



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98108410.9

[43] 授权公告日 2003 年 6 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 1110630C

[22] 申请日 1998.5.6 [21] 申请号 98108410.9

[30] 优先权

[32] 1997. 5. 7 [33] GB [31] 9709205.0

[71] 专利权人 英国氧气集团有限公司

地址 英国英格兰

[72] 发明人 C·J·菲德曼

[56] 参考文献

US4050879 1977.09.27

US4475885 1984.10.09

US5554022 1996.10.10

审查员 张 炜

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

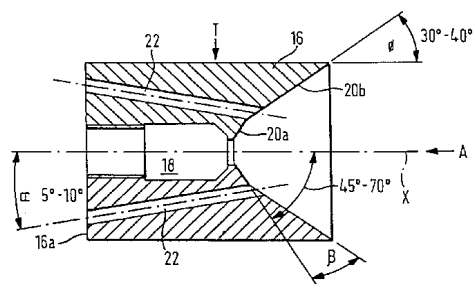
代理人 曹永来 林长安

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 4 页

[54] 发明名称 氧气/油涡流式燃烧器

[57] 摘要

一种液体燃烧器(10)设置有一个中央的燃料出口(18), 以及多个氧气出口(22), 这些出口的形状和位置可用来产生一个能与从燃料出口(18)喷出的任何液体燃料相会合的会聚的转动的氧气流。这种氧气/燃料的互相作用将产生两个燃烧区和一个再循环作用, 该再循环作用有助于使不希望有的废气成分的完全或基本上完全的燃烧。氧气和燃料最好这样供应, 使得在两个燃烧区相会合位置处它们的速度近似相等。



1. 一种用于燃烧氧气和液体燃料的燃烧器，该燃烧器具有一个外套，该外套具有一条纵向轴线 X，并包括一个第一入口端，一个用于
5 排出燃烧火焰的第二出口端，以及限定了一个燃烧室；用于把雾化的燃料流导入该入口端并把它导向该出口端的燃料供应装置，以及用于把氧气导入该入口端并把它导向该出口端的氧气供应装置，该氧气供应装置包括多个围绕该燃料供应装置沿周向隔开并且朝着该出口端沿
10 径向向内倾斜和相对于轴线 X 倾斜设置的氧气出口，由此产生了一个与在其一个第一上游区中的燃料流相交的氧气的涡流会聚锥，该燃料供应装置包括一个具有一个扩散的锥形内表面的中央的出口，当燃料通过该出口喷出时就在该锥形内表面上经过，其中该扩散的内表面包括一个靠近该中央出口并且与一个第二扩散锥面相邻接的第一扩散锥面，该第一扩散锥面与轴线 X 所成的扩散角大于该第二扩散锥面与轴
15 线 X 所成的扩散角。

2. 如权利要求 1 所述的燃烧器，其特征在于，该第一锥面与该第二锥面所成的角度 β 在 15 至 30 度之间。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的燃烧器，其特征在于，该第一锥面与该第二锥面所成的角度 β 在 20 至 25 度之间。

20 4. 如权利要求 1 所述的燃烧器，其特征在于，该第二锥面相对于轴线 X 以一个在 30 至 40 度之间的角度 ϕ 扩散。

5. 如权利要求 4 所述的燃烧器，其特征在于，角度 ϕ 在 30 至 35 度之间。

25 6. 如权利要求 1 所述的燃烧器，其特征在于，该氧气供应出口沿径向向内相对于轴线 X 倾斜成一个在 5 至 10 度之间的角度 α 。

7. 如权利要求 1 所述的燃烧器，其特征在于，该氧气供应出口相对于轴线 X 倾斜成一个在 20 至 30 度之间的角度 θ 。

8. 如权利要求 1 所述的燃烧器，其特征在于，该燃料和氧气供应

装置安装在在该燃烧室内的一个喷嘴固定板上，所述喷嘴固定板沿轴线 X 是轴向可移动的，由此可改变该燃料和氧气出口在该燃烧室内的轴向位置。

5 9. 如权利要求 8 所述的燃烧器，其特征在于，该中央燃料出口和该第一扩散锥面形成一个可分离地安装在该喷嘴固定板中的整体件的一部分。

10. 如权利要求 1 所述的燃烧器，其特征在于，该燃烧器还包括用于把空气沿着燃烧火焰排出的方向从该出口端排出的装置。

10 11. 如权利要求 10 所述的燃烧器，其特征在于，该空气排出装置包括多个围绕该氧气出口沿周向隔开设置的空气出口。

12. 如权利要求 11 所述的燃烧器，其特征在于，该空气出口沿径向向内相对于轴线 X 倾斜一个角度。

13. 如权利要求 11 所述的燃烧器，其特征在于，该空气出口相对于轴线 X 倾斜一个角度。

15 14. 如权利要求 13 所述的燃烧器，其特征在于，该空气出口以与该氧气出口的相同的倾斜方向相对于轴线 X 倾斜设置。

15. 如权利要求 10 所述的燃烧器，其特征在于，该燃烧器还包括用于改变把空气供入其中和把空气从其中排出的流量的装置。

20 16. 如权利要求 1 所述的燃烧器，其特征在于，该燃烧器还包括用于把该氧气和/或该燃料供入其中和把该氧气和/或该燃料从其中排出的流量的装置。

17. 一种使如权利要求 1 至 16 中任一项所述的燃烧器运行的方法，包括以下步骤：

25 (a) 使燃料以这样一种方式从该燃料供应装置中喷出，该方式能产生一个具有层流或基本上层流的相当高速的燃料流并且导引该燃料流从该燃烧室的该第二端排出；

(b) 使氧气以这样一种方式从该氧气供应装置中喷出，该方式能产生一个相当低速的氧气流，该气流可会聚在该纵向轴线 X 上和可围

绕其转动，由此与在其第一上游区中的该燃料相会合，以及能在其处产生一个富氧区并且把任何剩余的氧气以能造成其一个贫燃料区的方式导引到该燃料流的一个下游区中。

5 18. 如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，该方法还包括使该燃料和氧气从其相应的出口以一个这样的速度比喷出，使得它们在该第一和第二区相会合的位置处的速度近似相等。

19. 如权利要求 18 所述的方法，其特征在于，所述的速度比在 1:1 与 10:1 之间。

10 20. 如权利要求 19 所述的方法，其特征在于，所述的速度比约为 2:1。

21. 如权利要求 18 至 20 中任一项所述的方法，其特征在于，该燃料是油。

氧气/油涡流式燃烧器

5 本发明涉及一种用于燃烧液体燃料的燃烧器，特别是涉及（但不是排它的）一种具有很少的 NO_x 排出物并且使用了有助于完全燃烧或基本上完全燃烧的涡流技术的油燃烧器。

美国专利 US - A - 3685740 中公开了一种属于火箭燃烧器型的氧气-燃料燃烧器，该燃烧器包括一个具有一个敞开的排出端和一个
10 喷嘴固定板的圆筒形燃烧室，同时分开的氧气和燃料口构成了燃烧室的对置端。氧气口的纵向投影轴线沿朝向燃烧室纵向轴线的会聚方向延伸，但它们是处于与其偏置、不相交的关系，因此在最接近燃烧室轴线的相应轴线上的各个位置就限定了一个在喷嘴固定板与燃烧室排气口之间的横向定位的平面。燃料口的纵向投影轴线与燃烧室轴线基本
15 上平行，以便氧气和燃料在最接近该平面处和在该平面之外处相混合。设置有用来调整喷嘴固定板在燃烧室轴线上的纵向位置并且由此确定相对于燃烧室排气口的最接近的平面的位置的装置，从而可决定燃烧器排出火焰的结构形状。这种燃烧器还包括一个向其末端延伸的冷却水套，以便在燃烧器工作期间冷却所述的末端。虽然这种燃烧器
20 能够产生许多不同的火焰结构形状，但这些火焰结构形状往往是混乱的，因而在某些应用场合并不适合。还应注意的是，所设计的该燃烧器用于氧气/燃料的充分混合，因而将有完全燃烧的热火焰气体离开燃烧器。因此，燃烧器的末端将需要冷却，并且由于部分燃烧热量将被损失在冷却套中的冷却液体中而使总的燃烧器效率降低。此外，该
25 燃烧器的噪音相当大，以及虽然由于它使用了氧气/燃料混合方法使它所产生的有害排出物（例如 NO_x ）少于常规的燃烧器（例如所谓的“管套管式”燃烧器），但这些排出物仍足以引起人们的担心。

本发明的目的在于提供一种可以减少并且可能消除与上述装置

有关的各种问题的液体燃料燃烧器。

因此，本发明的一个方面的内容是提供一种用于燃烧氧气和液体燃料的燃烧器，该燃烧器具有一个外套，该外套具有一条纵向轴线 X，并包括一个第一入口端，一个用于排出燃烧火焰的第二出口端，以及限定了—个燃烧室；用于把雾化的燃料流导入该入口端并把它导向该出口端的燃料供应装置，以及用于把氧气导入该入口端并把它导向该出口端的氧气供应装置，该氧气供应装置包括多个围绕该燃料供应装置沿周向隔开并且朝着该出口端沿径向向内倾斜和相对于轴线 X 倾斜设置的氧气出口，由此产生了一个与在其—个第一上游区中的燃料流相交的氧气的涡流会聚锥，该燃料供应装置包括一个具有—个扩散的锥形内表面的中央的出口，当燃料通过该出口喷出时就在该锥形内表面上经过，其中该扩散的内表面包括—个靠近该中央出口并且与—个第二扩散锥面相邻接的第一扩散锥面，该第一扩散锥面与轴线 X 所成的扩散角大于该第二扩散锥面与轴线 X 所成的扩散角。

利用这样—种“弯折锥”表面，至少某些从中央出口喷出的液体燃料在该第一锥面与该第二锥面相交的转折位置射入其主流中以前沿着该第一锥面流动，由此加强了氧气与液体燃料的混合。通过使该空气动力控制的流动混合延迟和层流与燃烧气体和氧化剂的内部（即在火焰内）再循环相结合，业已发现这种燃烧器只产生很少的 CO，NO_x 和油烟排出物，并且这种锥形的喷嘴设计可以使噪声从现有技术的 120dB 显著地下降。该燃烧器可以十分方便快速地改变由它喷出的火焰的形状，并且由于利用该燃烧器可使生成的油烟减少（由于涡流的作用而使燃烧气体和氧化剂可在火焰内作内部再循环，从而把所形成的油烟燃烧，因而在火焰的后面部分中就没有剩余物），从而可以产生十分光亮的火焰。该燃烧器产生—种具有两个燃烧区的火焰：第一区（邻近燃料出口）是富燃料区和第二区是发生主燃烧和产生大部分热量的后面的区。主燃烧区与燃烧器隔开—个距离可以防止燃烧器和邻近的耐火材料的过热，从而排除了对其进行水冷的需要。把火焰分

成两个区被称为“分段”，两个区相接处的位置称为“分段位置”（一般说来，第一区的长度比第二区的长度越长，分段就越显著，反之亦然）。分段与燃料和/或氧气出口的尺寸成反比减少。

5 第一锥面与第二锥面所成的角度 β 可以在15至30度之间，或者最好在20至25度之间。角度 β 的变化将影响整个火焰的长度并且还使燃料/氧气混合增加或减少，这要根据燃料的性能例如粘度、密度、温度等而定。

有利的是，第二锥面相对于轴线X以一个在30至40度之间的角度 ϕ 扩散。

10 最好是，角度 ϕ 在30与35度之间。

最好是，氧气供应出口沿径向向内相对于轴线X倾斜成一个在5至10度之间的角度 α 。

15 最好是，氧气供应出口相对于轴线X倾斜成一个在20至30度之间的角度 θ 。一般说来，剪切角 θ 越大，整个火焰的长度就越长，反之亦然。

20 在一个特别有利的配置中，该燃烧器包括用于改变燃料和氧气出口在燃烧室内的轴向位置从而改变燃烧器的排出火焰结构形状的装置。燃料和氧气供应装置可以例如安装在燃烧室内的一个喷嘴固定板中，以及所述喷嘴固定板沿轴线X可以作轴向位移，由此改变燃料和氧气出口在燃烧室内的轴向位置。

燃料出口可以包括一个燃油出口，以及氧气供应装置可以供应氧气、空气或者富氧空气。

25 在某些应用场合中，为燃烧提供附加的空气或者富氧空气是有利的。这最好是通过围绕氧气出口沿周向隔开设置的多个空气出口来实现，这些空气出口的构形应能相对于轴线X沿径向向内直接导引空气流并相对其展示。这些空气出口最好以与氧气出口的相同的方向倾斜。

本发明还提供了一种用于使如上所述的燃烧器运行的方法，该方

法包括以下步骤:

(a) 使燃料以这样一种方式从燃料供应装置中喷出, 该方式能产生一个具有层流或基本上层流的高速燃料流并且导引该燃料流从燃烧室的第二端排出;

5 (b) 使氧气以这样一种方式从氧气供应装置中喷出, 该方式能产生一个相当低速的氧气流, 该气流会聚在和围绕在纵向轴线 X 周围转动, 由此与在其第一上游区中的燃料流相会合, 以及能在其处产生一个富氧区并且把任意剩余的氧气以能造成其一个贫氧区的方式导引到燃料流的一个下游区中。

10 最好该燃烧器这样来运行, 使得燃料和氧气在分段位置处的速度近似相等, 从而增强了混合和实现了最佳燃烧 (以及最少的排出物) 和/或改变了整个火焰的形状/长度, 这可以通过把在燃烧器的出口处的氧气与燃料的速度比改变为在 1:1 与约 10:1 之间 (最好为 2:1) 来实现。

15 下面将通过实例并参照以下附图来详细描述本发明, 附图中:

图 1 是体现本发明的氧气-燃料燃烧器的一个局部剖开的透视图;

图 2 是图 1 中所示的喷嘴固定板的一个剖视图;

图 3 是沿图 2 中的箭头 T 方向看去的喷嘴固定板的一个平面图;

20 图 4 是沿图 2 中的箭头 A 方向看去的喷嘴固定板的一个端视图;

图 5 是喷嘴固定板的另一个剖视图, 图中示出了与其相关的流型;

图 6 是沿图 5 中的箭头 W 方向看去的喷嘴固定板的一个端视图;

图 7a 是根据本发明喷嘴固定板的另一个实施例的一个剖视图;

25 图 7b 是图 7a 的喷嘴固定板的一个端视图; 以及

图 7c 是改变成用来燃烧气体燃料的图 7a 和 7b 的喷嘴固定板的一个剖视图。

在图 1 通过一个例子示出的氧气-燃料燃烧器 10 包括一个管状

或圆筒形的外套 12，该外套 12 具有一个第一入口端 12a，一个用于燃烧火焰排出的第二出口端 12b 和一条纵向轴线 X，以及一个在入口端 12a 与出口端 12b 之间延伸的中央燃料供应管 14，该管在出口端处与一个在图 2 至 6 中能清晰看到的不锈钢喷嘴固定板 16 相连接。燃料供应管 14 终止在位于轴线 X 上并且具有一个总体扩散的锥形内表面 20 的基本上中央的出口 18，当燃料通过该出口喷出时就在该锥形内表面上经过。在喷嘴固定板上还设置有多个氧气出口 22，这些出口 22 围绕着燃料供应出口 18 沿周向并且沿径向向内成角度地朝着出口端 12b 和相对于轴线 X 倾斜地设置，由此产生了一个与在第一上游区 Z1 中的燃料流相交的氧气的涡流会聚锥。再一次参看图 1，应注意到氧气供应装置还包括在外壳 12 与燃料供应管 14 之间形成的通道 24，氧气通过入口 26 供入，然后沿通道 24 受到导引，使得它与喷嘴固定板 16 的后表面 16a 相遇，并在该位置使氧气进入其中每一个都终止于锥面 20 内的某一位置处的多个氧气供应出口 22。

“总体扩散的”的锥形内表面 20 实际上包括两个扩散的锥面 20a, 20b (见图 2)，上游表面 20a 与轴线 X 所成的扩散角大于下游表面 20b 与轴线 X 的扩散角 (两个表面之间的夹角以 β 表示)。在图 2 中， β 约为 23° ，而表面 20b 与轴线 X 的扩散角 ϕ 约为 35° 。锥面 20a, 20b 最好沿靠近氧气供应出口 22 (例如沿出口 22 的中心点的圆周) 处的一个圆相邻接，如附图中所示。

在工作中，至少某些液体燃料先沿着上游表面 20a 流动，然后才在其与下游表面 20b 的交界处从其离开，由此延迟了它们进入燃料主流中的时间并且加强了其与氧气的混合。

从图 2 中可以清楚地看到，每个氧气出口 22 都沿径向向内相对于轴线 X 形成一个在 $5 - 10$ 度之间的角度 α ，这导致任何氧气流都被径向向内引导，使得其将与燃料出口 18 的燃料流相交。从图 3 的平面图中可以清晰地看到，每个氧气出口 22 还相对于轴线 X 倾斜一个在 20 与 30 度之间的角度 θ 。图 4 中以隐藏的详图示出了氧气供应入口

22 从端面 16a 向表面 20 进展的路径。氧气出口 22 的角度，喷嘴 20 的扩散的锥形以及在氧气与燃料之间的速度比都是十分重要的，并且决定着排出物数量和火焰的形状。下面更详细地参看图 2 至 6，可以理解到，表面 20b 的扩散角 ϕ 在 30° 与 40° 之间（最好在 30° 与 35° 之间）将使从出口 18 喷出的燃料以平稳的方式延伸并且能产生一个基本上为层流的相当长的狭小的直线喷流。这种情况与许多现有技术装置完全相反，在这些装置中，燃料是以一种旨在产生紊流状态的方式导入的。多个氧气出口 22 被设置成沿径向向内相对于轴线 X 形成一个在 $5^\circ - 10^\circ$ 之间的角度 α 引导氧气喷流，以便例如延迟氧气进入燃料流中的混合时间，使得区域 Z1 保持在一个基本上富燃料的状态，而区域 Z2 则保持在一个贫燃料的状态。这种装置具有延迟发光区（它在离开燃烧器约 300 - 500 毫米的位置处开始）的产生的优点，从而防止了燃烧器和邻近其火焰出口端的任何耐火材料的过热。因此，这种设计能够保持初始火焰温度低于 1200°C ，由此就无需对该燃烧器进行水冷。当使用了诸如因科合金（INCOALLOY），镍铜合金或蒙乃尔高强度耐蚀镍铜合金（Monel）400 等合金或者提供水冷以后，该装置还可以适应更高的温度，虽然可以省去水冷，但需要以具有高导热性和低腐蚀材料（例如镍铜合金）来作整个燃烧器为条件。富燃料区 Z1 的长度约延伸 300 毫米至 500 毫米并且终止于其处发生主燃烧的尺寸稍大的第二区 Z2 的开始位置。第二区 Z2 的范围可以通过改变角度 α 和喷嘴或喷嘴固定板 16 在外套即外壳 12 内的缩回量来进行调整，这在本技术领域内是众所周知的。虽然都知道，角度 α 通常是为任何具体的燃烧器设计而设定的，但是喷嘴固定板 16 沿轴线 X 的位置的变化也可以通过驱动电机 36（图 1）从而依次使燃料供应管 14 和喷嘴固定板 16 沿轴线 X 的轴向移动而实现。喷嘴固定板 16 的缩回量越大，出口端 12b 对火焰形成所具有影响也越大（同时随着缩回量的增加，涡流的作用将减小）。这种涡流作用的减小将导致相关的火焰长度和再循环的变化，并且由此可以改变火焰结构形状以适合某

个用户的特定要求。显然，如果喷嘴固定板 16 被设置成其末端与出口端 126 齐平，则将与其有很少的干扰（如果与其出现任何干扰的话）火焰形状将主要由燃料和氧气出口本身的形状、位置和角度来决定。

下面具体地参看图 3 和 6，可以理解到，氧气出口 22 相对于纵向轴线 X 也倾斜一个角度 θ ，由此在该氧气喷流中形成了一定量的涡流，那么该涡流将围绕中央的燃料流沿着箭头 R 的方向转动。一个在 20° 与 30° 之间（最好在 20° 与 25° 之间）的角度 θ 就能给出足够的涡流以便在燃烧区 Z2 中产生再循环作用，使得任何不合需要的剩余燃烧产品能进行再循环并且与任何剩余氧气相混合，以便实现其完全的或者基本上完全的燃烧，因此在火焰从 Z2 区排出以前，其 NO_x 、CO 和油烟已大大减少。

下面再一次简短地参看图 1，一个采取电机 36 和齿轮和齿条装置 38，40 形式的致动器设置在燃料管 14 的远端并且可以操作用来使所述燃料管和喷嘴固定板 16 沿轴线 X 作轴向移动，由此改变燃料和氧气出口 18，22 在燃烧室内的轴向位置，并且因而改变了燃烧器本身的排出火焰的结构形状，这在本技术领域是众所周知的。图 1 中的泵 34 和 42 用来以一个所要求的流量和一个在分段位置处足以实现氧气和燃料速度近似相等的速度比把燃料和氧气输送到燃烧室中。实际上，在它们的各自的出口处，氧气与燃料的速度比在 1:1 与 10:1 之间将可以在分段位置处给出相等的速度；以图示的燃烧器中，速度比最好近似为 2:1。

在工作中，本发明的燃烧器通过延迟燃料/氧气与层流的混合和内部再循环的结合而减少了氧化氮的形成。这种方法引起了燃烧“分段”即两个燃烧区 Z1，Z2 的产生：一个约 300 毫米至 500 毫米长度的十分富燃料的第一区，一个发生主燃料的较大的第二区。这两个区都具有其自身的特征，在第一区 Z1 中具有很低的温度和很低的亮度，由此阻止了 NO_x 的形成和该喷嘴器和/或任何与其邻近的耐火材料的过热，而在邻接区 Z2 中则稍微热一些。如上所述，第二区 Z2 的范围可

以通过氧气出口的角度和喷嘴固定板 16 在外套 12 中的缩回量来进行调整。Z2 区是很光亮的, 燃料的主要部分至少部分由于围绕燃料流周围的氧气涡流而产生的再循环作用而实现了完全燃烧。因而阻止了 NO_x 的产生并且使任何已形成的油烟也被燃烧尽而没有剩余物, 从而增加了亮度。此外, 喷嘴的这种设计能够使噪声强度从现有技术的 120dB 显著地下降。

氧气出口 22 的径向角 α 提供了特有的延迟混合和火焰的透明蓝色的初始低温部分, 而倾斜角 ϕ 则提供了特有的涡流数和与油烟火焰的相应的内部再循环。角 α 的变化影响和提供了对火焰长度和 NO_x 形成的控制, 而角 ϕ 的变化则影响了火焰的宽度、亮度和 NO_x 形成。燃料出口 18 的直径比常规的燃烧器的更大, 从而 (至少部分) 提供了在氧气与燃料速度之间的理想的速度比。在 30° 与 40° (最好在约 30° 与约 35° 之间) 的锥角 ϕ 在很大的流量范围内 (即很大的“调节”范围内) 可使火焰完全稳定以及使工作噪声强度降低。

下面参看图 7a 至 7c, 其中与已经描述过的相同的零件用原来的标号表示, 图中示出了本发明的另一个实施例。

围绕氧气出口 22' 的周向隔开设置的是多个空气出口 50, 用来把空气或者富氧空气供应给燃烧过程。空气出口 50 相对于轴线向内倾斜一个角度, 但该角度比 α 角稍大, 以便把火焰向第一和第二区 (见图 5) 的相交处会聚。空气出口 50 还以与氧气出口 22' (见图 7b) 的相同方向倾斜, 以便增加由氧气出口 22' 的倾斜所产生的有利的涡流作用。在进一步促进紊流方面, 沿着与氧气出口 22' 倾斜的相反方向来倾斜空气出口 50 (未示出) 也同样是有利的。

在图 7a 的实施例中, 燃料供应装置包括一个与轴线 X 同轴并且可分离地安装在喷嘴固定板 16' 内的盖组件 52a (其前端形成有第一扩散锥表面 20a')。这是一种特别有利的配置, 因为它可以允许快速更换盖组件 52a, 以便对该第一扩散锥表面进行维护、修理或者改变

其角度，当改变供应给燃烧器的燃料的种类时，这些都可能是需要的。例如在图7中示出了一个盖组件52b，该盖中的第一扩散锥表面54与第二表面20b'相对于轴线X具有相同的角度 β ；这种配置适用于气体燃料的燃烧，此时就不需要在锥形内表面上形成一个非连续的突变部分来迫使燃料与其分离。

如本技术领域中所熟知的，还需要提供用来改变燃料、氧气和空气流进入和退出该燃烧器所需要的各种装置，以便为某个具体的用途精确地调整燃烧过程。

常规的燃烧器通常在供应21%的氧气（即空气）时将产生一个较长的“懒”火焰，而在供应100%的氧气时将产生一个紊流的较短的强火焰。在试验中我们发现本发明的燃烧器在整个富氧含量范围内都能保持基本上不变的火焰特征，特别是火焰长度和宽度保持不变。在富氧范围内唯一可以察觉的变化是火焰的温度和亮度。

除了上述的优点外，本发明的燃烧器特别适合在非铁材料和含铁材料的熔化和冶炼用途中使用（例如玻璃制造），以及在炼钢中特别是在电弧炉炼钢中使用。

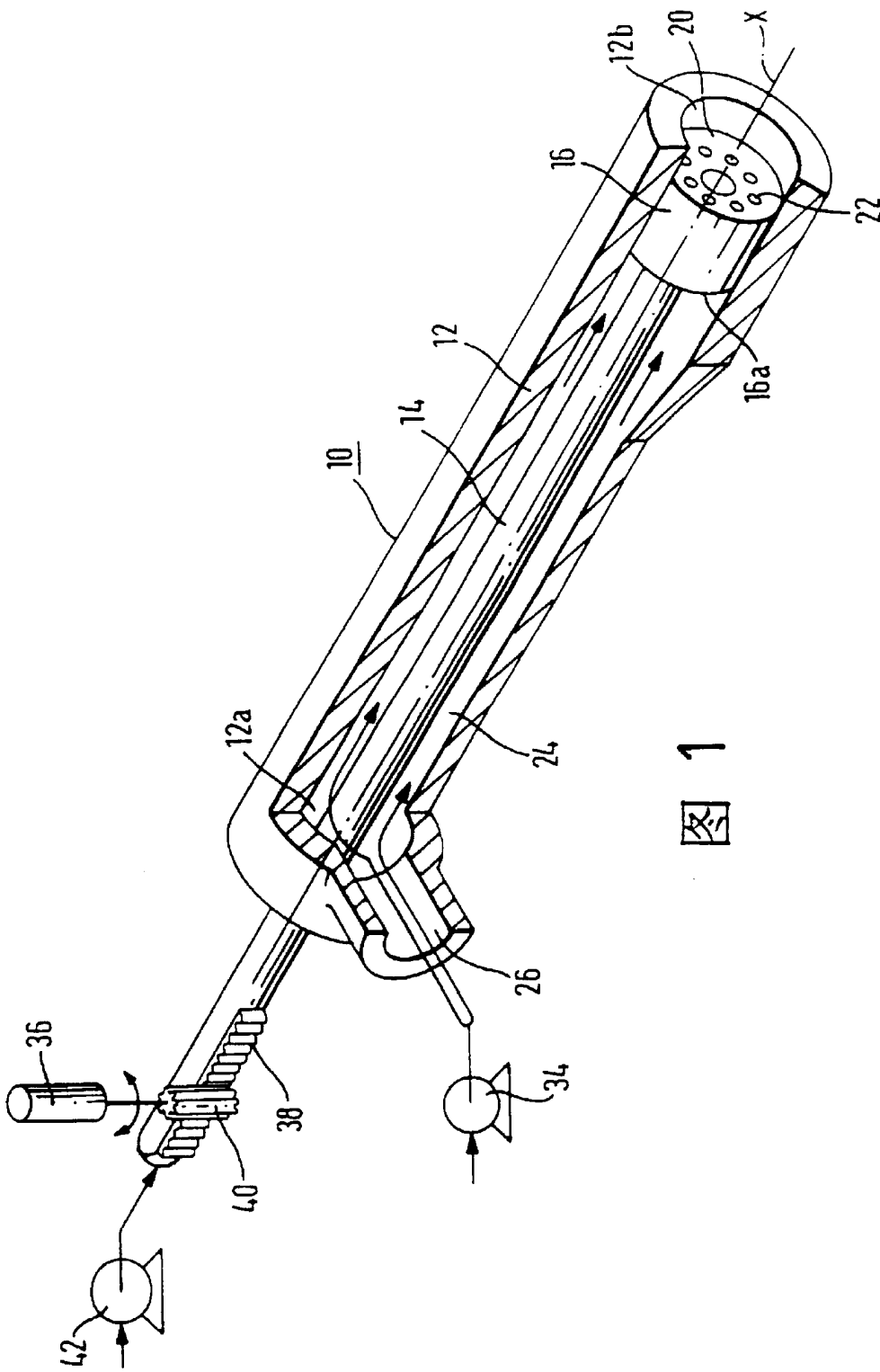
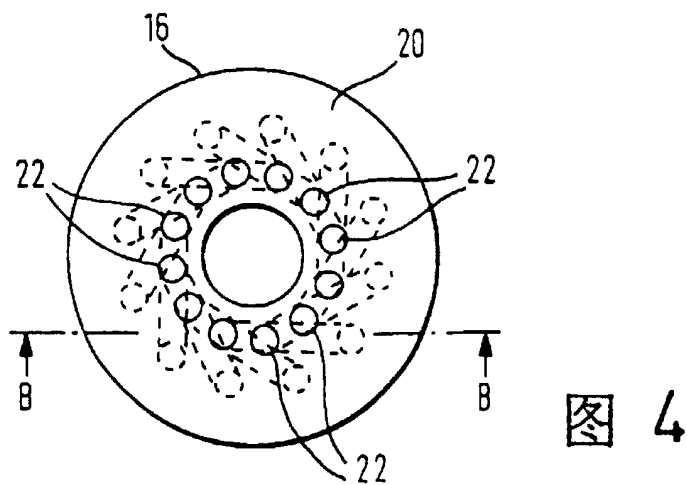
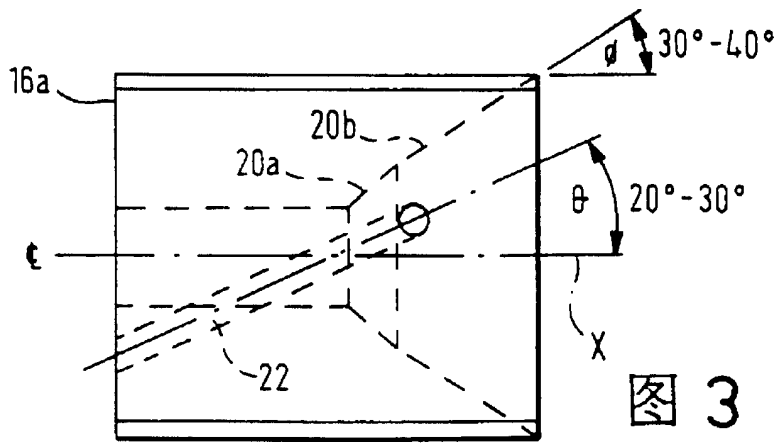
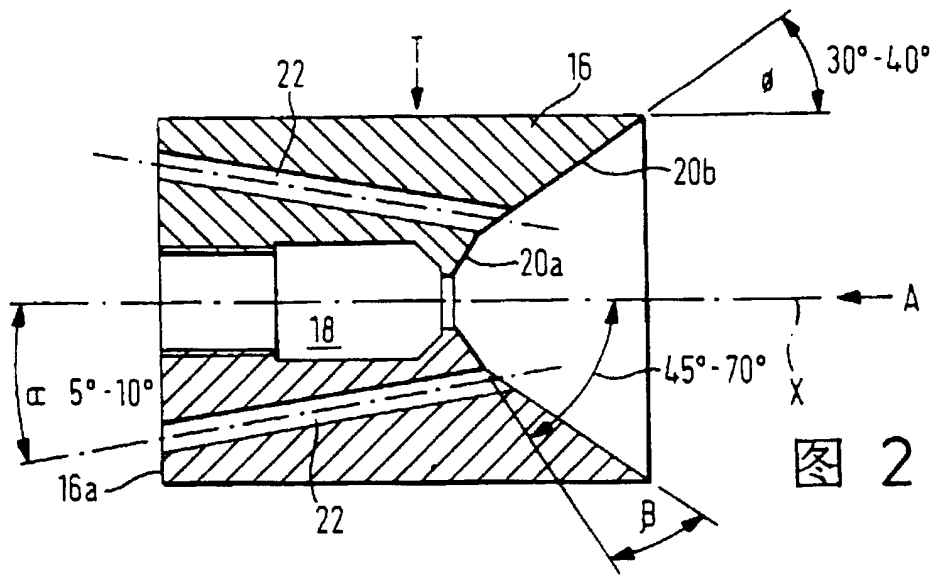


图 1



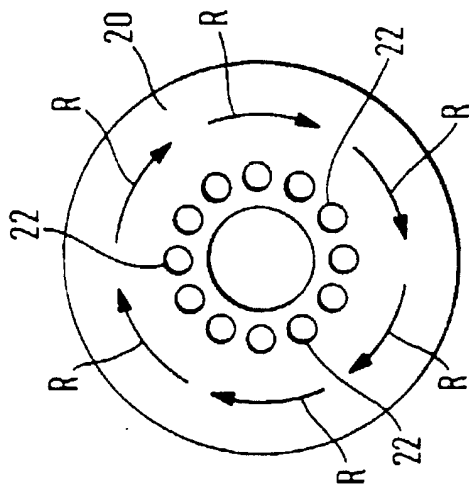


图 6

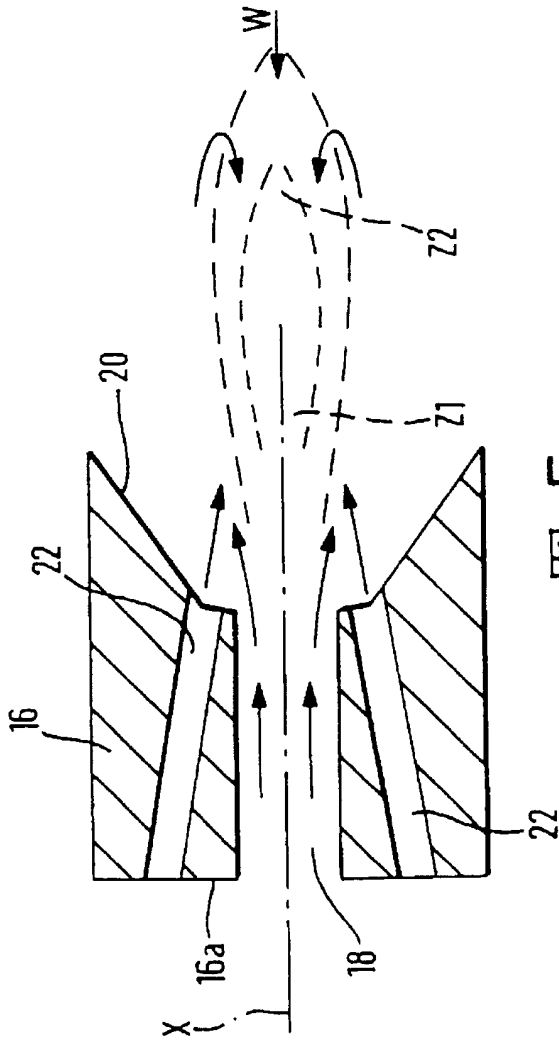


图 5

