



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108779704 A

(43)申请公布日 2018.11.09

(21)申请号 201780015977.2

(22)申请日 2017.02.21

(30)优先权数据

A50201/2016 2016.03.10 AT

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.09.07

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/AT2017/060035 2017.02.21

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/152203 DE 2017.09.14

(71)申请人 AVL里斯脱有限公司

地址 奥地利格拉茨

(72)发明人 A·麦克霍尔德 L·布格勒

H·奥夫纳 M·特里兹

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 胡晓萍

(51)Int.Cl.

F02B 23/06(2006.01)

F02B 23/10(2006.01)

F02F 3/26(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图7页

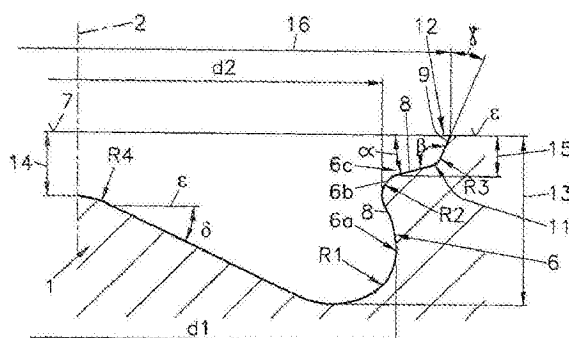
(54)发明名称

空气压缩内燃机

(57)摘要

本发明涉及一种空气压缩内燃机,其包括至少一个活塞(1),该至少一个活塞具有关于活塞轴线(2)基本旋转对称的燃烧室槽(3),该燃烧室槽具有带有大致锥形的凸起部(5)的槽底部(4)和周向的槽壁(6),其中,槽壁(6)形成与所述槽底部(4)相邻的、具有最大内部第一槽直径(d1)的、大致环面形的第一段(6a),具有比内壁第一槽直径(d1)小的最小内部第二槽直径(d2)的第二段(6b)和第三段(6c),其中,如在活塞(1)的子午线截面中所见的,第一段(6a)具有凹入的第一曲率半径(R1),而第二段(6b)具有突出的第二曲率半径(R2),并且其中,第三段(6c)形成与第二段(6b)相邻的第一环形表面(8)以及在活塞端部表面(7)中终止的第二环形表面(9),该第二环形表面(9)与第一环形表面(8)限定一角度(β),其中,第一环形表面(8)和第二环形表面(9)形成为倾斜于活塞轴线(2)的法向平面(ϵ),并且,在第一环形表面(8)与第二环形表面(9)之间的过渡

中形成具有限定的第三曲率半径(R3)的边缘(11)。为了避免灰形成现象,规定:如在活塞(1)的子午线截面中所见的,第一环形表面(8)与活塞轴线(2)的法向平面(ϵ)一起形成第一角度(α),该第一角度在 10° 至 20° 之间,较佳地为 15.2° 。



1. 一种空气压缩内燃机,特别是用于无旋流或低旋流燃烧的内燃机,所述内燃机包括至少一个往复运动的活塞(1),具有关于活塞轴线(2)基本旋转对称的燃烧室槽(3),所述燃烧室槽具有槽底部(4)和周向槽壁(6),所述槽底部带有大致锥形的凸起部(5),其中,所述槽壁(6)形成与所述槽底部(4)相邻并且具有最大内部第一槽直径(d1)的大致环面形的第一段(6a),与其邻接的是第二段(6b),所述第二段形成收窄并具有比所述内部第一槽直径(d1)小的最小内部第二槽直径(d2),并且与所述第二段邻接的是第三段(6c),所述第三段形成槽缘边段,其中,如在所述活塞(1)的子午线截面中所见的,所述第一段(6a)具有凹入的第一曲率半径(R1),而所述第二段(6b)具有突出的第二曲率半径(R2),并且其中,所述第三段(6c)形成与所述第二段(6b)相邻的第一环形表面(8)以及止于活塞端部表面(7)的第二环形表面(9),所述第二环形表面(9)与所述第一环形表面(8)限定一角度(β),其中,所述第一环形表面(8)和所述第二环形表面(9)形成为倾斜于所述活塞轴线(2)的法向平面(ϵ),并且,在所述第一环形表面(8)与所述第二环形表面(9)之间的过渡中形成具有限定的第三曲率半径(R3)的边缘(11),其特征在于,如在所述活塞(1)的子午线截面中所见的,所述第一环形表面(8)和所述活塞轴线(2)的法向平面(ϵ)一起包围出第一角度(α),所述第一角度在 10° 至 20° 之间,较佳地为 15.2° 。

2. 如权利要求1所述的内燃机,其特征在于,如在子午线截面中所见的,所述第一环形表面(8)与所述第二环形表面(9)包围出第二角度(β),所述第二角度为在约 100° 至 150° 之间,较佳地为约 125° 。

3. 如权利要求1或2所述的内燃机,其特征在于,所述第二环形表面(9)与所述活塞轴线(2)一起限定第三角度(γ),所述第三角度在约 15° 至 25° 之间,较佳地为 21° 。

4. 如权利要求1至3中的任一项所述的内燃机,其特征在于,所述内部第二槽直径(d2)至多是所述内部第一槽直径(d1)的约95%。

5. 如权利要求1至4中的任一项所述的内燃机,其特征在于,基于所述活塞(1)的最大直径(D),所述燃烧室槽(3)在所述第一段(5a)的区域中具有为约 $0.7 \pm 20\%$ 的内部第一槽直径(d1)。

6. 如权利要求1至5中的任一项所述的内燃机,其特征在于,基于所述活塞(1)的最大直径(D),所述燃烧室槽(3)在所述第二段(6b)的区域中具有为约 $0.65 \pm 20\%$ 的内部第二槽直径(d2)。

7. 如权利要求1至6中的任一项所述的内燃机,其特征在于,基于所述活塞(1)的最大直径(D),所述第一曲率半径(R1)为约 $0.06 \pm 50\%$ 。

8. 如权利要求1至7中的任一项所述的内燃机,其特征在于,基于所述活塞(1)的最大直径(D),所述第二曲率半径(R2)为约 $0.02 \pm 50\%$ 。

9. 如权利要求1至8中的任一项所述的内燃机,其特征在于,基于所述活塞(1)的最大直径(D),所述第三曲率半径(R3)至多为约 $0.012 \pm 50\%$ 。

10. 如权利要求1至9中的任一项所述的内燃机,其特征在于,所述第一环形表面(8)和/或所述第二环形表面(9)形成为锥形表面。

11. 如权利要求1至10中的任一项所述的内燃机,其特征在于,在所述活塞轴线(2)的区域中,喷射装置(10)设置为使得至少一个燃料射流(S)在所述活塞(1)的至少一个冲程位置中撞击在所述第二段(6b)上,并且所述燃料射流(S)能由所述第二段(6b)分成指向所述第

一段 (6a) 的第一射流部分 (S1) 和指向所述第三段 (6c) 的第二射流部分 (S2)。

12. 如权利要求1至11中的任一项所述的内燃机,其特征在于,所述内燃机具有无旋流或低旋流入口通道结构,其中,在所述燃烧室中围绕所述活塞轴线 (2) 的流动的旋流数至多为1。

13. 如权利要求11和12中的任一项所述的内燃机,其特征在于,如在位于上死点处的所述活塞 (1) 的子午线截面中所见的,所述喷射装置 (10) 的至少一个射流轴线 (Sa) 将所述燃烧室槽 (3) 分为与所述活塞 (1) 的所述槽底部 (4) 相邻的下部区域 (3a) 和沿燃烧室顶部的方向与所述下部区域相邻的上部区域 (3b),其中,所述下部区域 (3a) 是整个所述燃烧室槽 (3) 的约54%至62%,较佳地为56%,而所述上部区域 (3b) 是整个所述燃烧室槽 (3) 的约38%至46%,较佳地为44%。

14. 如权利要求11至13中的任一项所述的内燃机,其特征在于,所述槽壁 (6) 至少在所述燃料射流 (S) 在所述第二段 (6b) 上冲击区域中具有鼻状突起 (30),其中,所述突起 (30) 较佳地连续至所述第一段 (6a) 和/或所述第三段 (6c) 中。

15. 如权利要求11至14中的任一项所述的内燃机,其特征在于,鼻状突起 (30) 形成为关于包含所述活塞轴线 (2) 的所述活塞 (1) 的径向平面 (τ) 基本对称。

空气压缩内燃机

[0001] 本发明涉及一种空气压缩内燃机,特别是用于无旋流或低旋流燃烧,内燃机包括至少一个往复运动的活塞,具有关于活塞轴线基本旋转对称的燃烧室槽,该槽具有槽底部和周向槽壁,该槽底部带有大致(圆)锥形的凸起部,其中,槽壁形成与槽底部相邻的环面形并且具有最大内部第一槽直径的第一段,与其邻接的是第二段,该第二段形成收窄(部)并具有比内部第一槽直径小的最小内部第二槽直径,并且与第二段邻接的是第三段,该第三段形成槽缘边段,其中,如在子午线截面中所见的,第一段具有凹入的第一曲率半径,而第二段具有突出的第二曲率半径,并且其中,第三段形成与第二段相邻的第一环形表面以及由止于活塞端部表面的第二环形表面所形成的台阶部,该第二环形表面相对于第一环形表面限定一角度,其中,第一环形表面和第二环形表面形成为倾斜于第一环形表面上的法向平面,并且,在第一环形表面与第二环形表面之间的过渡(部)中形成具有限定的第三曲率半径的边缘。此外,本发明涉及具有至少一个这种活塞的空气压缩内燃机,其中,在活塞轴线的区域中,设有喷射装置,使得至少一个燃料射流在活塞的至少一个冲程位置中遇到第二段,并且燃料喷射器是通过第二段可分为指向第一段的第一喷射部分和指向第三段的第二喷射部分。

[0002] 从DE 10 2011 055 170 A1已知一种具有燃烧室的柴油发动机活塞,其中具有成型表面,该成型表面从其内壁突出到燃烧室的中心轴线,并且在内壁上具有从内壁以预先确定的长度延伸的突起。该突起将喷洒且雾化到突起上的喷射燃料分成在燃烧室的上段中的燃料流和到燃烧室的下段中的燃料流。在该情况下,燃烧室槽包括由中心凸起部所形成的芯部,该中心凸起部激活旋流、涡流或旋转,从而形成在燃烧室中的流动。因此,流入燃烧室中的燃料和空气的混合物改进,并且混合比可增大。

[0003] DE 103 92 141 B4描述了一种用于内燃机的活塞,其以燃料引导结构包围燃烧槽,以使燃料的至少一部分转向离开燃烧槽。该活塞包括设置在活塞的外表面上、与燃烧槽的入口相邻的锐缘,以及位于燃烧槽内的倒圆的燃料接纳唇部。

[0004] 此外,EP 2 708 714 A2公开了一种用于柴油发动机的燃烧室,其具有燃烧室槽,该燃烧槽具有凹入的形状,使得所喷射的燃料射流产生旋流或挤流,以用于与空气混合。

[0005] DE 10 2006 020 642 A1描述了一种用于使直喷式自点火内燃机运行的方法,该内燃机具有多个活塞,每个活塞具有以活塞槽形成的活塞槽,其汇聚成在到活塞的过渡区域中大致环形的台阶空间。喷射器的喷射射流因此被引导到该台阶空间并且在该处转向,使得第一部分量的燃料沿轴向方向和沿径向方向转向到活塞槽中,第二部分量的燃料沿轴向方向和沿径向方向超过活塞冠转向到燃烧室中,并且第三部分量的燃料沿周向方向转向,其中,相应的第三部分量的相邻的喷射射流沿周向方向相遇,并且然后沿径向方向被向内引导。台阶空间的壁由轴向上平直的圆柱形周界壁、由沿径向方向平直平坦底部以及由凹入地弯曲的过渡壁形成的。这应使得具有减少了的灰和烟生成的运行是可能的。尽管表明周界壁可能相对于轴向方向倾斜从 $+10^{\circ}$ 至 -10° ,并且底部可能相对于径向方向以从 $+30^{\circ}$ 至 -40° 的范围内倾斜,但是未给出关于这一手段的目的和效果的阐释。

[0006] CN 103 046 997 A示出了一种用于柴油内燃机的类似的活塞,其具有带有倾斜的

底部和壁的台阶空间,其中,底部相对于活塞轴线的法向平面以在 8° 至 12° 之间的角度倾斜,并且壁相对于活塞轴线以 80° 至 100° 之间的角度倾斜。因此,在台阶空间的区域中,产生了所喷射的燃料的旋流,其被指引朝向燃烧室顶部并且然后朝向活塞轴线。

[0007] 文献CN 2010 74 556 Y、WO 2005/033496 A1和CN 202 611 915 U公开了用于自点火内燃机的其它类似的具有台阶空间的活塞,其中,台阶空间的与活塞端部侧相邻的槽壁形成成为平行于活塞轴线。在该情况下,与活塞的台阶相遇的所喷射的燃料的燃料射流也沿燃烧室顶部的方向转向,并且再次转向回到活塞轴线或槽轴线。

[0008] 所述活塞特别针对旋流燃料过程设计。

[0009] 已发现,在无旋流燃烧过程中,已知的活塞倾向于相当多的灰形成和灰沉积,因为在第一段和第三段的区域中存在滞流区域和燃料沉积。

[0010] 本发明的目的是避免这些缺点,并且减少在所提到的类型的内燃机中、由其是在无旋流燃烧中活塞上的烟灰形成现象。

[0011] 根据本发明,如在活塞的子午线截面中所见的,这发生是因为第一环形表面和活塞轴线的法向平面一起形成在 10° 至 20° 之间的、较佳地是 15.2° 的第一角度。

[0012] 由于本发明,避免了在燃烧期间形成富集区域(Fettzone),其否则具体是在旋流流动出现期间发生。因此,烟灰的形成显著减少。因为较低的热量输入发生,最终的旋流区域导致气缸盖的热释压。

[0013] 活塞的子午线截面理解为是指沿着活塞的活塞轴线的截面,活塞轴线正交于燃烧室槽延伸。子午线截面因此产生子午线平面,其正交于燃烧室槽,并且平行于活塞轴线或与活塞轴线重合。

[0014] 在复杂的实验和计算中已经注意到,结合所提到的各特征,当第一环形表面与活塞轴线的法向平面之间的第一角度在 10° 至 20° 之间时,可在第三段中在槽壁上避免滞流区域。当第一角度刚好超过 15° 时,可获得最佳结果。此外,为了避免在第三段的区域中形成灰,特别有利地是,如在活塞的子午线截面中所见的,第一环形表面与第二环形表面包围出第二角度,该第二角度在约 100° 至 150° 之间,较佳地为约 125° 。

[0015] 具体地,有利的是,第二环形表面与活塞轴线一起限定第三角度,该第三角度在约 15° 至 25° 之间,较佳地为 21° 。因此,燃料射流沿着第二环形表面沿气缸壁的方向引导,其中,可避免与气缸壁的直接接触。这支持了最大限度地获得可用的新鲜气体充注,以用于完全低排放燃烧。在该情况下,燃料脉冲产生充注运动,充注运动以与喷射射流相反的旋转的形式形成。这发生在活塞与由气缸盖的隔热板所形成的燃烧室顶部之间的区域中,也发生在活塞与槽底部之间的区域中。所产生的转动的碾压滚动通过燃料射流进一步加燃料,并且因此允许几乎均匀的燃料/空气混合物。因此可实现良好且低排放的燃烧。

[0016] 较佳地设计为锥形表面的第一和第二环形表面形成台阶,其使来自径向方向的燃料流转向(偏转)到轴向方向中。第一和第二环形表面之间的转向突然发生。令人惊奇的是,已发现由此可观察到的灰形成现象比在连续转向的情况下的要少得多。该观察可由以下事实解释,由于突然沿轴向方向流动转向,产生了速度方面的增加和围绕切向轴线的较强的涡流或滚动运动,其立刻夹带(带起)沉积的燃料或甚至阻止沉积。至少一个喷射的燃料射流启动涡流或滚动运动,涡流或滚动运动对应地由两个相反的空气和燃料的旋流卷构成。为了避免在第一和第二环形表面之间的过渡(部)中的沉积,有利的是,基于活塞的最大直

径,第三曲率半径是 $0.012 \pm 50\%$ 。

[0017] 为了实现显著地分为两个射流部分,有利的是,内部第二槽直径至多为内部第一槽直径的直径的约95%。对于燃料射流的分配,有利的是,基于活塞的最大直径,第二曲率半径是 $0.02 \pm 50\%$ 。

[0018] 实验已表明,当基于活塞的最大直径在第一段的区域中的燃烧室槽具有约 $0.7 \pm 20\%$ (即,活塞的最大直径的0.7倍)的内部第一直径,且在第二段的区域中具有 $0.65 \pm 20\%$ (即,活塞的最大直径的0.65倍)的内部第二直径时,可以获得特别良好的结果。

[0019] 为了产生指向槽底部的、显著的第一旋流卷,有利的是,基于活塞的最大直径,第一曲率半径是 $0.06 \pm 50\%$ (即,活塞的最大直径的0.06倍)。

[0020] 当第一环形表面和/或第二环形表面形成锥形表面时,指向气缸盖的显著的第二旋流卷是可能的。台阶状的第三段和倾斜的环形表面减小了气缸盖的隔热板的热载荷。因为入口通道不产生旋流并且因此具有较低的流动损失,更大的充注(质)量可进入通过它们到燃烧室中。如果空气/燃料比保持相同,则因此可供应更多燃料,因此使得在给定排量下使最大动力增大是可能的。此外,活塞设计允许了减少的到活塞的热传递,并且因此允许了在活塞上减小的热损失。

[0021] 为了避免在第三段中灰形成的现象,可以规定,基于活塞的最大直径,第三曲率半径是 $0.012 \pm 50\%$ (即,活塞的最大直径的0.012倍)。

[0022] 该活塞特别适合于具有无旋流或低旋流入口通道结构的内燃机,其中,燃烧室中围绕活塞轴线的流动的旋流数至多为1。入口结构表示在气缸盖中形成为低旋流通道的进气通道的形状和布置,该低旋流通道设计为使得当空气流入燃烧室时,几乎不产生或者不产生旋流。

[0023] 在本发明的较佳实施例中,内燃机根据无旋流燃烧过程运行。这包括这样的燃烧过程,其中,没有入口旋流或仅较小的入口旋流是被允许的或必要的,并且其几乎没有围绕活塞轴线的充注转动。

[0024] 相较于产生旋流的入口结构,无旋流或低旋流的入口结构具有以下优点,流动损失可减少并且因此充气系数(Liefergrad)可改进。这允许了对于给定的排量更大的最大动力。入口通道可制成为更简单并且更短。

[0025] 在本发明的特别有利的实施例变型中规定,在活塞的子午线平面中位于上死点处,喷射装置的至少一个射流轴线将活塞槽分为与活塞的槽底部相邻的下部区域和沿燃烧室顶部的方向与所述下部区域相邻的上部区域,其中,该下部区域是整个燃烧室槽的约45%至62%,较佳地为56%,并且该上部区域为整个燃烧室槽的约38%至46%,较佳地为44%。

[0026] 如果槽壁至少在燃料射流在第二段上的冲击区域中具有鼻状突出,则可实现喷射射流与新鲜空气特别良好的混合,其中,该突出较佳地连续到第一段和/或第三段的区域中。该鼻状突起较佳地形成为关于包含活塞的径向轴线的活塞轴线基本对称。

[0027] 燃料射流由该鼻状突起分成第一射流臂和第二射流臂,其中,在不同的旋转方向下产生两个混合物涡流。射流分离允许对可获得的新鲜空气最优的利用,以用于燃烧。由于凸出地倒圆的鼻状突起,燃料射流的动能可在径向平面的两侧上在燃烧室槽中以尽可能少的损失转向。除了通过在第二段中肋状的周向突起的双倍的滚动运动之外,燃料射流的射

流脉冲和槽壁的鼻状突起的形状产生了在燃烧室槽中的双倍的旋流运动。所有这些结合允许了对新鲜空气的最优利用。沿由气缸盖所形成的燃烧室顶部的方向在第一环形表面与第二环形表面之间的台阶状的设计使气缸盖上的热燃烧区域的冲击分布到更大的区域(面积),由此阻止或减少局部非常高的热载荷峰部(峰值),由此减小气缸盖上的热载荷。

[0028] 以下将参照附图所示的非限制性实施例更详细地阐释本发明,附图中:

[0029] 图1以第一实施例的子午线截面示出根据本发明的内燃机中的活塞;

[0030] 图2示出该活塞的细节;

[0031] 图3以平面图示出该活塞;

[0032] 图4以平面图示出无旋流或低旋流入口通道结构;

[0033] 图5示出处于其上死点中的活塞的燃烧室中的流动情形;

[0034] 图6示出处于其上死点之后 10° 处的活塞的燃烧室中的流动情形;

[0035] 图7示出处于其上死点之后 20° 处的活塞的燃烧室中的流动情形;

[0036] 图8示出处于其上死点之后 40° 处的活塞的燃烧室中的流动情形;

[0037] 图9示出处于其上死点中的活塞的燃烧室中的烟灰形成情形;

[0038] 图10示出处于其上死点之后 10° 处的活塞的燃烧室中的烟灰形成情形;

[0039] 图11示出处于其上死点之后 20° 处的活塞的燃烧室中的烟灰形成情形;

[0040] 图12示出处于其上死点之后 40° 处的活塞的燃烧室中的烟灰形成情形;

[0041] 图13示出处于其上死点之后 10° 处的活塞的燃烧室中的流动情形;

[0042] 图14示出处于其上死点之后 25° 处的根据本发明的活塞的燃烧室中的流动情形。

[0043] 图15以第二实施例变型中的沿着图16所示的线XV-XV的子午线截面示出根据本发明的内燃机中的活塞;以及

[0044] 图16以沿着图15所示的线XVI-XVI的截面示出该活塞。

[0045] 图1示出空气压缩内燃机(未更详细地示出)的活塞1。活塞1特别适合于具有无旋流或低旋流入口通道结构20的内燃机,特别适合于具有基于活塞轴线2的、在燃烧室中最大为1的旋流数的内燃机。具有形成为低旋流通道的入口通道21、22的可能的低旋流或无旋流的入口结构的示例在图4中示出。两个入口通道21、22对称形成,使得两个入口通道21、22的旋流分量相互抵销。

[0046] 在活塞1中形成关于活塞轴线2旋转对称的燃烧室槽3。至少形成燃烧室的大部分活塞1的燃烧室槽3由具有(圆)锥形的中心凸起部5的槽底部4和周向槽壁6形成。从槽底部4开始,槽壁6具有第一段6a、相邻的第二段6b以及与第二段6b相邻的第三段6c,其中,第三段6c与面向气缸盖(未示出)的活塞端面7相邻,并且形成槽边缘区域12。

[0047] 在第一段6a中,槽壁6至少部分地以圆形环面的形状形成,其中,如在活塞1的子午线平面中所观察的,第一段6a的凹入第一曲率半径R1是活塞1的最大直径D的约 $0.06 \pm 50\%$ 。在第一段6a的区域中,燃烧室槽3具有内部第一直径d1,该内部第一直径是活塞1的最大直径D的约 $0.7 \pm 20\%$ 。在第二段6b的区域中,槽壁6缩回(缩进)并且悬伸地形成,其中,在第二段6b的区域中所测量的内部第二槽直径d2最大为内部第一槽直径d1的约95%。基于最大活塞直径D,内部第一槽直径d1是约 $0.65 \pm 20\%$ 。

[0048] 如在图1和图2所示的活塞1的子午线截面中所观察的,槽壁6在第二段6b中凸出地弯曲,并且具有活塞1的最大直径D的约 $0.02 \pm 50\%$ 的第二曲率半径R2。槽壁6设计为在第一

段6a与第二段6b之间延伸,其中,平直的部位8也可能形成在第一曲率半径R1与第二曲率半径R2之间。替代地,第一曲率半径R1可经由转折点直接过渡到第二曲率半径R2中。

[0049] 槽壁6的第三段6c由第一环形表面8和第二环形表面9构成,其中,第一环形表面8直接地、即连续且无过渡地连接于第二段6b的第二曲率半径R2,且止于活塞端面7。在示例性实施例中的第二环形表面9与活塞端面7之间的交截线具有直径16,其为活塞1的最大直径的约80%。较佳地,第一环形表面8和第二环形表面9由锥形表面形成。在图1和图2所示的活塞1的子午线截面中,第一环形表面8相对于活塞轴线2的法向平面 ϵ 限定第一角度 α ,该第一角度在约 10° 至 20° 之间,较佳地为 15.2° 。与第一环形表面8相邻的第二环形表面9设计为相对于第一环形表面8倾斜,其中,第一环形表面8与第二环形表面9一起包围出第二角度 β ,该第二角度在约 100° 至 150° 之间,较佳地为约 125° 。关于活塞轴线2或平行于活塞轴线2的线,第二环形表面形成为倾斜第三角度 γ ,该第三角度在约 15° 至 25° 之间,较佳地为约 21° 。在第一环形表面8与第二环形表面9之间形成限定的边缘11。在第一环形表面8与第二环形表面之间由边缘11所形成的突然过渡是有利的,从而减小在气缸盖上的热载荷。然而,另一方面,必须避免燃料会在其中积累的滞流区域。实验已表明,当第一环形表面8与第二环形表面9之间的第三曲率半径R3至多为活塞1的最大直径D的约 $0.012 \pm 50\%$ 时,可实现最佳结果。

[0050] 在所示的示例性实施例中,最大槽深度13是活塞1的最大直径D的约0.16倍,而在中心凸起部5的区域中所测得的最小槽深度14是活塞1的最大直径D的约0.061倍。从活塞端面7沿朝向活塞轴线2的方向所测得的第二段6b的高度是活塞1的最大直径D的约4%。锥形凸起部5与活塞轴线2的法向平面一起限定约 20° 至 30° 的角度 δ ,在示例中该角度为约 23° 。凸起部具有第四曲率半径R4,其为活塞1的最大直径D的约6%。

[0051] 如图1所示,燃料通过居中地设置在气缸中的喷射装置10喷射,其中,燃料在活塞1的至少一个冲程位置中撞击在槽壁6的第二段6b上。由于消失的旋流或较大程度减小的旋流,不存在燃料射流将被相互吹入的危险,这否则会导致高度的灰形成。因此,在本旋流减少的方法中可以比在相当的、已知的旋流(承受)方法中提供更多的射流,例如超过九个,其额外地支持燃料/空气混合物形成。

[0052] 活塞1的几何形状和喷射装置10的喷射方向是协调的,使得,如在位于上死点OT处的活塞1的子午线截面中所观察的,喷射装置10的喷射射流S的至少一个射流轴线Sa将燃烧室槽3分成为下部区域3a和上部区域3b,其中下部区域3a是燃烧室槽3的整个区域的约54%至62%,较佳地为56%,而上部区域3b是燃烧室3的整个区域的约38%至46%,较佳地为44%(图1)。

[0053] 在此,燃料喷射的起点选择为在活塞1的上死点OT之前的 -6° 至 0° 曲柄角的范围中。喷射持续时间为 35° 至 42° 曲柄角的范围中。通过燃烧室槽3的上部区域与下部区域之间的这一所选择的特别是44比56的分配,结合在上死点OT之前 -2° 处的喷射的起点,几乎完全获得了在燃烧室中可用的空气质量,这最后导致非常低排放的燃烧。该分配在图13中示出,在上死点OT之后活塞位置 10° 的情况下。在燃烧过程期间发生的(烟)灰形成几乎完全被几乎均匀的燃料/空气混合物抑制。对现有空气质量的这一利用也导致具有较高的充分燃烧速度的非常高效率的燃烧,其在非常好的燃料燃烧中反映。该质量分布允许了也高度适合于未来排放标准的柴油燃烧过程。

[0054] 燃料射流S由第二段6b的肋状突起分为下部第一射流部分S1和上部第二射流部分S2,形成具有不同的旋转方向的第一旋流卷T1和第二旋流卷T2。射流分离允许对现有的新鲜空气的理想利用,以用于燃烧。由于凸出地倒圆的、悬伸的第二段6b,燃料射流S的动能可以尽可能少的损失转向到燃烧室槽3中。燃料射流S的射流脉冲和槽壁6的形状产生在燃烧室槽3中的双倍的涡流或卷运动,其允许对新鲜空气的最佳利用。沿气缸盖的方向的第一环形表面8与第二环形表面9之间的台阶状的设计使气缸盖上的热燃烧区域的冲击分布到更大的区域(面积),由此阻止或减少局部非常高的热载荷峰部,由此可减小气缸盖上的热载荷。

[0055] 图5至图8示出对于不同的曲柄角在活塞槽3中的流动情形,其中示出了用于空气流和燃料流的速度矢量 v 。空气/燃料比由灰度示出,其中,燃料浓度越高,灰度水平越深。图5示出活塞1的上死点区域中的流动情形,图6示出上死点之后 10° 处的情形,图7示出上死点之后 20° 处的情形,而图8示出活塞1的上死点之后 40° 处的情形。图8中清楚地可看出,仅相对较小的燃料浓度 f 可通过在燃烧室3内明显的混合物削减来确定。

[0056] 图9至图12示出对于不同曲柄角的活塞槽3中的(烟)灰形成情形,其中,(烟)灰浓度ST由灰度表示。灰浓度ST越高,灰度水平越深。图9示出活塞1的上死点区域中的灰情形,图10示出上死点之后 10° 处的情形,图11示出上死点之后 20° 处的情形,而图12示出活塞1的上死点之后 40° 处的情形。图12中,在燃烧室槽3内几乎没有灰浓度ST是显著的。

[0057] 图13和图14非常清晰地展示了活塞轴线2与第二环形表面9之间的第三角度 γ 的根据本发明的选择的效果,该第三角度在越 15° 至 25° 之间,较佳地为 21° 。由于第二环形表面9的所述倾斜,燃料射流S沿气缸壁28的方向被指引,其中可避免与气缸壁28直接接触。这支持了最大限度地获得可用的新鲜气体充注,以用于完全低排放燃烧。在该情况下,燃料脉冲产生充注运动,充注运动以喷射射流S的逆时针旋转的形式形成。这发生在活塞1与燃烧室顶部29之间的区域中以及活塞1与槽底部4之间的区域中。由此转动的卷T1、T2通过燃料射流进一步加燃料,并且因此允许几乎均匀的燃料/空气混合物。这允许了非常好的且低排放的燃烧能实现。该效果在图14中示出,在上死点OT之后活塞位置 25° 的情况下。如果角度 γ 小于所规定的 15° ,则燃料射流S反射回到燃烧室槽3中,与新鲜气体的混合由此退化。然而,如果角度 γ 大于 25° ,则燃料弄湿气缸壁28无法排除。

[0058] 图15和图16示出本发明的第二实施例,其中,除了肋状的周向突起之外,槽壁6具有在第二区域6b中的额外的鼻状突起30或勺形或圆顶形凹陷31。便利地,喷射装置10的每个喷射射流S或喷射孔10设有鼻状突起30。鼻状突起30沿径向方向突出到燃烧室槽3中,并且有利地形成关于由活塞轴线2和喷射轴线Sa所限定的径向平面 τ 基本对称。由于鼻状突起30和凹陷31,喷射射流S的分配的已阐释的效果沿周向方向延伸。质量分配的该效果沿周向方向由每个喷射孔或喷射射流S的两个凹陷31的浮凸制造来补充。鼻状突起离活塞轴线2的距离由E1标示,而凹陷31离活塞轴线2的距离由E2标示。E1与E2的比是有利地0.75比0.95,其中,8.88已示出为特别有利的。其它几何形状特征与第一实施例相同。该几何形状布置将燃料射流S沿周向方向以相等的部分分成射流臂(射流分支)A1和A2,并且因此支持相反地旋转的两个混合物涡流W1和W2的形成。因此,可获得的大气中的氧气被理想地馈送到燃烧,其反映为非常低的灰形成和比燃料消耗。图16示出这一效果。鼻状突起20类似于第二段6b中的周向突起凸出地弯曲,其中,鼻状突起30的曲率半径R5可能是例如活塞1的直径

D的0.02至0.03+/-50%。

[0059] 燃料射流S通过鼻状突起30被分成下部第一射流臂A1和第二射流臂A2,该鼻状突起在图15和图16中示出的实施例中从第一段6a经由第二段6b延伸到第三段6c,其中,第一混合物涡流W1和第二混合物旋流W2产生为具有不同的旋转方向。射流的分离允许对现有的新鲜空气的最优的利用,以用于燃烧。由于凸出地倒圆的鼻状突起30,燃料射流S的动能可在径向平面 τ 的两侧上以尽可能最低的损失转向到燃烧室槽3中。燃料射流S的射流脉冲和槽壁6的鼻状突起30的形状产生了在燃烧室槽3中的双倍的旋流运动,其由通过在第二段6b中肋状的周向突起的双倍的滚动运动来补充。所有这些一起允许了对新鲜空气的最优利用。沿由气缸盖所形成的燃烧室顶部29的方向的第一环形表面8和第二环形表面9之间的台阶形的设计使在气缸盖上的热燃烧区域的冲击分布到更大的区域(面积),由此阻止或减少局部非常高的热载荷峰部,由此可减小气缸盖上的热载荷。

[0060] 以此方式,即便在设计为用于无旋流燃烧过程的内燃机中,活塞1上的烟灰形成和结焦现象也可有效地避免。活塞1允许在具有无旋流入口结构的内燃机中最优混合物的形成和燃料的无烟燃烧。

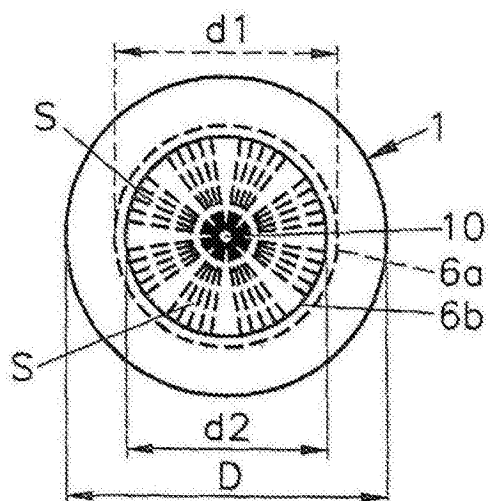


图3

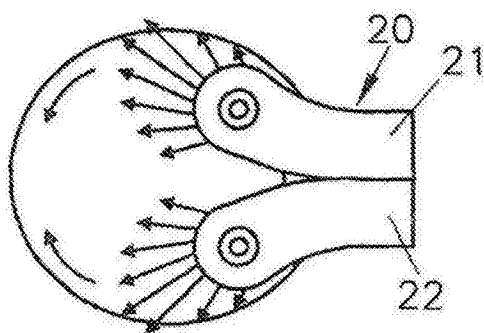


图4

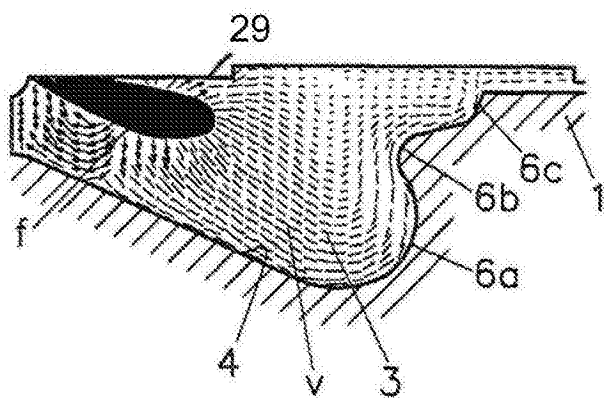


图5

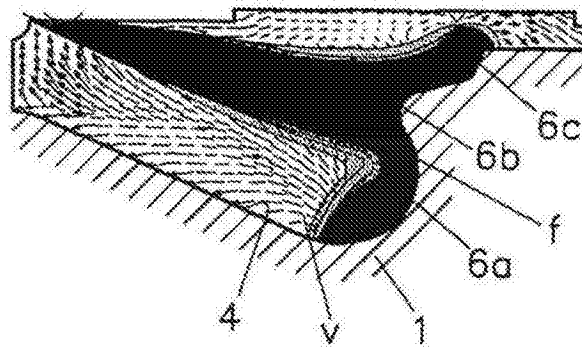


图6

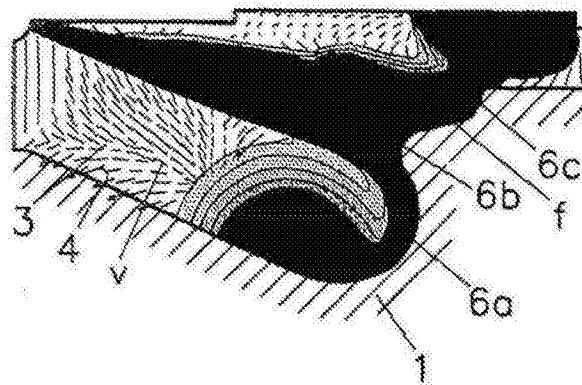


图7

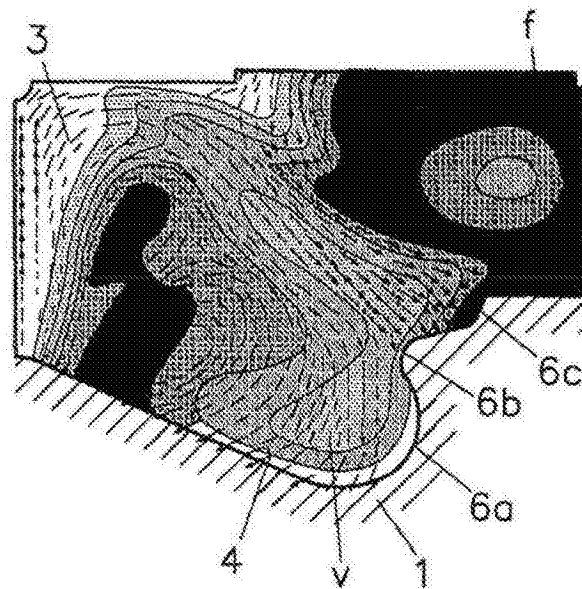


图8

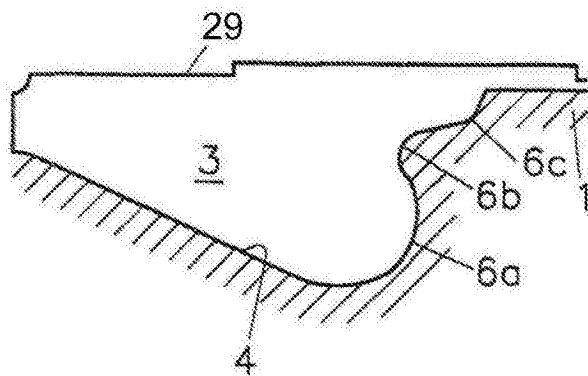


图9

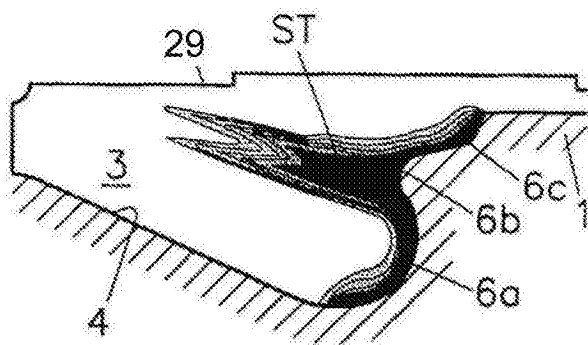


图10

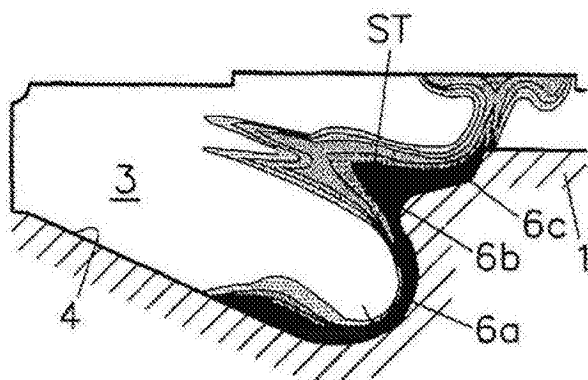


图11

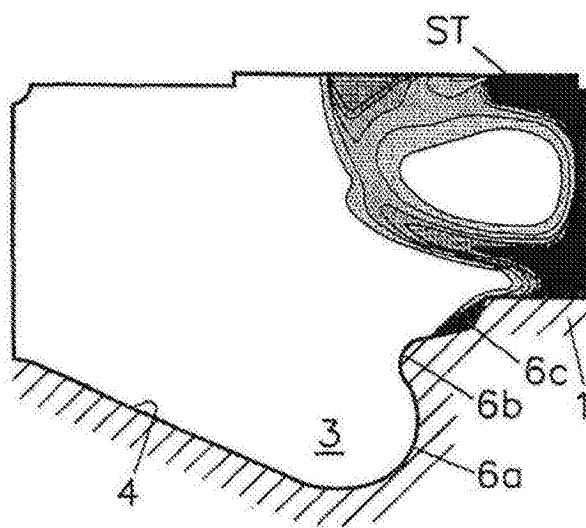


图12

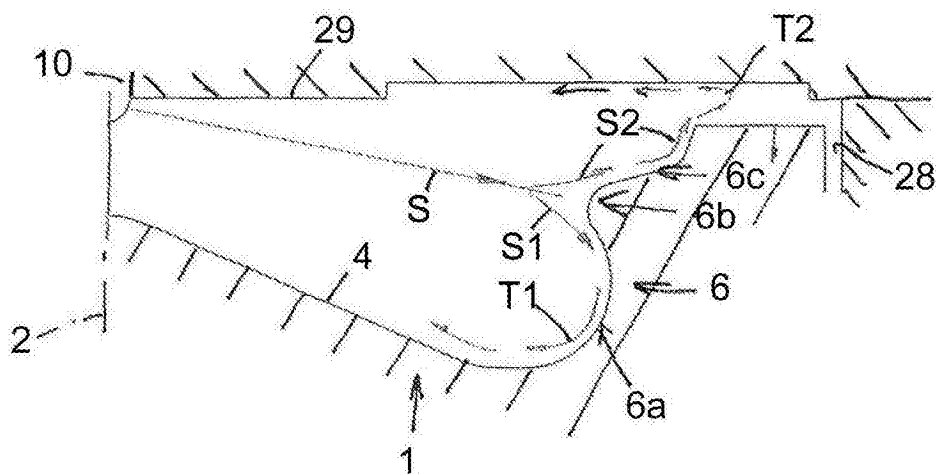


图13

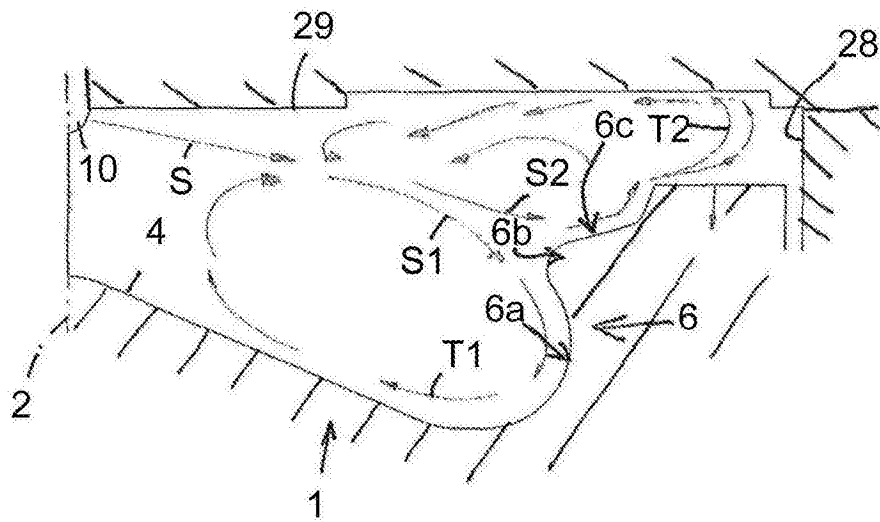


图14

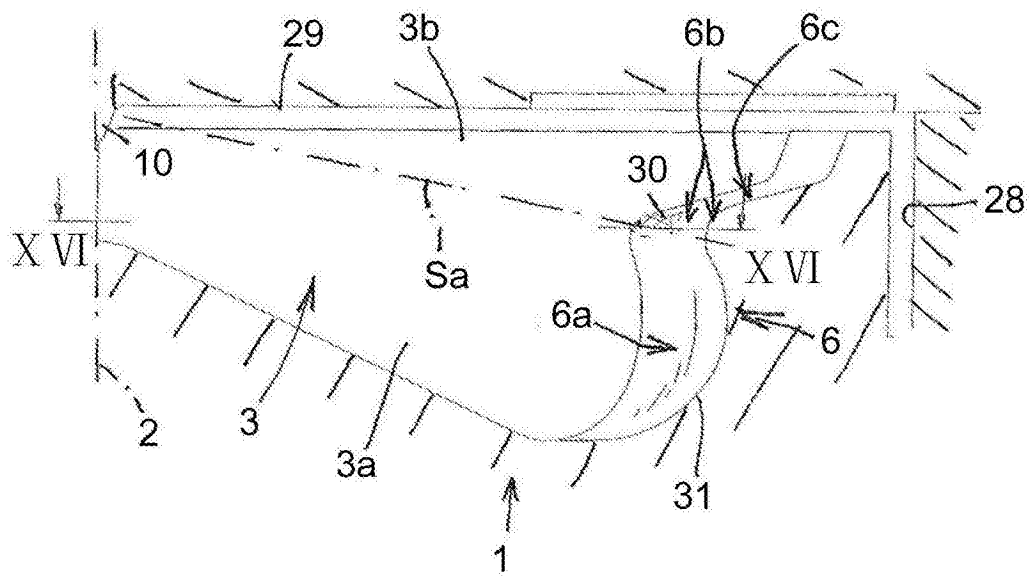


图15

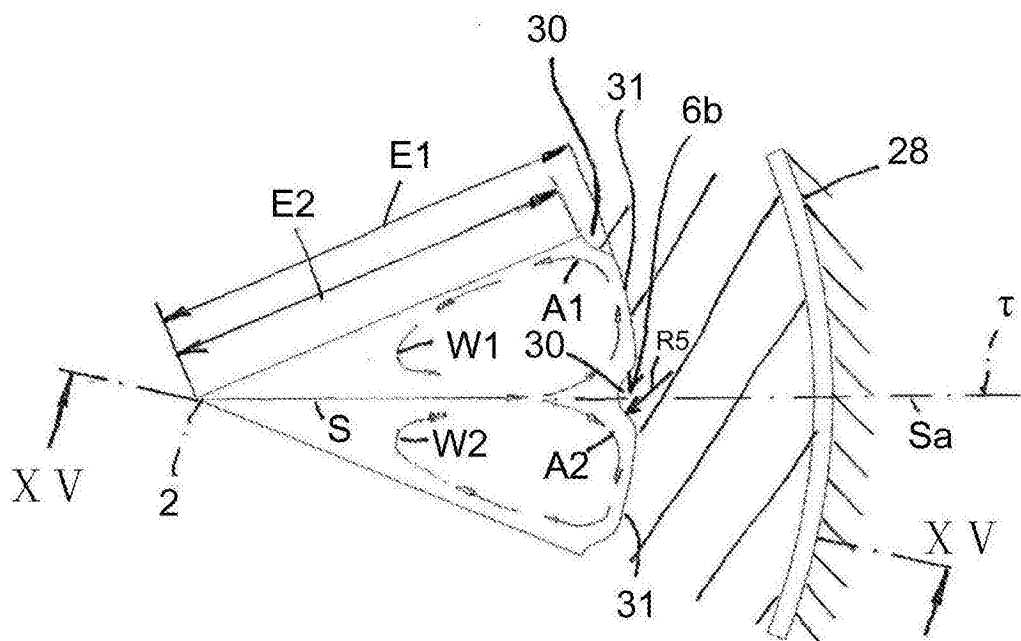


图16