

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F23R 3/36 (2006.01)

F23R 3/28 (2006.01)

F23D 14/58 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580005907.6

[45] 授权公告日 2009 年 4 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 100473905C

[22] 申请日 2005.2.15

[21] 申请号 200580005907.6

[30] 优先权

[32] 2004.2.24 [33] EP [31] 04004137.8

[86] 国际申请 PCT/EP2005/050656 2005.2.15

[87] 国际公布 WO2005/080878 德 2005.9.1

[85] 进入国家阶段日期 2006.8.24

[73] 专利权人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

[72] 发明人 安德烈亚斯·海洛斯

伯索德·科斯特林 伯恩德·普拉德

[56] 参考文献

DE4409918A1 1995.9.28

EP0625673A2 1994.11.23

US4498288A 1985.2.12

WO03/098110A1 2003.11.27

EP0908671A1 1999.4.14

CN2522746Y 2002.11.27

WO03/036167A1 2003.5.1

US5451160A 1995.9.19

US5829967A 1998.11.3

DE4212810A1 1992.10.29

WO03/008768A1 2003.1.30

审查员 王子光

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 杨 梧 郝俊梅

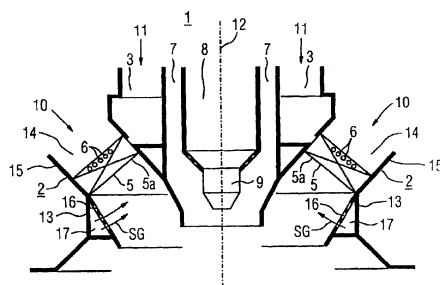
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 3 页

[54] 发明名称

用于燃烧低热量燃烧气体的预混合燃烧器以及方法

[57] 摘要

本发明涉及一种用于燃烧低热量燃烧气体(SG)的预混合燃烧器(1)，其具有一个沿燃烧器轴线(12)延伸的预混合空气通道(2)，通过所述预混合空气通道(2)可以输入燃烧空气(10)。在该空气通道(2)中设置一涡流装置(5)，由此燃烧空气(10)可以呈现涡流。在涡流装置(5)下游设置用于低热量燃烧气体(SG)的喷入装置(13)。其中，所述喷入装置(13)具有用于燃烧气体(SG)的进气孔(16)，使得防止在空气通道(2)中形成随动区域(19)。另外，本发明还涉及一种用于燃烧低热量燃烧气体(SG)的方法，其中，燃烧空气(10)呈现涡流，将低热量燃烧气体(SG)喷射到呈涡流的燃烧空气(10)中并与其混合，并且随后燃烧该混合物。



1. 一种用于燃烧低热量燃烧气体(SG)的预混合燃烧器(1), 其具有一个沿燃烧器轴线(12)延伸的预混合空气通道(2)以及一个在该预混合空气通道(2)中设置的涡流装置(5), 通过所述预混合空气通道(2)可以输入燃烧空气(10), 其中, 沿所述燃烧空气(10)的流动方向(21)方向在所述涡流装置(5)的下游设置一个用于所述低热量燃烧气体(SG)的喷入装置(13), 其中, 所述喷入装置(13)具有多个通入到所述预混合空气通道(2)中的进气孔(16), 其特征在于, 用于低热量燃烧气体(SG)的所述进气孔(16)具有一种横截面(18), 其中, 该横截面(18)具有一个纵向尺寸(L_1)和一个横向尺寸(L_2), 其中所述纵向尺寸(L_1)大于所述横向尺寸(L_2), 以及通过所述纵向尺寸(L_1)确定的纵轴线(A)基本上平行于所述燃烧空气(10)的流动方向(21)。

2. 根据权利要求 1 所述的预混合燃烧器(1), 其中, 所述纵向尺寸(L_1)是所述横向尺寸(L_2)的 3 倍至 10 倍。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的预混合燃烧器(1), 其中, 所述进气孔(16)的横截面(18)具有一种长圆孔(16b)或者带有倒圆角的矩形或者水滴形的形状。

4. 根据上述权利要求 1 或 2 所述的预混合燃烧器(1), 其中, 所述燃烧空气(10)的流动方向(21)相对于所述燃烧器轴线(12)具有一个角度(φ), 其中, $0^\circ < \text{该角度 } \varphi < 90^\circ$ 。

5. 根据上述权利要求 1 或 2 所述的预混合燃烧器(1), 其中, 所述喷入装置(13)具有至少一个沿径向向外或者沿径向向内地围绕所述预混合空气通道(2)的气体分配环(17)。

6. 根据权利要求 5 所述的预混合燃烧器(1), 其中, 所述预混合空气通道(2)设计为具有内通道壁或外通道壁(15)的环形通道(14), 多个与所述气体分配环(17)保持流体连通的进气孔(16)穿透该通道壁。

7. 根据权利要求 6 所述的预混合燃烧器(1), 具有一种沿所述燃烧空气(10)的流动方向(21)锥形地变窄的外通道壁(15)。

8. 一种带有根据上述权利要求中任一项所述的预混合燃烧器(1)的燃烧室。

9. 一种带有根据权利要求 8 所述的燃烧室的燃气轮机。

10. 一种用于燃烧低热量燃烧气体(SG)的方法, 其中, 所述燃烧空气(10)呈现涡流, 将低热量燃烧气体(SG)喷射到呈涡流的燃烧空气(10)中并与其混合, 以及燃烧所述燃烧气体(SG)与燃烧空气(10)的混合物, 其特征在于, 将所述低热量燃烧气体(SG)通过多个进气孔(16)喷入, 而这些进气孔(16)具有一横截面(18), 其中, 该横截面(18)具有一个纵向尺寸(L_1)和一个横向尺寸(L_2), 并且其中该纵向尺寸(L_1)大于该横向尺寸(L_2), 以及其中, 通过所述纵向尺寸(L_1)确定的纵轴线(A)基本上平行于所述燃烧空气(10)的流动方向(21), 并且平行于所述燃烧空气(10)的流动方向(21)地喷入所述低热量燃烧气体(SG)。

11. 根据权利要求 10 所述的方法, 其中, 将部分稀释的低热量燃烧气体(SG)喷射到所述呈涡流的燃烧空气(10)中。

12. 根据权利要求 10 或 11 所述的方法, 其中, 采用气化的化石燃料作为所述低热量燃烧气体(SG)。

13. 根据权利要求 12 所述的方法, 其中, 采用气化的煤作为所述低热量燃烧气体(SG)。

14. 根据权利要求 10 或 11 所述的方法, 该方法在燃气轮机燃烧器的运行中实施。

用于燃烧低热量燃烧气体的预混合燃烧器以及方法

技术领域

本发明涉及一种用于燃烧低热量燃烧气体、特别是合成气的预混合燃烧器。本发明还涉及一种用于燃烧低热量燃烧气体的方法。

背景技术

例如由 DE 4212810A1 公开了一种用于气体形式的燃料的燃烧器,如特别是在燃气轮机设备中所采用的那样。由此得知,将燃烧空气通过空气环形通道系统以及将燃料通过另一个环形通道系统送去燃烧。在此,将高热量的燃料(天然气或燃油)从燃料通道中要么直接地要么从设计为空心叶片的涡流叶片喷入到空气通道中。

为了能够实现燃料与空气的尽可能均匀的混合,以便实现一种缺少氧化氮的燃烧。出于环保方面的考虑以及由于相应的对于有害物质排放的法律规定尽可能少生成氧化氮是对于燃烧的、特别是对于在发电厂的燃气轮机设备中的燃烧提出的一个基本要求。氧化氮的形成随着燃烧的火焰温度成指数地提高。在燃料和空气不均匀混合的情况下在燃烧区域中形成了火焰温度的特定分布。这种分布的最高温度按照所提到的氧化氮的形成和火焰温度的指数关系决定性地确定了所形成的氧化氮的数量。据此,均匀的燃料-空气混合物的燃烧在相同的中心火焰温度情况下实现了比非均匀混合物的燃烧更低的氧化氮排放量。在上面所引用文献的燃烧器设计中实现了空气与燃料在空间上良好的混合。

与基本上由碳氢化合物组成的传统的燃气轮机燃料天然气和燃油相比,合成气的可燃烧成分基本上是一氧化碳和氢气。为了利用来自气化装置的合成气和第二种燃料或替代燃料选择式地运行所述燃气轮机,必须将设置在燃气轮机的燃烧室中的燃烧器构造成两种或多种燃料燃烧器,该燃烧器根据需要可以既加载合成气又加载第二种燃料(例如天然气或燃油)。在此,各种燃料通过燃料通道被引入到燃烧区域的燃烧器中。

取决于气化方法和总体设备方案,合成气的热值与天然气的热值相比

大约小五至十倍。除了 CO 和 H₂ 之外主要成分是惰性成分,如氮气和/或水蒸气以及可能还有二氧化碳。由于热值小必须因此将大体积流的燃气通过燃烧器引入到燃烧室中。其结果是,对于低热量燃料的燃烧(例如合成气)必须提供一个或多个单独的燃料通道。这样一种也适合于合成气运行的多通道燃烧器例如在 EP 1227920A1 中已公开。

除了合成气的在化学计算学上的燃烧温度之外,特别是合成气和空气在火焰前锋处的混合质量是一个避免出现温度峰值以及由此减小热氧化氮形成的重要影响参数。

鉴于对氧化氮排放量的越来越严格的限制要求,在低热量气体的燃烧中预混合燃烧也就日益显得重要。

发明内容

因此,本发明要解决的技术问题是,提供一种用于燃烧低热量燃烧气体的预混合燃烧器。本发明所要解决的另一个技术问题在于,提供一种用于燃烧低热量燃烧气体的方法。

按照本发明,上述第一个技术问题是通过一种用于燃烧低热量燃烧气体的预混合燃烧器解决的,该预混合燃烧器具有一个沿燃烧器轴线延伸的预混合空气通道以及一个在该预混合空气通道中设置的涡流装置,通过所述预混合空气通道可以输入燃烧空气,其中,沿所述燃烧空气的流动方向在所述涡流装置的下游设置一个用于所述低热量燃烧气体的喷入装置。

本发明以下述思想为出发点,即,为了保证少产生有害物质地运行,燃料和燃烧空气的混合具有特别的意义。可以仅仅通过尽可能均匀的混合来避免出现温度峰值。因为在低热量燃烧气体中涉及了要与燃烧空气混合的大体流量的燃烧气体,在此,混合技术问题的解决方案在本技术领域内对于这类燃烧器的结构设计提出了特别的挑战。

利用本发明的合成气预混合燃烧器首先建议一种燃烧器方案,其就有害物质排放而言也可以将预混合运行的优点应用到作为燃料的低热量合成气中。通过在涡流装置下游的喷入装置可以将未稀释或者部分稀释的低热量燃烧气体喷射到已经呈涡流的气流中。由此,在涡流装置下游的空间区域中进行合成气与呈涡流的空气流的进一步均匀的混合。预混合的燃烧气体与空气混合物的燃烧在相当于预混合的空气温度的温度下在燃烧器下游

完成。为了稳定所述低热量的预混合火焰，可以(特别是在部分负荷区域中)预先将低热量燃烧气体的一个较小的分流分离，并且在燃烧室中通过按照扩散运行方式运行的辅助火焰输入，例如占燃烧气体的总体积流量的大约5%至20%。

通过这种带有在涡流装置下游的喷入装置的结构，可以将足够大体积流量的低热量燃烧气体与燃烧空气进行混合，在此可以实现特别好的混合结果。这在预混合燃烧器的有害物质平衡方面起到了特别有利的作用。

此外，有利的是，可以将所述被证明是合适的预混合-燃烧方案不改动地用于高热量的燃料、如天然气或油。由此，不再需要可能进行费事的优化和/或结构改动。也就是说，可以借助于在空气通道上按照流体技术连接的喷入装置通过用于低热量燃烧气体的附加燃料通道对针对高热量燃料设计的一个传统燃烧系统进行扩展，确切地说，不会由于结构上的变化而对现有的传统燃烧系统产生不利影响，例如就出现的压力损失而言。

由此，预混合燃烧器既可以利用(例如从煤、工业残留物或垃圾中产生的)合成气运行，又可以利用另一种燃料(例如天然气或油)运行。在合成气预混合运行中，仅仅通过喷入装置将低热量燃烧气体在涡流装置下游喷射到预混合空气通道中，其中，由于含涡流的燃烧空气而保证了特别均匀的混合。通过该方案也避免了伴随附加的内装件而采取结构上的措施，使得特别是呈涡流状的空气流不会受到可能存在的内装件的影响。

通过预混合燃烧器在明显更低的温度下对应于所已调整的空气量进行燃烧，这最终导致在燃烧低热量燃烧气体时减小了热氧化氮生成量。

在特别优选的扩展设计中，所述喷入装置具有多个通入到所述预混合空气通道中的用于所述燃烧气体的进气孔。

在优选的扩展设计中，所述用于低热量燃烧气体的进气孔这样形成，即，防止在所述预混合空气通道中形成随动区域。在气体以极高的速度流入时(如在喷入装置之后的情况)，在进气孔之后可能形成具有明显更强湍流的随动区域。湍流的随动区域可能导致形成回流和循环回流。这种回流本身可能带来火焰反冲，此外，随动的不稳定特性可以引起流动扩散。为了保证一种可靠的预混合运行，应该将所述进气孔的形状选择成，防止出现上述负面的效应。

在特别有利的扩展设计中，用于燃烧气体的进气孔具有一种横截面，

其中,该横截面具有一个纵向尺寸和一个横向尺寸,并且其中该纵向尺寸大于该横向尺寸。一种近乎于圆形的开孔原则上也是可行的。不过,业已证明:例如通过进气孔的一种椭圆形造型可以有效地应对出现随动区域的问题。由此保证了预混合燃烧器更可靠地运行。

优选地,纵向尺寸是横向尺寸的3倍至10倍。如果纵向尺寸小于横向尺寸的3倍,则该结构接近于圆形的进气孔,这可能有助于构成随动区域。另一方面,不一定需要纵向尺寸必须比横向尺寸的10倍大,并且由于空间上的原因要加以避免。

优选地,进气孔的横截面具有长圆孔或者带有倒圆角的矩形或者水滴的形状。这种其中一侧可以比横向侧更长地成形的形状,被证明为特别适合于正常运行所述预混合燃烧器。此外,如果在进气孔的横截面上不形成尖锐的棱边,则是有利的。在角度小于 90° 的区域中经常形成流动中的死区。这种棱边(棱角)优选地通过圆弧(圆角)。

特别优选的扩展设计是,通过纵向尺寸确定的纵轴线基本上平行于燃烧空气的流动方向。在这种情况下,进气孔的窄侧垂直于呈涡流的空气流,并且由此显著地减小了对于低热量燃烧气体在燃烧空气的路径上产生的阻力。此外,流出的燃烧气体不构成阻挡燃烧过程的主要障碍,而是燃烧空气与燃烧气体仅仅在进气孔的纵向尺寸上逐步和均匀地混合。因此,在燃烧空气和低热量燃烧气体的分界面不产生涡流,由此防止形成随动。此外,实现了燃烧空气和燃烧气体的特别良好和均匀的混合。

在优选的扩展设计中,燃烧空气的流动方向相对于燃烧器轴线具有一个角度,其中,该角度在 0° 和 90° 之间。

优选地,所述喷入装置具有一个沿径向向外围绕所述预混合空气通道的气体分配环。在此,所述预混合空气通道优选设计为环形通道,该环形通道具有一个外通道壁,多个与气体分配环处于流体连通的进气孔(例如穿孔)穿透该通道壁。由此达到确保沿环形通道的完整圆周将低热量燃烧气体喷射到呈涡流的燃烧空气中。根据对于低热量燃烧气体的体积流量的不同要求,相应地设计穿孔的直径、其数量以及其在外通道壁上的分布。通过对喷入装置对应的结构设计实现了,喷入足够大体积流量的燃烧气体并且由此保证了稳定的合成气-预混合运行。

在优选的扩展设计中,外通道壁沿燃烧空气的流动方向锥形地变窄。

由于通过在外锥体上开设的进气孔喷射低热量燃烧气体，可以取消所有对于空气流动有不利影响的、用于喷入装置的附加内装件，从而在需要时还可以不受限制地利用传统的燃料(天然气或燃油)进行运行。

特别优选的扩展设计是，将预混合燃烧器应用在燃烧室、例如环形燃烧室中。这种燃烧室优选地构造为燃气轮机的燃烧室，例如构造为固定的燃气轮机的环形燃烧室。

按照本发明，针对方法的技术问题是通过一种用于燃烧低热量燃烧气体的方法解决的，其中，燃烧空气呈现涡流，将低热量燃烧气体喷射到呈涡流的燃烧空气中并与其混合，并且燃烧该混合物。

利用这种方法可以实现一种特别均匀的燃烧混合物，其中，可以将大体积流量的低热量燃烧气体与燃烧空气进行混合。

在此，优选地将未稀释或者部分稀释的低热量燃烧气体喷射到呈涡流的燃烧空气中。

在该方法中，优选地这样喷入所述低热量燃烧气体，即，使得可以防止在所述预混合空气通道中形成随动区域。

如果优选将所述低热量燃烧气体通过进气孔喷入，而这些进气孔具有一横截面，其中，该横截面具有一个纵向尺寸和一个横向尺寸，并且其中该纵向尺寸大于该横向尺寸，则所述方法特别有效地防止在预混合空气通道中形成随动区域。

在该方法中，通过所述纵向尺寸确定的纵轴线有利地基本上平行于所述燃烧空气的流动方向，使得平行于所述燃烧空气的流动方向地喷入所述低热量燃烧气体。

有利地采用气化的化石燃料、特别是气化的煤作为低热量燃烧气体。该方法优选地在燃气轮机燃烧器运行时实施，其中，代表低热量燃烧气体的合成气在预混合运行中被燃烧。

附图说明

为了进一步说明，在附图表示出了本发明的几种实施方式。附图中：

图1表示一个按照本发明的预混合燃烧器的纵向剖面图，

图2表示在图1中示出的进气孔的可行设计方案，

图3表示进气孔的一种改进实施方式的简略俯视图，

图 4 表示在图 3 中示出的进气孔的纵向剖面图,

图 5 表示一个长圆孔的俯视图,

图 6 表示带有倒圆角的矩形的俯视图,

图 7 表示水滴状的俯视图。

具体实施方式

图 1 示出了预混合燃烧器 1, 其相对于燃烧器轴线 12 大致是旋转对称的。沿燃烧器轴线 12 定向的主控燃烧器(Pilotbrenner) 9 被一个燃料环形通道 3 同心地包围, 其中该主控燃烧器具有一个燃料输入通道 8 以及一个同心地包围该燃料输入通道的空气输入环形通道 7。该燃料环形通道 3 部分地被一个预混合空气通道 2 同心地包围。预混合空气通道 2 设计为具有外通道壁 15 的环形通道 14。在该预混合空气通道 2 中安装了一个(简略示出的)涡流叶片 5 的轮圈, 其构成了涡流装置。这些涡流叶片 5 中的至少一个设计成空心叶片 5a。其具有通过多个小开孔构成的、用于引入燃料的进口 6。在此, 空心叶片 5a 设计用于输入高热量的燃料 11(例如天然气或燃油)。燃料环形通道 3 通入到该空心叶片 5a 中。

预混合燃烧器 1 可以通过作为扩散燃烧器的主控燃烧器 9 驱动。不过, 通常将其用作预混合燃烧器, 即, 燃料和空气先混合然后送去燃烧。在此, 主控燃烧器 9 用于保持一主导火焰, 后者在预混合燃烧器运行期间在可能变化燃料-空气比例的情况下使燃烧稳定。

在高热量的燃料 11(即, 例如天然气或燃油)燃烧时, 燃烧空气 10 和高热量的燃料 11 在预混合空气通道 2 中混合, 并随后送去燃烧。在所示实施方式中, 高热量的燃料 11 被从燃料环形通道 3 引导至一个涡流叶片轮圈 5 的空心叶片 5a 中, 并且从那里通过进口 6 导入到在预混合空气通道 2 中的燃烧空气 10 中。

此外, 在本发明的预混合燃烧器 1 中也可以燃烧低热量燃烧气体 SG, 例如来自煤气化过程的合成气。为此, 沿燃烧空气 10 的流动方向 21 在涡流装置 5 下游设置一个用于低热量燃烧气体 SG 的喷入装置 13。该喷入装置 13 包括多个用于燃烧气体 SG 的进气孔 16。这些进气孔 16 通入到预混合空气通道 2 中。该喷入装置 13 具有一个气体分配环 17, 该气体分配环沿径向向外地包围所述预混合空气通道 2。由此实现了, 可以将低热量燃烧气

体 SG 全方位地喷射到设计为环形通道 14 的预混合空气通道 2 中在涡流装置 5 下游地喷射到燃烧空气流 10 中。在此,多个与气体分配环 17 保持流体连接的进气孔 16(例如穿孔)穿透所述环形通道 14 的外通道壁 15。以这种方式通过气体分配环 17 还保证了分配器功能,使得可以提供具有所需压力和体积流量的低热量燃烧气体 SG,并且通过在外通道壁 15 中的多个进气孔 16 可以与成涡流的燃烧空气 10 混合。由此,按照优选的方式实现了燃烧空气 10 与低热量燃烧气体 SG 的特别均匀和均质的混合。通过相应的结构设计以及流体技术上的尺寸设计实现了,可以借助于喷入装置 13 分别向气体分配环 17 输送足够大体积流量的燃烧气体 SG,以用于合成气的预混合运行。在另一种扩展设计中或者作为对于(在图 1 中没有更详细地示出的)径向向外设置的气体分配环 17 附加选择,气体分配环 17 也可以沿径向向内限定所述预混合空气通道 2,使得可以喷射合成气 SG。沿燃烧空气 10 的流动方向所述外通道壁 15 变窄。可以将用于燃烧低热量燃烧气体 SG 的预混合燃烧器 1 使用在一台燃气轮机的燃烧室中,例如固定的燃气轮机的环形燃烧室中。

利用本发明的预混合燃烧器 1,可以实现利用来自气化装置的合成气或者另一种燃料或替代燃料的一种选择性运行方式,因为预混合燃烧器 1 被设计成双种或多种燃料燃烧器,其可以既加载低热量燃烧气体 SG 又可以加载高热量的燃料 11(例如天然气或燃油)。

在预混合燃烧器 1 利用低热量燃烧气体 SG 的运行中,燃烧空气 10 呈现涡流,而低热量燃烧气体 SG 被喷射到呈涡流的燃烧空气 10 中并与其混合。然后燃烧该混合物。在此,也可以将局部稀释的低热量燃烧气体 SG 喷射到呈涡流的燃烧空气 10 中。作为低热量燃烧气体 SG 优选地采用来自气化装置的被气化的化石燃料、特别是气化的煤。利用预混合燃烧器 1 可以特别有利地在燃气轮机中实现合成气运行。

本发明的预混合燃烧器 1 以及所描述的用于燃烧低热量燃烧气体 SG 的方法具有的主要优点在于,可以将所述被证明是合适的预混合-燃烧方案不加改动地用于天然气或油(高热量的燃料)。在此,有利地不再需要对燃烧器必要时可能进行费事的结构优化和/或结构改动。预混合燃烧器 1 仅仅通过一个附加的用于低热量燃烧气体 SG 的燃料通道而得以扩展,而不会由于结构变化而对于利用高热量的燃料的燃烧系统的常规运行产生明显影响。

所建议的结构实现了低热量燃烧气体 SG 与燃烧空气 10 的一种特别有利的混合特性,其中,可以向燃烧过程输入足够大流量(体积流量)的。合成气 SG。

图 2 示出了进气孔 16 的简略俯视图。在此,图 2 详细地示出了一种图 1 中示出的进气孔 16 结构设计的方法。在该实施方式中进气孔 16 具有圆形横截面 18 的、在外通道壁 15 中的通孔 16a,这些通孔通入到预混合空气通道 2 中。低热量燃烧气体 SG 被喷射到预混合空气通道 2 中,在那里在强的空气大流量 10 的影响下改变其方向并被与之强烈混合的空气运走,以便参与燃烧过程。由于横截面 18 的圆形形状,在低热量燃烧气体 SG 从通孔 16a 中流出时顺流地构成了随动区域 19。由于在随动区域 19 中的强烈的湍流而形成了回流 20,其与燃烧空气 10 的流动方向 21 相反地延伸,并且因此明显地提高了火焰反冲的危险。因此,圆形的进气孔 16 还需要改善。

图 3 示出了进气孔 16 的一种改善的实施方式的简略俯视图。取代具有圆形横截面 18 的穿孔 16a,而将进气孔 16 设计为长圆孔 16b。这种结构方式防止了在预混合燃烧器 1 的内部形成随动区域 19,同时实现了低热量燃烧气体 SG 达到足够的侵入深度。长圆孔 16b 具有一个纵向尺寸 L_1 和一个横向尺寸 L_2 (见对于图 5 至图 7 的论述)。纵向尺寸 L_1 通常是横向尺寸 L_2 的 3 倍至 10 倍,在视图 3 中纵向尺寸 L_1 大致比横向尺寸 L_2 大 6 倍。通过纵向尺寸 L_1 确定了一纵轴线 A。该纵轴线基本上平行于燃烧空气 10 的流动方向 21。这导致了长圆孔 16b 的窄边横向于燃烧空气 10 的流动方向 21,并且由此显著地减小了燃烧空气 10 与燃烧气体 SG 在接触时所经受的阻力。因为流动方向 21 相对于燃烧器轴线 12 具有一个角度 φ 而所述纵轴线 A 平行于流动方向 21,因此该纵轴线 A 也相对于燃烧器轴线 12 具有一个角度 φ 。

在图 4 中示意性地示出了在图 3 中示出的沿纵轴线 A 的长圆孔形式的进气孔 16b 的纵剖面图。将具有纵向尺寸 L_1 的进气孔 16b 开设在外通道壁 15 中。低热量燃烧气体 SG 从气体分配环 17(在该示意图中为进气孔 16b 下方的空间)通过进气孔 16 喷射到所述预混合空气通道 2 中。在那里其遭遇空气流 10 并与之混合。在燃烧气体 SG 与燃烧空气 10 之间发生首次接触的空间内的位置也被称为阻塞点。在所示出的结构中该阻塞点逆流动方向地位于大约在纵向尺寸 L_1 的末端处、紧靠进气孔 16。从阻塞点 S 起燃烧气体 SG 与燃烧空气 10 开始了逐步混合,并且顺流地延伸通过进气孔 16b 以及可能

继续延伸。

图 5、6 和 7 以简略俯视图示出了进气孔 16 的三种不同的扩展设计结构。在图 5 中的截面 18 是一个长圆孔 16b, 在图 6 中一个带有倒圆角 22 的矩形 16c, 而在图 7 是一个水滴状孔 16d。三种实施方式都具有纵向尺寸 L_1 和横向尺寸 L_2 , 其中有利的是, 纵向尺寸 L_1 大于横向尺寸 L_2 。为了避免形成死区, 在水滴状孔中在尖端角的位置上加工出圆弧。由此, 水滴状孔具有两个其圆弧半径为 R_1 和 R_2 的圆弧, 其中 $R_1 > R_2$ 。

也就是说, 用于低热量燃烧气体 SG 的喷入装置 13 可以针对设计结构、进气孔 16 的数量和分布而与各自的使用情形以及要求相适应。由此, 获得了用于进气孔 16 的各种有利的几何结构。

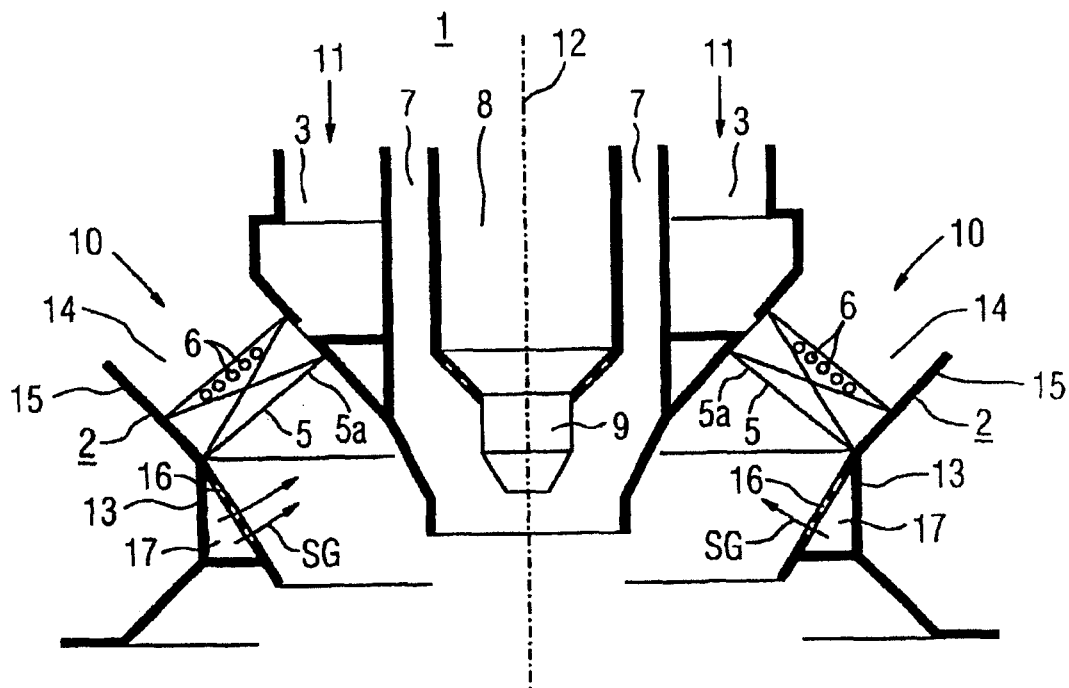


图 1

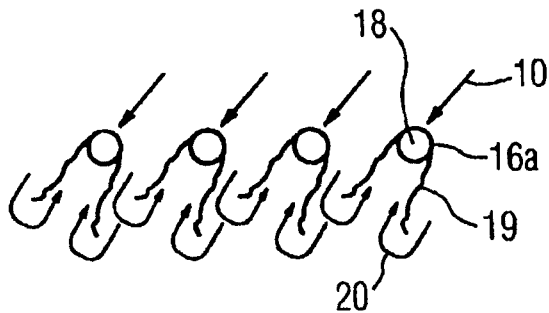


图 2

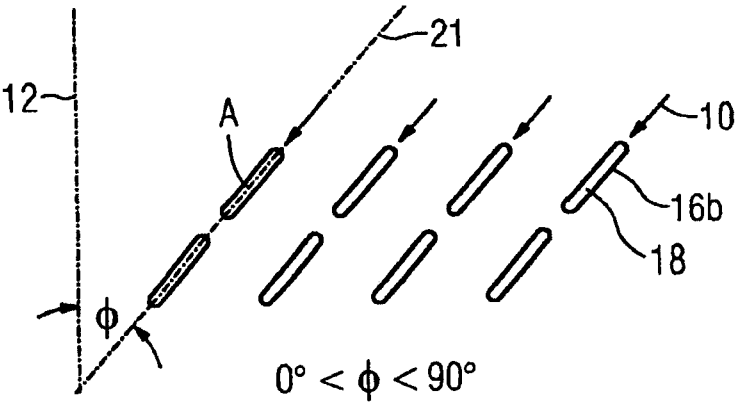


图 3

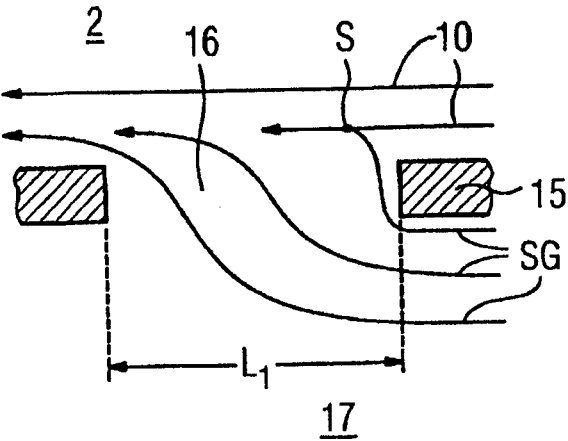


图 4

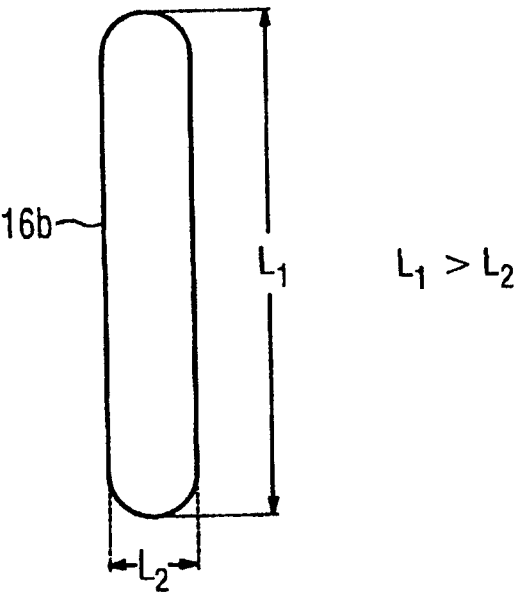


图 5

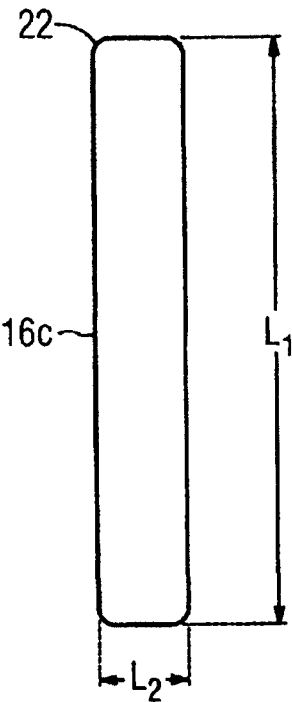


图 6

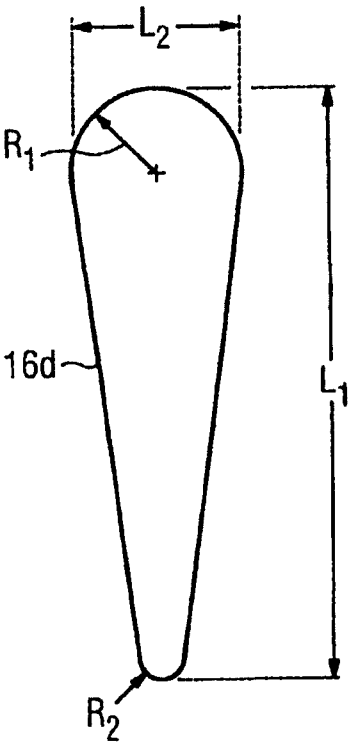


图 7