



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105033568 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 11

(21) 申请号 201510257630. 1

(22) 申请日 2015. 05. 19

(71) 申请人 北京星航机电装备有限公司

地址 100074 北京市丰台区云岗东王佐北路
9号

(72) 发明人 刘章光 高海涛 师利民 熊亮同
高丽娇 朱冬妹

(74) 专利代理机构 中国兵器工业集团公司专利
中心 11011

代理人 刘东升

(51) Int. Cl.

B23P 15/00(2006. 01)

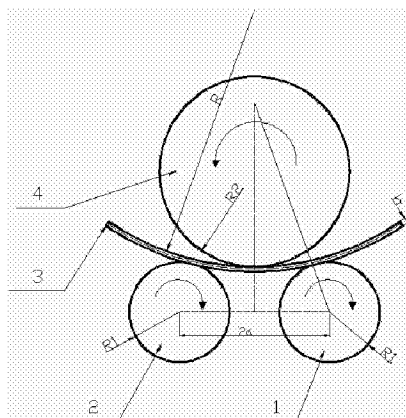
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种钛合金油箱壳体成形方法

(57) 摘要

本发明属于精密钣金加工领域,公开了一种钛合金油箱壳体成形方法,包括以下步骤:步骤一:按钛合金油箱壳体中性层理论直径尺寸计算零件展开料形状,并沿轧制坯料的纤维方向下料,得到平板板料;步骤二:根据冷滚机的结构参数确定油箱壳体冷滚弯直径;步骤三:利用冷滚机按照油箱壳体冷滚弯直径对平板板料进行滚弯成形;步骤四:对滚弯成形的板料进行对接焊接;步骤五:对焊接形成的圆筒件进行热校形和稳定化处理。本发明通过展开料计算、主动轮下压位移补偿计算、电子束对接焊和热校形稳定化处理的复合工艺,大大节省了热成形工艺所需要的工艺余量和机加工序;整个油箱壳体的精密成形流程大大提高了生产效率和降低了生产制造成本。



1. 一种钛合金油箱壳体成形方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一:按钛合金油箱壳体中性层理论直径尺寸计算零件展开料形状,并沿轧制坯料的纤维方向下料,得到平板板料;

步骤二:根据冷滚机的结构参数确定油箱壳体冷滚弯直径;

步骤三:利用冷滚机按照油箱壳体冷滚弯直径对平板板料进行滚弯成形;

步骤四:对滚弯成形的板料进行对接焊接;

步骤五:对焊接形成的圆筒件进行热校形和稳定化处理。

2. 如权利要求 1 所述的钛合金油箱壳体成形方法,其特征在于,所述步骤二中,所述冷滚机包括第一下滚轮、第二下滚轮和上滚轮,上滚轮是主动轮,外径为 R_2 ;第一下滚轮和第二下滚轮是从动轮,外径相等,外径均为 R_1 ;两个从动轮之间的中心距离为 $2a$;油箱壳体冷滚弯的内径为 R , R 大于 R_2 ;平板板料的厚度为 h ,以上滚轮与平板板料开始接触点作为零点,下压位移为 S ;回弹补偿的下压距离为 $1.0h \sim 2.0h$,则上滚轮下压位移 S 与弯曲半径 R 的关系式为:

$$S = R + h + R_1 - \sqrt{(R + h + R_1)^2 - a^2} + (1.0 \sim 2.0)h。$$

3. 如权利要求 2 所述的钛合金油箱壳体成形方法,其特征在于,所述步骤三中,在滚弯成形过程中,将所述平板板料的纤维方向作为送料方向,板料的前端与第一下滚轮的最高点接触后停止,调节上滚轮与板料接触,上滚轮的下压距离按照 S 值调节到位,接触后施加压力,施加压力大小为 $20\text{KN} \sim 40\text{KN}$ 。

4. 如权利要求 3 所述的钛合金油箱壳体成形方法,其特征在于,所述步骤三中,冷滚机对板料滚弯成形过程中,上滚轮通过与第一下滚轮和第二下滚轮对钛合金板料的接触摩擦力进行滚弯成形,其中主动轮的滚弯速度为 $10 \sim 15\text{mm/s}$ 。

5. 如权利要求 4 所述的钛合金油箱壳体成形方法,其特征在于,所述步骤三中,冷滚机对板料滚弯成形过程中,在板料末端靠近第二下滚轮时,调节主动轮反向旋转滚弯,来回进行四次滚弯进行校形,速度降至 $5 \sim 8\text{mm/s}$ 。

6. 如权利要求 1-5 中任一项所述的钛合金油箱壳体成形方法,其特征在于,所述步骤四中,首先对滚弯后零件两端用工装进行夹紧压平定位,然后对夹紧压平后的冷滚零件在对接处进行对接脉冲 TIG 焊对接焊。

7. 如权利要求 6 所述的钛合金油箱壳体成形方法,其特征在于,所述步骤五中,将焊接成形的圆筒件套进筒形热校形模具上,以给定模具外径为基准,常温下装炉,加热至 $800 \pm 5^\circ\text{C}$ 保温 120min ,随炉冷却至 150°C 以下出炉。

一种钛合金油箱壳体成形方法

技术领域

[0001] 本发明属于精密钣金加工领域,涉及一种钛合金油箱壳体成形方法,主要运用于直筒形钛合金油箱壳体的精密成形。

背景技术

[0002] 钛及钛合金是一种优良的工程结构材料,随着其用量的逐年扩大,在各种工程结构和设备的加工制造中的应用越来越多。由于钛合金强度高,塑性相对较差,加工变形抗力大,变形范围窄,外加钛合金弹性模量小,回弹大等固有特性,使其成形加工比较困难,若方法不当或工艺不合理,往往造成工件无法满足技术要求,甚至造成报废。因此,对于大多数合金强度高、板材厚度大、形状复杂或变形量大的工件成形,多采用热成形的工艺。但热成形工艺耗费的电能、模具费用、人工成本和生产效率等都大大高于冷成形工艺。

[0003] 目前常温的冷滚弯成形工艺,一般适用钢、铝材质零件,在钛合金材质中运用较少,由于针对塑性较低的近 α 相、 $\alpha-\beta$ 相钛合金(如 TA15、TC4 等)存在弹性高、刚性低、导热差、硬度高等特点,在冷滚的过程中易出现冷滚裂纹和冷滚半径不精确等问题。随着在航空航天领域火箭和导弹飞行速度的不断提高,钛合金油箱壳体的运用不断扩大,然而目前钛合金油箱壳体的成形工艺较为复杂,采用热成形工艺/机加/纵缝焊接/热校形的复合成形工艺,制造成本高,周转周期长。

发明内容

[0004] (一) 要解决的技术问题

[0005] 本发明的目的是提供一种钛合金油箱壳体成形方法,替代现有钛合金油箱壳体热成形工艺/机加/纵缝焊接/热校形的复合成形工艺,实现工艺合理、操作简单、定位和切割精度高,以提高生产效率并降低生产制造成本。

[0006] (二) 技术方案

[0007] 为了解决上述技术问题,本发明提供一种钛合金油箱壳体成形方法,其包括以下步骤:

[0008] 步骤一:按钛合金油箱壳体中性层理论直径尺寸计算零件展开料形状,并沿轧制坯料的纤维方向下料,得到平板板料;

[0009] 步骤二:根据冷滚机的结构参数确定油箱壳体冷滚弯直径;

[0010] 步骤三:利用冷滚机按照油箱壳体冷滚弯直径对平板板料进行滚弯成形;

[0011] 步骤四:对滚弯成形的板料进行对接焊接;

[0012] 步骤五:对焊接形成的圆筒件进行热校形和稳定化处理。

[0013] 其中,所述步骤二中,所述冷滚机包括第一下滚轮、第二下滚轮和上滚轮,上滚轮是主动轮,外径为 R_2 ;第一下滚轮和第二下滚轮是从动轮,外径相等,外径均为 R_1 ;两个从动轮之间的中心距离为 $2a$;油箱壳体冷滚弯的内径为 R , R 大于 R_2 ;平板板料的厚度为 h ,以上滚轮与平板板料开始接触点作为零点,下压位移为 S ;回弹补偿的下压距离为 $1.0h \sim$

2. 0h, 则上滚轮下压位移 S 与弯曲半径 R 的关系式为:

$$[0014] \quad S = R + h + R1 - \sqrt{(R + h + R1)^2 - a^2} + (1.0 \sim 2.0)h。$$

[0015] 其中, 所述步骤三中, 在滚弯成形过程中, 将所述平板板料的纤维方向作为送料方向, 板料的前端与第一下滚轮的最高点接触后停止, 调节上滚轮与板料接触, 上滚轮的下压距离按照 S 值调节到位, 接触后施加压力, 施加压力大小为 20KN ~ 40KN。

[0016] 其中, 所述步骤三中, 冷滚机对板料滚弯成形过程中, 上滚轮通过与第一下滚轮和第二下滚轮对钛合金板料的接触摩擦力进行滚弯成形, 其中主动轮的滚弯速度为 10 ~ 15mm/s。

[0017] 其中, 所述步骤三中, 冷滚机对板料滚弯成形过程中, 在板料末端靠近第二下滚轮时, 调节主动轮反向旋转滚弯, 来回进行四次滚弯进行校形, 速度降至 5 ~ 8mm/s。

[0018] 其中, 所述步骤四中, 首先对滚弯后零件两端用工装进行夹紧压平定位, 然后对夹紧压平后的冷滚零件在对接处进行对接脉冲 TIG 焊对接焊。

[0019] 其中, 所述步骤五中, 将焊接成形的圆筒件套进筒形热校形模具上, 以给定模具外径为基准, 常温下装炉, 加热至 $800 \pm 5^\circ\text{C}$ 保温 120min, 随炉冷却至 150°C 以下出炉。

[0020] (三) 有益效果

[0021] 上述技术方案所提供的钛合金油箱壳体成形方法, 通过新颖、合理的展开料计算、主动轮下压位移补偿计算、电子束对接焊和热校形稳定化处理的复合工艺, 实现了普通的冷滚机即可实现一种钛合金油箱壳体冷滚弯精确成形, 替代了现有的钛合金分半热成形工艺, 大大节省了热成形工艺所需要的工艺余量和机加工序; 整个油箱壳体的精密成形流程大大提高了生产效率和降低了生产制造成本。

附图说明

[0022] 图 1 为钛合金油箱壳体冷滚弯示意图;

[0023] 图 2 为钛合金油箱壳体焊缝示意图;

[0024] 图 3 为钛合金油箱壳体热校形模具示意图;

[0025] 图 4 为钛合金油箱壳体热校形示意图。

[0026] 图中, 1- 第一下滚轮; 2- 第二下滚轮; 3- 平板板料; 4- 上滚轮; 5- 第一直线段; 6- 对接处; 7- 第二直线段; 8- 圆筒件; 9- 热校形模具。

具体实施方式

[0027] 为使本发明的目的、内容和优点更加清楚, 下面结合附图和实施例, 对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。

[0028] 参照图 1 至图 4 所示, 本实施例钛合金油箱壳体成形方法, 特别适用于直筒形钛合金油箱壳体的精密成形, 其包括以下步骤:

[0029] 步骤一: 计算下料

[0030] 按钛合金油箱壳体中性层理论直径尺寸计算零件展开料形状, 并沿轧制坯料的纤维方向下料, 得到平板板料 3。

[0031] 步骤二: 确定油箱壳体冷滚弯直径

[0032] 通过第一下滚轮 1、第二下滚轮 2 和上滚轮 4 的相对位置确定油箱壳体的冷滚弯直径。其中上滚轮 4 是主动轮, 外径为 R_2 ; 第一下滚轮 1 和第二下滚轮 2 是从动轮, 外径相等, 外径均为 R_1 ; 两个从动轮之间的中心距离为 $2a$; 若油箱壳体冷滚弯的内径为 R , R 值的大小必须大于上滚轮 4 的外径值 R_2 ; 平板板料 3 的厚度为 h , 以上滚轮 4 与平板板料 3 开始接触点作为零点, 下压位移为 S ; 因钛合金容易回弹, 则下压距离需要考虑回弹补偿量, 回弹补偿的下压距离为 $1.0 \sim 2.0h$, 则上滚轮 4 下压位移 S 与弯曲半径 R 的关系式为:

$$[0033] \quad S = R + h + R_1 - \sqrt{(R + h + R_1)^2 - a^2} + (1.0 \sim 2.0)h$$

[0034] 步骤三: 对平板板料进行滚弯成形

[0035] 首先, 根据坯料形状调节冷滚机上的送料定位导轨, 保证板料的纤维方向作为送料方向, 板料的前端刚好与第一下滚轮 1 的最高点接触后停止, 调节上滚轮 4 与板料接触, 上滚轮的下压距离按照步骤二计算好的下压位移进行调节到位, 接触后需要进行施加压力, 施加压力大小为 $20\text{KN} \sim 40\text{KN}$ 。

[0036] 然后, 启动设备, 上滚轮 4 通过与第一下滚轮 1 和第二下滚轮 2 对钛合金板料的接触摩擦力进行滚弯成形, 其中主动轮 4 的滚弯速度在 $10 \sim 15\text{mm/s}$ 。

[0037] 在滚弯成形过程中, 为了减少回弹, 在板料末端靠近第二下滚轮 2 的时候, 调节主动轮 4 反向旋转滚弯, 来回进行四次滚弯进行校形, 速度降至 $5 \sim 8\text{mm/s}$ 。

[0038] 滚弯完成后, 将滚弯件进行焊前酸洗处理, 以提高后续焊接的强度。

[0039] 步骤四: 焊接

[0040] 如图 2 所示, 由于第一下滚轮 1 和第二下滚轮 2 之间存在一定的中间距 $2a$, 则滚弯后的零件两端必然存在大于 a 值的第一直线段 5 和第二直线段 7, 因此在进行焊接之前必须用工装对两直线段进行夹紧压平定位。

[0041] 对夹紧压平后的冷滚零件在对接处 6 进行对接脉冲 TIG 焊对接焊。

[0042] 其中由于钛合金的活泼性很强, 加之焊缝较长, 必须对焊缝正面和背面进行全面保护。对于喷嘴, 选择了较大直径的喷嘴, 加强熔池区的保护。正面采用氩气拖罩对熔池、焊缝及近缝区进行有效保护, 背面采用带吹气的焊漏槽对背面焊缝及附近高温区进行保护。

[0043] 为达到良好的保护效果, 各路氩气的流量和流速要选择适当, 既要有效保护高温区, 又不至于过大而产生紊流。对接脉冲 TIG 焊采取脉冲焊焊接, 在钨极直径 $\Phi 2.4$, 占空比 50% 一定的前提下, 主要对焊接电流、焊接速度以及送丝速度等参数间进行合理匹配, 获得了 $1\text{mm} \sim 3\text{mm}$ 厚钛合金平板对接脉冲 TIG 焊的工艺规范和参数, 如表 1 所示。

[0044] 表 1 对接自动 TIG 焊参数

[0045]

电流(A)		弧压 (V)	脉频 Hz	焊速 (cm/min)	送丝速度 (cm/min)
峰值	基值				
140-170	70-85	10	2	16-20	20-30

[0046] 步骤五: 校正

[0047] 由于焊接后的圆筒件 8 存在变形, 并且冷滚零件对焊处存在第一直线段 5 和第二直线段 7, 因此需对圆筒件 8 进行热校形和稳定化处理, 将圆筒件套进筒形热校形模具 9 上, 参照图 3 和图 4 所示, 热校形工艺参数: 以给定模具外径为基准, 常温下装炉, 加热至

800±5℃保温 120min, 随炉冷却至 150℃以下出炉。

[0048] 其中, 热校形模具 9 上有 2 个起吊挂, 方便起吊和运输; 为便于待校形件套在圆筒上, 在圆筒一端设置一倒角, 同时在圆筒另一端留有止口, 便于零件定位。综合考虑钛合金成形模具材料所应具有的条件, 选用不锈钢 1Cr18Ni9Ti 作为热胀形模具的材料, 该材料在 800℃~900℃以下的空气中均有稳定的抗氧化性, 连续工作时, 钢在 900℃以下是稳定的, 而在频繁冷热交变条件下断续工作时, 在 800℃以下也是稳定的。

[0049] 最后, 将热处理后的零件进行酸洗处理; 对焊缝进行 X 射线检查, 若满足设计焊缝等级要求, 则交付使用。

[0050] 实施例 1

[0051] 本实施例选用的钛合金板材为 TA15M, 厚度为 2mm, 直筒长 1000mm, 油箱直筒内圆直径为 Φ500mm。

[0052] 本实施例直筒形钛合金油箱壳体的精密成形包括以下步骤:

[0053] 1) 按钛合金油箱壳体中性层理论直径尺寸计算零件展开料形状, 并沿轧制坯料的纤维方向下料, 下料规格为长 1577mm(纤维方向)×1000mm。

[0054] 2) 通过第一下滚轮 1、第二下滚轮 2 和上滚轮 4 的相对位置确定油箱壳体的冷滚弯直径, 其中上滚轮 4 是主动轮, 外径为 45mm; 第一下滚轮 1 和第二下滚轮 2 是从动轮, 外径相等, 外径均为 35mm; 两个从动轮之间的中心距离为 80mm; 平板板料 3 的厚度为 2mm, 以上滚轮 4 与平板板料开始接触点作为零点, 下压位移为 S; 钛合金容易回弹, 则下压距离需要考虑回弹补偿量, 则回弹补偿的下压距离为 1.5h, 则上滚轮 4 下压位移与弯曲半径的关系式为:

$$[0055] \quad S = 500 + 2 + 35 - \sqrt{(500 + 2 + 35)^2 - 40^2} + 1.5 \times 2 = 4.5 \text{mm}$$

[0056] 3) 根据就坯料形状调节冷滚机上的送料定位导轨, 保证板料的纤维方向作为送料方向, 板料的前端刚好与第一下滚轮 1 的最高点接触后停止, 调节上滚轮 4 与板料接触, 上滚轮的下压距离按照步骤 2) 计算好的下压位移进行调节到位, 接触后需要进行施加压力, 施加压力大小为 35KN。

[0057] 4) 启动设备, 主动轮 4 通过与从动轮 1 和 2 的对钛合金板料的接触摩擦力进行滚弯成形, 其中主动轮 4 的滚弯速度在 12mm/s。

[0058] 5) 为了减少回弹, 在板料末端靠近下轮 2 的时候, 调节主动轮 4 反向旋转滚弯, 来回进行四次滚弯进行校形, 速度降至 7mm/s。

[0059] 6) 滚弯完成后, 将滚弯件进行焊前酸洗处理。

[0060] 7) 由于从动轮 1 和 2 之间存在一定的中间距 80mm, 则滚弯后的零件两端必然存在大于 40mm 值的第一直线段 5 和第二直线段 7, 因此在进行焊接之前必须用工装进行夹紧压平定位。

[0061] 8) 对夹紧压平后的冷滚零件在对接处 6 进行对接脉冲 TIG 焊对接焊。其中由于钛合金的活泼性很强, 加之焊缝较长, 必须对焊缝正面和背面进行全面保护。对于喷嘴, 选择了较大直径的喷嘴, 加强熔池区的保护。正面采用氩气拖罩对熔池、焊缝及近缝区进行有效保护, 背面采用带吹气的焊漏槽对背面焊缝及附近高温区进行保护。为达到良好的保护效果, 各路氩气的流量和流速要选择适当, 既要有效保护高温区, 又不至于过大而产生紊流。

对接脉冲 TIG 焊采取脉冲焊焊接,在钨极直径 $\Phi 2.4$,占空比 50%一定的前提下,主要对接电流、焊接速度以及送丝速度等参数间进行合理匹配,获得了 2mm 厚钛合金平板对接脉冲 TIG 焊的工艺规范和参数,如表 2 所示。

[0062] 表 2 对接自动 TIG 焊参数

[0063]

电流(A)		弧压 (V)	脉频 Hz	焊速 (cm/min)	送丝速度 (cm/min)
峰值	基值				
155-160	78-85	10	2	18	25

[0064] 9) 由于焊接后的圆筒件 8 存在变形,并且冷滚零件对焊处存在第一直线段 5 和第二直线段 7,因此需对圆筒件 8 进行热校形和稳定化处理,将圆筒件套进筒形热校形模具 9 上,热校形工艺参数:以给定模具外径为基准,常温下装炉,加热至 $800 \pm 5^\circ\text{C}$ 保温 120min,随炉冷却至 150°C 以下出炉。其中,热校形模具 9 上有 2 个起吊挂,方便起吊和运输;为便于待校形件套在圆筒上,在圆筒一端设置一倒角,同时在圆筒另一端留有止口,便于零件定位。其中,综合考虑钛合金成形模具材料所应具有的条件,选用不锈钢 1Cr18Ni9Ti 作为热胀形模具的材料。该材料在 $800^\circ\text{C} \sim 900^\circ\text{C}$ 以下的空气中均有稳定的抗氧化性,连续工作时,钢在 900°C 以下是稳定的,而在频繁冷热交变条件下断续工作时,在 800°C 以下也是稳定的。

[0065] 10) 将热处理后的零件进行酸洗处理。

[0066] 11) 对焊缝进行了 X 射线检查,满足设计焊缝等级要求。

[0067] 12) 检测零件外形尺寸,满足设计要求。

[0068] 13) 交付使用。

[0069] 由上述技术方案可以看出,本发明通过新颖、合理的展开料计算、主动轮下压位移补偿计算、电子束对接焊和热校形稳定化处理的复合工艺,实现了普通的冷滚机即可实现一种钛合金油箱壳体冷滚弯精确成形,替代了现有的钛合金分半热成形工艺,大大节省了热成形工艺所需要的工艺余量和机加工序;整个油箱壳体的精密成形流程大大提高了生产效率和降低了生产制造成本。

[0070] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变形,这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

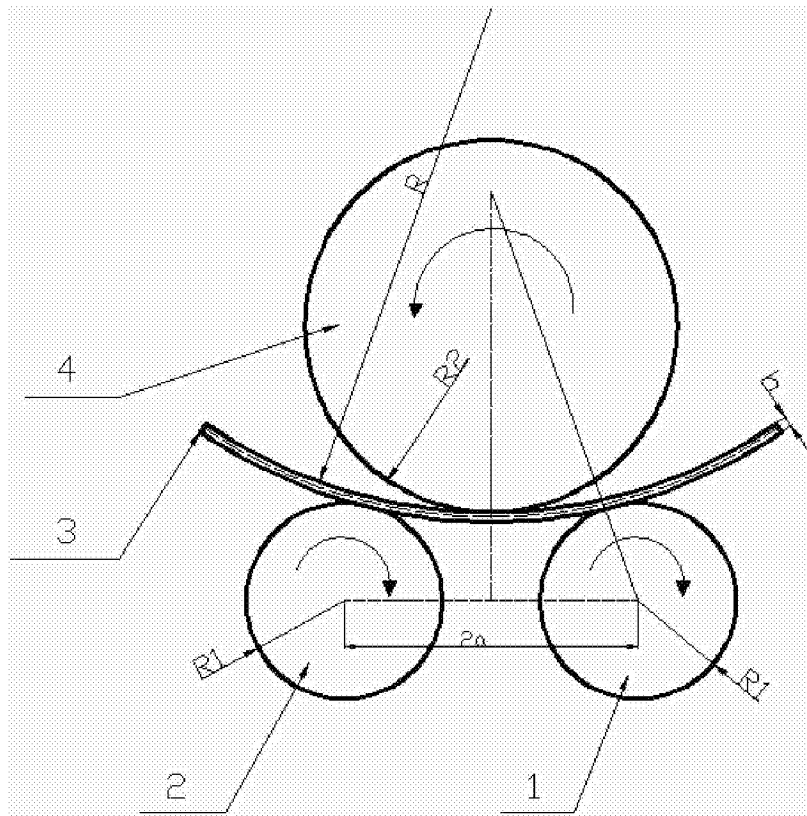


图 1



图 2

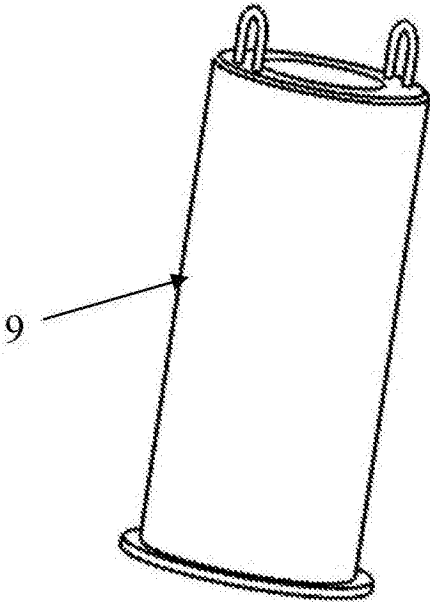


图 3

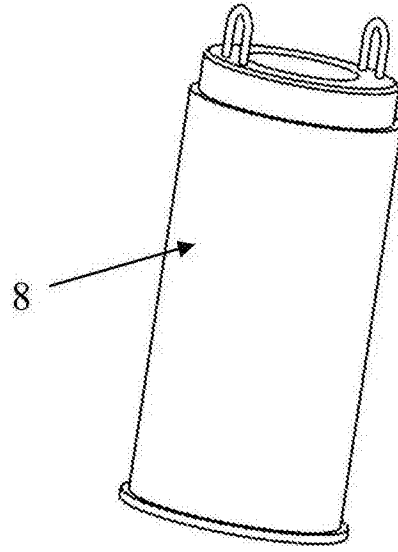


图 4