



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106640399 B

(45)授权公告日 2019.04.05

(21)申请号 201610935266.4

(51)Int.CI.

(22)申请日 2016.11.01

F02F 1/16(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

F02F 1/22(2006.01)

申请公布号 CN 106640399 A

F02F 1/20(2006.01)

(43)申请公布日 2017.05.10

审查员 张广宇

(30)优先权数据

PA201570709 2015.11.02 DK

(73)专利权人 曼能解决方案(曼能解决方案德  
国股份公司)分公司

地址 丹麦哥本哈根

(72)发明人 M·格贝尔 C·阿德里安森

(74)专利代理机构 北京市中伦律师事务所  
11410

代理人 石宝忠

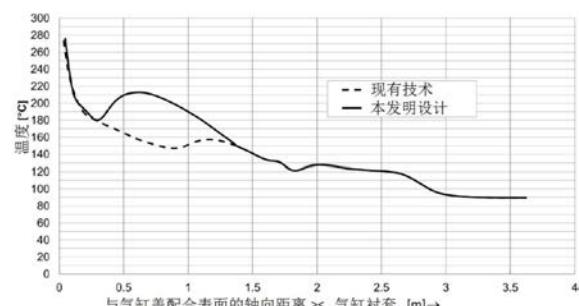
权利要求书1页 说明书7页 附图10页

(54)发明名称

用于二冲程十字头式发动机的气缸衬套

(57)摘要

一种用于内燃发动机特别是二冲程十字头式发动机的气缸衬套(1)。该气缸衬套(1)包括：适合于与气缸盖(22)接合的第一端；在第二端附近位于所述气缸衬套(1)的壁(29)中的扫气口(18)；和位于所述气缸衬套(1)的轴向范围的在所述第一端附近的部分(U)中的用于在所述气缸衬套(1)的壁(29)中进行强制冷却的液体冷却剂的至少一个冷却凹部(31)或至少一个冷却孔。所述气缸衬套(1)的其余轴向范围没有强制冷却装置。



1. 一种二冲程十字头式内燃发动机, 所述发动机包括气缸座(23)和多个气缸衬套(1), 往复运动活塞(10)被收纳在所述气缸衬套(1)中, 所述气缸衬套(1)包括:

适合于与气缸盖(22)接合的第一端;

在所述气缸衬套(1)的轴向范围的中间附近的、在所述气缸衬套(1)的壁厚上的尖锐过渡, 用作允许将所述气缸衬套(1)安置在所述气缸座(23)上的台肩,

扫气口(19); 和

至少一个位于所述气缸衬套(1)的轴向范围的、在所述第一端附近的部分(U)中的用于在所述气缸衬套(1)的壁(29)中进行强制冷却的针对液体冷却剂的周向冷却凹部(31),

所述气缸衬套(1)的其余轴向范围没有强制冷却装置, 且

所述气缸衬套(1)不包括任何冷却套管。

2. 根据权利要求1所述的气缸衬套(1), 其中所述至少一个冷却孔或冷却凹部(31)位于所述气缸衬套(1)的轴向范围中最接近于所述第一端的约10%处。

3. 根据权利要求1或2所述的气缸衬套(1), 其中该气缸衬套进一步包括位于所述气缸衬套(1)的壁中的多个气缸润滑油供应孔(25)。

4. 根据权利要求3所述的气缸衬套(1), 其中所述多个气缸润滑油供应孔(25)在基本相同水平围绕所述气缸衬套(1)的周边分布。

## 用于二冲程十字头式发动机的气缸衬套

### 技术领域

[0001] 该公开涉及一种用于内燃发动机尤其是二冲程十字头式发动机的气缸衬套,该发动机具有活塞,该活塞可在气缸衬套内在其纵向(轴向)方向上在下止点和上止点之间运动,在该下止点时,位于气缸衬套的壁中的扫气口暴露于活塞顶表面上方,而在该上止点时,活塞在气缸衬套中位于其顶部位置。

### 背景技术

[0002] 在大型二冲程十字头式压缩点火内燃发动机中,通常从气缸座向上突出并且通过气缸盖夹紧在该气缸座上的气缸衬套的上部被燃烧过程产生的热和压力施加以非常沉重的热负荷和机械负荷。气缸衬套的用于活塞的内部运行表面上的温度水平对于气缸衬套的使用寿命来说具有决定性意义,因而对于发动机的操作经济性也具有决定性意义。如果该运行表面的温度太高,可能会在气缸衬套中产生热裂纹,而如果温度过低,则来自燃烧产物的硫酸可能凝结在运行表面上,这由于对衬套材料的腐蚀性侵蚀而导致磨损增加,并且致使运行表面上的气缸油的润滑油膜分解而导致(昂贵的)气缸油消耗增加。

[0003] 运行表面温度通常随着发动机负荷而变化,并且由于发动机必须既能够在高负荷下又能够在低负荷下长期运行,传统上将衬套制造成使得在发动机的最大负荷时运行表面温度接近最高容许温度。高温度水平使得在部分负荷时可以维持足够高的温度以防止酸凝结在运行表面上。

[0004] 气缸润滑油和气缸衬套材料受到发动机全负荷时的高温影响,并且该温度增加可能导致润滑剂分解而对气缸衬套材料造成热裂纹形式的持续损坏。

[0005] 用于大缸孔发动机例如缸孔直径大于50cm的发动机的已知气缸衬套设置有包括冷却缸孔的冷却装置,由于大型二冲程十字头式发动机中的气缸衬套总是以直立位置放置,因此该冷却缸孔位于气缸衬套的轴向范围中最接近于气缸盖的部分中(即位于轴向范围的上部中)。该气缸衬套的轴向范围中最接近于气缸盖的上部包围燃烧室的其中压缩比最高并且开始燃烧的部分,因此气缸衬套的该上部在与气缸衬套的轴向范围中的其余部分相比时暴露于最高温度和压力。因而,气缸衬套的上部必须应对最高压力和温度,而气缸衬套的轴向范围中的其余下部仅暴露于较低温度和较低压力。因此,气缸衬套的上部的壁厚特别高并且需要最多冷却。在远离气缸盖的轴向方向上的温度和压力的下降是逐渐的,但是考虑到实践上的原因,典型地将气缸衬套的壁厚大致分成两个或三个等级,其中最薄壁厚设置在气缸衬套最接近于扫气口的轴向端处,而最大壁厚设置在气缸衬套的与气缸盖具有接口的轴向端处。

[0006] 气缸衬套的轴向范围中的正好位于与气缸盖的接口下面的上部设置有从外部凹部钻到气缸衬套的相对较厚的壁内的多个相对紧密间隔的冷却孔,从而使得笔直冷却孔的纵向轴线关于衬套的纵向轴线具有倾斜或歪斜路线。在每个冷却孔中插入管或导板以将流入的液体冷却剂从凹部引导到缸孔的上止点端,液体冷却剂从此处向下流出到一腔室内,液体冷却剂从该腔室借助于管向上传送到气缸盖内。倾斜冷却孔均匀地分布在气缸衬套的

上部的周向范围上。尽管如此,衬套材料的温度也不会同等地分布在气缸衬套的上部的周向范围上,这是因为最接近于冷却孔的气缸衬套材料不如两个冷却孔之间的材料热。因而,当在周向上看时,气缸衬套的上部中的材料温度将波动。气缸衬套的上部中的这种不均匀的圆周温度分布由于气缸衬套材料的不均匀温度膨胀而在气缸衬套材料中导致应力,这又导致气缸衬套和活塞环的不均匀磨损,这是因为气缸衬套的上部的运行表面将不是完整的圆形。在气缸衬套试运转之后其将变得略微更圆,但是由于任何新负荷下的新的变形而使得在已知气缸衬套中将永远不是完整的圆形。

[0007] 气缸衬套的正好位于上部下面的部分设置有一个或多个冷却套管,这些冷却套管完全包围气缸衬套的外表面并且为液体冷却剂提供了周向地延展空间。典型地,冷却套管从气缸衬套具有冷却孔的上部向下朝向气缸座延伸相当长度,有时完全延伸到气缸座。

[0008] 从W097/42406已知以上描述类型的气缸衬套。

## 发明内容

[0009] 发明人已经认识到,在气缸衬套的上部下面对气缸衬套进行强制冷却导致气缸衬套的就位于该上部下面的部分的运行表面温度低于考虑到酸性燃烧产物在气缸衬套的该具体部分的运行表面上的凝结而期望的温度。图18示出了代表90cm缸孔发动机全负荷(其最大连续额定功率的100%)运行时运行表面的温度的曲线图。相对于从与缸盖的配合表面的轴向距离绘制温度。中断线表示在气缸衬套的上部下面具有冷却套管的现有技术发动机的温度分布。在距离与气缸盖的配合表面约0.m到1.3m之间的距离处,该气缸衬套的运行表面具有约150°C到160°C之间的温度,并且测试已经表明在运行表面的该区域中的该温度水平致使酸性燃烧产品的凝结水平比考虑到衬套材料腐蚀和保护运行表面的气缸油层的分解而期望的水平高。运行表面能够承受大大高于200°的温度而不会有裂纹形成的风险。

[0010] 因此,本发明的目的是提供一种气缸衬套,其中所述气缸衬套的正好位于上部下面的部分中的运行表面被保持在更高温度,以便避免酸性燃烧产物的凝结。

[0011] 根据第一方面,该目的通过提供一种用于二冲程十字头式内燃发动机的气缸衬套来实现,所述气缸衬套包括:适合于与气缸盖接合的第一端;扫气口;在所述气缸衬套的轴向范围的中间附近在所述气缸衬套的壁厚上的尖锐过渡,用作允许将所述气缸衬套安置在所述二冲程十字头式发动机的气缸座上的台肩;和位于所述气缸衬套的轴向范围的在所述第一端附近的部分中的用于在所述气缸衬套的壁中进行强制冷却的液体冷却剂的至少一个冷却凹部或至少一个冷却孔,所述气缸衬套的其余轴向范围没有强制冷却装置。

[0012] 通过在所述气缸衬套的上部中提供强制冷却并且通过避免气缸衬套的其余部分中的强制冷却,实现了在气缸衬套的轴向方向上的运行表面的最佳温度分布。该温度分布避免了正好位于所述气缸衬套的轴向范围中的上部下方的温度下降,因而减少了酸性燃烧产物在所关心的运行表面的部分上的凝结。

[0013] 在第一方面的第一可能实现形式中,所述至少一个冷却孔或冷却凹部位于所述气缸衬套的轴向范围中的最接近于所述第一端的约10%处。

[0014] 在第一方面的第二可能实现形式中,该气缸衬套不包括任何冷却套管。

[0015] 在第一方面的第三可能实现形式中,该气缸衬套进一步包括位于所述气缸衬套的壁中的多个气缸润滑油供应孔,这些孔优选在基本相同水平围绕所述气缸衬套的周边分

布。

[0016] 根据第二方面,该目的还通过提供一种二冲程十字头式发动机实现,该发动机包括至少一个根据第一方面及其任一实现形式的气缸衬套。。

[0017] 从以下描述的详细说明和实施方式将清楚本发明的这些以及其它方面。

## 附图说明

[0018] 在本公开的如下详细部分中,将参照附图中所示的示例实施方式更详细地说明本发明,其中:

[0019] 图1是根据一个示例实施方式的大型二冲程柴油发动机的前视图;

[0020] 图2是图1的大型二冲程发动机的侧视图;

[0021] 图3是根据图1的大型二冲程发动机的示意性图示;

[0022] 图4是根据一个示例实施方式的气缸衬套和气缸座的剖视图,其中装配有气缸盖和排气阀;

[0023] 图5是根据示例实施方式的气缸衬套的侧视图;

[0024] 图6是图5的气缸衬套的局部剖视图;

[0025] 图7是图5的气缸衬套的上部的细节的剖视图,示出了周向冷却凹部;

[0026] 图8是图7的细节,其中轴向支撑构件插入在周向冷却凹部内;

[0027] 图9是图8的细节,其中周向支撑构件包围气缸衬套的上部;

[0028] 图10示出了轴向支撑构件的细节;

[0029] 图11示出了图9的细节,其中管件用于将冷却剂供应至周向冷却凹部;

[0030] 图12示出了图9的细节,其中管件用于从冷却凹部排出冷却剂;

[0031] 图13以剖视图示出了周向支撑构件;

[0032] 图14示出了图5的气缸衬套的正分解图,其中没有周向支撑构件;

[0033] 图15示出了图5的气缸衬套的正视图,其中没有周向支撑构件;

[0034] 图16图示了轴向支撑构件;

[0035] 图17是图5的气缸衬套的顶部的剖视图;以及

[0036] 图18是图示了图6的气缸衬套和现有技术的气缸衬套的运行表面的温度的曲线图。

## 具体实施方式

[0037] 在如下详细描述中,将参照示例实施方式中的大型二冲程涡轮增压压缩点火十字头式内燃发动机来描述内燃发动机。图1、2和3示出了具有曲轴8和十字头9的大型低速涡轮增压二冲程柴油发动机。图3示出了具有其进气和排气系统的大型低速涡轮增压二冲程柴油发动机的示意性图示。在该示例实施方式中,该发动机具有直列的四个气缸。大型低速涡轮增压二冲程柴油发动机通常具有由发动机框架11承载的四到十四个直列气缸。该发动机例如可以用作船舶的主发动机或用作操作发电站中的发电机的固定发动机。该发动机的总输出例如可以从1000kW到110000kW。

[0038] 在该示例实施方式中,该发动机为二冲程单流式压缩点火发动机,该发动机具有位于气缸衬套1的下部区域处的扫气口18和位于气缸衬套1的顶部处的中央排气阀4。扫气

空气从扫气空气接收器2传送到各个气缸1的扫气口18。气缸衬套1中的活塞18压缩扫气空气，并且从气缸盖22中的燃料喷射阀喷射燃料，接着发生燃烧并产生排气。

[0039] 当排气阀4打开时，排气通过与气缸1相关联的排气通道流入排气接收器3内并且通过第一排气管道19向前流至涡轮增压器5的涡轮机6，该排气通过第二排气管道经由节能器20流出到出口21进入大气。通过一轴，涡轮机6驱动压缩机7，从而经由进气口12供应新鲜空气。压缩机7将加压的扫气空气输送到通向扫气空气接收器2的扫气空气管道13。管道13中的扫气空气经过中间冷却器14，该中间冷却器14将以约200°C离开压缩机的扫气空气冷却至约36°C到80°C的温度。

[0040] 被冷却的扫气空气通过由电马达17驱动的辅助鼓风机16，当涡轮增压器5的压缩机7不能输送用于扫气接收器2的足够压力时，即在发动机的低负荷或局部负荷状态下，该辅助鼓风机16对扫气空气流进行加压。在发动机负荷较高时，涡轮增压器的压缩机7输送被充分地压缩的扫气空气，然后经由单向阀15绕过辅助鼓风机16。

[0041] 图4、图5和图6示出了总体上表示为1的用于大型二冲程十字头式发动机的气缸衬套。根据发动机尺寸，该气缸衬套1可以以不同尺寸制造，其中气缸缸孔通常在从250mm到1000mm的范围，并且相应的典型长度在从1000mm到4500mm的范围内。气缸衬套1一般以铸铁制造，并且可以是一体的或者分成首尾相连地组装的两个或更多个部分。在分开式衬套的情况下，也可以用钢制造上部。大型二冲程十字头式发动机是针对非常高的有效压缩比如1:16到1:20而开发的，这必然在需要承受燃烧室内压力的元件诸如例如气缸衬套1、活塞10和活塞环(未示出)上作用沉重负荷。

[0042] 在图4中，气缸衬套1被示出为安装在气缸座23中，其中气缸盖22放置在气缸衬套1的顶部上，在气缸盖22和气缸衬套1之间具有气密接口。在图4中，没有示出活塞10，以便提供具有其气缸润滑孔25和气缸润滑线24的气缸衬套1的清楚视图，该气缸润滑孔25和气缸润滑线24允许在活塞10经过润滑线24时供应气缸润滑油，之后活塞环将气缸润滑油分布在气缸衬套的运行表面上。

[0043] 管件26用于向位于气缸衬套1的上部处的冷却和加强装置30供应液体冷却剂例如水。管件28用于将液体冷却剂从冷却和加强装置30输送到气缸盖22。管件27用于将液体冷却剂从气缸盖22排出到冷却系统。供应至冷却和加强装置30的液体冷却剂由本身公知的冷却系统(未示出)提供，该冷却系统以受控供应温度提供液体冷却剂，并且从气缸盖22排出的冷却剂返回到冷却系统进行再调。气缸衬套1的壁29在气缸衬套的轴向范围上具有变化厚度。在所示的实施方式中，壁29的最薄部分位于气缸衬套1的底部处，即位于扫气口18下方的部分处。气缸衬套1的壁29的最厚部分位于气缸衬套1的轴向范围中的上部中。在气缸衬套1的轴向范围的中间附近，气缸衬套1的厚度的急剧过渡用作允许气缸安置在气缸座23上的台肩。气缸盖22利用由张紧螺栓施加的较大的力挤压在气缸衬套1的上表面上。

[0044] 图5和图6更详细地示出了气缸衬套1，其中该气缸衬套1的轴向轴线X以及冷却和支撑装置30被封闭在图6中的矩形虚线框中。气缸衬套1的最上面部分即气缸衬套1最接近该气缸衬套的、与气缸盖22形成接口的纵向端的部分从气缸衬套1的顶部在一定距离上延伸，如箭头U所示。该最接近气缸衬套1的上端的区域为气缸衬套暴露于燃烧过程的最高压力和最高温度的区域。因此，与气缸衬套的剩余范围相比，该区域必须具有最有效的冷却和最坚固的构造。

[0045] 最上面部分U从台肩89开始延伸,该台肩89由气缸衬套本体朝向该气缸衬套1的上端向上增加的直径段形成。

[0046] 图7更详细地示出了冷却和支撑装置30。该冷却和支撑装置30设置在气缸衬套1的部分U处,该部分U最接近气缸衬套1的与气缸盖22形成接口的轴向端。该部分U还是气缸衬套的暴露于燃烧过程的最高压力和温度的部分。因此,气缸衬套的壁29的厚度在气缸衬套1的该部分中相对较高。

[0047] 然而,需要进行强制冷却,并且必须将强制冷却布置成较接近于气缸衬套1的该部分的运行表面,以便将气缸衬套1的该部分的运行表面的温度保持在可接受的水平(根据气缸衬套1的材料类型,最大运行表面温度必须低于例如约300°C或者在某些情况下低于约280°C)。关于此,在气缸衬套1的上部U中设置周向凹部31以便提供用于接收液体冷却剂的空间。凹部31朝向气缸衬套1的外表面开口并且在一个实施方式中设置有上凹窝32和下凹窝33。该凹部的开口在面向下的支撑表面34和面向上的支撑表面35之间具有轴向高度H。

[0048] 该凹部31可以通过铣削过程来形成,或者在衬套是铸造产品的情况下可以作为该铸造过程的一部分而形成。在后者情况下,应该在铸造之后将该凹部加工成精确地限定的形状。

[0049] 上凹窝32和下凹窝33的曲面与计算出的形状一致,该计算出的形状使得气缸衬套1的材料中的应力最小。

[0050] 图7中的箭头F代表气缸盖22施加在气缸衬套1的顶表面上的力。该力F的大小如此之大以致于如果在面向下的支撑表面34和面向上的支撑表面35之间的间隙中没有轴向支撑则气缸衬套1将变形。该轴向支撑在图8中示出。轴向支撑构件36被插入环状凹部31内,从而基本填满在面向下的表面34和面向上的表面35之间具有跨度H的间隙。如图8所示,轴向支撑构件36支撑气缸衬套壁的结构,并且传递力F的相当大的部分,由此防止气缸衬套1的上部变形,如竖直箭头所示。图10示出了轴向支撑构件36的细节。该轴向支撑构件可以采取环的形式,例如具有两个或更多个部分的开口环(在图中示出了具有两个部分的开口环,但是本领域技术人员清楚的是,该轴向支撑构件可以由多于两个的多个构件形成,并且该多个部件不需要形成连续环,并且可以索性是适合于给环状凹部31提供轴向支撑的多个柱等)。轴向支撑构件36在面向上的表面39和面向下的表面40之间具有轴向范围h。轴向支撑构件36的轴向范围h优选略微小于周向凹部31的开口中的间隙的轴向范围H,从而在气缸盖22没有施加力F时在轴向支撑构件和该间隙之间存在间隙。该间隙将允许气缸衬套1略微变形,直到面向下的支撑表面34和面向上的支撑表面35与轴向支撑构件36的相应的面向上的表面39和面向下的表面40抵接。气缸衬套1的上部的材料的这种略微变形致使上凹窝32周围和下凹窝33周围的衬套材料发生预张紧,这种预张紧抵消了在相应的凹窝31、32中形成裂纹的风险。

[0051] 还可以利用零间隙或负间隙来以其它方式控制张力。

[0052] 图14、图15和图16更详细地示出了周向支撑构件36及其组件。在该示例实施方式中,轴向支撑构件36包括一起形成环的2个半部48、49。两个半部48、49被松动地插入到周向凹部31内,并且它们不彼此连接。图14示出了组装过程中的两个半部48、49,图15示出了组装之后的两个半部48、49。

[0053] 每个半部48、49设置有在开口43中形成冷却剂入口的狭槽和形成冷却剂出口孔42

的狭槽。形成冷却剂出口孔42的狭槽为具有圆头端的T形,以避免由于材料中的应力而产生裂纹。

[0054] 如图9所示,周向支撑构件37围绕气缸衬套1的上部放置。周向支撑构件37的面向下表面搁置在气缸衬套1的上部U中的朝上台肩38上。周向支撑构件37给气缸衬套1的上部分U提供径向支撑,这在图9中由水平箭头表示。在一个示例实施方式中,周向支撑构件37为高强度钢的一体式环状体。为了提高周向支撑构件37提供径向支撑的能力,其收缩配合在气缸衬套1的上部周围以由此在气缸衬套材料中以及在周向支撑构件37的材料中产生预张紧。如图9中的上部的一对相反箭头所示,周向支撑构件37在周向冷却凹部31上方预张紧在气缸衬套的轴向范围周围,并且如图9中的下部的一对相反箭头所示,周向支撑构件37在周向冷却凹部31下面预张紧在气缸衬套1的所述轴向范围周围。

[0055] 在另一个实施方式中,使用了松动安装的周向支撑构件37(坚固支承件)。来自于气缸衬套的热膨胀将产生与周向支撑构件(坚固支承件)的接触。

[0056] 在一个实施方式中,周向支撑构件37具有相当大的壁厚,并且可以被认为是坚固支承件。

[0057] 如图9中的上部的一对水平箭头所示在周向支撑构件37的上部处以及如图9中的下部的一对水平箭头所示在周向支撑构件37的下部处,径向力在气缸衬套1和周向支撑构件37之间传递。周向支撑构件37的中间区段不处理任何显著的径向力,并且在轴向支撑构件36和周向支撑构件37之间没有任何显著大小的径向力。

[0058] 周向支撑构件37设置有环状凹部47以提供供液体冷却剂通过的空间。设置了用于将气缸衬套1和周向支撑构件37之间的过渡密封的垫片(未示出)以确保液密密封。图13以剖视图更详细地示出了周向支撑构件37。

[0059] 如图11中所示,流入口孔46设置在周向支撑构件37中。该流入口孔46基本被放置在周向支撑构件的低应力水平的区域(诸如例如中间高度)中,即放置在周向支撑构件37的不处理任何显著径向力的部分中。流入口孔46连接至周向支撑构件37中的面向内的周向凹部47。可以有多于一个的流入口孔46,但是并不认为这是必须或有利的。流入口孔46连接至从冷却系统供应冷却剂的液体冷却剂供应管道26。液体冷却剂能够经由轴向支撑构件36中的流入口孔43流入周向凹部31内。经由流入口孔43,液体冷却剂能够直接进入下凹窝33,并且该液体冷却剂能够轴向支撑构件36中的向内指向的周向凹部41而流向上凹窝41。图11中的箭头大致表示出了液体冷却剂的流动方向。

[0060] 如图12所示,倾斜流出口管44从上凹窝32延伸到位于周向支撑构件37的外侧的连接块50。倾斜流出口管44延伸穿过轴向支撑构件36中的出口孔42并进一步延伸穿过基本布置在周向支撑构件37的中间高度的倾斜孔45。流出口管44的倾斜布置确保流出口管44的入口位于周向凹部31的最高部分处,即位于上凹窝32中;并且流出口管44的倾斜方向允许将倾斜孔45放置在周向支撑构件37的中间高度,即放置在周向支撑构件37的不处理任何显著径向力的部分中。倾斜流出口管44的出口,例如经由位于流出口管44的一端的焊接凸缘,而连接至连接块50。

[0061] 连接块50被固定至周向支撑构件37的外周表面。连接块50设置有成角度孔,并且向上延伸的冷却水转移管道28连接至连接块50的上侧。冷却水转移管道28用于将液体冷却剂向气缸盖22引导以对后者进行冷却。图12中的箭头大体表示出了液体冷却剂的流动方

向。

[0062] 图17是气缸衬套1的上部U的剖视图,示出了冷却和支撑装置30的入口和出口布置。与现有技术设计中在气缸衬套的上部中气缸衬套材料的剧烈波动温度相比,该冷却和支撑装置30的构造在气缸衬套1的上部U中提供了气缸壁材料的在周向上基本均匀的温度分布。

[0063] 图18是示出了相对于与气缸盖22的配合表面(顶表面)的距离测定的气缸衬套1的运行表面的温度的曲线图。未中断线表示本发明设计即根据在该文件中描述的实施方式的气缸盖的温度曲线。中断曲线表示现有技术气缸衬套诸如例如从W097/42406已知的气缸衬套的温度曲线。在气缸衬套1的上部U中,用于本发明设计和现有技术设计的温度曲线在实践上是重叠的即相同的。这是预期到的,因为无论在本发明的设计中还是在现有技术设计中,气缸衬套1的上部U都被强制冷却。不同之处在于,本发明设计利用周向冷却凹部提供了在周向上完全均匀的冷却,而现有技术设计的多个倾斜孔不能提供在周向上的均匀冷却,从而导致温度沿着气缸衬套1的上部的周向范围波动。然而,这无法在图18中看到,因为图18是关于轴向方向而不是周向来绘制温度的。这两个曲线在气缸衬套1的轴向范围的正好在上部U下方的部分显著不同(在该曲线图中,上部从0延伸至约0.3m,并且该上部下面的具有显著不同温度的部分从约0.3m延伸至1.3m,但是应该指出,这些数字仅仅对于具体形状和尺寸的气缸衬套1有效,并且在其他设计中可能非常不同)。

[0064] 在正好在本发明设计的气缸衬套1的上部下面的轴向范围中的部分中没有强制冷却致使运行表面的温度明显更高,温度差高达50°C。在正好在气缸衬套1的上部U下面的区域中的运行表面的温度增加使得酸性燃烧产物的凝结更少,因而使得气缸衬套1的腐蚀减少并且使得气缸油的消耗减少(气缸油具有用于补偿燃烧产物中的酸度的基本成分)。沿着运行表面进一步向下,即从气缸盖大于约1.3m处,本发明设计和现有技术设计的运行表面的温度相同,同样无需增加温度,这是因为由于燃烧室的膨胀,高浓度的酸性燃烧产物不到达气缸衬套的运行表面的该部分。在最大连续额定功率的100%以下的发动机负荷下,除了气缸衬套的上部U之外不对气缸衬套进行强制冷却的优点同样重要。正好在气缸衬套的上部U下面在轴向气缸衬套1中的运行表面得到更高温度同样适合于较低发动机负荷。

[0065] 已经结合这里的各种实施方式描述了本发明。然而,经过研究附图、该公开以及所附权利要求,在实践所要求保护的发明时,本领域技术人员可以理解并执行对所公开实施方式进行的各种改动。在权利要求中,措辞“包括”并不排除其它元件或步骤,并且不定冠词“一”也不排除多个。在彼此不同的从属权利要求中引述的一些测量的唯一事实并不表明这些测量的组合不能用来突出优点。在权利要求中使用的附图标记不应该被解释为对范围进行限制。

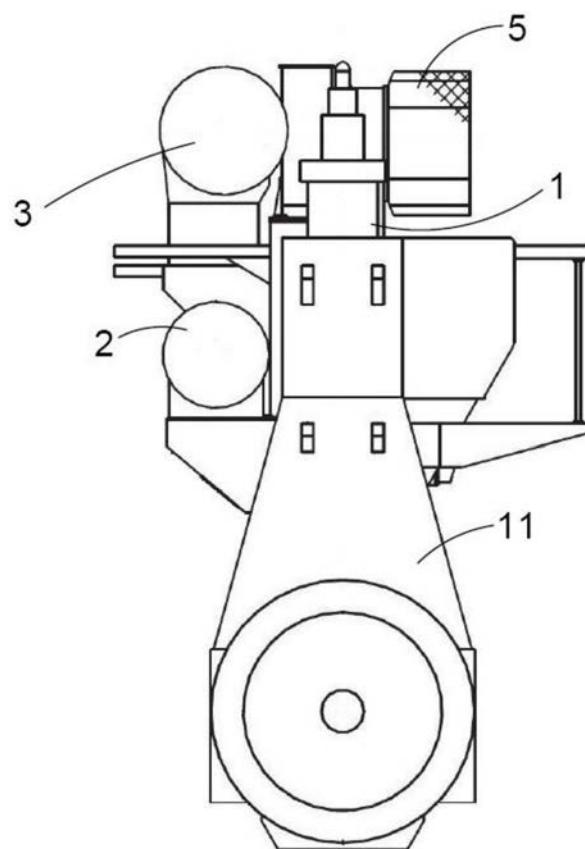


图1

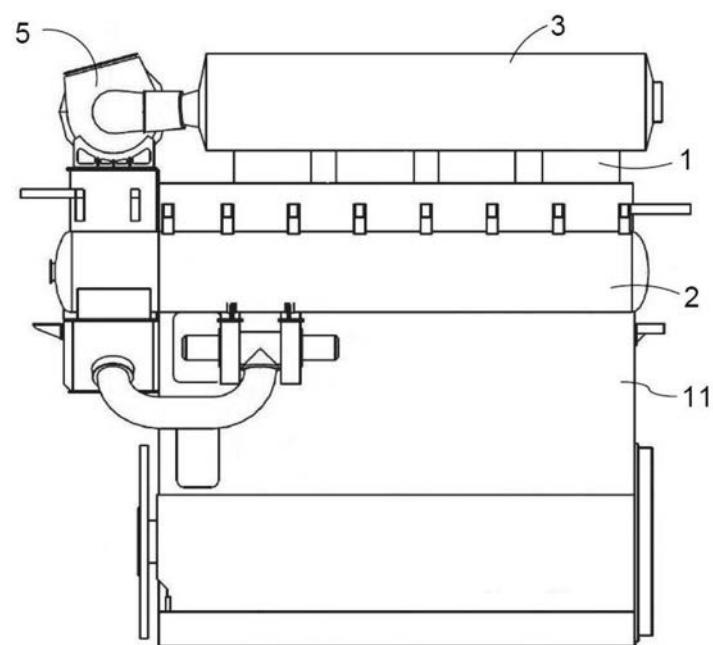


图2

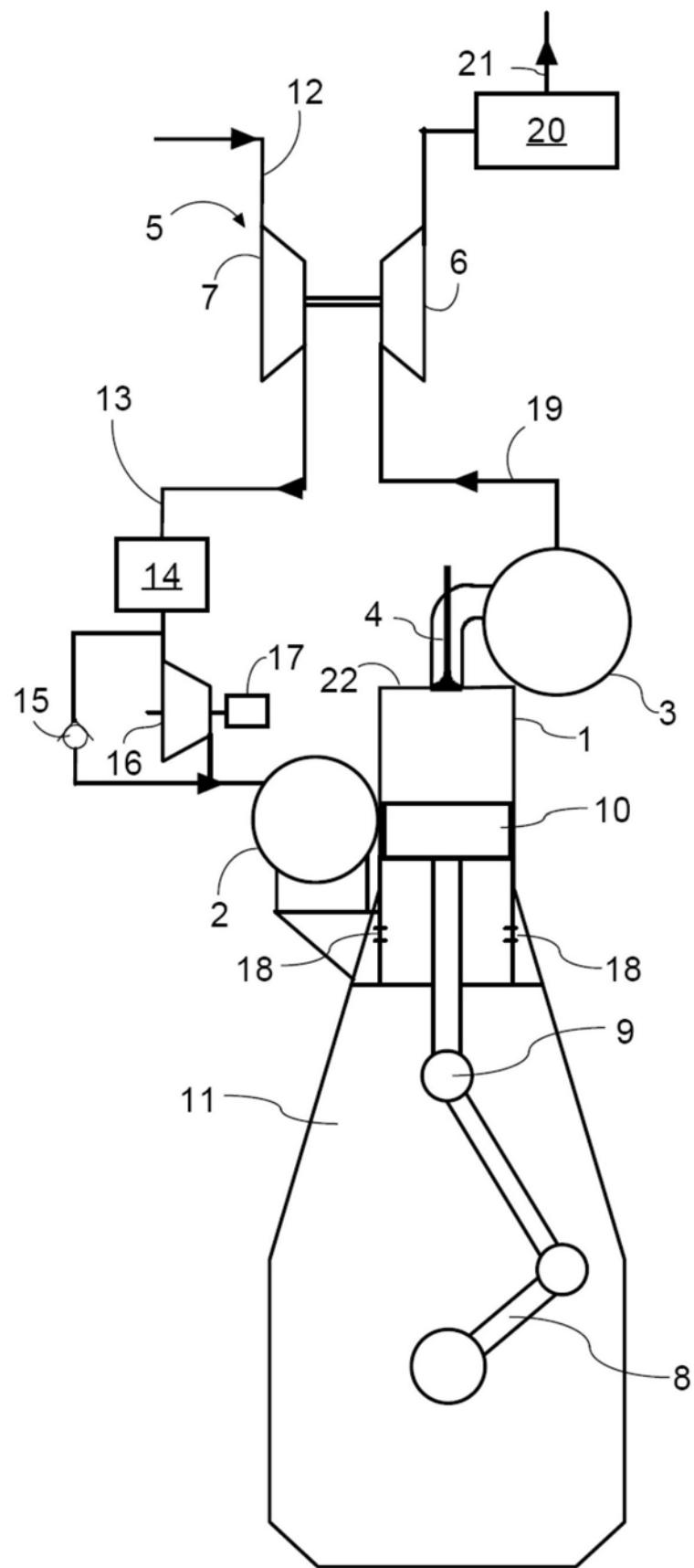


图3

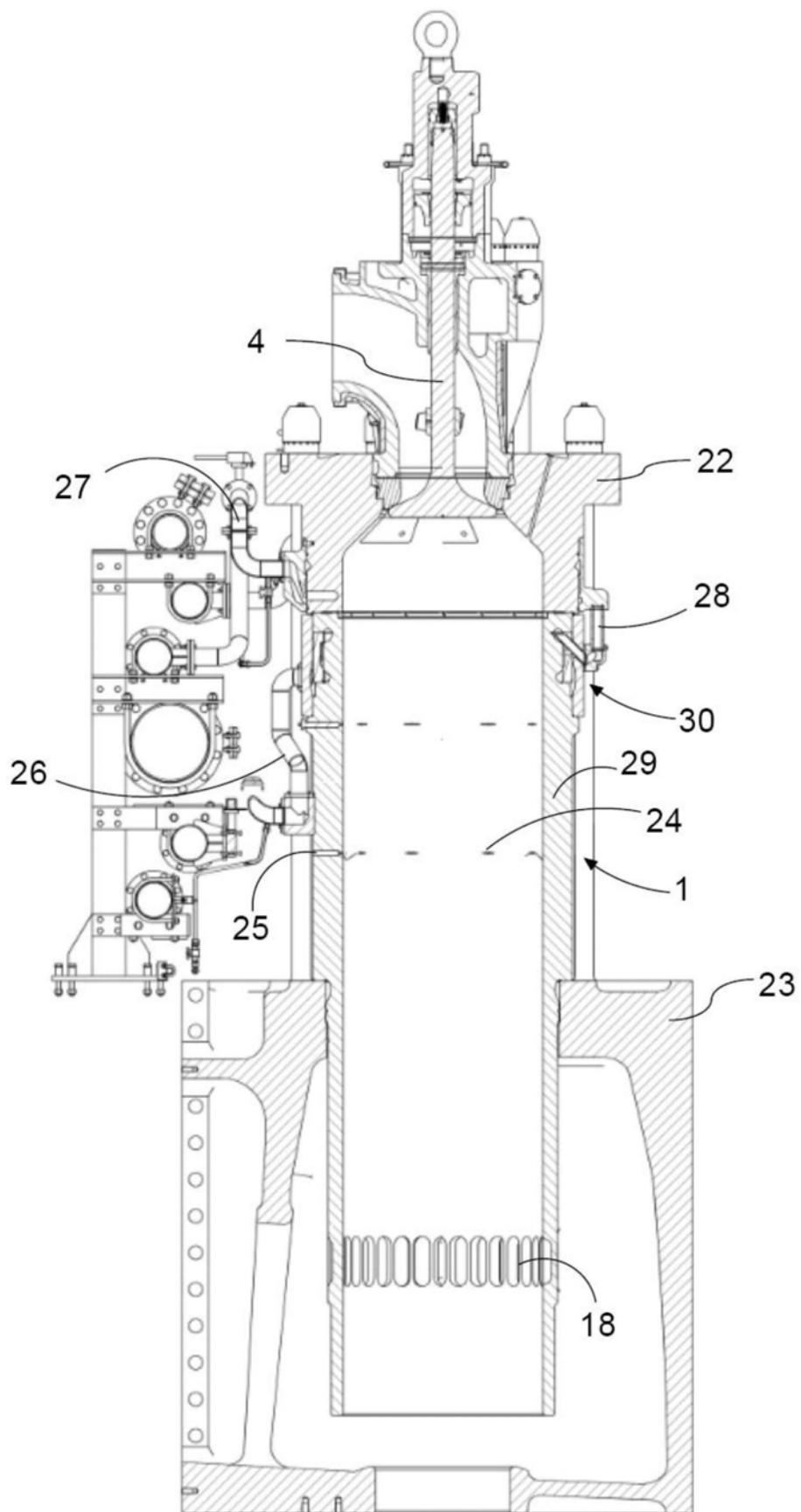


图4

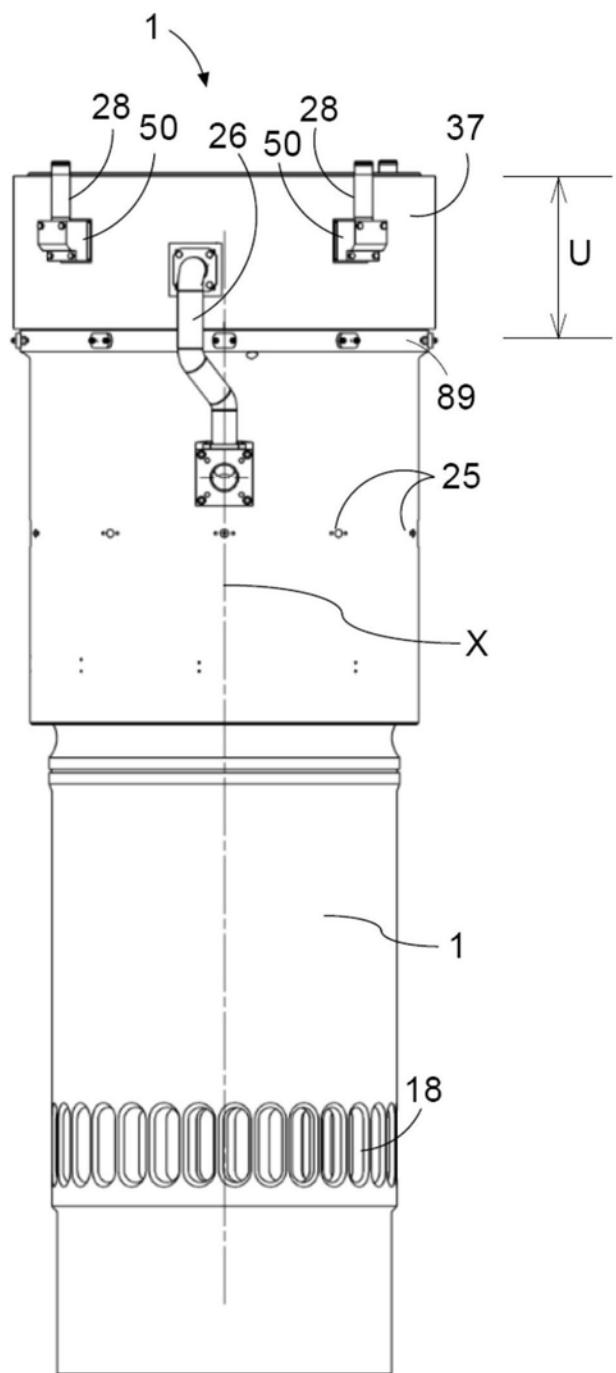


图 5

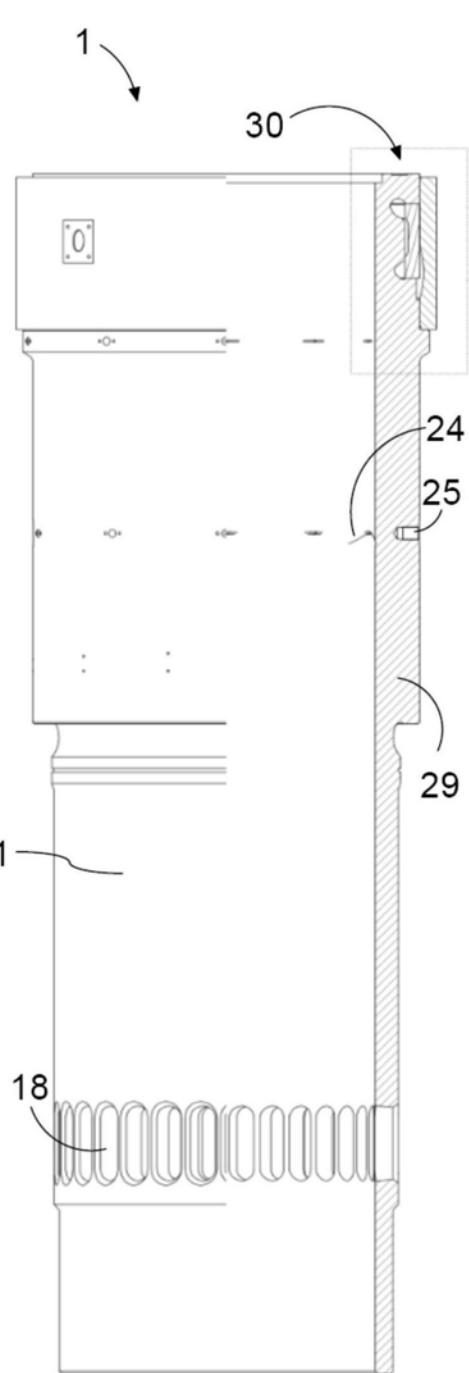


图 6

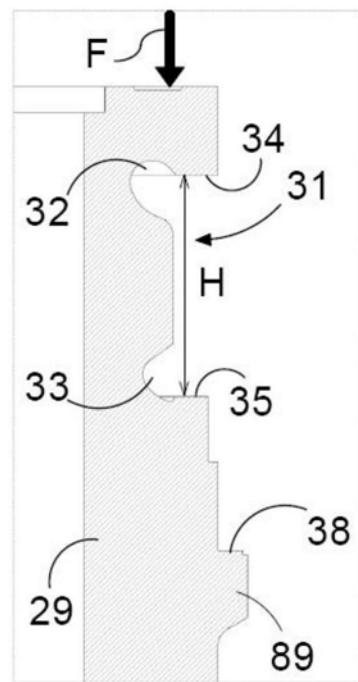


图 7

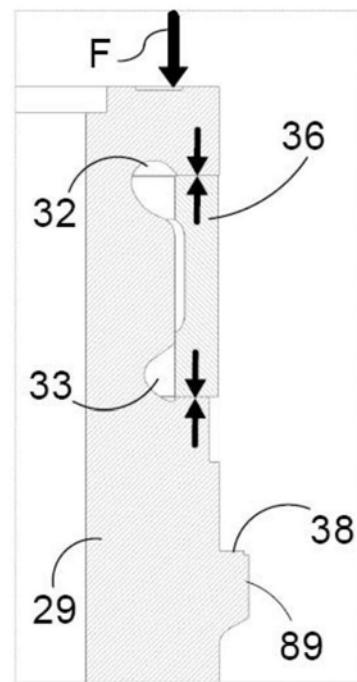


图 8

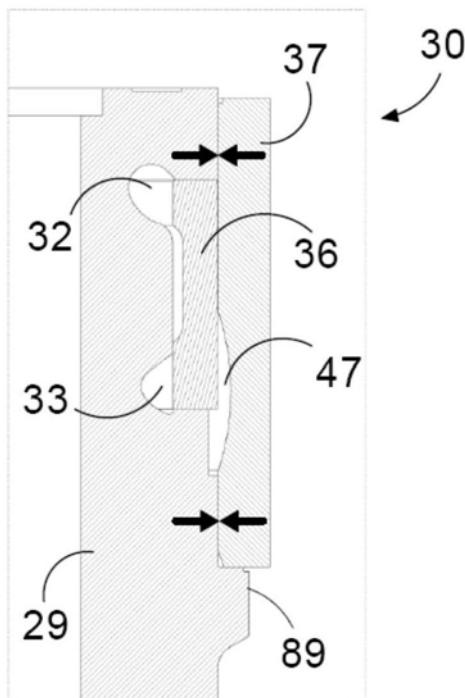


图9

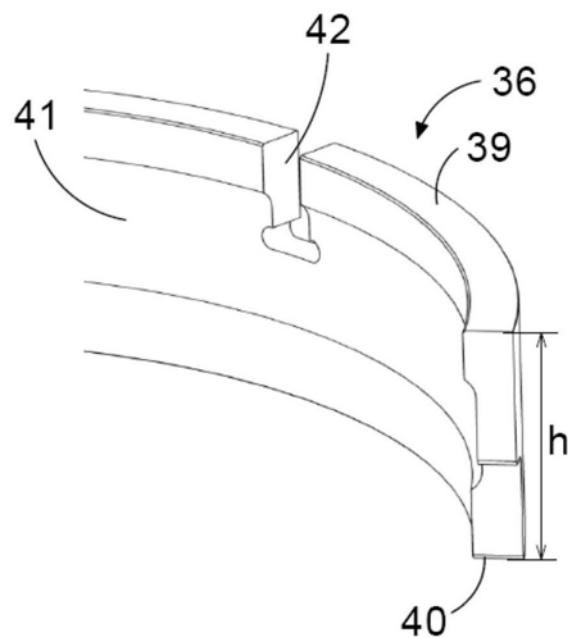


图10

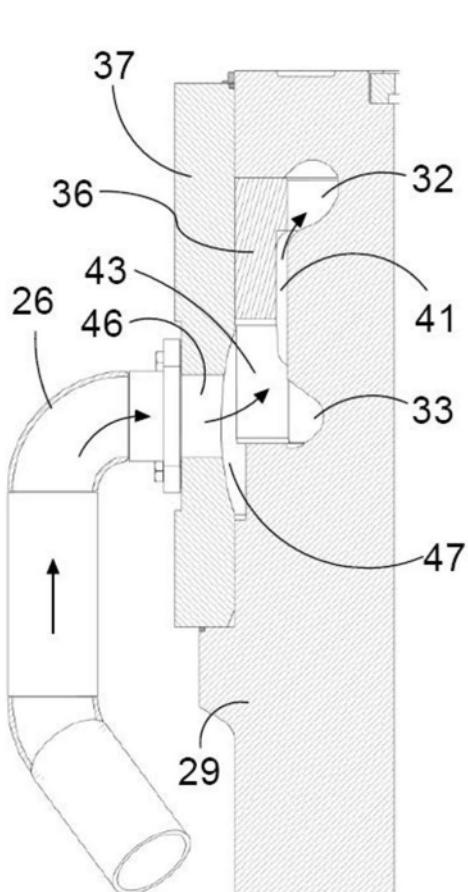


图 11

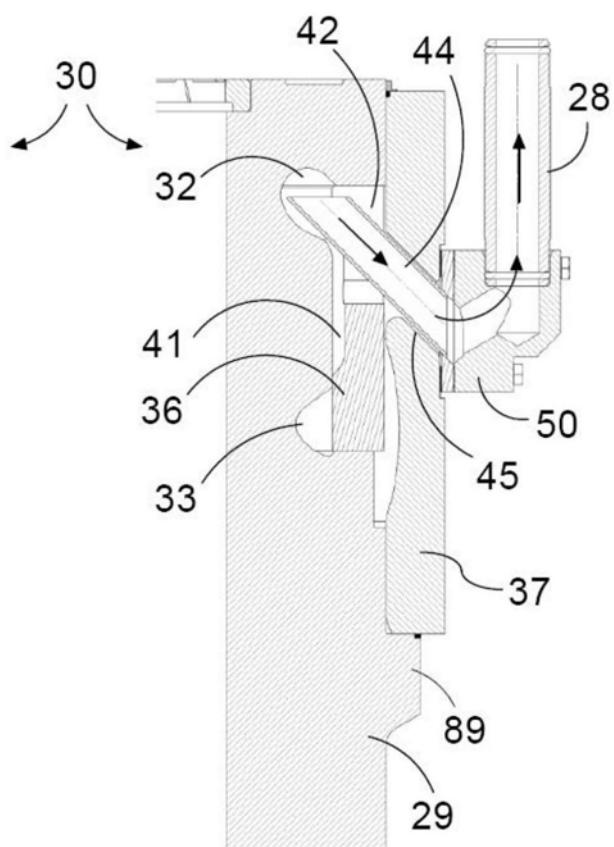


图 12

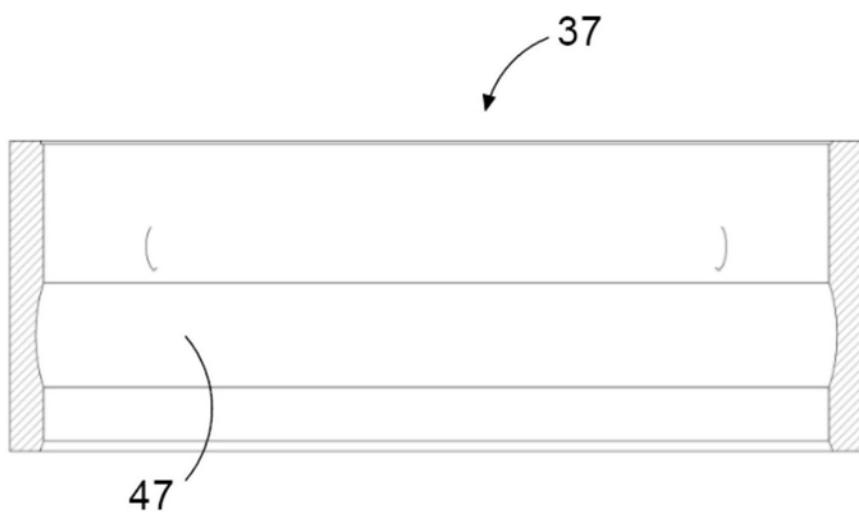


图13

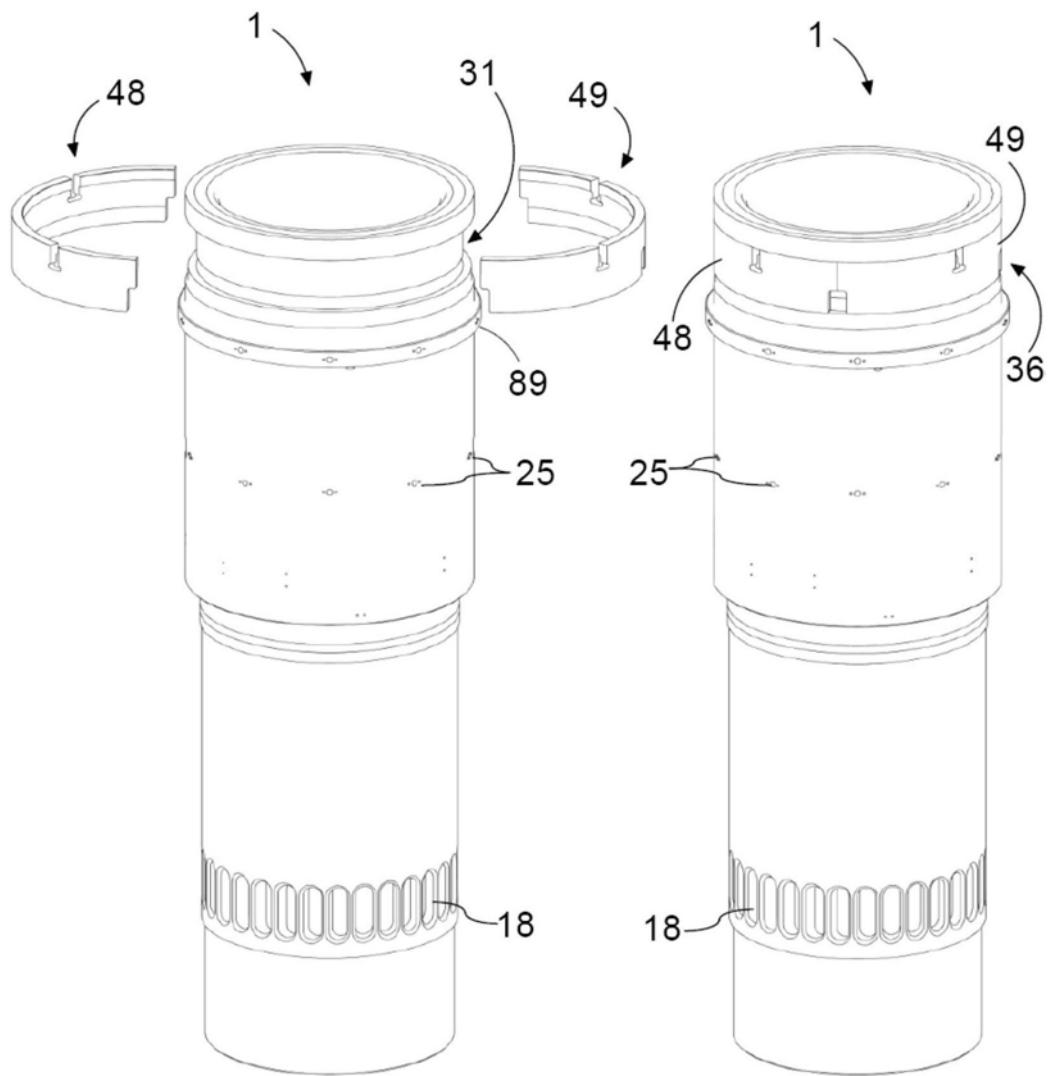


图 14

图 15

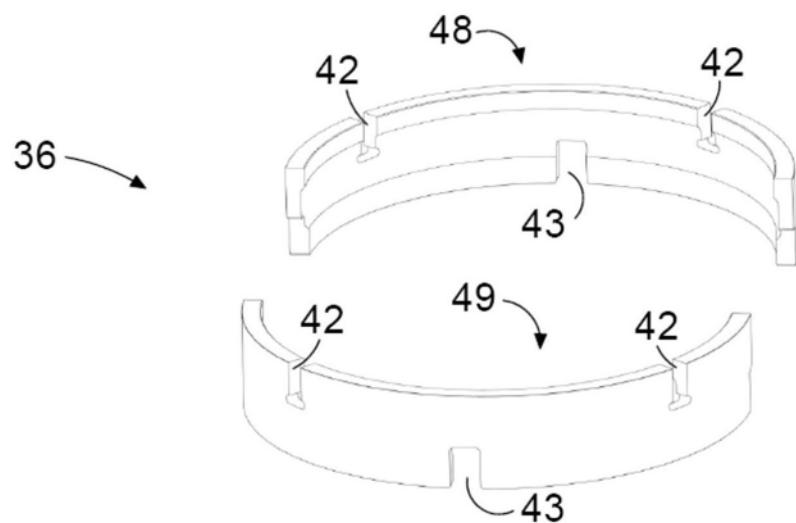


图16

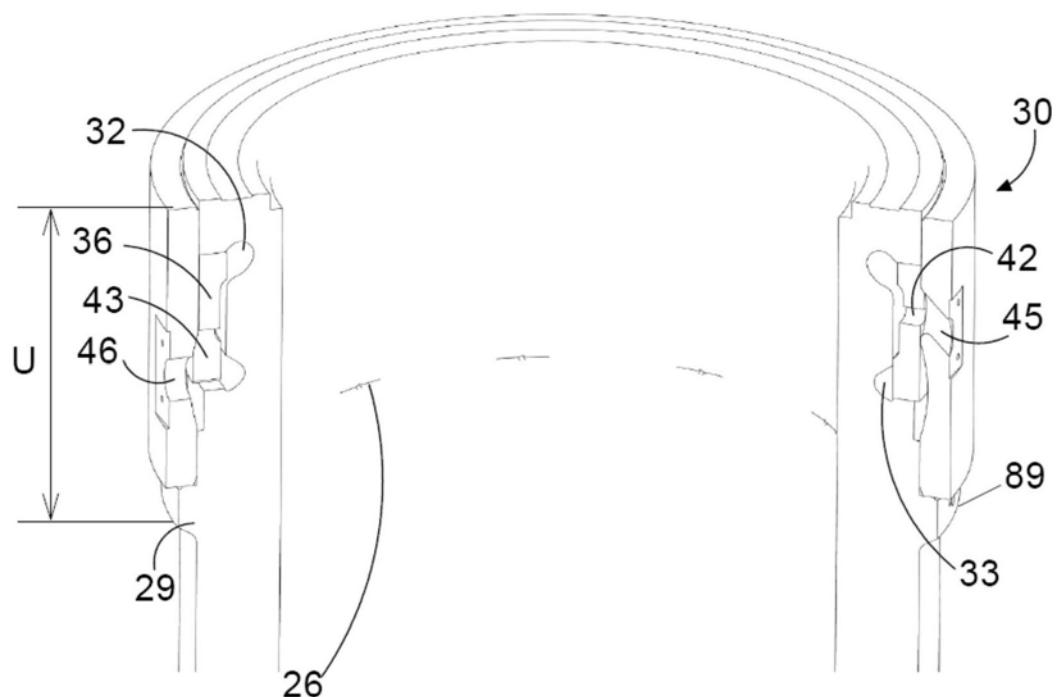


图17

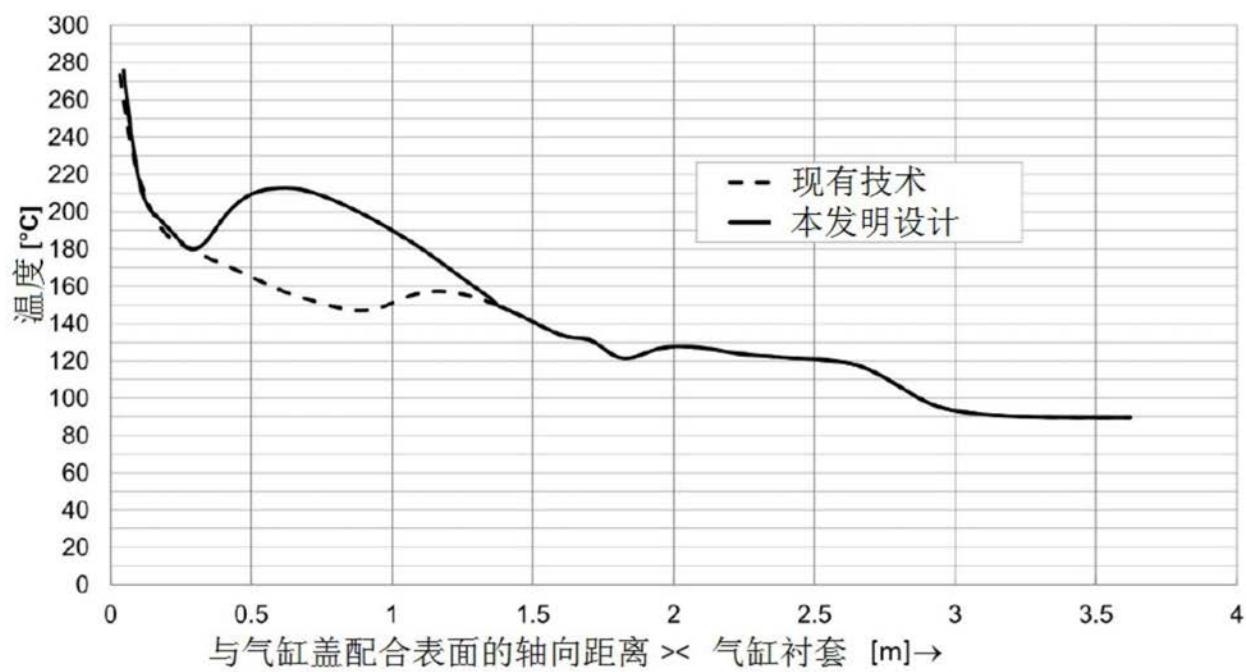


图18