

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

[51] Int. Cl.
F02C 7/12 (2006.01)
F23R 3/52 (2006.01)

专利号 ZL 200410002085.3

[45] 授权公告日 2008 年 6 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 100393997C

[22] 申请日 2004.1.12

[21] 申请号 200410002085.3

[30] 优先权

[32] 2003.1.29 [33] EP [31] 03001890.7

[73] 专利权人 西门子公司

地址 联邦德国慕尼黑

[72] 发明人 保罗 - 海因茨 · 杰普尔
威廉 · 舒尔滕

[56] 参考文献

US6276142A 2001.8.21

US4158949A 1979.6.26

US5467815A 1995.11.21

US6047552A 2000.4.11

DE1980568A 1999.8.19

审查员 张旭东

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
代理人 侯 宇 陶凤波

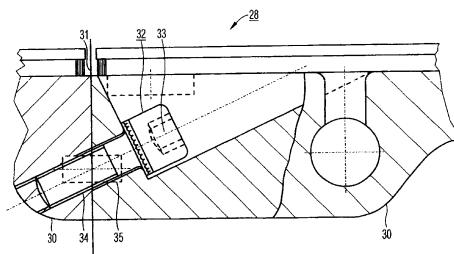
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 5 页

[54] 发明名称

燃烧室

[57] 摘要

本发明公开了一种用于燃气轮机(1)的燃烧室(4)，其燃烧空腔(24)由一环形内壁(28)和一外壁(26)限定，它们分别在内侧装有由一些热屏蔽元件(38)构成的内衬，所述热屏蔽元件和燃烧室壁(25)一起构成一个可供入一种冷却介质(K)的内腔(40)。为了在具有相对更简单的结构的同时有高的设备效率并且可省时地拆卸燃烧室内壁(28)，本发明建议，在各内腔(40)中设置一个冷却介质分配器(42)，所述燃烧室内壁由一些在一条水平接缝(31)处相互对接的壁元件(30)构成，这些壁元件(30)在接缝处通过一些倾斜于内壁表面延伸的螺栓连接结构(32)相互连接。本发明还公开了一种带有上述燃烧室的燃气轮机。



1. 一种用于燃气轮机(1)的燃烧室(4)，该燃烧室(4)的燃烧空腔(24)由一个环形的燃烧室内壁(28)和一个燃烧室外壁(26)限定，所述燃烧室内壁和外壁在内侧装有一个由多个热屏蔽元件(38)构成的内衬，其中，所述热屏蔽元件(38)和所述燃烧室壁(25)一起构成一个可供入一种冷却介质(K)的内腔(40)，其中，在该内腔(40)中设置一个冷却介质分配器(42)，所述燃烧室内壁(28)由多个在一条水平接缝(31)处相互对接的壁元件(30)构成，这些壁元件(30)在所述接缝处通过多个倾斜于内壁表面延伸的螺栓连接结构(32)相互连接。
2. 按照权利要求1所述的燃烧室(4)，其中，所述每个螺栓连接结构(32)分别配设有一个棱键(35)。
3. 按照权利要求1所述的燃烧室(4)，其中，一个冷却介质导入管道(44)通过一个冷却介质分配器(42)与多个冷却介质流出孔(46)连通。
4. 按照权利要求1至3之一所述的燃烧室(4)，其中，所述冷却介质流出孔(46)的尺寸被设计成，一个冷却介质分配器(42)的所有冷却介质流出孔(46)的横截面面积的总和小于所述对应配设的冷却介质导入管道(44)的横截面面积。
5. 按照权利要求1至3之一所述的燃烧室(4)，其中，所述每个内腔(40)通过一些孔与一个冷却介质排出系统连通。
6. 按照权利要求1所述的燃烧室(4)，其中，所述热屏蔽元件(38)通过一个槽/键组合结构固定在所述燃烧室内壁(28)或燃烧室外壁(26)上。
7. 一种具有按照权利要求1至3之一所述的燃烧室(4)的燃气轮机(1)。
8. 一种具有按照权利要求4所述的燃烧室(4)的燃气轮机(1)。
9. 一种具有按照权利要求5所述的燃烧室(4)的燃气轮机(1)。

燃烧室

技术领域

本发明涉及一种用于燃气轮机的燃烧室，该燃烧室的燃烧空腔由一个环形外壁和一个设置在该外壁中的环形内壁限定。所述燃烧室壁的内侧装有一个由一些热屏蔽元件构成的内衬，其中，所述热屏蔽元件构成一个可供入冷却介质的内腔。另外，本发明还涉及一种具有一个这种类型燃烧室的燃气轮机。

背景技术

燃烧室是燃气轮机的一个组成部分，而燃气轮机在很多领域中被用作发电机和作功机械的驱动装置。其中，利用一种燃料所含的能量来产生一个透平机轴的旋转运动。为此，燃料被一些燃烧器点燃并在连接在其后面的一些燃烧室中燃烧，同时由一台空气压缩机导入压缩空气。通过燃烧燃料产生了一种处于高压下的高温的工作介质。这种工作介质被导入到一个连接在各燃烧器后面的透平机单元中，在那儿膨胀作功。

在此，可以为每个燃烧器对应配设一个独立的燃烧室，其中，从各燃烧室流出的工作介质可以在所述透平机前或在其中汇合。但是所述燃烧室也可以选择一种所谓的环形燃烧室-结构形式，其中，多个燃烧器、尤其是所有燃烧器都通入到一个共同的、通常为环形的燃烧室中。所述在工作介质的流动方向上与燃烧室邻接的透平机单元通常包括一根与一些可旋转的工作叶片结合的透平机轴，这些工作叶片构成了圆形的工作叶片组。此外，所述透平机单元还包括一些固定的导向叶片，这些导向叶片同样是在构成导向叶片组的情况下成圆形地固定在透平机的内壳中。其中，所述工作叶片通过传递流过透平机单元的工作介质的冲量来驱动所述透平机轴，而所述导向叶片用于对每两个沿工作介质的流动方向看过去前后相继的工作叶片组或工作叶片环之间的工作介质进行导流。

因为所述透平机轴的旋转运动通常被用于驱动连接在燃烧室前面的空气压缩机，所以该轴是加长地超出所述透平机单元，因此，在连接在透平

机前面的环形燃烧室的区域内所述透平机轴环绕式地被所述环形燃烧空腔包围。其中，所述燃烧空腔由一个环形外壁和一个设置在该外壁中的环形内壁限定。为此，所述燃烧室的内壁通常由两个或多个单个构件构成，这些单个构件在其朝向透平机轴的一侧相互通过螺栓连接。

在设计这类燃气轮机时除了要达到一定功率外，还有一个设计目标是要达到一个特别高的效率。提高所述效率从热力学方面考虑主要是通过提高出口处的温度来实现，工作介质以这个出口温度从燃烧室流出并且流入到所述透平机单元中。因此，对于这类燃气轮机来说力求达到大约 1200°C 至 1500°C 的温度并且也达到了这样的温度。

但是在工作介质达到这么高的温度时，遭遇工作介质的部件和构件要承受高的热负荷。为了保证在高度安全可靠的情况下所述遭遇工作介质的部件具有一个相对更长的使用寿命，通常必须采用由具有极高耐热性能的材料制成的结构以及冷却所述遭遇工作介质的部件、尤其冷却燃烧室。为了防止材料中产生限制所述部件的使用寿命的过热应力，通常力求实现均匀地冷却所述部件。

为此，所述燃烧室壁可以在其内侧面上加衬一些可装有特别耐热的保护层和通过原来的燃烧室壁被冷却的热屏蔽元件。为此，采用了一种也被称为“折流冷却”的冷却方法。在折流冷却方法中，通过大量在燃烧室壁中的孔向所属热屏蔽元件导送冷却介质、通常为冷却空气，因此，冷却介质基本上是垂直地冲击在所述热屏蔽元件的面向燃烧室壁的外侧表面上。通过所述冷却过程被加热的冷却介质随后从所述燃烧室壁和所述热屏蔽元件一起构成的内腔中排出。

然而制造一个这样的冷却系统可能非常费事，因为为了达到尽可能均匀地冷却所述热屏蔽元件需要非常多的在所述燃烧室壁中的具有一个相对较小横截面的孔，这可能会增加制造时间和成本。尤其是对于用于制造所述孔的工具的要求过高时，因为所述冷却空气孔的长度与其横截面相比相对较长，而这也是因为出于稳定性方面考虑所述燃烧室壁必须具有一个足够的厚度。另外，当存在大量的冷却空气孔，而这些冷却空气孔总体上占据一个较大的表面积时，在导入冷却介质时可能会出现摩擦和涡流。这在冷却介质循环中造成更大的冷却介质压力损失，而这种压力损失对燃烧室的效率产生不利的影响。

此外，所述环形燃烧室的上述结构在维修保养方面存在一些其他的缺点。在这些通常要定期进行的保养和维修中由于过高的热负荷和机械负荷必须维修和更换燃烧室的一些构件、例如所述热屏蔽元件或所使用的冷却系统以及尤其是后续的透平机单元的构件。所述燃烧室的结构的缺点是，在需要进行维修保养时不能从燃烧室中够到所述透平机轴。因此，为了维护保养在所述环形燃烧室区域中的透平机轴或为了维修与所述燃烧室直接相邻的第一级导向叶片和工作叶片，通常必须将所述透平机单元中的所有相连的导向叶片和工作叶片拆除。在拆除透平机的所有导向叶片和工作叶片后才能够通过所述朝向透平机轴的螺栓连接结构拆卸燃烧室的内壁以及因此达到接触透平机轴的目的。所以装配工作也是非常费工和费时的。由于燃气轮机相对较长时间停止工作，因此除了燃气轮机的安装费用外还附带地产生了运行停工费用，这些费用导致燃气轮机需要一个总的相对更高的保养和维修费用。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是，提供一种上述类型的燃烧室，该燃烧室在具有相对更简单的结构的情况下适合于一个更高的设备效率，其中，所述燃烧室的内壁可以更快速、简便地被拆除。另外，本发明还要提供一种具有上述燃烧室的燃气轮机。

按照本发明，上述有关燃烧室的技术问题是这样来解决的，即，在对应于各热屏蔽元件配设的所述内腔中设置一些冷却介质分配器，以及所述燃烧室的内壁由一些固定在该内壁的一个支承结构上的壁元件构成，其中，所述支承结构由一些在一条水平接缝处相互对接的分构件构成，这些分构件在所述接缝处通过一些倾斜于内壁表面定向的螺栓连接结构相互连接。

在此，本发明还基于这样的考虑，即，为了获得一个更高的设备效率，应该保证可靠地并且全面积覆盖地对所述热屏蔽元件施加冷却介质。通过一个简化的系统替代一些目前设置的冷却介质孔来达到在坚守上述规定的同时实现减少设备费用以及尤其是制造费用。在此，为了一方面真正获得恒定的高的冷却效果以及另一方面简化导入，按照本发明，尽可能靠近所述待冷却的热屏蔽元件、亦即尤其要远离流动主路端部地将冷却介质流动主路分成多个单个的分路。这些功能满足了所述冷却介质分配器的要求。

对于维护工作，本发明是基于这样的考虑，应该能够从所述燃烧空腔内够到所述燃烧室内壁的不同壁元件的固定结构以及因此也能够从该燃烧空腔拆卸燃烧室内壁。同时，所述在其水平接缝处相互对接的燃烧室内壁的不同的支承结构元件应该通过一个固定结构相互连接，该固定结构通过一个在接缝处的垂直力将这些支承结构元件相互连接起来。这两个功能通过所述倾斜于内壁表面定向的螺栓连接结构来实现，该螺栓连接结构不仅从燃烧室能够被够到，而且具有一个足够大的垂直分力用于固定两个在所述水平接缝处相互对接的支承结构元件。

为了平衡通过螺栓连接结构相互连接的两个支承结构元件的由倾斜于内壁表面定向的螺栓连接结构所产生的水平分力，相宜地为每个螺栓连接结构配设了一个棱键。该棱键避免所述通过螺栓相互连接的支承结构元件在水平接缝处由于螺栓连接结构所产生的水平分力而相互推移。为此，所述棱键有利地沿所述水平接缝延伸并且分别被精确配合地装配到所述相互对接的支承结构元件的槽中，因此，这些支承结构元件不会相互推移并且所述螺栓连接结构优选在所述水平接缝处仅仅产生用于固定螺栓连接结构所需要的垂直分力。

通过一个冷却介质分配器，一个冷却介质导入管道相宜地与多个冷却介质流出孔连通。因此所述直接位于冷却介质分配器前的热屏蔽元件通过折流冷却的方式被冷却。

为了在采用所述冷却介质分配器时提高折流冷却的效果，所述冷却介质分配器的冷却介质流出孔的尺寸被设计成，一个冷却介质分配器的所有冷却介质流出孔的横截面面积的总和小于所述对应配设的冷却介质导入管道的横截面面积。通过在冷却介质流动方向上的这种横截面减小有利地造成一种喷嘴效应，在此提高了冷却介质在所述冷却介质流出孔处的流出速度以及由此改善了在所述热屏蔽元件上的折流冷却的效果。

通过所述冷却过程被加热的冷却介质相宜地通过在所述燃烧室壁中的孔从所述由带有热屏蔽元件与燃烧室壁之间构成的内腔中排出到一个冷却介质排出系统中。通过所述冷却介质分配器的形状及其能保证各冷却介质分配器相互之间保持一个足够间距的恰当布置形式，所述被加热的冷却介质通过所述各冷却介质分配器之间的间隙流向所述冷却介质孔位于燃烧室壁上的出口。为了保证均匀地冷却所述燃烧室，所述回流孔

(Rückführbohrungen)以与所述冷却介质分配器的数量成恒定比例地沿所述燃烧室的整个长度、优选均匀地分布，使得在所有回流孔中的冷却介质可以均匀地以一个基本相同的回流温度被导出。

为了通过位于所述内壁上的冷却介质分配器、回流孔以及所述接缝处的螺栓连接结构将所述热屏蔽元件全面积覆盖式地固定在所述内壁上，这些热屏蔽元件相宜地通过一个带有槽和键的组合结构固定在燃烧室的内壁上。在此，所述热屏蔽元件在其棱边处是这样有利地成形的，使得它们通过一个向燃烧室方向的二次的弯曲构成一个锚固在所述燃烧室壁的一个构成所述槽的凹槽中并由此被固定的锚固段。所述燃烧室壁中的凹槽相宜地为相互贴靠的热屏蔽元件而合并，使得相互贴靠的热屏蔽元件以其通过弯曲形成的端面相互对接并且因此构成了一个用于所述燃烧室和其中流动的工作介质的密封结构。

上述燃烧室优选作为一个燃气轮机的组件。

利用本发明所达到的优点尤其在于，通过采用一些冷却介质分配器也可以达到在花费更少制造费用的同时实现大面积地并且全面地对所述热屏蔽元件施加冷却介质。此外，在冷却所述燃烧室时可以保持更小的冷却介质压力损失，因此，随之提高了燃烧室的设备效率。由于所述冷却介质分配器只需要少量的在所述燃烧室壁中的导入孔，所以也可以特别达到所述减小冷却介质压力损失的目的。因为在通过一个冷却介质分配器导入冷却介质时所述冷却介质在将要撞击在所述热屏蔽元件上前才从一个较大的冷却介质导入管道分流到多个更小的冷却介质流出孔中，所以采用一些冷却介质分配器可以保证在保持更小的冷却介质压力损失的情况下达到均匀冷却的目的。由此保证冷却介质只流过一段更小横截面的短流程，从而限制冷却介质压力损失。

通过所述燃烧室壁的接缝处的螺栓连接可以实现更简便和快速地装配燃烧室壁。尤其通过可以拆卸燃烧室的内壁实现了为了保养和维修工作快速接触到所述透平机轴和所述透平机单元的直接与燃烧室紧邻的工作叶片和导向叶片。因此，通过从燃烧室内腔内部出发实现接触，可以避免费时地拆卸位于所述透平机单元的后续流程中的工作叶片和导向叶片，由此可以更简便和更省时地进行维护保养工作。

通过利用一个槽/键的组合结构固定所述热屏蔽元件，在达到充分密封

所述燃烧室内腔的同时为所述位于热屏蔽元件下面的冷却系统以及接缝处的螺栓连接结构提供了足够的空间。

上述燃烧室优选作为一个燃气轮机的组件。

附图说明

下面借助于附图详细阐述一种实施方式。附图中：

图 1 表示一个燃气轮机的半剖视图，

图 2 表示一个燃烧室的剖面图，

图 3 表示所述环形燃烧室的侧视图，

图 4 以剖面图表示燃烧室内壁的壁元件的螺栓连接结构，

图 5 以剖面图表示燃烧室壁的一个局部。

具体实施方式

图 1 所示的燃气轮机 1 具有一台用于提供燃烧用空气的压缩机 2、一个燃烧室 4 以及一个用于驱动压缩机 2 和一台图中未表示的发电机或作功机械的透平机 6。在此，透平机 6 和压缩机 2 被安置在一个共同的、也被称为透平机转子的透平机轴 8 上，所述发电机或作功机械与该透平机轴相连接并且该透平机轴可围绕其轴线 9 旋转地支承。所述设计为环形燃烧室形式的燃烧室 4 装有一些用于燃烧一种液体或气体形式的燃料的燃烧器 10。

所述透平机 6 具有一些与透平机轴 8 连接的、可旋转的工作叶片 12。这些工作叶片 12 成圆圈形地安装在透平机轴 8 上并且因此构成了一些工作叶片组。另外，所述透平机 6 还包括一些固定的导向叶片 14，这些导向叶片 14 同样是在构成导向叶片组的情况下成圆圈形地固定在透平机 6 的内壳 16 中。其中，所述工作叶片 12 通过传递流过透平机 6 的工作介质 M 的冲量来驱动所述透平机轴 8，而所述导向叶片 14 用于对每两个沿工作介质 M 的流动方向看过去前后相继的工作叶片组或工作叶片环之间的工作介质进行导流。在此，一对前后相继的由一圈导向叶片 14 组成的叶片圈或导向叶片组和由一些工作叶片 12 组成的叶片圈或工作叶片环也被称为透平级。

每个导向叶片 14 具有一个也被称为叶根的平台 18。该平台设置在透平机 6 的内壳 16 上作为壁元件用于固定各导向叶片 14。在此，所述平台 18 是承受极高热负荷的构件，它构成了用于流过透平机 6 的工作介质 M 的一

个热燃气通道的外边界。每个工作叶片 12 以类似的方式通过一个也被称为叶根的平台 20 固定在所述透平机轴 8 上。

在相邻的导向叶片组的导向叶片 14 的相互间隔一定距离的平台 18 之间分别在透平机 6 的内壳 16 上安置一个导向环 21。在此，每个导向环 21 的外表面同样遭遇热的流过透平机 6 的工作介质 M 并且沿径向以一个间隙与所述与其相对置的工作叶片 12 的外端 22 间隔一定距离。设置在相邻的导向叶片组之间的导向环 21 在此尤其用来作为遮盖元件保护所述内壁或其他内壳构件免受由流过透平机 6 的热工作介质 M 带来的过热负荷。

所述燃烧室 4 在图示实施方式中设计为所谓的环形燃烧室，其中，一些在围绕所述透平机轴 8 的圆周方向上设置的燃烧器 10 通入到一个共同燃烧室空腔内。因此燃烧室 4 总体上被设计成围绕所述透平机轴 8 定位的环形结构。

为了更详细地说明所述燃烧室 4 的设计结构，图 2 以剖面图示出了环面状地围绕所述透平机轴 8 延续的燃烧室 4。如在示意图中所看到的那样，所述燃烧室 4 具有一个起始部段或流入部段，各对应配设的燃烧器 10 的出口通到该部段的末端。沿工作介质 M 的流动方向看过去所述燃烧室 4 的横截面缩小，在此，考虑到了在此空间范围内形成的工作介质的流态（流型）。燃烧室 4 在出口侧在纵剖面中具有一弯曲部段，通过该弯曲部段有利于工作介质 M 从燃烧室 4 流出到一个用于特别高的冲量和能量传递的在流动侧看后续的第一个工作叶片组中。

如从图 3 中所看到的那样，燃烧室 4 的燃烧空腔 24 由燃烧室壁 25 限定，该燃烧室壁 25 由一个环形的燃烧室外壁 26 和一个设置在该外壁中的环形燃烧室内壁 28 构成。为了接触被所述燃烧室内壁 28 围绕的透平机轴 8 以及所述透平机 6 的直接与燃烧室 4 邻接的工作叶片 12 和导向叶片 14，所述燃烧室 4 被设计成，所述燃烧室内壁 28 例如为了进行维护工作可以以极其简便的方式被拆下。为此，该燃烧室内壁 28 由两个壁元件 30 构成，其中，这两个壁元件 30 拼合形成一个基本上水平延伸的、属于燃烧室内壁 28 的接缝 31。

对此，将燃烧室 4 特别设计成，可以从所述燃烧空腔 24 内拆卸所述燃烧室内壁 28 的壁元件 30。为此，如在图 4 中以剖面图表示的那样，所述壁元件 30 在由其构成的水平接缝处通过一些倾斜于燃烧室内壁 28 延伸的螺

栓连接结构 32 相连接。其中，每个螺栓连接结构 32 都包括一个基本上倾斜于由燃烧室内壁 28 构成的表面导引的螺栓 33，该螺栓配合在一个在其中一个壁元件 30 中加工出来的螺纹孔 34 中。

为了使所述壁元件 30 不会由于倾斜于燃烧室内壁 28 延伸的螺栓 33 所产生的水平分力产生相互错移，为所述螺栓连接结构 32 对应配设一个棱键 35。所述棱键 35 在各螺栓连接结构 32 附近的一个位置中沿所述壁元件 30 的水平接缝 31 延伸并且被装配到所述燃烧室内壁 28 的壁元件 30 中的槽中。

为了达到相对更高的效率，所述燃烧室要按照工作介质 M 大约为 1200°C 至 1300°C 的高温来设计。为了即便在这样一个对于材料不利的运行参数的条件下也能达到一个较长的使用寿命，如图 5 所示，所述燃烧室壁 25 在其面向工作介质 M 的侧面上设置一个由一些热屏蔽元件 38 构成的内衬。每个热屏蔽元件 38 在其面向工作介质 M 的侧面都装有一个耐高温的保护层。此外，基于所述燃烧室 4 内部的高温，设置一个用于所述热屏蔽元件 38 的冷却系统。在此，该冷却系统以折流冷却原理为基础，在该冷却系统中，处于足够高压下的作为冷却介质的冷却空气 K 在许多位置上被吹送到所述待冷却的构件上。

所述冷却系统设计为具有一个简单的可实现可靠地、全面积覆盖地对所述热屏蔽元件 38 供入冷却空气并且此外可显著地减小冷却介质压力损失的结构。为此，所述热屏蔽元件 38 从其外侧通过一些设置在由各热屏蔽元件 38 和燃烧室壁 25 构成的内腔 40 中的冷却介质分配器 42 传导到各热屏蔽元件 38 外侧表面上的冷却空气 K 被冷却。

为了更详细地说明用于冷却所述热屏蔽元件 38 的设计结构，在图 5 中以剖面图示出了所述燃烧室壁 25 的一个局部。如在该视图中所看到的那样，沿所述各热屏蔽元件 38 的整个表面分布一些冷却介质分配器 42，以便于保证均匀地冷却。在此，冷却介质 K 通过一个相应配设的冷却介质导入管道 44 流入到所述各冷却介质分配器 42 中。通过冷却介质分配器 42，所述冷却介质 K 通过一些冷却介质流出孔 46 被导送到所述热屏蔽元件 38 的表面上，在那儿，所述热屏蔽元件 38 通过冷却介质 K 的折流式冷却被冷却。所述用于冷却介质导入管道 44 的孔在制造燃烧室 4 时可以简单并且省时地加工出来，因为对于每个冷却介质分配器 42 来说只各需要一个冷却介质导入管道 44。

此外，从图 5 中还可以看到，所述冷却介质分配器 42 的冷却介质流出孔 46 的流动横截面总和小于该冷却介质分配器 42 的冷却介质导入管道 44 的横截面。这造成了在冷却介质 K 流过所述冷却介质分配器 42 时产生一个喷嘴效应并且随之提高了冷却介质 K 在所述冷却介质流出孔 46 处的流出速度，由此提高了在所述热屏蔽元件 38 上的折流冷却的效果。

如在图 5 中示范性地对燃烧室壁 25 所表示的那样，所述热屏蔽元件 38 为了给所述被安装的冷却系统以及所述接缝处的螺栓连接结构提供空间而节省空间地被固定在燃烧室壁 25 上。为此，采用了一个带有槽和键的组合结构。所述热屏蔽元件 38 在其棱边处是这样成形的，使得它们通过一个向燃烧室方向的二次弯曲形成一个锚部段，该锚固段锚固在所述燃烧室壁 25 的一个构成所述槽的凹槽中并由此被固定。同样从图 5 中还可看到，相邻的热屏蔽元件 38 这样固定在一些合并的槽上，使得它们相对的侧面接触并且因此密封所述燃烧室 4 的燃烧空腔 24。

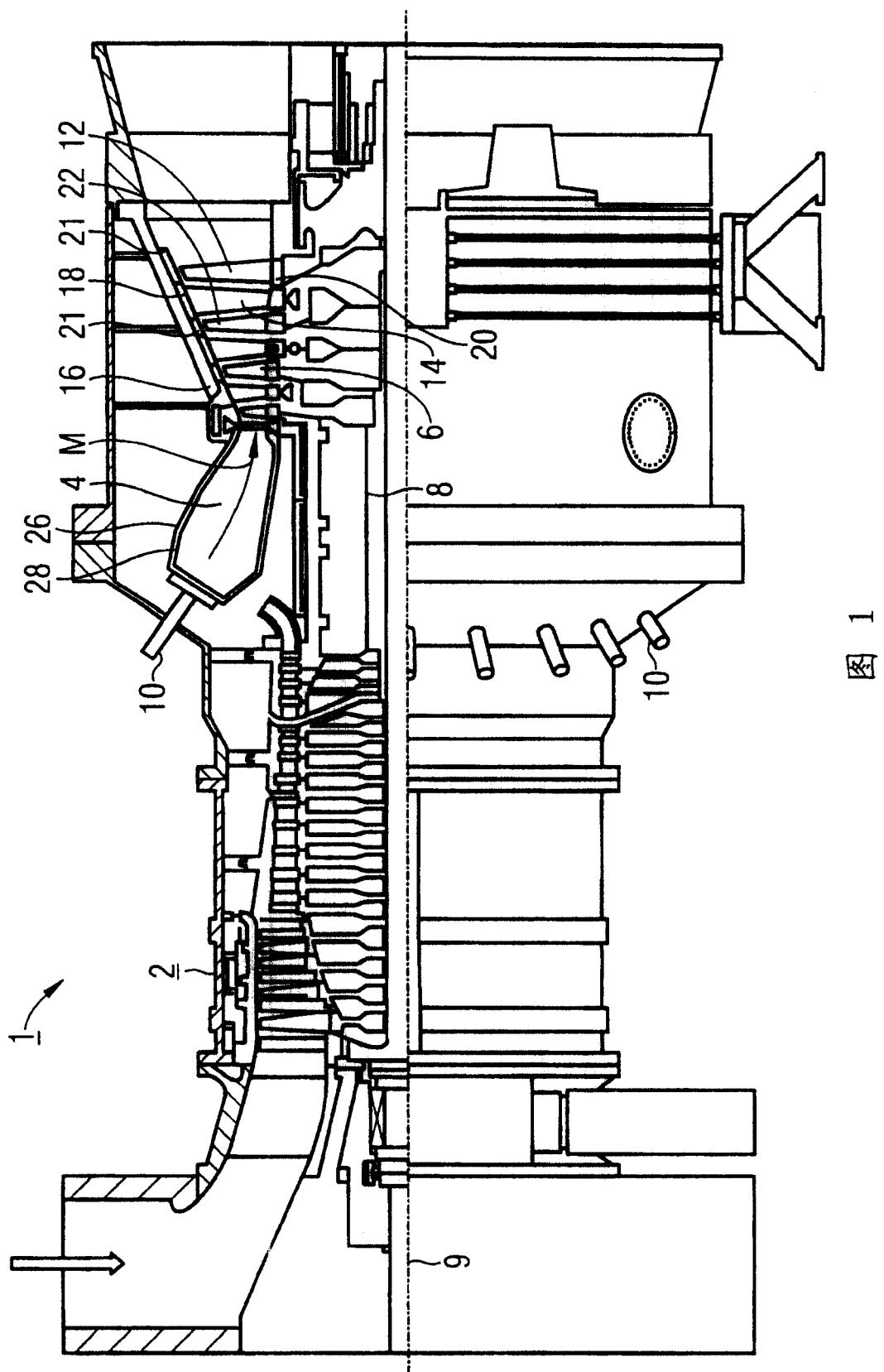


图 1

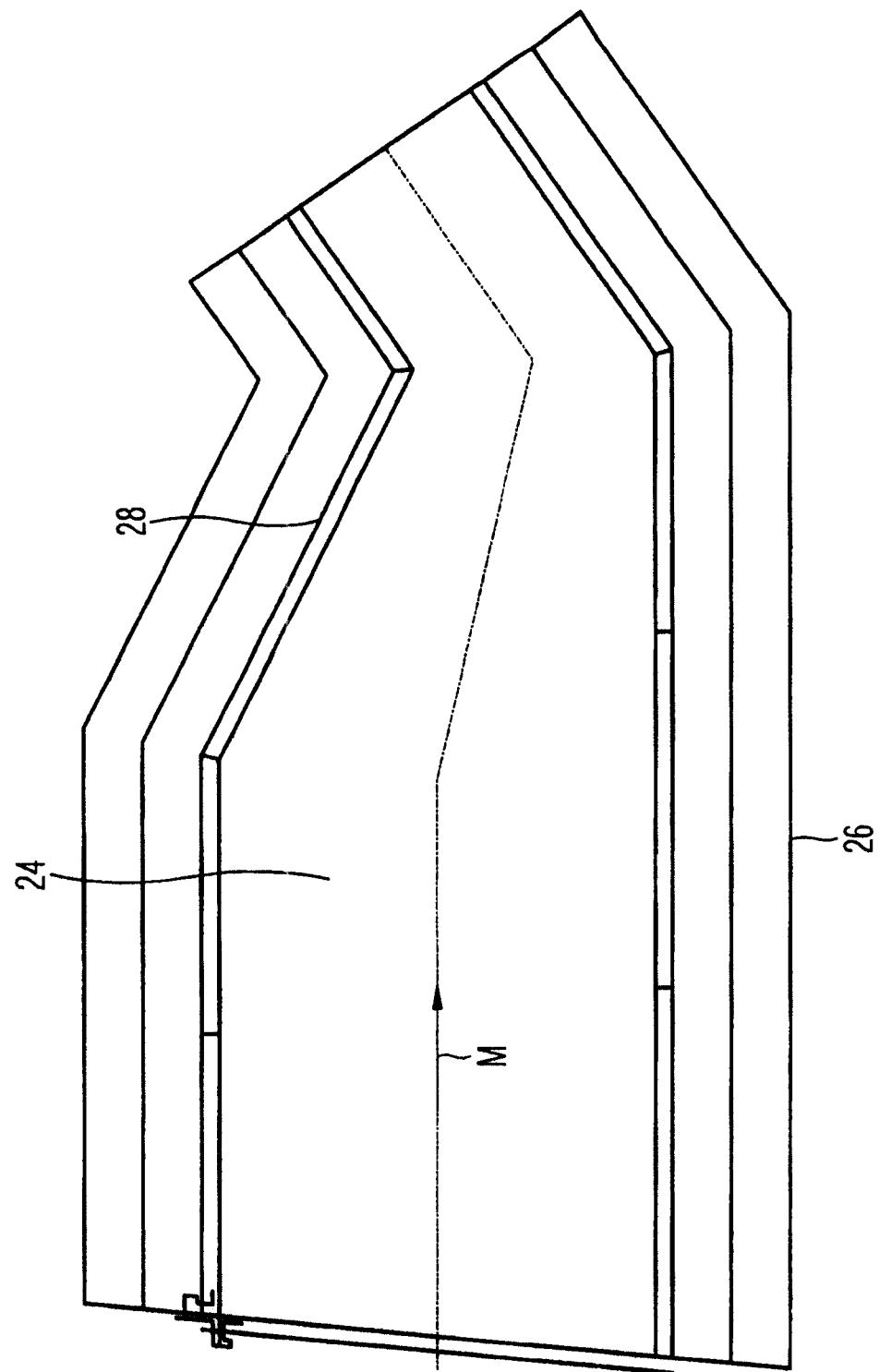


图 2

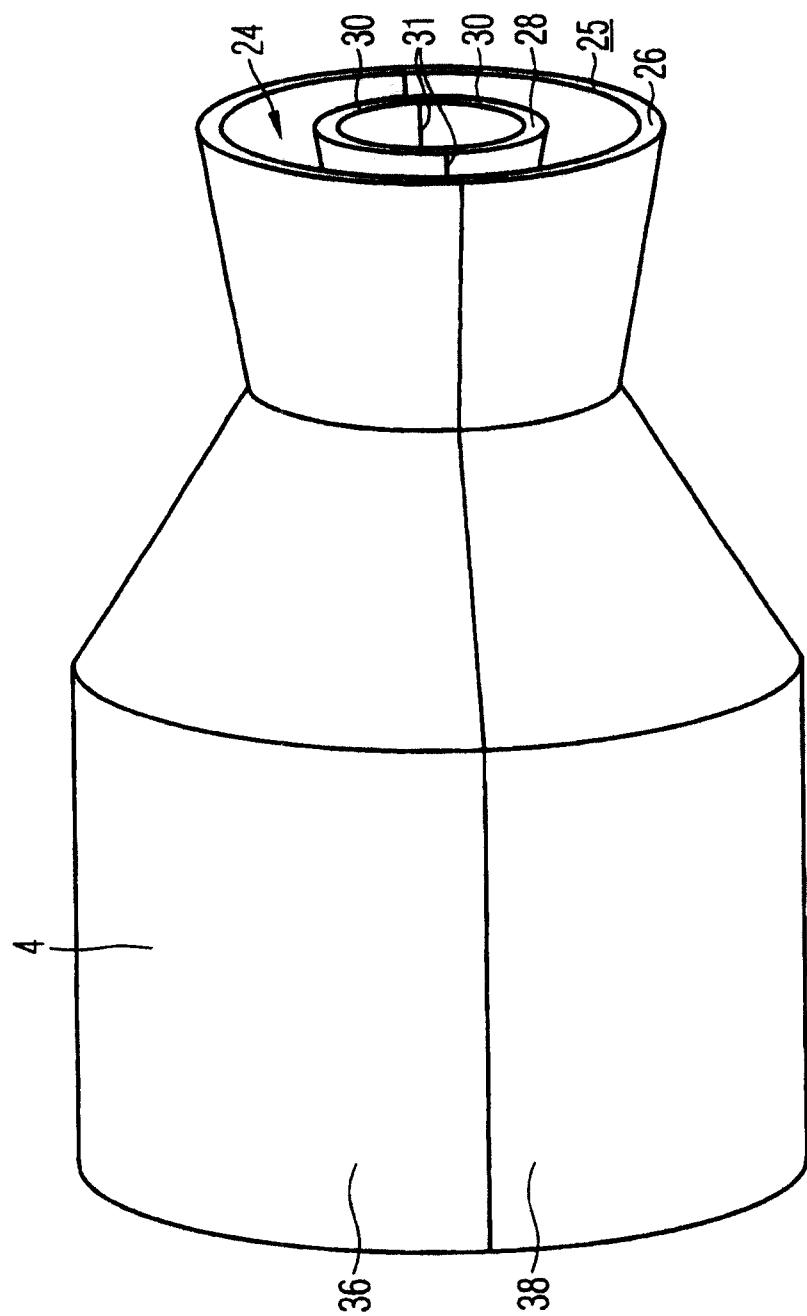


图 3

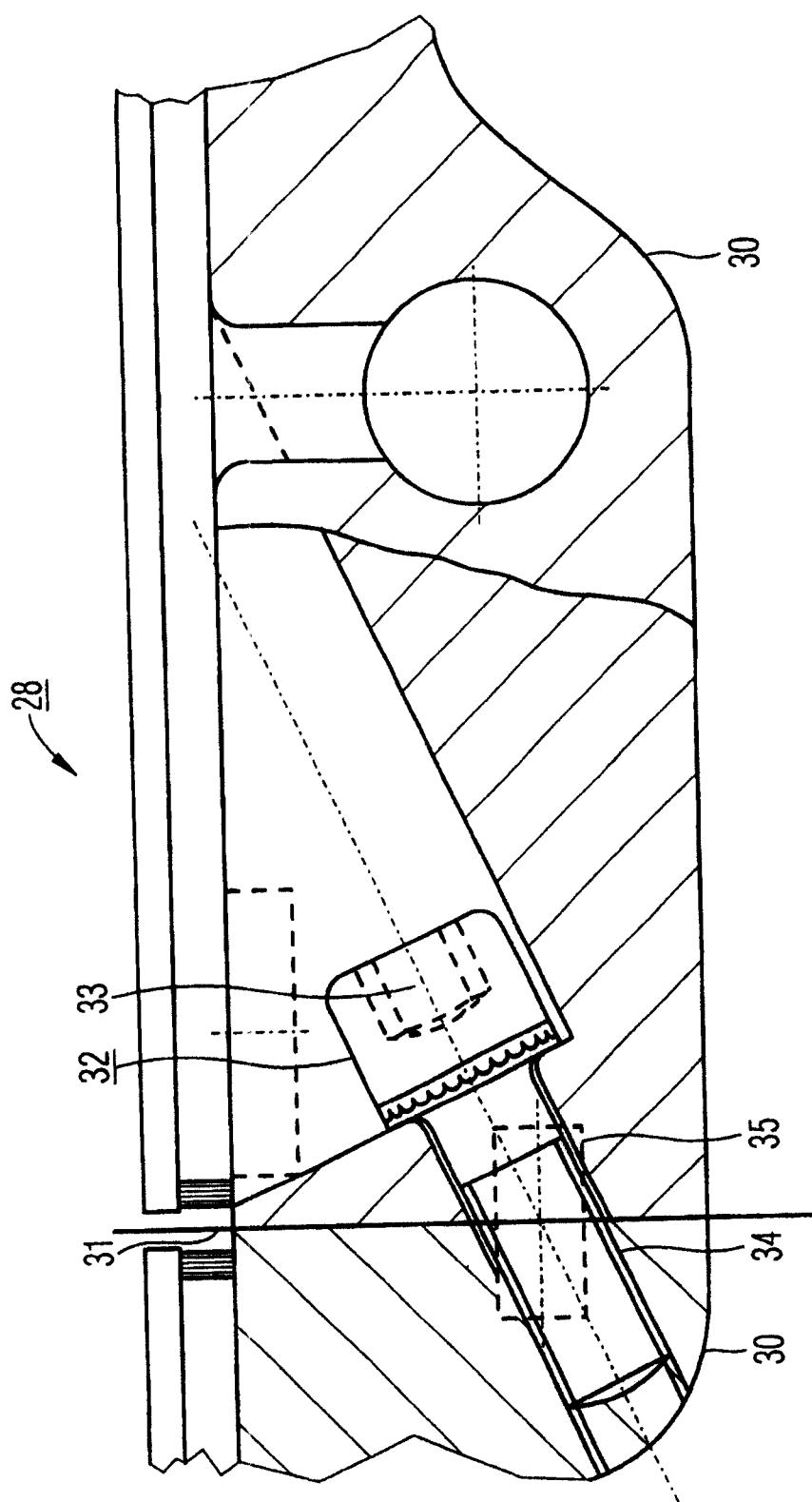


图 4

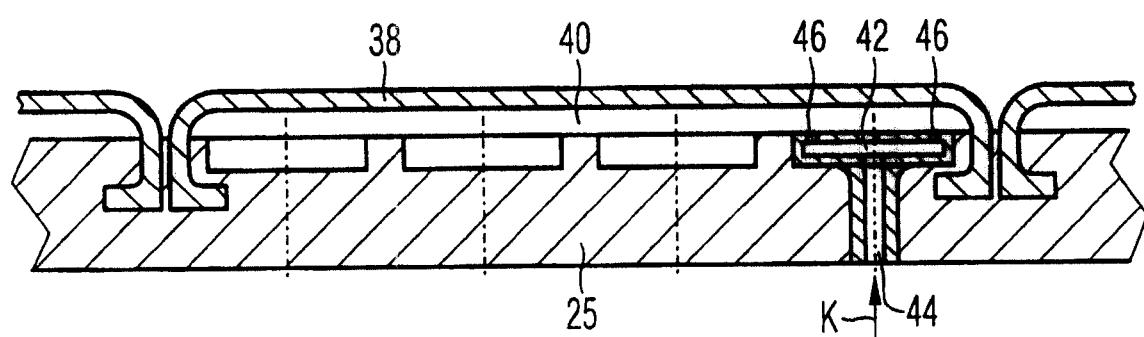


图 5