14,调整好的基本单元体4保持形状;通过L

形板10将多点柔性模具固定在成形试验台上；

[0025] 第四步：模具锁紧，将储油环槽6安装到多点柔性模具上，将调整好的多点柔性模具安装到锁紧装置上，放松一侧碳纤维丝的线卡18，使用锁紧联动液压控制回路给四个锁紧液压缸16充相同压力的液体，使四块压板3向中间移动并压紧密封用耐高温橡胶14，从而使基本单元体4群在压板3间接作用下锁紧；

[0026] 第五步：放入板材2，并压边密封，在储油环槽6内倒入耐高温密封油，使其在高温压边时与板材2接触实现密封；将板材2放到调整好型面的多点柔性模具上，使其与压板3上端，储油环槽6上端，密封用耐高温橡胶14上端贴合；放入压边圈1，使压边凸缘5与板材2的上端贴合，同时使储油环槽6的凹槽处与压边凸缘5的弧对称面重合；使用压边联动液压回路控制三个压边液压缸12内的压力始终保持一致，充液使液压缸活塞13与压边圈1上端面接触；

[0027] 第六步：板材成形，给板材2加热使其温度升高到可成形温度区间；从密封用耐高温橡胶14的喇叭口处抽气，使靠近板材2一侧的多点柔性模具调形成的型腔7内保持一定负压，高温的板材2在外侧大气压作用下贴在基本单元体4群的包络面上，完成板材2的成形，同时通过监测每一个基本单元体4所承受的压力与型腔7内的负压压力值对成形过程进行闭环控制和实时调整型腔内的负压和压边压力；成形完成后冷却保压，释放压边液压缸12内的压力，取出压边圈1，取出成形件，流程结束。

[0028] 成形时对每一个基本单元体4施加额外压力，对局部进行非等压成形，使成形件质量更好。

[0029] 本发明的有益效果为：

[0030] 1、本发明能够对成形过程进行实时精确控制，其智能化、自动化、柔性化程度高；

[0031] 2、本发明原理上可适用于任何热塑性材料的任意三维曲面件的板材成形，也可适用于软金属材料的板材成形，且采用负压成形可有效减小多点成形时的台阶效应；

[0032] 3、本发明基本单元体可实现局部非等压成形，使成形质量更高；基本单元体边长可以任意调整，且原理上可以很小，因此调形后多点模具包络出的模面连续程度很好；

[0033] 4、本发明采用液压控制的柔性压边圈，成形过程中可对压边力进行实时控制。

附图说明

[0034] 图1为本发明的结构示意图。

[0035] 图2为图1的A-A剖面图。

[0036] 图3为图1的延B-B剖面图。

[0037] 图4为基本单元体的安装示意图。

[0038] 图5为多点柔性模具靠近板材一侧结构图。

[0039] 图6中的左图为上压板和下压板用碳纤维丝的示意图，右图为左压板和右压板用碳纤维丝的示意图。

[0040] 图7为左压板结构示意图。

[0041] 图8为下压板结构示意图。

[0042] 图9为上压板结构示意图。

[0043] 图10为压边凸缘在压边圈上的示意图。

- [0044] 图11为储油环槽结构示意图。
- [0045] 图12为四块压板在靠近板材一侧端面形成的环槽示意图。
- [0046] 图13为基本单元体通过调形形成型腔示意图。

具体实施方式

[0047] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细描述。

[0048] 参照图1和图2,一种热塑性材料柔性成形装置,包括多点柔性模具、锁紧装置和柔性压边系统,多点柔性模具内嵌于锁紧装置中,锁紧装置上安装有柔性压边系统;

[0049] 所述的多点柔性模具包括压板3,压板3一共有四块,分别为左压板3-1、右压板3-2、上压板3-3、下压板3-4,四块压板形成一个方形框,方形框内设有密封用耐高温橡胶14,密封用耐高温橡胶14内设有由碳纤维丝17穿插形成多组正方形格,正方形格内安装有基本单元体4,碳纤维丝17端头用线卡18固定在压板3上;

[0050] 参照图3和图4,所述的压板3一共有四块,分别为左压板3-1、右压板3-2、上压板3-3、下压板3-4;参照图7,左压板3-1和右压板3-2结构相同,其主体形状均为长方体,在前面有一系列按规律排布的小通孔,碳纤维丝17从通孔中穿过,前面上方有与锁紧螺栓19配合的孔,用于和上压板3-3的相互固连,前面下端有矩形通槽,和下压板3-4的“凸”肩配合,右侧端面有矩形槽,用于放置储油环槽6,底面开有螺栓孔用于和下压板3-4的相互固连;参照图8,下压板3-4截面为“凸”形,前面有一系列按规律排布的小通孔,碳纤维丝17从通孔中穿过,右侧面开有矩形槽,槽里放置储油环槽6,前面上下端“凸”形两肩有螺栓孔,用于和左压板3-1和右压板3-2之间的相互固连;参照图9,上压板3-3上面有一系列按规律排布的小通孔,前后侧面有螺栓孔用于左压板3-1和右压板3-2之间的相互固连,右侧端面开有矩形槽,槽里放置储油环槽6;四块压板长度方向尺寸相同且左右端面齐平。参照图3、图4,初始状态下,压板3通过锁紧螺栓19固连在一起,构成一个方形框,方形框内侧面与密封用耐高温橡胶14贴合,形成一个密封的内腔;参照图5和图12,四块压板3放置储油环槽6的矩形槽在靠近板材2一侧连接形成一个环槽。

[0051] 参照图2、图3和图4,所述的基本单元体4的截面为矩形的长方体,在截面中心有圆形通孔,长方体的边长小于5mm,基本单元体4靠近板材2一侧的端面安装有压力传感器,用以监测型腔7内的压力和每一个基本单元体4承受的轴向压力,基本单元体4安装在碳纤维丝17构成的正方形方格中,能够沿其内部通孔轴线移动,基本单元体4之间通过碳纤维丝17隔开,基本单元体4之间的运动互不干涉。

[0052] 参照图1、图2、图3、图4,所述的密封用耐高温橡胶14靠近板材2一端为“回”形中空结构,远离板材2端为喇叭口形状,侧面有与碳纤维丝17配合的小孔,密封用耐高温橡胶14能在长期高温下保持弹性且能多次重复使用;参照图5、图12,密封用耐高温橡胶14外侧面与压板3内侧面贴合,密封用耐高温橡胶14内侧面与碳纤维丝17贴合。

[0053] 参照图3、图4、图5和图6,所述的碳纤维丝17是直径很细(小于1mm)强度较高的碳纤维细丝,上下压板用碳纤维丝17-1从上压板3-3穿入,下压板3-4穿出;左右压板用碳纤维丝17-2从左压板3-1穿入,右压板3-2穿出,按图6所示的穿插路径在上下或左右压板之间连续穿插多次,两组碳纤维丝在密封用耐高温橡胶14内部穿插形成多组正方形格,上下和左右穿插的两组碳纤维丝在正方形格处相切接触,正方形格边长与基本单元体4边长相等,碳

纤维丝17拉紧后两端用线卡18固定在压板3上;基本单元体4从碳纤维丝17组成的正方形方格中穿过,基本单元体4在正方形方格中可延其轴线方向移动,基本单元体4之间通过碳纤维丝17隔开,基本单元体4之间的运动互不干涉;所述线卡18用于锁紧碳纤维丝17,用以防止碳纤维丝17松动。

[0054] 参照图2、图3、图4和图5,所述的锁紧装置包括外框9,外框9的内侧面上固定有锁紧液压缸16,锁紧液压缸16输出轴与压板3外侧接触,锁紧液压缸16通过锁紧液压控制回路控制,在外框9外侧面上固定L形板10。

[0055] 参照图1、图2和图3,所述的外框9为中空帽子形状,靠近板材2一端为“帽檐”,另一端为“回”形;参照图2和图3,锁紧液压缸16固定在外框9的内侧面,其中,第一锁紧液压缸16-1输出轴与左压板3-1接触,第二锁紧液压缸16-2输出轴与右压板3-2接触,第三锁紧液压缸16-3输出轴与上压板3-3接触,第四锁紧液压缸16-4输出轴与下压板3-4接触,锁紧液压缸输出轴均处于对应压板3的中央。

[0056] 参照图1和图2,所述的柔性压边系统包括立柱11,立柱11下端固定在外框9上,立柱11上端固定有压边液压缸12,压边液压缸12的液压缸活塞13和压边圈1上端面贴合,三个液压缸活塞13在压边液压缸12内做活塞运动;压边圈1下端面固连压边凸缘5,压边凸缘5弧面与板材2贴合,板材2放置于压板3上,参照图5,压板3上内嵌有储油环槽6,储油环槽6内侧面与密封用耐高温橡胶14贴合,压边液压缸12由压边液压控制回路控制。

[0057] 参照图1、图2,所述的柔性压边系统通过三根立柱11固定在外框9的“帽檐”端面上,立柱11为倒立的“L”形,分别装在外框9“帽檐”端面的左侧,右侧和后侧中央,左右侧两根立柱关于后侧中央立柱对称。

[0058] 参照图1、图2,所述的压边液压缸12固定在立柱11上端平面上;液压缸活塞13下端为矩形块,矩形块下端面与压边圈1上端面贴合。

[0059] 参照图2、图10,所述的压边圈1为正方形环形,上端面为平面与液压缸活塞13下端面配合,下端面固连压边凸缘5,其截面轮廓为弧形,压边凸缘5的弧面与板材2上端面贴合。

[0060] 参照图2、图5和图11,所述的储油环槽6为正方形环形,截面为“凹”形,中间凹处为弧形,其弧度略小于压边凸缘5的弧度,储油环槽6安装在压板3靠近板材一侧的端面槽内,上端面与压板3靠近板材2的端面平齐,且与密封用耐高温橡胶14靠近板材2一侧的端面平齐,成形时储油环槽6上端面与板材2接触,环形内侧面与密封用耐高温橡胶14接触,外侧与压板3贴合,储油环槽6的凹槽处与压边凸缘5的弧对称面重合。

[0061] 基于所述的一种热塑性材料柔性成形装置的成形方法,包括以下步骤:

[0062] 第一步:获取调形信息,针对需要成形的三维曲面,通过逆向工程手段获取需要成形零件的三维信息,并使用计算软件计算出每一个基本单元体4应该调整的高度;

[0063] 第二步:初步组装多点柔性模具,参照图4,首先将密封用耐高温橡胶14放到下压板3-4上顶面上,且左右侧面与下压板3-4“凸”起的左右侧面齐平,将左压板3-1和右压板3-2安装到下压板3-4上,通过下压板3-4下底面上的锁紧螺栓19将其锁紧,将上压板3-3经左压板3-1和右压板3-2外侧面上的螺栓孔通过锁紧螺栓19将其固定,上压板3-3上顶面与左压板3-1和右压板3-2上端面齐平,四块压板构成一个方形框,此时密封用耐高温橡胶14处于原始无压缩状态,且四块压板构成的内框与密封用耐高温橡胶14的外框面贴合,通过锁紧螺栓19连接使得四块压板的相对位置固定;参照图6所示路径在左压板3-1和右压板3-2,

上压板3-3和下压板3-4之间穿插碳纤维丝17,将碳纤维丝17一端用线卡18固定在一侧压板3的外侧面上,拉紧碳纤维丝17,再将碳纤维丝17的另一端用线卡18固定在对侧压板3的外侧端面上;参照图4,两组碳纤维丝构成多组正方形格(垂直纸面方向和纸面内),上下和左右穿插的两组碳纤维丝在正方形格处相切接触,将基本单元体4从下压板3-4向上压板3-3逐一插进正方形格中,且所有基本单元体4在远离板材2一侧齐平;

[0064] 第三步:模具调形,参照图13,使用调形装置将中空的基本单元体4从靠近板材2一侧自动调整到相应位置,使中空的基本单元体4群的有传感器一侧包络出需要成形的曲面,从而形成特定形状 of 型腔7;取下固定压板3的部分锁紧螺栓19,使用锁紧联动液压控制回路给四个锁紧液压缸16充相同压力的液体,使锁紧液压缸16具有一定预锁紧力,使四块压板3向中间移动并压缩密封用耐高温橡胶14,调整好的基本单元体4保持形状;通过L形板10将多点柔性模具固定在成形试验台上;

[0065] 第四步:模具锁紧,参照图5,将储油环槽6安装到多点柔性模具上,使其两侧分别与压板3和密封用耐高温橡胶14接触,储油环槽6底部与压板3接触,上端面与压板3端面齐平;如图1、图2所示,将调整好的多点柔性模具安装到锁紧装置上,取下固定在压板3的所有锁紧螺栓19,两组碳纤维丝17-1、17-2各放松一侧线卡18,使用锁紧联动液压控制回路给四个锁紧液压缸16充相同压力的液体,使锁紧液压缸16具有一定锁紧力,使四块压板3向中间移动并压紧密封用耐高温橡胶14,从而使得基本单元体4群在压板3间接作用下锁紧;

[0066] 第五步:放入板材2,并压边密封,在储油环槽6内倒入一定量的耐高温密封油,使其在高温压边时与板材2接触实现密封;如图2所示,将板材2放到调整好型面的多点柔性模具上,使其与压板3上端,储油环槽6上端,密封用耐高温橡胶14上端贴合;放入压边圈1,使压边凸缘5与板材2的上端贴合,同时使储油环槽6的凹槽处与压边凸缘5的弧对称面重合;使用压边联动液压回路控制三个压边液压缸12内的压力始终保持一致,充液使液压缸活塞13与压边圈1上端面接触,并给一定压力,初始状态下,三个液压缸活塞13靠近板材2一侧的端面齐平以保证三处施加给板材2的压力一致;

[0067] 第六步:板材成形,给板材2加热使其温度升高到可成形温度区间;参照图2、图13,从密封用耐高温橡胶14的喇叭口处抽气,使靠近板材2一侧的多点柔性模具调形成的型腔7内保持一定负压,高温的板材2在外侧大气压作用下贴在基本单元体4群的包络面上,完成板材2的成形,同时可通过监测每一个基本单元体4所承受的压力与型腔7内的负压压力值对成形过程进行闭环控制和实时调整型腔内的负压和压边压力;成形完成后冷却保压,释放压边液压缸12内的压力,取出压边圈1,取出成形件,流程结束。

[0068] 成形时对每一个基本单元体4施加额外压力,对局部进行非等压成形,使成形件质量更好。

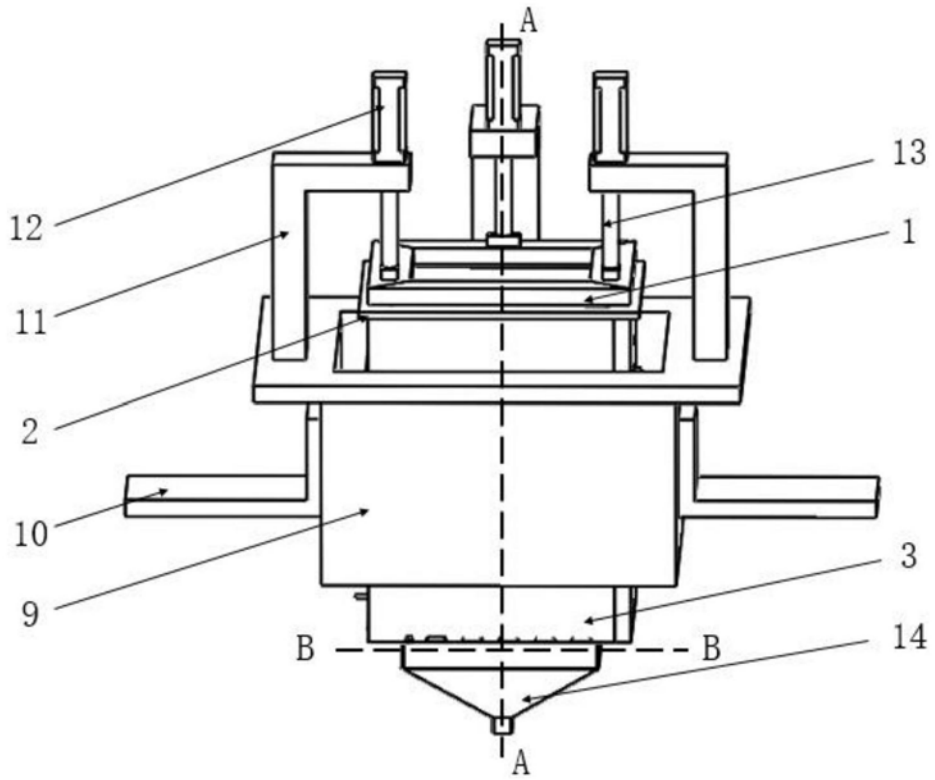


图1

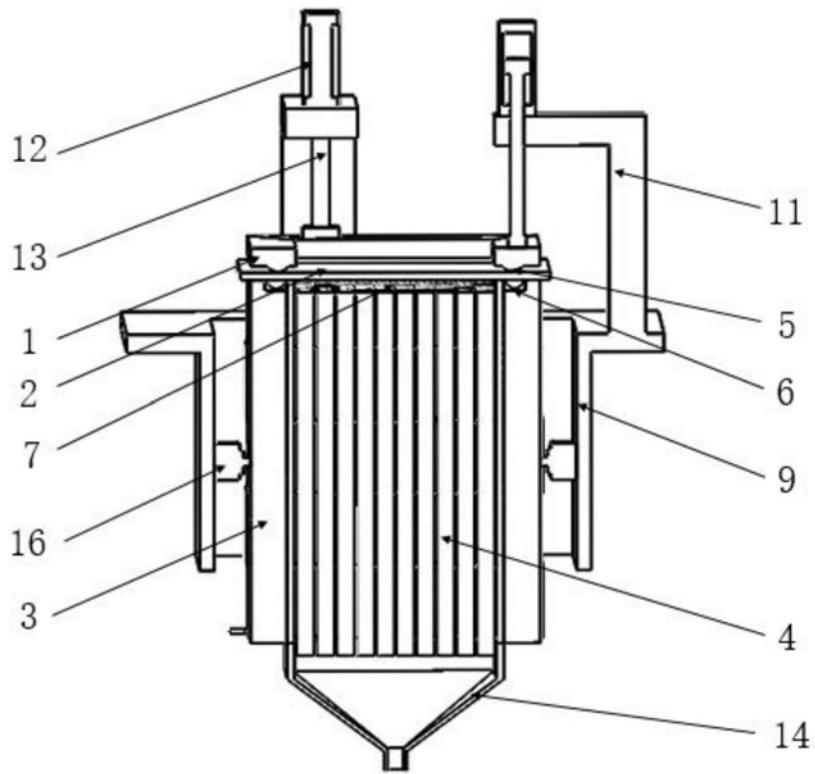


图2

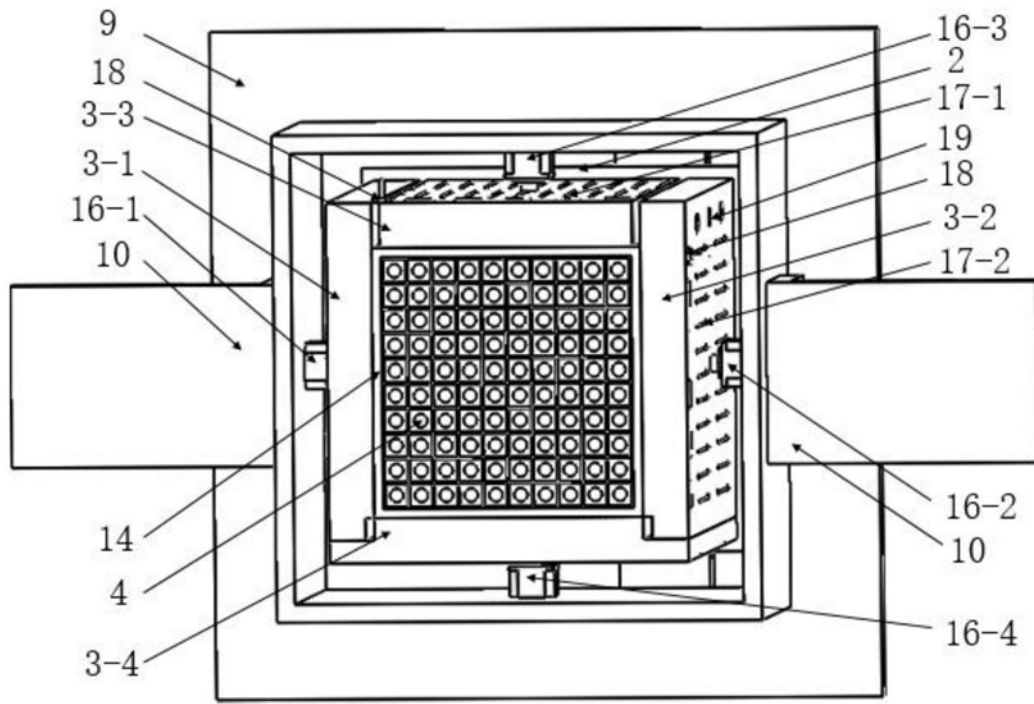


图3

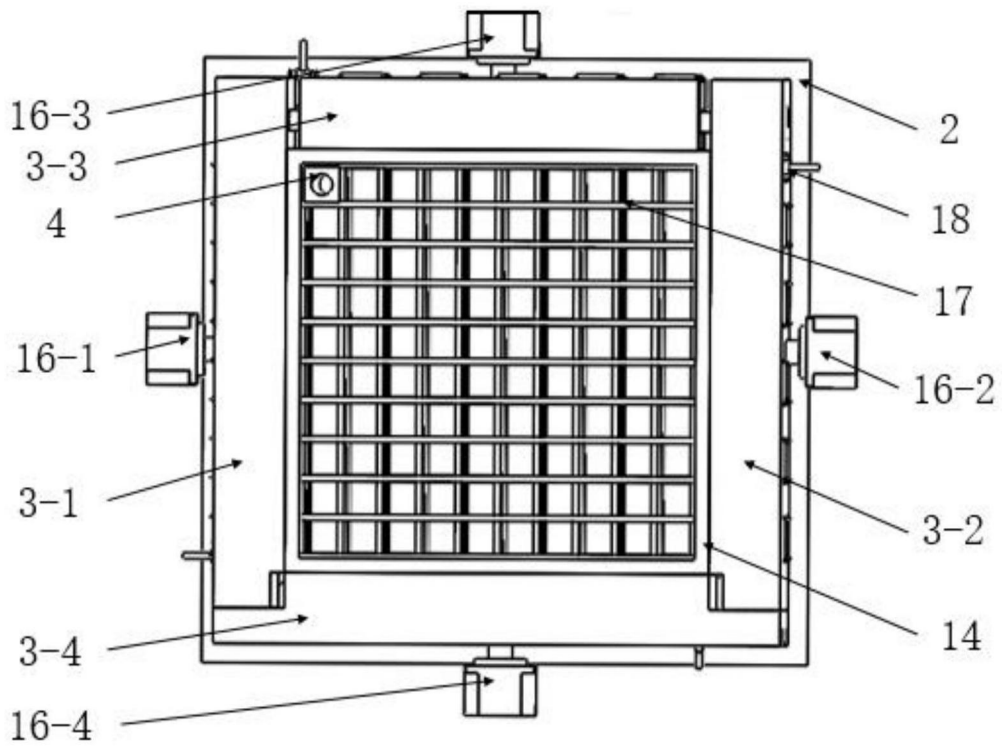


图4

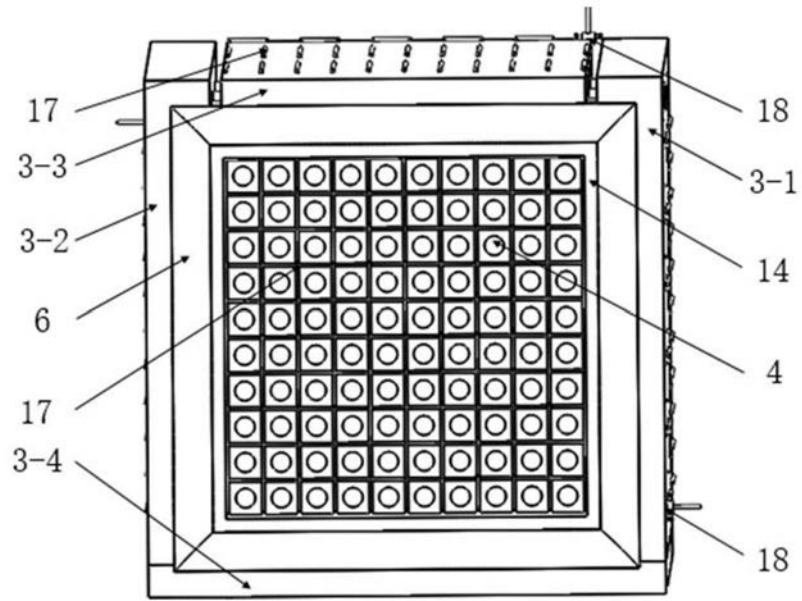


图5

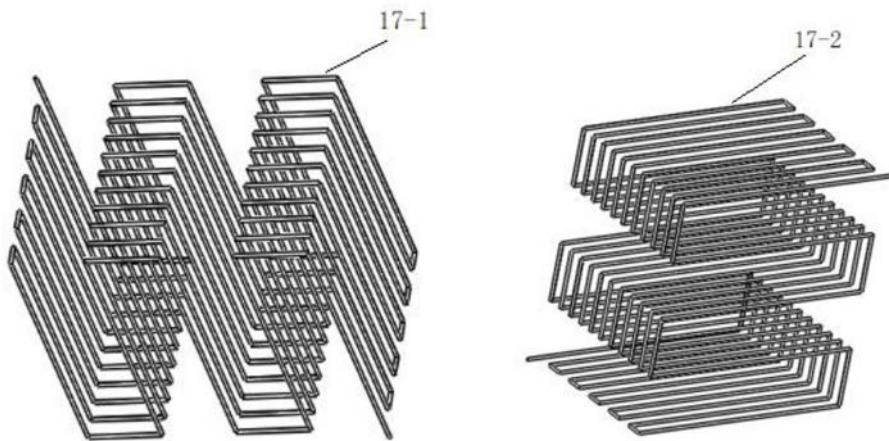


图6

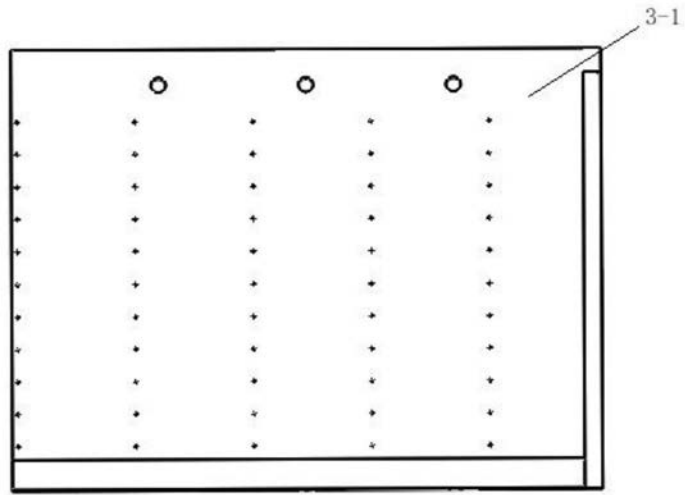


图7

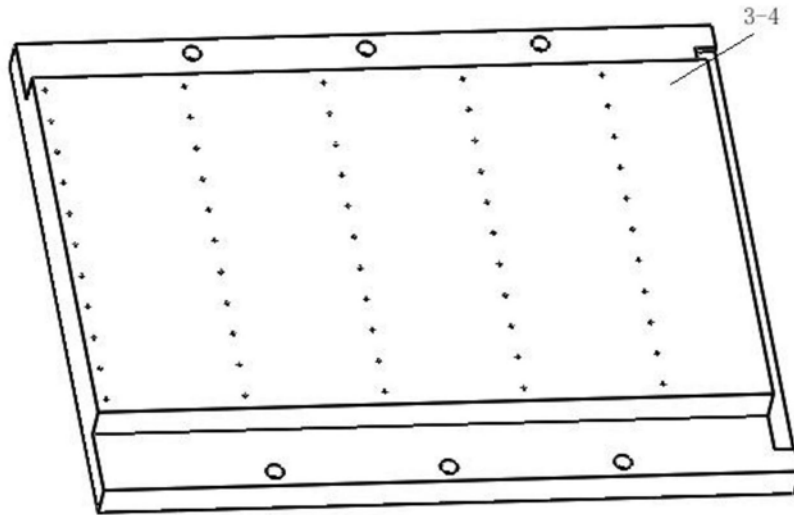


图8

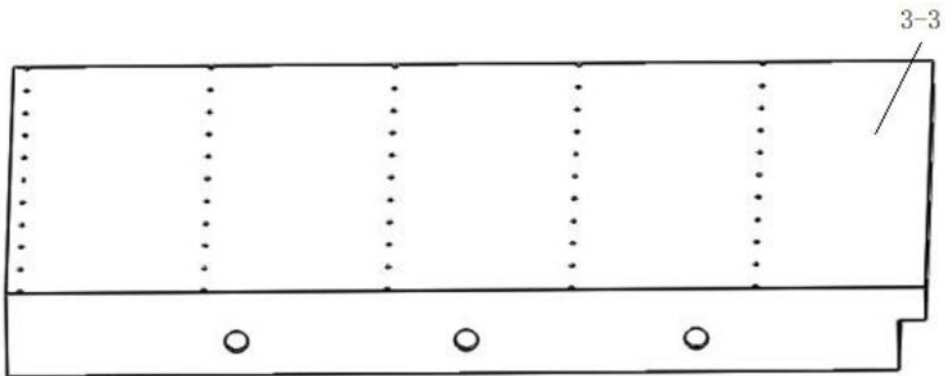


图9

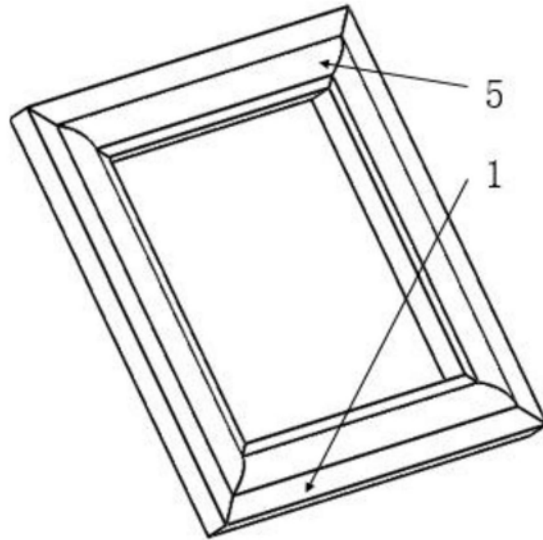


图10

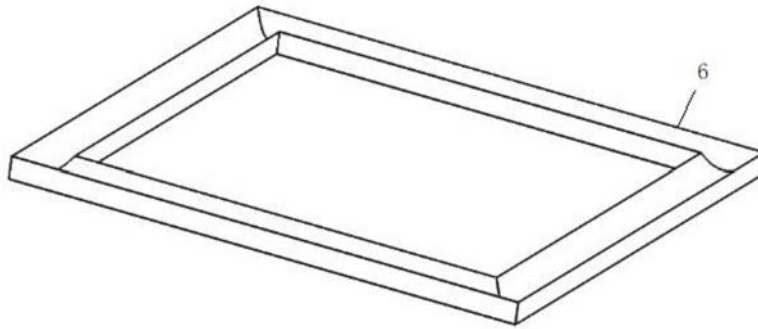


图11

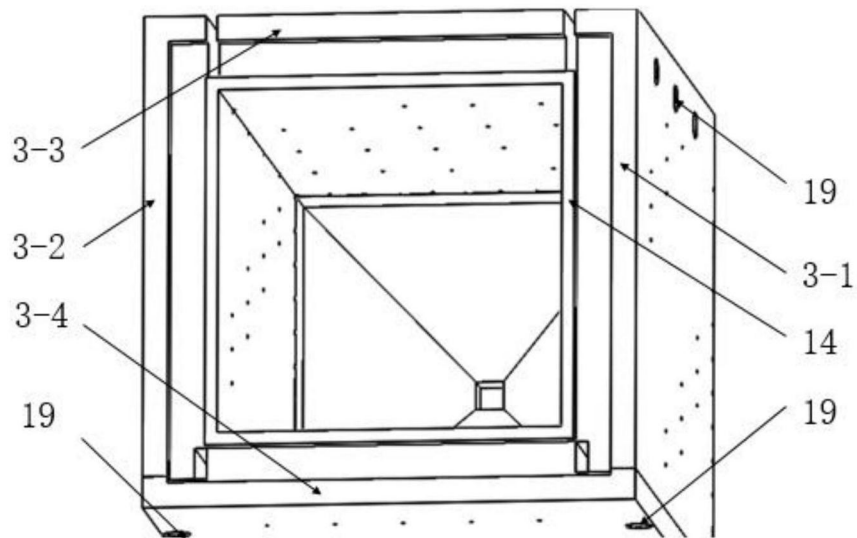


图12

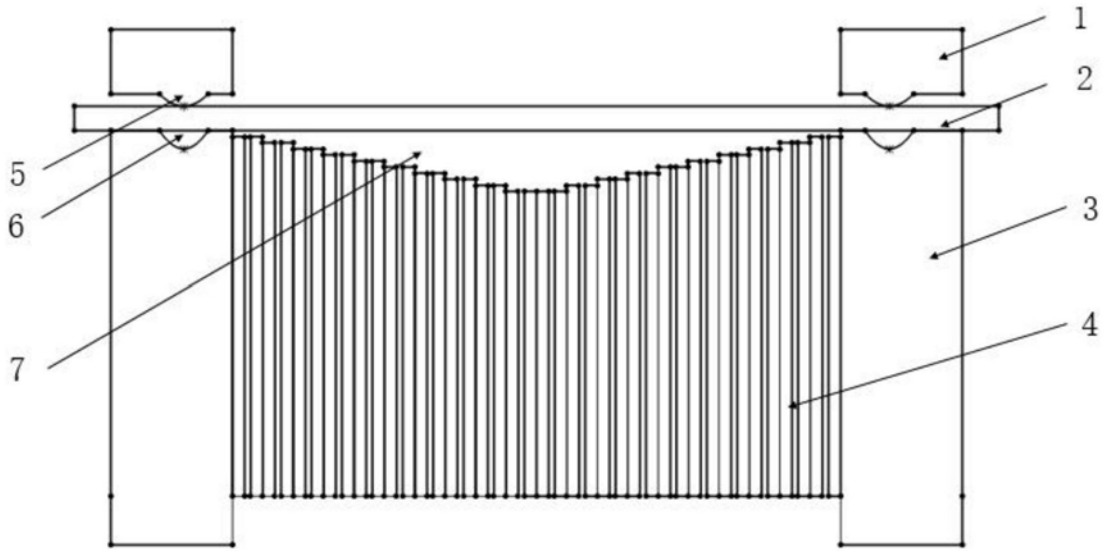


图13