



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101233377 B

(45) 授权公告日 2010.06.23

(21) 申请号 200680028195.4

C04B 7/43 (2006.01)

(22) 申请日 2006.08.02

F23D 14/32 (2006.01)

(30) 优先权数据

0552422 2005.08.03 FR

(56) 对比文件

EP 0430376 A2, 1991.06.05, 全文.

JP 59089907 A, 1984.05.24, 全文.

US 6375456 B1, 2002.04.23, 全文.

CN 1290846 A, 2001.04.11, 全文.

EP 0662208 A1, 1995.07.12, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.01.31

(86) PCT申请的申请数据

PCT/FR2006/050777 2006.08.02

审查员 刘丽艳

(87) PCT申请的公布数据

W02007/015029 FR 2007.02.08

(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

(72) 发明人 P·迪佩雷 M·阿梅尔

E·彭福尼斯 X·波贝尔

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 吴鹏 马江立

(51) Int. Cl.

F27B 7/36 (2006.01)

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

用于煅烧具有低 NO_x 排放物的材料的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于煅烧材料的方法,在该方法中,通过与主要由火焰产生的热源接触来加热所述材料,该火焰由至少一股燃料和一次空气的流 (a) 以及二次空气流 (b) 产生,该火焰包括温度低于 1500℃ 的第一燃烧区 (I) 和温度高于 1500℃ 的第二燃烧区 (II),其中,在第二燃烧区 (II) 开始处将至少一种惰性气体的至少一股流 (c) 注入火焰中,和/或将至少一股氧或富氧气体的流 (d) 注入第二燃烧区 (II) 中。

1. 一种煅烧材料的方法,在该方法中,通过与主要由火焰产生的热源接触来加热所述材料,该火焰由至少一股燃料和一次空气的流(a)以及二次空气流(b)产生,该火焰包括温度低于1500℃的第一燃烧区(I)和温度高于1500℃的第二燃烧区(II),所述方法的特征在于:

- 在第二燃烧区(II)开始的位置将至少一种惰性气体的至少一股流(c)注入火焰中;
和/或

- 将至少一股氧或富氧气体的流(d)注入第二燃烧区(II)。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,这样注入所述氧或富氧气体的流(d),即使得所述流在火焰的第二燃烧区(II)与火焰(F)相切。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,惰性气体选自包括氮、再循环废气、二氧化碳和蒸汽的组。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,以大于二次空气速度的速度注入所述至少一种惰性气体的流(c)。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,以小于炉中测得的声速的速度注入所述至少一种惰性气体的流(c)。

6. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,作为一股或多股具有切向分量的旋转射流注入所述至少一种惰性气体的流(c)。

7. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,以大于马赫数0.5的速度注入所述氧或富氧气体的流(d)。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,以大于马赫数1的速度注入所述氧或富氧气体的流(d)。

9. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,燃料包括由载气喷射的固体燃料。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述载气是富氧的。

11. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,高温工业炉是回转炉。

12. 一种用于实现根据权利要求1至10中任一项所述的方法的燃烧装置,该燃烧装置包括:

- 可以向其进给氧化剂和燃料的燃烧器(1);

- 用于围绕燃烧器(1)传送空气流(b)的空气注入装置;

其中,燃烧器产生的火焰包括温度低于1500℃的第一燃烧区(I)和温度高于1500℃的第二燃烧区(II);

- 至少一个具有第一进气端(2a)和第二出气端(2b)的惰性气体注入喷枪(2),第二出气端(2b)比第一进气端(2a)离燃烧器(1)的纵轴更近,所述惰性气体注入喷枪(2)布置成在第二燃烧区(II)开始的位置将至少一种惰性气体的至少一股流(c)注入火焰中;和/或

- 至少一个具有第一进气端(3a)和第二出气端(3b)的氧或富氧气体注入喷枪(3),第一进气端(3a)比第二出气端(3b)离燃烧器(1)的纵轴更近,所述氧或富氧气体注入喷枪(3)布置成将至少一股氧或富氧气体的流(d)注入第二燃烧区(II)。

13. 根据权利要求12所述的燃烧装置,其特征在于,所述惰性气体注入喷枪(2)以在0°和45°之间的角度 α 倾斜,该角度由惰性气体注入喷枪(2)的纵轴和燃烧器(1)的纵

轴形成；所述氧或富氧气体注入喷枪 (3) 以在 0° 和 20° 之间的角度 β 倾斜，该角度由氧或富氧气体注入喷枪 (3) 的纵轴和燃烧器 (1) 的纵轴形成。

14. 根据权利要求 12 或 13 所述的燃烧装置，其特征在于，该燃烧装置包括：

- 至少两个围绕燃烧器 (1) 同心布置的惰性气体注入喷枪 (2)；和 / 或
- 至少两个围绕燃烧器 (1) 同心布置的氧或富氧气体注入喷枪 (3)。

15. 根据权利要求 12 或 13 所述的燃烧装置，其特征在于，燃烧器 (1) 在其出口处包括具有向外张开的内边缘 (4a) 和外边缘 (4b) 的管座形状的附件 (4)，所述内边缘 (4a) 与燃烧器 (1) 的纵轴成角度 γ 向外张开，所述外边缘 (4b) 与燃烧器 (1) 的纵轴成角度 δ 向外张开，附件 (4) 既用作在燃烧器 (1) 的出口处开始的用于燃烧的喷口，也用作二次空气的导流板。

16. 根据权利要求 1 至 11 中任一项所述的方法用于煅烧矿石基材料的应用。

用于煅烧具有低 NO_x 排放物的材料的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在高温工业炉 / 窑中改善燃烧的方法以及一种用于在这种炉中改善燃烧的装置。

背景技术

[0002] 用作具有不可忽略的含氮量的能源燃料例如煤或石油焦炭的高温工业过程产生大量的氮氧化物 (NO_x) 的排放物,这是公知的。NO_x 是指代所有氮氧化物、特别是一氧化氮 (NO) 和二氧化氮 (NO₂) 的综合术语。NO_x 根据其生成机制主要可以分为两类:燃料 NO_x 和热 NO_x。燃料 NO_x 由燃料中的氮化合物的氧化产生。与大气中的氮通过助燃氧氧化相对应的热 NO_x 主要依赖于三个变量:

[0003] - 火焰的高温区域 (> 1200°C) 中的氧浓度;

[0004] - 氧在这些区域中的停留时间;以及最特别地

[0005] - 这些区域中的温度。

[0006] NO_x 对植物是有毒的,而且二氧化氮尤其会引发人们的呼吸困难。NO_x 还是臭氧形成的主要前提之一。另外,NO_x 排放物使得土壤酸化以及过营养化。

[0007] NO_x 排放物的问题出现在所有使用高温工艺的工业中。特别受关注的工业之一是水泥制造工业,在水泥制造工业中制造工艺面临日益严格的有关氮氧化物 (NO_x) 排放物的标准。在水泥生产工艺中来自燃料的 NO_x 的生成是由于使用了具有不可忽略的含氮量的燃料,其中燃料的含氮化合物的氧化导致 NO 的生成。这个化学反应过程既通过燃料点燃发生在回转炉的燃烧器中,也发生在预煅烧炉中(如果有的话)。由于需要足够高的温度以在新进料上进行所谓的熔结反应(1450°C),从而加速大气中的氮的氧化,所以热 NO_x 在回转炉的燃烧区域中对其来说是不可避免的。

[0008] 现有用于减少 NO_x 排放物的技术可以分为两类:限制在燃烧过程中 NO_x 的生成的主要技术和基于废气处理以去除在上游产生的 NO_x 的辅助技术。

[0009] 为了在水泥生产工艺中使得能够有效地减少 NO_x 的生成,任何主要技术都必须既限制燃料 NO_x 又限制热 NO_x 的生成。在所采取的主要措施中,可以列出以下内容:

[0010] - 低 NO_x 燃烧器,该燃烧器使燃料和各种氧化剂射流最佳地混合以通过局部燃烧分级效应主要限制热 NO_x 的生成。这种方法在火焰不稳定时达到其极限,当一次空气减少到容许极限(按化学计量组成所需空气量的~10%)以下时产生该火焰不稳定性。这样可达到的 NO_x 的减少约为 30%;

[0011] - 通过水射流冷却火焰,其目的是通过降低火焰的温度峰值来减少热 NO_x。这样,可以得到高达 50% 的 NO_x 减少,但是此方法大大降低了燃烧效率并且证实是炉运作中所出现问题的原因;以及

[0012] - 在回转炉和预煅烧炉(如果有的话)之间的燃烧分级,这使得可以在回转炉的出口处在高温下减少 NO_x 并且随后在下游的预煅烧炉和预加热单元中完成燃烧。据称 NO_x 减少程度高达 50%,但是所述系统投资成本很昂贵,因为需要大量的设备修改。还应提及的是

生成过量 CO 的许多问题,其阻止获得常规的 NO_x 减少程度。

[0013] 当前没有任何主要技术能够充分地减少 NO_x 排放物,因此迫使水泥生产商使用昂贵的辅助方法以满足实施中的标准。

[0014] 所采取的辅助措施是常规措施:其包括基于将氨或尿素注入废气中将以 NO 变成 N₂ 的催化或非催化 NO_x 还原工艺(SNCR = 选择性非催化还原;SCR = 选择性催化还原)。因此可以达到较大的 NO_x 减少,但是具有相当高的投资和运作成本。此外,这些技术要求非常精确的温度范围,任何偏差将造成废气中的未反应的氨的排放物,该未反应的氨的排放物之后将被氧化成 NO_x。

[0015] 除减少 NO_x 排放物之外,水泥制造商的另一个主要烦恼是如何得到满意的效率和质量。已经开发出使用氧或富氧气体的技术。它们主要设计用于通过提高煅烧区域的温度以提高产品的产量或质量。结果,与没有添加氧的操作相比较而言,这些技术通常导致 NO_x 排放水平增加,或最多所述水平保持相等。

[0016] 文献 US 3 397 256 描述了使用置于炉料和主燃烧器之间的含氧燃料燃烧器,其效果为,在此区域温度大大增加因而排出的 NO_x 的量也不可避免地大大增加。

[0017] 文献 US 5 572 938 公开了为改善到炉料和产品的热传递的目的通过主燃烧器把氧注入一次空气中。该文献没有给出关于限制燃料 NO_x 生成的注入方法的细节。该文献还专门提出在回转炉的底部沿着炉料注入氧以使燃烧分级。这种特定的布置使得可以在炉料上方维持氧化条件并向那儿传递更多能量,但是不能使所有未燃烧材料适当地混合。

[0018] 文献 US 5 580 237 描述了一种用于优化燃烧器中的氧注射的注入器,以使火焰稳定。所排放的 NO_x 的量保持不变或略微减少。

[0019] 本申请人公司的专利 US 6 309 210 教导一次空气、二次空气和三次空气的氧富集以改善熟料的冷却能力和总体改善燃烧。在所有燃烧气体中总体稀释氧的做法违反减少排放的 NO_x 的量的原理。

发明内容

[0020] 因此,本发明的一个目的是提出一种新颖的用于改善高温工业炉例如回转炉中的燃烧的技术,该技术使得可以既减少 NO_x 排放物又获得令人满意的效率和产品质量。

[0021] 为此,本发明涉及一种煅烧材料的方法,在该方法中,通过与主要由火焰产生的热源接触来加热所述材料,该火焰由至少一股燃料和一次空气的流 (a) 以及二次空气流 (b) 产生,该火焰包括温度低于 1500°C 的第一燃烧区 (I) 和温度高于 1500°C 的第二燃烧区 (II),所述方法的特征在于:

[0022] - 在第二燃烧区 (II) 开始的位置将至少一种惰性气体的至少一股流 (c) 注入火焰中;和/或

[0023] - 将至少一股氧或富氧气体的流 (d) 注入第二燃烧区 (II)。

[0024] 根据在常规燃烧过程中在该区形成的 NO_x 的类型,将火焰分成第一燃烧区和第二燃烧区。这样,第一燃烧区是开始燃烧并且在该区中占主导地位的 NO_x 生成机制是燃料 NO_x 生成机制的区域。第二燃烧区是火焰与二次空气接触达到其温度峰值并且在该区中热 NO_x 的生成占主导地位的区域。第一燃烧区和第二燃烧区的边界设置在火焰温度超过 1500°C 的位置,超过该温度热 NO_x 的生成率大大增加。

[0025] 在第二燃烧区开始的位置注入至少一种惰性气体的至少一股流使得可以在第二燃烧区吸收燃料与二次空气燃烧过程中释放的热能,同时在第一燃烧区保持尽可能高的温度。这样,第二燃烧区的火焰温度下降。优选地,对称地设置至少两股惰性气体流以便在火焰内部得到更好的温度均匀化。用于在第二燃烧区开始的位置注入的惰性气体有利地选自包括氮、再循环废气、二氧化碳和蒸汽的组。氮是优选的选择,尤其是在如下情况下,即它在高温工艺的操作地点的生产可与其它应用——例如根据本发明注入第二燃烧区内——所需的氧的生产协力进行。有利地,以大于二次空气速度的速度注入惰性气体流,以便使其有足够的穿透力直接进入第二燃烧区中。但是,此速度将保持低于在炉中测得的声速,并优选地在马赫数 0.2 和马赫数 1 (马赫数 1 对应于声速) 之间的速度范围内,以便确保惰性气体一进入第二燃烧区就和火焰立即混合。对于各种应用,本领域技术人员知道怎样限定流的数目以在惰性气体与第二燃烧区的气体的均匀化质量和惰性气体的给定总流量的质量之间得到令人满意的折衷。关于惰性气体与第二燃烧区的气体的均匀化质量,本领域技术人员知道该质量随惰性气体流的数目增加而增加。关于进入第二燃烧区的足够的穿透力,本领域技术人员知道通过增加这些惰性气体流的动量——也就是说通过减少流的数目——可以提高所述穿透力。这里应当理解,动量是气体流的质量乘以其速度。

[0026] 旋转 / 涡流射流可以有助于这种混合、并且因此有助于组合物的快速均匀化以及火焰温度的快速均匀化,旋转射流的特征为,在旋转射流注入的过程中气体的切向分量发生脉动。

[0027] 优选地这样注入氧或富氧气体的流,即使得该流与第二燃烧区中的火焰 (F) 相切。这使得可以增加火焰 (F) 内的再循环并在火焰末端得到氧或富氧气体与火焰的混合。另外,通过以这种方式供氧,整个燃烧在燃料富集的条件下进行,降低了火焰温度,缩短了停留时间并降低了火焰中的氧浓度。为了使供氧均匀化,优选地使用至少两股相对于火焰轴线对称设置的氧或富氧气体流。当根据本发明将至少一股氧或富氧气体流注入第二燃烧区时,可有利地减少二次空气的流量。一些通常由二次空气提供的氧因此被通过该射流传送的氧替代。这防止了氧过分地富集的燃烧条件,该燃烧条件将导致火焰温度升高并且将与减少热 NO_x 的生成背道而驰。优选地,以大于马赫数 0.5、优选地大于马赫数 1 的速度注入氧或富氧气体流。这样得到一股或多股“连贯的”氧或富氧气体射流,该射流在经过炉的路径的第一部分时没有被降解,而只是在其中温度已经降低并且热 NO_x 生成的危险因此降低的区域、在火焰末端与未燃烧气体混合。此外,这种射流增加了火焰内的再循环以及到火焰内的燃烧产品供应,由此使得可以使温度均匀化并降低火焰的温度峰值。

[0028] 在优选的实施方式中,将上述两种注入模式结合起来。优选地,两种注入同时进行。

[0029] 有利地,惰性气体注入和 / 或氧或富氧气体注入可与用于运输和喷射燃料的空气中的轻微的氧富集相结合,以便增加燃料点燃区的温度并因此减少燃料 NO_x 的生成,如专利申请 WO 2004/065849 中所述。

[0030] 当使用具有高含氮量的固体燃料如煤和石油焦炭时,根据本发明的煅烧方法特别有利。当使用固体燃料时,此固体燃料通过载气例如空气、最一般地为空气喷射。

[0031] 根据本发明的方法可用于任何工业过程,例如石灰、玻璃以及尤其是水泥的制造。根据本发明的方法在用于煅烧矿石基的材料时特别有利。

[0032] 但是,当高温工业燃烧工艺采用的所有或一些燃料是具有低含氮量的气体燃料时也可以使用本发明的方法。尤其是在主要使用用于水泥生产工艺的具有低含氮量的气体燃料的情况下,根据本发明的方法可以有利地与抑制热 NO_x 生成的振荡燃烧系统相结合。该系统由本申请人获得专利权 (US 5 302 111)。

[0033] 本发明还涉及一种燃烧装置,其包括:

[0034] - 可以向其进给氧化剂和燃料的燃烧器;

[0035] - 用于围绕燃烧器传送空气流的空气注入装置;

[0036] - 至少一个具有第一进气端和第二出气端的惰性气体注入喷枪,第二出气端比第一进气端离燃烧器的纵轴更近;和/或

[0037] - 至少一个具有第一进气端和第二出气端的氧或富氧气体注入喷枪,第一进气端比第二出气端离燃烧器的纵轴更近。

[0038] 对于大于马赫数 0.5 并优选地大于马赫数 1 的注入速度,氧或富氧气体喷枪的出气端优选地配置有所谓的缩放喷嘴/拉瓦尔 (De Laval) 喷管,其相继具有收敛横截面、以及跟随其后的扩散横截面。根据注入器的直径和所需的速度来调节气体进给压力。

[0039] 优选地,惰性气体喷枪以在 0° 和 45° 之间的角度 α 倾斜,该角度由该惰性气体喷枪的纵轴和燃烧器的纵轴形成,氧或富氧气体喷枪以在 0° 和 20° 之间的角度 β 倾斜,该角度由该氧或富氧气体喷枪的纵轴和燃烧器的纵轴形成。在一优选实施例中,根据本发明的装置包括至少两个围绕燃烧器同心布置的惰性气体注入喷枪和/或至少两个围绕燃烧器同心布置的氧或富氧气体注入喷枪。以这种方式,气体供应和火焰温度较好地均匀化。燃烧器的纵轴和惰性气体喷枪的纵轴之间的角度 α 选择成使得惰性气体能够注入火焰中。有利地,该角度 α 在 0° 和 45° 之间,优选地在 0° 和 20° 之间,但是,这个值随着所述方法的几何形状/几何布置 (géométrie) 和火焰的特征长度而变化,该火焰的特征长度根据可见火焰长度的一次近似来限定。

[0040] 燃烧器的纵轴和氧或富氧气体喷枪的纵轴之间的角度 β 选择成使得由该喷枪传送的氧或富氧气体流与火焰相切。该角度 β 有利地在 0° 和 20° 之间,优选地在 0° 和 10° 之间,但是,这个值随着所述方法的几何形状和火焰的特征长度而变化。这种氧或富氧气体喷枪向火焰外部的倾斜导致火焰加宽,由此增加燃烧体积并进一步减小火焰内的温度峰值。

[0041] 在一个实施例中,根据本发明的装置在燃烧器的出口处包括具有向外张开的内边缘和外边缘的管座 (douille) 形状的附件。内边缘与燃烧器的纵轴成角度 γ 向外张开,外边缘与该纵轴成角度 δ 向外张开,该附件既用作在燃烧器的出口处开始的用于燃烧的喷口 (ouvreau),也用作二次空气的导流板。有利地,角度 γ 在 0° 和 45° 之间,优选地在 0° 和 25° 之间,角度 δ 在 0° 和 45° 之间,优选地在 0° 和 30° 之间。该附件的内边缘的向外张开增加了在燃烧器出口处的火焰中的气体再循环。这样得到的是更快速和更完全的燃烧。由于其向外张开的边缘,所述附件用作导流板,能够引导二次空气沿着使其只在第二燃烧区与火焰混合的路径前进。这有助于使氧的散布最优化。所述附件由耐高温即 1500°C 以上温度的材料制成,优选为陶瓷材料或耐火材料。

[0042] 根据本发明的燃烧装置可用于任何类型的高温工业炉中。然而,该装置特别适用于在水泥工业中使用的回转炉。

附图说明

[0043] 通过阅读下面参照附图给出的说明,本发明的其它特征和优点将变得显而易见。在附图中:

[0044] - 图 1 是根据本发明的燃烧装置的一个实施例的横截面示意图;

[0045] - 图 1A 示意性地示出图 1 的细节;

[0046] - 图 2 是根据本发明的燃烧装置的另一实施例的横截面示意图;

[0047] - 图 2A 示意性地示出图 2 的细节;以及

[0048] - 图 3 是根据本发明的燃烧装置的一可选细节的横截面示意图。

具体实施方式

[0049] 图 1 和 2 分别示意性地示出两个惰性气体喷枪 2 和氧或富氧气体喷枪 3 在回转煅烧炉的出口处围绕燃烧器 1 的布置。炉 5 轻微地倾斜以使得可以排出熟料 6。把燃料和一次空气的流 a 供应给燃烧器 1。在该流 a 在燃烧器 1 的出口被点燃后得到火焰 F。

[0050] 在图 1、2 和 3 中,火焰 F 被分成两个燃烧区 I 和 II。这两个区 I 和 II 的边界由火焰 F 超过 1500°C 温度的线形成:在区 I 中,温度低于 1500°C,而在区 II 中,温度高于 1500°C。

[0051] 回转炉 5 还配置有用于围绕燃烧器传送二次空气流 b 的空气注入装置(在图中未示出)。流 b 提供大部分燃烧空气并因此使得可以完成由一次空气起动的燃料的燃烧。

[0052] 图 1 示出根据本发明的燃烧装置,其包括两个围绕燃烧器 1 同心布置的惰性气体喷枪。这两个惰性气体喷枪 2 沿径向相对。喷枪 2 具有第一进气端 2a 和第二出气端 2b,第二出气端 2b 比第一进气端 2a 离燃烧器 1 的纵轴更近。有利地,惰性气体喷枪 2 以在 0° 和 45° 之间、优选地在 0° 和 20° 之间的角度 α 倾斜,该角度由喷枪的纵轴和燃烧器的纵轴形成(见图 1A)。但是,角度 α 的值随着所述方法的几何形状和火焰的特征长度而变化。

[0053] 图 2 示出根据本发明的燃烧装置,其包括两个围绕燃烧器 1 同心布置的氧或富氧气体喷枪 3。这两个氧或富氧气体喷枪 3 沿径向相对。喷枪 3 具有第一进气端 3a 和第二出气端 3b,第一进气端 3a 比第二出气端 3b 离燃烧器 1 的纵轴更近。有利地,氧或富氧气体喷枪 3 以在 0° 和 20° 之间、优选地在 0° 和 10° 之间的角度 β 倾斜,该角度由喷枪的纵轴和燃烧器的纵轴形成(见图 2A)。但是,角度 β 的值随着所述方法的几何形状和火焰的特征长度而变化。

[0054] 在一有利实施例(未示出)中,图 1 和图 2 中所示的实施例结合在一起以形成用于改善本发明燃烧的单个装置。

[0055] 图 3 示出在燃烧器 1 的出口处被置于燃烧器上的附件 4。该附件 4 为带有向外张开的内边缘 4a 和向外张开的外边缘 4b 的管座形状。内边缘 4a 与燃烧器的纵轴成角度 γ 向外张开,外边缘 4b 与该纵轴成角度 δ 向外张开,角度 γ 大于角度 δ 。有利地,角度 γ 在 0° 和 45° 之间,优选地在 0° 和 25° 之间,角度 δ 在 0° 和 45° 之间,优选地在 0° 和 30° 之间。

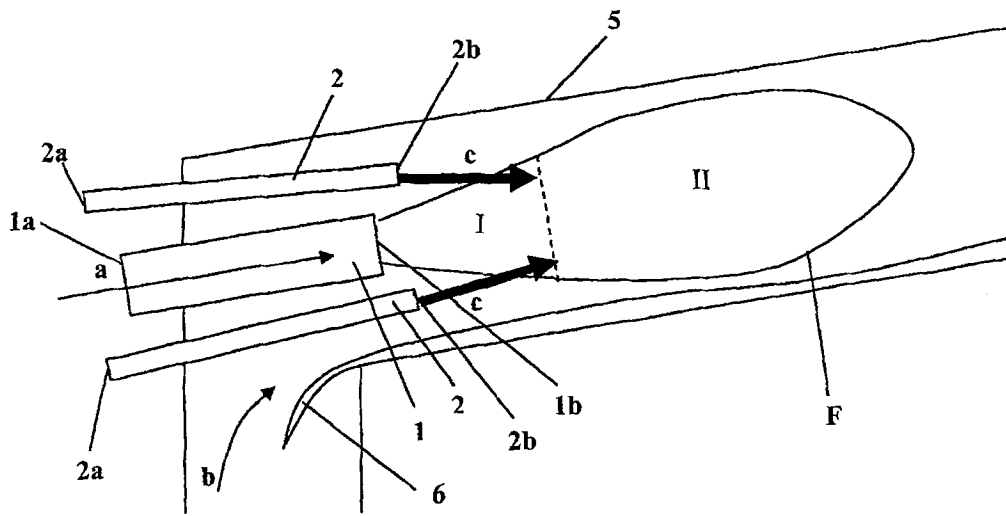


图 1

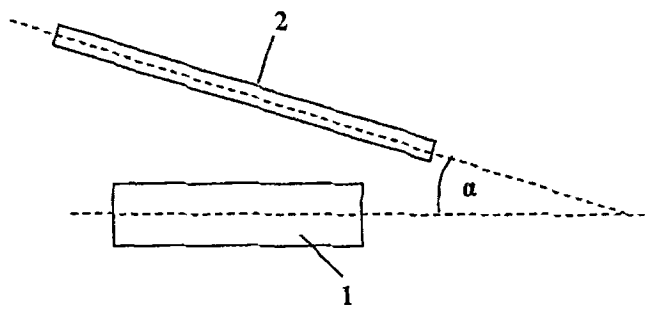


图 1A

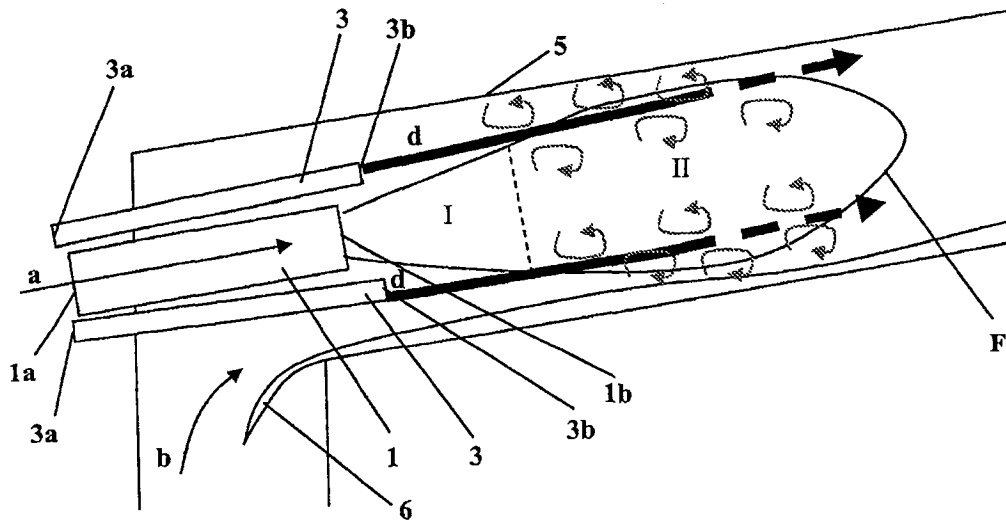


图 2

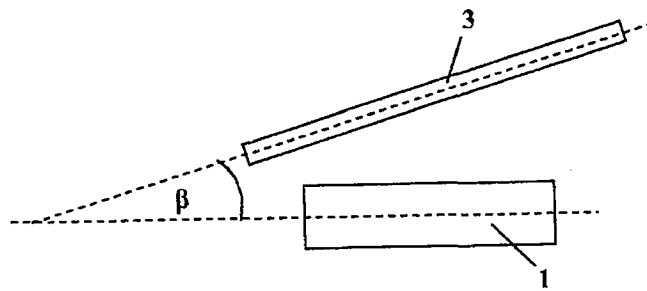


图 2A

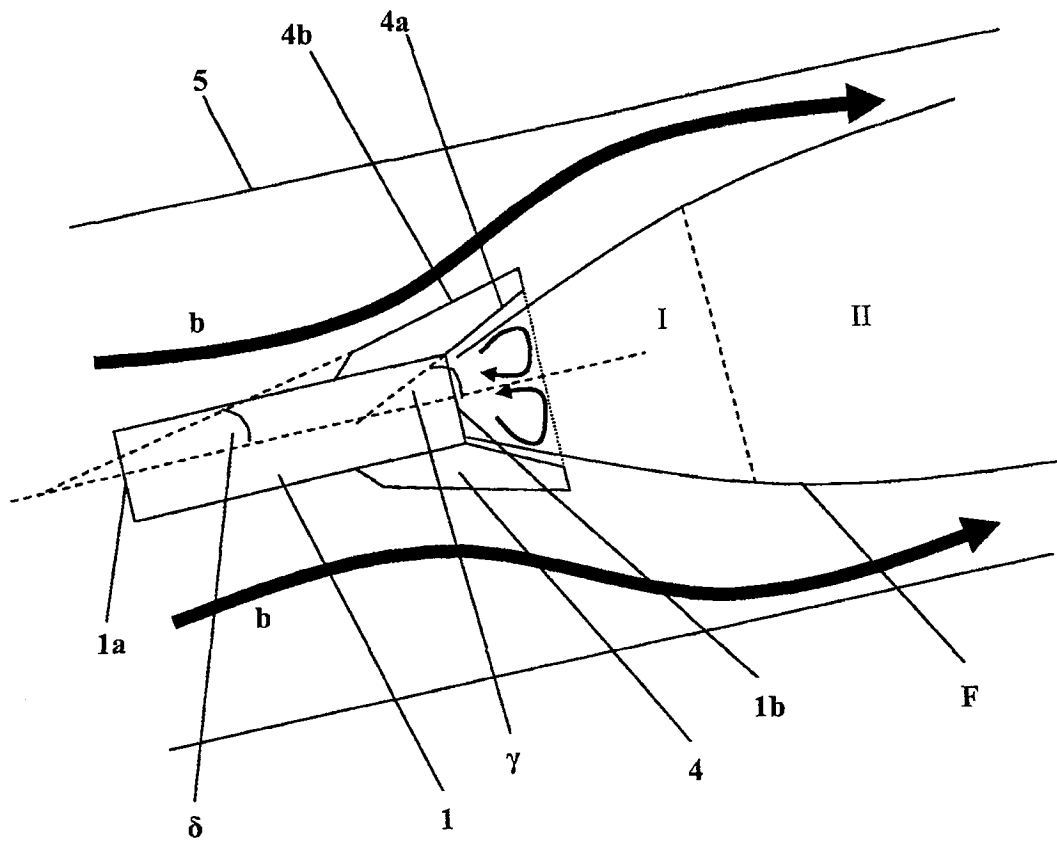


图 3