



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101201176 B

(45) 授权公告日 2012.05.30

(21) 申请号 200710169445.2

(22) 申请日 2007.11.09

(30) 优先权数据

11/558760 2006.11.10 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·S·邦克

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 杨松龄

CN 1246626 C, 2006.03.22, 全文.

CN 1154800 C, 2004.06.23, 全文.

US 5103630 A, 1992.04.14, 第3栏第49-68
行及附图1-2.

US 2002/0162333 A1, 2002.11.07, 第
[0008]-[0009], [0035]-[0042] 段及附图1-4.

US 2002/0162333 A1, 2002.11.07, 第
[0008]-[0009], [0035]-[0042] 段及附图1-4.

US 6772595 B2, 2004.08.10, 第8栏16-45行
及附图7-9.

审查员 姚丽华

(51) Int. Cl.

F23R 3/28 (2006.01)

F02C 3/20 (2006.01)

(56) 对比文件

US 6094916 A, 2000.08.01, 第5栏第3-48行
及附图5.

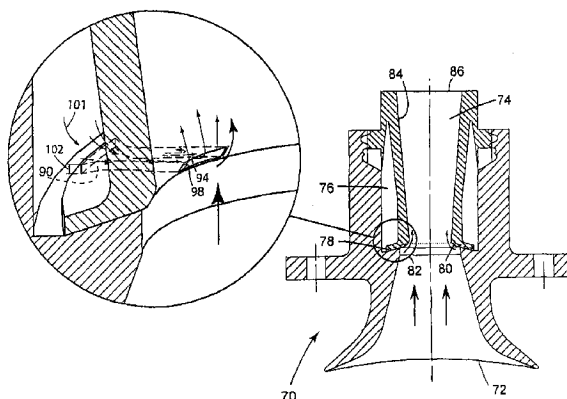
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 6 页

(54) 发明名称

用于增强预混合装置中混合的燃料喷射槽式
喷嘴和方法

(57) 摘要

本发明涉及用于增强预混合装置中混合的燃料喷射槽式喷嘴和方法。具体而言,本发明公开了一种预混合装置(70),包括进气口(72)、至少一个燃料进口槽(78)、混合室(74)及至少一个燃料喷射槽式喷嘴(90),燃料进口槽(78)具有构造成沿着预混合装置一部分壁形成燃料边界层的壁轮廓(80),燃料喷射槽式喷嘴(90)设置在燃料进口槽内部,并且构造成用于在发散部分(110)产生流分离区域(112),并在其出口(94)处产生混合湍流,从而增强来自边界层的燃料与压缩空气的混合,而不会造成边界层流分离和使火焰保持在混合室中。本发明还公开了利用该预混合装置的低排放燃烧器,燃气涡轮燃烧器,用于在燃烧系统中使燃料和氧化剂预混合的方法,燃气涡轮,以及气体-液体系统。



1. 一种预混合装置 (70), 包括 :

进气口 (72) ;

与所述进气口的末端部分形成流体连通的至少一个燃料进口槽 (78), 所述至少一个燃料进口槽包括构造成沿着所述预混合装置的一部分内壁形成燃料边界层的壁轮廓 (80) ;

混合室 (74), 在所述混合室 (74) 中, 来自所述进气口的压缩空气与来自所述边界层的燃料相混合, 所述混合室设置在所述进气口和所述至少一个燃料进口槽的下游 ; 和

设置在所述至少一个燃料进口槽内部的至少一个发散型燃料喷射槽式喷嘴 (90), 所述至少一个发散型燃料喷射槽式喷嘴构造成用于在其一部分的内部产生流分离区域 (112), 所述流分离区域构造成在所述至少一个发散型燃料喷射槽式喷嘴的出口 (94) 处产生混合湍流, 从而在空气动力学方面增强来自所述边界层的燃料与压缩空气的混合, 而不会造成边界层流分离和使火焰保持在所述混合室中。

2. 根据权利要求 1 所述的预混合装置, 其特征在于, 所述至少一个发散型燃料喷射槽式喷嘴包括至少一个收敛 - 发散型燃料喷射槽式喷嘴, 并且所述流分离区域局限于所述至少一个收敛 - 发散型燃料喷射槽式喷嘴的发散部分 (110)。

3. 根据权利要求 2 所述的预混合装置, 其特征在于, 所述壁轮廓构造成能够通过柯恩达效应而使穿过所述至少一个燃料进口槽而供应的燃料偏转向所述壁轮廓 ; 所述至少一个收敛 - 发散型燃料喷射槽式喷嘴包括入口 (92)、喉部 (108)、顶壁 (96)、底壁 (98) 和侧壁 (100), 所述侧壁在横向上的形状设置成形成从所述入口至所述喉部的收敛部分 (106), 以及从所述喉部下游延伸至所述出口的发散部分 (110) ; 并且, 所述发散部分的发散角度为大约 20 度或更大。

4. 根据权利要求 3 所述的预混合装置, 其特征在于, 所述至少一个收敛 - 发散型燃料喷射槽式喷嘴的底壁与壁轮廓一起形成了连续表面, 从而允许与所述压缩空气流成近似切线方向地喷射燃料。

5. 根据权利要求 3 所述的预混合装置, 其特征在于, 所述侧壁的发散部分选自粗糙壁、锯齿状壁、阶梯状壁和它们的组合。

6. 一种燃气涡轮燃烧器, 所述燃气涡轮燃烧器包括根据权利要求 1-5 中任一项所述的预混合装置, 其中, 所述燃气涡轮燃烧器包括筒形燃烧器、或筒形 - 环形燃烧器, 或环形燃烧器, 并且所述燃料包括天然气, 或含氢量高的气体, 或氢气, 或沼气, 或一氧化碳, 或合成气。

7. 一种用于在燃烧系统中使燃料和氧化剂预混合的方法, 其包括 :

通过氧化剂入口将氧化剂抽吸到预混合装置的内部 ;

通过至少一个发散型燃料喷射槽式喷嘴将燃料喷射到所述预混合装置内 ;

使喷射的燃料偏转向所述预混合装置中的预定的壁轮廓, 从而沿着所述预混合装置的内壁而形成燃料边界层 ; 和

使所述燃料和氧化剂预混合而形成燃料 - 空气混合物, 其中, 所述预混合包括在至少一个发散型燃料喷射槽式喷嘴的发散部分中使燃料过分膨胀, 从而在所述发散部分产生流分离区域, 所述流分离区域构造成在所述至少一个发散型燃料喷射槽式喷嘴的出口处产生混合湍流, 从而在气体动力学方面增强来自所述边界层的燃料与所述氧化剂的混合, 而不会导致边界层流分离和使火焰保持在混合室中。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,所述偏转还包括,借助于所述预定的壁轮廓来引起柯恩达效应。

9. 一种燃气涡轮,包括:

压缩机;

与所述压缩机形成流体连通的燃烧器,所述燃烧器构造成用来燃烧燃料和空气的预混合的混合物,所述燃烧器包括根据权利要求 1-5 中任一项所述的预混合装置,所述预混合装置设置在所述燃烧器的上游;和

涡轮,其定位在所述燃烧器下游,并构造成用于使流出所述燃烧器的气流膨胀。

10. 一种气体-液体系统,包括:

构造成用于从空气中分离出氧气的空气分离单元;

用于制备天然气的气体处理单元;

燃烧器,其用于使氧气和天然气在高温和高压下发生反应,以产生富含一氧化碳和氢气的合成气;

根据权利要求 1-5 中任一项所述的预混合装置,其设置在所述燃烧器的上游,以便促进氧气和天然气在所述燃烧器内发生反应之前的预混合;和

与所述燃烧器形成流体连通的涡轮膨胀器,其用于从所述合成气中吸取功,并用于使所述合成气骤冷。

用于增强预混合装置中混合的燃料喷射槽式喷嘴和方法

技术领域

[0001] 本发明的实施例大体上涉及燃烧器 (combustor), 更具体地说, 本发明涉及用于在低排放燃烧过程中增强燃料和氧化剂混合的预混合装置和高膨胀燃料喷射槽式喷嘴 (high expansion fuel injection slotjet)。

背景技术

[0002] 在历史上, 已经在控制扩散 (也称为非预先混合的) 燃烧的燃烧器中实现了从燃料中吸取能量, 其中反应物最初是分开的, 并且反应只发生在燃料和氧化剂之间的接口处, 在该接口处发生混合和反应。这种装置的示例包括, 但不限于, 飞机燃汽涡轮发动机和航空衍生的燃气涡轮发动机, 用于例如发电、船舶推进、气体压缩、热电联产和海上平台动力等应用。在设计这种燃烧器时, 工程师不仅受到持续需要保持或减少燃烧器整体尺寸, 以提高最大操作温度, 并提高比能释放速率的挑战, 而且还受到不断增加的减少受管制的污染物成形和将其排放到环境中的挑战。相关的主要污染物的示例包括氮氧化物 (NO_x), 一氧化碳 (CO), 未燃烧的和部分燃烧的烃类, 以及温室气体, 例如二氧化碳 (CO_2)。因为控制流体中局部的成分变化由于对流体在进行燃烧同时的机械混合的依赖性而引起的困难, 与局部化学计量燃烧相关的峰值温度, 高温区域中的滞留时间, 以及氧气可用度等原因, 控制扩散型燃烧器提供了有限的容量, 以满足目前和将来排放要求, 同时保持所需提高的性能水平。

[0003] 近年来, 已经使用少量预混合燃烧器来进一步减少不符合要求的污染物的排放水平。在这些燃烧器中, 将恰当数量的燃料和氧化剂在发生任何显著的化学反应之前进行很好混合, 因而便于控制上面所列举的控制扩散型燃烧器的困难。然而, 因为燃料和氧化剂的可燃混合物成形于预期的火焰稳定位置之前, 所以预混合燃烧器设计师一直受到控制任何流分离和 / 或将火焰保持在混合的区域中, 从而最大程度地减小和 / 或消除不合适宜的燃烧不稳定性。当前设计挑战还包括对燃料和氧化剂发生混合的区域的总长度的控制, 以及与预混合过程相关的压力降的最小化。这些挑战还随着需要燃烧器能够在较宽的燃料, 包括但并不局限于天然气、氢和合成燃气 (也称为合成气体) 的范围内恰当地操作而复杂化, 所述气体是富含从煤或其它材料的气化过程中获得的一氧化碳和氢气的气体。

[0004] 传统的预混合燃烧器包括定位在旋流器叶片之间或叶片翼型表面上的燃料喷嘴。然而, 成形于燃料喷嘴出口处的旋涡结构将会从燃料喷嘴下方的自由流中抽吸氧化剂, 导致表面附近的流动部分或全部的“吹散”, 并在主流中产生分离区域, 其可能导致提前点火。另外这种交叉流动的燃料喷射会在燃烧器中产生局部高和低浓度的燃料 / 空气混合物区域, 从而导致实质较高的排放。此外, 这种交叉流动喷射由于燃料压力的波动和燃烧器中的压力波动而导致燃烧过程的波动和调节, 其可能导致燃烧过程中的破坏性的动力。近年来, 已经提出了利用柯恩达效应表面的预混合装置, 作为一种最大程度地减小主要依赖于交叉流动燃料喷射以获得所需预混合水平和整体性能的预混合燃烧器的负面效应的方式。在这些装置中, 沿着柯恩达效应表面喷射的燃料随着主流气流的加速而粘附在该表面上, 防止燃料喷嘴的脱落和分离以及不合适的压力波动, 其可能造成燃烧不稳定。在带有柯恩

达效应表面的预混合装置中,有效的燃料和氧化剂的混合可能略有延时,因为燃料喷嘴保持在发散的壁附近,因而可能导致装置较长,以保证燃料和氧化剂的恰当混合。如果预混合装置的长度受到整个发动机长度要求的约束,例如,传递到火焰带的燃料浓度分布廓线可能包含不合适的空间变化,因而最大程度地减小预混合对污染物成形过程的全部影响,以及可能影响燃烧区域中的整个火焰的稳定性。

[0005] 发散的流动通道中的过度膨胀的不合适影响在流体力学中是普遍知晓的;然而,其中控制局部流分离而意图产生湍流,并且在喷射位置进行流体混合的收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴的使用对于本发明人是未知的。因此,需要一种用于在缺-预混合燃烧器中,增强燃料和氧化剂的混合能力,同时保持流分离控制,并将火焰保持在燃烧器的混合区域中的预混合装置。增加的混合性能将允许形成长度减少,而基本上不影响系统整个压力降的预混合装置,包含这种预混合器的预混合燃烧器特别适合于供具有较广范围的成分、热值和比容的燃料使用。

发明内容

[0006] 一个或多个上面总结的需求以及本领域中已知的其它需求通过预混合装置来解决,其包括空气入口,与空气入口的末端部分形成流体连通(fluid communication)的燃料入口槽,燃料入口槽包括构造成沿着预混合装置内壁的一部分而形成燃料边界层的壁轮廓,来自空气入口的压缩空气与来自边界层的燃料进行混合的混合室,以及设置在燃料入口槽内部的发散型燃料喷射槽式喷嘴,这种收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴构造成用于在其发散部分产生流分离区域,流分离区域构造成在发散型燃料喷射槽式喷嘴的出口处产生混合湍流,从而在空气动力学方面增强来自边界层的燃料与压缩空气的混合,而不会造成边界流分离和使火焰保持在混合室中。所公开的本发明的实施例还包括具有上面概述的预混合装置的低排放燃烧器和燃气涡轮燃烧器。

[0007] 在所公开的本发明的另一方面,公开的燃气涡轮包括压缩机,与压缩机形成流体连通并构造成用于使燃料和空气的预混合的混合物燃烧的燃烧器,以及定位在燃烧器下游,从而使离开燃烧器的气流膨胀的涡轮。这种燃气涡轮的燃烧器包括至少一个预混合装置,其包括空气入口,与空气入口的末端部分形成流体连通的燃料入口槽,燃料入口槽包括构造成沿着预混合装置内壁的一部分而形成燃料边界层的壁轮廓,来自空气入口的压缩空气与来自边界层的燃料进行混合的混合室,以及设置在燃料入口槽内部的收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴,这种收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴构造成用于在其发散部分产生流分离区域,流分离区域被限定于发散部分,并且构造成用于在收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴的出口处产生混合湍流,从而在空气动力学方面增强来自边界层的燃料与压缩空气的混合,而不会造成边界流分离和使火焰保持在混合室中。

[0008] 在所公开的本发明另一方面,公开的气体-液体系统包括构造成用于使氧气与空气分开的空气分离单元,用于制备天然气的气体处理单元,用于使氧气和天然气在高温和高压下发生反应,从而产生富含一氧化碳和氢气的合成气的燃烧器,以及与燃烧器形成流体连通的涡轮膨胀器(turbo-expander),其用于从合成气中吸取功和使合成气骤冷(quenching)。这种气体-液体系统的燃烧器包括设置在燃烧器上游,以便于氧气和天然气在燃烧器中发生反应之前进行预混合的预混合装置,这种预混合装置包括空气入口,与空

气入口的末端部分形成流体连通的燃料入口槽,燃料入口槽包括构造成沿着预混合装置内壁的一部分而形成燃料边界层的壁轮廓,来自空气入口的压缩空气与来自边界层的燃料进行混合的混合室,以及设置在燃料入口槽内部的收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴,这种收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴构造成用于在其发散部分产生流分离区域,流分离区域被限定于发散部分,并且构造成用于在收敛-发散型的燃料喷射槽式喷嘴的出口处产生混合湍流,从而在空气动力学方面增强来自边界层的燃料与压缩空气的混合,而不会造成边界流分离和使火焰保持在混合室中。

[0009] 在本发明实施例的范围内还公开了用于使燃料和氧化剂在燃烧系统中预混合的方法,这种方法包括通过氧化剂入口将氧化剂抽吸到预混合装置的内部,通过发散型燃料喷射槽式喷嘴将燃料喷射到预混合装置中,使喷射的燃料偏转向预混合装置中的预定的壁轮廓,以便沿着预混合装置的内壁而形成燃料边界层,并且使燃料和氧化剂预混合而形成燃料-空气混合物的步骤,其中预混合包括使燃料在收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴的发散部分中过度膨胀,从而在发散部分产生流分离区域,所述流分离区域构造成在发散型燃料喷射槽式喷嘴的出口处产生混合湍流,从而在空气动力学方面增强来自边界层的燃料与氧化剂的混合,而不会造成边界层流分离和使火焰保持在混合室中。

[0010] 上面的简要说明描述了本发明的特征,从而可更好地理解以下的详细说明,并从而更好地领会本发明对本领域的贡献。当然,在后文中将描述本发明的其它特征,并且其将是所附权利要求的宗旨。

[0011] 在这方面,在详细解释本发明的几个优选实施例之前,应该懂得,本发明在其应用方面并不局限于以下说明书中所阐述或附图中所显示的结构和布局的细节。本发明能够有其它实施例,并且可以各种方式来实践或实现。另外,还应该懂得,这里采用的措词和用语是为了说明的目的,而不应该被认为是限制性的。

[0012] 因此,本领域中的技术人员应该懂得,本发明公开所基于的概念可以很容易地用作设计其它结构,方法和系统的基础,用于实现本发明的几个目的。因此重要的是权利要求被认为包括这种等效结构,只要其不脱离本发明的精髓和范围内即可。

[0013] 此外,前面摘要的目的是可使美国专利和商标局和公众,尤其科学家、工程师和本领域中不熟悉专利或法律词语或用语的实践人能够很快地从粗略审查中确定本发明公开的本质和技术要点。因此,摘要既非旨在限制只由权利要求来阐释的本发明或本申请,并且也不意图以任何方式来限制本发明的范围。

附图说明

[0014] 通过参考结合附图而变得更好理解的所作出的以下详细说明,就很容易地获得对本发明以及其许多优点的更全面理解,其中:

[0015] 图 1 是根据本发明技术方面的燃气涡轮的简图,其具有带预混合装置的燃烧器;

[0016] 图 2 是根据本发明技术方面的图 1 燃气涡轮中所采用的筒形燃烧器的示范性构造的简图;

[0017] 图 3 是根据本发明技术方面的图 1 燃气涡轮中所采用的环形燃烧器的示范性构造的简图;

[0018] 图 4 是图 1 燃烧器中所采用的预混合装置的示范性构造的横截面图,其带有根据

本发明技术方面的收敛 - 发散型槽式喷嘴；

[0019] 图 5 显示了图 4 的收敛 - 发散型槽式喷嘴的透视图；

[0020] 图 6 显示了另一收敛 - 发散型槽式喷嘴的顶视图，其在喷嘴的发散部分带有粗糙的壁；

[0021] 图 7 显示了又一收敛 - 发散型槽式喷嘴的顶视图，其带有位于喷嘴发散部分的锯齿状壁；

[0022] 图 8 显示了又一收敛 - 发散型槽式喷嘴的顶视图，其带有位于喷嘴发散部分的阶梯状的壁；

[0023] 图 9 显示了根据本发明技术方面的多个相邻的收敛 - 发散型槽式喷嘴的顶视图。

[0024] 零部件清单

[0025] 10 燃气涡轮；12 燃烧器；14 压缩机；16 涡轮；18 轴；20 外壳；22 燃烧器示范性构造；24 燃烧器外壳；26 燃烧器衬套；28 圆顶板；30 隔热罩；32 预混合装置；34 空气流；36 火焰；38 冷却空；40 燃烧器；42 内壳；44 外壳；46 燃烧器衬套；48 燃烧器衬套；50 圆顶板；52 隔热罩；54 隔热罩；56 扩散器部分；58 空气流；60 预混合装置；62 燃料管线；64 燃料管线；66 火焰；70 预混合装置；72 进气口；74 混合室；76 燃料室；78 槽；80 壁轮廓；82 燃料流；84 扩散器；86 出口；90 收敛 - 发散型燃料喷射槽式喷嘴；92 燃料入口；94 燃料出口；96 顶壁；98 底壁；100 侧壁；101 流动方向；102 90 的高度；104 90 的长度；106 收敛部分；108 喉部；110 发散部分；112 分离区域

具体实施方式

[0026] 现在将参看这些附图来描述所公开的预混合装置的几个实施例，其中，在所有不同的附图中，相似的标号表示相同或相应的部件。在以下的解释中，将使用所公开的用于燃气涡轮的预混合装置的典型实施例。然而，对于应用领域的普通技术人员而言应该明白的是，相同的预混合装置可用于主要由燃料和氧化剂的预混合来控制燃烧的其它应用领域。

[0027] 图 1 显示了具有压缩机 14 的燃气涡轮 10，压缩机 14 在操作过程中将高压空气供应给低排放燃烧器 12。在喷射到燃烧器 12 中的燃料与空气（或另一氧化剂）燃烧之后，高温燃烧气体在高压下离开燃烧器 12，并通过涡轮 16 而膨胀，涡轮 16 通过轴 18 而驱动压缩机 14。本领域中的普通技术人员应该懂得，这里所提及的空气或气流还指任何其它氧化剂，包括但并不局限于纯氧气或具有小于 21%（例如 10%）的氧气体积含量的污浊气流。在一个实施例中，燃烧器 12 包括筒形燃烧器。在一个备选实施例中，燃烧器 12 包括筒形 - 环形燃烧器或纯粹是环形燃烧器。根据应用，燃烧气体可进一步在喷嘴（未显示）中膨胀，以产生推力，或者燃气涡轮 10 可具有额外的涡轮（未显示），以便从燃烧气体中吸取额外的能量来驱动外部载荷。

[0028] 在所示的实施例中，燃烧器 12 包括限定燃烧区域的燃烧器外壳 20。另外，燃烧器 12 包括一种用于使压缩空气和燃料在燃烧区域中燃烧之前进行混合的预混合装置。具体地说，这种预混合装置利用柯恩达（Coanda）效应来增强混合过程的效率。此处用的用语“柯恩达效应”指流体流其本身附着在表面附近、并且即使当该表面弯曲而背离初始流体运动方向时也保持附着的倾向。

[0029] 图 2 显示了图 1 燃气涡轮 10 中所采用的低排放燃烧器 22 的示范性构造。在所示

的实施例中,燃烧器 22 包括筒形燃烧器。燃烧器 22 包括燃烧器外壳 24 和设置在燃烧器外壳 24 中的燃烧器衬套 26。燃烧器 22 还包括圆顶板 28 和构造成用于减少燃烧器壁温度的隔热罩 30。此外,燃烧器 22 包括多个用于使氧化剂和燃料在燃烧之前预混合的预混合装置 32。在一个实施例中,对于利用燃料例如氢的应用场合,可将多个预混合装置 32 设置成可实现分阶段将燃料引入到燃烧器 22 中。在操作过程中,预混合装置 32 接受气流 34,其与从燃料增压室引入到预混合装置 32 中的燃料相混合。接下来,空气-燃料混合物在燃烧器 22 内部的火焰 36 中进行燃烧。在外壳 24 中还可提供稀释或冷却孔 38,如图所示。

[0030] 图 3 显示了图 1 燃气涡轮 10 中所采用的另一低排放燃烧器 40 的另一示范性构造。在所示的实施例中,燃烧器 40 包括环形燃烧器。如图所示,内壳 42 和外壳 44 限定了燃烧器 40 中的燃烧区域。另外,燃烧器 40 通常包括内、外燃烧器衬套 (liner) 46 和 48 以及圆顶板 50。此外,燃烧器 40 包括设置在内、外燃烧器衬套 46 和 48 附近的内、外隔热罩 52 和 54,以及用于在燃烧区域内部引导气流 58 的扩散器 (diffuser) 部分 56。燃烧器 40 还包括多个设置在燃烧区域上游的预混合装置 60。在操作过程中,相应的预混合装置 60 通过燃料管线 62 和 64 而接收来自燃料室的燃料,该燃料被引导而流过预混合装置 60 内部的预定的壁轮廓,其通过利用柯恩达效应吸入空气而用于增强预混合装置 60 的混合效率。此外,来自燃料管线 62 和 64 的燃料与引入的气流 58 相混合,并将用于燃烧的燃料-空气混合物传送到火焰 66 处。在这个实施例中,燃料的引入改变了燃烧器 40 中的空气分流。具体地说,由于柯恩达效应所产生的压力变化而基本上减少了稀释的空气,并且增加了燃烧器 40 中的燃烧的空气分流。

[0031] 图 4 是上述燃烧器中所采用的预混合装置 70 的示范性构造的横截面图。在图 4 所示的实施例中,预混合装置 70 包括构造成用于将压缩空气引入到混合室 74 中的进气口 72。此外,预混合装置 70 包括燃料室 76,从中通过设置在环向槽 78 中的收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 而将燃料提供给混合室 74。本领域中的普通技术人员应该懂得,槽 78 可以连续地或离散地设置在预混合装置 70 的圆周周围。图 4 的放大部分从性质上显示了收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 在槽 78 中的构造。为了图示说明燃料喷射槽式喷嘴 90 的三维性质,图 4 的放大部分是已经经过旋转的。下面将结合图 5 进一步解释燃料喷射槽式喷嘴 90 的详细细节。

[0032] 通过收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 而引入的燃料被偏转到预定的壁轮廓 (wall profile) 80 上,从而产生燃料流 82。在这个典型的实施例中,预混合装置 70 具有环形构造,并且沿径向方向将燃料引入并跨过预定的壁轮廓 80。可基于所需的预混合效率和操作条件,包括例如但并不局限于燃料压力、燃料温度、进气温度和燃料喷射速度等因素,来选择/优化预定的壁轮廓 80 的几何形状和尺寸。燃料的示例包括天然气、含氢量高的气体、氢、沼气、一氧化碳和合成气。然而,可采用各种其它燃料。在所示的实施例中,预定的壁轮廓 80 通过柯恩达效应造成所引入的燃料附着在壁轮廓 80 上,因而形成燃料边界层。这个燃料边界层便于吸气,从而增强预混合装置 70 的混合室 74 中的混合效率。

[0033] 在所示的实施例中,通过进气口 72 将进气引入到预混合装置 70 中。在某些实施例中,可通过多个进气口而引入空气流,这些进气口设置在环向槽 78 的上游或下游,以促进空气和燃料在混合室 74 中的混合。类似地,可沿着预混合装置 70 的长度,在多个位置,通过多个槽来喷射燃料。在另一实施例中,预混合装置 70 可包括设置在装置 70 上游的(未

显示出的)旋流器(swirler),其用于在引入到混合室 74 中的空气中提供旋涡运动。在另一实施例中,旋流器(未显示)设置在燃料入口间隙处,用于引起跨过预定的壁轮廓 80 的燃料流的旋涡运动。在又一实施例中,空气旋流器可放置在相同的轴向水平上,并与预混合装置 70 同轴,位于预混合装置 70 的出口平面上。

[0034] 此外,预混合装置 70 还包括扩散器 84,其具有直的或发散的轮廓,用于将成形于混合室 74 中的燃料-空气混合物通过出口 86 而引导至燃烧区域。在一个实施例中,用于扩散器 84 的角度在大约 ± 0 度至大约 25 度的范围内。预混合装置 70 的预混合程度受到多种因素的控制,例如,但并不局限于燃料类型、预定的壁轮廓 80 的几何形状、空气预旋涡的程度、环向槽 78 的尺寸、燃料压力、燃料温度、进气温度、扩散器 84 的长度和角度、以及燃料喷射速度。

[0035] 在操作过程中,预定的壁轮廓 80 促进燃料边界层沿着扩散器 84 而形成,而来自进气口 72 的一部分气流被燃料边界层吸入而形成剪切层,其用于促进进气或氧化剂与燃料的混合。在所示的实施例中,在比进气压力相对较高的压力下供给燃料。在一个实施例中,燃料压力比进气口 72 处的进气压力高大约 1% 至大约 25%。

[0036] 上述燃料边界层由柯恩达效应形成。在所示的实施例中,燃料流 82 附着在壁轮廓 80 上,并且即使当壁轮廓 80 弯曲而背离初始燃料流向时,仍保持附着在该表面上。更具体地说,随着燃料流在壁轮廓 80 周围的加速,在该流量上存在压力差,其使燃料流 82 偏转而更靠近壁轮廓 80 的表面。随着燃料流 82 跨过壁轮廓 80,在燃料流 82 和壁轮廓 80 之间发生一定量的表面摩擦。这种流动阻力使燃料流 82 偏转向壁轮廓 80,从而造成其仍保持接近于壁轮廓 80。此外,通过这种机制而形成的燃料边界层吸入引入的气流而形成剪切层,以促进空气流和燃料的混合。共同转让给本申请受让人的美国专利申请 No. 11/273,212 进一步讨论了具有柯恩达效应表面的预混合装置,该专利申请的内容通过引用而完整地结合在本文中。

[0037] 图 5 中显示了设置在预混合装置 70 中的收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 的结构特征。这种收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 用于在喷射到氧化剂流之前,在槽内部创造横向的流分离区域 112。流分离区域 112 中的流动迫使燃料膨胀,并创造混合湍流,从而增强燃料与自由的氧化剂流在混合室中的混合。收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 包括燃料进口 92,燃料出口 94,顶壁 96,底壁 98,和侧壁 100。在与燃料流动方向 101 垂直的方向上测得的收敛-发散型燃料槽式喷嘴 90 的高度 102 沿着槽式喷嘴 90 的长度 104 基本上是恒定不变的,而侧壁 100 在横向上的形状设置成可形成从入口 92 至喉部 108 的收敛部分 106,以及从喉部 108 的下游延伸至出口 94 的发散部分 110。

[0038] 在操作过程中,燃料首先在收敛-发散型槽式喷嘴 90 的收敛部分 106 朝着喉部 108 进行加速,随后在槽的发散部分 110 过度膨胀,从而在出口 94 处喷射入氧化剂流之前,在槽内部产生横向的流分离区域 112。如图所示,这种分离发生在槽的内部,迫使燃料膨胀,并产生混合湍流。本领域中的普通技术人员应该懂得,由 112 处的局部流分离所产生的增加的湍流水平将提高喷射燃料与自由的氧化剂流在收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 的出口 94 处的混合水平。由局部流分离区域 112 所产生的额外湍流增强了燃料和氧化剂在槽出口 94 外部区域的混合,同时仍可避免燃料射流离开槽时的偏离。用于燃料喷射通道的几何形状构造成可至少借助于槽式喷嘴的几何形状内部的流体动力学特性,来促进来自槽

式喷嘴出口的燃料和氧化剂的混合。本领域中的普通技术人员应该懂得,并不要求该槽具有收敛部分 106。当提供收敛部分 106 时,通常形成喉部区域,以考虑对流量进行计量,并防止任何逆燃,并且收敛-发散型槽可更易于制造和拥有减少的流量损失。但一般而言,槽的入口在一些长度上可以具有恒定的横截面,之后跟随有发散部分。槽的入口还可以是圆形的,实际上用作喉部。

[0039] 收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 的发散角度足够大,以促使流分离区域 112 包含在槽的内部,但不超出出口 94,如图 5 中所示。在一个实施例中,在槽式喷嘴 90 的两个侧壁 100 的各侧壁上,发散角度 α 为 20° 或更大。在另一实施例中,选择发散区域的长度 114,从而保证任何分离气泡在槽式喷嘴 90 的出口 94 之前被冲洗掉。或者,发散区域可具有弯曲的壁,其提高了离喉部 108 的轴向距离的发散度。在亚声速的槽式喷嘴 90 中,入口 92 处停滞压力对出口 94 处静压力的比值可以从大约 1.2 变化至 1.8。在另一实施例中,该比值优选 1.5。

[0040] 如图 4 中所示,收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 的壁 94 与预混合装置 70 的壁轮廓 80 一起形成了连续表面,从而允许与加速的氧化剂主流成近似切线方向地沿着产生柯恩达效应的表面而喷射燃料。因此,在收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 的内部,由局部流分离区域 112 所产生的较高水平的湍流被引入到燃料中,从而提高了燃料和氧化剂的混合能力。

[0041] 在本发明的其它实施例中,收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 的侧壁 100 经过改进,以进一步增强如刚才所述的湍流的形成。例如,图 6 显示了第一典型实施例,其中沿着发散部分 110 将侧壁 100 制造成表面粗糙的,以便促进额外的混合,同时减少流分离区域 112 将超出出口 94 的可能性。在图 7 中,侧壁 100 沿着发散部分 110 是锯齿状的,并且在图 8 中,侧壁沿着发散部分 110 是阶梯状的。本领域中的普通技术人员应该懂得,除了图 6-8 中所显示的三个典型示例以外,能够在沿着上述那些表面的流中产生湍流或较小扰动的发散部分的其它实施例,也是属于所公开的本发明的范围内的。设置在各侧壁上的图 6-8 中所示的特征,以及其它等效特征,不应该对局部流通截面积构成超过 5% 至 20% 的阻挡(同平滑表面的实施例比较),并且优选为大约 10% 的阻挡。

[0042] 在所公开的预混合装置中,沿着柯恩达效应表面喷射的燃料包含由收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 产生的增强的湍流水平,因而更有效地在短距离内与氧化剂相混合,同时最大程度地减小和/或消除了使燃料分离和导致自动点火或使火焰保持在混合室内部的可能性。用于燃料喷射通道的几何形状可使得来自槽式喷嘴出口的燃料和氧化剂的混合通过槽式喷嘴的几何形状内部的流体动力学而得到进一步促进,从而有助于在短距离内实现燃料-空气混合水平的提高,而不会引起燃料沿着喷射表面或混合室的扩散器壁发生偏离或分离。本领域中的普通技术人员应该懂得,所公开的本发明覆盖了广泛范围的收敛-发散型喷射槽类型,其可与预混合装置的柯恩达效应表面构成整体,同传统的利用交叉流动的弧形喷嘴的离散喷射比较,改进了性能。

[0043] 在所公开的本发明的另一实施例中,预混合装置 70 还可包括连续的燃料进口槽,该槽中设置有多个相邻的内部收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴,如图 9 中所示。应该明白,图 9 中所示的收敛-发散型槽还可各包括上述侧壁变型,从而进一步增强如刚才所述的湍流的成形。当多个相邻的内部收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴放置成彼此相邻时,任何两

个相邻槽会合在一起的出口壁将不会形成非流线型体的弱化区域,从而可能导致分离流,并因而保持住火焰。相反,这种会合应该在发散区域中相遇,以允许流分离发生在燃料和氧化剂相遇之前,或者这种会合部应该形成具有小半径的特征或突变边缘,从而不可能形成流分离区域。在一个实施例中,可在槽出口,或甚至在槽出口之后,形成突变会合部。

[0044] 本发明的收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴 90 可成形为分开的部件,以装配到预混合装置 70 中。或者,槽式喷嘴 90 还可成形为预混合装置 70 的一整体部分。在特殊的实施例中,收敛-发散型燃料喷射槽式喷嘴浇铸成预混合装置 70 的一整体部分。

[0045] 上述预混合装置还可用于气体-液体系统,以增强氧气和天然气在系统的燃烧器中发生反应之前的预混合。通常,气体-液体系统包括空气分离单元,气体处理单元和燃烧器。在操作过程中,空气分离单元从空气中分离出氧气,并且气体处理单元制备好天然气,以便燃烧器中进行转化。来自空气分离单元的氧气和来自气体处理单元的天然气被引导至燃烧器,在这里使天然气和氧气在高温和高压下起反应而产生合成气。在这个实施例中,预混合装置联接在燃烧器上,以促进氧气和天然气在燃烧器中发生反应之前的预混合。此外,至少一个预先混合装置的表面具有预定的轮廓,其中预定的轮廓使氧气偏转,以便于氧气附着在该轮廓上而形成边界层,收敛-发散型槽式喷嘴产生局部湍流,而没有引起混合室内部的边界层流分离,并且边界层带走引入的天然气,可使天然气和氧气以高的燃料-氧气当量比(例如大约 3.5 至大约 4,或者更大)进行混合,从而最大限度地提高合成气产量,同时最大程度地减小停留时间。在某些实施例中,可将蒸气添加至氧气或燃料中,以增强处理效率。

[0046] 然后,使合成气骤冷,并引入到费-托(Fischer-Tropsch)处理单元,在这里通过催化将氢气和一氧化碳重组成长链的液态碳氢化合物。最后,在裂化装置中将液态碳氢化合物转化和分馏成产物。有利的是,基于柯恩达效应,并结合用以产生局部湍流,而没有引起混合室内部的边界层流分离的收敛-发散型槽式喷嘴的预混合装置,其可导致天然气和氧气的快速预混合,并极大地缩短了气体-液体系统中的停留时间。

[0047] 上述方法的各个方面在不同的应用场合具有适用性,例如在燃气涡轮和加热设备如熔炉中所采用的燃烧器。此外,这里所述的技术增强了燃料和空气在燃烧之前的预混合,从而极大地减少了排放物,并增强了系统如燃气涡轮和气体燃烧器的效率。预混合技术可用于不同的燃料,例如但并不局限于具有较高和较低比容热值的气态化石燃料,包括天然气、烃类,一氧化碳、氢、沼气和合成气。因此,在用于整体式气化组合循环(IGCC)的燃料适应性的燃烧器中可采用预混合装置,以减少污染物排放。另外,煤气灶器具中可采用预混合装置。在某些实施例中,可在飞机发动机的氢气燃烧器以及其它用于航空衍生机器和重型机器的燃气涡轮燃烧器中采用预混合装置。具体地说,所述预混合装置可促进为采用较低英制热单位(BTU)至高氢和纯氢沃泊指数(Wobbe index)的燃料类型的系统极大地减少排放物。此外,可利用预混合装置来促进例如氧气化燃料流的局部混合,其对于二氧化碳自由循环和废气再循环将特别有用。

[0048] 因此,上述基于柯恩达效应的预混合技术可使预混合增强,并且保持燃烧器中的火焰稳定性。此外,目前技术可使这种燃烧器排放降低尤其是 NO_x 排放物,从而以对环境更为友好的方式而促进燃气涡轮的操作。在某些实施例中,这种技术促进了燃烧器,更具体地说是氢燃烧器上的压力降的最小化。另外,通过柯恩达效应获得的增强的预混合便于增强

调节性（即燃烧器的最大点火容量对最小点火容量之比），逆燃阻力以及提高燃烧器的燃烧中断的安全边际。

[0049] 在所示的实施例中，燃料边界层沿着壁通过柯恩达效应而定位，导致在包括预混合装置出口平面的壁上基本较高的燃料浓度水平。此外，调节性受益于壁上存在较高的燃料浓度，从而保持火焰稳定。因此，在壁附近易燃混合物的缺失和壁上 100% 燃料的存在确定该区域不存在火焰，从而增加阻止逆燃的能力。应该注意的是，保持火焰远离壁，因而允许更好的调节性（turndown），并允许对具有低至大约 0.2 的当量比的天然气和空气混合物进行操作。另外，同现有系统相比较，显著地增加了燃烧中断的安全边际。此外，如早前所述，这个系统可供各种燃料使用，因而增强了燃料适应性。例如，系统可利用天然气或 H₂ 作为燃料。这种系统的燃料适应性消除了对不同燃料所需要不同燃料口而进行硬件变化或复杂构造的需求。如上所述，所述预混合装置可供各种燃料利用，因而提供了系统的燃料适应性。此外，可在现有的筒形或筒形环形燃烧器中采用上述技术，以减少排放和燃烧器中的任何动力学振动和波动。此外，可在现有燃烧器中采用所示装置作为实验装置。

[0050] 在本发明实施例的范围内，还公开了用于使燃料和氧化剂在燃烧系统中预混合的方法，这种方法包括，通过氧化剂入口将氧化剂抽吸到预混合装置的内部，通过收敛 - 发散型燃料喷射槽式喷嘴将燃料喷射到预混合装置中，使喷射的燃料偏转向预混合装置中的预定的壁轮廓，以便沿着预混合装置的内壁而形成燃料边界层，并且使燃料和氧化剂预混合而形成燃料 - 空气混合物的步骤，其中，预混合包括使燃料在收敛 - 发散型燃料喷射槽式喷嘴的发散部分中过度膨胀，从而在发散部分产生流分离区域，所述流分离区域局限于发散部分，并构造成用于在收敛 - 发散型燃料喷射槽式喷嘴的出口处产生混合湍流，从而在空气动力学方面增强来自边界层的燃料与氧化剂的混合，而不会造成边界层流分离和使火焰保持在混合室中。

[0051] 关于上面的详细描述，应该认识到，对于本发明部件的最佳尺寸关系，包括尺寸变化，形状函数和操作方法，组装和使用等方面，都被视为本领域中的技术人员所能易于领会和明晰的，因此，所有与图中所示和说明书中所述相等效的关系都意图只被所附权利要求的范围所包括进来。另外，虽然已经在附图中显示并在上文中结合目前被视为本发明最切实际的几个典型实施例而全面地具体且详细地描述了本发明，但是本领域中的普通技术人员应该明白，在不脱离本文所阐述的原理和构思的条件下，可设计出本发明的许多变型。因此，本发明的合适范围应该只由所附权利要求的最广泛含义来确定，从而包含所有这类变型和等效设置。

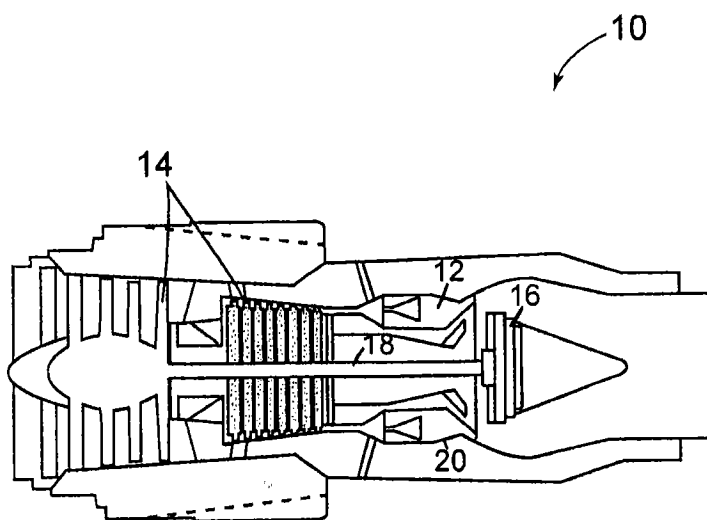


图 1

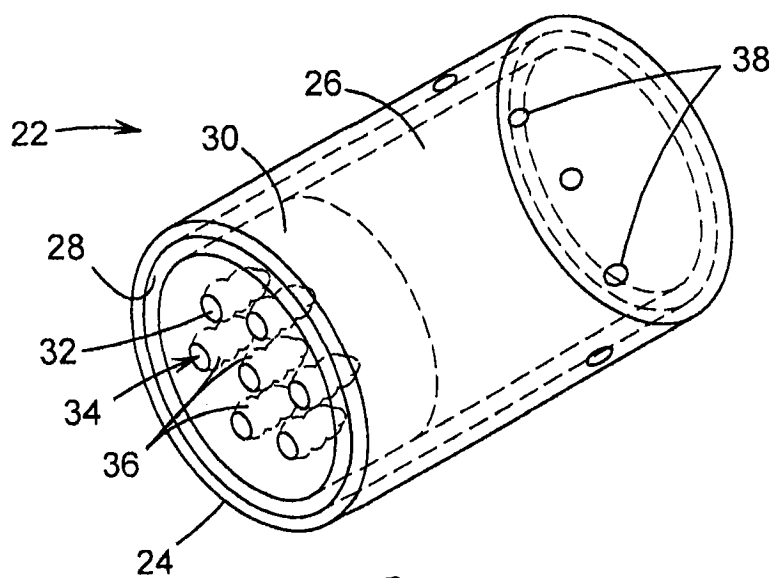


图 2

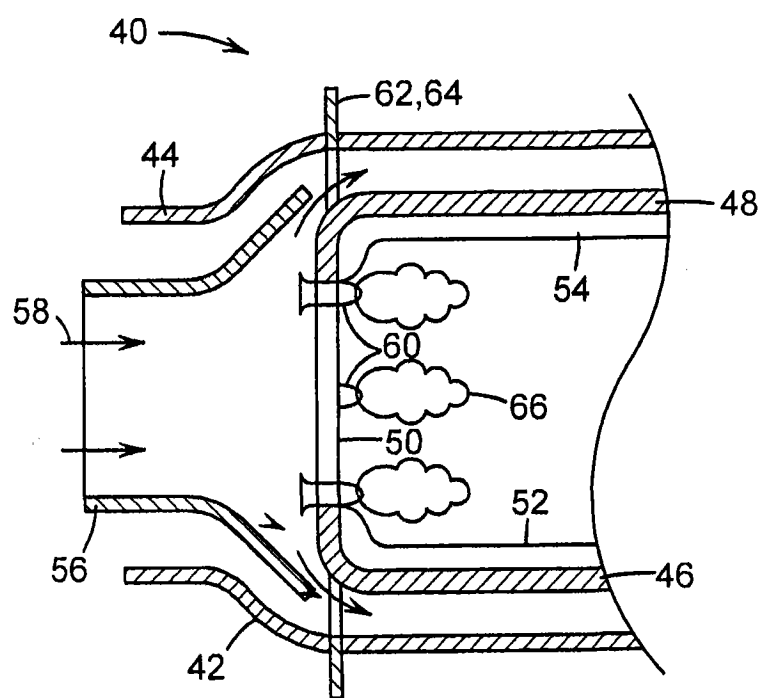


图 3

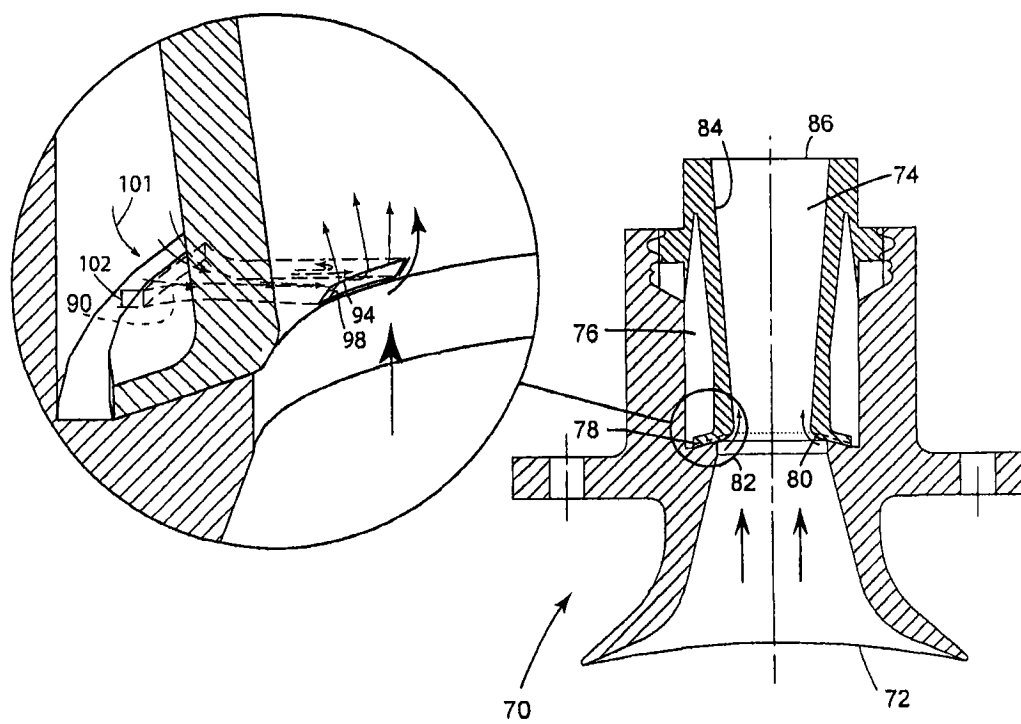


图 4

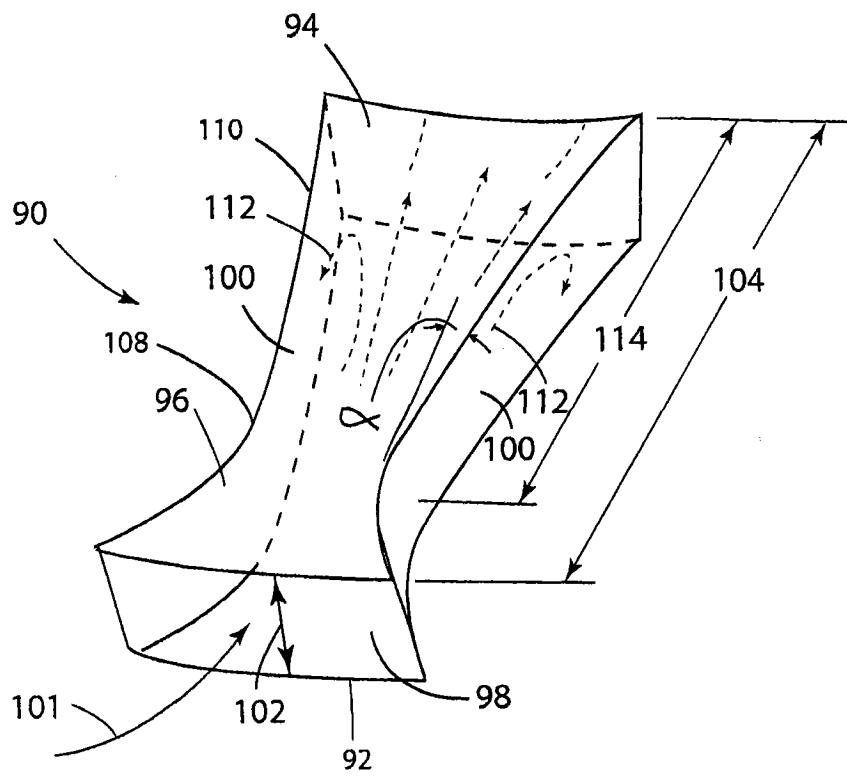


图 5

图 6

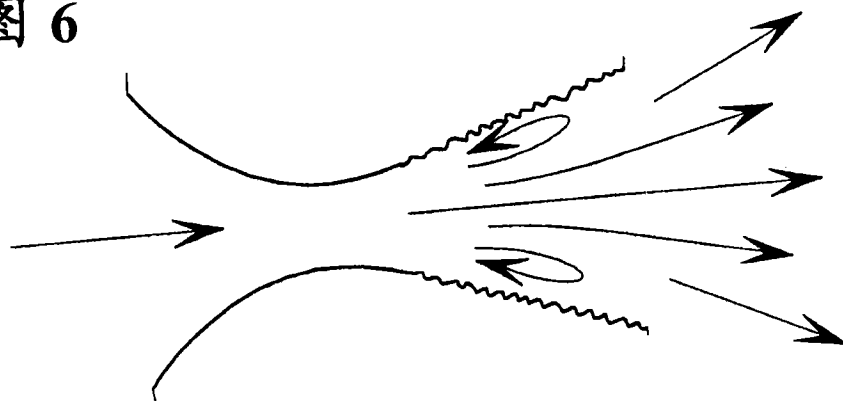


图 7

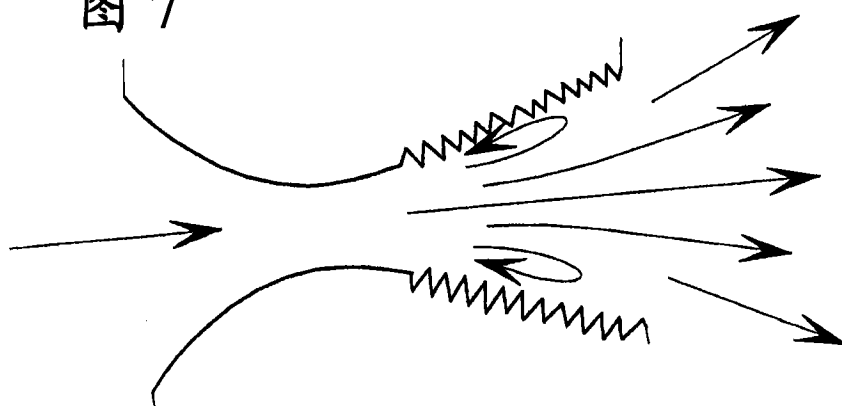
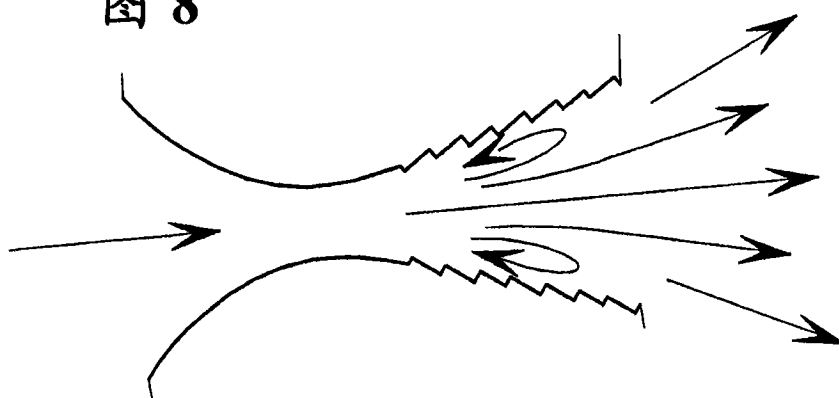


图 8



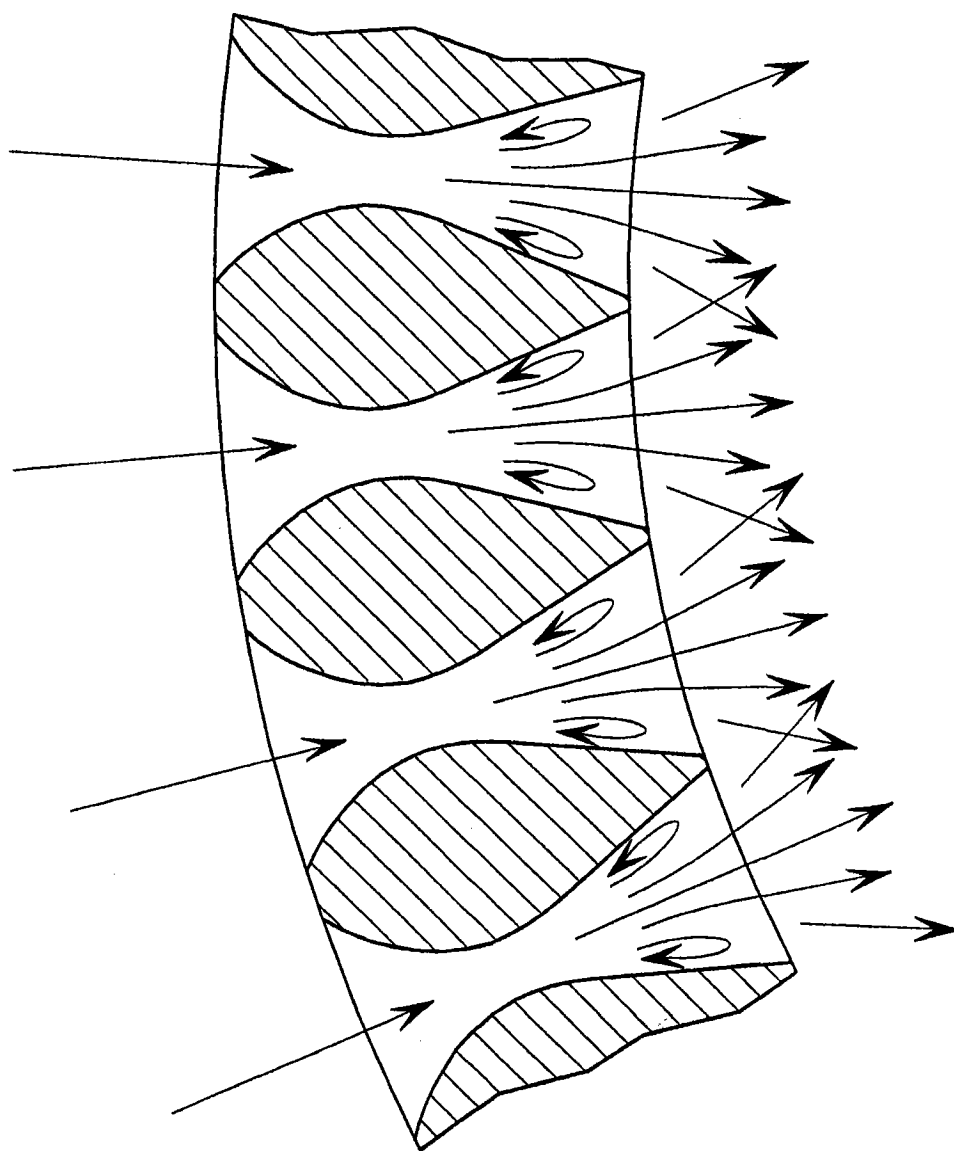


图 9