



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108581380 A

(43)申请公布日 2018.09.28

(21)申请号 201810359573.1

(22)申请日 2018.04.20

(71)申请人 北京航星机器制造有限公司  
地址 100013 北京市东城区和平里东街1号

(72)发明人 刘奇 李妍华 李保永 闫寒  
高慧 李信

(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.

B23P 15/00(2006.01)

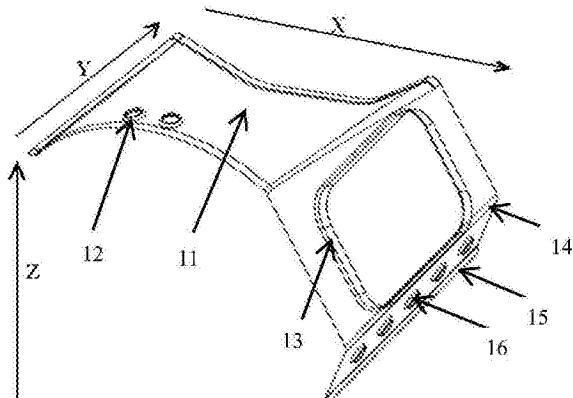
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

一种铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法

(57)摘要

一种铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法，属于精密钣金加工领域，它适用于成形尺寸精度、型面精度以及表面质量要求较高的铝合金复杂异形曲面结构件。本发明方法如下：①设计制作铝合金异形曲面热压成形模具、翻边孔翻边模具以及右侧窗口热翻边模具；②计算出坯料外形尺寸并进行下料；③顶部异形曲面热压成形；④去除工艺余量并开翻边孔翻边底孔和翻边窗口翻边前窗口；⑤翻边孔翻边成形；⑥折弯边折弯成形；⑦窗口热翻边成形。本发明方法能克服现有技术加工的零件整体性差、外形精度控制困难或成本较高的缺点，能有效地保证铝合金复杂异形曲面结构件的精密成形。



1. 一种铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法，其特征在于包括如下步骤：

S1，根据需要成形的铝合金复杂异形曲面结构件设计铝合金异形曲面热压成形模具、用于翻边孔翻边的第一模具以及用于窗口翻边的第二模具；

S2，由所述铝合金复杂异形曲面结构件的外形尺寸确定所需要的坯料的尺寸和外形并进行下料；

S3，用S1中所述铝合金异形曲面热压成形模具实现所述异形曲面成形；

S4，去除S3中成形的异形曲面的工艺余量，并在其上开翻边底孔和翻边前窗口；

S5，用S1中所述第一模具逐个完成S4中所述所有翻边孔翻边；

S6，用折弯模具进行折弯边折弯成形；

S7，用S1中所述第二模具有实现S6中完成折弯成形后的异形曲面右侧窗口热翻边成形，最终异形曲面结构件成形。

2. 根据权利要求1所述的铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法，其特征在于：S1中所述铝合金异形曲面热压成形模具和第二模具按照所述异形曲面结构件相应部位的尺寸进行放大加工，所述放大加工的放大系数 $\eta$ 为3%~5%。

3. 根据权利要求1所述的铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法，其特征在于：S2中所述下料为选取板材在水切割机床、激光切割机床或者数控冲床上进行坯料下料。

4. 根据权利要求1所述的铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法，其特征在于：S3中所述实现所述异形曲面成形的方法为：将S1制备的铝合金异形曲面热压成形模具加热至T<sub>1</sub>，所述热压成形模具包括上模和下模，把S2制备的坯料放于所述热压成形模具上模、下模之间，上模逐渐向下运动，速度为v<sub>1</sub>，坯料在热压成形模具中逐渐变形，直至上模和下模合模完全。

5. 根据权利要求4所述的铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法，其特征在于：所述的T<sub>1</sub>为300~400℃，v<sub>1</sub>为0.5~5mm/s。

6. 根据权利要求1所述的铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法，其特征在于：所述S4中翻边孔和翻边底孔的直径为d<sub>1</sub>为12~16mm，所述翻边窗口和翻边前窗口尺寸大小为186×118mm，圆角为5~15mm。

7. 根据权利要求1所述的铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法，其特征在于：所述第一模具包括上模和下模，S5中所述第一模具有实现异形曲面成形的方法为：所述第一模具上、下模闭合，即上模向下模运动靠近，上模运动速度为v<sub>2</sub>，所述的v<sub>2</sub>为0.5~2mm/s。

8. 根据权利要求1所述的铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法，其特征在于：所述S6中用限位器对所述S5中翻边完成的异形曲面进行第一次限位，完成第一次折弯；更换折弯模具，将第一次折弯后的异形曲面翻转180°后，并用限位器对所述异形曲面进行第二次限位，完成第二次折弯；所述第一次折弯模具为R10，第二次折弯模具为R2，第一次限位位置为94mm，折弯角为130°，第二次限位位置为10mm，折弯角为148°。

9. 根据权利要求1所述的铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法，其特征在于：S7中所述实现所述异形曲面结构件成形的方法为：将S1制备的第二模具加热至T<sub>2</sub>，所述第二模具包括上模和下模，把S6折弯完成的异形曲面放于所述第二模具上模、下模之间，上模逐渐向下运动，速度为v<sub>3</sub>，直至上模和下模合模完全。

10. 根据权利要求9所述的铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法，其特征在

于: 所述T<sub>2</sub>为250~350℃, v<sub>3</sub>为0.5~5mm/s。

## 一种铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种异形曲成形方法,特别是一种铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法,属于精密钣金加工领域。

### 背景技术

[0002] 铝合金因具有优异的使用性能,在航空航天、轨道交通、武器装备等领域应用十分广泛。在航空航天领域,铝合金复杂异形曲面结构件产品的整体化、轻量化程度越来越高,制造精度要求也越来越高。在板料成形领域,铝合金复杂异形曲面结构件常用制造方法主要有冷压成形和超塑成形两种。冷压成形不但尺寸精度难以达到要求,型面精度也难以控制,通常后续需要大量的手工校形,成形周期长,并且容易产生回弹、起皱和开裂等缺陷。超塑成形方法受零件结构特点限制,铝合金复杂异形曲面结构件超塑成形困难,模具设计复杂,壁厚均匀性控制难,加工成本高,生产效率低。因此,需要设计一种合理的成形方法解决以上问题。

### 发明内容

[0003] 本发明解决的技术问题是:克服现有技术的不足,提供了一种铝合金复杂异形曲面结构件精密塑性成形方法,它能克服现有技术加工的零件整体性差、外形精度控制困难或成本较高的缺点,能有效地保证铝合金复杂异形曲面结构件的精密成形。

[0004] 本发明的技术解决方案是:

[0005] S1,根据需要成形的铝合金复杂异形曲面结构件设计铝合金异形曲面热压成形模具、用于翻边孔翻边的第一模具以及用于窗口翻边的第二模具;

[0006] S2,由所述铝合金复杂异形曲面结构件的外形尺寸确定所需要的坯料的尺寸和外形并进行下料;

[0007] S3,用S1中所述铝合金异形曲面热压成形模具实现所述异形曲面成形;

[0008] S4,去除S3中成形的异形曲面的工艺余量,并在其上开翻边底孔和翻边前窗口;

[0009] S5,用S1中所述第一模具逐个完成S4中所述所有翻边孔翻边;

[0010] S6,用折弯模进行两道折弯边折弯成形;

[0011] S7,用S1中所述第二模具实现S6中完成折弯成形后的异形曲面右侧窗口热翻边成形,最终异形曲面结构件成形。

[0012] 进一步地,S1中所述铝合金异形曲面热压成形模具和第二模具按照所述异形曲面结构件相应部位的尺寸进行放大加工,所述放大加工的放大系数 $\eta$ 为3%~5%。

[0013] 进一步地,S2中所述下料为选取厚板材在水切割机床、激光切割机床或者数控冲床上进行坯料下料。

[0014] 进一步地,S3中所述实现所述异形曲面成形的方法为:将S1制备的铝合金异形曲面热压成形模具加热至 $T_1$ ,所述热压成形模具包括上模和下模,把S2制备的坯料放于所述热压成形模具上模、下模之间,上模逐渐向下运动,速度为 $v_1$ ,坯料在热压成形模具中逐渐

变形,直至上模和下模合模完全,即坯料顶部异形曲面部分热压成形完毕。

[0015] 进一步地,所述的T<sub>1</sub>为300~400℃,v<sub>1</sub>为0.5~5mm/s。

[0016] 进一步地,所述S4中翻边孔和翻边底孔的直径为d<sub>1</sub>为12~16mm,所述翻边窗口和翻边前窗口尺寸大小为186×118mm,圆角为5~15mm。

[0017] 进一步地,所述第一模具包括上模和下模,S5中所述第一模具实现异形曲面成形的方法为:所述第一模具上、下模闭合,即上模向下模运动靠近,上模运动速度为v<sub>2</sub>,所述的v<sub>2</sub>为0.5~2mm/s。

[0018] 进一步地,所述S6中用限位器对所述S5中翻边完成的异形曲面进行第一次限位,完成第一次折弯;更换折弯模具,将第一次折弯后的异形曲面翻转180°后,并用限位器对所述异形曲面进行第二次限位,完成第二次折弯;所述第一次折弯模具为R10,第二次折弯模具为R2,第一次限位位置为94mm,折弯角为130°,第二次限位位置为10mm,折弯角为148°。

[0019] 进一步地,S7中所述实现所述异形曲面结构件成形的方法为:将S1制备的第二模具加热至T<sub>2</sub>,所述第二模具包括上模和下模,把S6折弯完成的异形曲面放于所述第二模具上模、下模之间,上模逐渐向下运动,速度为v<sub>3</sub>,直至上模和下模合模完全。

[0020] 进一步地,所述T<sub>2</sub>为250~350℃,v<sub>3</sub>为0.5~5mm/s。

[0021] 本发明与现有技术相比的优点在于:

[0022] (1)本发明成形的铝合金复杂异形曲面结构件,整体性好,零件尺寸精度、型面精度以及表面质量较高;

[0023] (2)本发明采用热压成形顶部异形曲面,可有效避免零件异形曲面的回弹、起皱和开裂等缺陷的产生;

[0024] (3)本发明采用热冲压矩形窗口翻边,可有效避免零件翻边圆角处开裂等缺陷。

[0025] (4)本发明采用钣金折弯+热成形+冷冲孔翻边复合成形技术,不同部位采取最合适成形技术,从而整体实现零件的精密塑性成形,能有效减少后续加工量,避免后续手工校形,提高效率,降低成本。

## 附图说明

[0026] 图1为铝合金复杂异形曲面结构件示意图;

[0027] 图2为铝合金复杂异形曲面结构件所需坯料示意图;

[0028] 图3为顶部异形曲面热压成形过程示意图;

[0029] 图4为顶部异形曲面热压成形后零件示意图;

[0030] 图5为顶部异形曲面成形零件去除工艺余量后示意图;

[0031] 图6为翻边孔翻边成形过程示意图;

[0032] 图7为翻边孔翻边成形后零件示意图;

[0033] 图8为折弯边折弯成形后零件示意图;

[0034] 图9为窗口热翻边成形过程示意图。

## 具体实施方式

[0035] 下面结合附图对本发明的最佳实施例作进一步详细说明。

[0036] 本发明要成形的铝合金复杂异形曲面结构件,包括复杂异形曲面以及在异形曲面

上分布的折弯边和翻边结构。

[0037] 以某铝合金复杂异形曲面结构件为例,其形状尺寸见图1,零件材料为5A06铝合金,外型面空间复杂异形结构,三维尺寸为 $400 \times 340 \times 360\text{mm}$ ,零件壁厚1.2mm,主要由顶部异形曲面11、顶部翻边孔12、右侧翻边窗口13、右侧折弯边14、底部折弯边15以及右侧翻边孔16组成,翻边孔直径20mm、翻边高度5mm,翻边窗口翻边高度20mm。

[0038] 具体实施方式按如下工艺步骤进行:

[0039] 步骤一,根据零件结构特点及外形尺寸确定成形方案和工艺流程,根据铝合金复杂异形曲面结构件外形尺寸和各部分结构特点,确定采用一模两件的成形方案,工艺流程为:热成形顶部异形曲面11→划线去除工艺余量→顶部翻边孔12和右侧翻边孔16冷压翻边→右侧折弯边14和底部折弯边15折弯→右侧翻边窗口13热成形翻边;

[0040] 步骤二,设计成形模具,设计制作铝合金异形曲面热压成形模具、翻边孔翻边模具以及右侧窗口热翻边模具,其中铝合金异形曲面热压成形模具和右侧窗口热翻边模具,要按照铝合金复杂异形曲面结构件响应部位尺寸进行放大加工,放大系数选取为4‰;

[0041] 步骤三,板材下料,根据铝合金复杂异形曲面结构件外形尺寸和一模两件成形方案,计算出坯料外形尺寸,其形状尺寸见图2,最大外形尺寸为 $900 \times 1000\text{mm}$ ,选取1.2mm厚板材在水切割机床、激光切割机床或者数控冲床上进行坯料下料;

[0042] 步骤四,板材热压成形:如图3所示,将步骤二设计制备的铝合金异形曲面热压成形模具加热至350℃,把步骤三制备的坯料23放于热压成形模具上模21、下模22之间。上模21逐渐向下运动,速度为1mm/s,坯料23在热压成形模具中逐渐变形,直至上模21和下模22合模完全,即坯料顶部异形曲面部分热压成形完毕,成形后零件见图4;

[0043] 步骤五,去除工艺余量,如图5所示步骤四完成后,借助顶部异形曲面热成形模具和样板进行划线并去除工艺余量,并开翻边孔翻边底孔和翻边窗口翻边前窗口,翻边底孔直径14mm,翻边前窗口尺寸 $186 \times 118\text{mm}$ ,圆角为15mm。

[0044] 步骤六,翻边孔翻边成形,如图6所示将步骤五完成的零件34通过翻边底孔放于步骤二设计制备的翻边孔翻边成形模具上模31、下模32之间,并通过压边装置33固定。上模逐渐向下运动,速度为1mm/s,零件34在翻边孔翻边成形模具中逐渐翻边,直至上模32和下模32合模完全而完成单个翻边孔翻边,重复完成剩余翻边孔翻边,翻边孔翻边成形后零件见图7;

[0045] 步骤七,折弯边折弯成形,选取R10折弯模具安装在数控折弯机上,将完成步骤六翻边孔翻边的零件放置于上下折弯模之间,将边对着眼限位器,设置限位位置为94mm,上下折弯模闭合完成折弯,折弯角为130°,换R2折弯模具安装在数控折弯机上,并将零件翻转180°后放置于上下折弯模之间,同样将边对着眼限位器,设置限位位置为10mm,上下模闭合完成折弯,折弯角为148°,完成折弯边折弯成形后的零件见图8;

[0046] 步骤八,窗口热翻边成形,如图9所示将步骤二设计制备的右侧窗口热翻边成形模具加热至350℃,把步骤七完成折弯成形后的零件44放于热翻边成形模具上模41、下模42之间,并将压边模块43放置于零件44上固定零件44。上模41逐渐向下运动,速度为1mm/s,零件在热翻边成形模具中逐渐翻边,直至上模41和下模42闭合而完成窗口热翻边成形,成形后最终零件见图1;

[0047] 采用此方法制备的铝合金复杂异形曲面结构件尺寸精度为±0.3mm,型面精度±

0.5mm, 表面粗糙度Ra3.2, 比现有方法制造成本降低10%, 加工效率提高20%。

[0048] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

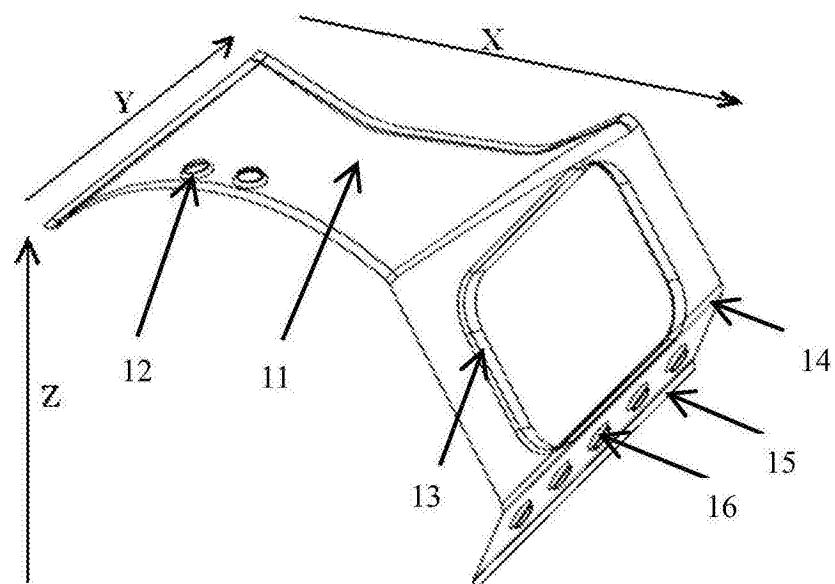


图1

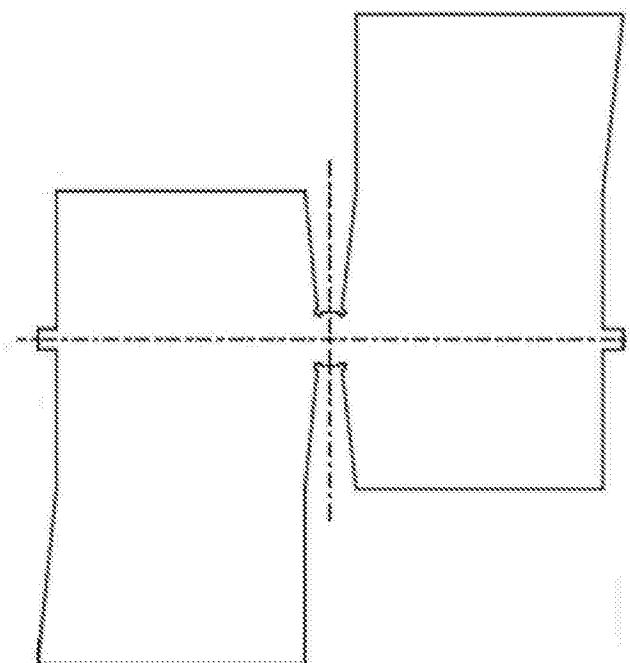


图2

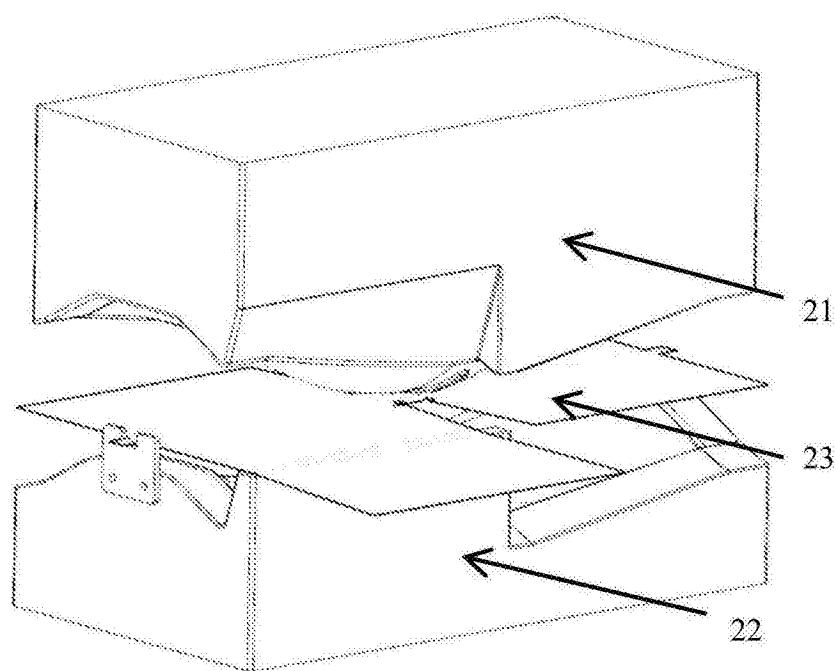


图3

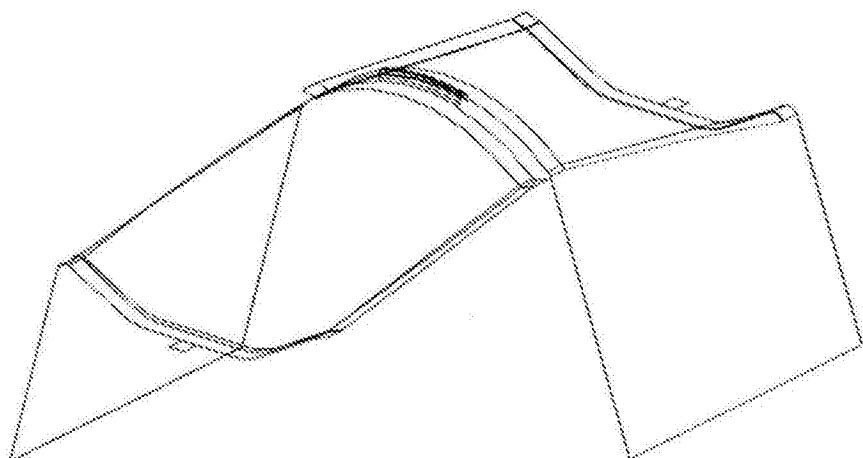


图4

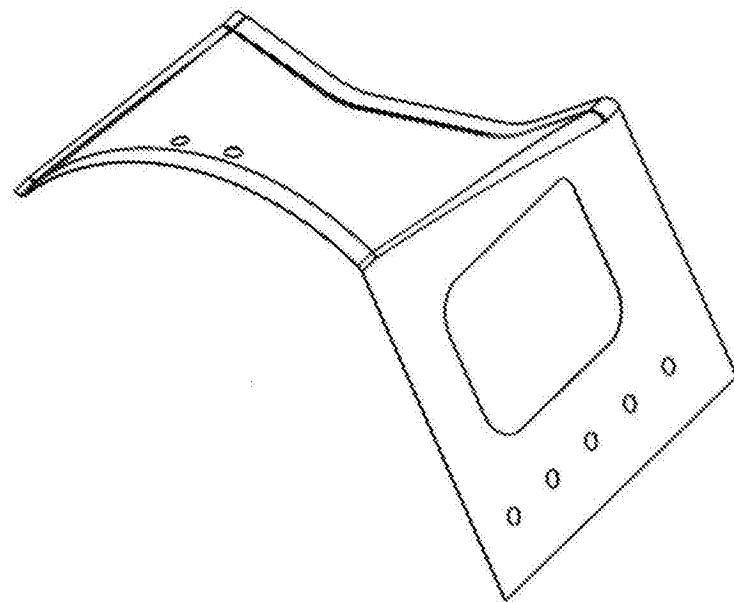


图5

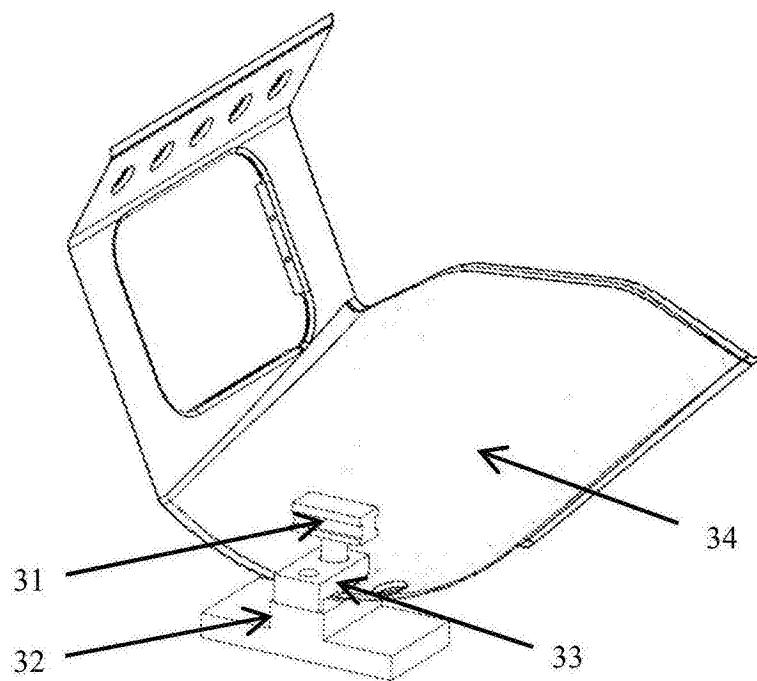


图6

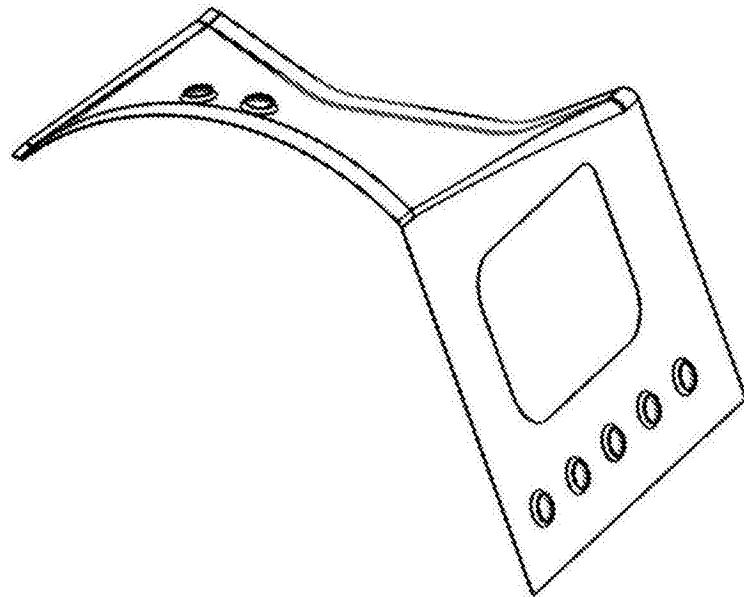


图7

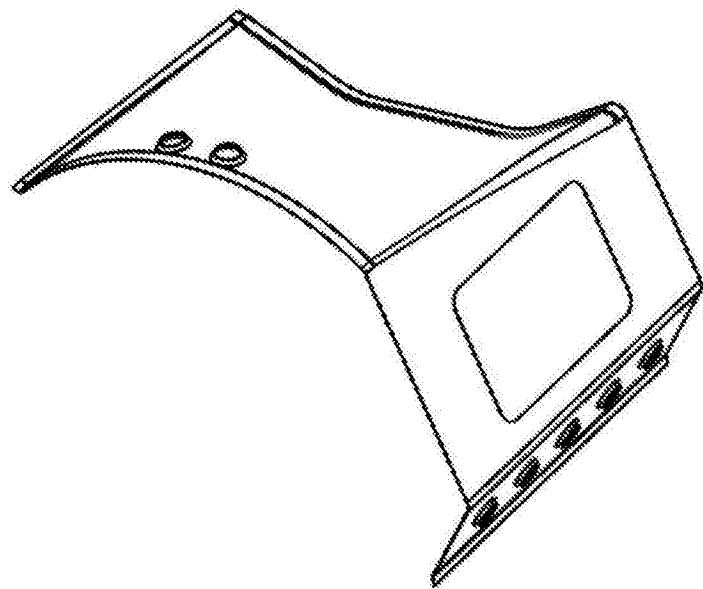


图8

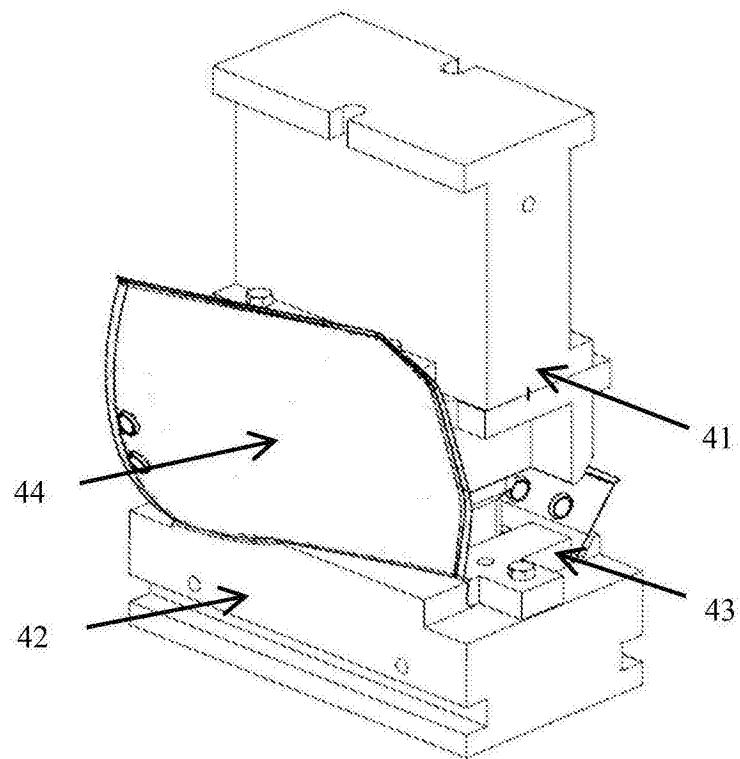


图9