



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110103487 B

(45) 授权公告日 2021.05.18

(21) 申请号 201910408342.X

(22) 申请日 2019.05.16

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110103487 A

(43) 申请公布日 2019.08.09

(73) 专利权人 沈阳飞机工业(集团)有限公司
地址 110034 辽宁省沈阳市皇姑区陵北街
一号

(72) 发明人 刘顺臻 姜洪博 王韬

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心
21200

代理人 梅洪玉

(51) Int. Cl.

B29C 70/34 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102975376 A, 2013.03.20

CN 104015378 A, 2014.09.03

CN 103342039 A, 2013.10.09

CN 103496173 A, 2014.01.08

CN 103465480 A, 2013.12.25

CN 108688192 A, 2018.10.23

WO 9938683 A1, 1999.08.05

US 5951808 A, 1999.09.14

US 5141690 A, 1992.08.25

EP 0350633 A1, 1990.01.17

审查员 王芳

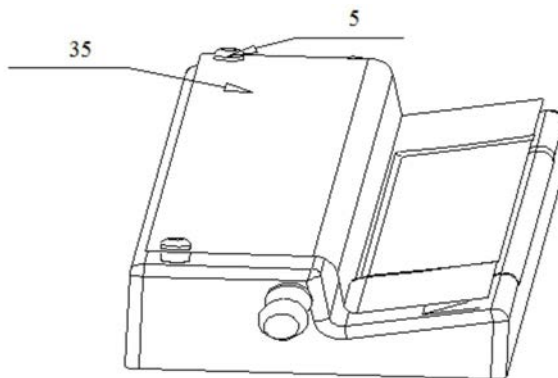
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种成型Z形截面复合材料零件的工艺方法

(57) 摘要

本发明属于复合材料制造技术领域,涉及一种成型Z形截面复合材料零件的工艺方法。通过设计专用模具如成型零件的零件成型模具、成型匀压盖板的盖板成型模具,使得零件和匀压盖板的制造均为数字量传递,避免了传统的在工艺件上铺叠、成型辅助匀压盖板的模拟量传递的不确定性。模具设计初便考虑面向零件制造实际需求,分别在辅助匀压盖板成型模具和零件成型模具设计空间上有对应关系的销孔和圆柱销,辅助匀压盖板成形后有一对销孔,零件封装时基于零件成型模具圆柱销完成辅助匀压盖板的精准放置,同时防止固化期间的匀压盖板蹿动。本发明的方法不仅能保证z形截面复合材料零件固化成型质量,而且匀压盖板可以长期使用。



1. 一种成型Z形截面复合材料零件的工艺方法,其特征在于以下步骤:

1) 模具制备

制备Z形截面复合材料零件成型模具,所述Z形截面复合材料零件成型模具成型面一侧设计一对定位圆柱销,定位圆柱销为金属定位销或氟塑料定位销,Z形截面复合材料零件成型模具用于铺叠、固化成型和检验;

制备零件匀压盖板成型模具,所述匀压盖板成型模具成型面一侧设计一对金属定位圆柱销,匀压盖板成型模具具有铺叠与固化成型功能,匀压盖板成型模具成型面基于零件数模贴袋面侧的理论外形面提取、制造;

Z形截面复合材料零件成型模具的金属定位圆柱销与匀压盖板成型模具的金属定位圆柱销在空间上和尺寸上保持一致,尺寸为 $\Phi 6\text{mm}$,Z形截面复合材料零件成型模具的氟塑料定位圆柱销尺寸为 $\Phi 5.5\text{mm}$;Z形截面复合材料零件成型模具和匀压盖板成型模具均采用与复材零件膨胀系数一致的殷瓦钢材质制造,Z形截面复合材料零件成型模具外轮廓和匀压盖板成型模具外轮廓保持一致,确保最终成型的盖板外轮廓与铺叠的铺层坯料外轮廓保持一致;

2) 匀压盖板制备

①Z形截面零件匀压盖板形式:选用工装预浸料,预浸料单层料厚0.2mm;未硫化生橡胶,生橡胶单层料厚1.5mm;在匀压盖板的阴R角处填充生橡胶,其他区域填充工装预浸料,生橡胶与工装预浸料连接处采用未硫化生橡胶覆盖在工装预浸料表层的叠层形式;

②铺层:从匀压盖板成型模具成型面即铺叠起始面开始依次铺叠工装预浸料的P1、P2、P3、P4、P5层,铺层信息为 $[0/90]_5$;与工装预浸料对接的位置铺叠生橡胶的PLY1、PLY2、PLP3层,铺层角度不限;PLY1沿R角过渡区边界外沿5-10mm,PLY2沿PLY1边界外沿5-10mm,PLY3沿PLY1边界外沿5-10mm,所有PLY层均覆盖在P层层上,覆盖量5-10mm;匀压盖板铺层整铺至匀压盖板成型模具边界;

③铺叠、封装:工装预浸料铺层在匀压盖板成型模具金属定位圆柱销位置铺叠时做除料处理,随后进行真空压实、放置辅助材料和固化封装;

④固化成型:匀压盖板坯料在热压罐内完成预固化并降温、出罐、脱模,预固化参数为:在 50°C - 70°C 恒温14h-17h,固化压力5-7bar;由于橡胶与预浸料膨胀系数不一致,预固化后的匀压盖板R角处橡胶会出现褶皱;

将未完全固化的盖板坯料重新封装,利用工装预浸料后处理固化成型,R角橡胶褶皱在高温、高压下被平滑展开;

已经完成预固化的匀压盖板坯料重新在热压罐内完成后处理固化并降温、出罐、脱模,固化参数为: 180°C - 200°C ,恒温8h-10h,压力5-7bar;最终获得带销孔的匀压盖板;

⑤匀压盖板的自调节:通过在匀压盖板阴角处填充橡胶,使盖板既有刚性又有柔性,刚性通过碳纤维织物提供,柔性通过橡胶提供;柔性橡胶使盖板在使用过程中具有自调节性,以适应一般与理论数模形面不一致的坯料形面状态,根据实际零件成型状态,盖板自调节程度或盖板与坯料匹配程度将包容在零件成型后的厚度公差带内;

3) 零件叠层的铺层设计

使用CATIA、FiberSIM软件对零件铺层角度和铺层轮廓进行设计,通过CATIA软件沿贴

膜面对零件净尺寸铺层进行延伸设计,铺层延伸至Z形截面复合材料零件成型模具边界处,通过FiberSIM软件中CEE模块对延伸过的铺层定义孔“Hole”,孔“Hole”与Z形截面复合材料零件成型模具上的金属定位圆柱销对应;通过数控下料机剪裁零件铺层外轮廓和孔,形成带剪裁孔的铺层;

4) 零件铺层铺叠

通过Z形截面复合材料零件成型模具的金属定位圆柱销与铺层上的剪裁孔对正,完成铺层定位与铺叠;

5) 零件坯料封装与固化

零件完成坯料铺叠后,将Z形截面复合材料零件成型模具上的金属定位圆柱销换成直径略小的氟塑料定位圆柱销,给匀压盖板自调节留有空间;零件坯料表层依次放置可剥布、无孔隔离膜、盖板、无孔隔离膜、透气毡以及真空袋,由于零件铺层和匀压盖板均被设计成与模具边界一致的尺寸,坯料边缘无需特殊处理,只需沿坯料边缘粘贴未硫化生橡胶即可;封装完成后的坯料按照预浸料树脂固化参数成型零件。

一种成型Z形截面复合材料零件的工艺方法

技术领域

[0001] 本发明属于复合材料制造技术领域,涉及一种成型Z形截面复合材料零件的工艺方法。

背景技术

[0002] 由于结构设计需要,一些复合材料构件存在一些R角转折设计,如图1所示的Z形截面。该类带R角转折的复材零件现阶段主要以手工铺叠-真空压实-热压罐固化成型工艺为主,主要工艺流程为手工在模具成型面上铺叠预浸料坯料,通过真空压实排除预浸料层间裹入空气并将预浸料坯料紧贴模具R角以及其他非R角区域,坯料整体铺叠完成后在贴袋面放置辅助材料、匀压盖板、真空袋等,封装完成后在热压罐中固化成型。对于Z形截面零件,R角成型固化质量是其制造关键控制点,其中R角固化成型厚度、外观质量等是零件关键制造特征。对于贴模具面的R角区域固化成型质量一般可以通过模具面保证,贴袋面的R角区域由于受到固化压力分布的影响,零件成型质量特别是厚度均匀性很难保证。如图1所示,A区域贴袋面R角区受到比非R角区更大的固化压力,该R区域相对理论厚度偏薄;B区域贴袋面R角区受到比非R角区更小的固化压力,该R区相对理论厚度偏厚且容易出现纤维褶皱;针对此类R角成型质量问题,一般解决方式为在坯料贴袋面侧放置匀压盖板,目的使受压较大R角区域降低受压程度,使受压较小R角区域增加受压程度。匀压盖板制造前一般需要固化成型工艺件,工艺件按零件制造标准制造,最终期望获得的工艺件的贴袋面形面与零件数模理论形面相同。由于工艺件制造属于模拟量传递过程,工艺件贴袋面成型质量不高,需要耗费大量人力、物力去修整贴袋面,且贴袋面很难获得与数模理论相同的形面。匀压盖板形式一般为以下几种:①橡胶层中间填充碳纤维预浸料等;②纯碳纤维;③分段组合式盖板等。第①种形式的盖板整体偏向柔性状态,第②种形式的盖板整体偏向刚性状态,第③种形式的盖板受限于组合、定位精度以及组合拼缝处理。以上形式的盖板未很好解决铺叠、压实后的零件坯料型面与理论型面不一致情况下,如何协调坯料与盖板的配合问题,导致零件R角固化成型质量问题。

[0003] 复合材料零件制造是制造商围绕设计特性定义其制造特性的工艺过程,设计特性如零件厚度、铺层角度以及铺层轮廓等,设计通过FiberSIM中ACEE或CEE模块对零件铺层角度、铺层轮廓等定义。制造商一般通过激光投影仪投影出铺层角度、铺层轮廓等铺层信息,从而实现零件铺层铺叠的制造特性并传递设计特性。作为高精度设备-激光投影仪对设备维护、工装工位布局以及人员操作等均提出一定的操作要求,其工装经济性、工位灵活性以及零件生产效率等均相对较低,不适应于小尺寸、批量化零件制造。

发明内容

[0004] 针对现有技术存在的问题,本发明提供一种成型Z形截面复合材料零件的工艺方法,针对Z形截面复合材料零件R角成型质量低、生产效率低问题,从零件成型机制、制造过程出发,制备零件成型模具、匀压盖板成型模具、匀压盖板、优化零件铺层设计、优化零件固

化封装工艺,最终实现零件优质、高效生产。

[0005] 为了达到上述目的,本发明的技术方案为:

[0006] 一种成型Z形截面复合材料零件的工艺方法,具体包括如下步骤:

[0007] 1) 模具制备

[0008] 制备Z形截面复合材料零件成型模具,所述Z形截面复合材料零件成型模具成型面一侧设计一对定位圆柱销,定位圆柱销为金属定位销或氟塑料定位销,Z形截面复合材料零件成型模具用于铺叠、固化成型和检验;

[0009] 制备零件匀压盖板成型模具,所述匀压盖板成型模具成型面一侧设计一对金属定位圆柱销,匀压盖板成型模具具有铺叠与固化成型等功能,匀压盖板成型模具成型面基于零件数模贴袋面侧的理论外形面提取、制造;

[0010] Z形截面复合材料零件成型模具的金属定位圆柱销与匀压盖板成型模具的金属定位圆柱销在空间上和尺寸上保持一致,尺寸为 $\varphi 6\text{mm}$,Z形截面复合材料零件成型模具的氟塑料定位销尺寸为 $\varphi 5.5\text{mm}$;Z形截面复合材料零件成型模具和匀压盖板成型模具均采用与复材零件膨胀系数一致的殷瓦钢材质制造,Z形截面复合材料零件成型模具外轮廓和匀压盖板成型模具外轮廓保持一致,确保最终成型的盖板外轮廓与铺叠的铺层坯料外轮廓保持一致;

[0011] 2) 匀压盖板制备

[0012] ①Z形截面零件匀压盖板形式:选用工装预浸料,预浸料单层料厚0.2mm;未硫化生橡胶,生橡胶单层料厚1.5mm;在匀压盖板的阴R角处填充生橡胶,其他区域填充工装预浸料,生橡胶与工装预浸料连接处采用未硫化生橡胶覆盖在工装预浸料表层的叠层形式;

[0013] ②铺层:从匀压盖板成型模具成型面即铺叠起始面开始依次铺叠工装预浸料的P1、P2、P3、P4、P5层,铺层信息为 $[0/90]_5$;与工装预浸料对接的位置铺叠生橡胶的PLY1、PLY2、PLY3层,铺层角度不限;PLY1沿R角过渡区边界外沿5-10mm,PLY2沿PLY1边界外沿5-10mm,PLY3沿PLY1边界外沿5-10mm,所有PLY层均覆盖在P层表层上,覆盖量5-10mm;匀压盖板铺层整铺至匀压盖板成型模具边界;

[0014] ③铺叠、封装:工装预浸料铺层在匀压盖板成型模具定位圆柱销位置铺叠时做除料处理,随后进行真空压实、放置辅助材料和固化封装;

[0015] ④固化成型:匀压盖板坯料在热压罐内完成预固化并降温、出罐、脱模,预固化参数为:在 50°C - 70°C 恒温14h-17h,固化压力 $5-7b_{\text{ar}}$;由于橡胶与预浸料膨胀系数不一致,预固化后的匀压盖板R角处橡胶会出现褶皱;

[0016] 将未完全固化的盖板坯料重新封装,利用工装预浸料后处理固化成型,R角橡胶褶皱在高温、高压下被平滑展开;

[0017] 已经完成预固化的匀压盖板坯料重新在热压罐内完成后处理固化并降温、出罐、脱模,固化参数为: 180°C - 200°C ,恒温8h-10h,压力 $5-7b_{\text{ar}}$;最终获得带销孔的匀压盖板;

[0018] ⑤匀压盖板的自调节:通过在匀压盖板阴角处填充橡胶,使盖板既有刚性又有柔性,刚性通过碳纤维织物提供,柔性通过橡胶提供;柔性橡胶使盖板在使用过程中具有自调节性,以适应一般与理论数模形面不一致的坯料形面状态,根据实际零件成型状态,盖板自调节程度或盖板与坯料匹配程度将包容在零件成型后的厚度公差带内;

[0019] 3) 零件叠层的铺层设计

[0020] 使用CATIA、FiberSIM软件对零件铺层角度和铺层轮廓进行设计,通过CATIA软件沿贴膜面对零件净尺寸铺层进行延伸设计,铺层延伸至Z形截面复合材料零件成型模具边界处,通过FiberSIM软件中CEE模块对延伸过的铺层定义孔“Hole”,孔“Hole”与Z形截面复合材料零件成型模具上的金属定位圆柱销对应;通过数控下料机剪裁零件铺层外轮廓和孔,形成带剪裁孔的铺层;

[0021] 4) 零件铺层铺叠

[0022] 通过Z形截面复合材料零件成型模具的定位圆柱销与铺层上的剪裁孔对正,完成铺层定位与铺叠;

[0023] 5) 零件坯料封装与固化

[0024] 零件完成坯料铺叠后,将Z形截面复合材料零件成型模具上的金属定位圆柱销换成直径略小的氟塑料定位圆柱销,给匀压盖板自调节留有空间;零件坯料表层依次放置可剥布、无孔隔离膜、盖板、无孔隔离膜、透气毡以及真空袋等,由于零件铺层和匀压盖板均被设计成与模具边界一致的尺寸,坯料边缘无需特殊处理,只需沿坯料边缘粘贴未硫化生橡胶即可;封装完成后的坯料按照预浸料树脂固化参数成型零件。

[0025] 本发明的有益效果为:本发明的方法不仅能保证z形截面复合材料零件固化成型质量,而且匀压盖板可以长期使用。通过设计专用模具如成型零件的零件成型模具、成型匀压盖板的盖板成型模具,使得零件和匀压盖板的制造均为数字量传递,避免了传统的在工艺件上铺叠、成型辅助匀压盖板的模拟量传递的不确定性。模具设计初便考虑面向零件制造实际需求,分别在辅助匀压盖板成型模具和零件成型模具设计空间上有对应关系的销孔和圆柱销,辅助匀压盖板成形后有一对销孔,零件封装时基于零件成型模具圆柱销完成辅助匀压盖板的精准放置,同时防止固化期间的匀压盖板蹿动;零件铺层设计初便基于零件成型模具圆柱销的模具特征,使得铺层上具有圆柱销“Hole”定义,使得后续铺层铺叠时不必基于激光投影仪,而只需考虑铺层“Hole”与零件成型模具圆柱销对正完成零件坯料铺叠,这样的铺叠操作对设备维护、工装工位布局以及人员操作等均降低了难度,其工装经济性、工位灵活性以及生产效率等均有较高提升,适应于小尺寸、批量化零件制造。本发明创造性的改变传统匀压盖板的设计形式采用在R角处填充橡胶形式,增加了盖板与零件坯料的协调性、盖板自身的调节性,改善了零件R角区域的固化受压状况,保证了零件固化成型质量特别是R角固化成型质量。选用了具有预处理和后处理的两步法固化预浸料,很好的解决预浸料与橡胶膨胀不一致导致的橡胶层褶皱问题。零件封装容易操作采用干玻璃布包裹的真空腻子条封挡坯料边缘,合理利用真空腻子条工作温度高的特征,在固化期间对树脂进行封挡,保证坯料的树脂含量,提升了产品质量。

附图说明

[0026] 图1为Z形截面复合材料零件的典型结构图;

[0027] 图2(a)为零件成型模具侧视图;

[0028] 图2(b)为零件成型模具俯视图;

[0029] 图3(a)为匀压盖板成型模具示意图;

[0030] 图3(b)为匀压盖板成型模具示意图;

[0031] 图4为匀压盖板示意图;

[0032] 图5为匀压盖板C区域局部放大图；
[0033] 图6为匀压盖板橡胶褶皱图；
[0034] 图7为匀压盖板自调节示意图；
[0035] 图8为零件叠层的铺层设计示意图；
[0036] 图9为零件铺层铺叠示意图；
[0037] 图中：1A区域；2B区域；3贴袋面；4贴膜具面；5定位圆柱销A；6可拆卸转移把手；7带余量尺寸线；8净尺寸线；9模具外轮廓A；10下陷区A；11角度线；12定位圆柱销B；13模具外轮廓B；14下陷区B；15贴袋面侧；16工装预浸料；17未硫化生橡胶；18阴R角C区域；19成型面即铺贴起始面；20未硫化生橡胶第一层PLY1；21未硫化生橡胶第二层PLY2；22未硫化生橡胶第三层PLY3；23工装预浸料第一层P1；24工装预浸料第二层P2；25工装预浸料第三层P3；26工装预浸料第四层P4；27工装预浸料第五层P5；28R角过渡；29橡胶褶皱区域；30孔(hole)；31铺层外轮廓；32净边界；33铺层延伸面；34Z形零件；35铺层。

具体实施方式

[0038] 以下结合具体实施例对本发明做进一步说明。

[0039] 一种成型Z形截面复合材料零件的工艺方法，具体包括如下步骤：

[0040] 1) 模具制备

[0041] 制备Z形截面复合材料零件成型模具，所述Z形截面复合材料零件成型模具成型面一侧设计一对定位圆柱销，定位圆柱销为金属定位销或氟塑料定位销，Z形截面复合材料零件成型模具用于铺叠、固化成型和检验；

[0042] 制备零件匀压盖板成型模具，所述匀压盖板成型模具成型面一侧设计一对金属定位圆柱销，匀压盖板成型模具具有铺叠与固化成型等功能，匀压盖板成型模具成型面基于零件数模贴袋面侧的理论外形面提取、制造；

[0043] Z形截面复合材料零件成型模具的金属定位圆柱销与匀压盖板成型模具的金属定位圆柱销在空间上和尺寸上保持一致，尺寸为 $\varnothing 6\text{mm}$ ，Z形截面复合材料零件成型模具的氟塑料定位销尺寸为 $\varnothing 5.5\text{mm}$ ；Z形截面复合材料零件成型模具和匀压盖板成型模具均采用与复材零件膨胀系数一致的殷瓦钢材质制造，Z形截面复合材料零件成型模具外轮廓和匀压盖板成型模具外轮廓保持一致，确保最终成型的盖板外轮廓与铺叠的铺层坯料外轮廓保持一致；

[0044] 2) 匀压盖板制备

[0045] ①Z形截面零件匀压盖板形式：选用工装预浸料，预浸料单层料厚0.2mm；未硫化生橡胶，生橡胶单层料厚1.5mm；在匀压盖板的阴R角处填充生橡胶，其他区域填充工装预浸料，生橡胶与工装预浸料连接处采用未硫化生橡胶覆盖在工装预浸料表层的叠层形式；

[0046] ②铺层：从匀压盖板成型模具成型面即铺叠起始面开始依次铺叠工装预浸料的P1、P2、P3、P4、P5层，铺层信息为 $[0/90]_5$ ；与工装预浸料对接的位置铺叠生橡胶的PLY1、PLY2、PLY3层，铺层角度不限；PLY1沿R角过渡区边界外沿5-10mm，PLY2沿PLY1边界外沿5-10_{mm}，PLY3沿PLY1边界外沿5-10_{mm}，所有PLY层均覆盖在P层表层上，覆盖量5-10mm；匀压盖板铺层整铺至匀压盖板成型模具边界；

[0047] ③铺叠、封装：工装预浸料铺层在匀压盖板成型模具定位圆柱销位置铺叠时做除

料处理,随后进行真空压实、放置辅助材料和固化封装;

[0048] ④固化成型:匀压盖板坯料在热压罐内完成预固化并降温、出罐、脱模,预固化参数为:在50℃-70℃恒温14h-17h,固化压力5-7b_{ar};由于橡胶与预浸料膨胀系数不一致,预固化后的匀压盖板R角处橡胶会出现褶皱;

[0049] 将未完全固化的盖板坯料重新封装,利用工装预浸料后处理固化成型,R角橡胶褶皱在高温、高压下被平滑展开;

[0050] 已经完成预固化的匀压盖板坯料重新在热压罐内完成后处理固化并降温、出罐、脱模,固化参数为:180℃-200℃,恒温8h-10h,压力5-7b_{ar};最终获得带销孔的匀压盖板;

[0051] ⑤匀压盖板的自调节:通过在匀压盖板阴角处填充橡胶,使盖板既有刚性又有柔性,刚性通过碳纤维织物提供,柔性通过橡胶提供;柔性橡胶使盖板在使用过程中具有自调节性,以适应一般与理论数模形面不一致的坯料形面状态,根据实际零件成型状态,盖板自调节程度或盖板与坯料匹配程度将包容在零件成型后的厚度公差带内;

[0052] 3) 零件叠层的铺层设计

[0053] 使用CATIA、FiberSIM软件对零件铺层角度和铺层轮廓进行设计,通过CATIA软件沿贴膜面对零件净尺寸铺层进行延伸设计,铺层延伸至Z形截面复合材料零件成型模具边界处,通过FiberSIM软件中CEE模块对延伸过的铺层定义孔“Hole”,孔“Hole”与Z形截面复合材料零件成型模具上的金属定位圆柱销对应;通过数控下料机剪裁零件铺层外轮廓和孔,形成带剪裁孔的铺层;

[0054] 4) 零件铺层铺叠

[0055] 通过Z形截面复合材料零件成型模具的定位圆柱销与铺层上的剪裁孔对正,完成铺层定位与铺叠;

[0056] 5) 零件坯料封装与固化

[0057] 零件完成坯料铺叠后,将Z形截面复合材料零件成型模具上的金属定位圆柱销换成直径略小的氟塑料定位圆柱销,给匀压盖板自调节留有空间;零件坯料表层依次放置可剥布、无孔隔离膜、盖板、无孔隔离膜、透气毡以及真空袋等,由于零件铺层和匀压盖板均被设计成与模具边界一致的尺寸,坯料边缘无需特殊处理,只需沿坯料边缘粘贴未硫化生橡胶即可;封装完成后的坯料按照预浸料树脂固化参数成型零件。

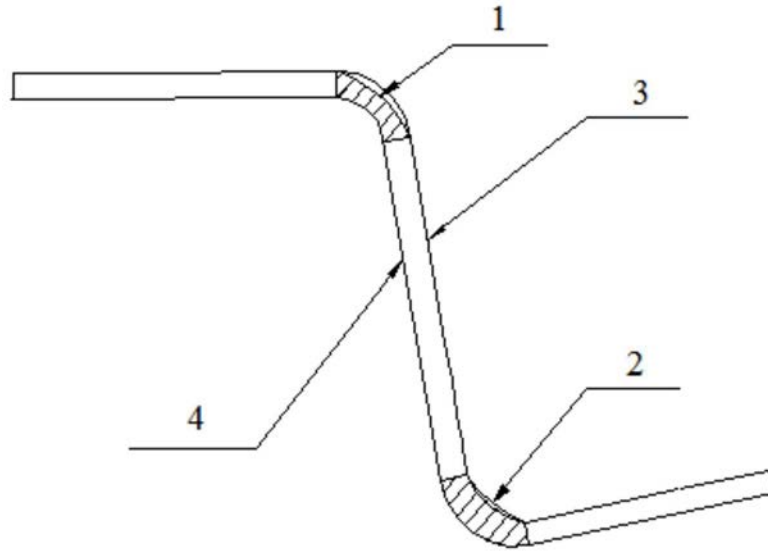


图1

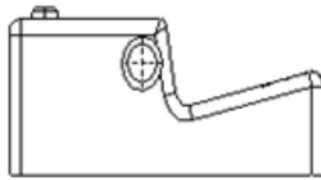


图2(a)

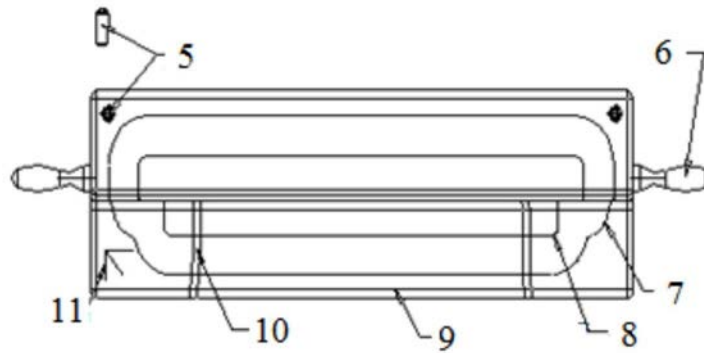


图2(b)

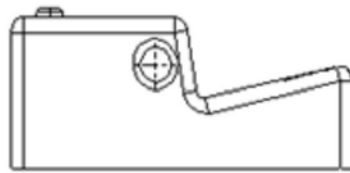


图3(a)

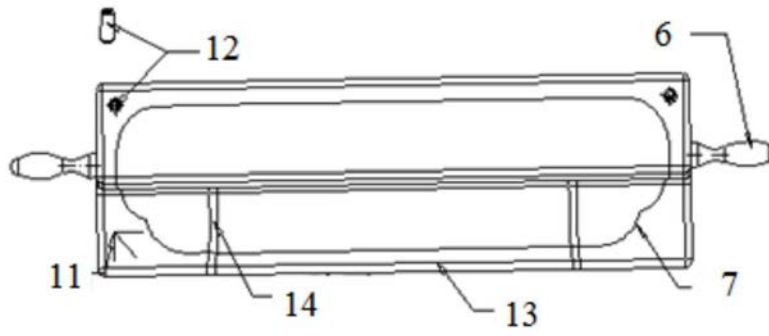


图3(b)

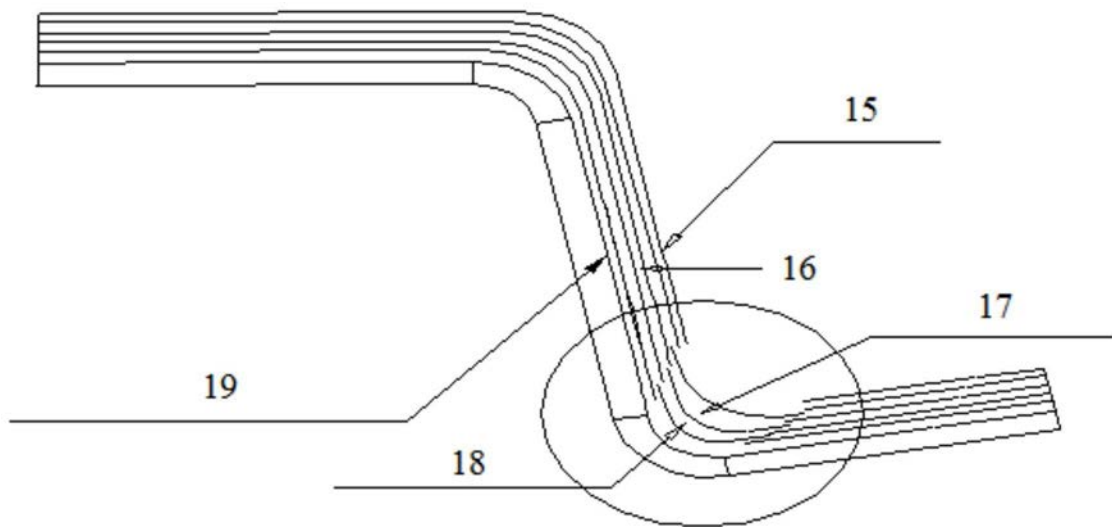


图4

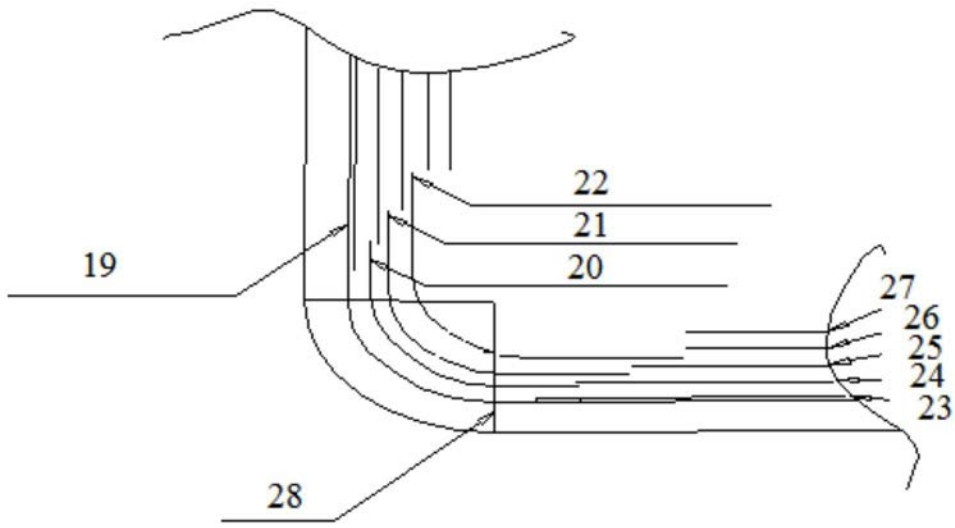


图5

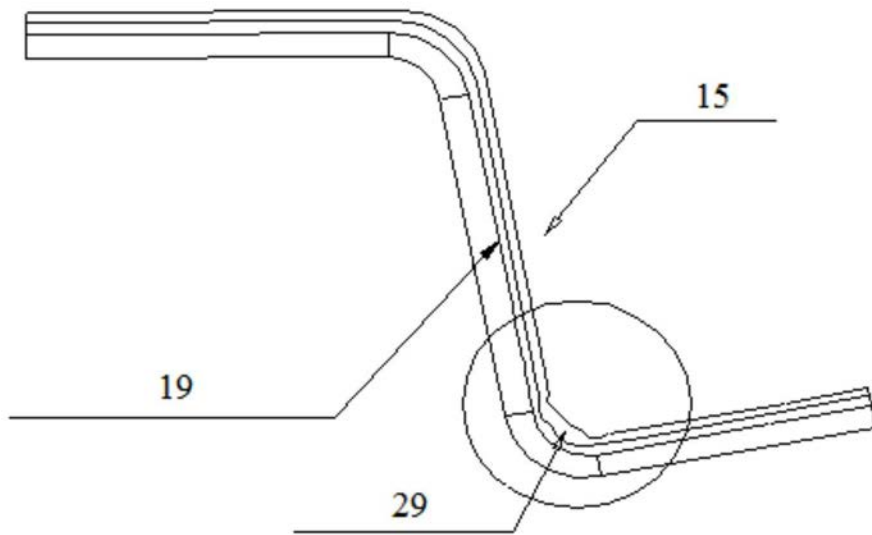


图6

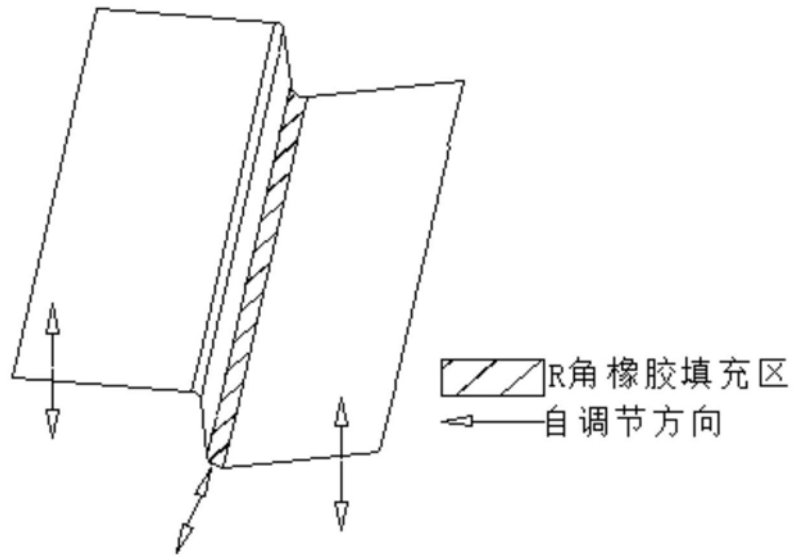


图7

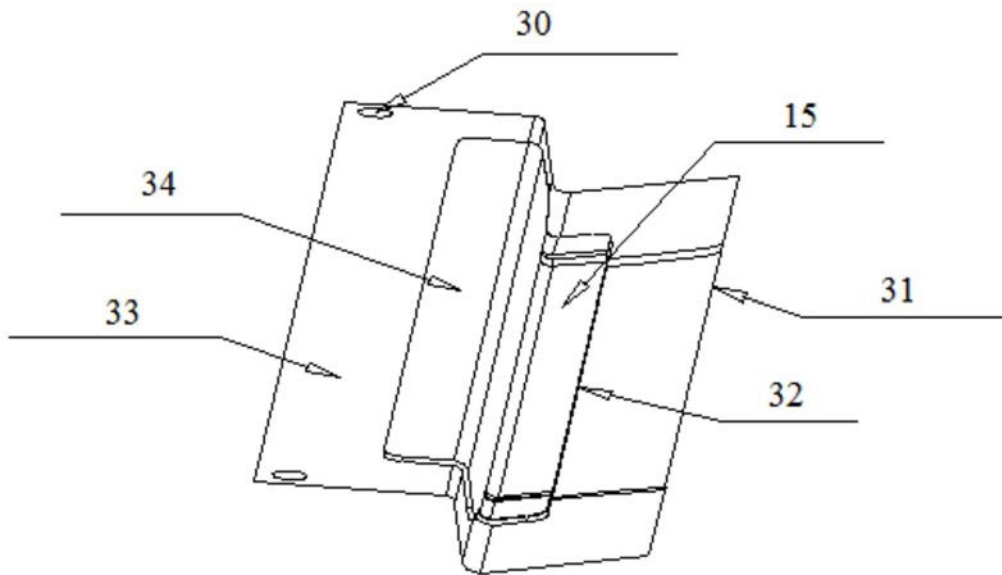


图8

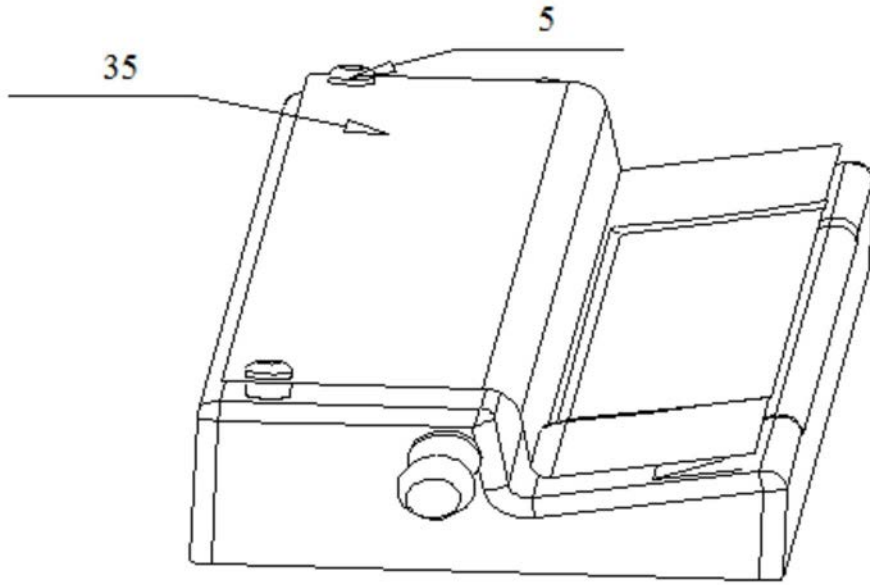


图9