



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102076620 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 25

(21) 申请号 200980124995. X

(22) 申请日 2009. 06. 30

(30) 优先权数据

08104609. 6 2008. 07. 02 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 12. 30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2009/058139 2009. 06. 30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/000709 FR 2010. 01. 07

(73) 专利权人 旭硝子欧洲玻璃公司

地址 比利时布鲁塞尔

专利权人 液体空气乔治洛德方法利用和研究有限公司

(72) 发明人 M·阿米拉 J·贝埃 G·康斯坦丁

O·杜坎普斯 B·格朗 R·特西瓦

F·瓦格曼斯

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 张力更

(51) Int. Cl.

C03B 5/235 (2006. 01)

F23D 14/32 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1172081 A, 1998. 02. 04, 全文.

US 2003/0157450 A1, 2003. 08. 21, 说明书第 61 段, 图 2.

审查员 张晓冬

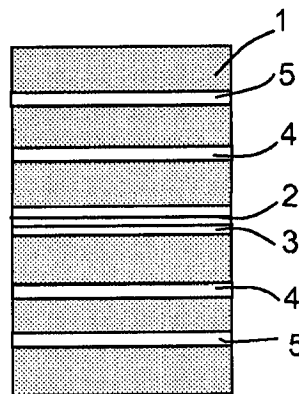
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

热氧燃烧器的供料

(57) 摘要

本发明涉及以氧燃烧形式运行的玻璃熔炉的燃烧器的供料, 包括燃料注入装置和热氧气供应装置, 以产生分级燃烧的方式进行氧气的分配, 氧气的一部分与燃料共同地注入, 此氧气在其引入到燃料注入装置中之前基本上不进行加热而被引入。



1. 以氧燃烧形式运行的玻璃熔炉的燃烧器,包括燃料注入装置和用于供应通过换热器中所述炉的烟雾预热的氧气的装置,其中进行氧气的分配以产生分级燃烧,占总氧量的至多 10% 的部分基本上不进行加热而在紧接着燃料注入装置处被引入。

2. 权利要求 1 的燃烧器,其中未加热的氧气部分占总氧量的 1.5-7%。

3. 权利要求 1-2 之一的燃烧器,其中热氧气供应装置的位置与燃料注入装置具有一定的距离,并且相对于燃料注入装置以对称的方式定位。

4. 权利要求 3 的燃烧器,包括在燃料注入装置两侧的至少两个热氧气供应装置系列。

5. 权利要求 3 的燃烧器,包括在燃料注入装置两侧的两个热氧气供应装置系列,其中燃料注入装置与最近的热氧气供应点之间的距离与分隔位于燃料注入装置相同侧的第一和第二点之间的距离处于相同的数量级。

6. 权利要求 1 的燃烧器,包括至少两个相同的燃料注入装置,其运行可针对这些注入装置中的每一个进行调节,所述注入装置中的每一个可单独或者与其它注入装置同时运行。

7. 权利要求 6 的燃烧器,包括两个燃料注入装置,其中的每一个均是独立的并且可在维护时被临时中断。

8. 权利要求 1-2 之一的燃烧器,包括至少两种类型的燃料注入装置,每种用于给定的燃料。

9. 权利要求 8 的燃烧器,包括用于供应气体的注入器和用于液体燃料的注入装置。

热氧燃烧器的供料

技术领域

[0001] 本发明涉及利用达到高温的氧气和气体或液体状态的燃料运行的燃烧器的使用。这种类型的燃烧器尤其但非排他性地用于玻璃熔炉。使用氧气或者富氧气体（至少 85% 的氧）的燃烧模式被称作“氧燃烧（oxy-combustion）”。

背景技术

[0002] 与使用空气的空气燃烧相比，氧燃烧至少由于以下原因而可以实现能量增益：燃烧气体的能量并没有部分地被空气中的氮气吸收。在传统的炉中，即使被氮气夹带的能量的一部分被回收，最终排放的含氮烟雾仍然夹带其相当大的部分。

[0003] 降低所考虑的每个生产单元的能量消耗所具有的另外优点在于限制了二氧化碳的排放，并且因而使得能够满足此领域中的规章要求。

[0004] 而且，氮气的存在是形成所谓 NO_x 的氧化物的根源，NO_x 氧化物的排放在实际中由于与这些化合物在大气中的存在有关的损害而是被禁止的。

[0005] 在实践中，用户尽力在导致尽可能少排放的条件下使利用空气操作的炉运行。在玻璃制造炉的情况下，这些实践并不足以满足在施行中的非常严格的标准，并且必须进行使用催化剂的高成本烟雾去污染作用。

[0006] 尽管有以上所列的优点，但尤其是在大玻璃制造炉中的氧燃烧的使用仍有待发展。原因有多种。一个缺陷在于氧气的成本。这主要通过另外实施的节约措施来补偿。不过要考虑的是，在应用氧气的特定设备中需要另外的投资。

[0007] 只有当使用条件被优化时，使用氧燃烧的经济评价才是积极的。关于能量效率，这要求在高温下使用氧气，即在几百度的温度下。

[0008] 其次，还有利地在一定程度上进行燃料的预加热和原料的预加热。

[0009] 氧气的预加热及其使用是需慎重处理的操作。所引起的困难尤其源于热氧气对于用于与其接触的材料（尤其是对于金属合金）的极大腐蚀性。

[0010] 尽管发明人在未公开的在先申请（欧洲申请 No. 07107942，2007 年 5 月 10 日提交）提出了能够令人满意地进行氧气加热的换热器，但这种热氧气的使用还在炉（尤其是玻璃制造炉）的管道中带来特定的问题。

[0011] 已知的是，大的玻璃熔炉，即每天具有数百吨生产能力的炉，被构造为无间断运行超过十年的周期。这种使用寿命主要由形成其壁的耐火材料的损耗来决定。

[0012] 在这些非常长的周期中，所述炉的其它元件，尤其是燃烧器，必须保持其全部的初始性能水平。有两个主要原因有可能改变它们的特性。一方面，热气体尤其是氧气的循环引起注入装置的损耗。另一方面，在接近燃烧区的管道中经受非常高温度的燃料会导致沉积物，这抑制了这些燃料的流动。这后一种影响尤其在使用重油的情况下在它们暴露于超过例如 180℃ 的温度时是明显的。但是，也可在较小的程度上发生气态燃料的劣化，即使这种劣化只在超过 600℃ 的温度下才以显著的程度发生。

[0013] 无论选择何种燃料，在炉的整个使用寿命过程中，燃料注入装置必须定期维护。

[0014] 维护操作必须在不中断炉运行的情况下进行。一个困难在于设计燃烧器和它们相关的供应装置,以使得这些操作可以在相当方便且快速的条件下进行。本发明人尽力提出实施这些的措施和方式,以使得可以回应这个问题。

发明内容

[0015] 本发明人已经首先注意到,热氧气的传送需要使用特定的措施。热氧气的高腐蚀性意味着其循环必须被限制在尽可能短的路径上。还必须避免氧气在具有弯曲的管道中流动的过分严重的影响。还希望避免在这个气体路径上的任何表面不规则性。特别是,接合处优选通过焊接形成,其中这些焊缝具有光滑的表面。

[0016] 在热氧气管道中的这些要求及其它要求意味着所使用的装置是基本上固定的。这些装置因而并不适合于以上讨论的维护操作。

[0017] 考虑到这些困难,本发明人提出配置燃烧器以使得燃料引入装置可以经受这些维护操作而不必干扰热氧气的引入装置。根据本发明的燃烧器的供料(alimentation)模式通常一方面包括燃料供应装置(moyens),该装置与基本上未加热的氧供料相结合,并且另一方面包括与之前供料装置无关的热氧气供应装置。

[0018] 为了在体系中保持在使用热氧气时固有的能量平衡的优点,未加热的氧气的部分必须保持尽可能的低。在其中燃料和热氧气被分别引入到燃烧器中的布置中,换句话说在分开的点引入,即使它们之间的距离保持非常小,必须提供用以在燃料注入的水平处保持和稳定化火焰的氧气的部分。为了获得这种被称作“初级”燃烧的部分燃烧,相对于完全燃烧所需的总量的氧气的比例是非常低的。在所有情况下,这个部分小于由所考虑的燃烧器消耗的氧总量的 10%。有利地,这个比例为确保燃料完全燃烧所需总氧量的 1.5-7%。

[0019] 要理解的是,使用热氧气的益处不会明显地受到这个非常有限的未加热氧气部分的影响。

[0020] 未加热应当理解为是指氧气在基本上环境温度条件下存在,该条件作用于其路程以将其向炉传送。其温度在其经过炉的耐火壁时必然上升。重要的是,先于此引入的管道不经受热氧气的作用。氧气的温度优选是环境温度并且不得超过一百度,不过在炉附近的温度明显高于离开炉一定距离处的气氛的温度。

[0021] 此未加热氧气部分向炉中的引入必须紧接着燃料的引入而进行,或者更好地,这种引入必须是同时的。为了避免在管道中的过早反应,燃料和热氧气仍然在分开的管道中传送,直到起燃点,该起燃点位于炉的内壁的附近。在优选的布置中,燃料注入器的末端略微缩进耐火壁中,以便不使这个末端达到过高的温度并且防止由于燃料裂化形成沉积物和/或防止注入器末端的劣化。

[0022] 如上所指出的,氧气供应的基本特征在于使用热氧气。已知的最耐受性的合金(在上面所述的申请中呈现)使得氧气能够达到 550°C,或者更好地达到 600°C,并且极端地达到 650°C,而不会引起损害,即使是在长的周期当中。所使用的氧气的温度不超过这些限制,并且可尤其为 350° -550°C。

[0023] 此热氧气的入口可以出现在燃料引入点的附近,只要管道保持分开,以能够作用于燃料管道而不接触热氧气的管道。不过,根据本发明优选布置此热氧气引入点,以促进火焰的发展,其中该燃烧在这个火焰的路径上逐渐进行。这种技术在原理上是已知的。其被

称作“分级燃烧 (combustion étagée)”。

[0024] 分级燃烧的目的在于通过逐步供应氧气使燃料在其整个长度上分配来限制在火焰中达到的最高温度。这种逐步供应尤其通过将氧气在与燃料的注入有一定距离处进行引入来实现。以这种方式,在前进到炉内之后,气体流在与燃烧器所位于的壁有一定距离处相遇。

[0025] 为了进一步促进火焰的逐步作用,有利地是从与燃料注入点距离不断增加的多个点引入热氧气。

[0026] 考虑到气体流在其在火焰中前进的过程中的膨胀(所述膨胀考虑了温度升高和发射的射流的自然膨胀),所使用的氧气的量会由于它们在火焰中的下游更远处进入此气体流中而有利地更大。

[0027] 出于实际的原因,入口点必须是少量的。它们有利地相对于燃料引入点而对称布置,使得火焰也是对称发展。

[0028] 有利地,在燃料引入点每一侧的热氧气入口点的数目不超过三个,并且优选等于两个。

[0029] 如所指出的,所引入的氧气的比例随着远离燃料引入点而有利地变得更大。从这个条件开始,在与燃料引入点距离渐增的两个接连的点所引入的量的比例优选为 $Q_n/Q_{n+1} < 1$,有利地为 $0.2 < Q_n/Q_{n+1} < 0.6$ 。

[0030] 在同一燃烧器上,热空气的量的调节优选在不放置诸如阀这样其部件会被快速腐蚀的元件的情况下获得。优选地,所分配的比例通过合适尺寸的调节喷嘴决定,所述调节喷嘴布置在向燃烧器中的引入点的上游并且在进行氧气加热的换热器的下游。

[0031] 要理解的是,在如上指出的燃料注入器的维护操作中,由于单一注入器被暂时停用,整个燃烧器也被中断。燃料注入管道从燃烧器移除以进行修复。同时取下冷氧气的相关管道。这个操作原则上并不会带来任何问题,只要所考虑的管子通过装置(连接器、接头等)与上游设备连接,所述元件由于不存在被传送产品的过度腐蚀而可以使用传统结构由传统材料制成。从一开始就考虑到这些元件的拆卸,以适应这些维护工作。

[0032] 但是,具有单一燃料注入的燃烧器的布置要求中断燃烧器的操作。这种中断在下述情况下并不危及炉的运行:所述炉具有大量燃烧器并且中断的能量供应(其只占总量的一部分)甚至在需要时可通过相邻燃烧器的工作状况的暂时提高而得到补偿。因而在炉空间中能量分配仅仅略有变化。

[0033] 但是,如果想要进一步最小化空间分配的这种改变,则可使用具有多于一个燃料注入点尤其是两个注入点的燃烧器。

[0034] 这些燃烧器的运行完全根据以上针对只具有单一引入点的燃烧器所述的方法进行。在常规的工作状况下,两个注入器因而有利地同时运行,并且优选每个竞争一半的燃料供应。在维护操作过程中,注入器之一可被中断,而另一个注入器则保持运行并且其工作状况有可能被改变以全部或者部分补偿该中断的注入器的供应。一旦第一个注入器被修复,则对第二个注入器重复该过程。在这些条件下,燃烧器可释放相对于常规运行功率而言变化不大或没有变化的功率。

[0035] 在之前的提议中,燃料的引入点打算供相同的燃料使用。但是还可以在同一个燃烧器中提供两个或更多个燃料入口用于不同类型的燃料,尤其一方面是气态燃料,并且另

一方面是液体燃料如重油。

[0036] 能够利用不同类型的燃料运行的燃烧器所具有的益处首先与这些燃料的品质有关。例如天然气的使用已知导致在炉气氛中的水含量的增加,这是相对于例如利用重油获得的水含量而言的。在玻璃熔炉的情况下,这种气氛的性质是直接影响精炼过程和所生产的玻璃的水含量的因素。因而,燃料的选择是整体的一个重要因素。

[0037] 在任何情况下对于液体燃料如重油的使用,必须要考虑这些燃料的雾化条件。尽管在原则上液体的雾化可通过纯机械手段实现,但最常用的是借助于推进气体(空气、水蒸汽、天然气,氧气等)进行。这后者的体积无法与初级氧气的体积相比,并且原则上在燃烧机理中不太重要。但是,这种气体也不是完全无关紧要的。特别是,如果通常使用加压空气,则火焰的气氛将富含氮气并且 NO_x 形成的风险因此而增加。水蒸汽的使用并不会带来这种缺陷,但水的热容量高,这稍微提高了能量消耗。

[0038] 经济方面的考虑也影响了燃料的选择。一方面,尤其是气体和重油的各自价格随时间经历明显的变化。但是另一方面并且尤其是,气体供应的成本部分地取决于与供应者协商的条件。当所述供应与尤其考虑到需求的显著变化的暂停实行的限制性规定相配合时,这些条件会给予有利的费率。根据这些限制性规定,所述供应可被临时中断。因而,为了受益于这些条件而不中断生产,必须能够从一种燃料几乎即刻地转换到另一种燃料。为此,必须具有能够利用这些不同燃料工作的燃烧器。

[0039] 本发明还提供与如上指出的布置相对应的燃烧器以及与这些燃烧器有关的装置,这将在下面涉及附图的描述中进行讨论,这些附图具有关于这些应用的另外的细节。

附图说明

- [0040] - 图 1a 是根据本发明使用的燃烧器的剖面示意图;
- [0041] - 图 1b 是图 1a 的燃烧器的正视图;
- [0042] - 图 2a 是与图 1a 类似的图,其中燃烧器包括两个燃料供应装置;
- [0043] - 图 2b 是图 2a 的燃烧器的正视图;
- [0044] - 图 3 是部分显示燃烧器的供应装置的图 1a 的燃烧器;
- [0045] - 图 4 类似于前一个图,并且涉及图 2a 的燃烧器;
- [0046] - 图 5 示意性地显示配置有燃烧器的炉的一侧上的热氧气供应线路的类型。

具体实施方式

[0047] 图 1a 的燃烧器包括耐火块 1,其形成炉壁的一部分。这种块有利地由通过加固件(未示出)组装在一起的多个部件构成,所述加固件位于相对于炉的外部侧上。耐火块被多个管道贯通,所述管道连通到炉的内面上并且可以引入燃料和氧气。

[0048] 各种供料管道的配置一方面取决于所寻求的燃烧状况,另一方面取决于火焰的一般形式。

[0049] 在通过氧燃烧运行的炉中,重要的优点在于不存在氮气,氮气在非常高的温度下将导致形成 NO_x 氧化物。不过,大的工业炉不可能是完全密封于外部气氛的。总是会渗入一点空气以及因此的氮气,即使人们尽力于尤其以动力学方式保持一定的密封性。

[0050] 甚至残余氮气的存在也可导致少量的 NO_x 的存在。由于这些污染物的比例必须尽

可能低,因此有利地是调节以氧燃烧运行的炉的工作状况,以进一步最小化其形成。

[0051] 已知的是,氮氧化物的形成通过在火焰中达到的最高温度而得到促进。因而,对于所开发的相同功率来说,本发明燃烧器的使用旨在限制在火焰中局部存在的最高温度。

[0052] 用于限制所述温度的技术在于确保燃料逐步地与助燃剂接触。该工作状况(régime)通常被称作“分级燃烧”。

[0053] 为了获得分级燃烧的工作状况,将低比例的氧气与燃料一起引入,以使得火焰在注入点是稳定的。但是,氧气的量必须保持低以不能在小体积下过大浓缩一部分燃烧能量并提高火焰温度。

[0054] 在注入点之上,所述火焰由这种初级火焰与从注入喷嘴发射的氧气射流的混合物连续地供应以氧气,所述注入喷嘴位于所述壁上与初级氧气和燃料注入喷嘴具有一定距离的位置处。这些次级供料的布置取决于气体流的特性(流量、发射速率、温度)、其膨胀和所寻求的火焰长度。

[0055] 在图 1a 和 1b 的图示中,燃料供应由管道 2 示意性地显示。此管道与传送初级氧气的管道 3 是同心的。它们整个被布置在燃烧器的中心。

[0056] 在所述初级供应的两侧,两个“次级”4 和“第三”5 供应完成在 2 注入的燃料的完全燃烧所需的氧气供应。

[0057] 这种类型的燃烧器的使用可有利地依据在公开 WO 02/081967A 和 WO 2004/094902A 中给出的指导,二者涉及注入的空间分配并涉及所使用的氧气和燃料的相应量。

[0058] 氧气在管道上的分布有利地使得用量随着分隔其注入点与燃料注入点的距离而增加。在图 1a 和 1b 所示的形式中,经管道 4 的供应有利地没有从管道 5 进行的供应量大。

[0059] 作为指示,管道 4(Q_1) 和 5(Q_2) 的相应供应比率处于例如范围 0.2 至 0.6。

[0060] 为了获得其整体形状为基本上平的火焰,不同管道的轴有利地布置在同一个平面中。平的火焰在玻璃熔炉的情况下是有利的。它允许浴的尽可能最大的表面直接暴露于来自火焰的辐射,或者间接暴露于向此火焰暴露的耐火材料(尤其是炉拱顶的材料)的辐射。

[0061] 当火焰的形状不由与平面表面的热交换控制时,注入点的布置可以是显著不同的。特别地,可围绕着初级注入点同心布置所述供料。

[0062] 在图 2a 和 2b 中示意性示出的燃烧器具有前面的一般结构。它们与此的不同在于存在用于燃料 2 和初级氧气 3 的两个供应。

[0063] 空间条件允许可尽可能彼此接近的两个注入点的布置用于使得维护操作更容易。注入点越近,运行模式与其中布置单个初级供应的运行模式越相象。

[0064] 无论采用什么样的预防措施,燃烧器的运行可导致由于燃料分解产物造成的污垢。为了最小化这种风险,喷嘴的末端有利地相对于炉内侧壁略微回缩。进行这种回缩的原因还在于提供对于注入管的末端的保护。通过以此方式进行,温度基本上低于在炉中占主导的温度,这尤其归因于燃料本身的循环和“冷”氧气的循环。要指出,即使燃料被预热以提高能量效率,所达到的温度也受到限制以避免在供料管道中热分解的风险。

[0065] 维护操作必须在不中断运行的炉上进行。必须确保这些操作几乎不改变运行的工作状况。大玻璃熔炉中的燃烧器(通常包括 6-12 个)的中断可通过相邻燃烧器的工作状况的相应提高而得到临时补偿。不过这导致火焰曲线的总平衡的变化,并且还可导致烟雾

的循环,所述烟雾如所示被用在氧气加热循环中。

[0066] 用于最小化维护操作的影响的替代方案例如在于使用具有两个燃料注入的燃烧器。有利地,两个注入被同时使用。当需要进行维护时,这些注入装置之一被临时中断。任选地,第二注入装置可负责与被中断的注入器的供应相对应的全部或部分供应。

[0067] 这种进行方式以几乎相同的方式保持了炉中能量的空间分配。

[0068] 当第一注入器被重新放置时,第二注入器可依次进行维护。

[0069] 在这些维护操作中,最常见的操作程序在于从耐火块取出燃料注入喷管,所述喷管穿过该耐火块进入到炉中。畅通的开口被临时堵塞以防止空气的渗入。

[0070] 燃料供应通常并不要求具有特定耐腐蚀特性的管道。常规材料如传统不锈钢就足够,并且尤其是,这些管道可具有连接件、阀和其它能够在这些维护操作期间被拆卸的元件。

[0071] 这些管道的拆卸并不会引起大问题。当初级氧气与燃料一起以相对低的温度如不超过 100℃ 的温度注入时,则不会再出现问题。

[0072] 为了使燃烧器的能量效率达到最高水平,有利地使用被预热到可达到或超过 550℃ 的温度的氧气。在这些条件下,氧气管道必须具有非常特别的耐受性并且必须避免或者尽可能减少焊缝或连接元件。为此,热氧气的供应管道在维护操作的过程中均保持原位。

[0073] 图 3 和 4 显示图 1 和 2 的燃烧器的元件,向其中结合了用于热氧气供应的另外的元件。

[0074] 管道 4 和 5 连接到供料箱 6 以用于供应热氧气。避免在燃烧器和供料箱 6 之间存在阀。供料箱和燃烧器之间的距离在炉附近空间允许的情况下尽可能地短。

[0075] 所示的直管道可具有弯曲度。优选地,这些弯曲度要尽可能不突出,以最小化热氧气对它们的壁的影响,而这有可能最终引起其腐蚀。

[0076] 在每个管道上分布的氧气的量持久地由调节喷嘴的尺寸决定,所述调节喷嘴要么位于管道中,要么处于管道 4 和 5 与供料箱 6 的连接处。

[0077] 供料箱本身由连接到进行氧加热的换热器(在这些图中未示出)的管道 19 进行供料。由于在热氧气的路径上不能插入阀,工作状况的变化由在换热器中引入的冷氧气控制。这些变化必须是有限的。

[0078] 图 3 和 4 中示出的燃料和冷氧气的供应由管道 3 构成。这个管道 3 包裹燃料的管道 2。这两个管道可与它们的相应供料线路在夹子 7 和 8 处分开。一旦这些夹子松开,则可以从耐火材料上取下管道 2 和 3 以进行它们的修理。

[0079] 图 2 和 3 示意性地显示了可以是如下的布局,在该布局中,在中心管道 2 中经过的燃料是气体形式。当燃料为液体形式时,其引入需要使用允许这种液体雾化的装置。尤其是,当该雾化借助于气体(蒸气、空气等)实现时,燃料供应管道应当还包含这种雾化气体的供应管道直至注入点的附近。

[0080] 如在图 4 中所示,通过管道 3 的“冷”氧气的供应可例如通过阀 9 和 10 分开调节。

[0081] 正如 25/03/08 提交的未公开欧洲专利申请 No. 08102880 所提出的,仍然对于最小化与热氧气的传送有关的困难来说,优选布置进行氧气加热的换热器尽可能接近燃烧器。出于相同的原因,从一个换热器供应的燃烧器的数目是有限的。优选地,每个换热器不供应多于两个燃烧器,并且特别优选地,每个换热器只连接一个燃烧器。以此方式,每个燃烧器

的氧气流量可独立于其它燃烧器而被调节,并且氧气可以在其进入到换热器之前被调节。

[0082] 图 5 示意性地显示例如用于熔融玻璃材料的熔炉的氧气供应组装件。

[0083] 炉 11 以俯视图部分地表示。其侧耐火壁 12 带有一系列的示意性显示的插入到壁中的燃烧器 13。每个燃烧器 13 以两种方式供应氧。第一系列的管道 14 如上所述传送冷氧气以向初级燃烧供料。第二系列的管道 15 供应换热器 16。在这些换热器的出口处,热氧气经管道 17 被传送直到燃烧器,管道 17 总体上表示每个燃烧器的不同热氧气供应。

[0084] 在图 5 所示的图中,换热器 16 引起预热的载热流体与氧气的逆流。在所示的实施方案中,这种载热流体的加热在回热器 (récupérateur) 18 中进行,在其中循环有从炉 11 中排出的烟雾 E。

[0085] 尽管原则上可以直接在烟雾和要预热的产品之间进行热交换,但在效率和安全性方面的最佳条件下操作的努力导致更复杂的交换设备并且尤其通过使用中间载热流体来进行。

[0086] 在第一“回热器” 18 中,烟雾再加热中间流体,例如空气、氮气、CO₂,或者任何合适的例如在这个回热器和进行氧气加热的交换器 16 之间的回路中循环的流体。对于中间流体如空气的替代方案是并不使用该回路并且在第二交换器的出口处回收热空气,这通过锅炉或者其它能量回收装置来进行。

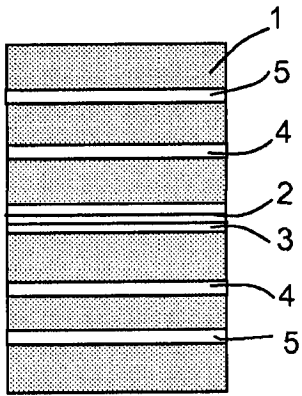


图 1a

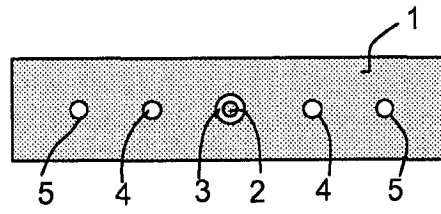


图 1b

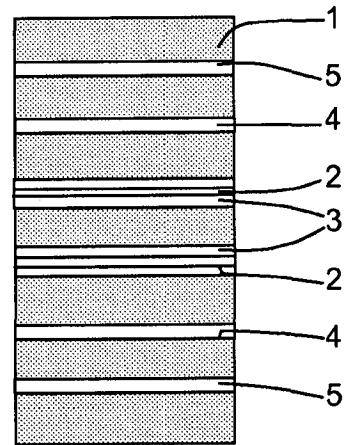


图 2a

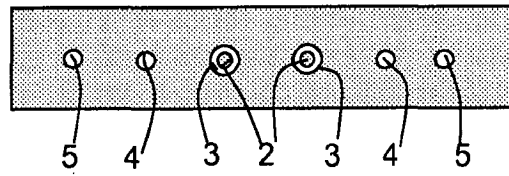


图 2b

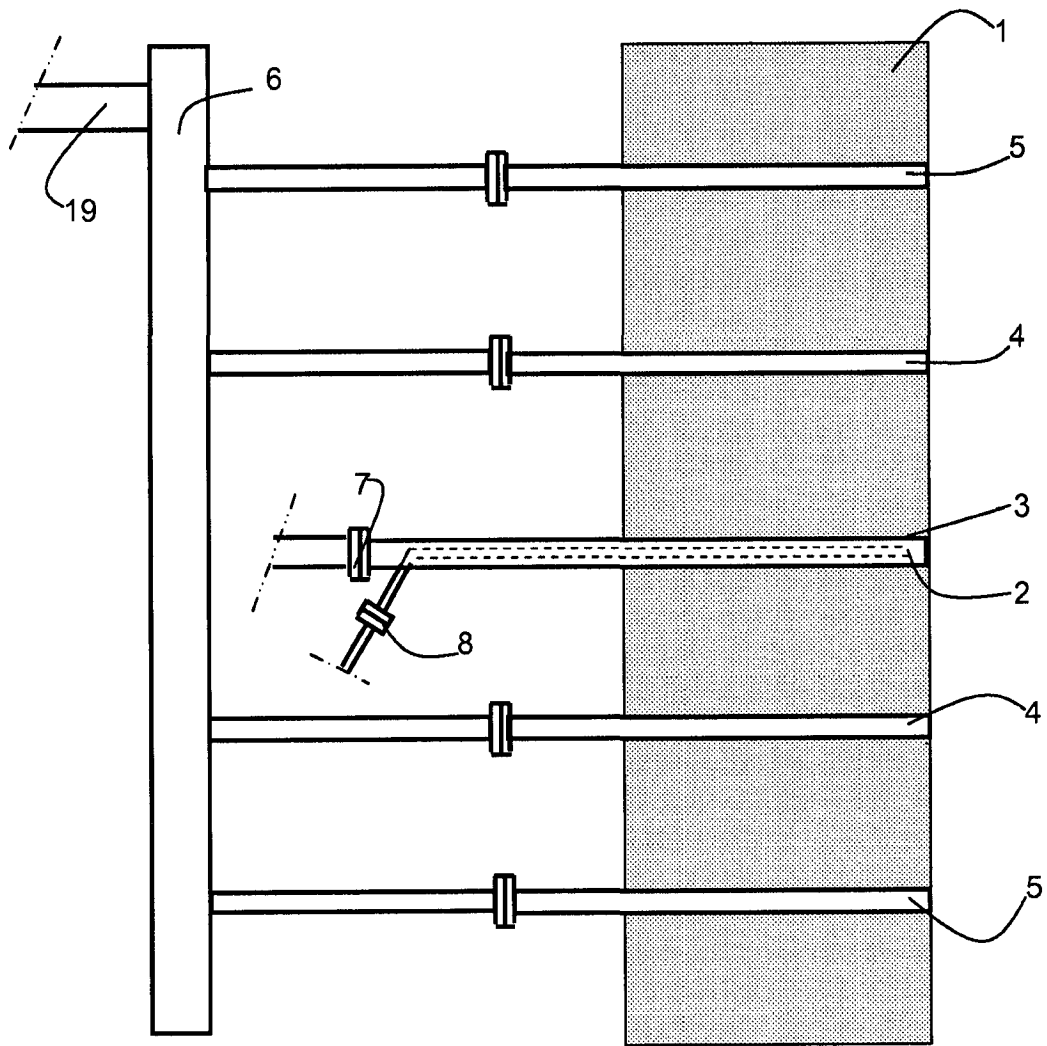


图 3

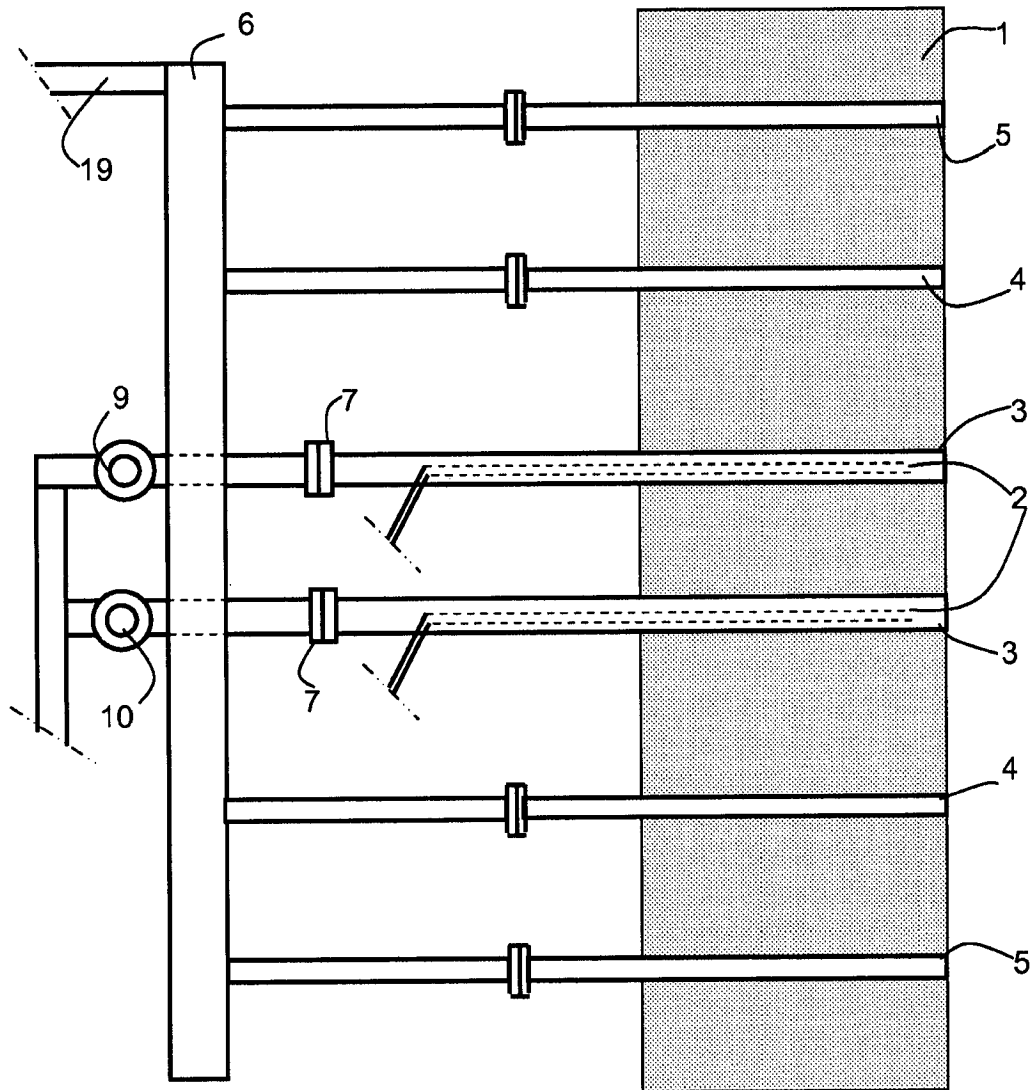


图 4

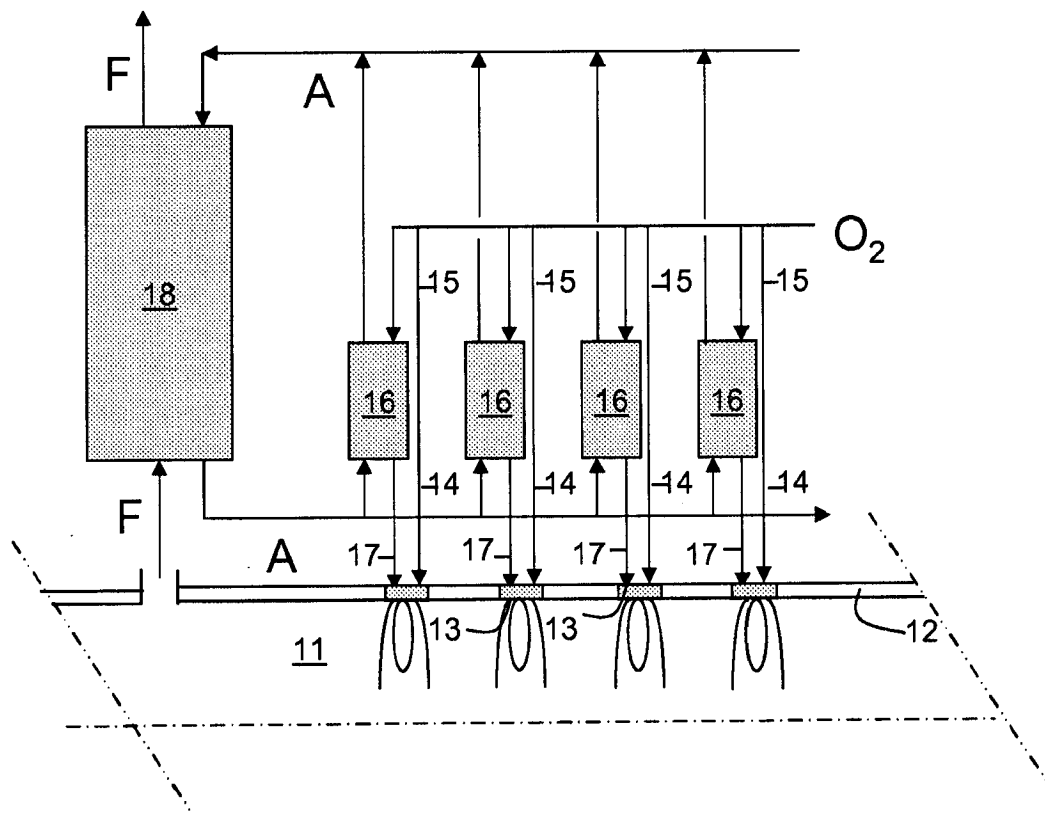


图 5