



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109563787 B

(45) 授权公告日 2022. 05. 10

(21) 申请号 201780047016.X

(22) 申请日 2017.07.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109563787 A

(43) 申请公布日 2019.04.02

(30) 优先权数据
15/232,183 2016.08.09 US
15/277,930 2016.09.27 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.01.29

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/043758 2017.07.25

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/031231 EN 2018.02.15

(73) 专利权人 阿凯提兹动力公司
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 B·J·卡拉汉

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
专利代理师 赵志刚 赵蓉民

(51) Int.Cl.
F02F 1/18 (2006.01)
F02F 1/22 (2006.01)

(56) 对比文件
GB 483211 A, 1938.04.13
JP 2015169198 A, 2015.09.28
JP 2003020919 A, 2003.01.24
JP H10266860 A, 1998.10.06
JP 2014098346 A, 2014.05.29
CN 104033233 A, 2014.09.10
CN 105051359 A, 2015.11.11
CN 103362634 A, 2013.10.23
US 5086734 A, 1992.02.11

审查员 朱新华

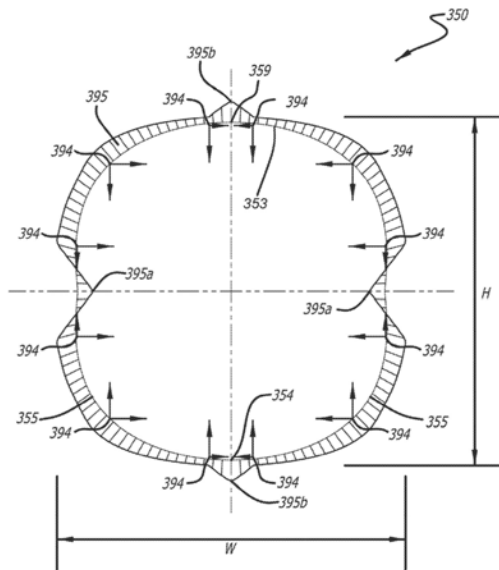
权利要求书2页 说明书8页 附图11页

(54) 发明名称

具有连续曲率的端口边缘形状

(57) 摘要

用于对置活塞燃烧发动机的汽缸中的端口的端口开口边缘形状被优化用于流动面积以及用于活塞环浸渍的最小化。端口开口边缘形状包括顶部边缘、底部边缘、连接顶部边缘和底部边缘的第一侧边缘和第二侧边缘以及顶部边缘中的顶点。顶点具有端口开口边缘形状的最小曲率半径。限定端口开口边缘形状的样条曲线能够基于最大高度、全宽、歪斜量或歪斜度以及最小曲率半径进行计算。模型能够测量用于发动机性能的值,并且确定哪个样条曲线限定端口开口边缘形状产生期望的发动机性能。



1. 一种对置活塞燃烧发动机(20)的汽缸(22、80),所述汽缸(22、80)包括端口(24、26、86)、镗孔表面(28、82)和侧壁(27、84),所述端口(24、26、86)包括在所述汽缸的端部附近的至少一个大致周向的端口开口阵列,每个端口开口从镗孔延伸通过所述侧壁(27、84)并且具有在所述镗孔表面(28、82)处的端口开口边缘形状,其中所述端口开口边缘形状(50、350)包括:

朝向所述汽缸(22、80)的中央部分定向的顶部边缘(53、353);

朝向所述汽缸(22、80)的端部定向的底部边缘(54、354);

连接所述顶部边缘(53、353)和所述底部边缘(54、354)的第一侧边缘和第二侧边缘(55、355);以及

沿着所述顶部边缘(53、353)定位的顶点(359),所述顶点(359)包括等于或大于用于所述端口开口边缘形状(50、350)的最小半径的最小曲率半径,

其中所述端口开口边缘形状(50、350)由样条曲线限定并且包括沿着所述样条曲线的曲率连续性。

2. 根据权利要求1所述的汽缸(22、80),其中所述样条曲线由以下界定:

预先限定的最大端口开口高度(612);

预先限定的端口开口全宽(611);以及

用于沿着所述样条曲线的任何点的最小曲率半径。

3. 一种对置活塞燃烧发动机(20),其包括根据权利要求1或权利要求2所述的汽缸(22、80)。

4. 一种用于形成对置活塞燃烧发动机的汽缸的端口开口的方法,其包括:

使用在计算设备上执行的算法为所述对置活塞燃烧发动机(20)的给定汽缸(22、80)生成优化的端口开口边缘形状(50、350),所述汽缸(22、80)包括:

镗孔表面(28、82);

侧壁(27、84);以及

端口(24、26、86),所述端口包括在所述汽缸(22、80)的端部附近的至少一个大致周向的端口开口阵列,每个端口开口从所述镗孔延伸通过所述侧壁(27、84)并且具有端口开口边缘形状(50、350),每个端口开口边缘形状(50、350)包括:

朝向所述汽缸(22、80)的中央部分定向的顶部边缘(53、353);

朝向所述汽缸(22、80)的端部定向的底部边缘(54、354);

连接所述顶部边缘(53、353)和所述底部边缘(54、354)的第一侧边缘和第二侧边缘(55、355);以及

沿着所述顶部边缘(53、353)定位的顶点(359),所述顶点(359)包括等于或大于所述端口开口边缘形状的最小半径的最小曲率半径,

其中所述端口开口边缘形状(50、350)由样条曲线限定,所述样条曲线由以下界定:

预先限定的最大端口开口高度(612);

预先限定的端口开口全宽(611);

用于沿着所述样条曲线的任何点的最小曲率半径;以及

沿着所述样条曲线的曲率连续性。

5. 根据权利要求4所述的用于形成对置活塞燃烧发动机的汽缸的端口开口的方法,其

中优化包括向所述算法提供所述预先限定的最大端口开口高度(612)、所述预先限定的端口开口全宽(611)以及沿着所述样条曲线的任何点的所述最小曲率半径。

6. 根据权利要求5所述的用于形成对置活塞燃烧发动机的汽缸的端口开口的方法,其中优化包括向所述算法提供所述端口开口边缘形状(50、350)的预先限定的歪斜量作为附加地界定所述样条曲线的标准。

7. 根据权利要求5所述的用于形成对置活塞燃烧发动机的汽缸的端口开口的方法,进一步包括向所述算法提供用于所述端口开口边缘形状(50、350)的所述顶点的所述最小曲率半径。

8. 根据权利要求5、6或7所述的用于形成对置活塞燃烧发动机的汽缸的端口开口的方法,其中优化进一步包括:

使用所述算法形成包括结(394)以及所述结之间的点的潜在样条曲线;

利用所述算法评估沿着所述潜在样条曲线的每个点是否在所述预先限定的最大端口开口高度(612)、所述预先限定的端口开口全宽(611)以及所述最小曲率半径内;以及

经由所述算法,向沿着所述潜在样条曲线的在所述预先限定的最大端口开口高度(612)、所述预先限定的端口开口全宽(611)以及所述最小曲率半径之外的任何点分配罚分,以为所述潜在样条曲线贡献分值。

9. 根据权利要求8所述的用于形成对置活塞燃烧发动机的汽缸的端口开口的方法,其中优化进一步包括:

通过调整沿着所述潜在样条曲线的一个或多个结(394)来最小化所述潜在样条曲线的所述罚分,以使用所述算法形成修正的潜在样条曲线;

利用所述算法评估沿着所述修正的潜在样条曲线的每个点是否在所述预先限定的最大端口开口高度(612)、所述预先限定的端口开口全宽(611)以及所述最小曲率半径内;以及

使用所述算法,向沿着所述潜在样条曲线的在所述预先限定的最大端口开口高度(612)、所述预先限定的端口开口全宽(611)以及所述最小曲率半径之外的任何点分配罚分,以为所述修正的潜在样条曲线贡献分值。

10. 根据权利要求4所述的用于形成对置活塞燃烧发动机的汽缸的端口开口的方法,其中所述样条曲线仅由所述端口开口边缘形状(50、350)的所述顶部边缘(53、353)上的一个顶点(359)进一步限定。

11. 根据权利要求4所述的用于形成对置活塞燃烧发动机的汽缸的端口开口的方法,其中所述样条曲线进一步被限定为使得所述端口开口边缘形状(50、350)的所述顶部边缘(53、353)在所述顶部边缘(53、353)的大部分上不是平坦的或不是接近平坦的。

具有连续曲率的端口边缘形状

[0001] 优先权

[0002] 本申请要求于2016年8月9日提交的美国申请15/232,183以及于2016年9月27日提交的美国申请15/277,930的优先权。

[0003] 相关申请

[0004] 本申请包含与2011年1月26日提交的题为“对置活塞发动机中的带端口的汽缸的镗孔/活塞接口中的油保留 (Oil Retention in the Bore/Piston Interfaces of Ported Cylinders in Opposed-Piston Engines)”的美国申请12/931,199 (现在为美国专利9,482,153)、2012年2月2日提交的题为“在顶环反转区中具有固体润滑的对置活塞汽缸镗孔构造 (Opposed-Piston Cylinder Bore Constructions with Solid Lubrication in the Top Ring Reversal Zones)”的美国申请13/385,127 (现在为美国专利8,851,029) 以及2013年2月1日提交的题为“二冲程循环发动机中的环卡紧的减少 (Reduction Of Ring Clipping In Two-Stroke Cycle Engines)”的美国申请13/757,220 (现在为美国专利9,068,498) 的主题相关的主题。

技术领域

[0005] 本文描述的方法和装置的领域涉及用于二冲程循环发动机的端口构造。特别地，该领域包括发动机汽缸衬套中的端口开口。

背景技术

[0006] 二冲程循环发动机是利用曲轴的单个完整旋转以及连接到曲轴的活塞的两个冲程完成动力循环的内燃发动机。二冲程循环发动机的一个示例是其中一对活塞相对地设置在汽缸的镗孔中的对置活塞发动机。活塞冠对冠地设置在镗孔中，用于在相反方向上往复移动。汽缸具有入口端口和排气端口，入口端口和排气端口纵向间隔开以便设置在汽缸的相应端部附近。对置活塞控制端口，从而在活塞移到它们的下止点 (BDC) 位置时打开端口，并且在活塞朝向它们的上止点 (TDC) 位置移动时关闭端口。端口中的一个提供燃烧产物排出镗孔，另一端口用于准许增压空气进入镗孔；这些分别被称为“排气”端口和“进气”端口。

[0007] 每个端口包括一个或多个通过汽缸的侧壁的周向间隔开的开口阵列。在一些描述中，开口自身被称为端口。然而，在该描述中，“端口”是指汽缸端部附近的圆形区域，在该区域中，端口开口的集合被形成为允许气体进入或排出汽缸。端口开口通过支持活塞环跨过端口运送的桥接件 (有时称为“棒”) 分开。

[0008] 活塞装备有安装到活塞冠的一个或多个环。每个活塞的裙部、环槽岸 (land) 和环形成防止气体流入或流出活塞所控制的端口的密封。镗孔中的处于其约束状态的环的任何切向张力引起向外的径向力。因燃烧热而引起的热变形增加了该力。当环横穿端口时，该径向力使环在镗孔的向外径向方向上偏转进入端口开口中。当环必须行进回到镗孔中 (即，在镗孔的向内径向方向上) (这在端口闭合时并且也在端口完全打开时发生) 时，环必须从镗孔径向向内引导。

[0009] 如果镗孔表面处的端口开口边缘的几何形状没有很好地设计,则允许环从镗孔径向向内移动的距离会太短,并且因此在此期间的时间会太短。这种缩短的径向移动的周期会增加环的向内加速度,并且因此提高接触力和应力。这种运动被称为“环卡紧”(或“端口卡紧”或“端口卡住”)并且是不期望的。环卡紧引起作用在镗孔和与镗孔接触的外环表面之间的润滑膜被刺穿并且环和镗孔表面的微凸体开始接触的超负荷状况。这种情况引起过度磨损并且增加摩擦,这导致局部加热和高温。这些高温会削弱环和汽缸的金属。活塞环和发动机汽缸中被削弱的金属当在环卡紧期间暴露于高接触应力时会塑性变形。环和汽缸的这种塑性变形破坏了几何形状并且使表面纹理变粗糙,从而暴露更多的微凸体。如果金属足够活性,则在活塞环和汽缸侧壁之间会发生熔合。塑性变形的零件的熔合会导致刮擦(scuffing),被撕裂、弄脏、折叠并且堆叠的环和/或汽缸材料证明了这一点。通过限制环进出端口开口的加速度,减小最大接触应力。通过随时间展开环的径向运动,减小加速度。

发明内容

[0010] 在用于二冲程对置活塞发动机的汽缸中,提供了一种具有改进环-端口相互作用并且最大化流动面积(即,端口面积或增压空气和/或排气能够流过的面积)的端口开口边缘形状的端口开口。端口开口边缘形状能够由沿着最大端口开口高度和限定的端口开口全宽设置或者设置在最大端口开口高度和限定的端口开口全宽内的样条曲线限定。限定端口开口边缘形状的样条曲线还可以具有用于沿着样条曲线的每个点的最小曲率半径以及沿着样条曲线的曲率连续性。

[0011] 在相关方面,提供了一种具有被成形为改进环-端口相互作用并且最大化流动面积的端口开口的汽缸。端口开口可以具有边缘形状,该边缘形状由沿着最大端口开口高度和限定的端口开口全宽设置或设置在最大端口开口高度和限定的端口开口全宽内的样条曲线限定。限定端口开口边缘形状的样条曲线也能够具有用于沿着样条曲线的每个点的最小曲率半径以及沿着样条曲线的曲率连续性。

[0012] 在一些进一步的方面,一种用于形成用于二冲程对置活塞发动机的汽缸的端口开口的方法包括限定沿着最大端口开口高度和限定的端口开口全宽设置或设置在最大端口开口高度和限定的端口开口全宽内的样条曲线,限定用于沿着样条曲线的每个点的最小曲率半径,以及要求沿着样条曲线的曲率连续性。该方法还可以包括对具有汽缸的对置活塞发动机的发动机性能进行建模,所述汽缸具有至少一个端口,所述至少一个端口具有端口开口,所述端口开口具有由样条曲线限定的端口开口边缘形状。

附图说明

[0013] 图1A是通过被构造成用于二冲程循环操作的对置活塞发动机的汽缸截取的纵向横截面图。图1B是用于具有带有示例性现有技术端口开口的端口的对置活塞发动机的汽缸的一个端部的侧截面图。

[0014] 图2A至图2F示出现有技术端口开口边缘形状。在这些附图中的每一个中,视图从汽缸的内部沿汽缸的径向方向朝向镗孔表面。

[0015] 图3示出端口开口边缘形状以及沿着该形状的各个点处的该形状的曲率大小。

[0016] 图4示出端口开口边缘形状以及沿着该形状的各个点的曲率半径的大小。

[0017] 图5是如本文所述的用于确定端口开口边缘的形状的示例性流程图。

[0018] 图6A和图6B示出两个示例性端口开口边缘形状,两者均受相同的最大高度和全宽的约束。

[0019] 图7A至图7D示出替代的现有技术端口开口边缘及其与示例性活塞环的相互作用。

具体实施方式

[0020] 本文描述了用于二冲程对置活塞发动机的汽缸衬套的改进的端口开口,该端口开口允许活塞环和端口开口之间的最小接触力。提供了用于设计改进的端口开口的方法以及用于制造具有改进的端口开口的二冲程对置活塞发动机的汽缸衬套的方法。

[0021] 根据图1A,被构造成用于二冲程循环操作的对置活塞发动机通常用附图标记20表示。发动机20包括具有纵向间隔开的排气端口24和进气端口26的汽缸22,排气端口24和进气端口26形成于汽缸侧壁中、在汽缸的相应端部附近。对置活塞发动机包括至少一个汽缸22,并且可包括两个、三个或更多个汽缸。汽缸22可由支撑在缸体、框架、翼梁或任何其他等效结构中的汽缸衬套或套筒构成。汽缸具有侧壁27,侧壁27限定具有表面28的圆柱形镗孔。排气端口24和进气端口26的开口形成于侧壁的相应端部附近并且打通镗孔表面28。一对活塞34和36被设置成用于在镗孔表面28上的相对的滑动移动。每个活塞通过连接杆38被连接到安装在汽缸的相应端部外面的两个曲轴(未示出)中的相应一个。参阅共同拥有的US2012/0285422以获得发动机20的总体架构的更完整描述。活塞34和36中的每一个装备有一个或多个环39,该一个或多个环39安装在活塞的冠中的环形凹槽中。

[0022] 稍微在扫气开始后,活塞34和36被示出在相应的位置处。在这点上,活塞36稍微远离其BC位置(例如,下止点位置),并且因此进气端口26仅从其完全打开位置开始闭合以用于将增压空气输送到汽缸中。由于活塞34引导进气活塞36,所以活塞34更远离其BC位置,并且因此排气端口24也从其完全打开位置稍微闭合以用于将排气输送出镗孔。随着运动继续,活塞34将在镗孔的内部中从其BC位置朝向其TC位置(例如,上止点位置)移动,从而使排气端口24闭合。活塞36也将继续从BC移动,从而在其朝向TC移动时使进气端口26闭合。在最后一个端口闭合并且活塞继续移动得更靠近一起后,增压空气被压缩在它们的端部表面之间。经由喷射器42通过汽缸的侧壁喷射的燃料与加压的增压空气混合、点燃并且在膨胀冲程中将活塞34和36从TC驱动到BC。

[0023] 图1B提供了作为对置活塞发动机的一部分的汽缸的更近的视图。在图1B中,附图标记80表示被构造成用于二冲程循环操作的对置活塞发动机的带端口的汽缸。箭头TC和BC表示朝向控制活塞的上止点位置和下止点位置的方向。汽缸80包括镗孔表面82和侧壁84。汽缸80还包括间隔开的排气端口和进气端口,但是仅示出了排气端口86。每个端口包括至少一个大致周向的端口开口阵列,并且每个端口开口从镗孔表面82延伸通过侧壁84。例如,排气端口86包括端口开口阵列,其中镗孔表面82中的端口开口边缘形状50由通过侧边缘55连结的相对的顶部边缘53和底部边缘54限定。顶部边缘53和底部边缘54中的每一个特征在于到侧边缘55的圆角角部过渡部58、圆角顶峰59以及从圆角角部过渡部延伸到圆角顶峰的倾斜的斜坡部60。

[0024] 参考图1B,因为汽缸侧壁84具有厚度,所以每个端口开口边缘形状50构造穿过侧壁84并且打通侧壁的外表面(未示出)的通道90。外表面开口不必具有与镗孔表面82中的端

口开口边缘形状50相同的形状。实际上,穿过外侧壁表面的开口通常具有与镗孔表面不同的形状。原因在于,侧壁的厚度用于形成通道形状,该通道形状被设计成部分地引导气流以获得良好的汽缸内流动结构并且最小化通过进气管道和排气管道的流动限制。通道90的具体流动结构对于扫气和/或燃烧优化均有用。因此,所得的穿过外侧壁表面的端口开口形状是所有这些要求的复杂组合。

[0025] 在一些实施方式中,当出于机加工原因通道从镗孔82通到汽缸侧壁的外表面时,由顶部边缘53和底部边缘54定界的通道90的水平通道表面91保持平坦。出于上述发动机性能原因,通道的竖直表面93成角度。即使这意味着每隔一面将朝向窗中央倾斜,但是机加工仅需要4-轴线控制。在该设计中,不必在端口开口形状50的边缘53、54和55上提供显著的倒角(或斜角)。另一方面,由于气体射流的限制减少,所以在排气端口的初始端口打开期间边缘53上的倒角或倒圆通常将有助于排气流动。

[0026] 再次参考图1A,一个或多个活塞环39中的每一个具有在相对于发动机汽缸22的纵向轴线的径向方向上向外推进环的张力,使得每个环的外部接触汽缸镗孔28的表面。除燃烧气体所引起的其他力、每个环的热梯度和/或活塞及其环在行进通过汽缸时的速度外,这种张力能够在每个活塞环39和汽缸镗孔表面28之间形成接触压力或接触应力。端口开口边缘形状是当环越过端口时能够影响活塞环39和汽缸镗孔表面28之间的接触压力的一个因素。当活塞环越过端口开口时不允许活塞环逐渐过渡(膨胀或压缩)的端口开口边缘形状会引起活塞环的不期望的运动。也即是说,当活塞环39纵向移动通过汽缸22时,其也在朝向镗孔表面28的径向方向上被推进。如果镗孔表面28(诸如,开口(例如,端口开口))存在改变,则活塞环39将由于作用于其上的力而移动。在这种情况下,当环越过开口时,活塞环向外膨胀进入汽缸侧壁中的开口。当活塞环39从具有端口的汽缸22的一部分过渡到实心部分时,环39响应于作用于其上的各种力并且朝向汽缸22的中央径向向内移动。当汽缸中的允许环从镗孔径向向内移动的纵向距离短时,与从端口到汽缸的实心部分的突然过渡对应,环比在逐渐过渡期间更迅速地向内加速。因此,突然过渡能够提高接触力和应力,从而引起“环卡紧”(或“端口卡紧”或“端口卡住”)。环卡紧能够引起汽缸、环或活塞的刮擦或材料失效。在沿着端口开口边缘具有尖锐过渡部的带端口的区域上方行进的活塞环会引起急动(jerk)。活塞环中的急动会导致发动机汽缸中的环的位置控制的一般损失。

[0027] 为了增加发动机的效率并且增强活塞环的耐久性,可期望减少不期望的环运动,例如环卡紧和急动。在二冲程对置活塞发动机的每个完整循环期间,活塞环在端口上方进行四次过渡。减少不期望的环运动的一种方式是将端口开口装备有减少或消除环进出端口开口的突发过渡的顶部边缘构造和底部边缘构造以及沿端口开口边缘提供平滑路径。下面描述这些类型的端口开口边缘形状。

[0028] 图2A至图2F示出镗孔表面中的现有技术端口开口边缘形状。在每个附图中,视图从汽缸的内部沿汽缸的径向方向朝向镗孔表面。最简单的现有技术端口开口边缘形状在图2A中可见,其中端口开口边缘形状12包括通过侧边缘15连结的顶部边缘13和底部边缘14。在这点上,顶部边缘13是最靠近控制活塞的TC位置的边缘,并且底部边缘14是最靠近控制活塞的BC位置的边缘。顶部边缘13和底部边缘14基本正交于汽缸轴线16定向。侧边缘15相对于轴线大致纵向定向。边缘13、14和15一起限定四边形形状。对于给定的端口宽度W,这提供了打开面积和曲轴旋转角度(“角度·面积乘积”)的最高积分,对于任何给定的曲轴转

速,最高积分进而产生了最大打开时间·面积乘积。因为端口开口导引气流的容量与其时间·面积乘积成正比,所以这使发动机效率或功率最大化。然而,平坦的顶部和底部边缘13和14使环立即向外移入端口开口(并且然后立即向内移入镗孔),从而导致两个边缘处的环卡紧。

[0029] 根据图2B将角部倒圆18添加到四边形形状仅产生了图2A的形状的稍微改进。当环接近平坦的顶部和底部边缘时,进入端口开口的偏移仍然显著,从而产生几乎与图2A的直四边形形状一样剧烈的卡紧。

[0030] 另一些现有技术端口开口形状设置有椭圆形或拱形的顶部和底部边缘13和14,如图2C所示。这些可通过椭圆或通过三个圆弧(其中边缘中间的大弧连接到角部中的两个小弧)来描述。可以利用大半径和小半径来完整描述任一个。然而,椭圆形顶部或底部边缘(其大半径控制环运动)没有在整个椭圆形状上在特别长的距离展开环运动。在大部分椭圆上,环的运动展开,但是在最后部分处,当椭圆形式接近其大半径时,环加速度相当高,从而引起过度磨损。

[0031] 图2D中所示的另一端口开口形状采取极端手段向顶部边缘13和底部边缘14中的每一个提供半径等于端口宽度的一半的半圆形形状。半圆确实提供了更平滑的环过渡,这减少了磨损但是也减少了端口开口的面积,从而限制角度·面积乘积。

[0032] 另一些现有技术端口开口边缘形状可以减少由环卡紧引起的磨损和刮擦,同时保持接近四边形形状的角度·面积乘积的角度·面积乘积。通过减小由推靠在端口边缘上的环的表面引起的最大接触应力,将减少微凸体接触(例如,镗孔和环中的尖锐或粗糙区域之间的接触),从而避免刮擦和磨损并且增强发动机的耐久性。同时,端口开口形状应当提供接近四边形形状的角度·面积乘积的角度·面积乘积。

[0033] 现在参考图2E,至少用于排气端口24的另一现有技术构造包括满足目标并且提供本文所阐述的益处的端口开口。在这点上,镗孔表面中的端口开口的形状50包括通过侧边缘55连结的顶部边缘53和底部边缘54。顶部边缘53和底部边缘54大致横向于汽缸纵向轴线16定向并且类似地构造。边缘53和54中的每一个包括圆角角部、成角度的斜坡以及圆角顶峰。例如参考顶部边缘53,圆角角部58将顶部边缘53连结到侧边缘55。圆角顶峰59设置在圆角角部58之间并且在控制活塞(未示出)的TC方向上从开口形状50向外偏移。倾斜的斜坡部60从圆角角部58延伸到圆角顶峰59。尽管边缘53、54和55被示出为大致矩形形状,但是这不是必须的,可以使用其他大致四边形形状,但是优选顶部边缘53和底部边缘54以此类形状大致垂直于活塞移动方向定向。

[0034] 图2F是图2E的端口开口边缘形状50的顶部边缘部分的放大视图,其中尺寸被扩大以便更清楚地示出该形状的某些特征。在顶部边缘中,圆角角部58的半径R可以设定为由制造考虑因素决定的最小值,通常为切割工具和镗孔表面之间的相交半径;圆角顶峰59的半径也可以设定为该最小值。优选地,半径R基本小于相对于侧边缘55测量的宽度W的一半。可以针对斜坡部60的倾斜设定角度 θ 以便将环在汽缸的径向方向上的加速度限制为等于根据期望的磨损极限选择的极大值。这使端口角度·面积乘积最大化。例如,角度 θ 的值可以在 $6^\circ < \theta < 10^\circ$ 的范围内。

[0035] 如上所述,当活塞环纵向(即,轴向)移动通过发动机汽缸时,环根据作用于其上的力径向移动。当活塞环越过端口时,活塞环将分别向外和向内膨胀和收缩,其中速度和加速

度部分地由端口开口边缘几何形状决定。因此,可期望装备对置活塞发动机,用于以比利用现有技术端口边缘构造目前可实现的更小的接触力将活塞环跨过端口开口过渡,同时优化端口开口边缘形状以用于进出发动机汽缸的最佳流体流量。

[0036] 具有位置连续性、切向连续性和曲率连续性的端口开口边缘形状允许控制活塞环在径向方向上相对于发动机汽缸的纵向轴线的运动(例如,速度、加速度和急动)。当活塞环越过端口时控制活塞环的径向运动减小或防止会破坏覆盖汽缸镗孔的表面的保护性润滑膜的接触力或应力。这种控制减轻或避免了镗孔表面和活塞环两者的刮擦和磨损,从而增强发动机的耐久性。

[0037] 具有位置连续性、切向连续性和曲率连续性的端口开口边缘形状通常为平滑形状;也就是说,这些形状不具有邻近曲率半径非常大的部分的曲率半径非常小的尖锐角部或区段。当活塞环越过突然改变或终止的端口开口边缘形状时会出现活塞环的一些不利的径向运动。图3和图4是具有位置连续性、切向连续性和曲率连续性的端口开口边缘形状的示例。根据图5示出并且下面描述的方法,这些形状也已被优化以用于通过端口的最大流体流量。

[0038] 在图5所示的方法中,流动面积优化的端口开口边缘形状的设计开始于限定每个端口开口边缘形状的最大高度和全宽,如在510中。每个端口开口边缘形状的最大高度将取决于诸如端口打开和闭合的期望正时以及期望的流体流量(例如,增压空气流量、排气流量)率等因素。每个端口开口的全宽会受多个因素的约束,包括具有冷却通道的端口桥接件的存在、用于构造汽缸(并且因此构造端口桥接件)的材料强度、汽缸的周长以及期望的流体流量。最大高度值和全宽值能够例如由使用者或由设计参数预先限定。

[0039] 在一些实施方式中,端口开口边缘形状将具有相对于发动机汽缸的纵向轴线歪斜的侧面。端口开口边缘形状的歪斜度将影响端口开口的流动面积。图6A和图6B示出了具有相同的最大高度约束和全宽约束的两个端口。例如,图6B示出了具有给定高度 H_{612} 并且歪斜 10° 但是被约束于全宽 FW_{611} 的第一端口开口边缘形状610将具有比图6A中示出的具有相同给定高度 H 、被约束于相同的全宽 FW 但未歪斜的第二端口开口620更小的流动面积。虽然流动面积的这种减小在端口开口边缘形状中可能是不期望的,但是此类配置可具有其他益处,例如使磨损能量沿着与此类端口开口接触的活塞环的边缘周向地分布。

[0040] 一旦限定每个端口开口边缘形状的最大宽度和全宽,就生成样条曲线,该样条曲线限定最大高度和全宽内的每个端口开口边缘的轮廓线,如在515中。利用一个或多个执行有效地评估所建议的样条曲线形状的适合性的一种或多种算法的计算机优先地进行样条曲线的生成。端口开口边缘形状的确定以及因此样条曲线的生成可以涉及沿着端口开口边缘形状的区域每个象限的样条曲线选择多个结。在确定沿着样条曲线的结的位置时,每个可能的样条曲线可以基于结以及沿着样条曲线的在结之间的点与标准(例如,在最大高度和全宽内;具有可接受的曲率半径)的符合性被分配分值。例如,对于在最大高度和全宽之外的点,将分配罚分。因此,限定算法的样条曲线将鼓励选择在高度和宽度约束内的结。该方法也考虑了曲率约束。测试多个潜在样条曲线(包括沿着样条曲线的各种位置中的结位置)可以使用一个或多个计算机迅速地进行,所述一个或多个计算机执行接受至少最大高度、全宽、歪斜和最小曲率半径作为输入参数的算法。此类测试的性质使其非常繁琐并且手工进行。

[0041] 对于端口开口边缘形状,可以确定顶点或顶部边缘中的最高点的位置,并且可以限定该顶点的曲率半径的最小值,如在520中。顶点的曲率半径的最小值会受诸如用于制造端口开口的工具和方法以及用于汽缸(特别是端口周围)的材料等因素的影响。一旦限定了端口开口边缘形状顶点的最小曲率半径,就能够限定沿着样条曲线的每个点处的最小曲率半径,如在525中。每个点处的最小曲率半径应当大于或等于顶点的最小曲率半径。也就是说,顶点应当具有沿着端口开口边缘形状的任何点的最小曲率半径。

[0042] 在一些实施方式中,端口开口边缘形状可以被优化为仅包括开口的顶部边缘上的一个顶峰或顶点。替代地或附加地,端口开口边缘形状可以被优化为使得端口开口边缘形状的顶部边缘在顶部边缘的大部分上不是平坦的或不是接近平坦的。例如,端口开口边缘形状可以被优化为使得其顶部边缘仅具有带有斜率为0的切线(即,水平切线)的一个点。另外,端口开口边缘形状可以被优化为邻近顶部边缘上的顶峰或顶点,顶部边缘可以具有非零斜率,从而防止横过顶部边缘的任何活塞环的径向速度的突然改变。图3和图4示出了被优化为沿着开口的顶部边缘仅具有一个顶峰和非零斜率的端口开口边缘形状。

[0043] Schweitzer (Paul H. Schweitzer, “二冲程循环柴油发动机的扫气 (Scavenging of Two-Stroke Cycle Diesel Engines)”, 麦克米兰公司, 纽约, 1949年, 第50-54页) 描述了图7A和图7B示出的“哥特式尖拱”形端口700, 该端口700具有两个顶峰730a和730b以及这两个顶峰730a和730b之间的尖锐向下突出725。活塞环被示出移动通过端口700。该环被示出的部分是具有活塞环的自由端710、720的部分, 该部分会在端口开口边缘处引起汽缸的最大磨损。通过包括来自水平居中的正时边缘的突出725, Schweitzer声称端口700中的具有端部710和720的自由环的悬伸长度705将会减半。这将会限制进入端口700的径向突出(在图7C和图7D中分别为750a、750b) 并且限制卡紧。然而, 该突出呈现出环的切线边缘, 从而向内迫使高径向加速度并且进而迫使高接触压力。Schweitzer承认, 端口开口边缘形状的径向压型(例如, 沿着镗孔表面使径向突出平滑) 对于限制这种效果来说是必要的。从汽缸内部对该形状进行任何径向压型都是困难且昂贵的, 这是因为工具需要从汽缸的尾部一路延伸, 而不是从外部进入。

[0044] 如上所示, 图7C示出了汽缸壁的包括端口开口740和邻近端口开口通过的环的悬伸部分705的部分的横截面图, 其中活塞环中的间隙在第一位置, 其中环的左端710跨越距离 $w/2$, 其中哥特式尖拱的尖锐向下突出725将会伸入端口开口, 从而通过与活塞环相会在理论上限制端口卡紧, 其中活塞环从汽缸的中央径向向外延伸第一突出量750a。

[0045] 图7D示出了汽缸壁的包括端口开口740和邻近端口开口通过的环的悬伸部分705的部分的横截面图, 其中活塞环中的间隙在第二位置, 其中环的左端710跨越距离 w , 该距离 w 与端口开口的宽度相等或几乎相等。该附图示出了活塞环从汽缸的中央向外延伸的示例性第二突出量750b。该第二突出量大于图7C所示的第一突出量。

[0046] 图7C和图7D支持了Schweitzer的以下论证: 用于端口开口边缘形状的哥特式尖拱配置将会最好地减少磨损。然而, 如上所述, Schweitzer也承认, 当哥特式尖拱的突出的内部部分沿着汽缸镗孔壁缓和时, 这种配置最佳地起作用。在一些实施方式中, 使汽缸镗孔壁中的尖锐边缘变圆是不实际的。替代地, 在一些实施方式中, 可以使用增材机加工、珩磨、抛光、电化工艺等使汽缸镗孔壁中的尖锐边缘变圆。在其中汽缸镗孔壁中的尖锐边缘未被变柔和或移除的实施方式中, 哥特式尖拱可不为端口开口边缘形状的最好配置; 在此类实施

方式中,如本文以上所述的沿着顶部边缘仅具有一个顶峰的端口开口边缘形状可为用于防止活塞环和汽缸镗孔表面的磨损和不期望的移動的最佳配置。

[0047] 该算法将确保样条曲线以及沿着样条曲线的各个点的曲率半径在指定参数内或接近指定参数。一旦限定了端口开口边缘形状,就能够使用例如计算机或原型发动机对通过具有该端口开口边缘形状的端口的流体流量进行建模。一旦从该模型中接收流体流量和发动机性能的结果,就可以重新限定样条曲线和结以改进流体流量或其他性能参数,如在535中。迭代可以继续,直到达到性能阈值。性能阈值可以被预先限定。优化的端口开口边缘形状可以用于构造对置活塞发动机(诸如上述发动机)的汽缸。

[0048] 图3示出了示例性端口开口边缘形状350,其被设计为优化流体流量,同时最小化不期望的活塞环运动。端口开口边缘形状350的曲率395的大小被示为经由梳状件附接到端口边缘的迹线。端口开口边缘形状350被设计为受最大高度H和全宽W的约束。端口开口边缘形状350与图2A至图2F所示的端口开口边缘形状的类似之处在于该形状具有顶部边缘353、底部边缘354和侧边缘355。类似于图2E和图2F示出的端口开口边缘形状,端口开口边缘形状350沿着顶部边缘353具有顶点359或顶峰。在图3中也看到沿着样条曲线的限定端口开口边缘形状350的结394以及如由迹线395表示的沿着样条曲线的曲率。沿着该迹线395,存在点395a、395b,其中端口开口边缘形状的曲率急剧改变而非突然改变。曲率急剧改变的这些区域位于侧边缘355的中间395a附近并且位于顶点359和底部边缘354的中点周围的区域395b中。

[0049] 图4示出了图3中示出的示例性端口开口边缘形状350,其中迹线396示出沿着端口开口边缘形状350的点的曲率半径。沿着迹线396,存在点396a、396b,其中曲率半径的大小与端口开口边缘形状350的邻近部分大大不同。这些点包括每个侧边缘的中点周围的区域396b以及顶点周围的区域396b。如上所述,顶点359将被约束为具有比端口开口边缘形状350的其余部分更小的曲率半径。这反映在迹线396中看到的凹陷396b中。

[0050] 提供了本文描述和示出的新颖工具和方法的专利保护范围可合适地包括用于对置活塞燃烧发动机的汽缸中的端口的端口开口边缘形状的要索,由这些要索组成或基本上由这些要索组成。进一步地,在没有在说明书中未具体公开、在附图中未示出和/或在本申请的实施例中未举例说明的任何元件或步骤的情况下,可合适地实践本文公开和示出的新颖工具和方法。此外,虽然本发明已经参考目前优选的实施例描述,但是应当理解,在不偏离本发明的精神的情况下可以作出各种修改。

[0051] 因此,本发明仅受以下权利要求的限制。

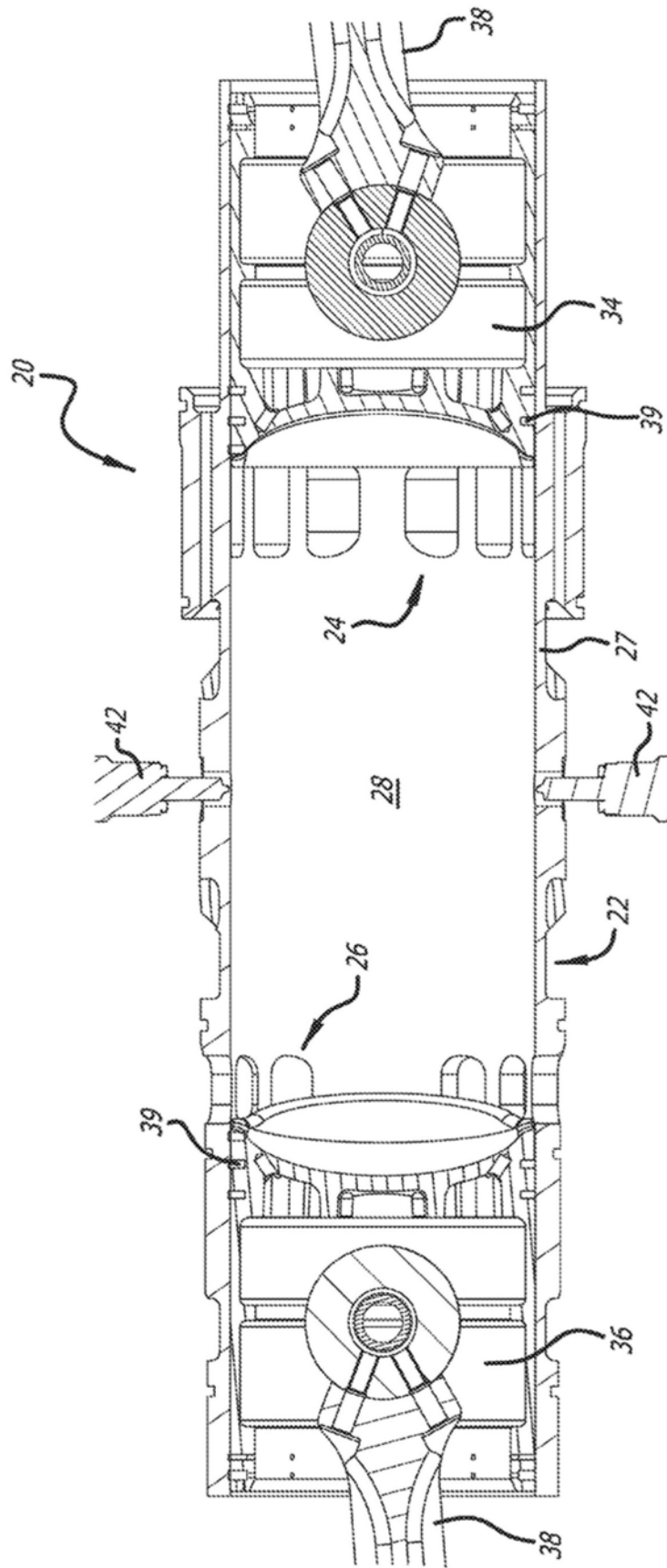


图1A

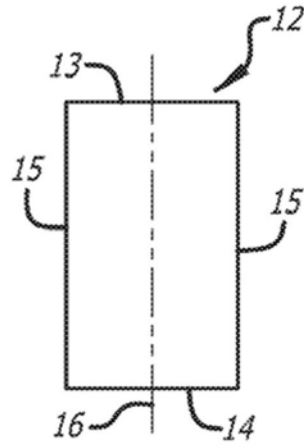


图2A(现有技术)

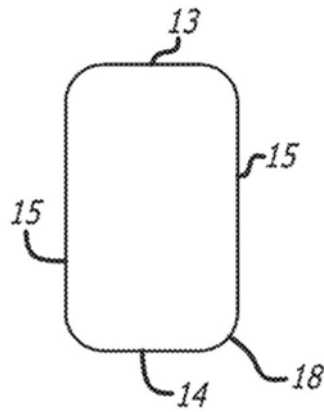


图2B(现有技术)

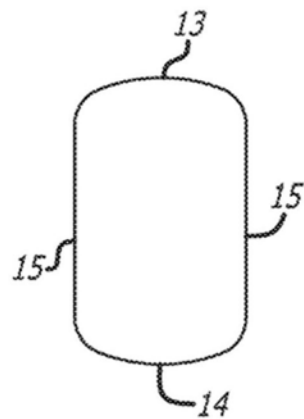


图2C(现有技术)

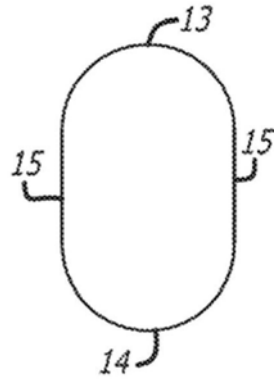


图2D(现有技术)

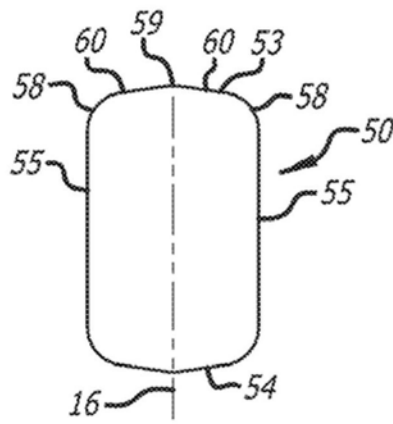


图2E(现有技术)

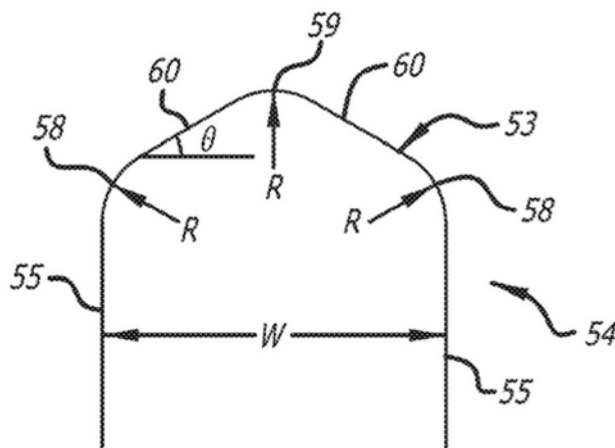


图2F(现有技术)

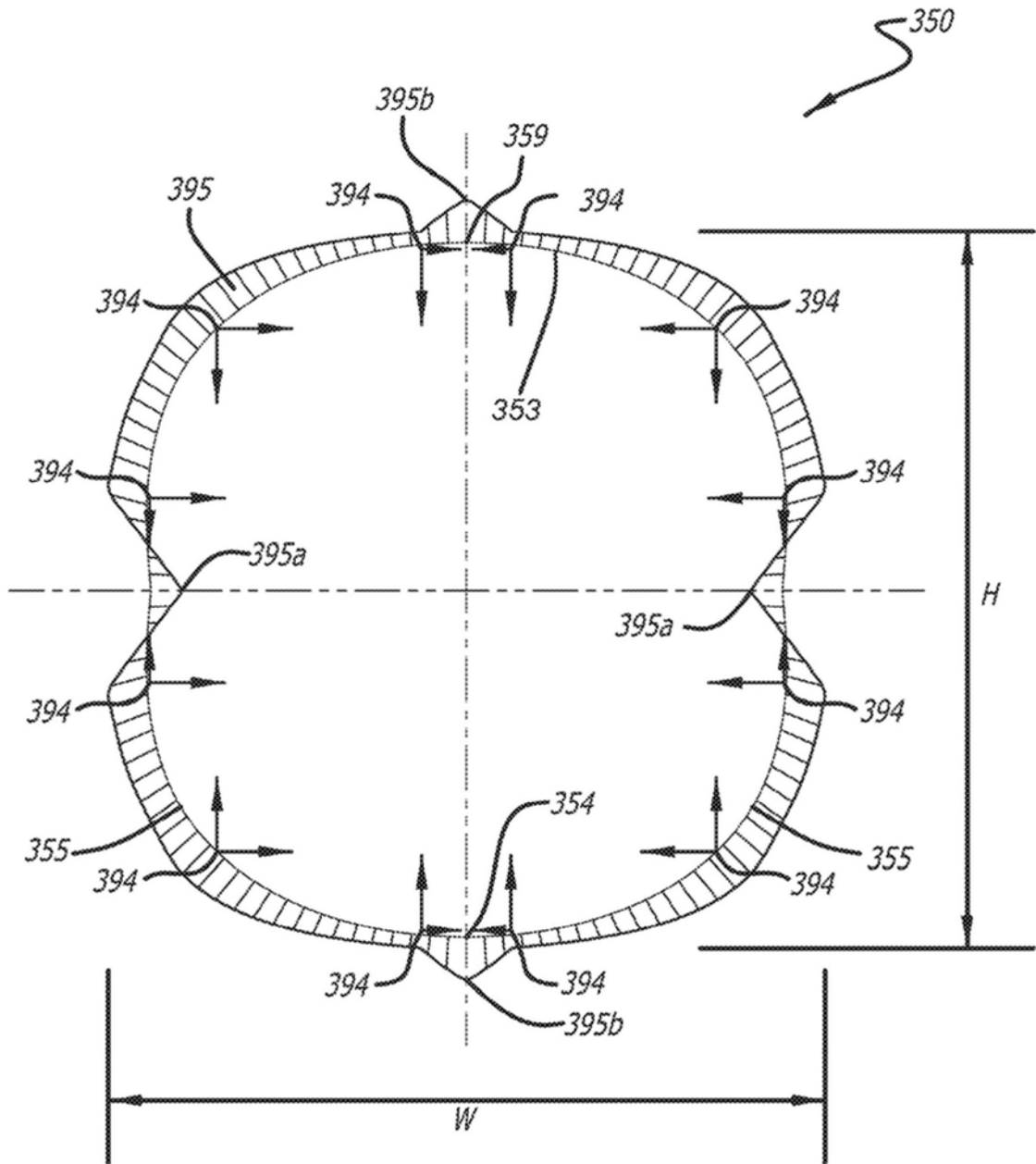


图3

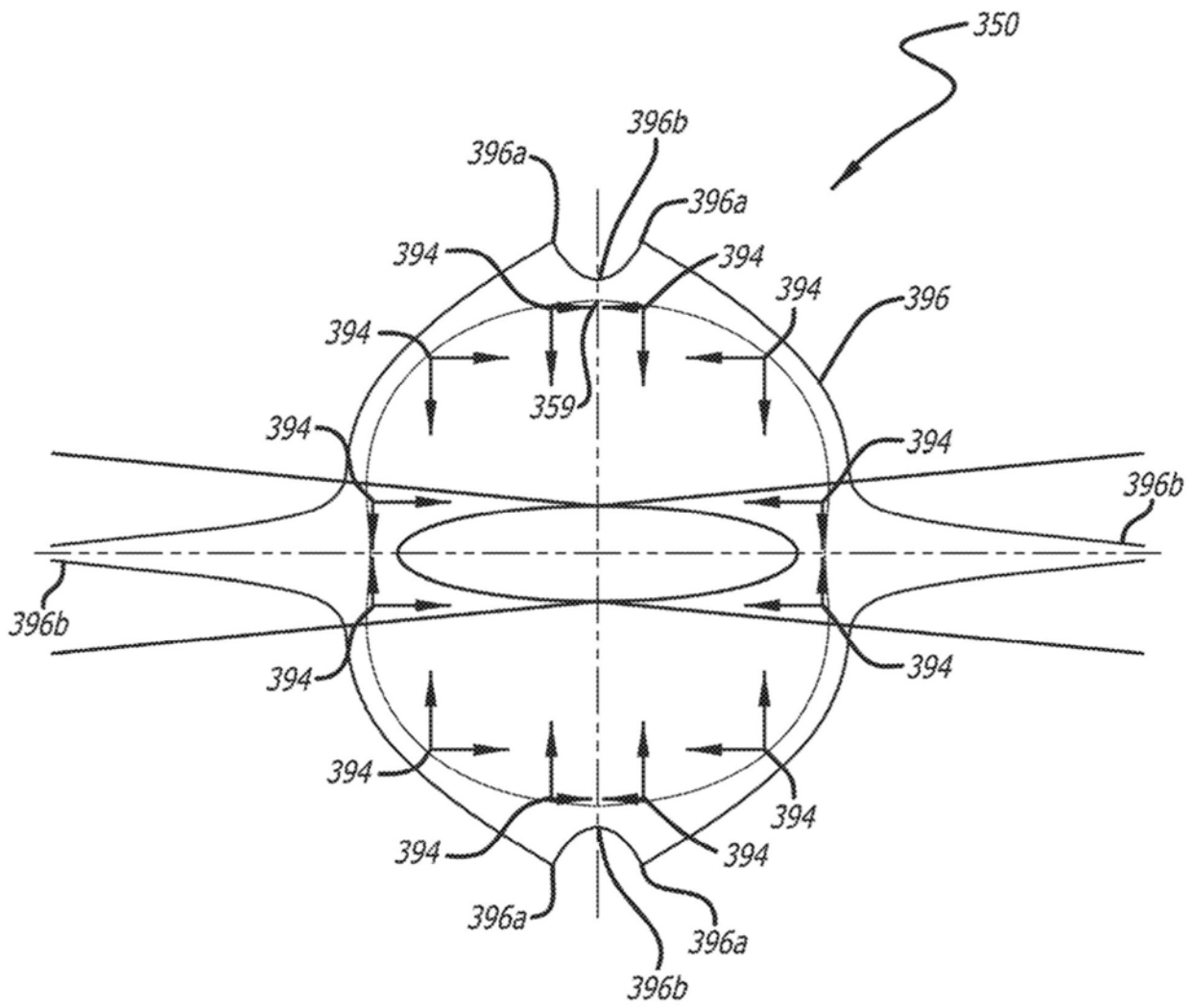


图4

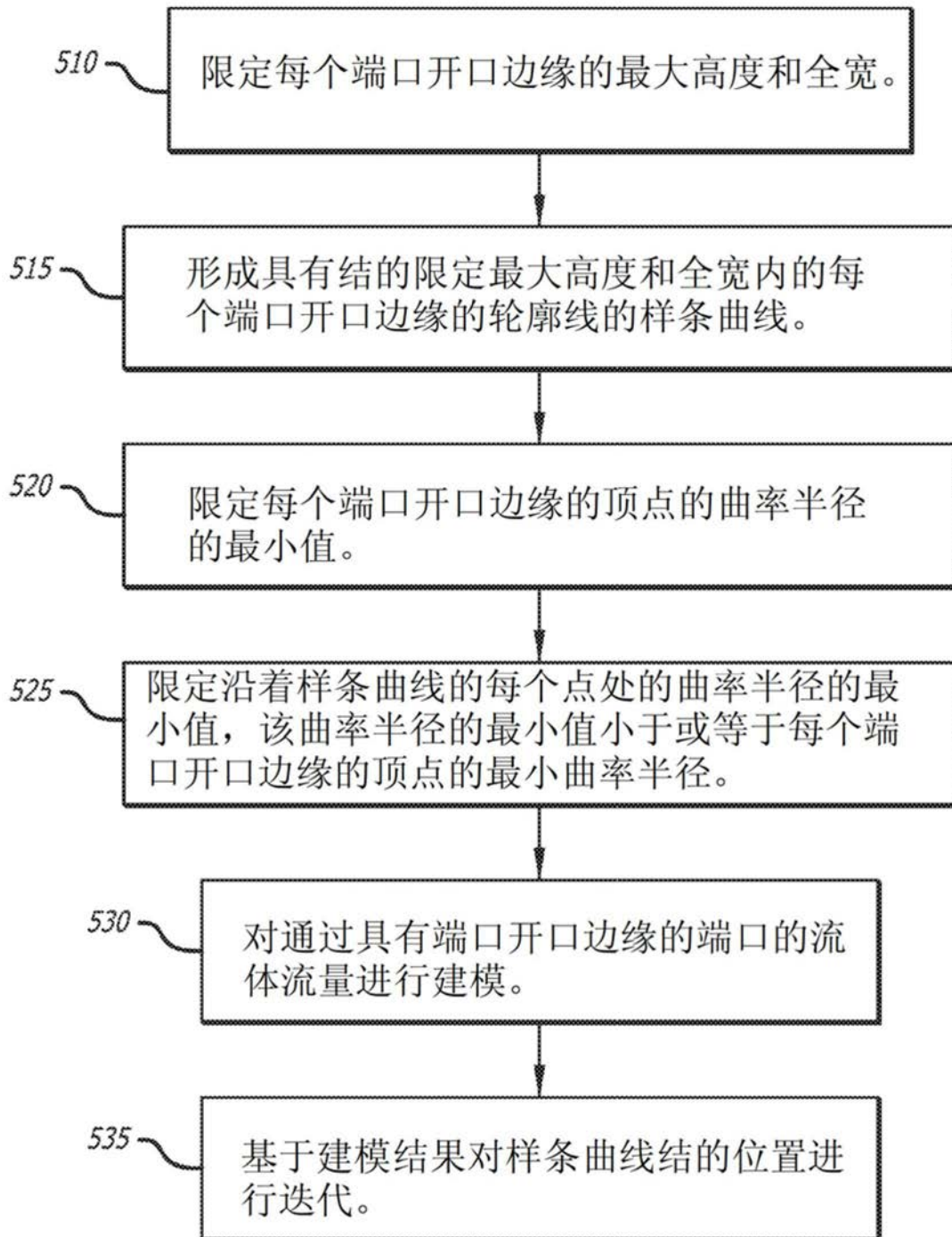


图5

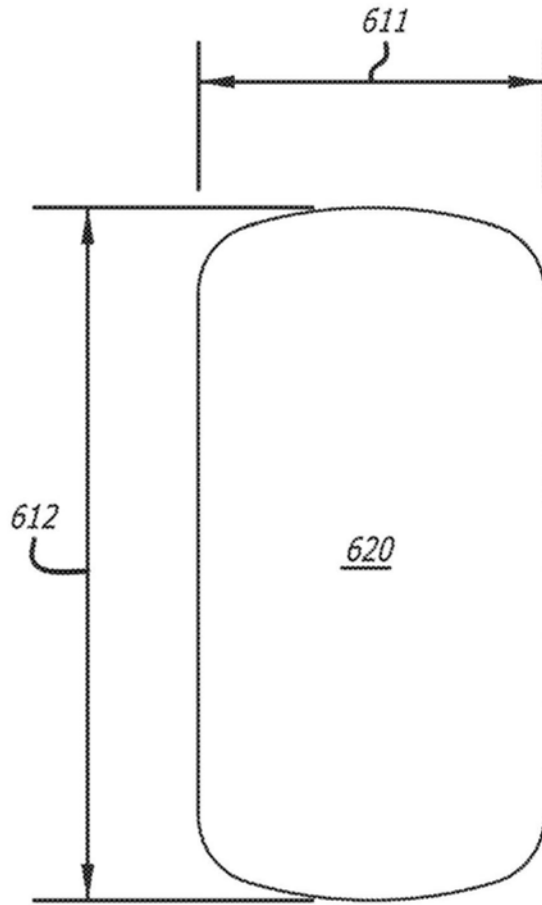


图6A

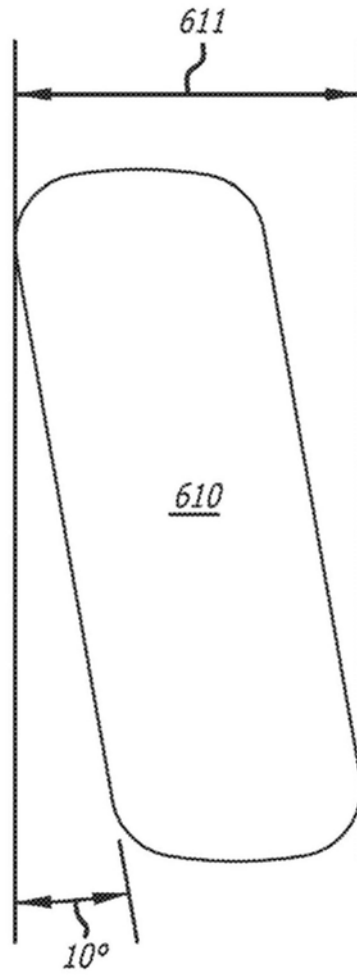


图6B

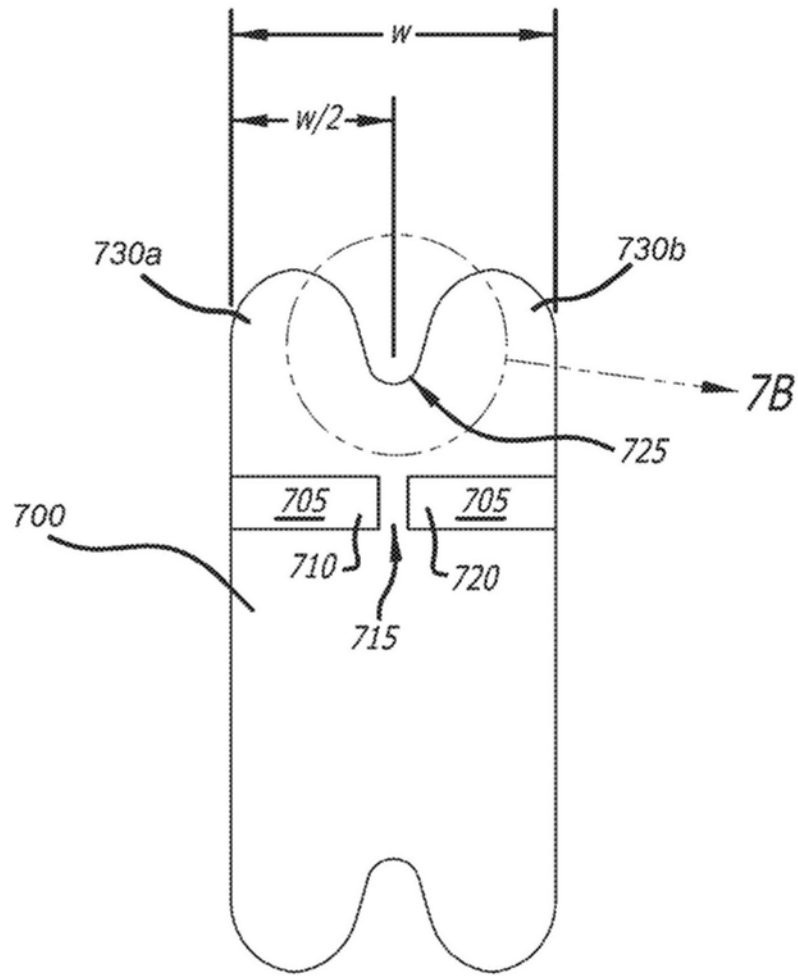


图7A

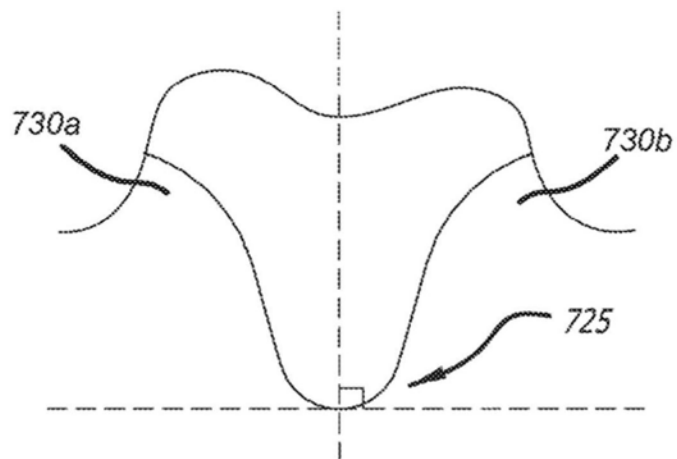


图7B

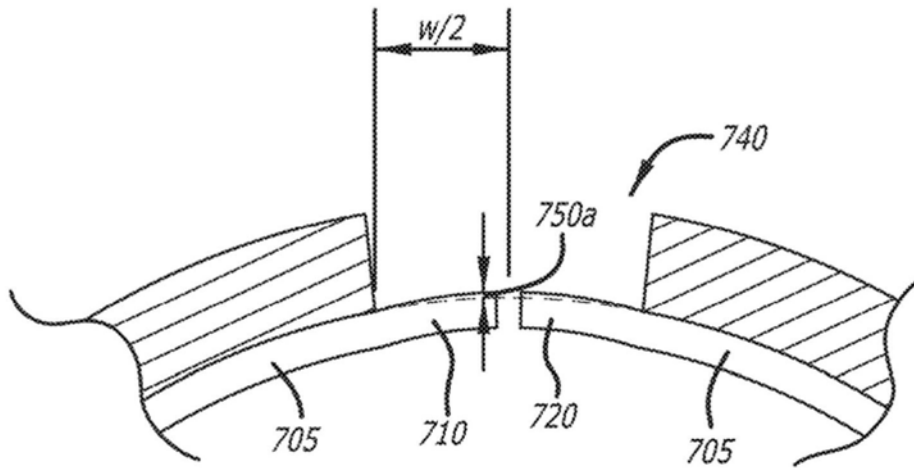


图7C

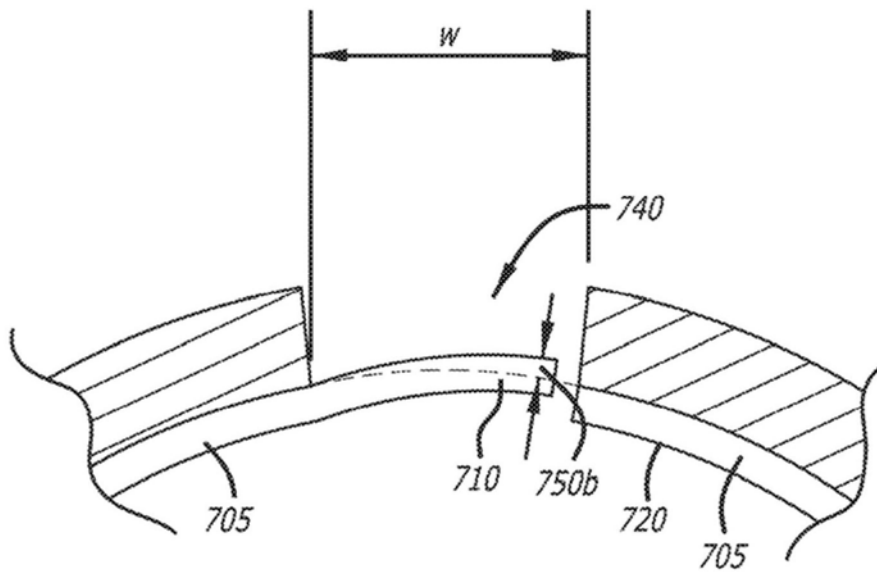


图7D