



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111408912 B

(45) 授权公告日 2021.08.20

(21) 申请号 202010405151.0

B23K 20/24 (2006.01)

(22) 申请日 2020.05.14

B23K 20/26 (2006.01)

B23K 37/04 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111408912 A

(43) 申请公布日 2020.07.14

(73) 专利权人 中国兵器工业第五九研究所

地址 400039 重庆市九龙坡区渝州路33号

(72) 发明人 代野 吴护林 李忠盛 陈大军

戴明辉 付扬帆 张隆平 李立

(74) 专利代理机构 重庆晶智汇知识产权代理事

务所(普通合伙) 50229

代理人 李靖

(51) Int. Cl.

B23P 15/00 (2006.01)

B23K 20/12 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1451509 A, 2003.10.29

CN 202804693 U, 2013.03.20

CN 105209208 A, 2015.12.30

CN 204171744 U, 2015.02.25

JP S58143103 A, 1983.08.25

CN 101367156 A, 2009.02.18

CN 103331515 A, 2013.10.02

US 5492581 A, 1996.02.20

CN 104551380 A, 2015.04.29

CN 104759823 A, 2015.07.08

JP H11192564 A, 1999.07.21

审查员 刘南

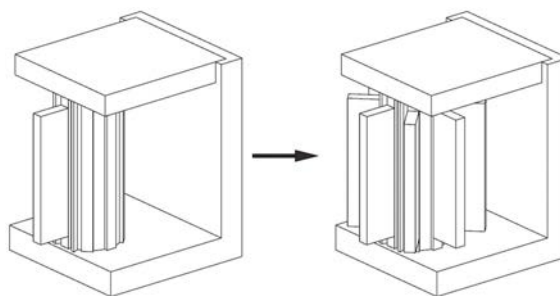
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种小直径窄间隙薄壁多叶片构件的制备方法及其夹持工装

(57) 摘要

一种小直径窄间隙薄壁多叶片构件的夹持工装,包括端盖板(01)、背板(03)和底板(02),底板(02)上设置一个与筒体端外形轮廓相同的盲孔(04),背板(03)上方加工出与上端盖板(01)相接触的台阶槽(05);上端盖板(01)下方加工出与筒体上端面定位换向槽相对应的定位凸台(06),夹持筒体时,将筒体放入底板上对应轮廓的盲孔(04)中,上端盖板(01)上的定位凸台(06)对应放在筒体上端面定位换向槽内。本发明方法可实现单焊缝大高宽比、多焊缝、焊接空间间隙窄等特殊构件的高精度焊接,可实现筒体直径30mm~100mm范围内钛合金、高温合金、钢等等同种或异种金属多叶片构件高精度高强可靠焊接,提高了材料利用率,降低生产成本。



1. 一种小直径窄间隙薄壁多叶片构件的夹持工装,其特征在于:所述夹持工装包括端盖板(01)、背板(03)和底板(02),底板上设置一个盲孔(04),盲孔(04)内表面均匀分布有与待加工构件叶片数相同的盲孔台阶(08),背板(03)上方加工出与上端盖板(01)相接触的台阶槽(05);上端盖板(01)下方与盲孔(04)垂直对应的位置处设有与盲孔台阶(08)数量相同的定位凸台(06),定位凸台(06)与盲孔台阶(08)位置对应,在待焊接位置的盲孔台阶(08)两侧设置飞边导向条(07),以销的形式垂直固定在上端盖板(01)和底板(02)中,形成导向结构。

2. 如权利要求1所述的一种小直径窄间隙薄壁多叶片构件的夹持工装,其特征在于:所述飞边导向条(07)为方形条状,其宽度为3~5mm,长度高于盲孔台阶(08)端面2~3mm。

3. 如权利要求1或2所述的一种小直径窄间隙薄壁多叶片构件的夹持工装,其特征在于:所述盲孔(04)深15~25mm,盲孔距离底板侧边边缘最小距离大于5mm,底板(02)底板前后尺寸大于构件叶片形成的圆形的直径。

## 一种小直径窄间隙薄壁多叶片构件的制备方法及夹持工装

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种金属固相焊接技术领域,具体涉及一种小直径窄间隙薄壁多叶片构件的夹持工装及加工方法。

### 背景技术

[0002] 线性摩擦焊接技术是近年来快速发展的一种固相焊接方法,焊接过程中,摩擦副中一侧工件被往复机构驱动,相对于另一侧被夹紧工件作相对运动。焊接界面金属在往复摩擦与轴向压力作用下,摩擦表面产生摩擦热,氧化夹杂物被清理,焊接接头高温区域均匀化后,界面金属被挤出形成飞边。待足量金属被挤出后,停止往复运动并施加顶锻力,完成焊接。该技术具有接头质量高、材料利用率高、生产效率高、环境清洁等优点,对于非圆形构件,线性摩擦焊接技术能克服焊接形状对惯性摩擦焊、连续驱动摩擦焊的限制,可实现高温合金、钛合金等难加工金属材料焊接,主要用于航空发动机整体叶盘等多叶片构件焊接及修复、飞机框架梁类零件制造等。

[0003] 目前,针对小直径窄间隙薄壁多叶片构件工件主要采用整体机加的工艺制造,整体机加成形,材料利用率极低,加工时间长,生产成本低。采用常规线性摩擦焊接时,小直径窄间隙薄壁多叶片构件的相邻叶片焊缝之间的间隙小,焊接过程中形成的飞边影响相邻焊接面阻碍连续焊接,焊接效率低,界面金属挤出不完全,焊接接触面容易出现焊接缺陷。

### 发明内容

[0004] 针对上述技术问题,本发明提供一种小直径窄间隙薄壁多叶片构件的夹持工装。

[0005] 本发明另一目的在于提供一种基于上述夹持工装的小直径窄间隙薄壁多叶片构件的制备方法,解决整体加工复杂等问题。

[0006] 本发明目的通过以下技术方案实现:

[0007] 一种小直径窄间隙薄壁多叶片构件的夹持工装,其特征在于:所述夹持工装包括端盖板、背板和底板,底板上设置一个盲孔,盲孔内表面均匀分布有与待加工构件叶片数相同的盲孔台阶,背板上加工出与上端盖板相接触的台阶槽;上端盖板下方与盲孔垂直对应的位置处设有与盲孔台阶数量相同的定位凸台,定位凸台与盲孔上的台阶位置对应,在待焊接位置的盲孔台阶两侧设置飞边导向条,以销的形式垂直固定在上端盖板和底板中,形成导向结构。

[0008] 上述待焊接位置是待焊接叶片对应的筒体台阶的固定位置。

[0009] 进一步,上述飞边导向条为方形柱状条,采用高温合金制备,其宽度为3~5mm,长度高于台阶端面2~3mm。

[0010] 上述小直径窄间隙薄壁多叶片构件包括叶片和筒体,筒体表面均匀分布有对应叶片数量的台阶,筒体上端对应台阶设有定位换向槽,夹持筒体时,将筒体放入底板上对应轮廓的盲孔中,上端盖板上的定位凸台对应放在筒体上端面定位换向槽内。

[0011] 本发明通过夹持工装上端盖板上的定位凸台和底板上的盲孔,对构件的筒体端进行夹持和旋转固定,保证其旋转精度。

[0012] 在线性摩擦焊接过程中,在往复剪切力和轴向压力的作用下,摩擦界面的金属被加热到热塑性状态,从摩擦界面四周挤出,形成波纹状飞边,由于构件为小直径窄间隙薄壁多叶片结构构件,叶片之间的间隙较窄,焊接后挤出的飞边阻挡了相邻叶片的焊接,构件无法进行连续焊接。因此本发明设置了飞边导向结构,通过飞边导向条引导叶片两侧的飞边沿着导向条定向挤出,不干涉相邻台阶的焊接面,从而实现连续焊接工作。

[0013] 进一步,上述盲孔与所述构件的筒体端底部轮廓相同,盲孔的轮廓尺寸较筒体底部轮廓留有0.5mm余量,盲孔深15~25mm,盲孔距离底板侧边边缘最小距离大于5mm,底板前后尺寸大于构件叶片形成的圆形的直径。

[0014] 一种小直径窄间隙薄壁多叶片结构的制备,依次包括对原材料进行焊前加工、工件夹持、线性摩擦焊接和焊后机加工,其特征在于:所述原材料为钛合金、高温合金、钢等同种或异种金属;所述焊前加工是加工出构件所需的叶片和筒体,所述叶片为长方体结构,叶片宽度为5~20mm,叶片数量为3~12片;所述筒体为实心棒状或管状结构,直径为30mm~100mm,管状结构的最小壁厚为8~10mm,在筒体表面均匀加工出与叶片数量对应的台阶,台阶根部到筒体圆心的距离为筒体最终直径,筒体上端面加工出与台阶位置相对应的定位换向槽,槽宽为5~8mm,槽深8~15mm;所述工件夹持是通过夹持工装对筒体进行夹持和旋转定位,所述夹持工装由上端盖板、背板和底板组成,底板上设置一个与筒体端外形轮廓相同的盲孔,背板上加工出与上端盖板相接触的台阶槽;上端盖板下方加工出与筒体上端面定位换向槽相对应的定位凸台,定位凸台宽度比筒体上端面定位换向槽宽度小0.05mm~0.1mm,保证定位凸台可放入定位换向槽内,定位凸台高度比筒体上端面定位换向槽低1~2mm;夹持筒体时,将筒体放入底板上对应轮廓的盲孔中,上端盖板上的定位凸台对应放在筒体上端的定位换向槽内。

[0015] 进一步,上述夹持工装在待焊叶片对应的筒体端台阶两侧与相邻的台阶之间设置方形柱状的飞边导向条,以销的形式固定在上端盖板和底板中,形成导向结构,飞边导向条采用高温合金制备,飞边导向条高度与筒体端工件整体高度相同,宽度为3~5mm,长度比台阶长度大2~3mm。

[0016] 进一步,上述盲孔深15~25mm,盲孔距离底板侧边边缘最小距离大于5mm,底板前后尺寸大于构件叶片形成的圆形的直径。

[0017] 进一步,所述叶片宽度为W,台阶宽度为 $(W+1\sim 2)$  mm,叶片高度为H,台阶高度为 $(H+20\sim 40)$  mm,焊后径向缩短量为D,台阶长度为 $(1/2D+1\sim 3)$  mm。

[0018] 进一步,所述叶片宽度为5~20mm,台阶宽度为6~22mm。

[0019] 进一步,上述焊接时,振幅2~5mm、频率为20~60Hz,摩擦压力40~70MPa、摩擦时间2~6s,顶锻压力60~100MPa、保压时间10~20s。

[0020] 在焊接过程中,会出现叶片根部与筒体外表面接触不均匀,焊接界面金属及氧化杂物挤出不完全,热变形不均匀,在焊接面形成缺陷,从而导致焊接强度降低。本发明在筒体上加工台阶,并通过控制台阶尺寸,再结合线性摩擦焊接,焊接过程中叶片与筒体的焊接界面均匀、充分接触,使其受热形变均匀,确保焊接界面金属流动顺畅,充分挤出,大大降低焊接表面的焊接缺陷,使得各叶片与筒体的连接强度高,焊缝区力学性能高于母材,质量一

致性好。

[0021] 进一步,焊接完成后,对构件整体焊后飞边进行线切割去除。

[0022] 最具体的,一种小直径窄间隙薄壁多叶片构件的制备方法,其特征在于,按如下步骤进行:

[0023] (1) 焊前加工

[0024] 根据构件结构,将原材料加工出相应数量叶片和筒体,叶片宽度为5~20mm,长度为L,高度为H,叶片焊接后的径向缩短量为D,叶片数量为3~12片;筒体为实心棒状或管状结构,高度为50mm~200mm,直径为30mm~100mm,管状结构的最小壁厚为8~10mm,根据构件最终叶片位置及数量,在筒体表面均匀加工出相应数量的台阶,筒体上台阶根部到筒体圆心的距离为筒体最终直径,台阶宽度为6~22mm,台阶长度为 $(1/2D+1\sim 3)$  mm台阶高度为 $(H+20\sim 40)$  mm,筒体上端面加工出与对应台阶位置和数量的定位换向槽,槽宽为5~8mm,槽深8~15mm,上述原材料可为钛合金、高温合金、钢等同种或异种金属;

[0025] (2) 工件夹持

[0026] 焊前加工完成后,对筒体进行工装夹持固定,设计了高精度夹持及定位的夹持工装一套,整套夹持工装采用高强钢制造,由上端盖板、背板和底板组成,底板加工出一个与筒体端外形轮廓相同的盲孔,盲孔上有与筒体表面台阶对应的盲孔台阶,盲孔内表面尺寸较筒体端工件外表面尺寸留有0.5mm余量,以方便装夹,盲孔深15~25mm,盲孔距离底板侧边缘最小距离大于5mm,以保证工装刚度,底板前后宽度尺寸大于成品件对称叶片间最大距离;背板上加工出与上端盖板相接触台阶槽;上端盖板为长方体结构,上端盖板下表面加工出筒体上端面定位换向槽对应的定位凸台,定位凸台宽度比筒体上端面定位换向槽宽度小0.05~0.1mm,定位凸台高度比筒体上端面定位换向槽小1~2mm;夹持筒体时,将筒体对应轮廓放入底板上的盲孔中,上端盖板定位凸台对应放在筒体上端面定位换向槽内,上端盖板后侧搭接在背板上台阶槽上;

[0027] 在正向待焊接位置处的盲孔台阶与相邻两个盲孔台阶之间,设置方形柱状飞边导向条,以销的方式插入夹持工装的上端盖板和底板中固定,飞边导向条高度与筒体端工件整体高度相同,宽度为3~5mm,长度比台阶长度大2~3mm;

[0028] (3) 线性摩擦焊接

[0029] 设定线性摩擦焊接参数,包括频率20~60Hz,振幅2~5mm,摩擦压力40~70MPa,摩擦时间2~6s,顶锻压力60~100MPa,保压时间10~20s;设定完成焊接参数,在筒体正向对应待焊接位置的凸台上进行第一个叶片焊接,首片焊接完成后,重复焊接过程,直至全部叶片焊接完成;

[0030] (4) 焊后机加工

[0031] 焊接完成后,对整体构件焊后飞边进行线切割切除。

[0032] 本发明具有如下技术效果:

[0033] 本发明方法焊接,可实现单焊缝大高宽比、多焊缝、焊接空间间隙窄等特殊结构件的高精度焊接,可实现筒体直径30mm~100mm范围内钛合金、高温合金、钢等等同种或异种金属多叶片构件高精度高强可靠焊接,提高了材料利用率,降低生产成本;

[0034] 焊接界面金属流动顺畅,各叶片与筒体的焊接强度高,旋转精度高,焊接过程中各叶片与筒体之间等强度焊接,结构热变形均匀,应力分布均匀,质量一致性好;

[0035] 通过高精度夹持及定位夹持工装,实现多次焊接快速切换,通过筒体端飞边导向机构,可保证焊接过程中飞边定向挤出,从而实现多叶片不间断焊接,提高焊接效率。

### 附图说明

[0036] 图1:本发明单叶片焊后示意图。

[0037] 图2:本发明夹持工装结构示意图;

[0038] 其中01-上端盖板、02-底板、03-背板、04-凸台、05-台阶槽、07-飞边导向条。

[0039] 图3:本发明上端盖板结构俯视图。

[0040] 其中06-定位凸台

[0041] 图4:本发明底板结构示意图。

[0042] 其中08-盲孔台阶

[0043] 图5:本发明复杂薄壁多叶片构件线性摩擦焊接过程示意图。

### 具体实施方式

[0044] 下面通过实施例对本发明进行具体的描述,有必要在此指出的是,以下实施例只用于对本发明进行进一步说明,不能理解为对本发明保护范围的限制,该领域的技术人员可以根据上述本发明内容对本发明作出一些非本质的改进和调整。

[0045] 实施例1

[0046] 一种小直径窄间隙薄壁多叶片构件线性摩擦焊接方法,按如下步骤进行:

[0047] 本实施例中,加工构件的筒体外径为52mm,叶片数为10的TC4钛合金薄壁叶片构件焊接,其中筒体壁厚为11mm,高度为150mm,叶片尺寸为:40mm×9mm×140mm(长×宽×高)。

[0048] (1) 焊前加工

[0049] 根据构件结构,加工出长、宽和高分别为45mm、9mm和140mm的10个叶片,叶片长度较最终成品留有5mm径向缩短量;筒体端为管材,根据构件最终叶片数量,在筒体表面均匀加工出10个台阶,筒体上台阶根部至筒体圆心的距离为52mm,台阶长度为5mm,台阶宽度为10mm,台阶高度为165mm,为匹配夹持工装,在上方加工定位换向槽,定位换向槽数量为10,位置与台阶位置相对应,槽宽为6mm,槽深10mm。

[0050] (2) 工件夹持

[0051] 焊前加工完成后,对筒体进行装夹固定,设计了高精度夹持及定位夹持工装一套,整套夹持工装采用42CrMo钢制造,由上端盖板01、底板02和背板03组成,底板02上加工出一个与筒体端外形相同的盲孔04,盲孔04上有与筒体表面台阶对应的盲孔台阶08,盲孔04内表面尺寸较筒体端工件外表面尺寸留有0.5mm余量,以方便装夹,盲孔04深20mm,盲孔04距离底板02侧边缘最小距离为7mm,以保证工装刚度,底板02前后宽度尺寸大于成品件对称叶片间最大距离;背板03上方加工出与上端盖板01相接触的台阶槽05;上端盖板01为长方体结构,其下表面加工出与筒体上端面定位换向槽相对应的定位凸台06,定位凸台06宽度为5.9mm,高度为9mm;在待焊接位置的盲孔台阶08与相邻的两个盲孔台阶之间,设置由Ti-Al高温合金制备的飞边导向条07,以销的方式插入夹持工装的上端盖板01和底板02中固定,飞边导向条07高度与筒体端工件整体高度相同,宽度为4mm,长度比台阶长度大2mm;为保证飞边导向条的力学性能和耐高温性能,影响本实施例采用高温合金制备,预防飞边挤出时

对飞边导向条造成破坏,影响其导向作用,也可采用其他满足条件的材料制备如高强钢等;

[0052] (3) 线性摩擦焊接

[0053] 设定线性摩擦焊接参数,包括频率40Hz,振幅4mm,摩擦压力50MPa,摩擦时间5s,顶锻压力80MPa,保压时间15s;设定完成焊接参数,在筒体正向对应台阶上进行第一个叶片焊接,首片焊接完成后,重复焊接过程直至全部叶片焊接完成;

[0054] (4) 焊后机加工

[0055] 焊接完成后,对整体构件焊后飞边进行线切割切除。

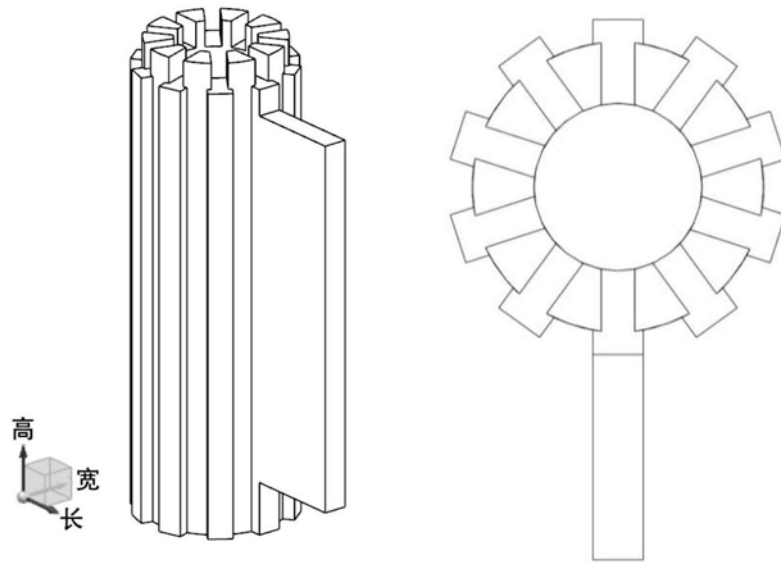


图1

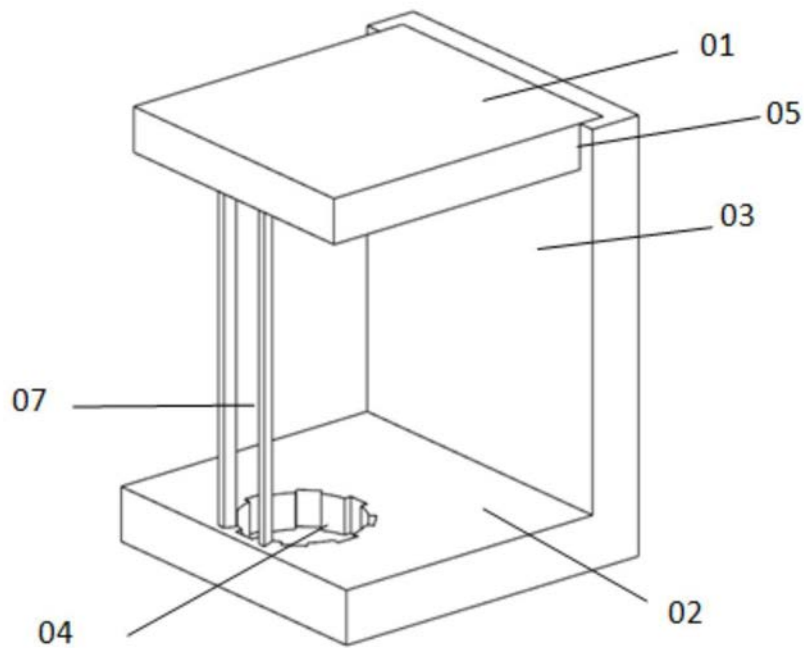


图2

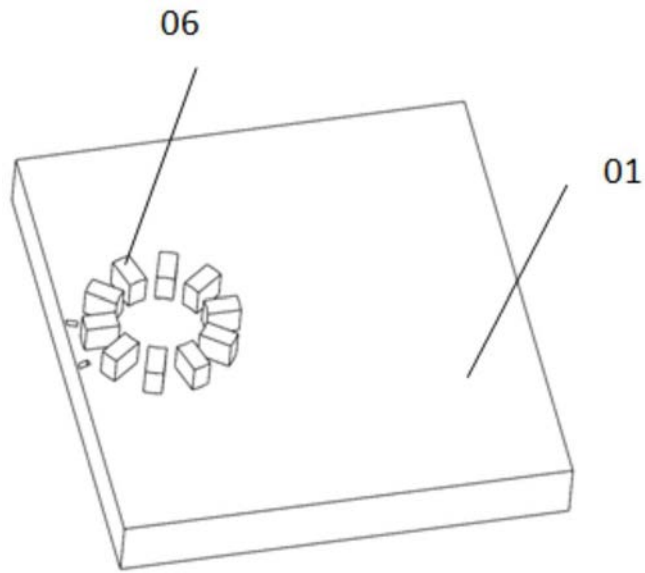


图3

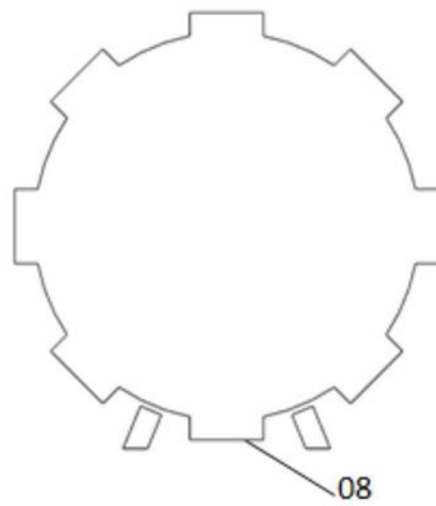


图4

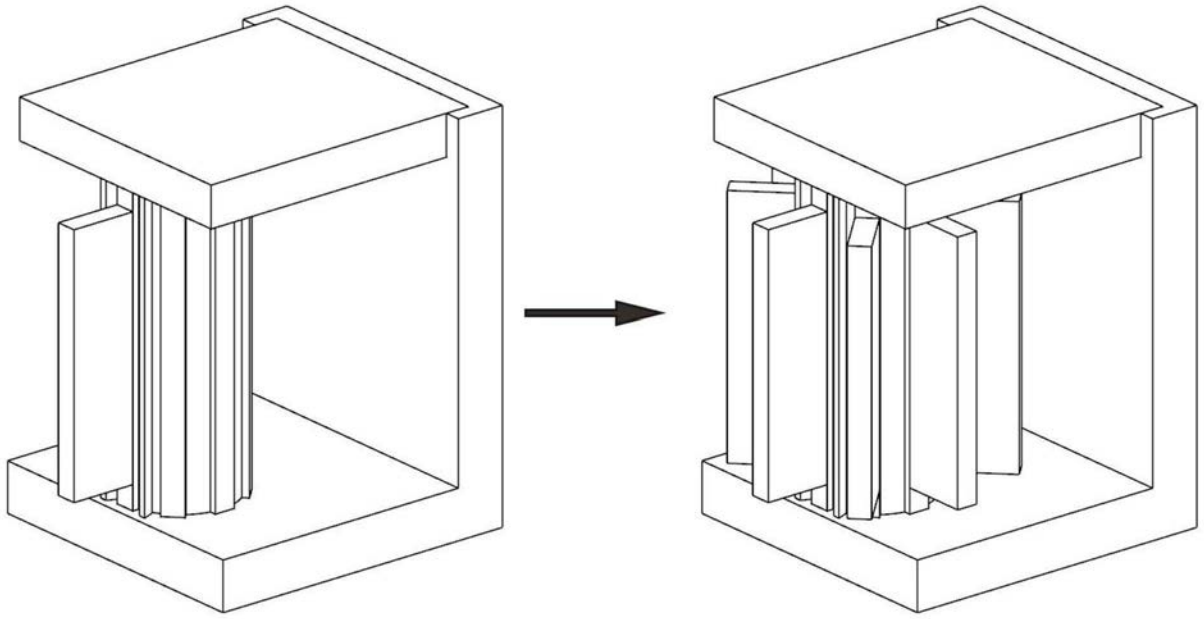


图5