



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 95121139.0

[51]Int.Cl<sup>6</sup>

F02C 7/18

[43]公开日 1996年10月16日

[22]申请日 95.12.22

[30]优先权

[32]94.12.24[33]DE[31]P4446541.6

[71]申请人 ABB管理有限公司

地址 瑞士巴登

[72]发明人 R·阿特豪斯

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
代理人 钟守期 王景朝

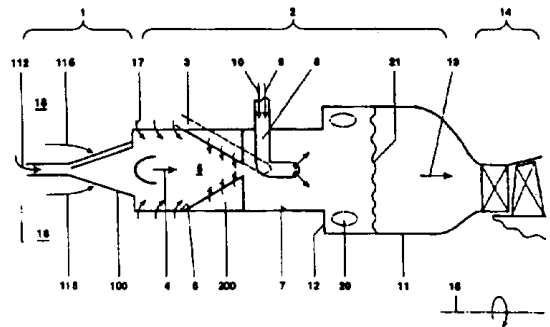
F23R 3/02

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 燃烧室

[57]摘要

一种燃烧室，它基本上由一个第一级（1）和一个沿流动方向接在后面的第二级（2）构成。第一级（1）在端部处至少装有用于形成高温气体（4）的一个烧嘴（100）。在烧嘴（100）的下游侧设置了一些涡流发生器（200），在涡流发生器的下游侧将另一股燃料（9）喷入主流中。第二级（2）此外具有一个截面突变部分（12），在该区域中构成火焰前沿。烧嘴（100）只利用一部分压缩空气工作。其它部分的压缩空气在涡流发生器（200）之前或者其区域中供入。



# 权利要求书

---

1. 燃烧室, 它主要由一个第一级 (1) 和一个沿流动方向接在后面的第二级 (2) 组成, 其中第一级 (1) 设置在流体机械 (18) 的下游, 第二级 (2) 设置在流体机械 (14) 的上游, 其特征在于第一级 (1) 在前端处至少有一个产生高温气体 (4) 的烧嘴 (100), 在烧嘴 (100) 的下游设置涡流发生器 (200、201、202), 在涡流发生器 (200、201、202) 的下游可以向主流中喷入一种气态和/或液态燃料 (9), 涡流动方向相接的第二级 (2) 有一个截面突变部 (12), 该截面突变部 (12) 构成第二级 (2) 开始的流动截面, 烧嘴 (100) 可以用一部分压缩空气 (115) 工作, 而其余的压缩空气 (17) 可以从烧嘴 (100) 的下游喷入。

2. 按权利要求 1 的燃烧室, 其特征在于涡流发生器 (200) 有三个被自由绕流的表面, 这些表面沿流动方向延伸, 其中一个表面构成顶面 (210), 其余两个表面构成侧面 (211、213), 侧面 (211、213) 与通道 (5) 的同一个壁部分相齐平, 并且相互间构成一个后掠角 ( $\alpha$ ), 顶面 (210) 与一个在通流通道 (5) 横向分布的有流动通过的边缘 (215) 装在与侧面 (211、213) 安装的一通道 (6) 壁部分上, 顶面 (210) 的纵向边缘 (212、214) 与侧面 (211、213) 的伸入通道 (5) 中的纵向边缘相齐平, 并与通道 (5) 的壁部分成一迎角 ( $\theta$ ) 地分布。

3. 按权利要求 2 的燃烧室, 其特征在于涡流发生器 (200) 的围成后掠角 ( $\alpha$ ) 的两个侧面 (211、213) 围绕一个对称轴 (217) 对称地设置。

4. 按权利要求 2 的燃烧室, 其特征在于围成后掠角 ( $\alpha$ ,  $\alpha/2$ ) 的侧面 (211、213) 相互间构成一个连接边缘 (116), 它与顶面 (210) 的纵向边缘 (212、214) 一起形成一个尖顶 (218), 连接边缘 (216) 位于圆形通道 (5) 的径向上。

5. 按照权利要求 4 的燃烧室, 其特征在于连接边缘 (216) 和/或顶面 (210) 的纵向边缘 (212、214) 至少是大约尖锐的。

6. 按权利要求 1、2、3、4 之一的燃烧室, 其特征在于涡流发生器 (200) 的对称轴线 (217) 平行于通道轴线, 两个侧面 (211、213) 的连接边缘 (216) 构成涡流发生器 (200) 的下游边缘, 顶面 (210) 的在通流通道 (5) 横向延伸的有流动通过的边缘 (215) 是首先被主流 (4) 冲击的边缘。

7. 按权利要求 1 的燃烧室, 其特征在于涡流发生器的高度 (h) 与通道 (5) 的高度 (H) 之比是这样选择的, 即使产生的涡流在紧靠近涡流发生器 (200) 的下游处充满通道 (5) 的整个高度 (H) 和与涡流发生器 (200) 相配的通道部分的整个高度 (h)。

8. 按权利要求 1 的燃烧室, 其特征在于烧嘴 (100) 至少由两个空的、锥形的、沿流动方向相互插装在一起的部件 (101、102) 构成, 该部件各自的纵向对称轴线 (101b、102b) 相互错开布置, 部件 (101、102) 的相邻的壁在其纵向延伸部分中构成用于引入燃烧空气流 (115) 的切向通道 (119、120), 在由部件 (101、102) 构成的锥形空腔 (114) 中至少有一个燃料喷嘴 (103)。

9. 按权利要求 8 的燃烧室, 其特征在于在切向通道 (119、120) 区域中的其纵向延伸段中还设置了其它的燃料喷嘴 (117)。

10. 按照权利要求 8 的燃烧室, 其特征在于部件 (101、102) 沿

流动方向在一个固定的角度下扩张，或者至少具有一种增加或减少的锥度。

11. 按权利要求 8 的燃烧室，其特征在于部件(101、102)是螺旋式地相互插装在一起的。

12. 按权利要求 1 的燃烧室，其特征在于燃烧室是一种环形燃烧室。

13. 按照权利要求 1 的燃烧室，其特征在于在涡流发生器(200、201、202)下游侧的通道段是做成文丘里管结构的，燃料(9)可以在文丘里管形通道段的最大收缩部分的区域中喷入。

14. 权利要求 1 所述燃烧室的工作方法，所述燃烧室基本上由一个第一级和一个后接的第二级构成，其中第一级在流体机械的下游工作，第二级在流体机械的上游工作，其特征在于，在第一级中流入一部分压缩空气(115)，该压缩空气预先被预加热处理，其余部分的压缩空气(17)在第一级(1)的下游和一个燃料喷入部件(9)的上游部分中供入。

15. 按权利要求 14 的方法，其特征在于，在第一级(1)中供入的压缩空气(115)部分的量为 30~60%，这部分压缩空气(115)预先加热到 500~700℃，通过与其余部分的压缩空气(17)相混合，则产生为燃烧准备的温度为 800~1050℃的混合空气。

# 说明书

---

## 燃烧室

本发明涉及一种由两段构成的燃烧室，以及一种使这种燃烧室工作的方法。

对于具有宽负荷范围的燃烧室来说，总会提出这样的问题：即如何使燃烧能在高效率下进行的同时又产生极少的有害物质。此时虽然通常首先考虑是  $\text{NO}_x$  (氮氧化物) 排放物，然而事实已经表明，在将来也需要大大减少 UHC (不饱和烃类) 和 CO (一氧化碳) 排放物的数量。尤其在使用液体和/或气体燃料时，很快就表明了，对于某种燃料 (例如油) 的设计是旨在减少某种有害排放物例如  $\text{NO}_x$  排放物时，这种设计对于其它的运行方式和其它的有害物质的排放物控制不能令人满意。在采用多级燃烧室时，人们试图使第二级在供给较稀薄的混合物下运行。这只有在第二级的入口处温度保持不变时才有可能，以便在第二级中即使燃油量很少也能达到充分的燃烧，亦即第一级中的混合物必须在很大程度上保持不变，例如用现有的扩散烧嘴 (diffusion burner) 是不可能实现的。显然这种燃烧室不属于现有技术之列。

本发明对此提供帮助。本发明的目的在于提供一种由两段构成的燃烧室和方法，用于减少燃烧中产生的所有有害排放物，而与所采用的燃料种类无关。

本发明的燃烧室的主要优点在于，此处将烧嘴 (燃烧器) 的两个特性结合成一个创造性的组合，其最终目的是将尤其是  $\text{NO}_x$  排

放物减至零。燃烧室的第一部分(基于一种预混合燃烧)中只流过一部分燃烧空气,而向后面的燃烧室第二部分提供高温气体。同时,全部流量流过燃烧室的第二部分。其目标是,燃烧室的第一部分以尽可能低的温度在“预混合方式”下工作,以便达到尽可能低的只有几个VPPM的 $\text{NO}_x$ 水平。这是通过将燃烧室第一部分之前的燃烧空气的温度预热到 $500\sim 700^\circ\text{C}$ 的温度而实现的。这种燃烧空气可以较容易地由压缩机端部温度升到所希望的水平上,这最好是将燃烧空气在这工作过程中先直接用作燃烧室本身的冷却空气或者使之从一个热交换器中通过而达到。然后在燃烧室第一部分的下游通过壁冷却效应和通过喷入其余的未在燃烧室第一部分中使用的燃烧空气使高温气体达到使燃烧室第二部分中产生自燃的那个温度上,其中该燃烧室第二部分中装有涡流发生器,它们能引起涡流。

本发明的另一个优点在于,燃烧室第二部分是作为单一级的负载燃烧室(single-stage load combustion chamber)工作的,这与燃烧室第一部分是不同的,后者是作为空载运转的燃烧室工作的。由于混合程度极佳,燃烧室第二部分在中等 $\text{NO}_x$ 情况下一直工作到约 $1600^\circ\text{C}$ 的气体温度,并且产生具有极平坦的 $1\sim 2\text{VPPM}$ 温度/ $\text{NO}_x$ 特性曲线的总潜在 $\text{NO}_x$ ( $\text{NO}_x$ potential)。

本发明的另一个优点在于,通过与燃烧室第二部分的入口处温度相匹配,各种燃料的着火延迟时间(ignition-delay time)得到最佳的匹配。

本发明的技术方案有利的符合目的的具体方案在阅读了本说明书后将变得十分明显。

以下对照附图详细说明本发明的一些实施例，省略了理解本发明所不需要的部件。相同的部件在各附图中采用相同的标号。介质的流动方向由箭头给出。附图中，

图 1 是一种作为环形燃烧室设计的燃烧室，它有两个燃烧室部分，

图 2 是一个烧嘴的立视图，并相应地剖开，

图 3-5 是通过烧嘴各个平面的相应截面图，

图 6 是涡流发生器的立视图，

图 7 是涡流发生器的一种结构变型的视图，

图 8 是图 7 所示涡流发生器的一种不同方案的视图，

图 9 表示位于混合通道中的一个涡流发生器，

图 10~16 表示与涡流发生器相连的燃料供给方式的变体的视图。

图 1 示出了一种环形燃烧室，如由轴线 16 所表示的那样，该环形燃烧室基本上是连续的圆筒形或准圆筒形。此外，这种燃烧室也可以由数个沿轴向、准轴向或者螺旋形设置的并且各个本身都是封闭的燃烧空间构成。燃烧室本身也可以由一个单独的管构成。图 1 所示的环形燃烧室由前后相接的第一级 1 和第二级 2 构成，其中第二级 2 也包括实际的燃烧区 11。沿流动方向，首先第一级 1 包括一些沿周向设置的烧嘴 100，后面对烧嘴还要详述。对图 1 所示燃烧室的说明而言，仅仅涉及所示出的截面平面。自然，燃烧室的所有部件都按相应的数目沿周向设置。在所示烧嘴的上游是一个未示出的压缩机 18，吸入的空气在该压缩机中被压缩，使从该压缩机供出的空气的压力为 10~40 巴。压缩空气中的

30 - 60% 流入烧嘴 100, 其工作方式将在图 2~5 中详细描述。在空气进入烧嘴 100 之前, 这部分空气 115 被加热到 500~700°C 的温度。这是先让这部分空气直接用作燃烧室的冷却空气而完成的。另一种可能性是让空气 115 流过未示出的热交换器。通过这种预热和减少燃烧室第一部分中空气量, 使得  $\text{NO}_x$  排出量极低, 在 1~3VPPm 的数量级范围。由此, 在燃烧室第一部分 1 的末端可得到在很大程度上不含  $\text{NO}_x$  的热气 4, 该热气 4 从燃烧室第一部分 1 出来后流向流入区 5 并在此处被加速到约 80~120 米/秒的速度。流入区 5 在内侧和沿通道壁 6 的周向装有一排产生涡流的部件 200, 后面将它们称为涡流发生器, 并在后面还要做详细说明。热气 4 在这个区域中通过壁冷却效应和喷入其余的空气 17, 最好是通过扩散冷却使其温度在 800~1100°C 的范围, 其中空气的喷入最好也通过涡流发生器 200 进行。这样全部空气被涡流发生器 200 涡旋起来, 使得在后续的预混合区 7 中不会在所述的涡流发生器 200 的后面出现再循环区。在可以设计成文丘里管的该预混合区 7 内, 设有多个燃料喷管 8, 用于供给燃料 9 和补充空气 10。向各个燃料喷管 8 供给介质例如可以经一个未示出的环形导管来进行, 此时也可以用与涡流发生器 200 构成一体的燃料喷管 3 来供入燃料。由涡流发生器 200 引起的涡流使供入的燃料 9 (在某种情况下也包括混合的补充空气 10) 进行广泛分配, 形成燃料/空气混合物 19。此外, 涡流还使燃烧空气和燃料的混合物均匀化。由燃料喷管 8 喷入热气 4 中的燃料 9 产生自燃, 这只要该热气 4 具有能使不同燃料产生自燃的那种特定温度就行。如果环形燃烧室是以一种气体燃料工作的, 那么为了引起自燃, 热气 4 的温度

必须大于  $800^{\circ}\text{C}$ ，这种温度在这里也是存在的。在这种燃烧情况下，如前面已述的那样，存在逆火 (flash back) 的危险。该问题是这样解决的，一方面将预混合区 7 设计文丘里管 (未详示) 的结构，另一方面将燃料 9 的喷入处设置在预混合区 7 中断面收缩最大的区域中。通过将预混合区 7 变窄，提高轴向速度，使紊流减小，由此通过减少紊动的火焰速度而降低逆火的危险。另一方面，燃料 9 的广泛分配还进一步得以保证，这是因为由涡流发生器 200 产生的涡流的周向分量未受影响。在较短的预混合区 7 之后接着的是燃烧区 11。两个区域之间的过渡区由一个径向的横截面突变段 12 构成，该段首先确定燃烧区 11 的通流截面。在截面突变段 12 的区域中也存在一个火焰前沿 21。为了避免火焰向预混合区 7 的内部发生逆火，必须保持火焰前沿 21 稳定。为此，是这样设计涡流发生器的，使得在预混合区 7 中仍不会发生再循环，只有在突然扩展的截面之后才发生涡流的分裂。涡流帮助截面突变部 12 之后的流动迅速确定，从而通过尽可能完全地利用燃烧区 11 的空间，可以在较短的结构长度下实现高程度的燃烧。在工作期间，在该截面突变部 12 之内形成一个边缘区，其中由于存在的负压而形成涡流分离，使火焰前沿 21 稳定。该角部涡流 20 也构成第二级 2 内的着火区。在燃烧区 11 产生的高温工作气体 13 接着推动在下游工作的透平 14。从透平 14 出来的废气可以接着用于驱动一个蒸汽循环系统，在这种情况下系统则是一种联合装置系统。

总体上说，由于流速很高，在流道中实施二次燃烧 (afterburning) 是不可能的。在烧油时，可以通过加水防止直接着火。如已说过的那样，截面突变部 12 用于稳定二次燃烧。在角部

涡流 20 中, 由于滞留时间较长, 混合物产生自燃。火焰前沿 21 朝着燃烧区 11 的中部向前伸展。在两个火焰前沿部分汇合点的下游邻近处, 也结束了 CO 的完全燃烧。典型的燃烧温度为 1300~1600°C。将燃料喷入高温气体中的这种方法定然只会产生极少的  $\text{NO}_x$ , 在我们的情况下为 1~2vppm。

所建议的方法在宽的负荷范围内也具有极好的性能。由于第一级 1 中的混合基本上总是保持恒定, 因此也可以防止 UHC 或者 CO 排放物。在第二级 2 的入口处的恒定温度保证了混合物可靠地自燃, 而与在第二级 2 中的燃料量无关。入口的温度是足够高的, 以便即使在燃料量很少时也能在第二级 2 中实现充分地燃烧。经燃气透平负荷对功率的调节基本上是通过在第二级 2 中匹配燃料量进行的。

第一级 1 作为空载运行燃烧室工作, 第二级 2 作为单级的负荷燃烧室工作。

为了更好地理解烧嘴 100 的结构, 最好在参见图 2 的同时, 也参见图 3-5 所示的各个截面。此外, 为了使图 2 一目了然, 在图中只是示意地示出了图 3-5 中示出的导板 (baffle plate) 121a、121b。下面在说明图 2 时根据需要参见其余的图 3-5。

图 2 所示的烧嘴 100 包括两个空心锥形部件 101、102, 它们相错位地插装在一起。两个锥形部件 101、102 相互间以中心轴线, 或以纵向对称轴线 201b、202b 的错位造成在两侧 (镜面对称布置状况) 各有一个切向的空气进入缝 119、120 (图 3-5), 燃烧空气 115 经该缝 119、120 进入烧嘴 100 内部, 即流入锥形空腔 114 中。所示部件 101、102 沿流向的锥形形状具有一个确定的角

度。当然, 根据不同的工作情况, 部件 101、102 沿流动方向可以具有增大的或者减小的锥度, 类似于一种喇叭或郁金香花。这两种形状在图上没有绘出, 因为对专业人员来说是可以很容易领会的。两个锥形部件 101、102 各有一个圆柱形的开始部分 101a、102a, 它们与锥形部件 101、102 一样, 同样是相互错开地布置的, 这样在烧嘴 100 的总长度上都存在切向的空气流入缝口 119、120。在圆柱形开始部分的区域中装有一个喷嘴 103, 其喷射部分 104 与锥形空腔 114 的最窄截面处相重合, 该锥形空腔 114 由锥形部件 101、102 构成。该喷嘴 103 的喷入量和方式由各烧嘴 100 的预定参数确定。当然, 烧嘴 100 可以是完全的锥形体, 即没有圆柱形开始部分 101a、102a。此外, 锥形部件 101、102 各有一个燃料管 108、109, 它们沿着切向的进口缝 119、120 设置, 并配有喷射孔 117, 通过这些喷射孔 117 将最好是气态的燃料 113 喷入流经此的燃烧空气 115 中, 如箭头 116 所示。这些燃料管 108、109 最迟设在切向进入口的端部处, 然后进入锥形空腔 114, 以便获得最佳的空气/燃料混合。在流入区 5 的区域中, 烧嘴 100 的出口过渡到一个端壁 110, 该端壁中有一些钻孔 110a。这些钻孔在需要时发生作用, 确保将稀释空气或冷却空气 110b 供到流入区 5 的前部中。喷嘴 103 供给的燃料最好是液体燃料 112, 它有些情况下可以富含循环的废气。燃料 112 以一个锐角喷入锥形空腔 114 中。燃料从喷嘴 103 出来后形成一种锥形轮廓 105, 它被沿切向流入的旋转的燃烧空气包围住, 沿着轴向, 燃料 112 的浓度由流入的燃烧空气 115 降低, 形成一种最佳的混合物。如果烧嘴 100 是以一种气态燃料 113 工作的, 那么这也可以经燃料喷嘴 103 进行, 但

最好由喷孔 117 进行, 其中, 燃料/空气混合物直接在空气进口缝 119、120 的端部处形成。在由燃料喷嘴 103 喷入燃料 112 时, 在烧嘴 100 的端部处达到截面上的最佳的均匀的燃料浓度。如果燃烧空气还附加地被预热, 或者富含循环的废气, 那么这样会持续地帮助液态燃料 112 的蒸发。这同样也适用于经管子 108、109 输送液体燃料而不是气态燃料的情况。在锥形部件 101、102 的结构方面, 就其锥角和切向空气进口缝 119、120 的宽度而言, 本身要保持窄的界限, 以便所希望的燃烧空气 115 的流场在烧嘴 100 的出口处能够调节。临界涡流值在烧嘴 100 的出口处产生: 此处也构成一个回流区 (涡流破裂 (Vortex break down)), 对火焰起到稳定的作用。一般地说, 减小切向空气进口缝 119、120 的截面积, 就会构成一个回流区 106。此外, 烧嘴 100 的结构还有利地适于改变切向空气进口缝 119、120 的大小, 这样, 在不改变烧嘴 100 的结构长度下可以达到一个相当大的工作范围。自然, 部件 101、102 也可以在另一个平面中相对移动, 由此甚至能控制它们的相互叠合。甚至还有可能通过相对的转动将部件 101、102 螺旋地插装在一起。

图 3-5 中示出了导板 121a、121b 的几何结构。它们有导流 (flow - initiating) 作用, 按照它们的长度, 它们沿流入方向相对燃烧空气 115 延长了锥形部件 101、102 的各自的端部。通过围绕一个在通道入口区中定位在锥形空腔 114 中的转动点 (pivot) 123, 开启和闭合导板 121a、121b, 可以使燃烧空气 115 进入锥形空腔 114 中沿通道的流动最佳化, 尤其是当切向空气进口缝 119、120 的原始缝隙尺寸由于上述原因而要改变时则这一点更为必要。这种动态的措施自然也可以静态地设定, 其方法是按需要将用导板

与锥形部件 101、102 构成一个固定的组成部分。同样地,烧嘴 100 也可以在没有导板下工作,或者设置其它的辅助部件。

图 6、7、8 中未示出实际的流入区 5,而是由一个箭头表示高温气体 4 的流动,由此指定流动方向。按照这些附图,涡流发生器 200、201、202 主要包括三个自由绕流的三角形面,它们是一个顶面 210 和两个侧面 211 和 213。沿其长度部分上,这些面以一定的角度沿流动方向延伸。涡流发生器 200、201、202 的侧壁(它们最好是直角三角形的)和它们的纵侧面一起固定在所述的通道壁 6 上,最好是气密地。它们是这样定向的,即在它们的窄边处形成一个接头,并形成一个锐角  $\alpha$ 。该接头是锐利的连接边缘 216,并与每个通道壁 6 垂直,侧面与通道壁 6 齐平。围成锐角  $\alpha$  的两个侧面 211、213 在图 4 中是在形状、尺寸和取向上对称的,设置在一条对称轴线 217 的两侧,该轴线的方向与通道轴线相同。

顶面 210 利用窄边缘 215 和侧面 211、213 一样支承在同一个通道壁 6 上,其中窄边 215 在通流通道横向上延伸。其纵向的边缘 212、214 与侧面 211、213 的伸入流动通道中的纵向边缘相齐平。顶面 210 在一个迎角  $\theta$  下朝通道壁 6 延伸,其中纵向边缘 212、214 与连接边缘 216 一起构成一个尖顶 218。当然,涡流发生器 200、201、202 也可以有一个底面,可以用合适的方式固定在通道壁 6 上。这种底面与部件的工作方式没有关系。

涡流发生器 200、201、202 的工作方式如下:

在边缘 212 和 214 周围发生绕流时,主流转变成一对反向的涡流,如图中示意的那样。涡流的轴线位于主流的轴线上。涡流值和涡流破裂(vortex breakdown)(在要求涡流破裂的情况)的位置

将通过相应地选择迎角  $\theta$  和后掠角  $\alpha$  来确定。角度增大时, 涡流强度及涡流值则提高, 涡流破裂的位置向上游移动, 直到涡流发生器 200、201、202 本身的区域中。根据不同的应用情况, 两个角  $\theta$  和  $\alpha$  由实际的结构情况和工作过程本身来确定。涡流发生器只要在长度和高度上相匹配, 这在后面对照图 9 还要详细说明。

图 6 中, 两个侧面 211、213 的连接边缘 216 构成涡流发生器 200 的下游侧边缘。顶面 210 在通流通道横向分布的边缘 215 由此是首次被通道中的流动冲击的边缘。

图 7 中示出了一种基于图 6 所示涡流发生器的所谓半“涡流发生器”。此处示出的涡流发生器 201 中, 两个侧面中只有一个侧面有一后掠角  $\alpha/2$ , 另一个侧面是直的, 并沿流动方向取向。与对称的涡流发生器不同, 此处只有一个涡流在做成后掠形的一侧上产生, 如图中所示。这样在涡流发生器的下游就不存在涡流中性场 (vortex - neutral field), 而是在流动上加了一个涡流。

图 8 与图 6 的不同之处在于, 此外涡流发生器 202 的锐利连接边缘 216 处于首先被通道中的流动冲击的那个位置。此时, 该部位被转动了  $180^\circ$ 。如图所示, 两个反向涡流的转动方向改变了。

图 9 示出了装入通道 5 中的一个涡流发生器 200 的基本几何尺寸。一般地, 连接边缘 216 的高度  $h$  和与涡流发生器相配的通道高度  $H$  (或通道部分的高度) 是这样的确定的, 使得产生的涡流在紧靠着涡流发生器 200 的下游处就达到完全充满整个通道高度  $H$  的尺寸。这使得在所作用的截面上的速度分布是均匀的。另一个标准是压力降, 它可以影响要选择两个高度的比  $h/H$ , 所述压力降在围绕涡流发生器 200 流动时产生。显然, 比值  $h/H$  较

大时, 压力损失也上升。

涡流发生器 200、201、201 主要用在要将两股流动相互混合的地方。作为高温气体的主流 4 沿箭头方向冲击横向的边缘 215, 或者连接边缘 216。次流 (secondary flow) 为气态和/或液态的燃料, 该次流中有时也加有补助空气 (参见图 1), 该次流的质量流量比主流要小得多。在目前的情况下, 该次流在涡流发生器的下游引入到主流中, 于图 1 中尤其清楚可见。

在图 1 所示的实施例中, 有四个涡流发生器 200 在通道 5 周向上相间地分布。自然地, 涡流发生器也可以沿周向这样顺序地相互排列, 即无间隙地设置在通道壁 6 上。涡流发生器的数目和布置最终由要产生的涡流来决定。

图 10-16 示出了将燃料供入高温气体 4 中的其它一些可能的方式。这些变型方式可以用许多方式相互地以及与一个中央燃料喷入系统组合起来, 例如参见图 1。

在图 10 中, 除了通过位于涡流发生器下游的通道壁的钻孔 220 喷入燃料外, 也可通过壁孔 221 喷入, 这些壁孔 221 紧靠侧面 211、213 和在安置涡流发生器的同一通道壁 6 中的这些侧面的纵向延伸段中。通过这些壁孔 221 引入烧料, 使产生的涡流获得额外的动力, 使涡流发生器的寿命延长。

在图 11 和 12 中, 燃料经一个缝口 222 或者经壁孔 223 喷入, 其中该缝口 222 和壁孔 223 两者都设置在紧靠顶面 210 的沿通流通道横向分布的边缘 215 之前面并位于安装涡流发生器的同一通道壁 6 中的其纵向延伸段中。壁孔 223 或缝口 222 的几何尺寸是这样选择的, 即要使燃料在一定的喷入角度下喷入主流中

并作为保护膜在很大程度上保护后面安置的涡流发生器不受绕流的高温主流 4 的损坏。

在以下所述的实施例中，次流（参见前面的内容）首先经未示出的导管穿过通道壁 6 引入到涡流发生器的内部空腔中。从而可以直接地对涡流发生器的内部进行冷却，而不需要另外的措施。

在图 13 中，燃料经壁孔 224 喷入，这些壁孔 224 位于顶面 210 内紧靠近沿通流通道横向分布的边缘 215 的后面，并沿着该边缘 215 分布。此时，对涡流发生器的冷却程度而言，外部要大于内部。出来的次流在围绕顶面 210 流动时，构成一层保护顶面不受高温主流 4 损坏的保护层。

在图 14 中，燃料经壁孔 225 喷入，这些壁孔在顶面 210 内沿对称线 217 阶梯形设置。这种变型结构能更好地防止通道壁 6 受到高温主流 4 的损坏，因为燃料先是从涡流的外周面引入的。

在图 15 中，燃料经壁孔 226 喷入，这些壁孔位于顶面 210 的纵向边缘 212、214 上。这种方案保证涡流发生器的有良好的冷却，因为燃料从它的顶端部出来，从而能完全冲刷部件的内壁。次流在此处是直接供入形成的涡流中，而产生确定的流动情况。

在图 16 中，燃料经壁孔 227 喷入，这些壁孔位于侧面 211 和 213 中，一方面位于纵边缘 212 和 214 的区域中，另一方面位于连接边缘 216 的区域中。该变型结构的作用与图 10（孔 221）和图 15（孔 226）所示的结构相类似。

## 代号表

- 1 第一段
- 2 第二段
- 3 另一种燃料导管
- 4 高温气体, 主流
- 5 流入区、流入区通道
- 6 流入区通道壁
- 7 预混合区
- 8 燃料导管
- 9 燃料
- 10 补充空气
- 11 燃烧区
- 12 横截面突变部
- 13 高温工作气
- 14 透平
- 16 轴线
- 17 原始压缩空气的剩余部分
- 18 压缩机
- 19 燃料/空气混合物
- 20 角涡流、点火区
- 21 火焰前沿
- 100 烧嘴
- 101、102 侧面体
- 101a、102a 筒形起始部分

101b、102b 纵面对称轴

105 燃料注入图

108、109 燃料管线

110 前壁

110a 空气孔

110b 冷却空气

112 液体燃料

113 气态燃料

114 锥形空腔

115 燃烧空气

116 燃料注入

117 燃料喷嘴

119、120 切向空气入口缝

121a、121b 导板

123 导板转动点

200、201、202 涡流发生器

210 顶面

211、213 侧面

212、214 纵向边缘

215 横向边缘

216 连接边缘

217 对称轴线

218 尖顶

220 - 227 燃料注入孔

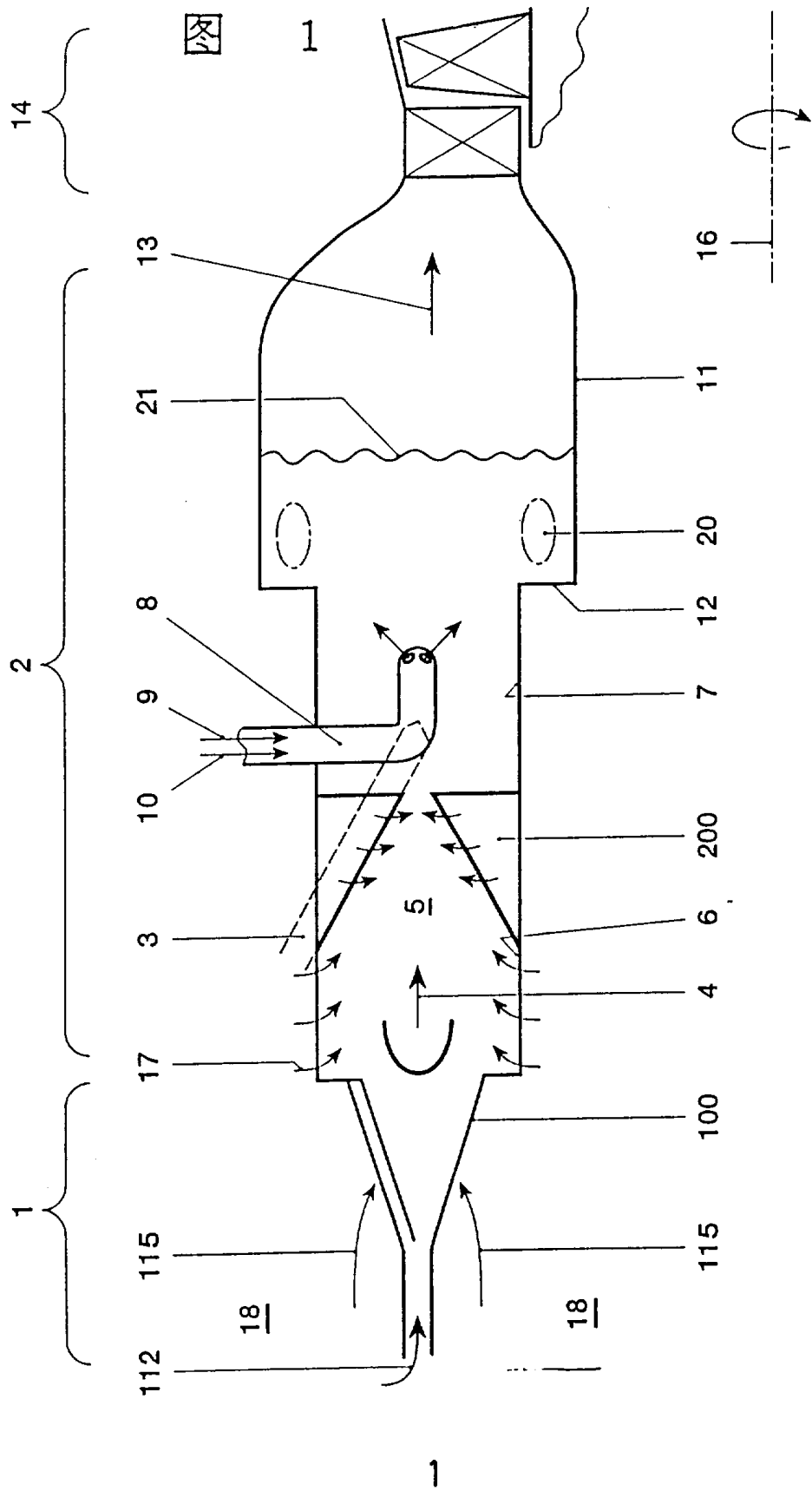
**L、h** 涡流发生器尺寸

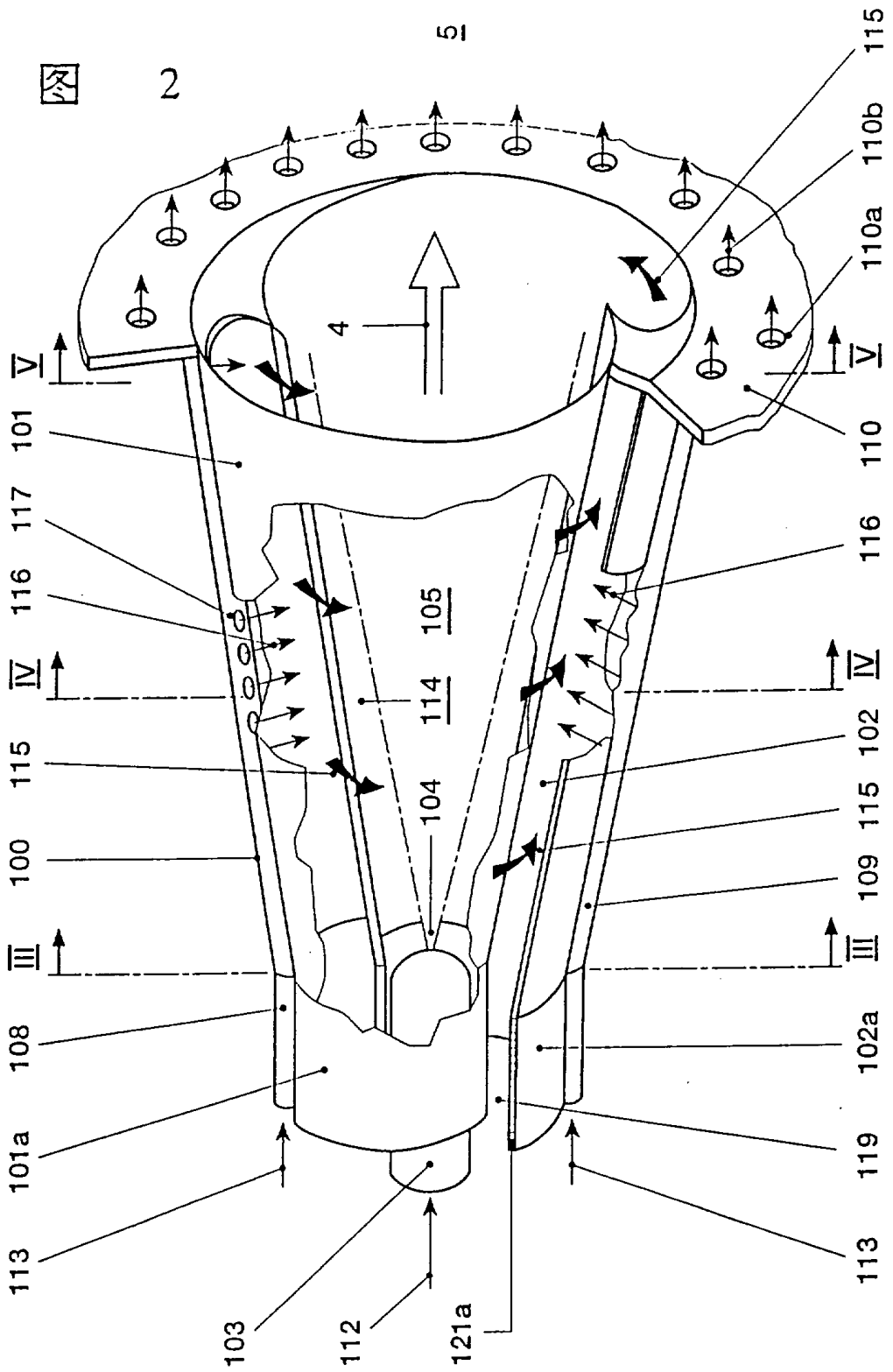
**H** 导管高度

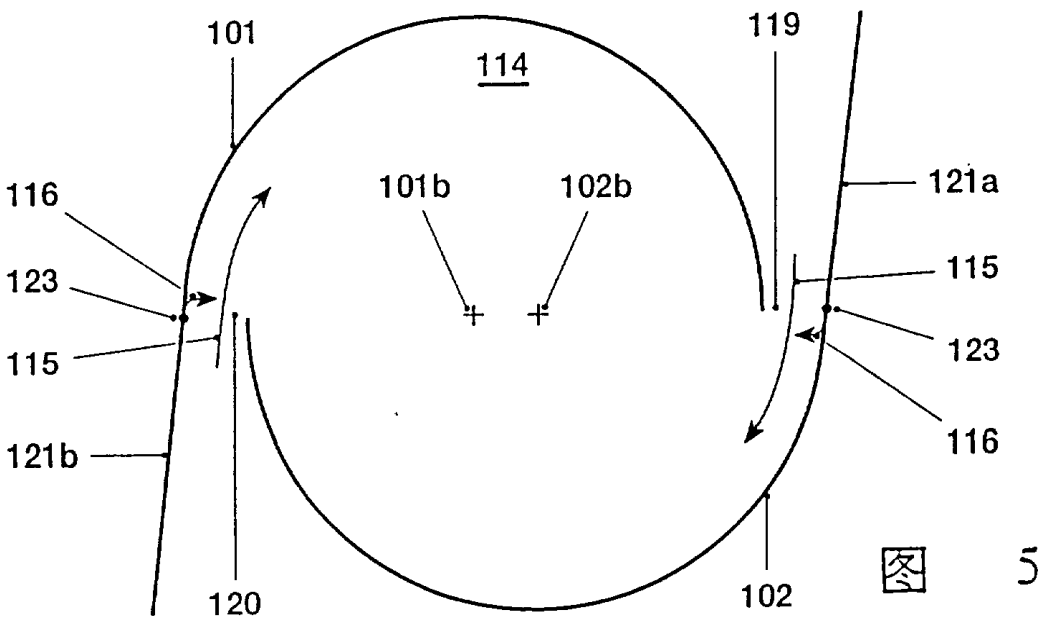
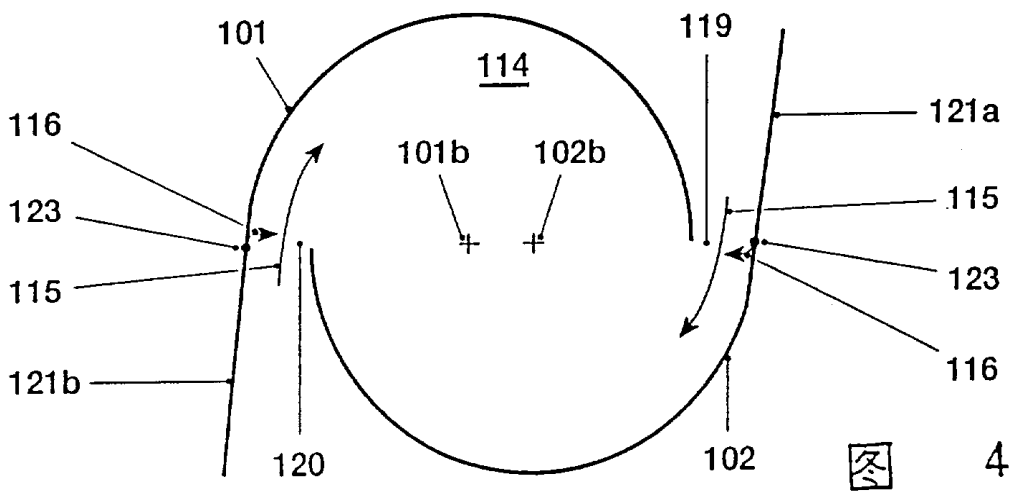
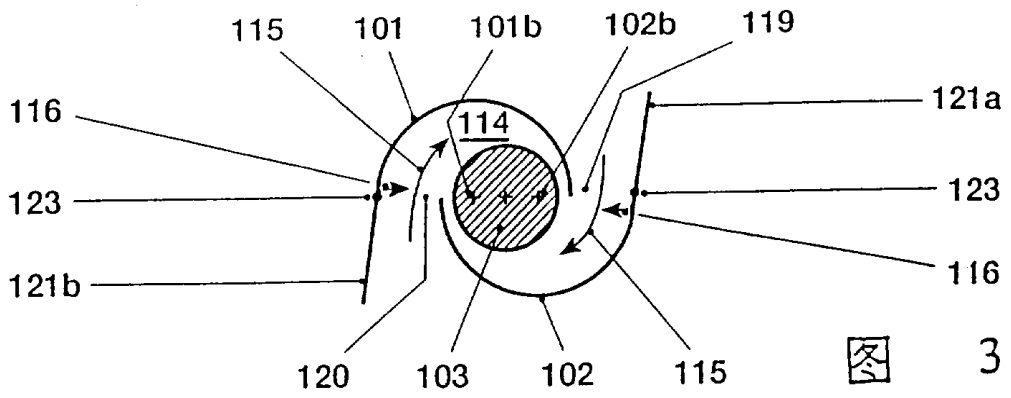
$\alpha$  后掠角

$\theta$  迎角

# 说明书附图







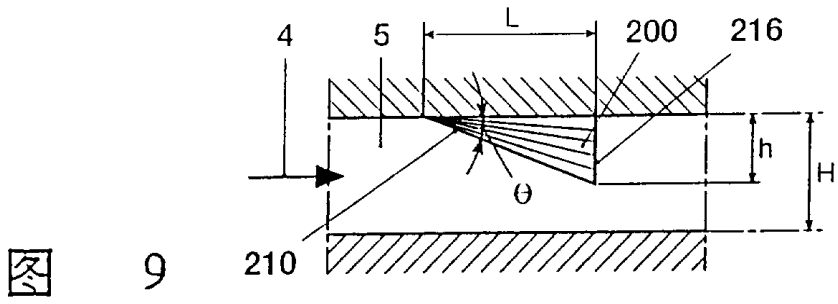


图 9

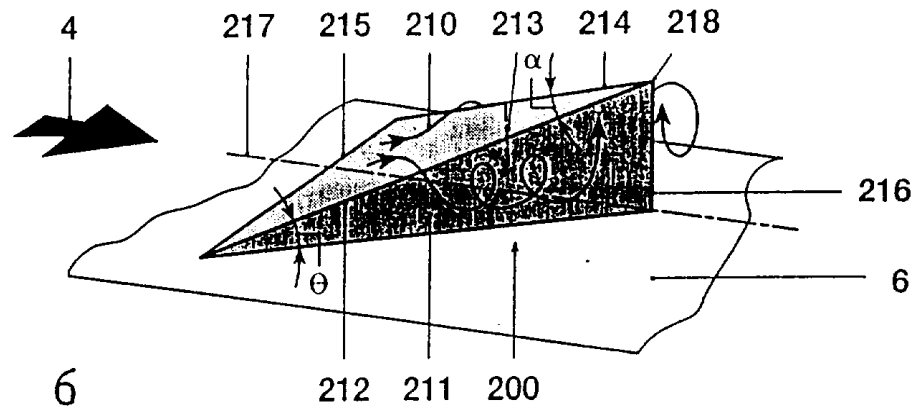


图 6

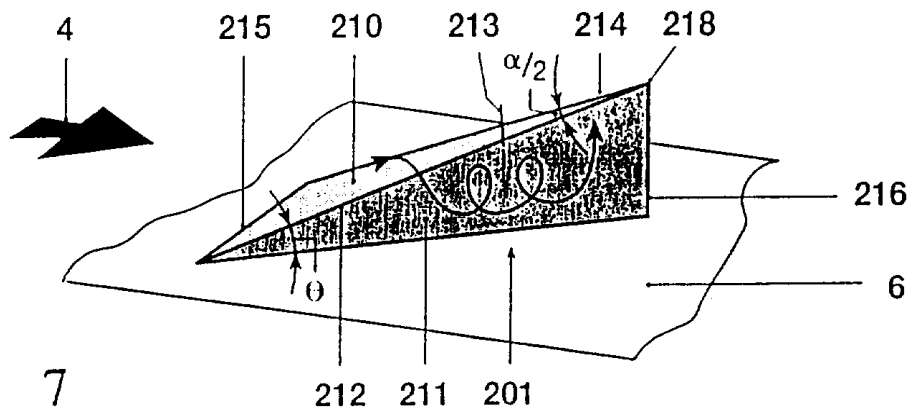


图 7

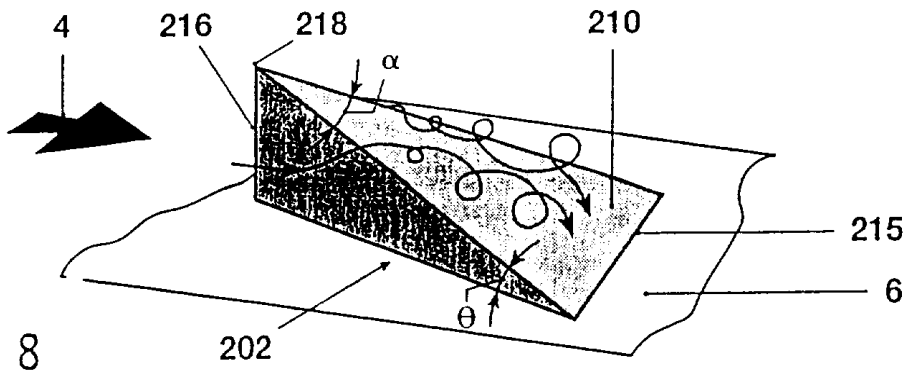


图 8

图 11

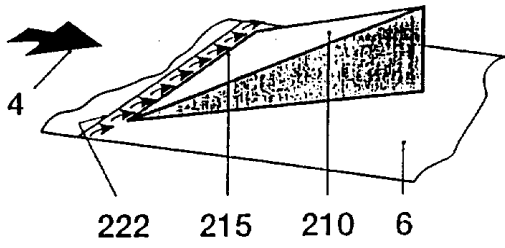


图 10

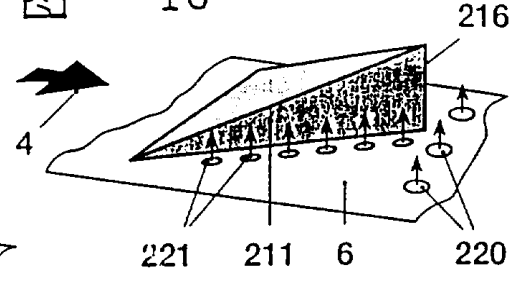


图 12

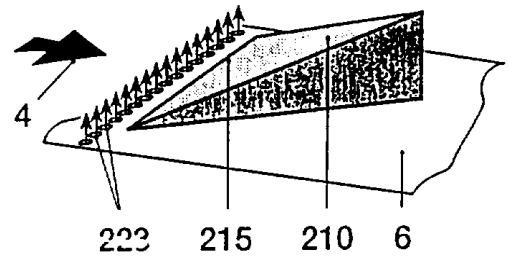


图 13

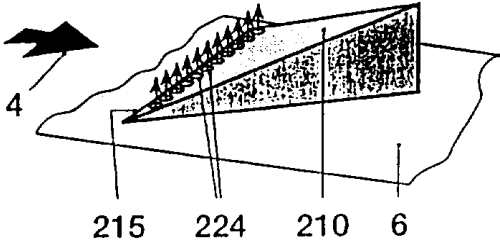


图 14

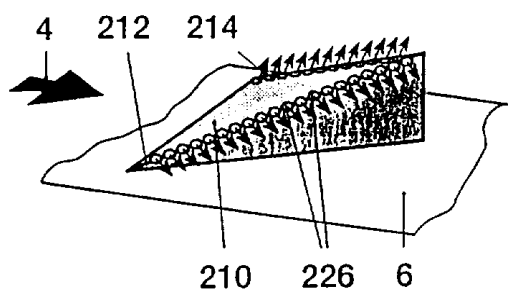
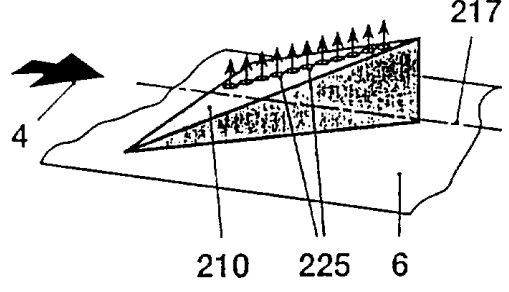


图 16

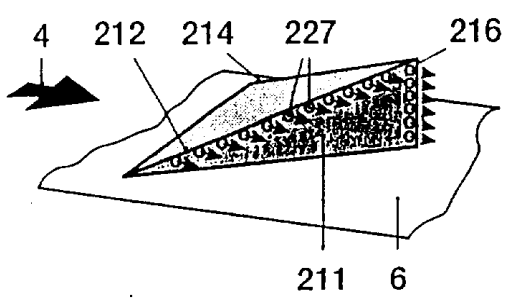


图 15