



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117696686 B

(45) 授权公告日 2024.05.07

(21) 申请号 202410167751.6

CN 105921895 A, 2016.09.07

(22) 申请日 2024.02.06

CN 106755922 A, 2017.05.31

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 106917057 A, 2017.07.04

申请公布号 CN 117696686 A

CN 110102924 A, 2019.08.09

(43) 申请公布日 2024.03.15

CN 114643318 A, 2022.06.21

(73) 专利权人 中国航空制造技术研究院

CN 117086504 A, 2023.11.21

地址 100024 北京市朝阳区八里桥北东军庄1号

JP H08337819 A, 1996.12.24

US 2008196381 A1, 2008.08.21

(72) 发明人 曾元松 田硕 白雪飘 王明涛

孟强 董继红 张尚文

丁叁叁等. 残余应力对高速列车A7N01铝合金焊接接头疲劳行为的影响. 焊接学报. 2016, 37(09), 第23-27页.

审查员 陈智国

(51) Int. Cl.

B21D 3/16 (2006.01)

C21D 7/06 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102601167 A, 2012.07.25

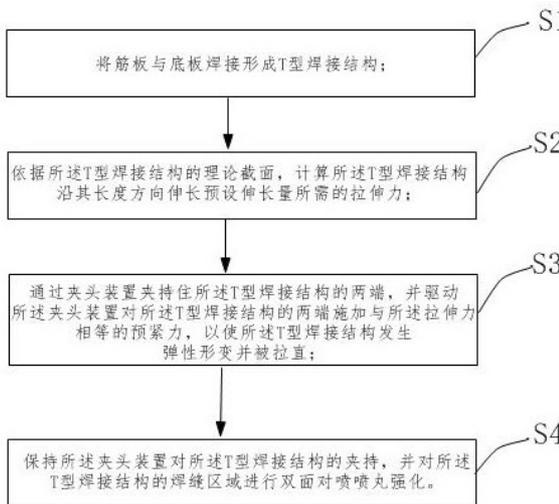
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

T型焊接结构变形校正与焊缝强化的复合加工方法

(57) 摘要

本发明提供了一种T型焊接结构变形校正与焊缝强化的复合加工方法,包括以下步骤:将筋板与底板焊接形成T型焊接结构;依据T型焊接结构的理论截面,计算T型焊接结构沿其长度方向伸长预设伸长量所需的拉伸力;通过夹头装置夹持住T型焊接结构的两端,并驱动夹头装置对T型焊接结构的两端施加与拉伸力相等的预紧力,以使T型焊接结构发生弹性形变并被拉直;保持夹头装置对T型焊接结构的夹持,并对T型焊接结构的焊缝区域进行双面对喷丸强化。本发明能够同时实现消除结构变形、改善焊接区域残余应力分布、提高焊接结构可靠性的效果,提升T型焊接结构的抗疲劳性能。



1. 一种T型焊接结构变形校正与焊缝强化的复合加工方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、将筋板与底板焊接形成T型焊接结构;

S2、依据所述T型焊接结构的理论截面,计算所述T型焊接结构沿其长度方向伸长预设伸长量所需的拉伸力,所述拉伸力 $F=E \times \epsilon \times S$ ,其中,E是所述T型焊接结构的材料的弹性模量, $\epsilon$ 是所述T型焊接结构的伸长量,S是所述T型焊接结构的横截面积,所述预设伸长量为 $0.5\%L$ ,其中,L为所述T型焊接结构沿焊接方向上的长度;

S3、通过夹头装置夹持住所述T型焊接结构的两端,并驱动所述夹头装置对所述T型焊接结构的两端施加与所述拉伸力相等的预紧力,以使所述T型焊接结构发生弹性形变并被拉直;

其中,所述夹头装置包括:

相对设置的第一立柱和第二立柱;

第一夹头,用于夹持所述T型焊接结构的一端;

第二夹头,用于夹持所述T型焊接结构的另一端;

第一预紧件,螺纹连接于所述第一立柱,且端部固定连接于所述第一夹头且用于预紧所述T型焊接结构;

第二预紧件,螺纹连接于所述第二立柱,且端部固定连接于所述第二夹头且用于预紧所述T型焊接结构;

所述第一夹头包括第一夹持部,所述第一夹持部固定连接于所述第一预紧件的端部,所述第一夹持部设有与所述T型焊接结构相适配的第一T型安装槽,所述第一夹持部的表面设有用于将所述T型焊接结构固定于所述第一T型安装槽内的多个第一紧固件;

所述第二夹头包括第二夹持部,所述第二夹持部固定连接于所述第二预紧件的端部,所述第二夹持部设有与所述T型焊接结构相适配的第二T型安装槽,所述第二夹持部的表面设有用于将所述T型焊接结构固定于所述第二T型安装槽内的多个第二紧固件;

S4、保持所述夹头装置对所述T型焊接结构的夹持,并对所述T型焊接结构的焊缝区域进行双面对喷丸强化。

2. 如权利要求1所述的T型焊接结构变形校正与焊缝强化的复合加工方法,其特征在于,在完成步骤S3后,对所述夹头装置和所述T型焊接结构进行遮蔽保护,仅留出焊缝区域。

3. 如权利要求1所述的T型焊接结构变形校正与焊缝强化的复合加工方法,其特征在于,所述第一夹头还包括第一垫片,所述第一垫片设于所述第一紧固件与所述T型焊接结构之间。

4. 如权利要求1所述的T型焊接结构变形校正与焊缝强化的复合加工方法,其特征在于,所述第二夹头还包括第二垫片,所述第二垫片设于所述第二紧固件与所述T型焊接结构之间。

## T型焊接结构变形校正与焊缝强化的复合加工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及航空航天制造技术领域,更具体地说,涉及一种T型焊接结构变形校正与焊缝强化的复合加工方法。

### 背景技术

[0002] 在金属板材的焊接过程中,由于焊缝区局部受热膨胀,受到离焊缝较远部分的约束不能自由伸长,使焊缝区受压产生塑性变形,在随后的冷却中,焊缝区收缩的比其他部位短,又受到离焊缝较远部分的约束不能自由缩短,因而受拉产生残余拉应力,其他部位受到残余压应力。

[0003] 焊接结构内部分布的不均匀残余应力,会对构件产生诸多不利影响,内部焊接残余应力易导致零件产生翘曲变形;较高水平的焊接残余拉应力会导致应力腐蚀开裂,同时加剧磨损量;焊接残余拉应力容易导致裂纹产生和扩展,降低焊接结构的疲劳性能。现阶段,焊后减少焊接残余应力和焊接变形的的方法主要有消除应力退火、冷拉伸、火焰法或振动法、锤击、碾压、喷丸等,但是单一的处理方法仅能对残余应力或者焊接变形进行改善,无法同时实现应力调控和变形控制的目的,同时热处理方法可能在焊接件中产生再热脆化和再热裂纹。

### 发明内容

[0004] (一)要解决的技术问题

[0005] 本发明要解决的技术问题是现有的处理方法仅能对残余应力或者焊接变形进行改善,无法同时实现应力调控和变形控制的目的。

[0006] (二)技术方案

[0007] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0008] 本发明提供一种T型焊接结构变形校正与焊缝强化的复合加工方法,包括以下步骤:

[0009] S1、将筋板与底板焊接形成T型焊接结构;

[0010] S2、依据所述T型焊接结构的理论截面,计算所述T型焊接结构沿其长度方向伸长预设伸长量所需的拉伸力;

[0011] S3、通过夹头装置夹持住所述T型焊接结构的两端,并驱动所述夹头装置对所述T型焊接结构的两端施加与所述拉伸力相等的预紧力,以使所述T型焊接结构发生弹性形变并被拉直;

[0012] S4、保持所述夹头装置对所述T型焊接结构的夹持,并对所述T型焊接结构的焊缝区域进行双面对喷喷丸强化。

[0013] 优选地,所述拉伸力 $F=E \times \varepsilon \times S$ ,其中,E是所述T型焊接结构的材料的弹性模量, $\varepsilon$ 是所述T型焊接结构的伸长量,S是所述T型焊接结构的横截面积。

[0014] 优选地,所述预设伸长量为 $0.5L$ ,其中,L为所述T型焊接结构沿焊接方向上的长

度。

[0015] 优选地,在完成步骤S3后,对所述夹头装置和所述T型焊接结构进行遮蔽保护,仅留出焊缝区域。

[0016] 优选地,所述夹头装置包括:相对设置的第一立柱和第二立柱、第一夹头、第二夹头、第一预紧件以及第二预紧件;第一夹头用于夹持所述T型焊接结构的一端;第二夹头用于夹持所述T型焊接结构的另一端;第一预紧件螺纹连接于所述第一立柱,且端部固定连接于所述第一夹头;第二预紧件螺纹连接于所述第二立柱,且端部固定连接于所述第二夹头。

[0017] 优选地,所述第一夹头包括第一夹持部,所述第一夹持部固定连接于所述第一预紧件的端部,所述第一夹持部设有与所述T型焊接结构相适配的第一T型安装槽,所述第一夹持部的表面设有用于将所述T型焊接结构固定于所述第一T型安装槽内的多个第一紧固件。

[0018] 优选地,所述第一夹头还包括第一垫片,所述第一垫片设于所述第一紧固件与所述T型焊接结构之间。

[0019] 优选地,所述第二夹头包括第二夹持部,所述第二夹持部固定连接于所述第二预紧件的端部,所述第二夹持部设有与所述T型焊接结构相适配的第二T型安装槽,所述第二夹持部的表面设有用于将所述T型焊接结构固定于所述第二T型安装槽内的多个第二紧固件。

[0020] 优选地,所述第二夹头还包括第二垫片,所述第二垫片设于所述第二紧固件与所述T型焊接结构之间。

[0021] (三)有益效果

[0022] 本发明的上述技术方案至少具有如下优点:

[0023] 1、本发明针对T型焊接结构焊后产生不均匀焊接残余应力和宏观翘曲变形的问題,通过对T型焊接结构采用施加长度方向(焊接方向)上的预紧力后进行焊缝区域的喷丸强化,同时实现消除结构变形、改善焊接区域残余应力分布、提高焊接结构可靠性的效果,提升T型焊接结构的抗疲劳性能。

[0024] 2、相对于采用单一处理方式(如喷丸)进行矫形的工艺而言,本发明对零件预先施加预紧力进行拉伸,改善了零件的变形程度,从而减少了喷丸的时间,提供了生产效率,降低了生产成本,本发明提供的复合加工方法的是一种高效、低成本、高可靠的方法,具有良好的经济效益。

## 附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1是本发明实施例提供的T型焊接结构的结构示意图。

[0027] 图2是本发明实施例提供的T型焊接结构变形校正与焊缝强化的复合加工方法的流程图。

[0028] 图3是本发明实施例提供的夹头装置的结构示意图。

[0029] 图4是本发明实施例提供的T型焊接结构的一具体实施例的尺寸图。

[0030] 图中各附图标记为：

[0031] 1、筋板；2、底板；10、T型焊接结构；20、夹头装置；21、第一立柱；22、第二立柱；23、第一夹头；24、第二夹头；25、第一预紧件；26、第二预紧件；241、第二夹持部；242、第二紧固件。

### 具体实施方式

[0032] 为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0033] 需要说明的是，当元件被称为“固定于”或“设置于”另一个元件，它可以直接位于另一个元件上或者间接位于另一个元件上。当一个元件被称为“连接于”另一个元件，它可以是直接连接或间接连接至另一个元件。

[0034] 需要理解的是，术语“长度”、“宽度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明，而不是指示装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0035] 此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示相对重要性或指示技术特征的数量。在本发明的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。以下结合具体实施例对本发明的具体实现进行更加详细的描述：

[0036] 如图1、图2和图3所示，本发明实施例提供一种T型焊接结构变形校正与焊缝强化的复合加工方法，包括以下步骤：

[0037] S1、将筋板1与底板2焊接形成T型焊接结构10；T型焊接结构10包括但不限于T型焊接接头以及工字型焊接接头。

[0038] S2、依据T型焊接结构10的理论截面，计算T型焊接结构10沿其长度方向伸长预设伸长量所需的拉伸力；具体地，当T型焊接结构10被拉伸达到该预设伸长量后，在其长度方向上发生弹性形变被拉直。

[0039] S3、通过夹头装置20夹持住T型焊接结构10的两端，并驱动夹头装置20对T型焊接结构10的两端施加与拉伸力相等的预紧力，以使T型焊接结构10发生弹性形变并被拉直；具体地，可通过力矩扳手进行预紧，使得预紧力等于拉伸力。

[0040] S4、保持夹头装置20对T型焊接结构10的夹持，并对T型焊接结构10的焊缝区域进行双面对喷丸强化。施加预紧力仅可使T型焊接结构10发生弹性形变，若从夹头装置20上卸载T型焊接结构10，T型焊接结构10仍会恢复原样，在夹头装置20的夹持作用下对T型焊接结构10的焊缝区域进行双面对喷丸强化，以消除焊缝区域的残余应力并使得T型焊接结构10定型。双面对喷丸强化可以使得T型焊接结构10定型，保持其被拉直后的状态，进而实现对T型焊接结构10的形状矫正，可以提高后续加工的精度。此外，通过外部施加的沿长度方向上的预紧力，引入弹性补偿，可以与焊缝区域残留的压应力和拉应力相抵消，改善焊接区域残余应力分布，提高焊接结构的可靠性。

[0041] 在其中一个实施例中，拉伸力 $F=E \times \varepsilon \times S$ ，其中，E是T型焊接结构10的材料的弹性

模量,  $\epsilon$  是T型焊接结构10的伸长量,  $S$  是T型焊接结构10的横截面积。

[0042] 在其中一个实施例中, 预设伸长量为 $0.5\%L$ , 其中,  $L$  为T型焊接结构10沿焊接方向上的长度。T型焊接结构10一般都为金属材料制成, 大部分金属材料在预设伸长量为 $0.5\%L$ 时, 会发生弹性形变。

[0043] 在其中一个实施例中, 在完成步骤S3后, 对夹头装置20和T型焊接结构10进行遮蔽保护, 仅留出焊缝区域。对夹头装置20和T型焊接结构10进行遮蔽的目的是为了避免喷丸喷射到该区域。

[0044] 在其中一个实施例中, 夹头装置20包括: 相对设置的第一立柱21和第二立柱22、第一夹头23、第二夹头24、第一预紧件25以及第二预紧件26; 第一夹头23用于夹持T型焊接结构10的一端; 第二夹头24用于夹持T型焊接结构10的另一端; 第一预紧件25螺纹连接于第一立柱21, 且端部固定连接于第一夹头23; 第二预紧件26螺纹连接于第二立柱22, 且端部固定连接于第二夹头24。具体地, 第一预紧件25包括但不限于螺丝和螺柱; 第二预紧件26包括但不限于螺丝和螺柱。

[0045] 在其中一个实施例中, 第一夹头23包括第一夹持部, 第一夹持部固定连接于第一预紧件25的端部, 第一夹持部设有与T型焊接结构10相适配的第一T型安装槽, 第一夹持部的表面设有用于将T型焊接结构10固定于第一T型安装槽内的多个第一紧固件。具体地, 第一紧固件包括但不限于螺丝和螺柱。第一紧固件有多个, 可以分别用于固定筋板1的顶面和侧面, 以及底板2的顶面。

[0046] 在其中一个实施例中, 第一夹头23还包括第一垫片, 第一垫片设于第一紧固件与T型焊接结构10之间。放置第一垫片的目的是为了防止第一紧固件端部在零件表面产生压痕。

[0047] 在其中一个实施例中, 第二夹头24包括第二夹持部241, 第二夹持部241固定连接于第二预紧件26的端部, 第二夹持部241设有与T型焊接结构10相适配的第二T型安装槽, 第二夹持部241的表面设有用于将T型焊接结构10固定于第二T型安装槽内的多个第二紧固件242。具体地, 第二紧固件242包括但不限于螺丝和螺柱。第二紧固件有多个, 可以分别用于固定筋板1的顶面和侧面, 以及底板2的顶面。

[0048] 在其中一个实施例中, 第二夹头24还包括第二垫片, 第二垫片设于第二紧固件242与T型焊接结构10之间。放置第二垫片的目的是为了防止第二紧固件242端部在零件表面产生压痕。

[0049] 以下为本申请提供的一具体实施例:

[0050] 以某截面为“工”字型的2A97铝锂合金焊接T型焊接结构为例, 说明本实施例的具体实施过程。2A97铝锂合金弹性模量为77GPa, 依据图4的截面尺寸, 计算出T型焊接结构沿纵向伸长 $0.5\%$ 所需的拉伸力为192885N。依次预紧第一紧固件和第二紧固件242, 将T型焊接结构安装在夹头装置中。第一预紧件25和第二预紧件26为8.8级M48钢制螺钉, 由螺栓预紧力公式计算得出当预紧力为192885N时的预紧力矩为 $1656\text{N} \cdot \text{m}$ 。将固定在夹头装置的T型焊接结构放在第一立柱21和第二立柱22之间, 通过力矩扳手对第一预紧件25和第二预紧件26进行预紧, 预紧力矩为 $1656\text{N} \cdot \text{m}$ 。最后对夹头装置和T型焊接结构进行遮蔽保护, 仅留出焊缝区域, 通过喷丸机对焊缝区域进行双面对喷喷丸强化, 强化结束后拆卸夹头装置。

[0051] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精

神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

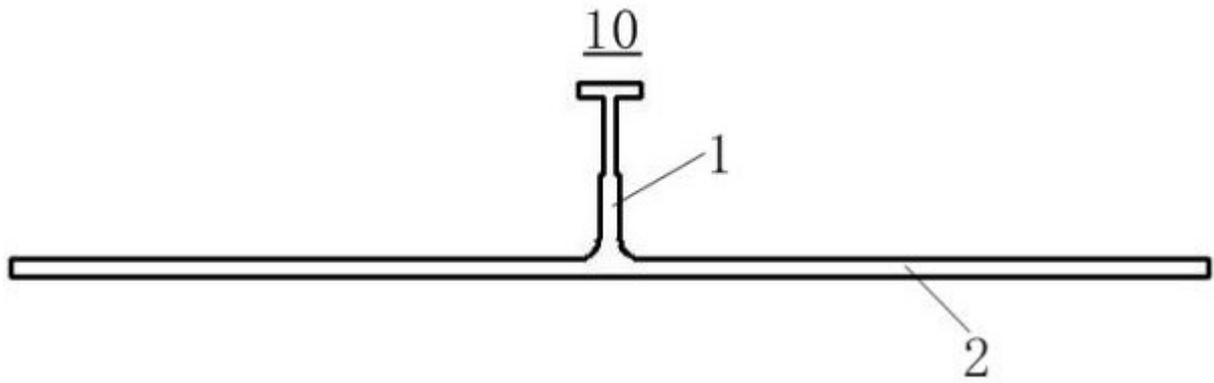


图 1

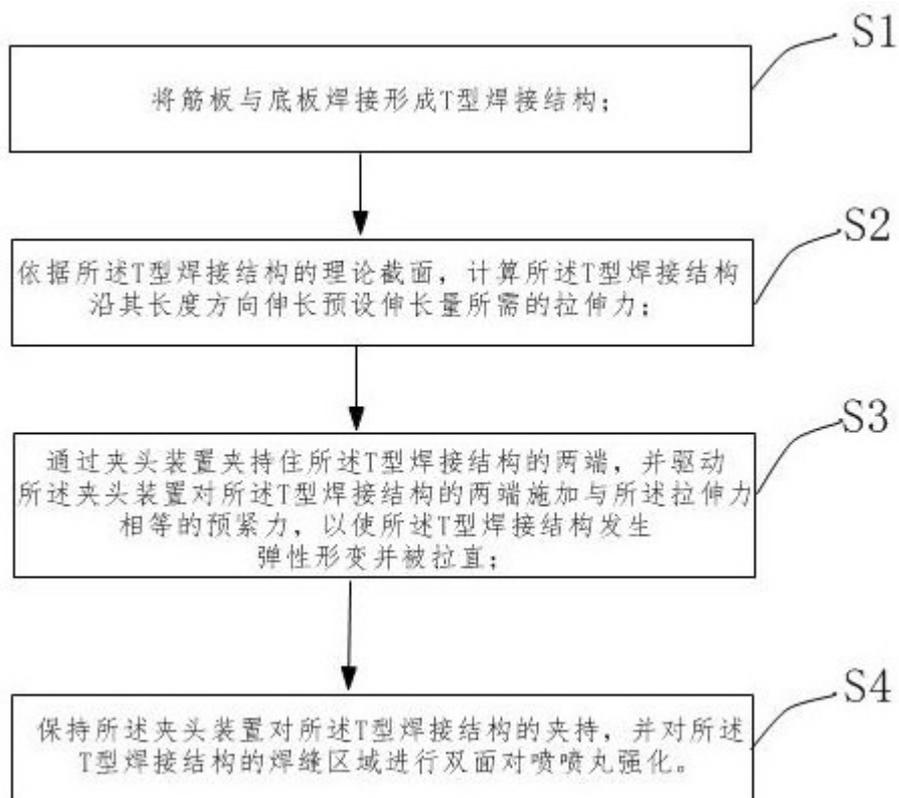


图 2

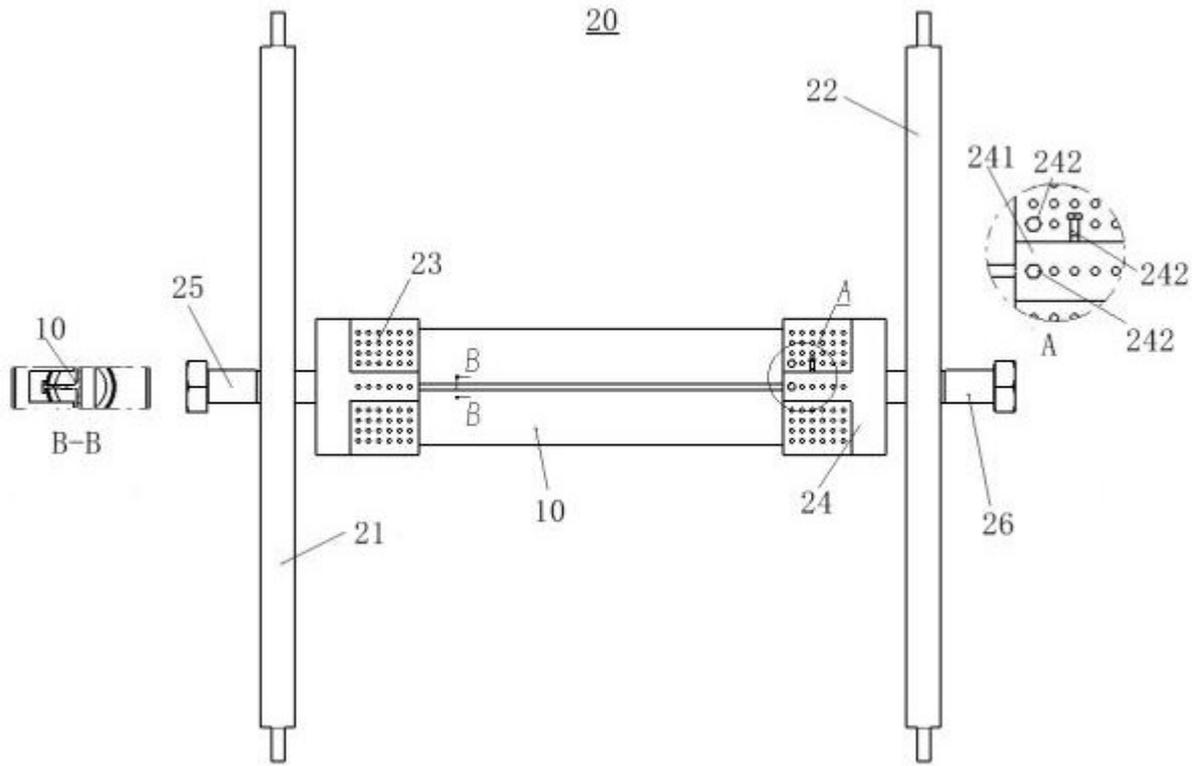


图 3

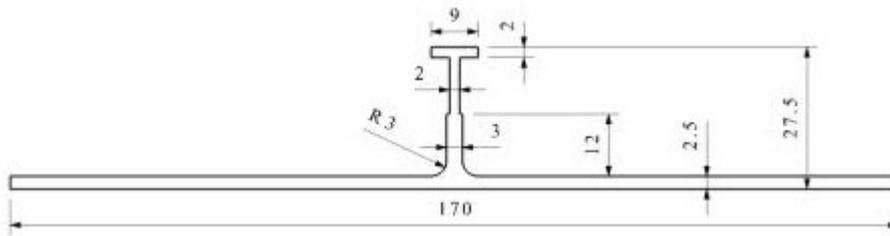


图 4