



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104854326 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 19

(21) 申请号 201380065349. 7

代理人 吴鹏 马江立

(22) 申请日 2013. 12. 20

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

F02B 77/04(2006. 01)

12198856. 2 2012. 12. 21 EP

F02M 25/07(2006. 01)

F01B 31/20(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

F02F 1/22(2006. 01)

2015. 06. 12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/003924 2013. 12. 20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/095086 EN 2014. 06. 26

(71) 申请人 卡特彼勒能源方案有限公司

地址 德国曼海姆市

(72) 发明人 K·施特尔瓦格恩

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

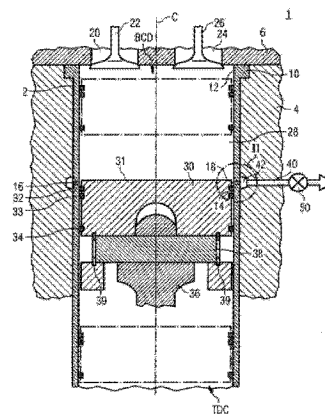
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

内燃机中的未燃烧燃料排放

(57) 摘要

本发明通常涉及一种内燃机 (1), 其包括 : 汽缸 (2), 其限定用于在其中燃烧空气 / 燃料混合物的燃烧室 (28); 活塞 (30), 其可在所述汽缸 (2) 内在上死点 (TDC) 和下死点 (BDC) 之间往复运动, 并包括配置成密封地接触所述汽缸 (2) 的最顶端活塞环 (32); 环形裂隙 (18), 其面对所述燃烧室 (28) 并由所述汽缸 (30)、所述活塞 (2) 以及所述最顶端活塞环 (32) 限定; 以及至少一个流动通道 (40), 所述流动通道流体连接到所述燃烧室 (28), 并被配置用于引导未燃烧的空气 / 燃料混合物离开所述燃烧室 (28)。所述至少一个流动通道 (40) 可定位成 : 当所述活塞 (30) 定位成使得曲柄角在所述上死点 (TDC) 之后约 85° 到 95° 的范围中时, 与所述环形裂隙 (18) 直接流体连接。



1. 一种内燃机 (1), 其包括:
  - 汽缸 (2), 其限定用于在其中燃烧空气 / 燃料混合物的燃烧室 (28);
  - 活塞 (30), 其可在所述汽缸 (2) 内在上死点 (TDC) 和下死点 (BDC) 之间往复运动, 并包括配置成密封地接触所述汽缸 (2) 的最顶端活塞环 (32);
  - 环形裂隙 (18), 其面向所述燃烧室 (28) 并由所述汽缸 (2)、所述活塞 (30) 和所述最顶端活塞环 (32) 限定; 以及
  - 至少一个流动通道 (40), 其与所述燃烧室 (28) 流体连接并配置成引导未燃烧的空气 / 燃料混合物离开所述燃烧室 (28), 所述至少一个流动通道 (40) 定位为: 当所述活塞 (30) 具有对应于在所述上死点 (TDC) 之后大约  $85^{\circ}$  到  $95^{\circ}$  和大约  $265^{\circ}$  到  $275^{\circ}$  的曲柄角的位置时, 与所述环形裂隙 (18) 直接流体连接。
2. 如权利要求 1 所述的内燃机 (1), 其进一步包括汽缸套 (10), 所述汽缸套插入所述汽缸 (2), 使得所述活塞 (30) 往复运动地设置在所述汽缸套 (10) 内且所述环形裂隙 (18) 由所述汽缸套 (10)、所述活塞 (30) 和所述最顶端活塞环 (32) 限定, 所述汽缸套 (10) 包括多个与所述至少一个流动通道 (40) 流体连接的排放孔 (14、16)。
3. 如权利要求 2 所述的内燃机 (1), 其中, 所述多个排放孔 (14、16) 包括在从大约 0.5mm 到 2.0mm 的范围内的直径。
4. 如权利要求 2 或权利要求 3 中任一项所述的内燃机 (1), 其中, 所述汽缸套 (10) 包括围绕所述汽缸套 (10) 的圆周对称地设置的六个排放孔 (14、16)。
5. 如权利要求 2 至 4 中任一项所述的内燃机 (1), 其中, 所述多个排放孔 (14、16) 径向地设置在所述汽缸套 (10) 处。
6. 如权利要求 2 至 5 中的任一项所述的内燃机 (1), 其进一步包括沿圆周设置在所述汽缸 (2) 处的聚积槽 (42), 所述聚积槽 (42) 配置成在所述多个排放孔 (14、16) 和所述至少一个流动通道 (40) 之间流体地互相连接。
7. 如前述权利要求中任一项所述的内燃机 (1), 其进一步包括流体连接至所述至少一个流动通道 (40) 的调节阀 (50), 所述调节阀 (50) 配置成
  - 当所述活塞 (30) 在所述内燃机 (1) 的做功冲程 (106) 期间具有对应于在所述上死点 (TDC) 之后大约  $85^{\circ}$  到  $95^{\circ}$  的所述曲柄角范围的位置时, 打开, 并且
  - 在所述内燃机 (1) 的进气冲程 (102)、压缩冲程 (104) 和排气冲程 (108) 期间, 以及当所述活塞 (30) 在所述做功冲程 (106) 期间具有对应于在所述上死点 (TDC) 之后大约  $0^{\circ}$  到  $85^{\circ}$  和大约  $95^{\circ}$  到  $180^{\circ}$  的曲柄角范围的位置时, 关闭。
8. 如权利要求 7 所述的内燃机 (1), 其中, 所述调节阀 (50) 是调压阀。
9. 如前述权利要求中任一项所述的内燃机 (1), 其进一步包括入口通道 (20), 所述入口通道流体连接至所述燃烧室 (28) 并配置成供应空气 / 燃料混合物至所述燃烧室 (28) 中, 其中, 所述至少一个流动通道 (40) 配置成流体连接至所述入口通道 (20), 使得在下一个循环期间将所述排出的未燃烧的空气 / 燃料混合物重新供应至所述燃烧室 (28)。
10. 如权利要求 9 所述的内燃机 (1), 其进一步包括配置成包括支撑所述活塞 (30) 的曲轴的曲柄箱, 其中, 所述曲柄箱配置成在所述至少一个流动通道 (40) 和所述入口通道 (20) 之间流体地互相连接。
11. 如权利要求 10 所述的内燃机 (1), 其进一步包括重新供应通道, 所述通道配置成在

所述曲柄箱和所述入口通道 (20) 之间,或在所述曲柄箱和涡轮增压器的压缩机之间流体地互相连接。

12. 如前述权利要求中任一项所述的内燃机 (1), 其中, 所述至少一个流动通道 (40) 包括在从大约 5mm 到 20mm 的范围内的直径。

13. 一种用于操作内燃机 (1) 的方法, 所述内燃机 (1) 包括: 在其内部限定燃烧室 (28) 的汽缸 (2), 可在所述汽缸 (2) 内在上死点 (TDC) 和下死点 (BDC) 之间往复运动的活塞 (30), 以及配置成供应预定量的空气 / 燃料混合物至所述燃烧室 (28) 中的入口通道 (20), 所述方法包括:

仅当所述活塞 (30) 在所述内燃机 (1) 的做功行程 (116) 期间具有对应于在所述上死点 (TDC) 之后约  $85^{\circ}$  到  $95^{\circ}$  的曲柄角范围的位置时, 引导未燃烧的空气 / 燃料混合物离开环形裂隙 (18) 进入所述进气通道 (20), 所述环形裂隙形成在所述汽缸 (2) 和所述活塞 (30) 之间并与所述燃烧室 (28) 流体连通。

14. 如权利要求 13 所述的方法, 其中, 在引导所述未燃烧的空气 / 燃料混合物进入所述进气通道 (20) 之前, 引导未燃烧的空气 / 燃料混合物离开所述环形裂隙 (18) 的步骤进一步包括引导所述未燃烧的空气 / 燃料混合物进入曲柄箱, 所述曲柄箱配置成包括支撑所述活塞 (30) 的曲轴, 并设置在所述活塞 (30) 之下。

15. 一种汽缸套 (10), 其配置成插入到内燃机 (1) 的汽缸 (2) 中, 所述汽缸套 (10) 包括:

圆周壁 (12), 其限定用于在其中燃烧空气 / 燃料混合物的燃烧室 (28), 所述圆周壁 (12) 配置成在上死点 (TDC) 和下死点 (BDC) 之间往复引导活塞 (30), 所述活塞 (30) 包括配置成密封地接触所述圆周壁 (12) 的最顶端活塞环 (32), 使得面对所述燃烧室 (28) 的环形裂隙 (18) 由所述圆周壁 (12)、所述活塞 (30) 和所述最顶端活塞环 (32) 限定; 和

多个排放孔 (14、16), 所述多个排放孔延伸穿过所述圆周壁 (12), 所述多个排放孔 (14、16) 配置和定位成: 当所述活塞 (30) 具有对应于在所述上死点 (TDC) 之后约  $85^{\circ}$  到  $95^{\circ}$  以及约  $265^{\circ}$  到  $275^{\circ}$  的曲柄角范围的位置时, 直接流体连接至所述环形裂隙 (18)。

## 内燃机中的未燃烧燃料排放

### 技术领域

[0001] 本发明大体上涉及一种内燃机,其包括用于将未燃烧的空气/燃料混合物排出燃烧室的至少一个流动通道。

### 背景技术

[0002] 在内燃机的操作期间,废气可包括来自燃烧室表面和活塞与汽缸壁之间的空间中的裂隙容积的淬火气,其中在发动机汽缸中的燃烧结束之后存在未燃烧燃料,特别是未燃烧的空气/燃料混合物。因此,需要获得未燃烧的空气/燃料混合物的量并在后续的燃烧循环期间将其再循环。

[0003] 例如,US 4 191 150 A 公开一种选择性将未燃烧混合物从活塞裂隙容积排出的发动机。特别地,排放装置包括在汽缸壁中的一个或多个旁路通道,所述旁路通道绕过活塞环并将裂隙容积与活塞冲程下部中的发动机曲柄箱连接。在做功冲程的后期去除混合物。

[0004] US 5 357 919 A 公开一种用于四冲程火花引燃式内燃机的碳氢化合物排放控制系统,其具有容积可变的腔室和容积固定的辅助腔室,所述辅助腔室的固定容积小于工作腔室的最大容积。工作腔室及辅助腔室通过汽缸壁中的一组通路彼此相连,其中汽缸壁中的通路定位成使得在活塞接近其排气冲程的顶部时,在辅助腔室中存储的尾气排放到曲柄箱内。

[0005] US 6 431 157 B1 公开一种内燃机,其包括具有至少一个汽缸筒的汽缸体、汽缸盖及位于活塞下方的用于润滑油的曲柄箱,所述汽缸盖具有带通向燃烧室的相关入口阀和排气阀的至少一个入口通道和排气通道,所述至少一个入口通道和排气通道位于可在汽缸筒中运动的活塞上方。活塞包括彼此相隔一定距离的至少两个凹槽,每一凹槽具有活塞环及活塞环之间所包含的活塞集气室。

[0006] 本发明至少部分旨在改进或克服现有系统的一个或多个方面。

### 发明内容

[0007] 根据本发明的一方面,内燃机可包括汽缸、活塞、环形裂隙以及至少一个流动通道,所述汽缸限定用于燃烧其中的空气/燃料混合物的燃烧室,所述活塞可在汽缸内上死点和下死点之间往复运动并包括面向燃烧室的顶端和配置为密封地接触汽缸的最顶端活塞环,所述环形裂隙由汽缸、活塞、活塞顶端和最顶端活塞环限定,所述至少一个流动通道流体连接到燃烧室并配置成将未燃烧的空气/燃料混合物引导出燃烧室。至少一个流动通道可配置并定位成:当活塞具有对应于在上死点之后约  $85^{\circ}$  至  $95^{\circ}$  和约  $265^{\circ}$  至  $275^{\circ}$  的曲柄角范围的位置时,直接流体连接到环形裂隙。

[0008] 根据本发明的另一方面,公开了一种操作内燃机的方法,所述内燃机包括汽缸、活塞以及入口通道,所述汽缸限定其内的燃烧室,所述活塞可在汽缸内上死点和下死点之间往复运动,所述入口通道配置为将预定量的空气/燃料混合物供应到燃烧室,所述方法可包括:仅当活塞在内燃机的做功冲程期间具有对应于在上死点之后约  $85^{\circ}$  至  $95^{\circ}$  的曲柄

角范围的位置时,将未燃烧的空气/燃料混合物引导出环形裂隙进入进气通道,所述环形裂隙在汽缸和活塞之间形成并与燃烧室流体连通。

[0009] 根据本发明的另一方面,配置成插入到内燃机的汽缸中的汽缸套可包括圆周壁,所述圆周壁限定用于燃烧其中的空气/燃料混合物的燃烧室。圆周壁可配置为在上死点和下死点之间往复引导活塞,其中,所述活塞可包括面向燃烧室的顶端和配置为密封地接触圆周壁的最顶端活塞环,使得环形裂隙由圆周壁、活塞、活塞顶端和最顶端活塞环限定。汽缸套可进一步包括延伸穿过圆周壁的多个排放孔。多个排放孔可配置并定位成:当活塞具有对应于在上死点之后约  $85^{\circ}$  至  $95^{\circ}$  和约  $265^{\circ}$  至  $275^{\circ}$  的曲柄角范围的位置时,直接流体连接到环形裂隙。

[0010] 在一些实施例中,内燃机进一步包括插入汽缸的汽缸套,使得活塞可往复地设置在汽缸套内且环形裂隙由汽缸套、活塞、活塞顶端和最顶端活塞环限定,其中汽缸套可包括与至少一个流动通道流体连接的多个排放孔。

[0011] 在一些实施例中,内燃机可进一步包括圆周地设置在汽缸处的聚积槽。所述聚积槽可配置成流体地互相连接在多个排放孔和至少一个流动通道之间。

[0012] 在一些实施例中,内燃机可进一步包括流体地连接到至少一个流动通道的调节阀。调节阀可配置成:当所述活塞在内燃机的做功冲程期间具有对应于在上止点后约  $85^{\circ}$  至  $95^{\circ}$  的曲柄角范围的位置时,打开,并且在内燃机的进气冲程、压缩冲程和排气冲程期间以及当所述活塞在做功冲程期间具有对应于在上止点后约  $0^{\circ}$  至  $85^{\circ}$  和  $95^{\circ}$  至  $180^{\circ}$  的曲柄角范围的位置时,关闭。

[0013] 通过以下描述和附图,本发明的其它特征和方面将清晰可见。

## 附图说明

[0014] 图 1 示出了所公开的示例性内燃机的示意图;

[0015] 图 2 示出了图 1 的内燃机的细节 II-II 的示意图;和

[0016] 图 3 是与以下部分相关联的图解:其中环形裂隙取决于四冲程循环期间的曲柄角与至少一个流动通道直接流体连通。

## 具体实施方式

[0017] 以下是本发明的示例性实施例的具体实施方式。其中所描述的和在附图中所说明的示例性实施例旨在教导本发明的原则,使本领域普通技术人员能够在许多不同的环境并针对许多不同的应用实施并使用本发明。因此,示例性实施例并不旨在作为并且不应当被视为专利保护范围的限制性描述。而是,专利保护的范围应当由所附的权利要求书限定。

[0018] 本发明可部分地基于下述实现方式:提供一种带有至少一个流动通道的内燃机汽缸,所述至少一个流动通道定位为:当所述活塞在做功冲程期间具有对应于在上死点之后约  $85^{\circ}$  至  $95^{\circ}$  的曲柄角范围的位置时,使得所述至少一个流动通道与捕集活塞处的未燃烧空气/燃料混合物的环形裂隙直接流体连通,所述活塞可往复地设置在汽缸内;所述汽缸可从所述环形裂隙释放未燃烧燃料,因此,可以防止排出未燃烧空气/燃料混合物。此外,这可以增加所述内燃机的效率。

[0019] 本发明可进一步部分地基于下述实现方式:所述内燃机也可设有插入到汽缸中的

汽缸套。在此情况下,汽缸套包括多个排放孔,其中,每一个排放孔均与所述至少一个流动通道流体连通。同样在这种情况下,可将捕集在由所述汽缸套与往复地设置在汽缸套内的活塞形成的环形裂隙中的未燃烧空气/燃料混合物从燃烧室释放出来,并且可在随后的燃烧循环中重新供应以用于燃烧。

[0020] 根据本发明,所述至少一个流动通道和所述环形裂隙之间的直接流体连通可被限定为活塞位置,其中所述至少一个流动通道面向环形裂隙。上述情况适用于具有汽缸套的内燃机,所述汽缸套包括多个排放孔。在此情况下,多个排放孔面向环形裂隙以便于与所述环形裂隙直接流体连通。

[0021] 现参考附图,图 1 中图示插入内燃机 1 的发动机体 4 的汽缸 2 中的汽缸套 10。然而,如以上已提及,本发明也可适用于可能不包括汽缸套的内燃机。

[0022] 内燃机 1 可以包括如下未示出特征,如燃料系统、空气系统、冷却系统、外围设备、传动系统部件等。出于本发明目的,内燃机 1 被认为是四冲程气体燃料内燃机。然而本领域的技术人员将认识到,内燃机 1 可以是任何类型的能利用从燃烧室的裂隙空间排出的未燃烧空气/燃料混合物的发动机(气体、柴油、天然气、丙烷、双燃料等)。此外,气体燃料内燃机 1 可以是任何大小的,具有任意数量的汽缸,并且采用任意配置(“V”,直列,径向等)。

[0023] 内燃机 1 可以用于驱动任何机器或其他装置,包括机车应用、公路卡车或车辆、非公路卡车或机器、推土设备、发电机、航空航天应用、航海应用、泵、固定设备或其它发动机驱动的应用。

[0024] 包括在其中限定燃烧室 28 的圆周壁 12 的汽缸套 10 密封地插入汽缸 2 中。特别地,密封圈(在附图中并未明确示出)可配置成在汽缸套 10 与汽缸 2 之间形成密封。

[0025] 如图 1 所示,汽缸盖 6 配置成封闭汽缸 2 和汽缸套 10 的上端。汽缸盖 6 设有入口通道 20 和出口通道 24,所述通道分别设有进气阀 22 和排气阀 26。入口通道 20 可(例如)连接至设置于进气阀 22 上游的气体混合器。进气阀 22 配置成打开和关闭入口通道 20,由此促使或限制空气/燃料混合物进入燃烧室 28。排气阀 26 配置成打开和关闭出口通道 24,由此促使或限制废气离开燃烧室 28。发动机控制单元(在附图中并未明确示出)可配置成分别控制进气阀 22 和排气阀 26。

[0026] 活塞 30 可沿轴 C 往复地设置在汽缸套 10 内并可在上死点(在下文中称为 TDC)与下死点(在下文中称为 BDC)之间运动。特别地,活塞 30 配置成通过在 TDC 与 BDC 之间往复运动而改变燃烧室 28 的容积。进一步指示活塞 30 位于 TDC(表示靠近进气阀 22 和排气阀 26)及 BDC(表示最远离进气阀 22 和排气阀 26 的位置)。在图 1 中由虚线指示活塞 30 在 TDC 和 BDC 的两个位置。

[0027] 活塞 30 包括面向燃烧室 28 的顶端 31。活塞 30 设有最顶端活塞环 32 和最底端活塞环 34,所述活塞环配置成使燃烧室 28 与活塞 30 下方的部分(表示与曲柄箱)形成密封。最顶端活塞环 32 和最底端活塞环 34 可进一步被认为是已知的刮油环。如图 1 所示,活塞 30 可进一步设有一个中间活塞环 33。然而,在一些实施例中,活塞 30 可设有配置成进一步使活塞 30 与(例如)曲柄箱形成密封的一个以上中间活塞环。

[0028] 汽缸套 10 包括延伸穿过圆周壁 12 的多个排放孔 14、16。关于图 1,示出两个排放孔 14 和 16。然而,在一些实施例中,汽缸套 10 可包括两个以下或以上排放孔 14、16。例如,汽缸套 10 可以包括绕汽缸套 10 的圆周对称设置的六个排放孔。多个排放孔 14、16 配置成

将未燃烧的空气 / 燃料混合物释放出燃烧室 28。

[0029] 关于图 2, 示出排放孔 14 的放大视图。如图所示, 在活塞 30 上形成有环形裂隙 18。特别地, 由汽缸套 10、活塞 30 的圆周、最顶端活塞环 32 和活塞 30 的顶端 31 的虚拟延长部形成环形裂隙 18。在一些并未利用汽缸套 10 的实施例中, 由汽缸 2 的内壁、活塞 30 的圆周、最顶端活塞环 32 和活塞 30 的顶端 31 的虚拟延长部限定环形裂隙 18。

[0030] 活塞杆 36 通过由二个锁紧环 39 轴向紧固的活塞销 38 连接至活塞 30。活塞杆 36 配置成连接至设置于发动机体 4 的曲柄箱 (未示出) 内的曲轴 (附图中未示出), 以使曲轴的旋转引起活塞 30 在汽缸套 10 内的往复运动。本领域技术人员将认识到, 在曲柄角呈  $0^{\circ}$  时, 活塞 30 可定位于 TDC。另外, 在曲柄角呈  $180^{\circ}$  时, 活塞 30 可定位于 BDC。

[0031] 多个排放孔 14、16 定位成: 当活塞 30 特别是在内燃机 1 的做功冲程期间定位成使得曲柄角在 TDC 后约  $85^{\circ}$  到  $95^{\circ}$  的范围内时, 流体连接至环形裂隙 18, 下面将详细描述。

[0032] 发动机体 4 包括至少一个流动通道 40, 其中之一如图 1 所示。至少一个流动通道 40 设置于发动机体 4 中的汽缸 2 处并配置成流体连接至多个排放孔 14、16。在内燃机 1 可能不利用汽缸套 10 的情况下, 所述至少一个流动通道 40 可以流体连接至燃烧室 28。

[0033] 聚积槽 42 周向地设置在汽缸 2 处并配置成使多个排放孔 14、16 与至少一个流动通道 40 之间互相流体连接。聚积槽 42 配置成为未燃烧的空气 / 燃料混合物在通过多个排放孔 14、16 排出燃烧室 28 之后提供聚积空间, 以使得未燃烧的空气 / 燃料混合物可通过至少一个流动通道 40 引导出燃烧室 28。

[0034] 可以在至少一个流动通道 40 中设置调节阀 50。调节阀 50 可配置成打开或关闭至少一个流动通道 40, 由此促使或限制气态流体从中穿过。可以通过发动机控制单元 (附图中未示出) 控制调节阀 50。在一些实施例中, 调节阀 50 可以是调压阀, 通过调压阀上游和下游的气体压力来控制所述调压阀。

[0035] 多个排放孔 14、16、聚积槽 42 以及至少一个流动通道 40 可以限定泄漏腔。在本发明的上下文中, 泄漏腔可由从燃烧室 28 延伸至调节阀 50 的聚积空间限定并可配置成存储一定量排出的未燃烧的空气 / 燃料混合物和 / 或一定量废气。

[0036] 在未燃烧的空气 / 燃料混合物从环形裂隙 18 排出燃烧室 28 进入泄漏腔之后, 未燃烧的空气 / 燃料混合物可以在后续的燃烧循环期间重新供应到入口通道 20 并由此供应到燃烧室 28。在一些实施例中, 可首先将排出的未燃烧的空气 / 燃料混合物引导至曲柄箱内, 在此可聚积未燃烧的空气 / 燃料混合物。随后, 聚积在曲柄箱内的空气 / 燃料混合物便可通过入口通道 20 重新供应到燃烧室 28。

[0037] 应当注意到, 内燃机 1 可以不设有汽缸套 10。在这种情况下, 至少一个流动通道 40 与燃烧室 28 直接流体连通并配置成在活塞 30 处于上文提及的位置时 (即在曲柄角在约  $85^{\circ}$  到  $95^{\circ}$  的范围中时) 从燃烧室释放未燃烧的空气 / 燃料混合物。

[0038] 工业实用性

[0039] 在下文中, 参照图 1 至图 3 描述内燃机 1 的操作。

[0040] 参照图 3, 示出图表, 其中纵坐标 100 构成环形裂隙 18 与多个排放孔 14、16 直接流体连通的部分, 并且横坐标 101 构成在包括进气冲程 102、压缩冲程 104、做功冲程 106 及排气冲程 108 的完整四冲程循环中的曲柄角; 其中  $0^{\circ}$  曲柄角指示进气冲程的开始, 并且  $720^{\circ}$  曲柄角指示排气冲程的结束并由此指示完整四冲程循环的结束。

[0041] 特别地,在曲柄角范围为  $0^{\circ}$  到  $180^{\circ}$  期间,四冲程循环处于进气冲程 102。在曲柄角范围为  $180^{\circ}$  到  $360^{\circ}$  期间,四冲程循环处于压缩冲程 104。在曲柄角范围为  $360^{\circ}$  到  $540^{\circ}$  期间,四冲程循环处于做功冲程 106。在曲柄角范围为  $540^{\circ}$  到  $720^{\circ}$  期间,四冲程循环处于排气冲程 108。

[0042] 此外,曲柄角为  $0^{\circ}$ 、 $360^{\circ}$  和  $720^{\circ}$  时,活塞 30 处于 TDC,这表示处于由图 1 中虚线所示的较上方位置,而曲柄角为  $180^{\circ}$  和  $540^{\circ}$  时,活塞 30 处于 BDC,这表示处于由图 1 中虚线所示的较下方位置。

[0043] 如上所提及,在曲柄角为  $0^{\circ}$  时,四冲程循环从进气冲程 102 开始。此时,活塞 30 处于 TDC 并开始向下运动。然后,进气阀 22 打开,使得在进气冲程 102 期间,预定量的空气 / 燃料混合物注入燃烧室 28 中。所述预定量的空气 / 燃料混合物可以在来源于 (例如) 内燃机 1 的涡轮增压器单元的预定的进气压力下提供。此时,排气阀 26 和调节阀 50 关闭。

[0044] 当曲柄角达到约  $85^{\circ}$  时 (这表示在进气冲程 102 期间的 TDC 之后的  $85^{\circ}$ ), 环形裂隙 18 变得与多个排放孔 14、16 直接流体连通,使得少量的空气 / 燃料混合物可渗透到泄漏腔。此时空气 / 燃料混合物的泄漏在图 3 中由第一虚线 112 指示。然而,当调节阀 50 处于关闭位置时,未燃烧空气 / 燃料混合物的量只限于通过调节阀 50。

[0045] 在通过处于  $180^{\circ}$  曲柄角的 BDC 之后,活塞 30 向上运动,并且压缩冲程 104 开始。因此,至少此时,进气阀 22 关闭,使得活塞 30 在燃烧室 28 内在向上运动的同时压缩空气 / 燃料混合物。在压缩冲程 104 期间,随着在活塞 30 的向上运动期间,燃烧室 28 容积的不断降低,在燃烧室 28 和泄漏腔内的空气 / 燃料混合物的压力不断地增加。

[0046] 在曲柄角范围为大约  $85^{\circ}$  至  $275^{\circ}$  的期间 (这表示在进气冲程 102 的后一部分和压缩冲程 104 的第一部分期间), 泄漏腔持续与燃烧室 28 流体连通,并且因此可连续地用有 (例如) 大约 2 巴的压力的空气 / 燃料混合物填充。燃烧室 28 内的压力可取决于发动机负荷。因此,可以预期燃烧室压力对应于实际的充气压力。

[0047] 当达到  $265^{\circ}$  的曲柄角时 (这表示在压缩冲程 104 期间在 BDC 之后的曲柄角为  $85^{\circ}$ ), 环形裂隙 18 再次变得与多个排放孔 14、16 直接流体连通。这在图 3 中通过第二虚线 114 指示。然而,由于调节阀 50 仍处于关闭位置,空气 / 燃料混合物渗入泄漏腔中的量仍是限于通过调节阀 50。

[0048] 当曲柄角达到大约  $275^{\circ}$  时 (这表示在压缩冲程期间 BDC 后的曲柄角为约  $95^{\circ}$ ), 环形裂隙 18 变得与多个排放孔 14、16 断开直接流体连通。此外,所述多个排放孔 12、14 变得与所述燃烧室 28 完全断开流体连通。

[0049] 此时,由于空气 / 燃料混合物的压缩所引起的空气 / 燃料混合物在泄漏腔内的压力增大和 / 或由于充入注射空气 / 燃料混合物,捕集在泄漏腔中的空气 / 燃料混合物可以流出泄漏腔进入活塞 30 下方的部分并随后进入曲轴箱。

[0050] 特别地,当活塞 30 设置有最底端活塞环 34 时,空气 / 燃料混合物可首先进入最顶端活塞环 32 和最底端活塞环 34 之间的部分。当最底端活塞环 34 沿向上的方向经过多个排放孔 14、16 时,可允许空气 / 燃料混合物随后流出泄漏腔进入活塞 30 下方的部分并随后进入曲轴箱。

[0051] 在压缩冲程 104 期间,特别在曲柄角范围为约  $275^{\circ}$  到  $360^{\circ}$  (这表示在压缩冲程期间在 BDC 之后的曲柄角范围为约  $95^{\circ}$  到  $180^{\circ}$ ) 期间,至少一定量的空气 / 燃料混合物



可被推压进入环形裂隙 18。由于最顶端活塞环 32 密封地接触汽缸套 10, 所以限制在环形裂隙 18 内的空气 / 燃料混合物进一步向下流动。

[0052] 当达到  $360^\circ$  的曲柄角时, 活塞 30 处于 TDC, 并且可以开始点火。火花塞 (未示出) 可以在燃烧室 28 内提供点燃空气 / 燃料混合物的火花。燃烧的混合物可以膨胀, 并因此可以向下推压活塞 30, 这表示做功冲程 106 开始。

[0053] 然而, 因为当接触活塞时燃烧的燃料可以被至少部分地淬灭, 所以捕集在环形裂隙 18 内的空气 / 燃料混合物可不被点燃, 并可以因此维持不燃烧。此外, 膨胀燃烧燃料可以进一步推压未燃烧的空气 / 燃料混合物进入环形裂隙 18 并可以进一步压缩空气 / 燃料混合物。

[0054] 当达到约  $445^\circ$  的曲柄角时 (这表示做功冲程 106 期间在 TDC 之后的曲柄角为约  $85^\circ$ ), 环形裂隙 18 再次变得与多个排放孔 14、16 直接流体连通。这由图 3 的实线 116 指示。由于此时未燃烧的空气 / 燃料混合物的压力可为 (例如) 约 20 巴, 所以捕集在环形裂隙 18 内的未燃烧的空气 / 燃料混合物流出燃烧室 28 进入泄漏腔。同时, 调节阀 50 打开, 从而使排出量的未燃烧空气 / 燃料混合物通过调节阀 50。

[0055] 调节阀 50 维持打开状态直到达到约  $455^\circ$  的曲柄角, 这表示在做功冲程 106 期间在 TDC 之后的曲柄角为  $95^\circ$ 。然后, 环形裂隙 18 与多个排放孔 14、16 之间的直接流体连通被中断, 且调节阀 50 关闭。

[0056] 因此, 当曲柄角在大约  $445^\circ$  到  $455^\circ$  的范围内 (这表示在做功冲程 106 期间在 TDC 之后约  $85^\circ$  到  $95^\circ$  的范围内) 时, 环形裂隙 18 与泄漏腔直接流体连通, 并且, 调节阀 50 在此时打开。

[0057] 随后, 在曲柄角范围为约  $455^\circ$  到  $625^\circ$  期间 (这表示在做功冲程 106 的后一部分和随后的排气冲程 108 的第一部分期间), 至少一些废气可流入泄漏腔。然而, 由于调节阀 50 在做功冲程 106 的此部分期间关闭, 限制废气通过调节阀 50。

[0058] 当达到  $540^\circ$  的曲柄角时 (这表示活塞 30 处于 BDC), 排气冲程 108 开始且活塞 30 开始再次向上运动。此时, 排气阀 26 打开且活塞 30 将废气通过出口通道 24 从燃烧室 28 推出。

[0059] 在曲柄角范围为约  $625^\circ$  到  $635^\circ$  (这表示在排气冲程 108 期间在 BDC 之后的曲柄角范围为约  $85^\circ$  到  $95^\circ$ ) 期间, 环形裂隙 18 再次与所述多个排放孔 14、16 直接流体连通, 在图 3 中用第三虚线 118 指示, 但是调节阀 50 仍关闭, 使得仍限制废气通过调节阀 50 离开泄漏腔。

[0060] 在曲柄角通过约  $635^\circ$  之后 (这表示在排气冲程 108 期间在 BDC 之后通过约  $95^\circ$  的曲柄角之后), 环形裂隙 18 与泄漏腔断开流体连通。

[0061] 在曲柄角范围为从约  $635^\circ$  到  $720^\circ$  (这表示在排气冲程 108 期间在 BDC 之后的曲柄角范围为约  $95^\circ$  到  $180^\circ$ ) 期间, 捕集在泄漏腔内的废气可流入活塞 30 下方的部分, 并且随后流入曲柄箱 (其已经在上文结合压缩冲程 104 进行了描述)。

[0062] 在排气冲程 108 结束时 (这也限定了四冲程循环的结束), 活塞 30 再次处于 TDC。然后, 上述四冲程循环可以再次从进气冲程 102 开始。

[0063] 当未燃烧的空气 / 燃料混合物和 / 或废气流入曲柄箱时, 重新供应连接件 (未示出) 可配置成使曲柄箱与入口通道 20 流体连接, 使得可在后续的燃烧循环中重新供应未燃

烧的空气 / 燃料混合物。在一些实施例中,例如,在涡轮增压发动机中,可将未燃烧的空气 / 燃料混合物重新供应至涡轮增压器的压缩机上游的进气管道。

[0064] 此外,也可将所述量的在做功冲程 106 期间通过调节阀 50 的未燃烧的空气 / 燃料混合物重新供应到入口通道 20,用于使此量的未燃烧的空气 / 燃料混合物再循环。在一些实施例中,也可将所述量的在做功冲程 106 期间通过调节阀 50 的未燃烧的空气 / 燃料混合物供应到曲柄箱,然后供应到入口通道 20 中。

[0065] 在上述四冲程循环期间,一定量的废气也可通过调节阀 50。然而,废气的所述一定量可能会远小于排出的未燃烧空气 / 燃料混合物的量,使得可以忽略此少量的废气。

[0066] 此外,在压缩冲程 104 期间,一定量的注入空气 / 燃料混合物可能漏到泄漏腔中。因此,在进气冲程 102 期间注入的空气 / 燃料混合物的量可以增加漏入泄漏腔中的空气 / 燃料混合物的量。

[0067] 所述多个排放孔 14、16 可包括圆形横截面,其直径处于(例如)约 0.5mm 到 2.0mm 的范围内。因此,聚积槽 42 可包括槽状横截面,其大于排放孔的横截面。所述至少一个流动通道 40 可包括圆形横截面,其直径处于(例如)约 5mm 到 20mm 的范围内。

[0068] 如上文所提及,发动机控制单元(未示出)可控制调节阀 50 的打开和关闭。然而,在一些实施例中,调节阀 50 可以是通过调压阀上游和下游的压力来控制的调压阀。在这样的实施例中,燃烧室压力可对应于或严格大于充气压力,使得可使用具有预期值间距的公共压力控制器。

[0069] 尽管本文中已经描述了本发明的优选实施例,但在不背离以下权利要求书的范围的情况下可以做出改进和修改。

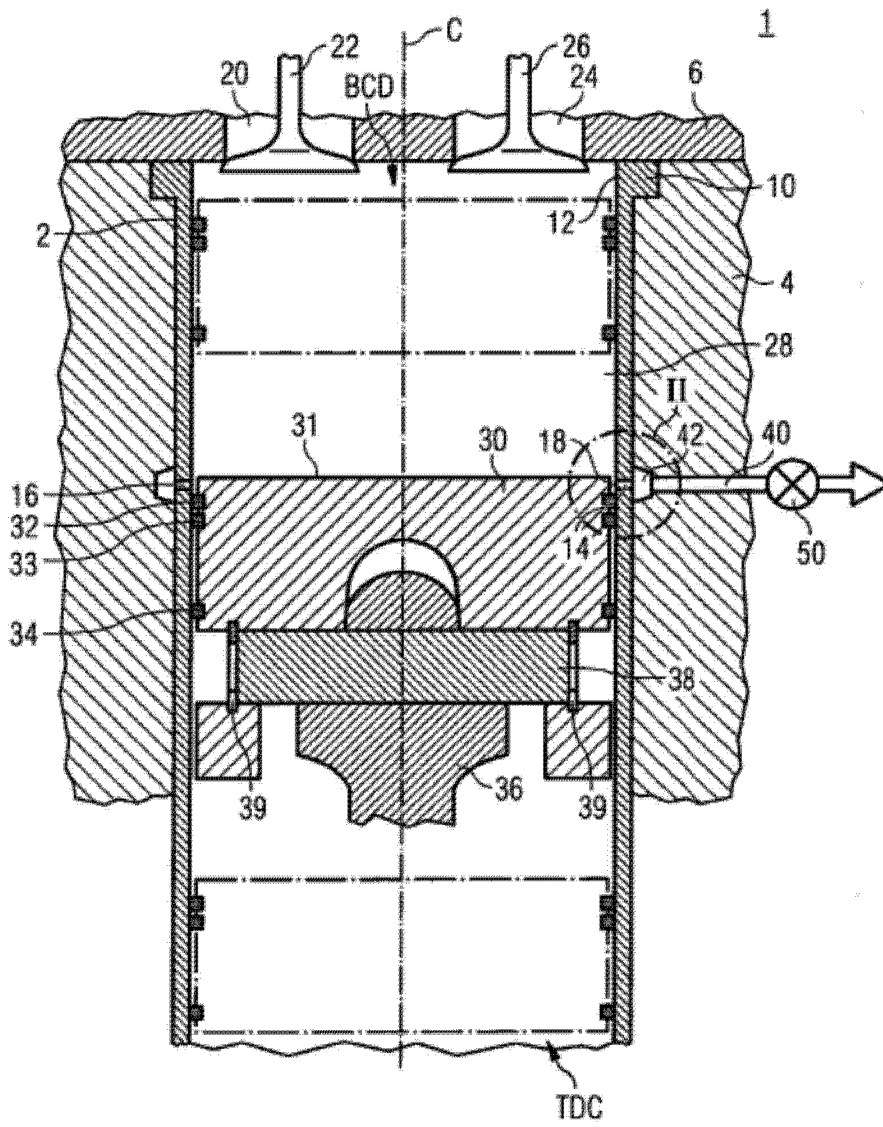


图 1

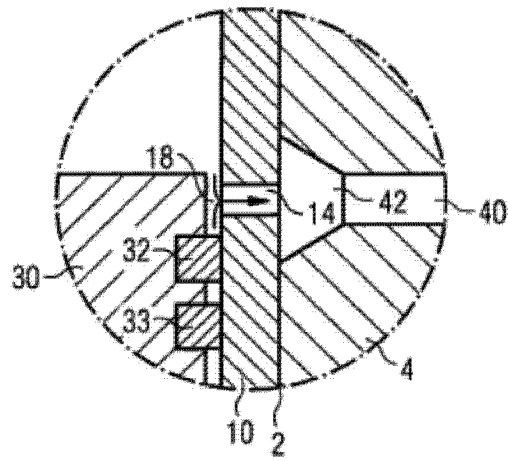


图 2

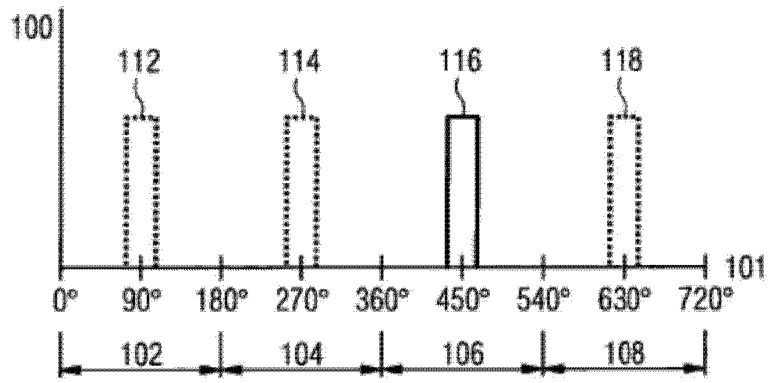


图 3