



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110193956 A

(43)申请公布日 2019.09.03

(21)申请号 201910593015.6

B29C 33/44(2006.01)

(22)申请日 2019.07.03

(71)申请人 西安爱生技术集团公司

地址 710065 陕西省西安市沣惠南路34号

申请人 西北工业大学

(72)发明人 赵伟超 李政辉 赵景丽 段国晨
童话

(74)专利代理机构 西北工业大学专利中心
61204

代理人 刘新琼

(51)Int.Cl.

B29C 70/34(2006.01)

B29C 70/54(2006.01)

B29C 33/38(2006.01)

B29C 33/40(2006.01)

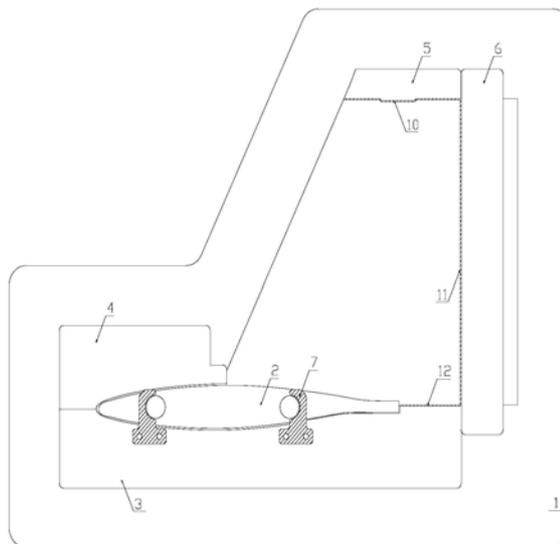
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种小型无人机复合材料垂直尾翼成型工艺方法

(57)摘要

本发明涉及一种小型无人机复合材料垂直尾翼成型工艺方法,将其依次分为产品整体成型模具的制造、夹层泡沫的加工、泡沫预铺层的成型、下蒙皮预铺层的成型、上蒙皮预铺层的成型、工艺组合及固化和脱模及外形加工;用于解决分次固化成型和装配组合受限问题和提高产品质量均匀性问题,改善装配过程带来的长周期、结构重量较大问题,为小型无人机复合材料垂尾提供相对重量轻、高性能、尺寸稳定性良好的整体成型工艺方法,改善小型无人机复合材料垂尾的结构性能和适用范围。



1. 一种小型无人机复合材料垂直尾翼成型工艺方法,其特征在于步骤如下:

步骤1:产品整体成型模具的制造

采用CATIA软件进行产品整体成型模具的三维建模和优化设计,将优化后的数字模型进行模具加工;所述产品成型模具由产品下成型模(1)、泡沫定位块(2)、垂尾根部左定位模块(3)、垂尾根部右定位模块(4)、垂尾顶部定位模块(5)和垂尾后缘定位模块(6)组成;产品下成型模(1)用于产品的主体成型,泡沫定位块(2)作为垂尾根部区域蒙皮与泡沫之间空腔的填充假体,为垂尾蒙皮提供支撑作用,其上端设置两个圆形凸台,利用两个与圆形凸台等厚度的耳片(7)通过圆弧限位方式进行竖直方向的定位,其中耳片(7)与垂尾根部左定位模块(3)通过螺栓定位连接;泡沫定位块(2)的下端外形分别与夹层泡沫(8)的根部空腔内形一致,且能有效脱模;垂尾根部左定位模块(3)、垂尾根部右定位模块(4)、垂尾顶部定位模块(5)和垂尾后缘定位模块(6)分别通过定位销和螺栓连接可与产品下成型模(1)进行组合,用于产品整体成型时的组合定位;垂尾根部左定位模块(3)、垂尾根部右定位模块(4)用于工艺辅助成型时垂尾根部泡沫预铺层的定位,垂尾顶部定位模块(5)则用于垂尾顶部定位,垂尾后缘定位模块(6)则用于垂尾后缘定位;

步骤2:夹层泡沫(8)的加工

利用三维建模,按数模进行泡沫外形加工,得到夹层泡沫(8),并及时进行封装防护;泡沫加工时可整体加工,也可分段加工后通过胶接方式得到夹层泡沫(8);

步骤3:泡沫预铺层(9)的成型

启封泡沫定位块(2),在其表面铺贴1层带胶脱模布,将泡沫定位块(2)与夹层泡沫(8)进行组合连接,在组合体的顶部、后缘及部分根部区域进行预浸料预铺层,形成垂尾顶部夹层泡沫封边(10)、垂尾后缘夹层泡沫封边(11)、垂尾根部夹层泡沫封边(12),再对垂尾根部加强区域进行预浸料的整体包裹,得到泡沫预铺层(9);所述的预浸料存放在-18℃低温冷藏环境中,且启封前包装袋上无冷凝水形成;所述的铺贴在净化间进行,净化间内保持温度 $22\pm 4^{\circ}\text{C}$,相对湿度不大于65%;

步骤4:下蒙皮预铺层(13)的成型

分别启封产品下成型模(1)、垂尾根部左定位模块(3)、垂尾根部右定位模块(4)、垂尾顶部定位模块(5)和垂尾后缘定位模块(6),对其各个内表面依次涂抹水溶性脱模剂、晾干15min;将垂尾根部左定位模块(3)定位连接于产品下成型模(1)上,形成组合体,在其上进行预浸料铺贴,得到下蒙皮预铺层(13);铺贴时预留多余的预浸料于产品下成型模(1)非工作型面(15)上,并使用无孔隔离膜隔开;

步骤5:上蒙皮预铺层(14)的成型

分别将垂尾顶部定位模块(5)、垂尾后缘定位模块(6)与产品下成型模(1)进行组合连接,将两个耳片(7)分别与垂尾根部左定位模块(3)进行定位连接,形成组合体;将泡沫预铺层(9)定位放置于组合体上,将预留的多余预浸料逐层翻压于泡沫预铺层(9)的上表面,并依次形成阶梯式过渡;再在其上进行上蒙皮预浸料的铺贴,得到上蒙皮预铺层(14);

步骤6:工艺组合及固化

在上蒙皮预铺层表面依次铺贴无孔隔离膜和硅橡胶垫,必要时使用压敏胶带进行位置固定;将垂尾根部右定位模块(4)定位连接于产品下成型模(1),形成固化前组合体;在组合体上表面依次铺贴透气毡、真空袋,通过密封胶带的粘连形成真空密闭体系;按照材料规范

要求将上述密闭组合体放置于真空固化炉中进行抽真空固化：先以1-3℃/min的升温速率进行升温，直至达到恒温温度120℃，保温1小时；再以3℃/min的降温速率进行冷却降温，直至55℃以下时出炉；全程抽真空过程中要求真空度达到0.08MPa以上；

步骤7：脱模及外形加工

待固化结束后清理各种辅助材料，再依次拆卸垂尾根部左定位模块(3)、垂尾根部右定位模块(4)、垂尾顶部定位模块(5)和垂尾后缘定位模块(6)，使垂尾坯体从产品下成型模(1)表面脱离开来，再将泡沫定位块(2)从垂尾坯体中取出；对铰链片及垂尾根部进行外形加工，再对垂尾坯体周边进行光整处理，得到小型无人机复合材料整体结构的垂尾产品。

一种小型无人机复合材料垂直尾翼成型工艺方法

技术领域

[0001] 本发明属于无人机复合材料成型工艺技术领域,涉及一种小型无人机复合材料垂直尾翼成型工艺方法。

背景技术

[0002] 飞机的垂直尾翼主要起保持飞机的航向平衡、稳定和操纵作用;前半部分为垂直安定面,后半部分为铰链片,铰接在安定面后部,可操纵方向舵的偏转。传统的非金属材料无人机垂直尾翼制造方法主要有两种,一种是制造含夹层结构的上下蒙皮、肋和梁,再将蒙皮、肋和梁装配组合成整体;一种是制造上下蒙皮壳体,经注入发泡成型将上下蒙皮壳体粘接成全高度泡沫结构整体,或对半制造含泡沫夹层的蒙皮壳体,经胶接装配后也可得到整体结构。上述内容都是通过分次固化、装配组合的方法来实现无人机垂尾的生产制造。

[0003] 公告号CN 107628232 A的中国发明专利公布了“一种复合材料无人机尾翼及其制造方法”,提出先分别制造蜂窝夹层碳纤维左右蒙皮、碳纤维层压前后梁、泡沫夹层碳纤维肋,再通过结构胶、螺钉、铆钉的胶接装配方式使用铝合金前后加强板和固定块将蒙皮、肋和梁组合成无人机尾翼结构。该方法需要设计制造零件成型工装来生产蒙皮、肋和梁零件,再通过装配工装将零件装配组合成整体,使得制造成本高、生产周期长,尤其是铝合金加强板、固定块以及螺、铆钉的使用相应地增加了结构重量,不适于小型无人机复合材料垂直尾翼的高性能、轻量化及整体成型要求。

发明内容

[0004] 要解决的技术问题

[0005] 为了避免现有技术的不足之处,本发明提出一种一种小型无人机复合材料垂直尾翼成型工艺方法,用于解决分次固化成型和装配组合受限问题和提高产品质量均匀性问题,改善装配过程带来的长周期、结构重量较大问题,为小型无人机复合材料垂尾提供相对重量轻、高性能、尺寸稳定性良好的整体成型工艺方法,改善小型无人机复合材料垂尾的结构性能和适用范围。

[0006] 技术方案

[0007] 一种小型无人机复合材料垂直尾翼成型工艺方法,其特征在于步骤如下:

[0008] 步骤1:产品整体成型模具的制造

[0009] 采用CATIA软件进行产品整体成型模具的三维建模和优化设计,将优化后的数字模型进行模具加工;所述产品成型模具由产品下成型模、泡沫定位块、垂尾根部左定位模块、垂尾根部右定位模块、垂尾顶部定位模块和垂尾后缘定位模块组成;产品下成型模用于产品的主体成型,泡沫定位块作为垂尾根部区域蒙皮与泡沫之间空腔的填充假体,为垂尾蒙皮提供支撑作用,其上端设置两个圆形凸台,利用两个与圆形凸台等厚度的耳片通过圆弧限位方式进行竖直方向的定位,其中耳片与垂尾根部左定位模块通过螺栓定位连接;泡沫定位块的下端外形分别与夹层泡沫的根部空腔内形一致,且能有效脱模;垂尾根部左定

位模块、垂尾根部右定位模块、垂尾顶部定位模块和垂尾后缘定位模块分别通过定位销和螺栓连接可与产品下成型模进行组合,用于产品整体成型时的组合定位;垂尾根部左定位模块、垂尾根部右定位模块用于工艺辅助成型时垂尾根部泡沫预铺层的定位,垂尾顶部定位模块则用于垂尾顶部定位,垂尾后缘定位模块则用于垂尾后缘定位;

[0010] 步骤2:夹层泡沫的加工

[0011] 利用三维建模,按数模进行泡沫外形加工,得到夹层泡沫,并及时进行封装防护;泡沫加工时可整体加工,也可分段加工后通过胶接方式得到夹层泡沫;

[0012] 步骤3:泡沫预铺层的成型

[0013] 启封泡沫定位块,在其表面铺贴1层带胶脱模布,将泡沫定位块与夹层泡沫进行组合连接,在组合体的顶部、后缘及部分根部区域进行预浸料预铺层,形成垂尾顶部夹层泡沫封边、垂尾后缘夹层泡沫封边、垂尾根部夹层泡沫封边,再对垂尾根部加强区域进行预浸料的整体包裹,得到泡沫预铺层;所述的预浸料存放在-18℃低温冷藏环境中,且启封前包装袋上无冷凝水形成;所述的铺贴在净化间进行,净化间内保持温度 $22\pm 4^{\circ}\text{C}$,相对湿度不大于65%;

[0014] 步骤4:下蒙皮预铺层的成型

[0015] 分别启封产品下成型模、垂尾根部左定位模块、垂尾根部右定位模块、垂尾顶部定位模块和垂尾后缘定位模块,对其各个内表面依次涂抹水溶性脱模剂、晾干15min;将垂尾根部左定位模块定位连接于产品下成型模上,形成组合体,在其上进行预浸料铺贴,得到下蒙皮预铺层;铺贴时预留多余的预浸料于产品下成型模非工作型面上,并使用无孔隔离膜隔开;

[0016] 步骤5:上蒙皮预铺层的成型

[0017] 分别将垂尾顶部定位模块、垂尾后缘定位模块与产品下成型模进行组合连接,将两个耳片分别与垂尾根部左定位模块进行定位连接,形成组合体;将泡沫预铺层定位放置于组合体上,将预留的多余预浸料逐层翻压于泡沫预铺层的上表面,并依次形成阶梯式过渡;再在其上进行上蒙皮预浸料的铺贴,得到上蒙皮预铺层;

[0018] 步骤6:工艺组合及固化

[0019] 在上蒙皮预铺层表面依次铺贴无孔隔离膜和硅橡胶垫,必要时使用压敏胶带进行位置固定;将垂尾根部右定位模块定位连接于产品下成型模,形成固化前组合体;在组合体上表面依次铺贴透气毡、真空袋,通过密封胶带的粘连形成真空密闭体系;按照材料规范要求将上述密闭组合体放置于真空固化炉中进行抽真空固化:先以 $1-3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率进行升温,直至达到恒温温度 120°C ,保温1小时;再以 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的降温速率进行冷却降温,直至 55°C 以下时出炉;全程抽真空过程中要求真空度达到0.08MPa以上;

[0020] 步骤7:脱模及外形加工

[0021] 待固化结束后清理各种辅助材料,再依次拆卸垂尾根部左定位模块、垂尾根部右定位模块、垂尾顶部定位模块和垂尾后缘定位模块,使垂尾坯体从产品下成型模表面脱离开来,再将泡沫定位块从垂尾坯体中取出;对铰链片及垂尾根部进行外形加工,再对垂尾坯体周边进行光整处理,得到小型无人机复合材料整体结构的垂尾产品。

[0022] 有益效果

[0023] 本发明提出的一种小型无人机复合材料垂直尾翼成型工艺方法,有益效果如下:

[0024] (1) 本工艺方法采用非热压罐固化的预浸料整体成型方式,不仅有效地解决分次固化成型和装配组合受限问题,解决了产品质量均匀性问题,还改善了装配组合带来的长周期、结构重量较大问题,为小型无人机复合材料垂尾提供相对重量轻、高性能、尺寸稳定性良好的整体成型工艺方法。

[0025] (2) 本工艺方法有效地简化了传统成型工艺和工装,降低了工艺难度,缩短了生产周期,避免了材料和能源的较大损耗,不但实现了复合材料垂尾的整体成型,极大地发挥了复合材料整体成型优势,而且与传统的分次固化、装配组合得到的产品相比较,其性能高、产品结构重量相对较轻。

[0026] (3) 本工艺方法适用于非热压罐固化下各类小型无人机复合材料垂尾的整体成型,极大地改善了小型无人机复合材料垂尾的结构性能和适用范围,解决了高性能无人机低成本制造的受限问题。

附图说明

[0027] 图1是本发明实施例复合材料垂尾结构示意图;

[0028] 图2是实施例中复合材料垂尾结构侧视示意图

[0029] 图3是实施例中夹层泡沫外形示意图;

[0030] 图4是实施例中预浸料主体铺层示意图;

[0031] 图5是实施例中垂尾根部加强区域预浸料铺层示意图;

[0032] 图6是实施例中垂尾成型工装结构示意图;

[0033] 图7是实施例中垂尾成型工装结构侧视示意图;

[0034] 图8是实施例中泡沫预铺层示意图;

[0035] 图9是实施例中下蒙皮成型示意图;

[0036] 图10是实施例中上蒙皮成型示意图;

[0037] 其中1-产品下成型模,2-泡沫定位块,3-垂尾根部左定位模块,4-垂尾根部右定位模块,5-垂尾顶部定位模块,6-垂尾后缘定位模块,7-耳片,8-夹层泡沫,9-泡沫预铺层,10-垂尾顶部夹层泡沫封边,11-垂尾后缘夹层泡沫封边,12-垂尾根部夹层泡沫封边,13-下蒙皮预铺层,14-上蒙皮预铺层,15-非成型工作面。

具体实施方式

[0038] 现结合实施例、附图对本发明作进一步描述:

[0039] 第一步,产品整体成型模具的制造。

[0040] 参照图1、图2,本实施例为一种小型翼身融合体无人机垂尾异形件,该结构由垂直安定面、铰链片和根部连接件整体组合而成。参照图3,该垂尾为泡沫夹层复合材料结构;与根部蒙皮相比较,其夹层泡沫根部约低14mm,根部蒙皮与夹层泡沫间的空腔区域为垂尾与翼身主体连接对合位置,安装有连接件和舵机摇杆机构;中部设置有深约30mm、长约20mm的方形孔,且孔底部周边存在R3mm圆弧过渡;方形孔旁边为圆弧过渡异形凹槽。

[0041] 参照图4、图5、图6,垂尾顶部、后缘及部分根部端面位置通过预浸料预铺层既形成了端面腹板,为端面提供强度支撑,又实现了泡沫的封边和工艺铺覆性的优化,降低泡沫在预浸料包裹过程中的操作难度;垂尾根部加强区域通过预浸料包裹方式形成加强区域预浸

料的整体铺层；垂尾上、下蒙皮则通过在夹层泡沫前缘的阶梯过渡式搭接处理，形成蒙皮的整体成型，且垂尾后缘处下蒙皮延伸段形成铰链片。

[0042] 参照图6、图7，采用CATIA软件进行产品整体成型模具的三维建模和优化设计，将优化后的数字模型进行模具加工。所述产品成型模具主要由产品下成型模1、泡沫定位块2和定位模块3-6组成。产品下成型模1用于产品的主体成型。泡沫定位块2作为垂尾根部区域蒙皮与泡沫之间空腔的填充假体，为垂尾蒙皮提供支撑作用，其上端设置两个圆形凸台，利用两个与圆形凸台等厚度的耳片7通过圆弧限位方式进行垂直方向的定位，使得成型过程中垂尾根部预浸料得到压力传递；耳片7与垂尾根部左、右定位模块3-4通过螺栓定位连接；泡沫定位块2下端外形分别与夹层泡沫8的根部空腔内形一致，且能有效脱模。定位模块3-6分别通过定位销和螺栓连接可与产品下成型模1进行组合，用于产品整体成型时的组合定位；垂尾根部左、右定位模块3-4用于工艺辅助成型时垂尾根部泡沫预铺层的定位，垂尾顶部定位模块5则用于垂尾顶部定位，垂尾后缘定位模块6则用于垂尾后缘定位。

[0043] 第二步，夹层泡沫8的加工。

[0044] 采用耐热性良好、热膨胀系数与碳纤维复合材料相接近、抗压缩蠕变性能良好的闭孔刚性泡沫材料。依据泡沫材料说明书中各项物理性能参数确定使用的泡沫规格及中温固化真空辅助成型下泡沫热膨胀量、压缩蠕变量、加工余量等工艺参数。

[0045] 本实施例中采用中密度聚甲基丙烯酸酯亚胺泡沫 Rohacell® 71WF 作为夹层泡沫材料，该材料具有良好的压缩蠕变性能和与碳纤维复合材料相接近的热膨胀系数特性，保证预浸料固化前、后产品的尺寸稳定性，以及真空加压时受力均匀性。而且其良好的耐热性能，保障了预浸料中温固化要求；同时其刚性好、孔隙小且均匀的特性，保证泡沫芯模机械加工时的稳定性及预浸料铺贴时形状的良好保持性。

[0046] 采用CATIA软件对泡沫进行三维建模和优化设计，并按数模进行泡沫外形加工，得到夹层泡沫8，并将其及时进行封装防护和使用。

[0047] 第三步，预浸料的剪裁。

[0048] 通过产品三维数模进行预浸料的展开放样及工艺优化，采用AutoCAD进行预浸料的优化排料设计，以提高材料利用率、降低成本；再使用数控下料机进行剪裁，并对剪裁好的预浸料进行标记并叠层放置。预浸料剪裁时允许裁片方向偏差为 $\pm 1^\circ$ 、尺寸偏差为 $\pm 1\text{mm}$ 。

[0049] 第四步，泡沫预铺层9的成型。

[0050] 参照图8，启封泡沫定位块2，在其表面铺贴1层带胶脱模布，带胶脱模布铺贴时只允许对接处理，再与夹层泡沫8进行组合连接，形成组合体。

[0051] 本实施例中采用中温固化非热压罐成型的 $\delta 0.2\text{mm}$ 自粘性碳纤维织物预浸料。参照图4、图5、图6、图8，在组合体的顶部、后缘及部分根部区域进行预浸料预铺层，形成夹层泡沫封边10-12；再对垂尾根部加强区域进行预浸料的整体包裹，得到泡沫预铺层9。

[0052] 整个铺层过程要求如下：为了尽量排除铺层间包裹的空气，应对预浸料铺层进行真空预压实，并帮助零件成型。在铺贴预浸料时第1层及后续每铺1至3层预浸料都应进行真空预压实，真空预压实的方法是在预铺层上依次铺贴常用的有孔隔离膜、透气毡、临时真空袋，通过临时真空袋的包裹及密封胶带的粘连形成真空密闭系统，再通过持续抽真空的方式保持系统内 0.08MPa 以上真空度至少10分钟；每次真空预压实结束后将粘有密封胶带的

临时真空袋揭开、归拢,将预铺层取出后依次将预铺层表面的透气毡、有孔隔离膜去除并保留干净,待下次继续使用。碳纤维织物预浸料铺贴时可进行搭接处理,搭接宽度为25mm左右,相邻层间搭接接缝应错开25mm左右。

[0053] 第五步,下蒙皮预铺层13的成型。

[0054] 参照图6、图9,分别启封产品下成型模1和定位模块3-6,对其各个内表面依次涂抹水溶性脱模剂、晾干15min。将垂尾根部左定位模块3定位连接于产品下成型模1上,形成组合体。

[0055] 本实施例中采用中温固化非热压罐成型的 $\delta 0.1\text{mm}$ 玻璃纤维纤维织物预浸料进行蒙皮的铺贴。在组合体上进行预浸料铺贴,得到下蒙皮预铺层13。参照图5、图9,铺贴时预留多余的预浸料于产品下成型模1的前缘非工作型面15上,并使用无孔隔离膜隔开。

[0056] 第六步,上蒙皮预铺层14的成型。

[0057] 参照图6,分别将垂尾顶部和后缘定位模块5-6与产品下成型模1进行组合连接,将两个耳片7分别与垂尾根部左定位模块3进行定位连接,形成组合体。将泡沫预铺层9定位放置于组合体上,将预留的多余预浸料逐层翻压于泡沫预铺层9的上表面,并依次形成阶梯式过渡。

[0058] 参照图10,在泡沫预铺层9的上表面进行上蒙皮预浸料的铺贴,得到上蒙皮预铺层14。

[0059] 第七步,工艺组合及固化。

[0060] 在上蒙皮预铺层表面依次铺贴无孔隔离膜和硅橡胶垫,必要时使用压敏胶带进行位置的固定;再参照图6、图7,将垂尾根部右定位模块4定位连接于产品下成型模1,形成固化前组合体。

[0061] 在组合体上表面依次铺贴透气毡、真空袋,通过密封胶带的粘连形成真空密闭体系。按照材料规范要求将上述密闭组合体放置于真空固化炉中进行抽真空固化,其主要内容是先以 $1-3\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率进行升温,直至达到恒温温度 $120\text{ }^\circ\text{C}$,保温1小时;再以 $3\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 的降温速率进行冷却降温,直至 $55\text{ }^\circ\text{C}$ 以下时出炉;全程抽真空过程中要求真空度达到 0.08MPa 以上。

[0062] 第八步,脱模及外形加工。

[0063] 待固化结束后清理各种辅助材料,再依次拆卸定位模块3-6,使垂尾坯体从产品下成型模1表面脱离开来,再将泡沫定位块2从垂尾坯体中取出。对铰链片及垂尾根部进行外形加工,再对垂尾坯体周边进行光整处理,得到小型无人机复合材料整体结构的垂尾产品。

[0064] 至此,完成小型无人机复合材料垂直尾翼产品的整体成型。

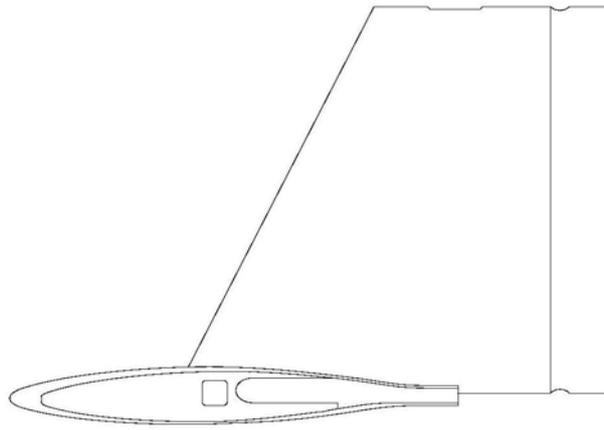


图1



图2



图3

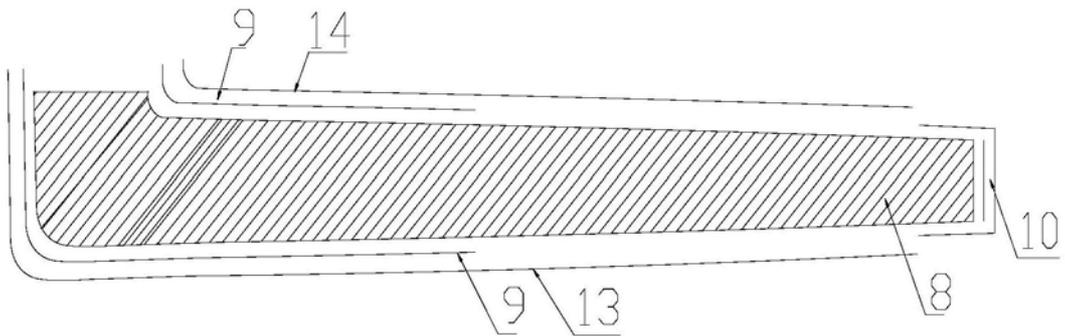


图4

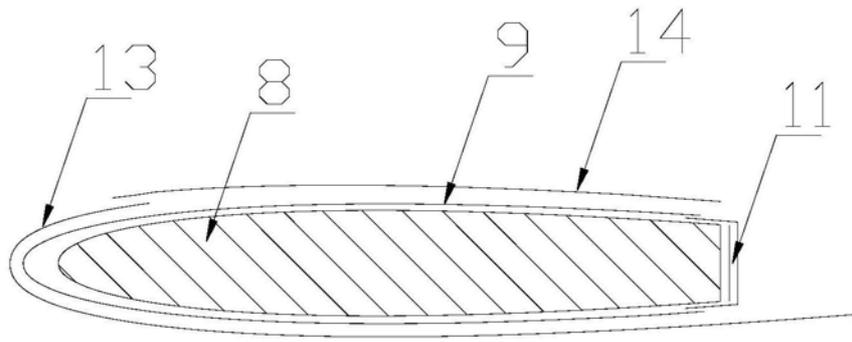


图5

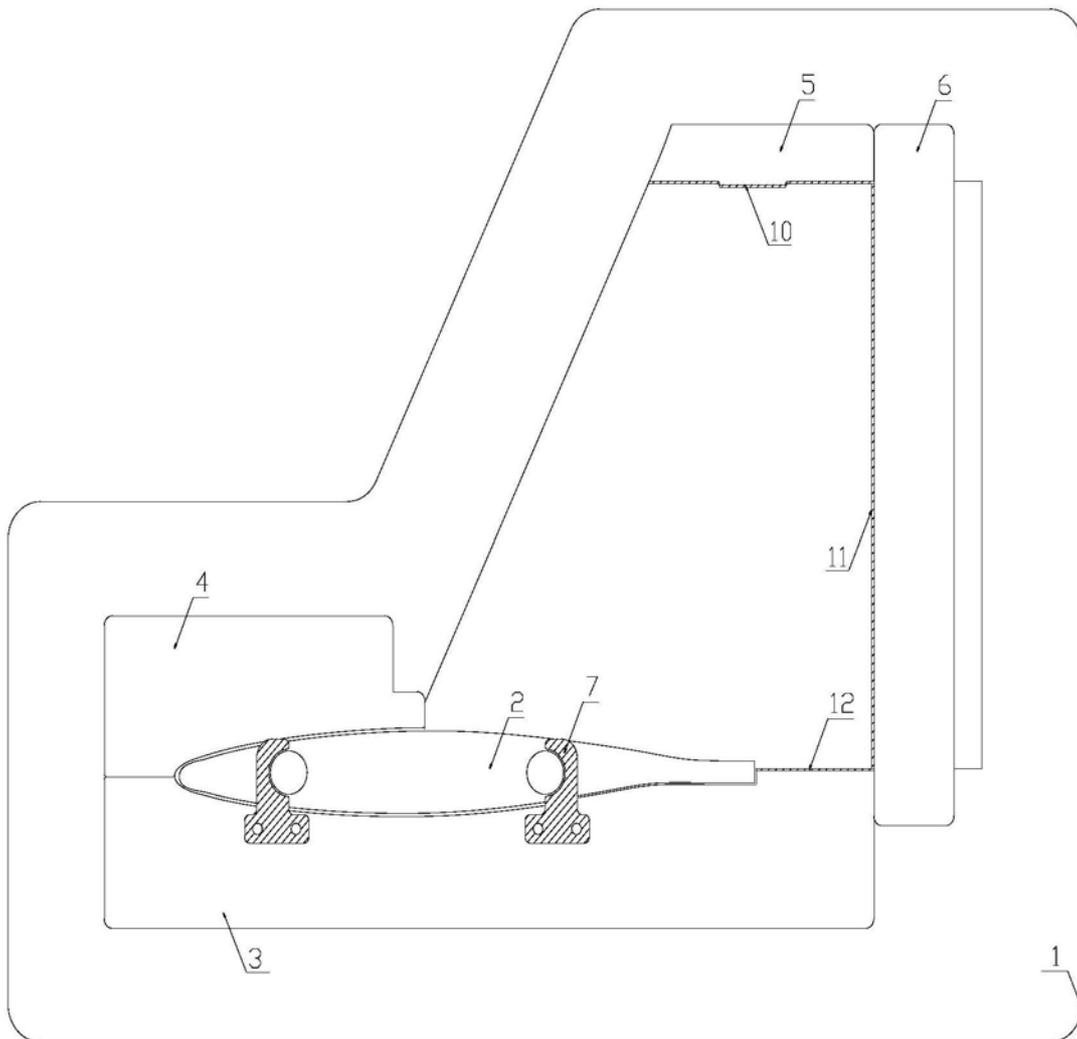


图6

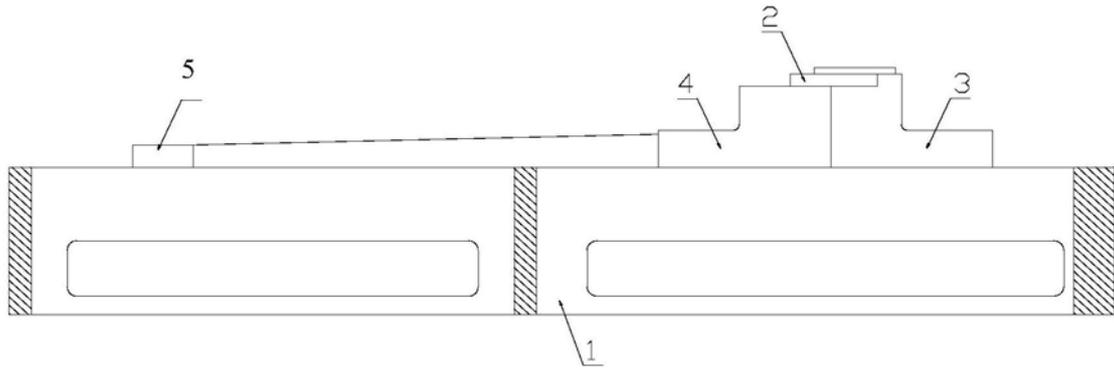


图7

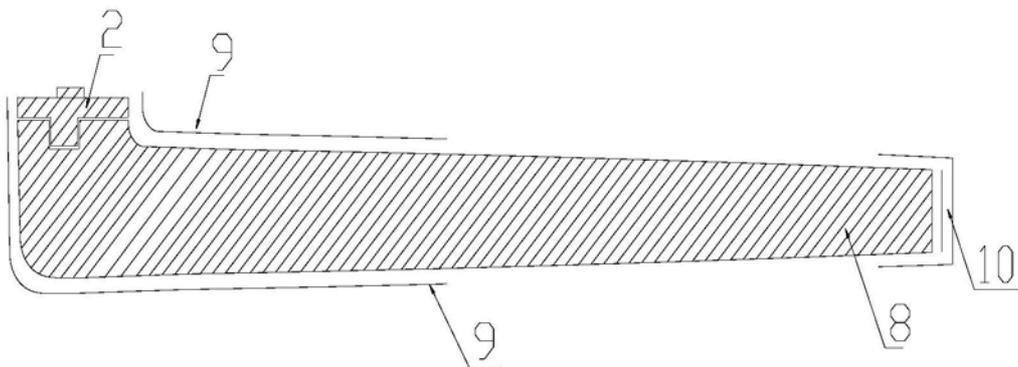


图8

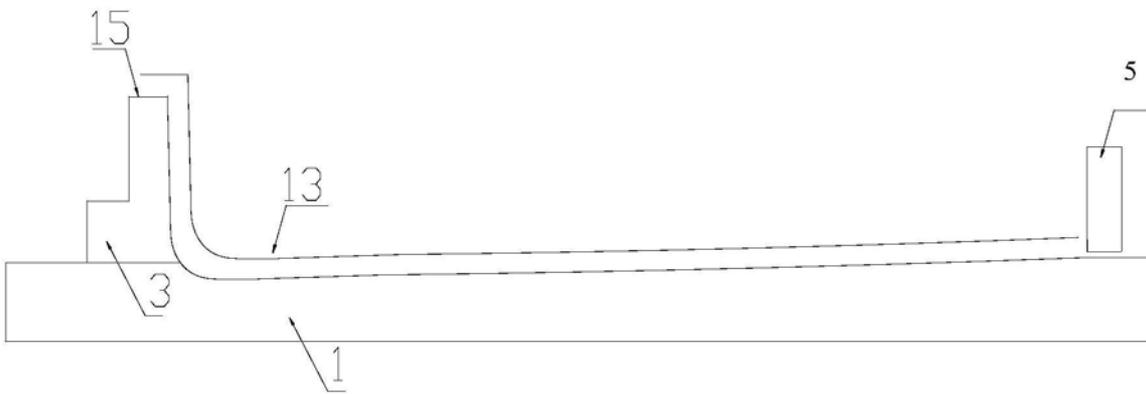


图9

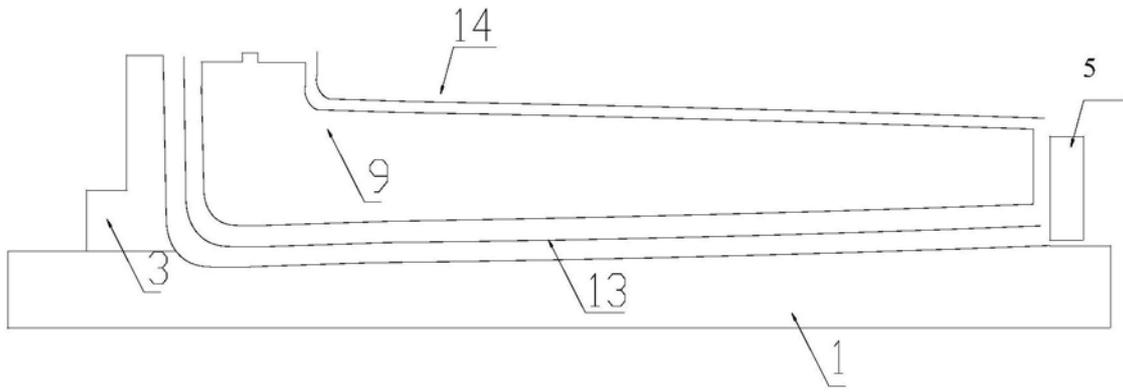


图10