



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101484752 B

(45) 授权公告日 2012. 12. 12

(21) 申请号 200780025648. 2

代理人 吴鹏 马江立

(22) 申请日 2007. 07. 05

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

F23D 14/84 (2006. 01)

0652847 2006. 07. 06 FR

(56) 对比文件

(85) PCT申请进入国家阶段日

EP 0703410 A1, 1996. 03. 27, 全文.

2009. 01. 06

EP 0306184 A1, 1989. 03. 08, 全文.

(86) PCT申请的申请数据

WO 97/44618 A, 1997. 11. 27, 全文.

PCT/FR2007/051598 2007. 07. 05

EP 0545357 A, 1993. 06. 09, 全文.

(87) PCT申请的公布数据

WO 96/27761 A, 1996. 09. 12, 全文.

W02008/003908 FR 2008. 01. 10

审查员 吴玉莹

(73) 专利权人 乔治洛德方法研究和开发液化空

气有限公司

地址 法国巴黎

专利权人 科学研究国家中心

(72) 发明人 B·扎穆纳 N·多基耶

B·拉贝戈尔 T·勒德兰

T·普安索 V·费弗尔

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

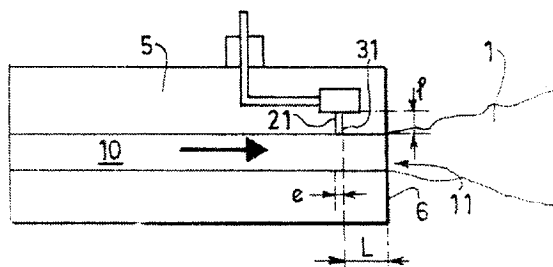
权利要求书 2 页 说明书 16 页 附图 11 页

(54) 发明名称

火焰方向和 / 或口径可调的燃烧器及其实施方法

(57) 摘要

本发明涉及火焰方向和 / 或口径可调的燃烧器及其实施方法。该燃烧器包括 : 用于喷射至少一主要射流如氧化剂和 / 或燃料或者氧化剂燃料预混合物的至少一个通道 (10) 以及将至少一个流体辅助射流 (2) 喷射到所述通道内的装置, 所述主要射流和所述至少一个辅助射流之间的相互作用使得可以改变火焰的方向和 / 或尺寸。使用所述燃烧器来利用方向可变和 / 或尺寸可调的火焰加热炉料。



1. 一种燃烧器,包括:

将氧化剂或燃料、或者氧化剂燃料预混合物的主要射流引导到出口主孔的通道,  
用于喷射辅助射流的至少一根辅助导管,

其中:

所述至少一根辅助导管通过位于主孔上游的辅助孔开口于该通道上,并且相对于该通道定位,使得在相应的辅助射流和主要射流之间的相互作用位置处,相应的辅助射流的轴线和垂直于主要射流轴线的平面之间的角度  $\theta$  大于或等于  $0^\circ$ , 并小于  $90^\circ$ , 并且

至少一个辅助孔与主孔的间距  $L$  小于或等于主孔的截面  $s$  的平方根的十倍,

其特征在于:

燃烧器包括调节每个相应的辅助射流的脉冲的装置,

所述燃烧器使得可以通过改变至少一股相应的辅助射流的脉冲来改变火焰的方向和 / 或口径。

2. 如权利要求 1 所述的燃烧器,其特征在于,角度  $\theta$  从  $0^\circ$  到  $80^\circ$ 。

3. 如权利要求 1 所述的燃烧器,其特征在于,角度  $\theta$  从  $0^\circ$  到  $45^\circ$ 。

4. 如权利要求 1 所述的燃烧器,其特征在于, $L < 5 * \sqrt{s}$ 。

5. 如权利要求 1 所述的燃烧器,其特征在于, $L < 3 * \sqrt{s}$ 。

6. 如权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器,其特征在于,调节装置控制每股相应的辅助射流的脉冲和主要射流的脉冲之间的比值。

7. 如权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器,其特征在于,包括至少一根辅助导管,该辅助导管相对于所述通道定位,使得在相应的辅助孔的高度处,所述主要射流和所述辅助射流的轴线正割或者类似正割,以便能改变燃烧器出口处火焰相对于位于相应辅助孔上游的主要射流的轴线的角度。

8. 如权利要求 7 所述的燃烧器,其特征在于,包括至少两根辅助导管,这两根导管相对于所述通道定位,使得这两个相应的辅助孔位于与主要射流的轴线垂直的同一个平面上,并且在这两个相应的辅助孔的高度处,相应的辅助射流的轴线与流体主要射流的轴线正割或者类似正割。

9. 如权利要求 8 所述的燃烧器,其特征在于,两个相应的辅助孔与主要射流的轴线在两个辅助孔的高度处共面,并且位于所述主要射流轴线的两侧。

10. 如权利要求 8 所述的燃烧器,其特征在于,在所述两个相应的辅助孔的高度处由主要射流的轴线和所述两个相应的辅助孔中的一个限定的平面垂直于由主要射流的轴线和所述两个相应的辅助孔中的另一个限定的平面。

11. 如权利要求 8 所述的燃烧器,其特征在于,包括至少四根辅助导管,该辅助导管相对于所述通道定位,使得这四个相应的辅助孔位于与主要射流的轴线垂直的同一个平面上,并且在这四个辅助孔的高度处,相应的辅助射流的轴线与主要射流的轴线正割或者类似正割,其中两个相应的辅助孔与第一平面上的主要射流的轴线共面,并且位于该轴线的两侧,另两个相应的辅助孔与第二平面上的主要射流的轴线共面,并且位于该轴线的两侧。

12. 如权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器,其特征在于,至少一根辅助导管相对于所述通道定位,使得在相应的辅助孔的高度处,相应的流体辅助射流的轴线与流体主要射流

的轴线不共面,以便能产生、保持或者加强所合成的流体射流围绕其轴线旋转,并因此改变燃烧器出口处的火焰的口径。

13. 如权利要求 12 所述的燃烧器,其特征在于,包括至少两根辅助导管,该辅助导管相对于所述通道定位,使得相应的辅助射流的轴线与主要射流的轴线不共面,并且相应的辅助射流定向在绕主要射流的轴线旋转的相同方向上。

14. 如权利要求 13 所述的燃烧器,其特征在于,两个相应的辅助孔位于主要射流的轴线的两侧。

15. 如权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器,其特征在于,至少一根辅助导管相对于所述通道如此定位,使得在相应的辅助孔的高度处,辅助导管的厚度  $e$  和高度  $l$  满足:高度  $l$  大于或者等于厚度  $e$  的 0.5 倍。

16. 如权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器,其特征在于,至少一根辅助导管相对于所述通道如此定位,使得在相应的辅助孔的高度处,辅助导管的厚度  $e$  和高度  $l$  满足:高度  $l$  在  $0.5e$  和  $5e$  之间。

17. 如权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器,其特征在于,包括用于控制流体主要射流的脉冲和流体辅助射流的脉冲之比的装置。

18. 如权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器,其特征在于,包括一个材料块,至少一部分通道位于该材料块内,主孔位于该材料块的其中一面或一个表面上。

19. 如权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器,其特征在于,包括用于控制主要和 / 或辅助射流的脉冲的装置。

20. 如权利要求 1-5 中任一项所述的燃烧器,其特征在于,包括位于所述通道的端部的耐火口,并且至少一根辅助导管通过位于耐火口中的辅助孔开口于所述通道上。

21. 一种借助火焰加热炉料的方法,所述火焰是用如权利要求 1-20 中任一项所述的燃烧器产生的。

22. 如权利要求 21 所述的方法,其特征在于,通过使主要射流与至少一股辅助射流相互作用来改变火焰的方向和 / 或口径。

23. 如权利要求 22 所述的方法,其特征在于,主要射流是包含氧化剂或燃料或者氧化剂和燃料预混合物的射流。

24. 如权利要求 21-23 之一所述的方法,其特征在于,火焰的方向被改变,以便扫过炉料的至少一部分表面。

25. 如权利要求 24 所述的方法,其特征在于,火焰的方向在至少两个正割平面上被改变,以便扫过炉料的至少一部分表面。

26. 如权利要求 21-23 中任何一项所述的方法,其特征在于,在第一阶段,火焰被引向炉料,而在第二阶段,火焰被引向平行于炉料。

## 火焰方向和 / 或口径可调的燃烧器及其实施方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及可以改变火焰方向和 / 或其口径的燃烧器, 所述燃烧器包括至少一个用于喷射至少一个主射流或主要射流的通道和至少一个用于喷射致动射流或者辅助射流的通道。主要射流一般为氧化剂和 / 或燃料和 / 或氧化剂 - 燃料预混合物的射流。

[0002] 本发明还涉及用所述燃烧器来改变火焰的方法和 / 或口径。它还涉及用这种燃烧器来加热炉料的方法, 其中, 火焰的方法和 / 或口径被改变。

### 背景技术

[0003] 大多数炉或者工业锅炉使用以非预混燃烧方式操作的燃烧器, 也就是说, 在这种方式中, 氧化剂和燃料分别到达燃烧的地方。然后, 燃料和氧化剂在燃烧室内部分 (火焰锁定在耐火口或者预燃室区段) 或者全部混合。这一混合由燃烧器的设计和工作参数控制, 并且确定了燃烧器的性能特征 (运行区域, 热量到有待加热的炉料的传递, 污染物的排放, 等等)。实际上, 在设计燃烧器时, 由燃烧器实现的氧化剂和燃料的各种射流或者流动的相互作用情况就已确定。一旦燃烧器形成, 就只有运行条件可以改变。这也适用于所谓的“预混合”燃烧器, 在这种燃烧器中, 氧化剂 / 燃料混合物在炉膛上游的燃烧器中产生。然后由单个管喷射反应物。

[0004] 这种工业燃烧方法的操作条件可以随时间改变。这自然是间歇法的情况, 但也是连续法的情况, 对于连续法的情况, 有待加热的炉料的特征可以根据生产需要而改变。更一般地说, 这是任何易于老化或者对其环境的可变情况敏感的生产单元的情况。

[0005] 为了使燃烧器的性能特征适应可变的运行条件, 操作者通常只有两个参数: 燃烧器的运行功率和氧化剂的过剩水平 (氧气超过化学计量)。

[0006] 某些燃烧技术提供了零散且数目非常有限的操作模式。例如, 所谓的“双脉冲”燃烧器的情况就是如此, 根据是用低脉冲还是高脉冲来操作燃烧器, 该燃烧器使用两个不同的喷射系统。这两种操作模式可以增加燃烧器的操作或者使用范围, 或者可以针对给定的操作点改变火焰的长度。

[0007] 但是, 操作点和 / 或操作模式的改变往往不足以优化燃烧器的或者在各种情况下使用这些燃烧器的方法的性能特征。例如, 循环进入炉子以用于熔化在环境温度下为固体的物质会导致操作者 (或者调节系统) 增加加热功率, 从而获得最快可能的熔化 (以便增加生产率), 但是不管怎样都不会使被熔化的炉料 (产品的质量) 降级, 或者使炉子过热 (设备的寿命)。生产率和质量和 / 或使用寿命之间的这种平衡尤其依赖于系统向炉料传递能量的能力, 以免后者或者炉子的耐火材料局部过热。这种平衡反映在熔化时间上, 低于一定的熔化时间时, 生产率上的任何收益会被产品质量的降低或者炉子使用寿命的缩短抵销。

[0008] WO-A-9744618 公开了一种具有中心燃料射流的燃烧器, 该中心燃料射流首先由多个主要的氧化剂射流包围, 然后由多个辅助的氧化剂射流包围。因此可以在操作中改变火焰位置。

[0009] 但是,火焰从中间位置到极限位置的最大偏转角实际上限于约  $15^\circ$  (总共最多  $30^\circ$ ),不允许入射的火焰掠过宽阔的炉料表面,并且因为需要多个用于氧化剂主要射流的孔和多个用于氧化剂辅助射流的孔,所以相应的燃烧器的结构相对较为笨重。

[0010] 此外,火焰的性质会随它的位置变化,这是因为混合物的性质会随冲角/入射角(喷嘴砖“外部”的混合物)改变,这导致污染排放、辐射传递的质量(火焰的亮度)和火焰的长度(放热峰的位置)改变。

## 发明内容

[0011] 本发明的主题是一种燃烧器,它允许火焰的方向和/或口径有大的改变,但不必中断燃烧器或者炉子的运行。本发明的另一个目的是用一种最佳的坚固的燃烧器来实现这种改变。

[0012] 发明的简要说明

[0013] 本发明意图用一股流体射流(称为主要射流或主射流)与至少一股其他流体射流(称为辅助射流或者致动射流)的相互作用来控制火焰的方向和/或口径,在所述主要射流喷射到用于输送该主要射流的装置(管子、耐火口、等等)上之前,在所述装置内出现射流之间的相互作用。

[0014] 根据本发明的燃烧器包括用于将主要射流引导到出口主孔的通道。主要射流一般为包含燃料、氧化剂或者燃料-氧化剂预混合物的射流。燃烧器还包括至少一根用于喷射辅助射流的辅助导管。由辅助射流喷射的流体可能属于也可能不属于与来自主要射流的流体相同的种类。由辅助射流喷射的流体可能不同于来自主要射流的流体,也可能不是这样。辅助射流尤其可以是惰性射流,例如蒸汽或者燃烧产物,例如再循环的烟道气。

[0015] 所述至少一根辅助导管通过位于出口主孔上游的辅助孔开口于主要射流的通道上。辅助导管相对于该通道如此定位,使得在来自该辅助导管的辅助射流(以下称为相应的辅助射流)和主要射流之间的相互作用位置处(为两个液流所共有的虚拟表面的惯性中心),相应的辅助射流的轴线和垂直于主要射流的轴线的平面之间的角度  $\theta$  大于或等于  $0^\circ$  且小于  $90^\circ$ ,优选是从  $0^\circ$  到  $80^\circ$ ,此外优选是从  $0^\circ$  到  $45^\circ$ 。当角度  $\theta = 0^\circ$  时,这是优选的,相应的辅助射流的轴线位于与主要射流的轴线垂直的平面上。

[0016] 所述至少一个辅助孔与主孔的间距  $L$  小于或等于出口主孔的截面  $s$  的平方根的十倍,优选为  $L < 5 \cdot \sqrt{s}$ ,此外优选为  $L < 3 \cdot \sqrt{s}$ 。

[0017] 从“2002年7月14-18日的 FEDSM'02 美国机械工程师学会-欧洲流体工程分部夏季联合会议的会报”和 V. Faivre 和 Th. Poinso 的论文“Experimental and numerical investigations of jet active control for combustion applications”(《湍流杂志》,卷 5,第 1 期,2004 年 3 月,第 25 页)知道如何使用一股主要射流周围有四股辅助射流的特殊结构来稳定火焰——由于辅助射流和主要射流之间的相互作用。观察到了较宽的离散角。

[0018] 根据本发明,燃烧器装备有用于控制至少一股辅助射流的脉冲的装置。

[0019] 因此,如在下文详述的那样,本发明可以通过用所述装置改变至少一股辅助射流的脉冲来改变从燃烧器中获得的火焰的方向和/或口径。

[0020] 优选地,用于控制至少一股辅助射流的脉冲的装置是使得可以控制辅助射流的脉冲和主要射流的脉冲之比的装置。

[0021] 因此,本发明不用机械装置就可以使火焰的方向和 / 或口径产生大的改变,该机械装置是潜在的故障源,尤其是在恶劣的环境中,例如在具有高温和 / 或污染或者腐蚀性气氛的炉膛中。

[0022] 控制装置尤其可以主动地或者动态地控制至少一股辅助射流的脉冲,也就是说,它们不用中断燃烧器的操作 / 不用中断火焰就可以改变脉冲。因此,根据本发明的设备允许同样动态地改变火焰的方向和 / 或口径。

[0023] 优选地,与主要射流相互作用以在火焰上获得预期效果的辅助射流的数目最少,从而限制燃烧器的复杂性和制造成本,如果辅助射流是独立驱动的,还可以限制用于输送和调节流体流量的系统的复杂性和成本。例如,用单股辅助射流可以获得单向效应。

[0024] 在本说明所用的术语中,一些应该在本发明背景中做更精确的定义,以便更好地限定它们的范围:

[0025] 射流 / 火焰的方向被定义为与流体 / 火焰的通道的截面垂直的一元矢量,并定向在流动方向上,即从上游到下游。

[0026] “厚度 e”指的是辅助导管在主要射流的流动方向(根据图 1 中的箭头)上的尺寸。因此,在图 1 的具体情况下, e 代表辅助导管 21 在辅助孔 31 的高度处的直径,因为这根辅助导管 21 在这个例子中是柱形。

[0027] 对于喷射到柱形通道(例如图 1 中的通道 10)中的射流 / 火焰来说,射流 / 火焰的“口径”表示该通道的纵向轴线和离开该通道的射流 / 火焰的表面处的母线之间的角度。在不与辅助射流相互作用的情况下,母线相对于该轴线大约倾斜  $10^{\circ}$  到  $15^{\circ}$ , 根据本发明(参见图 9A),该斜度可能达到  $70^{\circ}$ , 甚至更大。通过延伸,术语口径还表示通道中的流向(当通道没有圆截面时)和母线之间的角度。

## 附图说明

[0028] 根据随后的详细说明,并参照用于图解表示各典型实施方式的图形,根据本发明的燃烧器的各实施方式的各种特征及其使用会变得更显而易见,这些实施方式是由非限制性的例子给出的,并且更具体的是:

[0029] - 图 1:根据本发明的通过射流相互作用来控制火焰的(预混合)燃烧器的理论图。

[0030] - 图 2:根据本发明的安装在炉膛上的燃烧器的调节。

[0031] - 图 3A 和 B:用于控制火焰方向的燃烧器,图 3A 是燃烧器的横截面,而图 3B 是燃烧器的纵向截面,该燃烧器包括四股相互成  $90^{\circ}$  排列并且以与主要射流的方向垂直的冲角射出的辅助射流。

[0032] - 图 3C、D 和 E:使用块件(pastille)将具有平行的主要和辅助射流的喷嘴转换成根据本发明的燃烧器。

[0033] - 图 4A 和 B:使得可以控制合成射流的口径的燃烧器的纵向和横向截面。

[0034] - 图 5:用燃烧器借助两股射流(合成)——一股燃料射流和一股氧化剂射流——来改变火焰。

[0035] - 图 6:具有耐火口的“管套管”类型燃烧器。

[0036] - 图 7A、B 和 C:具有独立射流的燃烧器。

- [0037] - 图 8 :在不同冲角的情况下,火焰的热通量密度与离喷射点的距离的关系。
- [0038] - 图 9A 和 B :火焰口径控制的各种变化的实施方式。
- [0039] - 图 10A 和 B :控制参数对火焰偏转以及向炉料的传热的影响。
- [0040] - 图 11 :视射流脉冲 (impulsions) 比而定的火焰孔径角。
- [0041] - 图 12 :本发明的系统的典型应用——利用火焰的冲角 / 入射角的改变加热炉料。
- [0042] - 图 13 :利用本发明以通过横向移动火焰来加热炉料。
- [0043] - 图 14 :火焰的可变口径的应用,以从炉子中带走气体。
- [0044] - 图 15 :火焰的喷射高度与控制参数的关系。
- [0045] - 图 16 :通过耐火口来保护燃烧器的端部。
- [0046] - 图 17 :通过套筒砖来保护燃烧器的端部。
- [0047] 具体实施方式
- [0048] 在下文中,相同的参考数字一方面用于表示主要射流和它在其中流动的通道,另一方面用于表示辅助射流或者致动射流以及该辅助射流在其中流动的相应的辅助导管。
- [0049] 图 1 表示在本发明的燃烧器中控制火焰的方法的理论图。
- [0050] 该燃烧器包括使得可以将主要射流引向出口主孔 11 的通道 10。
- [0051] 主要射流由通道 10 来引导,并与从辅助导管 21 中获得的辅助射流相互作用,以便在出口孔 11 的下游产生方向和 / 或口径与没有辅助射流时的火焰的方向和 / 或口径不同的火焰 1。
- [0052] 至少一根用于喷射辅助射流的辅助导管 21 通过辅助孔 31 开口于通道 10 上。该辅助导管 21 相对于通道 10 如此定位,使得在相应的辅助射流和主要射流之间的相互作用点处,辅助射流 21 的轴线和垂直于主要射流 10 的轴线的平面之间的角度  $\theta$  大于或等于  $0^\circ$ , 且小于  $90^\circ$  (在图 1 中,  $\theta = 0^\circ$ )。
- [0053] 辅助孔 31 与主孔 11 相距距离 L, L 小于或等于  $10 \times \sqrt{s}$  (s = 主孔 11 的截面)。距离 L 使得可以用各自的相同脉冲改变辅助射流对主要射流的影响。例如,为了使定向效应最大化,要努力使这个距离最小。通常,对于氧气燃烧器和兆瓦级的发出功率,长度 L 小于或等于 20cm,更优选地小于或等于 10cm。
- [0054] 该燃烧器包括用于控制辅助射流脉冲的装置。有用地,可以从用于控制质量流量、用于控制压头损失、用于控制通道截面的设备以及用于控制温度、用于控制流体化学成分或者用于控制压力的设备中选择这些装置。
- [0055] 这些装置优选地是使得可以控制辅助射流的脉冲和主要射流的脉冲之比的装置。
- [0056] 控制装置使得可以激活和停止一股或多股辅助射流 (使所涉及的辅助射流流动或者不流动),以便动态地改变火焰的方向和 / 或口径。
- [0057] 控制装置优选地还可以动态地增加和减少一股或多股辅助射流的脉冲 (非零),或者增加和减少辅助射流的脉冲和主要射流的脉冲之比。
- [0058] 燃烧器可以经同心排列的氧化剂喷射槽道和至少一个燃料喷射槽道、或者甚至经相互独立并且优选地相互平行的氧化剂喷射槽道和至少一个燃料喷射槽道补给燃料和氧化剂。
- [0059] 燃烧器有利地包括一块材料 5,例如一块耐火材料,通道 10 的至少一部分位于其中,出口主孔 11 位于该块的其中一面或其中一个表面:正面 6 上。

[0060] 在图 1 中,辅助射流由贯穿块 5 的辅助导管 21 输送,该辅助射流优选地基本垂直地喷射到主要射流上。

[0061] 主要射流和辅助射流之间的相互作用发生在距所述块的正面 6 的距离为 L 的位置处,主要射流的通道 10 开口于该面上,如前所述,这个距离 L 可以变化。

[0062] 根据一个如图 3A 和 3B 所示的可以改变火焰方向的实施方式,燃烧器包括至少一根辅助导管 321、322、323 和 324,该导管相对于主要射流的通道 310 如此定位,使得在相应的辅助孔 331、332、333 和 334(即,所述辅助导管通过其中开口于该通道上的辅助孔)的高度处,主要射流的轴线和相应的辅助射流的轴线正割或类似正割。

[0063] 通过改变至少一个相应的辅助射流的脉冲,通道和辅助导管之间的这种布置使得可以改变火焰轴线和辅助孔上游的主要射流的轴线之间的角度。

[0064] 如果,在没有致动射流的情况下,从出口主孔 311 中获得的火焰垂直于图 3A 的平面,那么通过辅助导管 323 的射流的喷射允许火焰向图 3A 中的右侧,即沿与来自辅助导管 323 的射流的流向相同的方向偏转。如果,同时,辅助射流通过辅助导管 324 喷射,那么根据来自辅助导管 323 和 324 的射流的相对运动量,可以获得朝某个方向(在图 3A 的平面上的投影)偏转的火焰,该方向可以在来自辅助导管 323 和 324 的射流的方向(在图 3A 中向右和向下)之间不断地改变。

[0065] 燃烧器优选地包括至少两根辅助导管,这两根导管相对于通道 310 如此定位,使得,一方面,两个相应的辅助孔位于通道 310 的同一个横截面上,另一方面,在这两个辅助孔的高度处,相应的辅助射流的轴线与主要射流的轴线正割或者类似正割。在此情况下,两个相应的辅助孔可以,有用地,位于主要射流的轴线的任一侧(对于孔 331 和 333 向右和向左;对于孔 332 和 334 向下和向上),这两个辅助孔和主要射流的轴线优选位于唯一一个平面(对于孔 331 和 333 是水平的;对于孔 332 和 334 是竖直的)上。

[0066] 根据另一个有用的结构,在两个相应的辅助孔的高度处,由主要射流的轴线和两个相应的辅助孔中的一个限定的平面垂直于由主要射流的轴线和两个相应的孔中的另一个限定的平面。例如,由通道 310 的轴线和辅助孔 331 限定的水平面垂直于由该轴线和辅助孔 332 限定的竖直面。

[0067] 还可以将这两个实施方式结合起来。在此情况下,如同在图 3A 和 3B 中所示,燃烧器包括至少四根辅助导管 321,322,323 和 324,它们相对于通道 310 如此定位:

[0068] (1) 四个相应的辅助孔 331、332、333、334 位于通道 310 的同一个横截面上,且

[0069] (2) 这些相应的辅助孔中的两个 331 和 333 与主要射流的轴线限定出第一平面,并且这两个孔位于该轴线的任一侧,另两个辅助孔 332 和 334 与主要射流的轴线限定出第二平面,第一平面优选垂直于第二平面。

[0070] 这一安排使得可以改变第一平面和第二平面(例如水平面和竖直面)中的火焰的方向,并且如所选择的那样,朝向位于每个平面上的四个辅助孔中的一个或另一个(例如,在水平面中向左和向右,而在竖直面中向上和向下),并且如上所述,朝向任何中间方向。

[0071] 在四个相应的辅助孔 331-334 的高度处,四股相应的辅助射流的轴线优选处于与主要射流 310 的轴线垂直的同一个平面上。

[0072] 本发明还可以在主要射流和一股或多股辅助射流之间产生相互作用,以便产生、保持或者加强由该相互作用引起的流体射流的旋转,从而使火焰绕其轴线旋转。这种相互



作用使得可以改变火焰的口径。

[0073] 如图 4A 和 4B 所示,燃烧器可以装备至少一根辅助导管 421-424,这些导管相对于主要射流的通道 410 如此定位,使得在相应的辅助孔 431-434 的高度处,相应的辅助射流 421-424 的轴线与主要射流 410 的轴线不共面或者基本不共面,该至少一根辅助导管 421-424 优选沿切线开口于主要射流的通道 410 上。因此,主要射流和辅助射流之间的相互作用就使主要射流产生旋转脉冲。

[0074] 燃烧器可以,有用地,包括两根辅助导管 421 和 422,这两根导管相对于主要射流的通道 410 如此定位,使得,在这两个相应的辅助孔 431、432 的高度处,两股相应的辅助射流 421 和 422 的轴线与主要射流 410 的轴线不共面,这两股辅助射流定向在绕主要射流的轴线旋转的同一方向上。因此,这两股辅助射流有助于火焰上出现的旋转脉冲。

[0075] 这两个辅助孔有利地位于通道的 410 的相同的横截面上,或者位于垂直于主要射流的轴线的同一个平面上。它们可以位于主要射流的轴线的任一侧(孔 431 和 433 或者 432 和 434)。它们也可以如此定位,使得由主要射流的轴线和两个辅助孔中的一个 431 限定的平面垂直于由主要射流的轴线和两个辅助孔中的另一个 432 限定的平面。

[0076] 根据一个实施方式,燃烧器包括至少四根辅助导管 421-424,这些导管相对于主要射流的通道 410 如此定位,使得在相应的辅助孔 431-434 的高度处,相应的辅助射流的轴线射流基本上不与主要射流的轴线共面。两个相应的辅助孔 431 和 433 基本上与主要射流 410 的轴线在第一平面中共面,并且位于主要射流的轴线的两边。另两个相应的辅助孔 432 和 434 基本上与主要射流 410 的轴线在第二平面中共面,并且也位于主要轴线的两边,这四股相应的辅助射流指向绕主要射流的轴线旋转的同一方向。第一和第二平面尤其可以彼此垂直。还优选将四个相应的辅助孔放在通道 410 的同一个横截面上。

[0077] 为了在主要射流上产生旋转脉冲,从而改变火焰的口径,要优选确保:一方面,在辅助孔的有主要射流和相应的辅助射流相互作用的高度处,辅助射流的轴线属于在此位置处与主要射流的轴线垂直的平面,另一方面,辅助射流的轴线和辅助孔的(或者更精确地说,主要射流的通道的位于辅助孔高度处的虚拟表面)在此表面上的切线之间的夹角在  $0^{\circ}$  到  $90^{\circ}$  之间,优选在  $0^{\circ}$  和  $45^{\circ}$  之间。

[0078] 图 4a 和 4b 显示了用于控制火焰口径的典型实施方式。主要射流(在图 4a 中的通道 410 中,从左流向右)遇到来自辅助导管 421、422、423 和 424(在图 4b 中有所表示,图 4b 是图 4a 的平面 A-A 上的横截面)的辅助射流。这些辅助射流以与通道 410 相切的角度冲击到主要射流上,因此使得可以根据这些不同的射流的脉冲,或多或少地“打开”火焰。这一口径效应主要是由于辅助射流和主要射流具有不相交的轴线,不过射流之间具有实际的相互作用。这使得合成射流旋转,从而使火焰在其轴线上旋转。

[0079] 还可以在单个燃烧器中将可以根据上述任何一项实现方法来改变火焰方向的实施方式与上述任何一项可以产生、保持或者加强合成射流旋转进而改变火焰口径的实施方式结合起来。

[0080] 为了同时获得方向效应和旋转效应,所以将前面各段的教导结合起来。为了实现方向和旋转效应的动态变化,例如,可以提供数个辅助射流喷射系统。

[0081] 通过提供单独的带有辅助射流脉冲调节装置例如进给阀的辅助导管,就可以简单地通过致动所述调节装置(阀)来连续或者间断地改变合成射流的形状和方向。

[0082] 为了使辅助射流能尽可能有效地作用在主要射流上,致动射流应该基本上垂直于主要射流的方向喷射。

[0083] 至于最佳操作,燃烧器可以包括至少一根相对于主要射流的通道 10 如此定位的辅助导管 21,即在相应的辅助孔 31 的高度处,该导管的厚度  $e$  和高度  $l$  应满足: $l \geq 0.5e$ , 优选是: $0.5e \leq l \leq 5.0e$ (参见图 1)。大于或等于  $0.5e$  的最小高度使得可以在相应的辅助射流和主要射流之间引起最佳的相互作用。

[0084] 例如,为了实际产生辅助射流,以便在该辅助射流和主要射流之间的相互作用点处,辅助射流轴线和垂直于主要射流轴线的平面之间的角度  $\theta$  为  $0^\circ$ ,优选在相应的辅助孔之前,让辅助导管具有基本上垂直于主要射流在长度  $l$  上的轴线的方向,长度  $l$  优选为所述导管的厚度  $e$ (主流体流动方向上的尺寸,当导管是圆柱形时, $e$  是导管的直径)的 0.5 到 5 倍。显然,该长度  $l$  还可以大于  $5e$ ,但不会额外增加辅助射流有效冲击在主要射流上的效果。例如,对于在环境条件下喷射气态烃类并喷射氧气的燃烧器,对于 100kW 的燃烧器, $l$  至少为 5mm,对于 10mW 的燃烧器, $l = 50\text{mm}$ 。

[0085] 燃烧器可以包括位于通道末端的耐火口或者预燃室(例如由陶瓷制成),至少一根辅助导管至少部分被安排在耐火口/预燃室内。

[0086] 主要射流的通道可以全部或者至少部分由喷射主要射流的主要导管构成。该主要导管开口于主要孔上。

[0087] 该主要孔可以与该通道的出口主孔重合。

[0088] 如图 3c、d、e 和图 6 所示,当主要导管 308、608 在出口主孔 311、611 之前结束时,主要孔 309、609 就位于主孔 311、611 的上游。在此情况下,至少一个辅助孔 334、632、634 可以位于主要导管 308、608 的主要孔 309、609 和该通道的主孔 311、611 之间。

[0089] 图 6 更具体地表示位于商标为 ALGLASS 的管套管型燃烧器中的本发明典型实施方式,该燃烧器具有位于陶瓷耐火口内且与该燃烧器相连的预燃室,火焰在其中是稳定的(例如,像在申请人名下且由申请人市场化的美国专利申请 US-A-5772427 和 US-A-5620316 中描述的那样)。在该图中,耐火口块体 605 包括一空腔 671,那两根管开口于该空腔中。

[0090] 因此,主要射流的通道 610 包括通过主要孔 609 开口于空腔 671 上的主要导管 608、通过位于主要孔 609 下游的耐火口的正面上的出口主孔 611 开口的空腔。

[0091] 在燃烧器的耐火口块体 605 中有多根辅助导管 622、624,它们分别通过距离出口主孔 611 的距离为  $L$  的辅助孔 632 和 634 基本上垂直于燃烧器的对称轴 X-X 开口于通道 610、尤其是空腔上。

[0092] 示意性地,这两根管包括由同心管包围、用于喷射燃料的中心管(优选),氧化剂被喷射到该同心管中,两种流体在空腔 671 中混合。

[0093] 在该典型实施方式中,由这两根管子同轴喷射的氧化剂和燃料(可能还有燃烧产物)在辅助孔 632、634 的上游混合。然后,火焰的方向和/或口径由至少一股致动射流 622、624 的作用、更特别的是受控脉冲的作用调节。

[0094] 为了本发明的燃烧器的最佳操作,在至少一个辅助孔的高度处,主要射流的通道会在至少一根相应的辅助导管的延长线上提供无阻碍的、或者至少基本上无阻碍的流体通道,从而允许在至少一股相应的辅助射流和主要射流之间进行有效的相互作用。一般来说,主要射流的通道的横截面会在至少一个辅助孔的高度处限定无阻碍、或者至少基本上无阻碍

碍的流体通道。这在图 6 中示出,其中引导燃料的中心管结束于主要孔的高度处,因此恰好结束于辅助孔之前。

[0095] 图 3c、d 和 e 显示了燃烧器的另一个实施方式,其中主要导管 308 结束于出口主孔 311 之前。

[0096] 图 3c 代表类似于图 3B 的实施方式变体,但喷嘴 345 中有两个平行通道(主要导管 308 和辅助导管 324)的实施方式,这两个通道 308 和 324 开口于喷嘴的正面。块件 342 被放在正面,这可以使来自辅助导管 324 的辅助射流朝向离开主要导管 308 的主要射流,更特别的是垂直于或者基本垂直于主要射流。这样,可以使火焰偏转,例如在由图 3c 中箭头 344 表示的方向上。(火焰的方向 344 取决于主要射流与辅助射流的脉冲比。)因此,通过用控制装置改变辅助射流的脉冲,可以获得可变的火焰方向,火焰可以扫过整个表面,例如待热液池的表面。

[0097] 图 3d 是喷嘴 345 的分解图,块件 342(通过该图中未示的装置)安装在该喷嘴上,块件 342 在这里的形式是中空的圆柱形横向部件 350,它支在喷嘴 345 的端部上,而该块件中的孔 346 位于主要导管 308 的开口位置处。

[0098] 图 3e 代表该块件 342 的底部(内侧),它的内面 349 包括空腔 347,来自辅助导管 324 的辅助射流会在其中传播,然后通过出口主孔 346 上方的缝隙 348 基本垂直地与来自主要导管 308 的主要射流会合。因此,来自孔 346 的火焰 344(图 3c)会向下偏转(与图 3c、d 和 e 相比)。

[0099] 应该指出的是,在它们与主要射流相互作用的各位置之前用块件将所需方向给予一个或多个辅助射流的可能性并没有局限于如此定向以改变火焰方向的辅助射流,而且适用于上述的可以改变火焰口径的辅助射流。

[0100] 本发明还涉及用于动态或者主动控制燃烧系统或者燃烧器的性能特征的方法,它是用一股或多股辅助射流来影响主要射流,从而改变射流并产生火焰,火焰的方向和/或口径可以根据主要和/或辅助射流的特征(特别是方向和动量)改变。在闭环或者开环模式中,该方法可用于调节用于喷射流体射流(液态、气态或者固态分散体)的燃烧系统的性能特征。

[0101] 图 2 表示用于调节安装在炉膛 212 上、根据本发明的燃烧器 210 的性能特征的方法。

[0102] 传感器 214、216 和 217 分别测量表征燃烧产物、燃烧或者炉膛运行条件和燃烧器运行的量。这些测量值通过线路 218、219 和 220 传输到控制器 215。后者根据这些特征量的设定值确定辅助射流的工作参数,以便将这些特征量保持在它们的设定值处,并用线路 221 将这些参数传输到燃烧器的控制单元 211。

[0103] 根据本发明的燃烧器有利地包括用于控制主要和/或辅助射流脉冲的装置,或甚至用于控制主要射流和辅助射流脉冲之比的装置。该比值是主要射流的通道截面和辅助导管的截面之比、辅助导管中的流速与供给火焰的合成射流的流速之比、以及主要射流与辅助射流的流体比重之比的函数。(在下面各段中,当考虑这些比值之一改变时,认为另外两个恒定。))

[0104] 假定各自的流量恒定,那么当该通道的截面与辅助导管在相应的辅助孔的高度处的截面之比增加时,相应的辅助射流对主要射流的影响也增加。截面之比优选在 5 到 50 之

间选择,并且更优选在 15 到 30 之间。所有辅助射流的流速与总流速之比一般在 0(没有辅助射流)到 0.5 之间变化,优选在 0 到 0.3 之间,更优选在 0 到 0.15 之间,要记住火焰的偏转和 / 或口径随该流速之比的增加而增加。

[0105] 构成辅助射流的每种流体的比重与主要射流的流体比重之比可以控制辅助射流的冲击。在流速恒定时,辅助射流在主要射流上的效果会随该比值的下降而增加。出于实用的原因,在辅助射流中和在主要射流中通常使用相同的流体(比值等于 1)。为了增加(在质量流量恒定时)辅助射流的效果,使用密度比主要射流中的流体的密度低的流体。辅助射流中的流体的性质根据最终应用来选择。例如,空气和氦气(密度较低)的混合物可用于控制空气射流的偏转,或者通过辅助的蒸汽射流控制主燃料射流和 / 或氧化剂射流,可以增加丙烷燃烧火焰中的燃烧产物的夹带。通常,密度最大的流体与密度最小的流体的比重(或者密度)之比可以在 1 到 20 之间变化,优选在 1 到 10 之间,更优选在 1 到 5 之间。

[0106] 通道和 / 或辅助导管的喷射截面的几何结构可以具有各种形状,尤其是圆形,正方形,矩形,三角形,长圆形,多叶形,等等。这些喷射截面的几何结构影响了合成射流 / 火焰的不稳定性的发展。例如,从三角形喷射器喷出的射流比从圆形喷射器那里获得的射流更不稳定,这种不稳定性有利于合成射流与周围介质的混合。同样,与圆形或者正方形喷射器不同,长圆形喷射器在靠近喷射器的区域会促进射流的不对称发展。

[0107] 关于用于产生辅助射流的流体的物理 / 化学性质,可以选择它们来控制合成射流的某些性质。例如,可以通过使用氧气(或者其他氧化剂)和 / 或氢气(或者其他燃料),改变燃料(例如天然气)和氧化剂(例如空气)主要射流混合物的反应性。

[0108] 如果,恰在主要和辅助射流的相互作用位置之前,主要射流通道的端部装备有包括会聚 / 发散导程的喷嘴(在文献中也称为拉伐尔(Laval)喷嘴),那么就可以在发散导程的出口处获得(以文献中本身已知的方式)主要流体射流和合成射流,例如方向可变的超声波氧气射流(也可能是口径可变,但是一般会丧失超音速,在某些方法中可以交替使用亚音速和超音速)。拉伐尔喷嘴也可以位于出口主孔之前的合成射流上。

[0109] 根据该方法的变体,使用至少两股辅助射流,以便改变火焰在平面内的方向(例如,向左和向右,或者向上和向下)。还可以使用至少两股辅助射流,以便改变火焰在至少两个正割平面内的方向。这两个变体单独或者结合起来使得可以扫过至少一部分表面,例如炉料表面。

[0110] 通过使用轴线与主要射流轴线不正割或者类似正割的辅助射流,炉料上方的火焰的口径可以自己或者与扫程一起改变。

[0111] 优选设置用于控制主要射流和 / 或至少一股辅助射流的动量的装置。

[0112] 应该注意的是,尽管在上文中已经参照具有单股主要射流的实施方式举例说明过燃烧器和方法,其中该股主要射流与一股或者多股辅助射流相互作用,但是,本发明显然还覆盖这样的燃烧器,即,用与一股或多股辅助射流相互作用的多股主要射流来产生一个或多个口径和 / 或方向可变的火焰。

[0113] 图 5 示出本发明的燃烧器是如何用两股主要射流:燃料主要射流和氧化剂主要射流,来产生可变火焰的。每股主要射流都与一个或多个辅助射流相互作用。由于这一相互作用,用该燃烧器得到的两股合成射流以及火焰具有可变的的方向和 / 或口径。

[0114] 图 5a 图示了位于氧化剂合成射流 62 下方的燃料合成射流 61,在此情况下,这些射

流中没有一个是与一个或多个辅助射流的相互作用来控制的。图 5b 展示了相同的合成射流,但在合成射流受控或者反向偏转(会聚射流)的地方除外。射流 60 被辅助射流 62 向下偏转,而射流 61 被辅助射流 63 向上偏转,直接从下到上(不同于 61)。图 5c 展示了在这些射流受控或者沿同一方向(在该图中向上)偏转的位置处的合成:辅助射流 63 和 65 从下到上分别作用在主射流 61 和 60 上,从而产生全部向上的合成射流。这三个例子可以获得方向和形态(长度、扁度、等等)完全不同的火焰。火焰 64 在这两个射流的中间水平面上会非常宽,而火焰 67 会剧烈向上偏转。

[0115] 根据本发明,在辅助射流和主要射流之间的相互作用位置处,辅助射流的轴线与垂直于主要射流轴线的平面形成小于  $90^\circ$ 、优选等于  $0^\circ$  的角。但是,如图 3C 和 D 所示,由于容积的原因,供给这些射流的通道往往基本上平行。为了使辅助流在两股流体相互作用区域的高度处再定向,可以在具有平行通道的燃烧器的端部处将一个下文称为喷射块的尾端件固定到冲击在主要射流上的辅助射流内,该喷射块的作用是转变起初平行于主要射流的辅助射流的方向,所述辅助射流的轴线优选位于垂直于主要射流轴线的平面内。

[0116] 但是,将该燃烧器用于极高温方法 ( $T > 1000^\circ\text{C}$ ) 可能导致喷射块过热并碎裂。

[0117] 为了克服这种问题,将在喷射块的定尺寸方面进行努力,以减少燃烧器的在高温包壳中易受辐射的前表面。为此,将尽力限制比值  $1/e$ 。

[0118] 还可以使用如图 16 和 17 所示的两个方案之一。第一方案(图 16)是将燃烧器 500 放在耐火件 501 中,耐火件的几何结构和相对燃烧器/耐火口的位置会防止前者受到过度辐射。燃烧器在耐火口中的位置或者后置必须足以防止它受到辐射,但不管怎样不必限制火焰的定向幅度。为此,通过沿图 16 中的虚线 160 以角度  $\alpha$  消除耐火口的一部分可以改变耐火口的几何结构。

[0119] 比值  $R/d$  优选在 0.3 到 3 范围内,而角度  $\alpha$  位于  $[0^\circ, 60^\circ]$  的范围内。

[0120] 第二方案是将套砖型耐火件直接加到如图 17 所示的燃烧器的前端上(出口主孔位于这里)。该方案可以消除几何结构复杂的耐火口。套砖的尺寸不应限制喷射器的定向幅度。这特别意味着套砖的厚度  $f$  较低(小于主要射流的直径),甚至意味着用于生产这种套砖的材料的热导率极低。例如,可以选择氧化铝。

[0121] 本发明还涉及用燃烧器加热炉料的方法,其中,火焰相对于炉料的方法(和/或口径)被改变。如上文已经提到的那样,本发明尤其可以使用一股或者至少两股辅助射流,以便改变火焰在平面中的方向(例如,向左和向右,或者向上和向下)。还可以使用至少两股辅助射流,以便改变火焰在至少两个正割平面内的方向。这两个变体可以单独或者结合起来扫过至少一部分炉料表面。

[0122] 根据一个实施方式,是这样加热炉料的:在第一阶段,火焰被引向炉料,而在第二阶段,火焰被引向基本平行于炉料。

[0123] 尤其是在第一阶段,火焰的喷射角可能在大约  $90^\circ$  到  $5^\circ$  之间,通常在大约  $90^\circ$  和  $10^\circ$  之间。在第二阶段,火焰的喷射角一般在大约  $5^\circ$  和  $0^\circ$  之间。

[0124] 在第一阶段,火焰的喷射角优选在  $5^\circ$  和  $75^\circ$  之间,更优选从  $25^\circ$  到  $45^\circ$ 。

[0125] 图 8 显示了被火焰传递到炉料上的热流量/热通量根据火焰在炉料上的入射角随着到火焰反应物喷射点的距离变化的三根曲线。注意到随着火焰入射角的增加,传递到炉料的热流量急剧增加。对于零入射角( $\alpha = 0$ ,参见图 12),热流量在火焰的整个长度上基

本上恒定；对于  $15^\circ$  的入射角，传递的热流量很快增加，然后从点 A 开始，稍微慢一点，而对于  $30^\circ$  的火焰入射角，传递的热流量急剧增加直到点 B，然后慢一点，大概到点 A，从这里开始，传递下降。

[0126] 图 9A 和 B 表示火焰的孔径角随辅助射流（致动射流）流速与主要射流（主射流）流速之比的变化。

[0127] 在图 9A 中，曲线 C1 和 C2 分别代表与致动 / 主射流流速之比有关的孔径角。C1 涉及构造 CONF1，其中致动射流垂直于主要射流，并且在距出口主孔的距离为  $h$  的地方喷出，C2 对应的结构和 CONF1 相同，但辅助孔和出口主孔之间的距离是  $2h$ ，而非  $h$ 。这两根曲线表明：当致动射流和主要射流之间的冲击更接近出口主孔时，火焰的口径更大。

[0128] 图 9B 图解说明了孔径角随致动射流和主射流流速之比的变化：曲线 C3 对应于构造 CONF3，其中致动射流在  $90^\circ$  处（即在垂直于主射流轴线的平面上： $\theta = 0^\circ$ ）在距出口主孔的距离为  $2h$  的地方冲击到主射流上（类似于 CONF2），而曲线 C4 对应的构造 CONF4 与 CONF3 相同，只不过致动射流相对于主射流的轴线的冲角  $\alpha = 45^\circ$ （即致动射流的轴线和垂直于主要射流轴线的平面之间的角度  $\theta = 90^\circ - \alpha = 45^\circ$ ）。要指出的是，当其他条件都相同时，致动射流垂直于主要射流（CONF3： $\theta = 0^\circ$ ）时的火焰口径大于当致动射流的冲角  $\alpha$  较低时（这里为  $45^\circ$ ）（CONF4： $\theta = 45^\circ$ ）。

[0129] 图 9 表示偏转角（用度表示）与致动射流的流速和主射流的流速之比（表示为百分比）有关。图 10A 给出了主射流的流速分别为  $200\text{l/min}$ 、 $150\text{l/min}$ 、 $100\text{l/min}$  和  $50\text{l/min}$  时的四根曲线（其他条件都相同）。要指出的是，这四根曲线几乎相同，这清楚表明火焰的偏转与主射流的流速无关。

[0130] 图 10B 表示到炉料的热量传递：由本发明的燃烧器传输的热流量，其中对于燃料射流和氧化剂射流（带单独喷射的燃烧器），致动射流的流速与主射流的流速之比（这里也表示为主射流流速的百分数）被改变。起初平行喷射到炉料上方的每股射流被逐渐转向炉料，这增加了到炉料的传热。

[0131] 图 11 表示火焰孔径角与射流脉冲之比有关的曲线。

[0132] 该曲线把为控制口径而得到的所有试验数据汇集在一起。测量的孔径角根据代表致动射流和主射流的具体脉冲之比的物理参数  $J$  来记录。该比值被表示为（致动射流与主射流的）密度之比和致动射流速度的平方与主射流速度的平方之比的乘积。所有试验的主流体都相同，而致动射流所用的流体不同。这些流体的不同主要在于它们的密度（从最大密度到最低密度： $\text{CO}_2$ ，空气，空气-氦气混合物）。注意到所有的试验点（无论是流速和所用的流体）都排列在一条直线上。这表明控制口径的物理参数实际上是上文定义的具体脉冲之比。

[0133] 实施例

[0134] 下面的实施例会让人更好地理解本发明以及如何使用它。

[0135] 图 7 更详细地示出不同流体单独喷射的燃烧器的实例。

[0136] 带单独喷射的燃烧器 101 包括顶行的射流形式的氧气的喷射器 112 和射流形式的天然气（燃料）的喷射器 125，所有喷射器都位于耐火块 121 中（图 7C）。

[0137] 燃烧器 101 的通常的金属部件 102 位于图 7A 的右手边部分，并且一方面通过用于喷射氧气的管子 107 和 109、另一方面在图 7A 的左边通过用于喷射天然气的管子 207 和 209

延伸。

[0138] 在该图中,提供了两个独立的氧气(或者任何氧化剂)供给源 104 和 106,分别向分别与管子 109 和 107 相连的箱子 103 和 105 供料,氧气流过管子 110 和 108。

[0139] 在图 7B 中,管子的端部 111 被放大,以帮助解释主射流 108 和致动射流 110 的相互作用。在管子 107 和 109 的端部,有一个延长用于输送致动射流的通道 110 的槽道 127。壁 109 被向上倾斜的壁 113、水平的壁 114 和竖直的壁 115 延长(在该图中),而中心容积 126 可以限制出首先向上倾斜、再水平、然后竖直的槽道 127(即相对于气流槽道 108 成  $90^\circ$ ,并通过孔 120 喷射到该槽道内)。槽道 127 的竖直部件具有在上面限定的高度 L,可以确保射流 110 和 108 在高度 120 处相互垂直(显然,如果选择不同的射流的交角为  $90^\circ$ ,槽道 127 将具有保持在上面所限定的范围内的所需斜度和长度 L)。燃烧器的金属部件结束于壁 123(在当前的例子中是垂直的)上、槽道 127 的边缘,且该金属部件暴露于使用中的炉膛的热辐射。为了确保喷射管的这一端部的寿命,可以提供耐高温的保护元件,例如由氧化铝制成的,例如安装在该金属端上以保护它,并且其口径等于口径 112(图 7C)。

[0140] 燃料供给系统 204, 206, 203, 205 类似于如上所述的氧化剂供给系统,具有主槽道 207 和致动槽道 209,以限制燃料主射流 208 和燃料致动射流 210,所有的都放在耐火口 221 的柱形孔 222(类似于氧化剂的 122)内。端部 124 和 125 类似于 123 和 112。如图 7B 所示,相同的燃料致动射流喷射系统被设置在槽道 207 和 209 的端部,尺寸根据燃料的特征定制。

[0141] 但是,在具有最高脉冲的流体上(就燃烧器来说,一般为氧化剂),通常优先考虑只为每个喷射器提供唯一一个致动射流,这股适当地偏转的射流本身导致燃烧器外部的另一股射流偏转。当然,在此情况下,脉冲最高的射流(或者成排的射流)一般会在脉冲较低的射流的上方,因此,就致动射流而言,如果它未作用在脉冲最高的射流上,那么燃烧器会释放出方向基本水平的火焰,而当致动射流(从上到下作用在动量最高的主射流上)作用在主射流上时,如上所述,主射流就被向下引导(逐渐地,根据脉冲之比),并用它来驱动脉冲较低的第二射流(在该例子中为燃料),从而形成火焰,因此火焰可以从水平位置到倾斜位置传向位于燃烧器火焰下方的有待加热的炉料。通过将主射流两边的  $90^\circ$ (或者  $0^\circ$  到  $180^\circ$  之间的其他任何角度)的致动射流增加到如图 7a 所示的所述致动射流上(即,在图 7c 中的高度 123 处的水平面上,垂直于 A-A),这使得可以使火焰在待加热的炉料的上方从左至右或者从右到左移动,从而基本上覆盖待加热的整个表面。

[0142] 根据本发明,致动射流与主射流形成大于  $0^\circ$  的角。由于容积的原因,传递这些射流的两个槽道往往由共轴的供料系统供料(平行槽道-参见图 7)。

[0143] 下面将通过用于加热任何炉料的燃烧器来解释本发明,炉料可以金属炉料或者需要熔化和/或加热到高温然后保持高温的其他任何炉料,例如含铁的金属或者非铁金属炉料,用于生产玻璃、用于产生水泥的固体材料的炉料,或者相反必须从液池干燥的炉料。

[0144] 尤其可以将本发明用在用于在电弧炉中处理钢的器具上,例如用下列方式:这类器具一般包括用于加热、熔化金属的火焰,尤其是在开始熔化时(通常是亚音速的)。如在本申请中所述,通过为每股主射流(氧化剂、燃料、预混合物)或者至少一股主射流配备可以改变其方向和/或口径的致动射流,可以改变该火焰的方向,从而能够使该火焰在炉料上方移动,而不需要改变燃烧器本体方向的笨重的机械装置。这些器具常常还装备有用于

喷射煤粉的吹管,一般用吹管中的媒介气体来喷射。通过为该吹管提供用于喷射辅助射流,例如与“推动”煤粉的气体相同的气体,的导管,从而可以改变煤粉(或者喷射的液体燃料油)射流的方向(就任何流体而言,还有射流的口径),以便促成喷射的燃料射流与火焰的快速会合,或者另一方面,使该射流远离火焰。

[0145] 下面的实例涉及到在炉料熔化方法中,本发明的燃烧器对向炉料(例如金属)传热的控制。

[0146] 用于熔化铝的炉子在一个或多个包围炉子熔化池的侧壁上一般装有一个或多个燃烧器,它们安排在当金属完全熔化(液体)时金属浮线的上方。当火焰水平时,火焰的轴线相对于该浮线位于 10cm 到 100cm 之间的高度上,优选在 40cm 到 80cm 之间。

[0147] 实例 1:固体物料在炉子的情况:

[0148] 本发明的燃烧器用于火焰的冲角可变的情况。(术语“冲角”应该理解为火焰相对于水平面的角度的平均值)。当冲角为零时,火焰是水平的。当冲角非零时,火焰倾斜在水平面之下,并且被引向炉子的熔化池的炉床。

[0149] 燃烧器将每股流体射流喷射到炉室内,但当脉冲较高的流体(氧化剂或者燃料)可能与脉冲较低的流体相互作用时,这种喷射器仅可用于脉冲较高的流体,以便获得所需的火焰偏转,一般地,就空气/气态燃料燃烧器或者氧气/气态燃料燃烧器来说是氧化剂。

[0150] 在铝熔化循环的第一部分中,当金属主要以固态存在时,调节火焰的方向,以让火焰具有非零冲角(火焰的轴线在  $5^{\circ}$  到  $75^{\circ}$  之间,优选在  $25^{\circ}$  到  $45^{\circ}$  之间)。这一调节使得可以显著增加来自燃烧器的热传递,从而降低熔化时间(如用图 10 解释的那样)。

[0151] 当大部分固体金属块熔化时,调节火焰的方向,以使冲角为零。因此火焰平行于液态金属的浮线。这一调节使得可以继续将能量传递到炉料,并使金属完全熔化,或者通过限制已经熔化的金属的加热并且从而限制金属被火焰或燃烧产物氧化,来精炼金属。

[0152] 在上文所述的火焰的极限位置之间(明显的冲角或者零冲角),还可以在循环的第一部分期间采用固定的中间设置值——其中火焰的冲角在  $5^{\circ}$  到  $30^{\circ}$  之间、优选在  $10^{\circ}$  和  $25^{\circ}$  之间,以在火焰对炉子炉料的覆盖率(火焰投影到熔池上的表面)和热传递的强度之间获得平衡。图 12 图解说明了火焰相对于炉料的极限位置。

[0153] 图 12a 是铝熔化炉的顶视图,它装有两个本发明的燃烧器,以在金属熔池上方产生两股火焰。

[0154] 炉子的烟道用于排出由火焰产生的烟道气。

[0155] 图 12b 和 12c 表示相同的炉子在火焰高度处的侧视图。

[0156] 在图 12b 中,火焰相对于水平面的倾斜的角度为  $\alpha$ ——优选当金属熔池中仍存在有固体金属时,而在图 12c 中,火焰处于零冲角( $\alpha = 0$ )。

[0157] 在火焰的极限位置(明显的冲角和零冲角)之间,还可以在循环的第一部分期间周期性地改变火焰的冲角。例如,炉子的操作者可以在  $0^{\circ}$  到  $45^{\circ}$  又回到  $0^{\circ}$  之间改变冲角。

[0158] 优选地,燃烧器用控制模块来驱动,这可以周期性地调节燃烧器的控制比,即主射流和致动射流的脉冲之比,进而调节火焰在熔池上的冲角。来自控制模块的控制信号可以是正弦曲线、三角形、正方形等等,频率可以从 0.05Hz 变到 100Hz,优选为三角形且频率为 0.1 到 10Hz。通过周期性地改变火焰的位置,可以使炉子内的传热均匀,从而使固体成分熔



化得更快。

[0159] 实例 2:让能量均匀地传递到炉料:

[0160] 本发明的燃烧器用于能够根据每个如图 13 所示的燃烧器的控制比按照需要来改变火焰在水平面中的方向。

[0161] 每股流体射流都通过本发明的燃烧器被喷射到炉室中,但对于位于同一个水平面或者多个非常密集的水平面中的射流(仅仅有一到两个射流直径),当周围射流与将要偏转的其他射流有相互作用时,可以仅对周围射流使用这些喷射器。

[0162] 在左、右两个方向上都可以改变水平取向,要么通过为每股主要射流配备两股横向致动射流,要么通过为每股周围主要射流配备唯一一股致动射流——该致动射流能够在水平方向上致动主要射流但在彼此相反的方向不行。还可以使主喷嘴偏移,使得在零控制比时,火焰相对于图 13 中的燃烧器的轴线 X-X' 自然偏转(向右或者向左),然后通过逐渐增加控制系统的控制比来改变火焰的方向(即,在轴线 X-X' 上用非零控制比获得射流)。

[0163] 使用一个或多个火焰方向可变的燃烧器可以通过火焰在水平面中的移动而增加炉料的覆盖率。

[0164] (上文所用的表达“控制比”被定义为致动射流和主射流的流速之比,假定流体喷射的脉冲可以简单地通过改变阀门的开度来控制,阀门开度的增加与射流流速的增加成比例,其他条件都相同)。

[0165] 当该燃烧器或者各燃烧器的控制比是零时,火焰的方向位于在燃烧器的中和轴上,并且火焰覆盖炉料的一部分。当其中一个控制比非零时,火焰的位置偏转,并且火焰覆盖另一部分炉料。

[0166] 图 13 图解说明了火焰在炉料上方水平移动的实施例;每股主射流 130、132(氧化剂或者燃料)都配备有致动射流 131、133;在图 13a 中,射流 130 的控制比 CR 是 0,即没有流体被喷射到槽道 131 中;另一方面,射流 132 的控制比 CR 是正值,这意味着因为在图 13a 中 133 自下而上起作用,所以在该图中致动射流 133 使主射流 132 向上偏转,即相对于燃烧器的轴线 X-X' 向左。

[0167] 在图 13b 中,两股主射流 130 和 132 的控制比是零(CR = 0),所以没有致动射流起作用,并且火焰在轴线 X-X' 上蔓延。

[0168] 不同于图 13a,在图 13c 中,射流 130 和射流的控制比 CR 是正值,这使火焰在该图中向下偏转(从上看向右),主射流 132 和致动射流 133 的控制比为 0(没有射流 133)。

[0169] 因此,每个燃烧器可以覆盖较大部分炉料,从而促使热量均匀传递,并且如果熔池中含有耐火材料(例如再循环的氧化铝基残余,或者在熔化过程中因金属氧化而形成),还可以限制形成可能的热点,并且全面促进热量传递,使得可以在恒定功率下加速熔炼过程,或者在恒定的熔炼时间下降低能耗。

[0170] 实例 3:炉料上的冲角可变并且横向扫过炉料的火焰。

[0171] 实例 4:闭环调节:

[0172] 本发明的这一典型实施方式使得可以既控制火焰的水平位移,又控制火焰的垂直位移,例如,根据设置在炉子上的不同传感器给出的炉子的不同工作参数,尤其是热流量、温度、可能还有化学成分传感器(例如 TDL 型激光二极管)。

[0173] - 调节回路,传感器是使得可以获得到炉料的传热图像或者铝熔池的氧化图像的

测量装置,如上所述,这一信息使得可以通过作用于致动射流的流速上减少或增加到炉料的传递。

[0174] - 用于当至少一部分熔池以液态存在时根据测得的熔池温度调节火焰位置的回路。只要熔池温度小于  $T_c$  值(例如对于铝在  $650^{\circ}\text{C}$  到  $750^{\circ}\text{C}$  之间),火焰在熔池上就必须保持非零冲角,从而使传热最大化。当达到  $T_c$  值时,看到火焰逐渐从熔池中离开,当达到目标值时,越发如此,以便限制炉料氧化的风险。然后调节火焰的冲角,以将温度维持在它的目标值。

[0175] - 用于根据测量的热流量调节火焰位置的回路:

[0176] 如果必要,该热流量可以通过浸在熔池中两个不同深度处、但是在垂直于炉子炉床的相同的母线上的两个热电偶之间的温度读数之差来评定。

[0177] 热流量也可以从计算出的通过炉子炉床的热传递,仍然通过测量它内部的温差来推出。如果由耐火材料构成的炉床的比阻较大,那么比较容易获得较大的温度梯度。

[0178] 由于流量计位于例如熔炼室的顶上,也可以监视热流量。实际上,在其他条件都相同时,由炉顶察觉并由流量计观察到的流速的任何减小都会至少部分对应于传递到炉料的热流量的增加(与与之对应的信号随时间变化的趋势相比,对传递到炉料的热流量(或者炉壁处的损失)的绝对值没有什么兴趣)。

[0179] 用在炉料上具有明显冲角的火焰来开始熔化炉料,当传递到炉料的热流量仍然较高时,该冲角保持不变。当该通量减少时,表明炉料的温度增加而其吸热能力减小,火焰逐渐抬高到与熔池分开,以便限制炉料氧化或者过热的风险。

[0180] - 一回路,该回路用于根据测量的正在离开炉子或者炉子内的烟道气的成分来调节火焰位置,例如在炉子的烟道气歧管之前,在熔池的上方,在入射火焰和铝熔池之间,等等,用于检测一种或多种显示铝熔池氧化情况的物质,例如  $\text{CO}$  :

[0181] a. 烟道气的成分可以用本身已知的方式通过先抽取再分析(传统的分析仪, TDL 或者其他的)进行测量,或者通过吸收就地测量(激光二极管或者其他装置),或者用电化学探针测量。

[0182] b. 用在炉料上具有明显冲角的火焰开始进行熔化,只要炉料氧化示踪剂稳定且数量较少,该冲角就保持不变。当氧化示踪剂的浓度增加时,如上所述,通过让致动射流介入作用在主要射流上,火焰就逐渐抬高到与熔池分开,以便限制示踪剂的浓度,进而限制炉料的氧化。

[0183] c. 此外,火焰位置可以调节到设定值,然后保持氧化示踪剂的浓度的精确设定值。事实上还可以设置一个不会被超过的浓度阈值,并永久调节火焰的冲角,以实现它。

[0184] 应当指出的是,在所有情况下,当炉料至少部分包括冷固体时,火焰在炉料上的冲角可以清楚地定向,这是因为只要温度保持适当,例如对于铝,低于  $600^{\circ}\text{C}$ ,氧化速度就保持较低。当炉料变成主要为液体时,要避免金属的温度上升和氧化,所采用的调节就变得很重要。对于将本发明用于加热除铝之外的材料的用途,例如用于加热玻璃熔池,等等,对于各种材料不同的温度以及标准,适用相同的调节原则,但这些本身对于本领域技术人员是公知的。

[0185] 实例 5 :排放控制 :

[0186] 用于减少燃烧器或者工业炉床的氮氧化物排放的所有主要技术都利用流体流或

者火焰的局部性质来限制它们的形成。特别是,它们旨在降低反应物(燃料,氧气)的温度或者浓度或者反应物在火焰和/或在燃烧产物中的停留时间。这些技术之一是充分将烟道气带到反应物或者火焰中,以便降低反应物的温度或者浓度,或者减少停留时间。为此,燃烧器的尺寸如此确定,以便获得高速(强脉冲)燃料和/或氧化剂的射流,并且远到足以获得烟道气的夹带或者再循环的最大速度,这与火焰的良好稳定性是一致的。稳定性限制是在燃烧产物中出现燃烧残留(例如对于碳氢化合物是一氧化碳)时进行检测。在某些情况下,可以获得“无焰”燃烧状态,这特别有利于减少排放。

[0187] 这一技术以及使用它的燃烧技术的局限性是烟道气的夹带速度是由燃烧器的尺寸和操作条件来定的。因此,如果这些情况有偏差,而且当烟道改变或者当到炉子或者炉床的特有流动对火焰的性质贡献显著时,排放方面的性能特征可以立即非常显著地恶化。

[0188] 本发明可以在操作中适应火焰的性质,尤其是烟道气的再循环比例,在所有的情况下,这可以使污染物的排放最少,并且最终使燃烧器的性能特征最佳。

[0189] 实例 6:包括放在炉床中的喷射器的预混燃烧器。

[0190] 如上所述的致动射流用于在操作中改变流体主射流(或者多股射流)的孔径角。在此情况下,主射流是燃料和氧化剂的气态预混合物。射流的口径/孔径调节周围介质被射流带走的程度,它可以通过射流轴线和与射流和周围介质之间的边界相切的直线之间的角度来调节。(该边界可以定义为射流中的喷射流体的浓度变为零的地方)。

[0191] 射流的口径通过致动射流的流速和合成射流的整体流速之比来控制。当该控制比是零时,调节排放水平 N1(图 15)。如上所述,该控制比实际上是射流的脉冲之比。

[0192] 然后增加控制参数,以便增加射流中烟道气的夹带,从而稀释喷射的燃料混合物。该稀释一方面会导致温度降低,另一方面会导致火焰中的反应物浓度下降。因此,NO<sub>x</sub> 的排放会减少到 N2 水平(图 15)。如果控制参数的值进一步增加,那么反应物的温度和浓度就会变得过低,以致无法确保火焰的良好稳定性:然后看到燃烧残留出现在燃烧产物中。然后,氮氧化物的排放是 N3 水平,而燃烧残留的排放是 I3 水平,这一水平过高。然后降低控制参数,以获得最佳的排放水平 N0 和 I0(图 15 中的 NO<sub>x</sub> 曲线和燃烧残留曲线的交点)。可以手动(被动控制)或者优选通过主动控制设备获得这一最佳条件。该设备结合了用于测量氮氧化物和燃烧残留排放的传感器、利用上述控制逻辑的逻辑控制器以及用于控制主要射流和致动射流或者至少一个喷射器的射流的流速的单元。逻辑控制器确定控制参数的值,这使氮氧化物和燃烧残留的排放最少。当最佳化的参数数目大于或等于 2 时,主动控制变成最重要的。例如,可以同时想到通过增加火焰被烟道气稀释的稀释率使污染物的排放最少,通过让火焰斜向炉料使到炉料的热传递最大。

[0193] 实例 6:具有非预混燃烧的燃烧器

[0194] 如果燃烧技术是非预混合型,那么可以无关紧要地对燃料、氧化剂或者甚至以类似于实例 5 的方式进行控制。

[0195] 必要时,口径(周围介质的夹带)和射流偏转(发散的燃料和氧化剂射流)的效果会结合起来,尤其是用于增加火焰稀释的影响并使减排最大化。

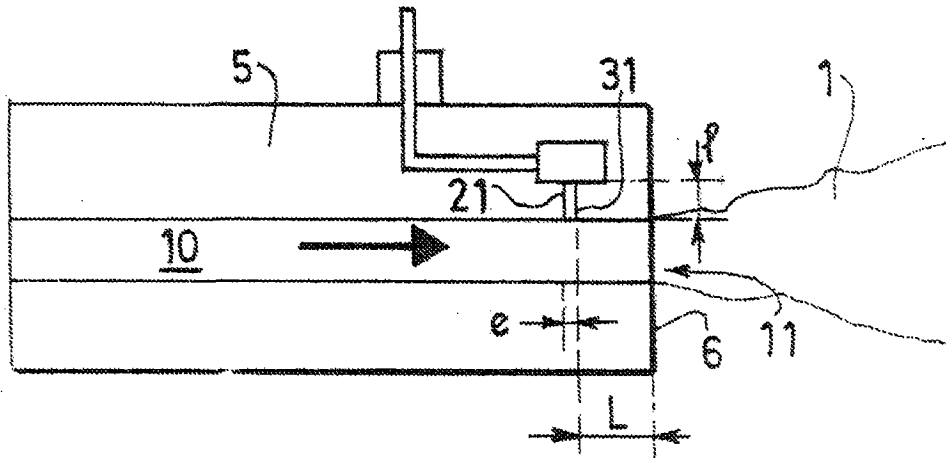


图 1

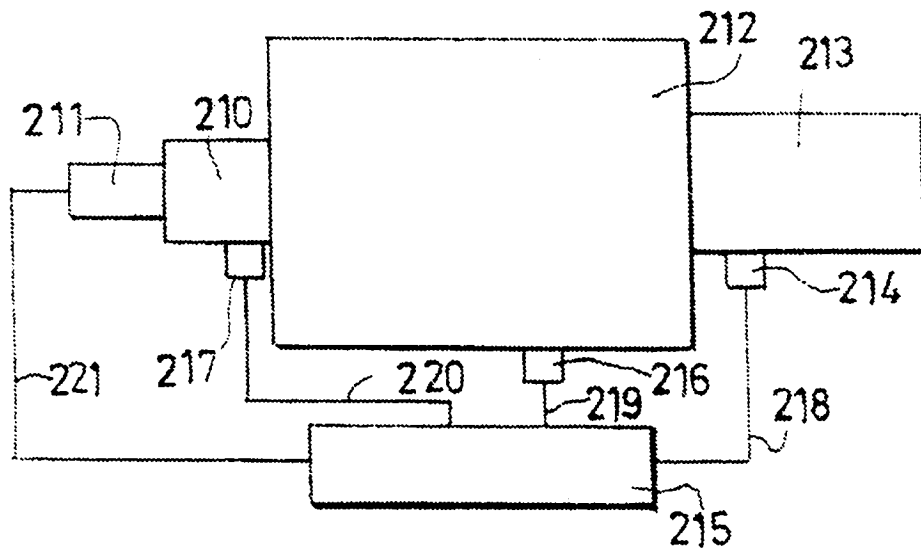


图 2

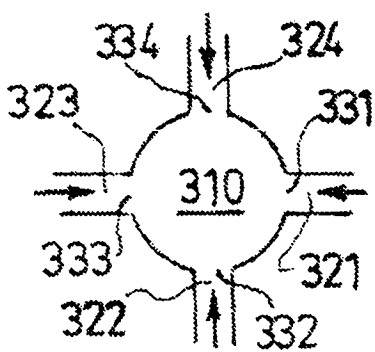


图 3A

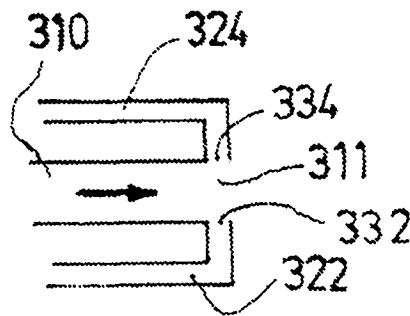


图 3B

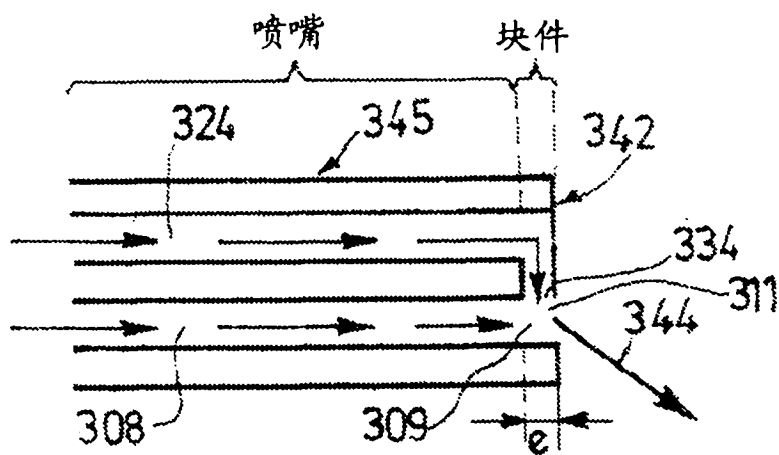


图 3c

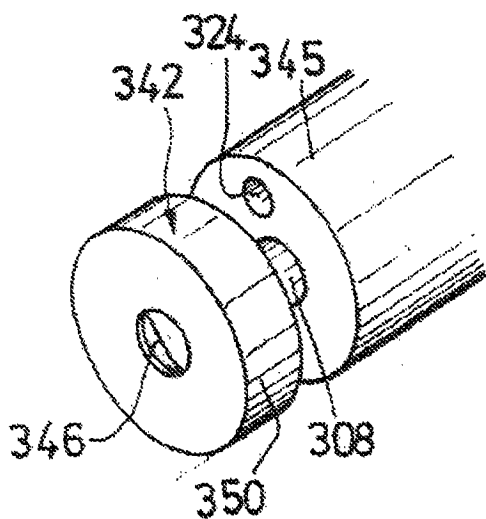


图 3d

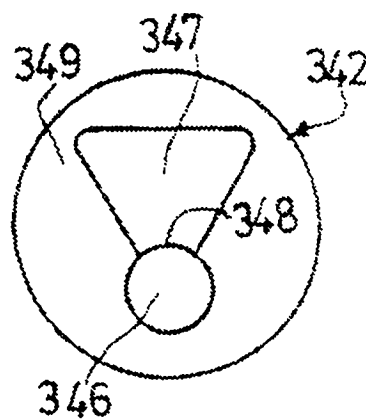


图 3e

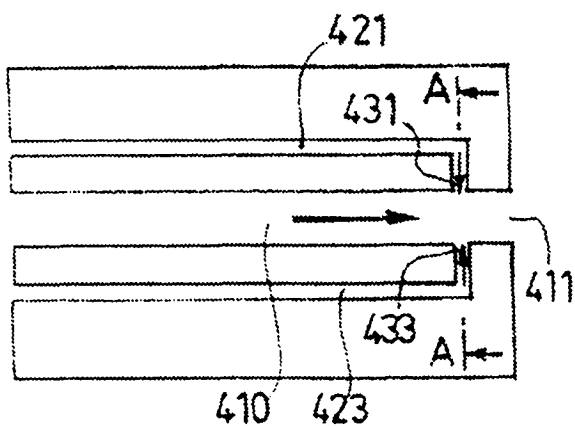


图 4a

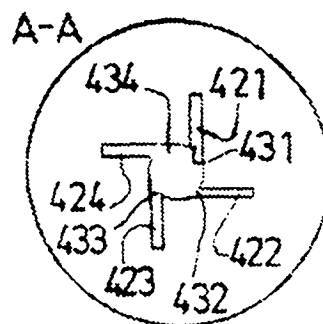


图 4b

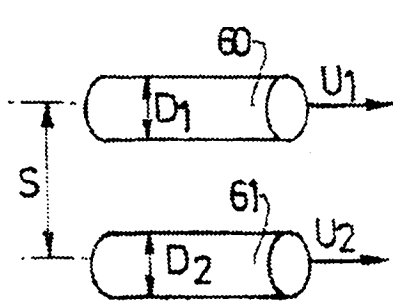


图 5a

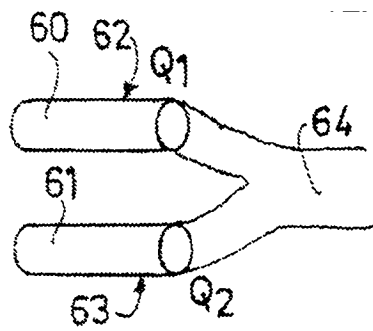


图 5b

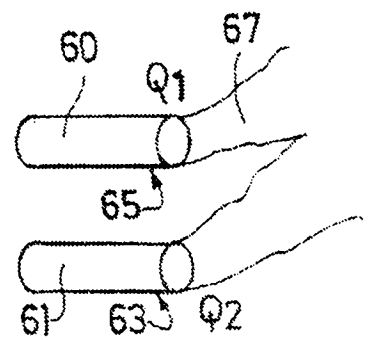


图 5c

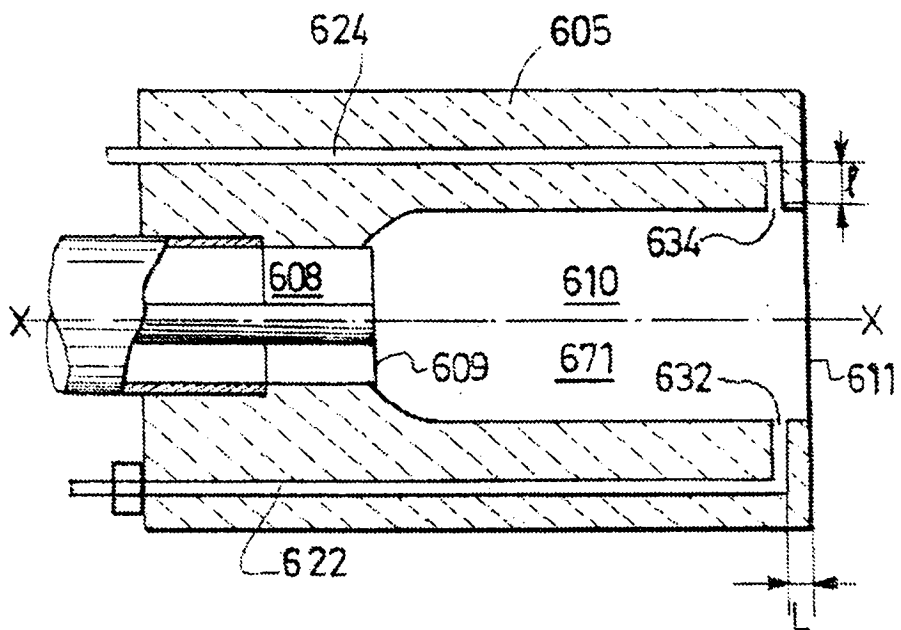


图 7

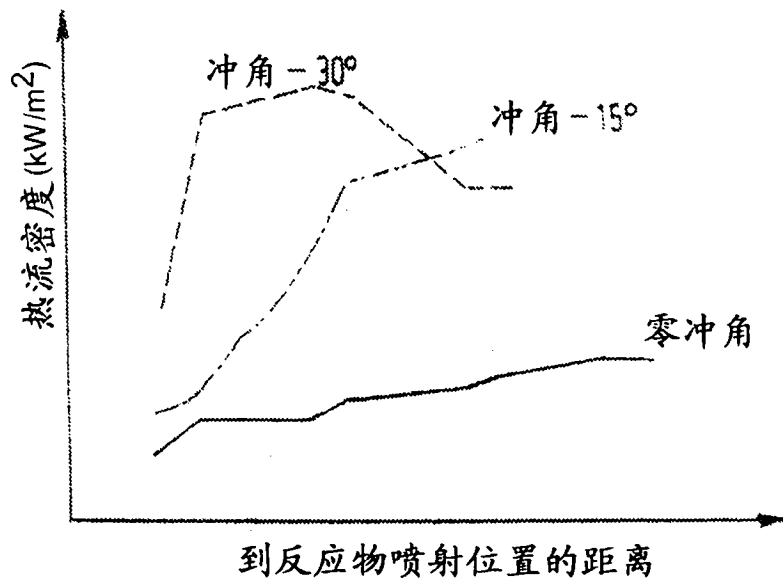


图 8

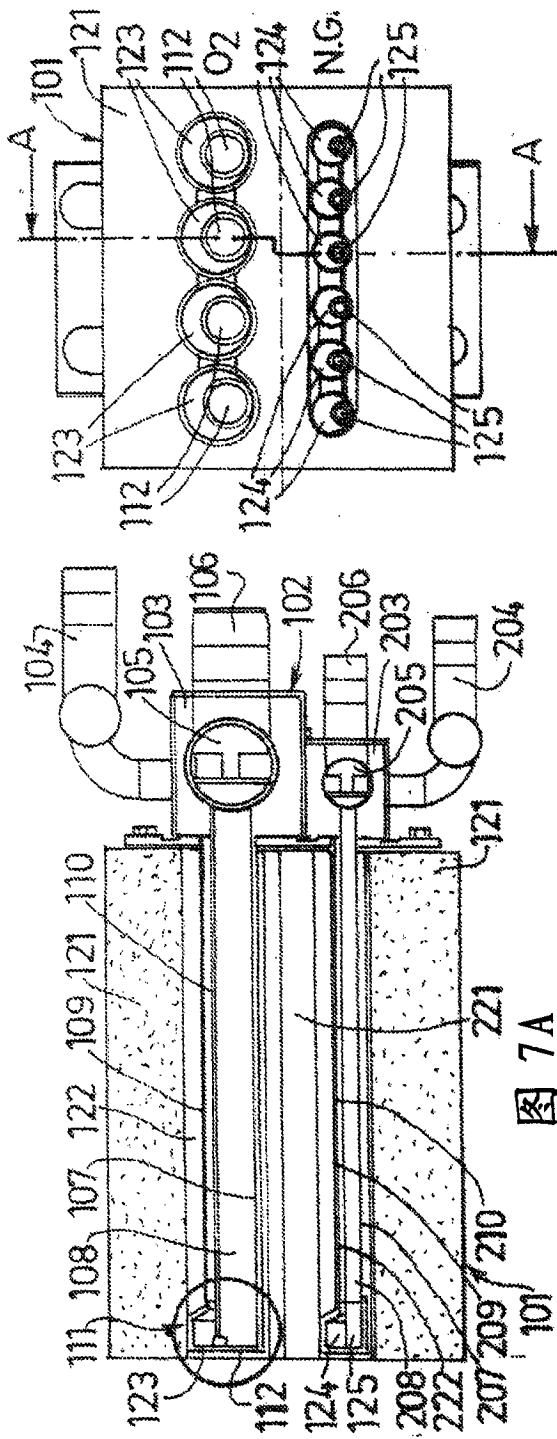


图 7A

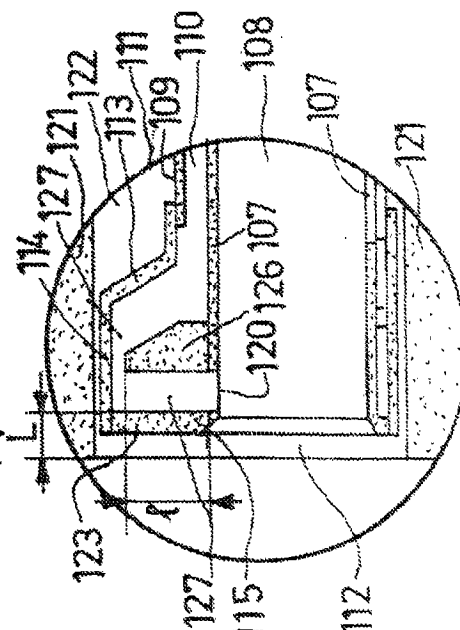


图 7B

图 7C



射流孔径角

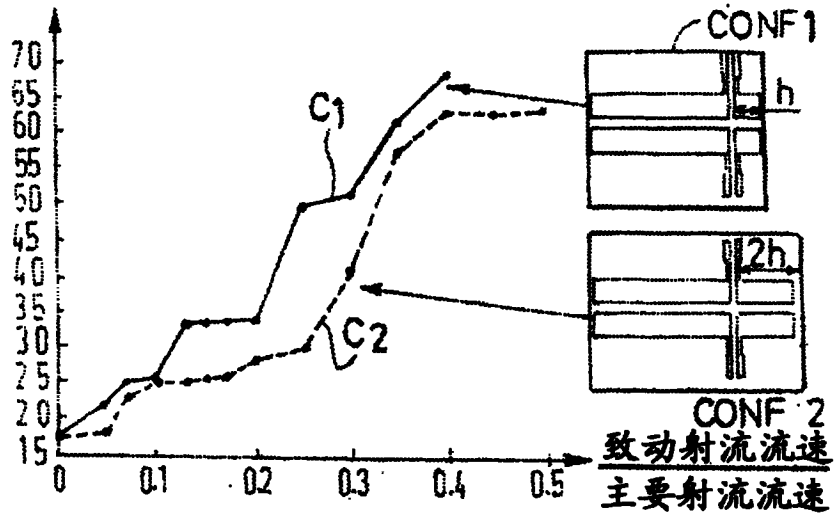


图 9A

射流孔径角

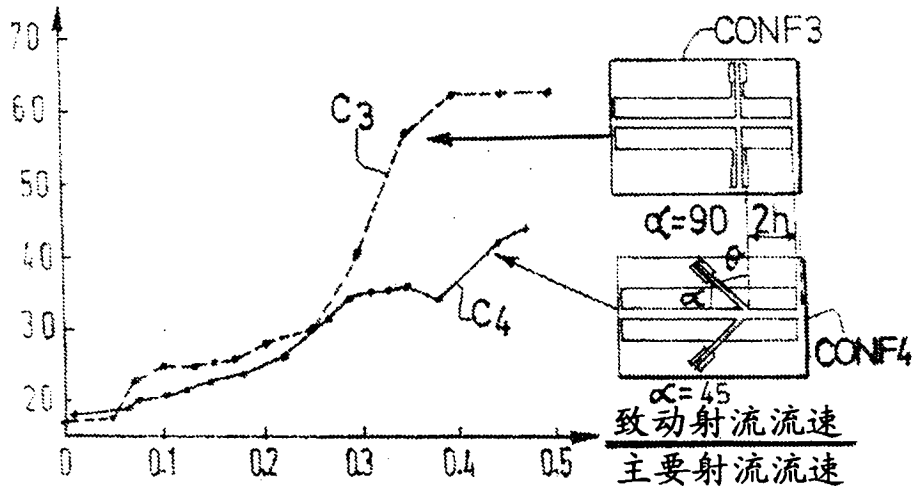


图 9B

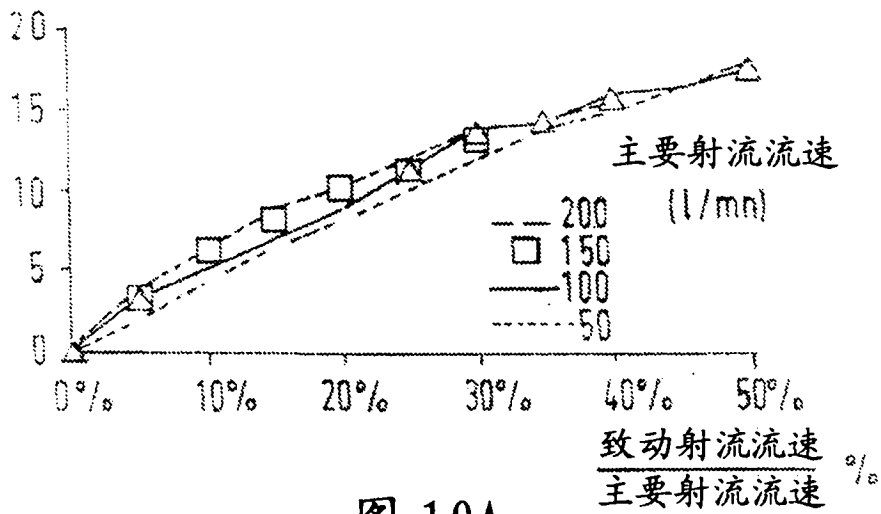


图 10A

向炉料的热传递

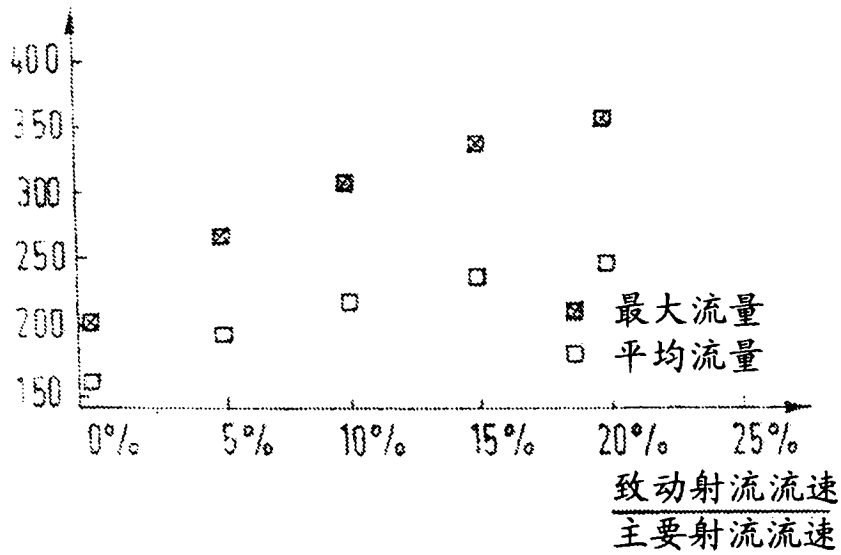


图 10B

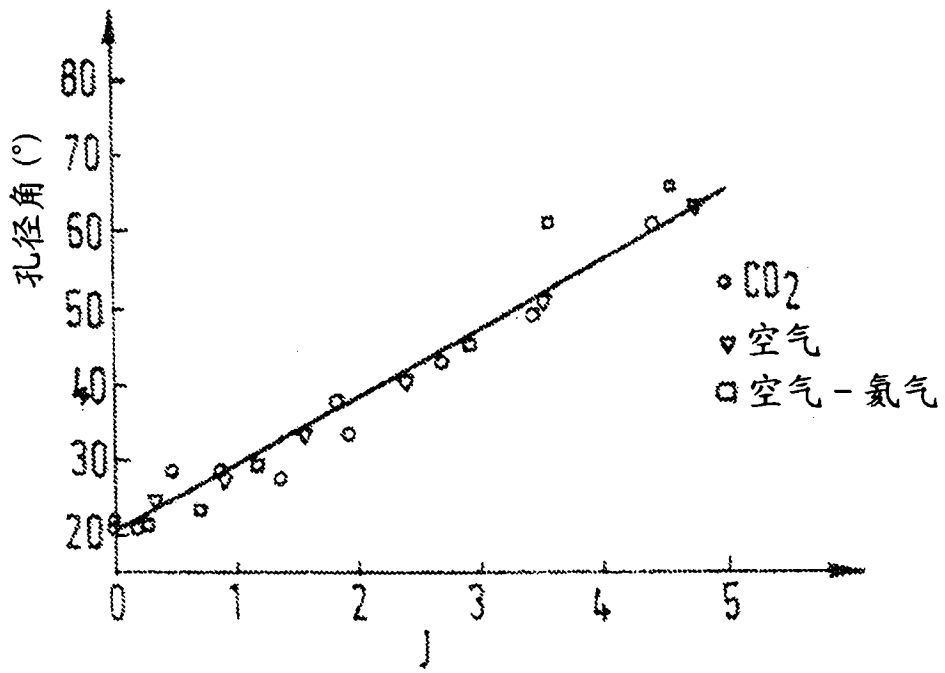


图 11

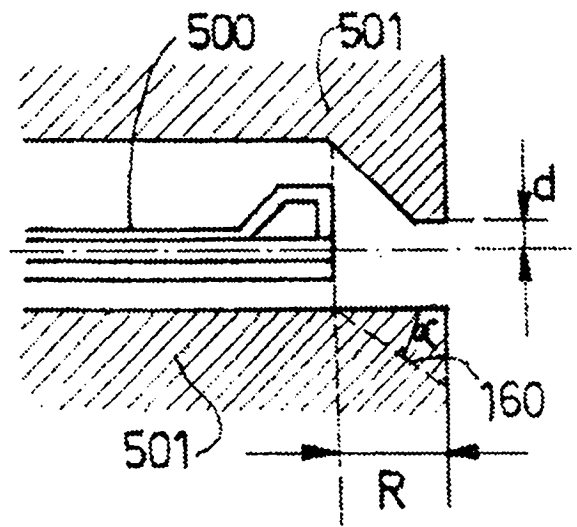


图 16

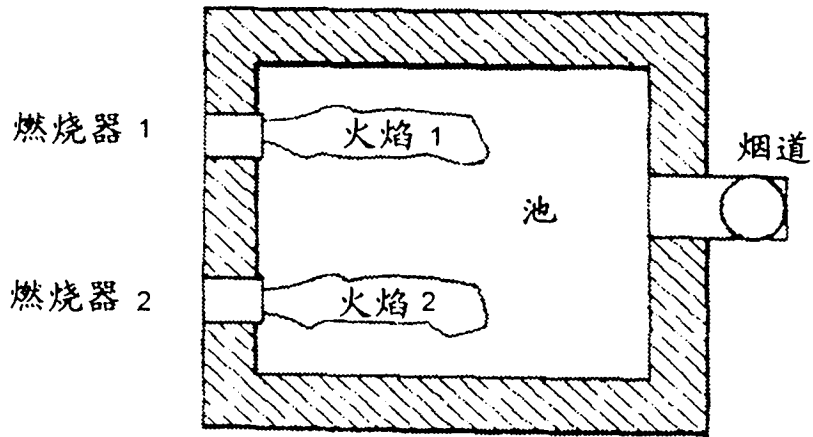


图 12A

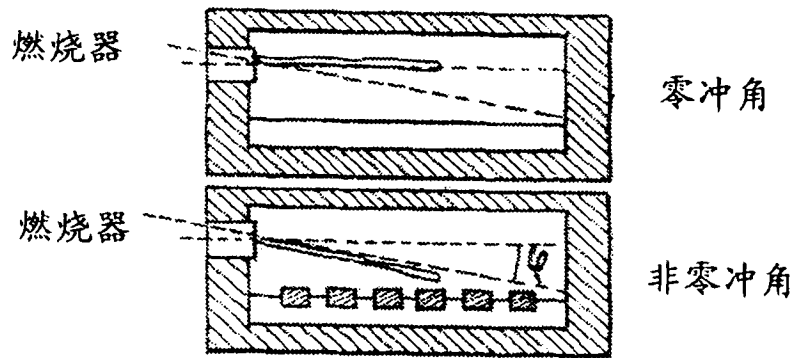


图 12B

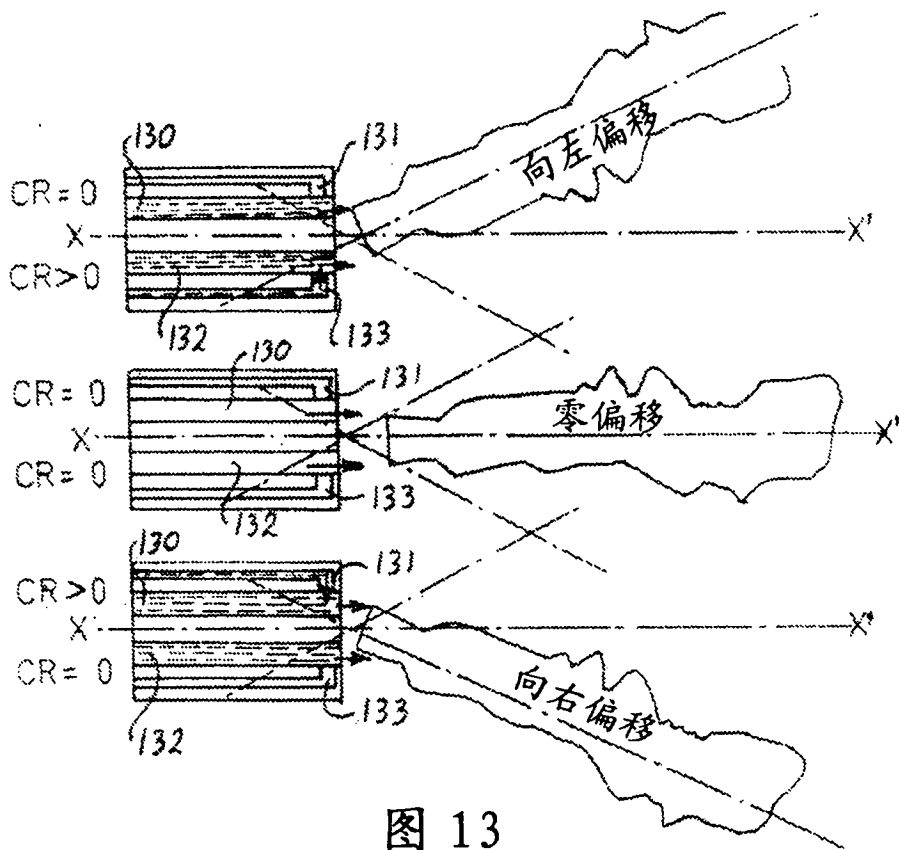


图 13

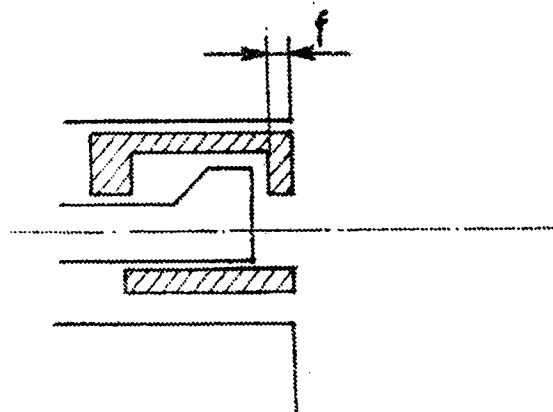


图 17

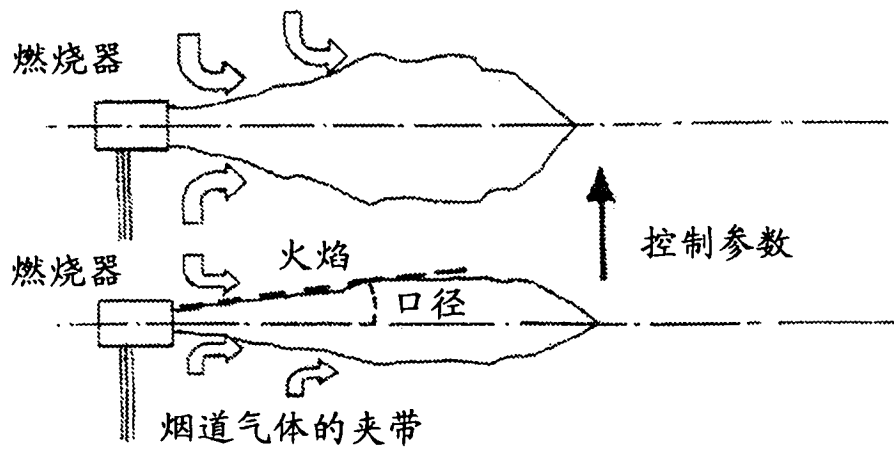


图 14

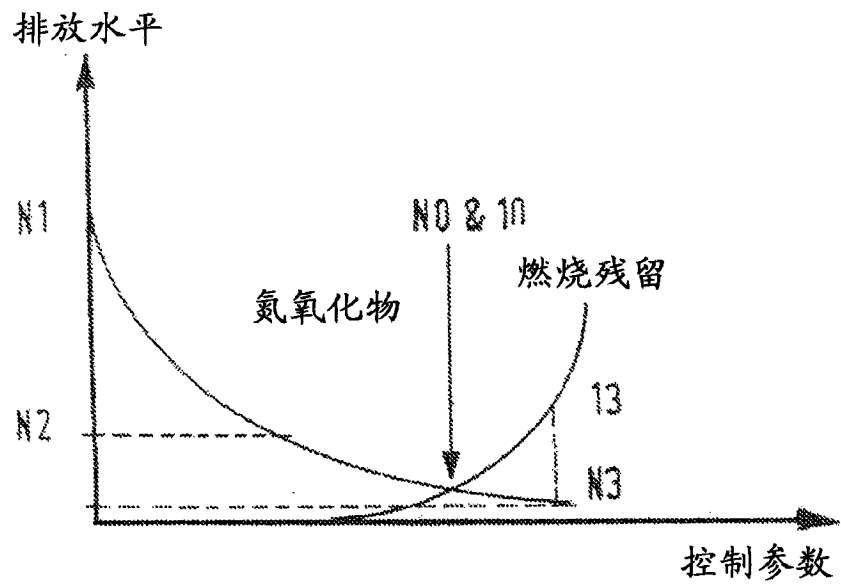


图 15