



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106903204 B

(45)授权公告日 2018.06.26

(21)申请号 201710052910.8

审查员 陈坪

(22)申请日 2017.01.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106903204 A

(43)申请公布日 2017.06.30

(73)专利权人 湖北三江航天江北机械工程有限公司

地址 432000 湖北省孝感市北京路特6号

(72)发明人 陈妍 初敬生 陈振 韩庆波

(74)专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 胡镇西 张继巍

(51)Int.Cl.

B21D 22/16(2006.01)

B23P 15/22(2006.01)

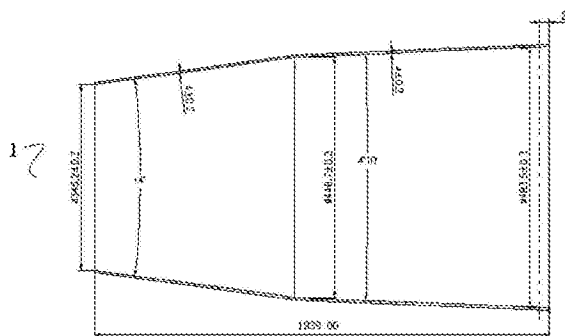
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

多角度锥形筒体旋压成型方法

(57)摘要

本发明公开了一种多角度锥形筒体旋压成型方法,采用多角度锥形筒体反向复合旋压成型,将两段或多段多角度锥形筒体一体化成形,比传统的分件焊接、机加、组焊成形工艺方法加工效率大幅度提高,加工成本大幅度降低,满足了圆度要求,并有效提高加工效率;消除了分件焊接成形纵焊缝对接处形成的直边缺陷,也消除了对接环焊缝处内型面环焊缝容易凹陷问题,有效提高多角度锥形筒体的整体加工精度、外观质量和内部质量。



1. 一种多角度锥形筒体旋压成型方法,其特征在于:所述成型方法包括如下步骤:

1) 将铝合金坯料整体锻造形成圆筒形状粗坯料,对圆筒形状粗坯料进行机加并退火形成旋压坯料,旋压坯料的内径略大于直筒旋压芯模外径;

2) 直筒反向强力热旋压成形直筒坯料:a) 安装直筒旋压芯模和直筒旋压旋轮,并将防转齿通过螺栓安装在直筒旋压芯模的端部,然后使用两把丙烷烤枪对直筒旋压芯模、直筒旋压旋轮及防转齿均匀预热;b) 将旋压坯料的一部分套入直筒旋压芯模上,然后加热旋压坯料直至旋压坯料膨胀,然后将膨胀后的旋压坯料推入直筒旋压芯模;c) 旋压前,使用两把丙烷烤枪对旋压坯料预热后进行反向强力旋压多道次成形直筒坯料;

3) 完成步骤2)后将直筒旋压旋轮拆下,换上车刀车除直筒坯料上的工艺夹头;然后将直筒坯料拆下直筒旋压芯模后进行应力退火;

4) 双锥反向普旋成形直筒坯料大锥段:a) 安装双锥旋压芯模和双锥旋压旋轮,并将定位环通过螺栓固定在双锥旋压芯模的大锥段端部,然后使用两把丙烷烤枪对双锥旋压芯模、双锥旋压旋轮及定位环均匀预热;b) 将经过步骤3)处理后的直筒坯料套入双锥旋压芯模上直至直筒坯料的端部插入定位环内,使用螺栓将定位环与直筒坯料固定连接,然后加热直筒坯料尾端扩大尾端内径,将尾顶盘推入直筒坯料内孔;c) 直筒坯料安装完成后,使用两把丙烷烤枪对直筒坯料表面预热后进行双锥反向普旋多道次直至直筒坯料的旋压侧收径与双锥旋压芯模的大锥段贴合成形直筒坯料大锥段;

5) 双锥反向普旋成形大锥段后对直筒坯料自由端尾部进行整形,使其直筒坯料自由端尾部与双轴旋压芯模的小锥段平齐,然后进行应力退火形成大锥段旋压坯料;

6) 第一次双锥反向普旋预成形小锥段:a) 安装双锥旋压芯模和双锥旋压旋轮,并将定位环通过螺栓固定在双锥旋压芯模大锥段的端部,然后使用两把丙烷烤枪对双锥旋压芯模、双锥旋压旋轮及定位环均匀预热;b) 将大锥段旋压坯料套入双锥旋压芯模上直至大锥段的端部插入定位环内,使用螺栓将定位环与大锥段固定连接,然后转动双锥旋压芯模,监控大锥段旋压坯料跳动值;c) 最后进行双锥反向普旋多道次直至预成形小锥段;

7) 双锥反向普旋预成形小锥段后拆下双锥旋压芯模进行应力退火;

8) 完成步骤7)后进行第二次双锥反向普旋成形小锥段:a) 安装双锥旋压芯模和双锥旋压旋轮,并将定位环通过螺栓固定在双锥旋压芯模的端部,然后使用两把丙烷烤枪对双锥旋压芯模、双锥旋压旋轮及定位环均匀预热;b) 将预成形小锥段的大锥段旋压坯料套入双锥旋压芯模上直至大锥段的端部插入定位环内,使用螺栓将定位环与大锥段固定连接,然后转动双锥旋压芯模,监控大锥段旋压坯料跳动值;最后进行双锥反向普旋多道次直至成形小锥段;

9) 完成步骤8)后卸下双锥旋压芯模后进行去应力退火,然后抛光、检测得到所需的多角度锥形筒体。

2. 根据权利要求1所述多角度锥形筒体旋压成型方法,其特征在于:所述直筒旋压芯模和所述双锥旋压芯模淬火后表面硬度均不小于50HRC;所述直筒旋压旋轮和所述双锥旋压旋轮淬火后表面硬度均不小于55HRC,且所述直筒旋压旋轮和所述双锥旋压旋轮的工作角均为圆弧。

3. 根据权利要求1或2所述多角度锥形筒体旋压成型方法,其特征在于:所述步骤1)中,圆筒形状粗坯料进行机加内外径时,在端面采用8~12个螺钉紧固在固定板上,在加工完内

外径后,不车断工艺夹头。

4. 根据权利要求1或2所述多角度锥形筒体旋压成型方法,其特征在于:所述步骤2)、步骤4)、步骤6)及步骤8)中:一把丙烷烤枪沿坯料母线做往复运动,均匀加热;另外一把丙烷烤枪固定在旋轮前18~22mm位置处做定枪加热;旋压过程中使用红外线测温仪监控坯料表面温度,确保温度在250~300℃之间。

5. 根据权利要求1或2所述多角度锥形筒体旋压成型方法,其特征在于:所述步骤2)、步骤4)、步骤6)及步骤8)中:在旋压过程中,每隔一段时间往坯料和旋轮之间涂抹润滑剂,润滑剂由机油、水、石墨、二硫化钼调和而成,其中石墨与水的重量比例为5:93~96。

6. 根据权利要求1或2所述多角度锥形筒体旋压成型方法,其特征在于:所述步骤2)、步骤4)、步骤6)及步骤8)中:旋压过程中若坯料表面有裂纹,则停止旋压。

7. 根据权利要求1或2所述多角度锥形筒体旋压成型方法,其特征在于:所述步骤3)中:应力退火温度为 $310 \pm 10^\circ\text{C}$ ,保温时间为 $40 \pm 2\text{min}$ ,升温速率为 $1 \sim 2^\circ\text{C}/\text{min}$ ,然后空冷。

8. 根据权利要求1或2所述多角度锥形筒体旋压成型方法,其特征在于:所述步骤5)、步骤7)及步骤9)中:应力退火温度为 $330 \pm 5^\circ\text{C}$ ,保温时间为 $60 \pm 2\text{min}$ ,升温速率不超过 $4 \sim 5^\circ\text{C}/\text{min}$ ,然后空冷。

## 多角度锥形筒体旋压成型方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及金属材料旋压成型加工技术领域,具体地指一种多角度锥形筒体旋压成型方法。

### 背景技术

[0002] 装药体壳体是战斗部主装药的结构件,由前框组件、蒙皮、后框分件加工后组焊而成。其中,蒙皮是装药体壳体中的重要件,一般由两段或多段不同角度的锥筒组成,即多角度锥形筒体,其尺寸精度、圆度等指标直接决定装药体壳体的装药量和战斗部质量。

[0003] 传统的蒙皮成型工艺方法是:首先采用钢板下料成扇形料,然后镗加工纵焊缝焊接坡口,通过三轴辊设备卷形滚圆,对接面清理后采用自动氩弧焊成单段锥形筒体,然后对纵焊缝进行X光检测,检测合格后车加工两端对接面,化学清洗后,组焊成多角度锥形筒体变角度蒙皮。该成型方法存在以下缺点:

[0004] 1) 工序长,效率低。加工流程复杂,先后经过下料、镗坡口、滚圆、清理(含化学清理和机械清理)、焊接、X射线检测、车加工成形,然后再环缝焊接和X射线检测。尤其繁琐的是铝合金材料极易氧化,所以焊前还必须执行清理工序,清除焊接区和焊丝表面的氧化膜和油污等杂质。清理工序一般采用化学清理(即碱洗)和机械清理两种方法。化学清理后,还要用不锈钢丝刷或刮刀对焊接区清理至露出金属光泽。综上所述,蒙皮成形需要十几道工序,加工效率非常低。

[0005] 2) 焊缝多,圆度差。单段蒙皮零件有纵焊缝,对接处成形误差大形成直边;另外单段蒙皮零件焊成蒙皮有环焊缝,对接环焊缝处内型面焊缝容易凹陷。因此,三条或多条焊缝严重影响蒙皮的整体圆度等形状精度。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的就是要针对传统加工方法的不足,提供一种解决纵焊缝对接处成形误差大形成直边、对接环焊缝处内型面焊缝容易凹陷问题的多角度锥形筒体旋压成型方法。

[0007] 为实现上述目的,本发明所设计的多角度锥形筒体旋压成型方法,包括如下步骤:

[0008] 1) 将铝合金坯料整体锻造形成圆筒形状粗坯料,对圆筒形状粗坯料进行机加并退火形成旋压坯料,旋压坯料的内径略大于直筒旋压芯模外径;由于铝合金的热膨胀系数在 $1.881 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C} \sim 2.36 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 之间,旋压坯料在旋压之前需要加热到 $250 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 左右,热膨胀量约在 $5.64 \times 10^{-3}\text{mm} \sim 7.08 \times 10^{-3}\text{mm}$ 之间;

[0009] 2) 直筒反向强力热旋压成形直筒坯料:a) 安装直筒旋压芯模和直筒旋压旋轮,并将防转齿通过螺栓安装在直筒旋压芯模的端部,然后使用两把丙烷烤枪对直筒旋压芯模、直筒旋压旋轮及防转齿均匀预热,预热温度为 $250 \sim 300^{\circ}\text{C}$ ;b) 将旋压坯料的一部分套入直筒旋压芯模上,然后加热旋压坯料直旋压坯料膨胀,然后将膨胀后的旋压坯料推入直筒旋压芯模;c) 旋压前,使用两把丙烷烤枪对旋压坯料预热后进行反向强力旋压多道次成形直

筒坯料;其中:预热温度为250~300℃,加热时,直筒旋压芯模匀速转动,转速50rpm;且根据所需成型零件的外形尺寸,来确定道次数量、每道次压下量、旋轮进给速率、主轴转速等旋压参数,为防止产生堆料,也可以采取双旋轮错距旋压;其中,防转齿内径应略大于直筒旋压芯模外径,在防转齿壁上加两个M16螺纹孔,用于安装固定在直筒旋压芯模上;

[0010] 3) 完成步骤2)后将直筒旋压旋轮拆下,换上车刀车除直筒坯料上的工艺夹头,然后用航空洗涤汽油清洗直筒坯料表面油污;然后将直筒坯料拆下直筒旋压芯模后进行应力退火,消除残余、细化直筒旋压坯料晶粒,进一步均匀材料组织和成分,减小旋压裂纹和变形倾向;

[0011] 4) 双锥反向普旋成形直筒坯料大锥段:a) 安装双锥旋压芯模和双锥旋压旋轮,要求小端径向跳动在0.05mm内,可以使用铜片插入安装端面调整安装状态,并将定位环通过螺栓固定在双锥旋压芯模的大锥段端部,然后使用两把丙烷烤枪对双锥旋压芯模、双锥旋压旋轮及定位环均匀预热,预热温度为250~300℃;b) 将经过步骤3)处理后的直筒坯料套入双锥旋压芯模上直至直筒坯料的端部插入定位环内,使用螺栓将定位环与直筒坯料固定连接,然后加热直筒坯料尾端扩大尾端内径,将尾顶盘推入直筒坯料内孔,尾顶盘与双锥旋压芯模大锥段前端的导套同轴,启动尾顶液压缸,顶紧尾顶盘内孔,用塞尺检查尾顶盘与直筒坯料内孔间隙不大于0.1mm;通过尾顶盘使直筒旋压坯料自由端定位,防止缩径过程中材料变形失稳;c) 直筒坯料安装完成后,使用两把丙烷烤枪对直筒坯料表面预热,预热温度为250~300℃,加热时,双锥旋压芯模带动直筒坯料匀速转动,转速:50rpm,避免局部过烧,预热后进行双锥反向普旋多道次直至直筒坯料的旋压侧收径与双锥旋压芯模的大锥段贴合成形直筒坯料大锥段,即双锥旋压旋轮从自由端开始对直筒坯料进行缩径,根据零件外形尺寸,来确定道次数量、每道次压下量、旋轮进给速率、主轴转速等旋压参数,直至大锥段收径贴模成形;其中,定位环在双锥反向普旋成形中,起到固定坯料的作用;尾顶盘与尾顶连接,外径略小于直筒坯料内径,在双锥反向普旋过程中起支撑零件防止尾端变形的作用;

[0012] 5) 双锥反向普旋成形大锥段后对直筒坯料自由端尾部进行整形,使其直筒坯料自由端尾部与双轴旋压芯模的小锥段平齐,即趁热去掉尾顶盘,根据成型零件外形尺寸,来确定道次数量、每道次压下量、旋轮进给速率、主轴转速等旋压参数,将直筒坯料自由端直径缩小,与小锥段平齐;将定位环上的螺栓松开,适当加热大锥段旋压坯料的大锥段表面,并轻轻摇晃大锥段旋压坯料直至从双锥旋压芯模拆卸下来,拆卸过程中务必防止磕碰伤,卸下双锥旋压芯模后进行应力退火形成大锥段旋压坯料;

[0013] 6) 因为小锥段成形变形量太大,轴向张力大,材料塑性较差,如果采用一步成形,零件表面易出现轴向贯穿性裂纹,因此将小锥段分成两步成形:

[0014] 第一次双锥反向普旋预成形小锥段:a) 安装双锥旋压芯模和双锥旋压旋轮,要求小端径向跳动在0.05mm内,可以使用铜片插入安装端面调整安装状态,并将定位环通过螺栓固定在双锥旋压芯模大锥段的端部,然后使用两把丙烷烤枪对双锥旋压芯模、双锥旋压旋轮及定位环均匀预热,预热温度为250~300℃;b) 将大锥段旋压坯料套入双锥旋压芯模上直至大锥段的端部插入定位环内,使用螺栓将定位环与大锥段固定连接,注意安装大锥段旋压坯料后用榔头轻轻敲击大锥段部位,确认大锥段与双锥旋压芯模的大锥段完全贴合,保证大锥段旋压坯料型面不能与双锥旋压芯模型面错位,然后转动双锥旋压芯模,监控大锥段旋压坯料跳动值;c) 最后进行双锥反向普旋多道次直至预成形小锥段,根据成型零

件外形尺寸,来确定道次数量、每道次压下量、旋轮进给速率及主轴转速等旋压参数,双锥旋压旋轮进给方向是从自由端向主轴端运动;同样,定位环在双锥反向普旋成形中也起到固定坯料的作用;

[0015] 7) 双锥反向普旋预成形小锥段后拆下双锥旋压芯模进行应力退火;

[0016] 8) 完成步骤7) 后进行第二次双锥反向普旋成形小锥段:a) 安装双锥旋压芯模和双锥旋压旋轮,同样,要求小端径向跳动在0.05mm内,可以使用铜片插入安装端面调整安装状态,并将定位环通过螺栓固定在双锥旋压芯模的端部,然后使用两把丙烷烤枪对双锥旋压芯模、双锥旋压旋轮及定位环均匀预热,预热温度为250~300℃;b) 将预成形小锥段的大锥段旋压坯料套入双锥旋压芯模上直至大锥段的端部插入定位环内,使用螺栓将定位环与大锥段固定连接,同样,注意安装大锥段旋压坯料后用榔头轻轻敲击大锥段部位,确认大锥段与双锥旋压芯模完全贴合,大锥段旋压坯料型面不能与双锥旋压芯模型面错位,然后转动双锥旋压芯模,监控大锥段旋压坯料跳动值;最后进行双锥反向普旋多道次直至成形小锥段,根据成型零件外形尺寸,来确定道次数量、每道次压下量、旋轮进给速率及主轴转速等旋压参数,双锥旋压旋轮进给方向是从自由端向主轴端运动;同样,定位环在双锥反向普旋成形中也起到固定坯料的作用;

[0017] 9) 完成步骤8) 后卸下双锥旋压芯模后进行去应力退火,然后抛光、检测得到所需的多角度锥形筒体。

[0018] 进一步地,所述直筒旋压芯模和所述双锥旋压芯模淬火后表面硬度均不小于50HRC;所述直筒旋压旋轮和所述双锥旋压旋轮淬火后表面硬度均不小于55HRC,且所述直筒旋压旋轮和所述双锥旋压旋轮的工作角均为圆弧,增加材料与旋轮的接触面积,有利于材料变形稳定。

[0019] 进一步地,所述步骤1) 中,圆筒形状粗坯料进行机加内外径时,在端面采用8~12个螺钉紧固在固定板上,为了避免切断导致产品椭圆,在加工完内外径后,不车断工艺夹头。

[0020] 进一步地,所述步骤2)、步骤4)、步骤6) 及步骤8) 中:一把丙烷烤枪沿坯料母线做往复运动,均匀加热;另外一把丙烷烤枪固定在旋轮前18~22mm位置处做定枪加热;旋压过程中使用红外线测温仪监控坯料表面温度,确保温度在250~300℃之间。

[0021] 进一步地,所述步骤2)、步骤4)、步骤6) 及步骤8) 中:在旋压过程中,为减小旋轮与坯料的摩擦,提高零件表面质量,每隔一段时间往坯料和旋轮之间涂抹润滑剂,润滑剂由机油、水、石墨、二硫化钼调和而成,其中石墨与水的重量比例为5:93~96。

[0022] 进一步地,所述步骤2)、步骤4)、步骤6) 及步骤8) 中:旋压过程中若坯料表面有裂纹,则停止旋压。

[0023] 进一步地,所述步骤3) 中:应力退火温度为 $310 \pm 10^\circ\text{C}$ ,保温时间为 $40 \pm 2\text{min}$ ,升温速率为 $1 \sim 2^\circ\text{C}/\text{min}$ ,然后空冷。

[0024] 进一步地,所述步骤5)、步骤7) 及步骤9) 中:应力退火温度为 $330 \pm 5^\circ\text{C}$ ,保温时间为 $60 \pm 2\text{min}$ ,升温速率不超过 $4 \sim 5^\circ\text{C}/\text{min}$ ,然后空冷。

[0025] 本发明采用多角度锥形筒体反向复合旋压成型,满足了圆度要求,并有效提高加工效率,解决了纵焊缝对接处成形误差大形成直边、对接环焊缝处内型面焊缝容易凹陷等难题。且具有以下优点:

[0026] 其一,将两段或多段多角度锥形筒体一体化成形,比传统的分件焊接、机加、组焊成形工艺方法加工效率大幅度提高,加工成本大幅度降低;

[0027] 其二,消除了分件焊接成形纵焊缝对接处形成的直边缺陷,也消除了对接环焊缝处内型面环焊缝容易凹陷问题,有效提高多角度锥形筒体的整体加工精度、外观质量和内部质量。

### 附图说明

[0028] 图1为本实施例中多角度锥形筒体结构示意图;

[0029] 图2为本实施例中直筒旋压芯模结构示意图;

[0030] 图3为本实施例中双锥旋压芯模结构示意图;

[0031] 图4为本实施例中直筒旋压旋轮结构示意图;

[0032] 图5为本实施例中双锥旋压旋轮结构示意图;

[0033] 图6为本实施例中防转齿结构示意图;

[0034] 图7为本实施例中定位环结构示意图;

[0035] 图8为本实施例中直筒反向强力热旋压示意图;

[0036] 图9为本实施例中双锥反向普旋成形大锥段安装示意图;

[0037] 图10为本实施例中双锥反向普旋成形大锥段示意图;

[0038] 图11为本实施例中尾部旋压整形示意图;

[0039] 图12为本实施例中小锥段缩径示意图;

[0040] 图13为本实施例中双锥反向普旋预成形小锥段示意图;

[0041] 图14为本实施例中双锥反向普旋成形小锥段示意图。

[0042] 其中:多角度锥形筒体1、直筒旋压芯模2、双锥旋压芯模3、直筒旋压旋轮4、双锥旋压旋轮5、防转齿6、尾顶盘7、定位环8、直筒坯料9。

### 具体实施方式

[0043] 下面结合附图1~图14和具体实施例对本发明作进一步的详细说明,便于更清楚地了解本发明,但它们不对本发明构成限定。

[0044] 针对某战斗部装药体壳体原材料为5A06-0,总长 $1355\pm 1\text{mm}$ ,大头端开口直径 $\phi 580\pm 0.3\text{mm}$ ,小头端直径 $\phi 250\pm 0.2\text{mm}$ 。其中多角度锥形筒体1即蒙皮(见图1)小端内径为 $\phi 345.2\text{mm}$ ,大端内径为 $\phi 484.00\text{mm}$ ,整体长度为 $1939\text{mm}$ (包含机加、焊接余量)。锥角为 $14^\circ$ 筒段轴向长度为 $413.62\text{mm}$ ,两锥角过渡处内径为 $\phi 446.70\text{mm}$ ,锥角为 $4^\circ 10'$ 筒段轴向长度为 $525.38\text{mm}$ ,壁厚为 $4.0\pm 0.2\text{mm}$ 的成形过程如下:

[0045] 1) 工装准备:a)采用双旋轮旋压机2F-800CNC(可加工零件的回转直径为 $800\text{mm}$ ),旋轮的径向旋压力为 $150\text{KN}$ ,轴向旋压力为 $200\text{KN}$ ,拖板的轴向行程为 $2500\text{mm}$ ;

[0046] b)直筒旋压芯模2(见图2)有效部分长度为 $1200\text{mm}$ ,外径为 $\phi 484.5\pm 0.02\text{mm}$ ,材料为H13钢,属于热作模具钢,淬火后芯模表面硬度 $\geq 50\text{HRC}$ ;

[0047] c)双锥旋压芯模3(见图3)是精旋成形芯模,大端直筒端外径为 $\phi 484.6\pm 0.02\text{mm}$ ,长度为 $145.48\text{mm}$ ,锥角为 $4^\circ 10'$ 芯模段长度为 $525.42\text{mm}$ ,锥角为 $14^\circ$ 的锥筒段长度为 $434.10\text{mm}$ 。材料为H13钢,经过整体淬火后,芯模表面硬度 $\geq 50\text{HRC}$ ;

[0048] d) 直筒旋压旋轮4(见图4)外径为 $\phi 300\text{mm}$ ,工作圆角半径为 $10\text{mm}$ ,材料为GCr15,淬火后表面硬度 $\geq 55\text{HRC}$ 。旋轮工作角有两个工作角度,分别为 $22^\circ$ 和 $5^\circ$ , $5^\circ$ 的工作角起到压料和防止翻边的作用;

[0049] e) 双锥旋压旋轮5(见图5)外缘直径为 $\phi 400\text{mm}$ ,工作圆角半径为 $19\text{mm}$ 。材料为GCr15,材料淬火后表面硬度 $\geq 55\text{HRC}$ 。旋轮工作角设计成圆弧可以增加材料与旋轮的接触面积,有利于材料变形稳定;

[0050] f) 防转齿6(见图6)内径为 $\phi 486\text{mm}$ ,略大于直筒旋压芯模外径。在防转齿壁上加两个 $\phi 16$ 螺纹孔,用于固定于直筒旋压芯模上;

[0051] g) 定位环8(见图7)在双锥反向普旋成形中,起到固定坯料的作用;

[0052] h) 尾顶盘与尾顶连接,外径略小于零件内径,在双锥反向普旋过程中起支撑零件防止尾端变形的作用。

[0053] 2) 将铝合金坯料整体锻造形成圆筒形状粗坯料,对圆筒形状粗坯料进行机加内外径时,在端面采用8~12个适当规格的螺钉紧固在固定板上,为了避免切断导致产品椭圆,在加工完内外径后,不车断工艺夹头,并退火形成旋压坯料,旋压坯料的内径略大于直筒旋压芯模外径 $484.5 \pm 0.02\text{mm}$ 即可,所以将旋压坯料车加工至内径 $\phi 484.65\text{mm}$ 、高度 $440\text{mm}$ 、壁厚 $12\text{mm}$ 即可;由于铝合金的热膨胀系数在 $1.881 \times 10^{-5}/^\circ\text{C} \sim 2.36 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ 之间,旋压坯料在旋压之前需要加热至 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ ,热膨胀量约在 $5.64 \times 10^{-3}\text{mm} \sim 7.08 \times 10^{-3}\text{mm}$ 之间。

[0054] 3) 直筒反向强力热旋压成形直筒坯料9(见图8):a) 安装直筒旋压芯模2和直筒旋压旋轮4,并将防转齿6通过螺栓安装在直筒旋压芯模2的端部,然后使用两把丙烷烤枪对直筒旋压芯模2、直筒旋压旋轮4及防转齿6均匀预热,预热温度为 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ ;b) 将旋压坯料的一部分套入直筒旋压芯模上,然后利用丙烷烤枪加热旋压坯料直旋压坯料膨胀,再利用铜棒敲击的力量将膨胀后的旋压坯料推入直筒旋压芯模;c) 旋压前,使用两把丙烷烤枪对旋压坯料预热,预热温度为 $250^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ ,注意加热时,直筒旋压芯模匀速转动,转速 $50\text{rpm}$ ,后进行反向强力旋压多道次成形直筒坯料,共分为4道次,每道次压下量在 $2\text{mm}$ 左右,旋轮进给速率 $40\text{mm}/\text{min}$ ,主轴转速 $50\text{r}/\text{min}$ 。第一道次坯料长度达到 $516\text{mm}$ ,壁厚达到 $10\text{mm}$ ;第二道次坯料长度达到 $638\text{mm}$ ,壁厚达到 $8\text{mm}$ ;第三道次坯料长度达到 $844\text{mm}$ ,壁厚达到 $6\text{mm}$ ;第四道次坯料长度达到 $1258\text{mm}$ ,壁厚达到 $3.95 \sim 4.07\text{mm}$ 之间,内径为 $\phi 485\text{mm}$ 。

[0055] 4) 完成步骤3)后将直筒旋压旋轮拆下,换上车刀车除直筒坯料9上的工艺夹头后长度为 $1200\text{mm}$ ,用航空洗涤汽油清洗零件表面油污;然后将直筒坯料拆下直筒旋压芯模后8h内进行应力退火,消除残余,细化直筒旋压坯料晶粒,进一步均匀材料组织和成分,减小旋压裂纹和变形倾向;其中,应力退火温度为 $310 \pm 10^\circ\text{C}$ ,保温时间为 $40 \pm 2\text{min}$ ,升温速率为 $2^\circ\text{C}/\text{min}$ ,然后空冷。

[0056] 5) 双锥反向普旋成形直筒坯料大锥段(直筒坯料安装见图9,普旋成形大锥段过程见图10):a) 安装双锥旋压芯模3和双锥旋压旋轮5,要求小端径向跳动在 $0.05\text{mm}$ 内,可以使用铜片插入安装端面调整安装状态,并将定位环8通过螺栓固定在双锥旋压芯模3的大锥段端部,然后使用两把丙烷烤枪对双锥旋压芯模、双锥旋压旋轮及定位环均匀预热,预热温度为 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ ;b) 将经过步骤3)处理后的直筒坯料套入双锥旋压芯模上直至直筒坯料的端部插入定位环内,使用螺栓将定位环与直筒坯料固定连接,然后加热直筒坯料尾端扩大尾



端内径,将尾顶盘7推入直筒坯料9内孔,注意尾顶盘与双锥旋压芯模前端的导套同轴,启动尾顶液压缸,顶紧尾顶盘内孔,用塞尺检查尾顶盘与直筒旋压坯料内孔间隙不大于0.1mm;通过尾顶盘使直筒旋压坯料自由端定位,防止缩径过程中材料变形失稳;c)直筒坯料安装到位后,使用两把丙烷烤枪对直筒坯料表面预热,预热温度为250~300℃,加热时,芯模带动坯料匀速转动,转速:50rpm,避免局部过烧,然后进行双锥反向普旋多道次直至直筒坯料的旋压侧收径与双锥旋压芯模的大锥段贴合成形直筒坯料大锥段,即双锥旋压旋轮从自由端开始对直筒坯料进行缩径,共分为7道次,每道次压下量为3mm左右,旋轮进给速率80~90mm/min,主轴转速80r/min,直至大锥段收径使零件锥角为 $4^{\circ}10'$ 部分贴模成形;

[0057] 6)双锥反向普旋成形大锥段后对直筒坯料自由端尾部进行整形(见图11),使其直筒坯料自由端尾部与双轴旋压芯模的小锥段平齐,即趁热去掉尾顶盘,分6道次旋压,每道次压下量为3mm,旋轮进给速率80~90mm/min,主轴转速80r/min,将坯料自由端直径缩小,与小锥段平齐(见图12);然后将定位环上的螺栓松开,适当加热大锥段旋压坯料的大锥段表面,并轻轻摇晃大锥段旋压坯料直至从双锥旋压芯模拆卸下来,拆卸过程中务必防止磕碰伤,卸下双锥旋压芯模后8h内进行应力退火形成大锥段旋压坯料,应力退火温度为 $330\pm 5^{\circ}\text{C}$ ,保温时间为 $60\pm 2\text{min}$ ,升温速率不超过 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ,然后空冷。

[0058] 7)因为小锥段成形变形量太大,轴向张力大,材料塑性较差,如果采用一步成形,零件表面易出现轴向贯穿性裂纹,因此将小锥段分成两步成形:

[0059] 第一次双锥反向普旋预成形小锥段(见图13):a)安装双锥旋压芯模和双锥旋压旋轮,要求小端径向跳动在0.05mm内,可以使用铜片插入安装端面调整安装状态,并将定位环通过螺栓固定在双锥旋压芯模大锥段的端部,然后使用两把丙烷烤枪对双锥旋压芯模、双锥旋压旋轮及定位环均匀预热,预热温度为250~300℃;b)将大锥段旋压坯料套入双锥旋压芯模上直至大锥段的端部插入定位环内,使用螺栓将定位环与大锥段固定连接,注意安装大锥段旋压坯料后用榔头轻轻敲击大锥段部位,确认大锥段与双锥旋压芯模的大锥段完全贴合,大锥段旋压坯料型面不能与双锥旋压芯模型面错位,然后转动双锥旋压芯模,监控大锥段旋压坯料跳动值;c)最后进行双锥反向普旋多道次直至预成形小锥段,双锥反向普旋预成形小锥段第一步共6道次,每道次压下量为3mm左右,进给速率80mm/min,主轴转速为60rpm,旋轮进给方向是从自由端向主轴端运动;

[0060] 8)双锥反向普旋预成形小锥段后拆下双锥旋压芯模8h内进行应力退火,应力退火温度为 $330\pm 5^{\circ}\text{C}$ ,保温时间为 $60\pm 2\text{min}$ ,升温速率不超过 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ,然后空冷;

[0061] 9)完成步骤8)后进行第二次双锥反向普旋成形小锥段(见图14):a)安装双锥旋压芯模和双锥旋压旋轮,要求小端径向跳动在0.05mm内,可以使用铜片插入安装端面调整安装状态,并将定位环通过螺栓固定在双锥旋压芯模的端部,然后使用两把丙烷烤枪对双锥旋压芯模、双锥旋压旋轮及定位环均匀预热,预热温度为250~300℃;b)将预成形小锥段的大锥段旋压坯料套入双锥旋压芯模上直至大锥段的端部插入定位环内,使用螺栓将定位环与大锥段固定连接,注意安装大锥段旋压坯料后用榔头轻轻敲击大锥段部位,确认大锥段与双锥旋压芯模完全贴合,大锥段旋压坯料型面不能与双锥旋压芯模型面错位,然后转动双锥旋压芯模,监控大锥段旋压坯料跳动值;最后进行双锥反向普旋多道次直至成形小锥段,双锥反向普旋成形小锥段第二步共有5道次,每道次压下量为3mm左右,进给速率80mm/min,主轴转速为60rpm,旋压时监控坯料表面不能出现麻纹,旋压过程中始终保留尾部翻边

存在,提供刚性,防止尾端收径变形失稳;

[0062] 10) 完成步骤9) 后,先加热坯料,使坯料热胀,然后轴向敲打定位环使坯料脱离双轴旋压芯模,卸下双锥旋压芯模后8h内进行去应力退火,应力退火温度为 $330 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ,保温时间为 $60 \pm 2\text{min}$ ,升温速率不超过 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ,空冷;然后抛光。

[0063] 11) 完成步骤10) 后检测得到所需的多角度锥形筒体:a) 大小锥段分别精旋成形后,检查零件内外表面有效范围内是否有裂纹、起皮等缺陷;b) 找到零件变角度的转折点,标记为0点,以0点为基准向两端测量长度、直线度;c) 使用超声波测厚仪检测壁厚,选定零件小头端面作为检测起点,从起点开始沿着母线每隔100mm实测并记录零件壁厚,共检测8条周向均布母线,确保壁厚检测的全面覆盖性;d) 使用型面检测样板检测零件外型面,样板与蒙皮贴和间隙要求全程不大于0.5mm,局部间隙不大于0.8mm;e) 内部质量检测采用板波和横波脉冲反射法按照GJB1580A要求执行。

[0064] 其中:以上步骤3)、步骤5)、步骤7) 及步骤9) 中:一把丙烷烤枪沿坯料母线做往复运动,均匀加热;另外一把丙烷烤枪固定在旋轮前18~22mm位置处做定枪加热;旋压过程中使用红外线测温仪监控坯料表面温度,确保温度在 $250 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 之间,并根据温度情况适当调整丙烷-氧气比例;另外,在旋压过程中,为减小旋轮与旋压坯料的摩擦,提高零件表面质量,每隔一段时间往坯料和旋轮之间涂抹润滑剂,润滑剂由机油、水、石墨、二硫化钼调和而成,其中石墨与水的重量比例为5:93~96;旋压过程中若坯料表面有裂纹,则立即停止旋压。

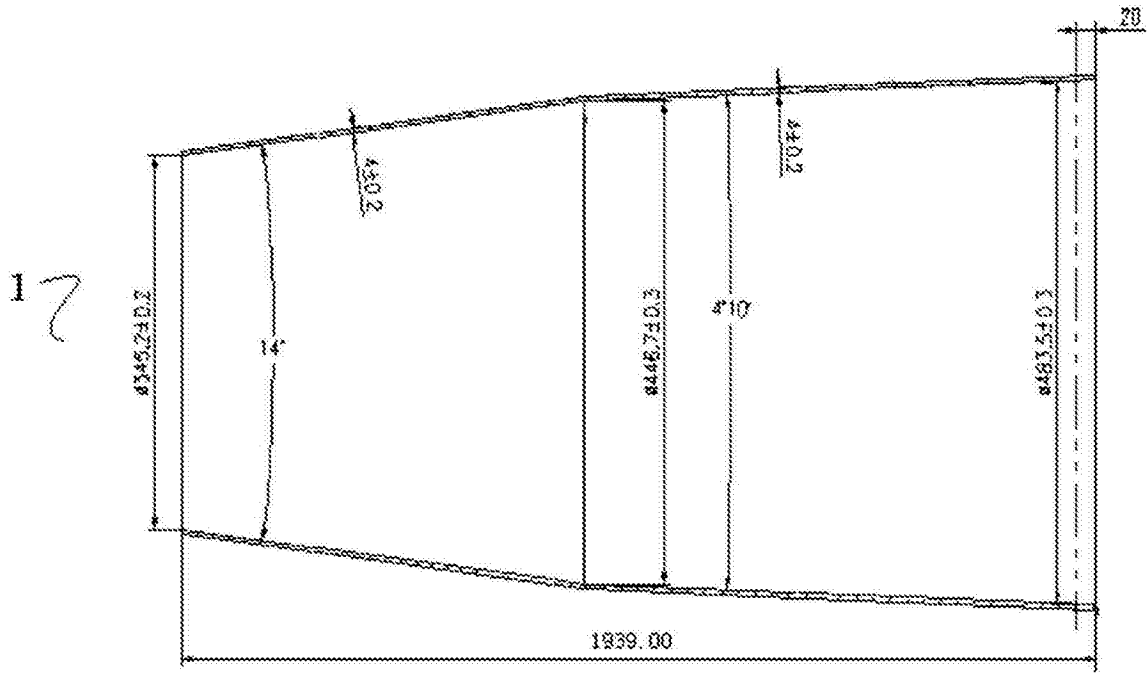


图1

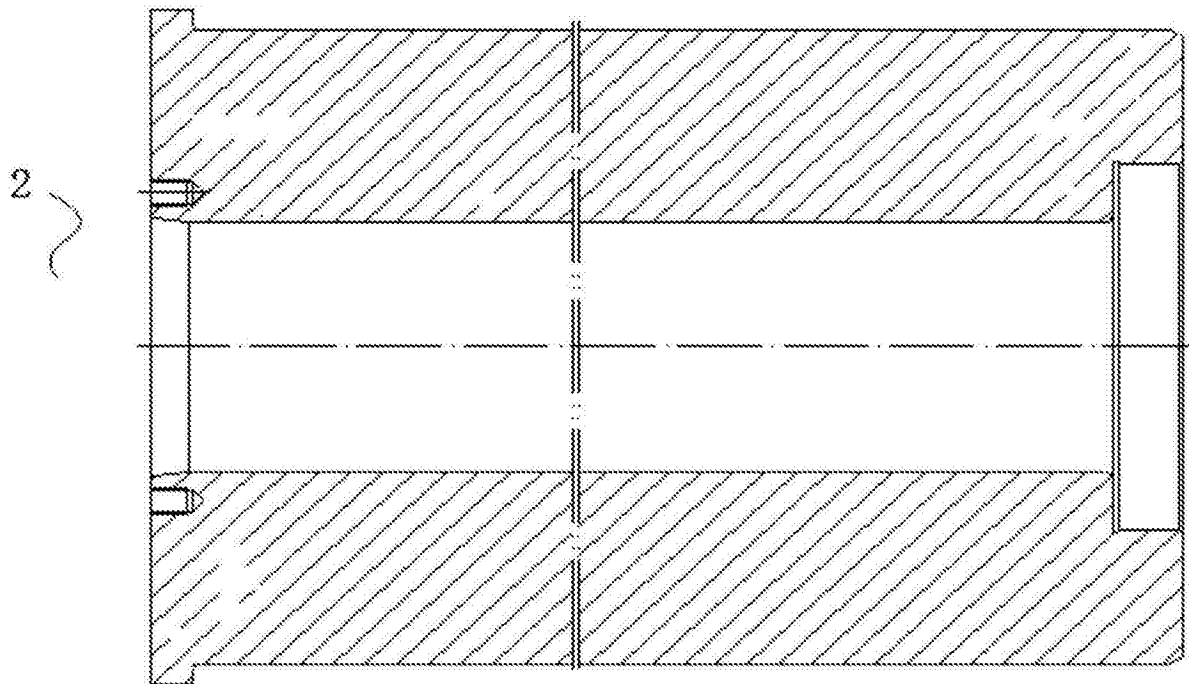


图2

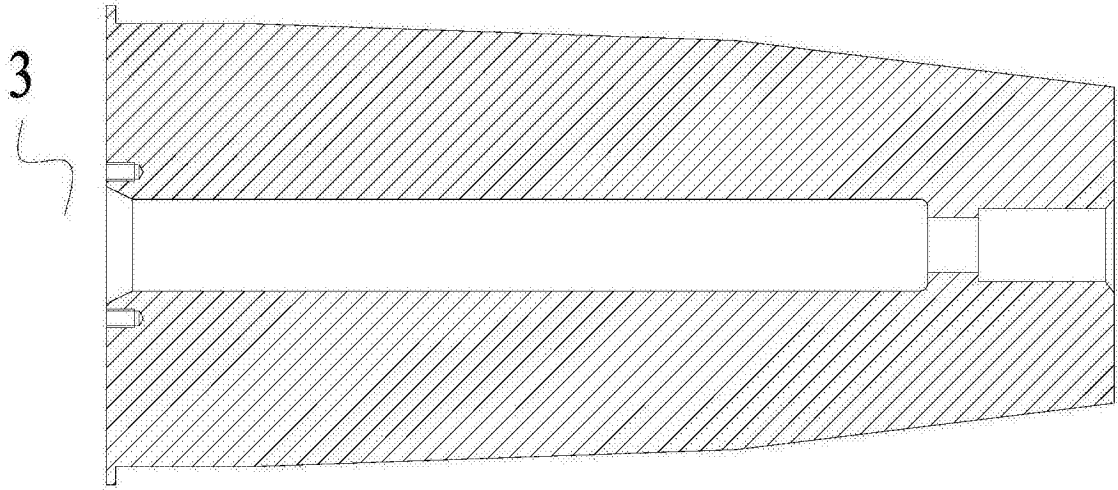


图3

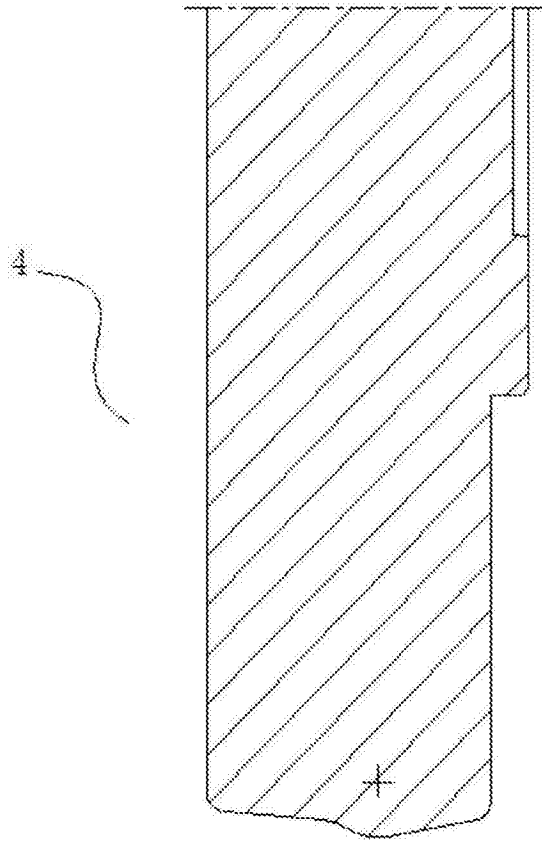


图4

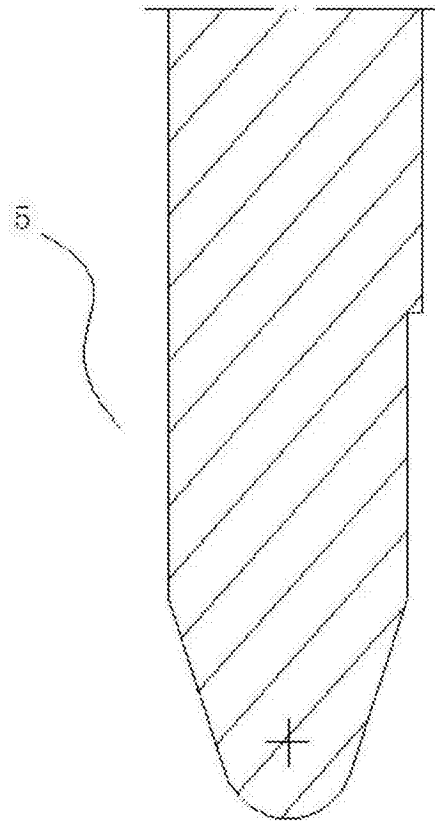


图5

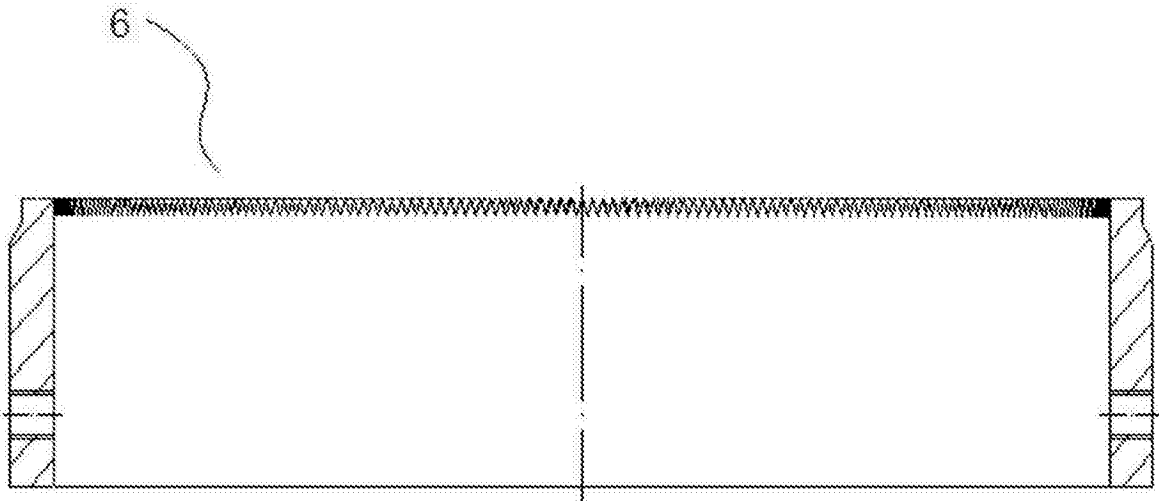


图6

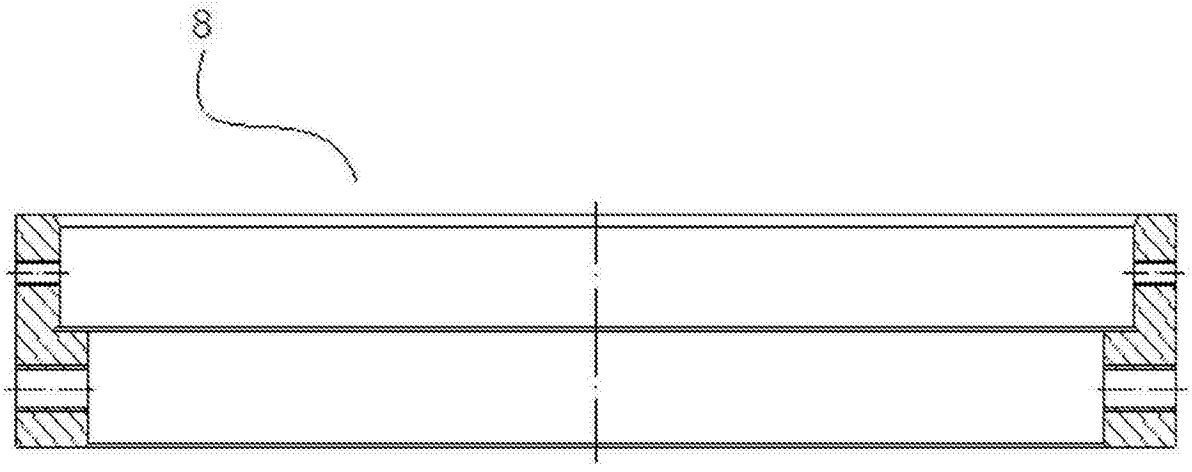


图7

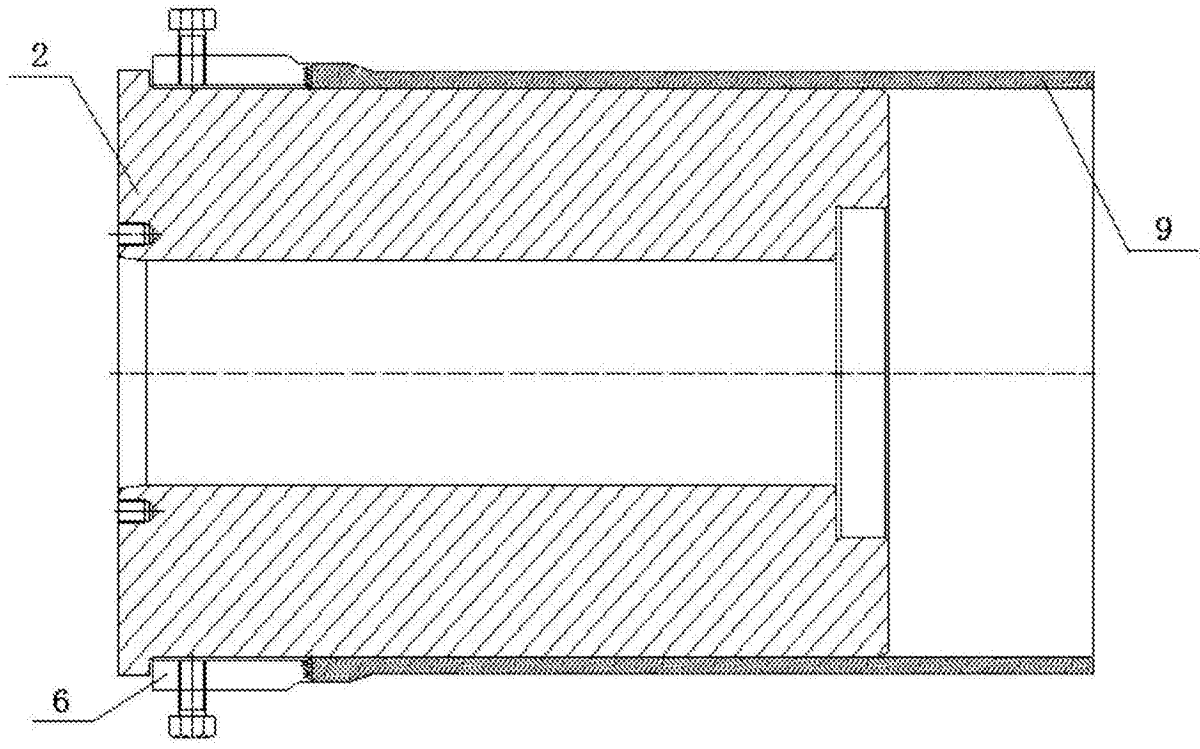


图8

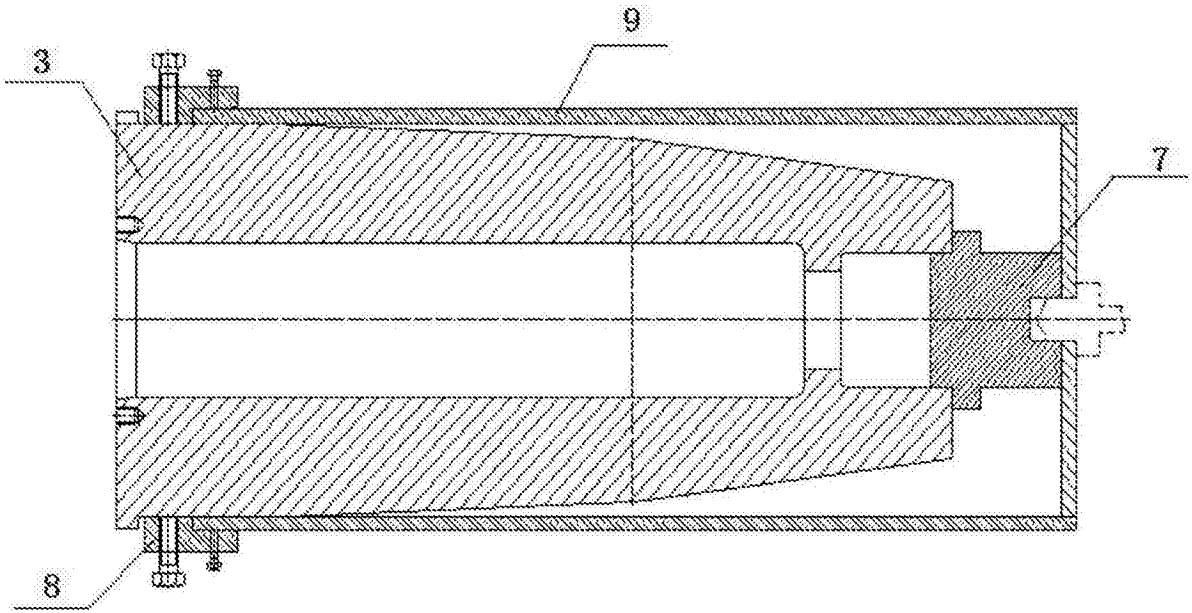


图9

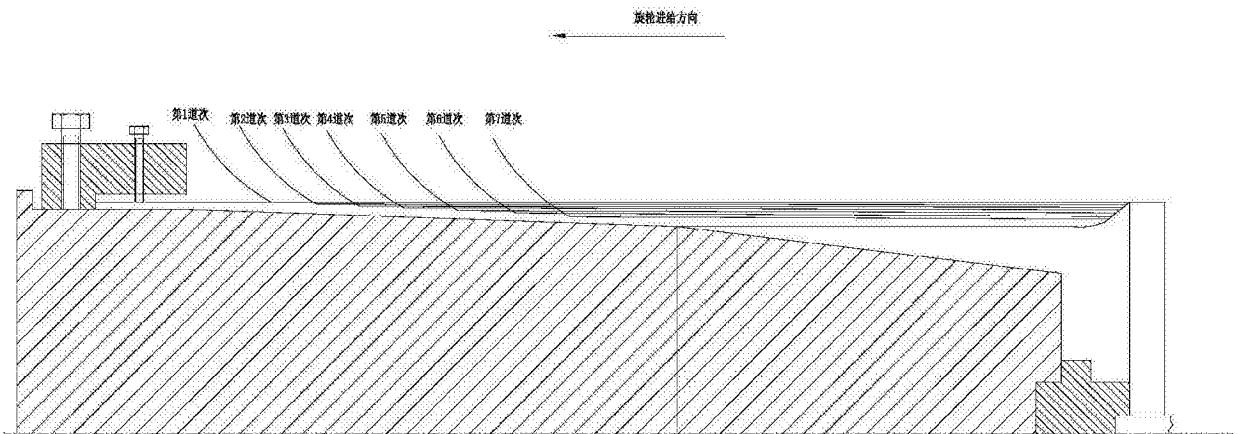


图10

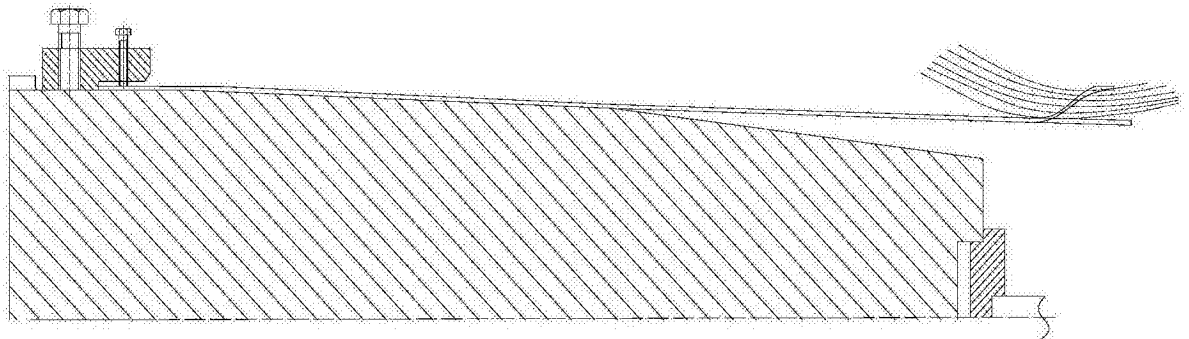


图11

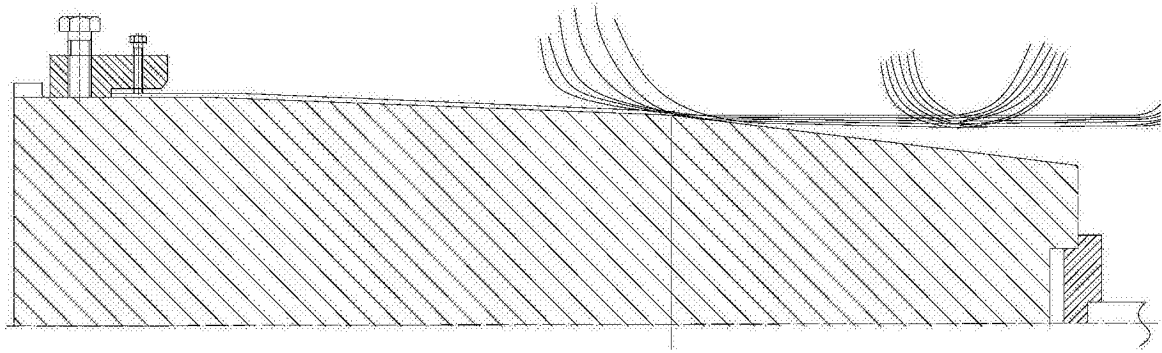


图12

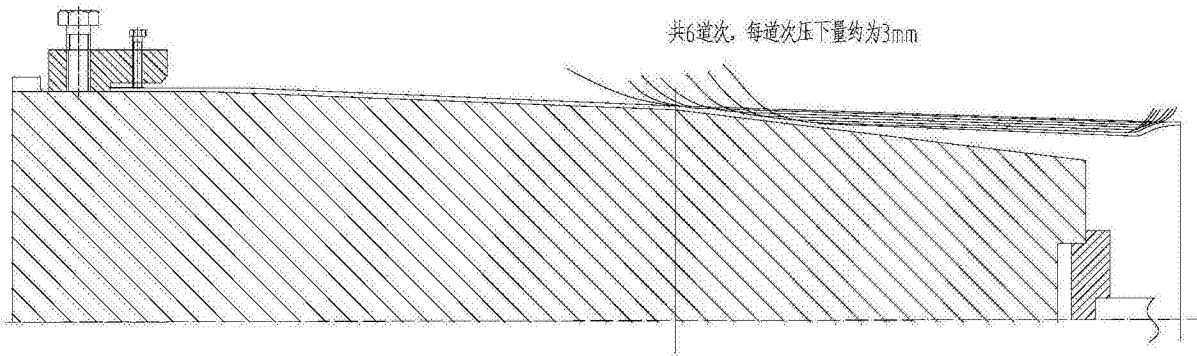


图13

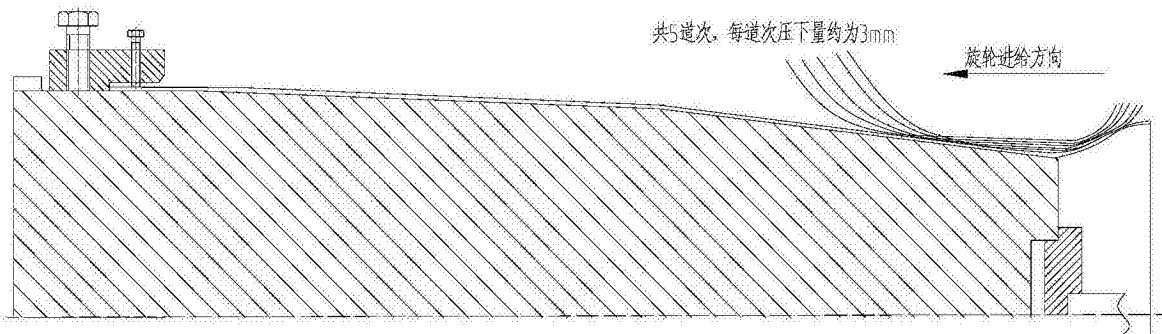


图14