



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101784842 B

(45) 授权公告日 2012.09.26

(21) 申请号 200980100201.6

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

(22) 申请日 2009.04.23

11105

(30) 优先权数据

256532/08 2008.10.01 JP

代理人 陶凤波

256531/08 2008.10.01 JP

(51) Int. Cl.

F23R 3/42 (2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

审查员 高莹

2010.02.22

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2009/058068 2009.04.23

(87) PCT申请的公布数据

W02010/038505 JA 2010.04.08

(73) 专利权人 三菱重工业株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 中村聰介 涩口智志 本山宣彦

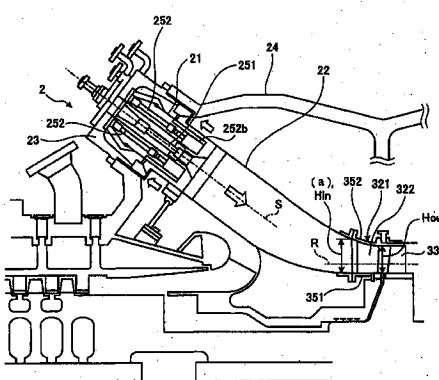
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 7 页

(54) 发明名称

燃烧器连接结构、燃烧器尾筒、燃烧器尾筒的设计方法和燃气轮机

(57) 摘要

一种燃烧器连接结构，相对燃烧器(2)的尾筒入口(221)的截面积(Din)把尾筒出口(222)的截面积(Dout)设定在 $0.79 \leq Dout/Din \leq 0.9$ 的范围，且在连接有尾筒出口(222)的涡轮(3)的第一级涡轮静叶片(321)中，使内侧套筒(351)和外侧套筒(352)上游侧端部的径向尺寸(Hin)与尾筒出口(222)的径向尺寸(a)相同。燃烧器尾筒(22)设置在燃烧器(2)上，该燃烧器(2)被配置为相对燃气轮机转子(4)的轴心(R)并且中心线(S)具有角度，把燃烧气体向涡轮(3)引导，其中，从燃烧气体流入的尾筒入口(221)到把燃烧气体送出的尾筒出口(222)截面积单调地减少。



1. 一种燃烧器连接结构,其特征在于,相对燃烧器的尾筒入口的截面积 D_{in} 把尾筒出口的截面积 D_{out} 设定在 $0.79 \leq D_{out}/D_{in} \leq 0.9$ 的范围,且在连接所述尾筒出口的涡轮的第一级涡轮静叶片中,成为所述静叶片径向内侧壁的内侧套筒的上游侧端和所述尾筒出口的径向内侧端被配置为在转子的轴向相接,并且成为所述静叶片的径向外侧壁的外侧套筒的上游侧端和所述尾筒出口的径向外侧端被配置为在转子的轴向相接,在所述内侧套筒与所述外侧套筒之间的上游端侧的径向尺寸与所述尾筒出口的径向尺寸相同。

2. 如权利要求 1 所述的燃烧器连接结构,其特征在于,把所述内侧套筒与转子的轴心平行配置,把所述外侧套筒相对所述转子的轴心倾斜配置。

3. 一种燃烧器尾筒,其设置在燃烧器上,把所述燃烧器的燃烧气体向涡轮引导,所述燃烧器的中心线相对于燃气轮机转子的轴心具有角度地配置,其特征在于,

从燃烧气体流入的尾筒入口到把燃烧气体送出的尾筒出口截面积单调地减少,

相对所述尾筒入口的截面积 D_{in} 而把所述尾筒出口的截面积 D_{out} 设定在 $0.79 \leq D_{out}/D_{in} \leq 0.9$ 的范围。

4. 一种燃烧器尾筒的设计方法,其特征在于,包括:相对燃气轮机转子的轴心来设定燃烧器中心线角度的工序、

接着,设定从燃烧气体流入的尾筒入口到把燃烧气体送出的尾筒出口的收缩比的工序、

接着,以维持所述尾筒入口截面积的形态把与所述中心线平行的直线从所述尾筒入口的径向内侧端向下游侧延伸,而且把与所述轴心平行的直线从所述尾筒出口的径向内侧端向上游侧延伸,通过把所述各直线用圆弧连结而形成径向内侧外形线的工序、

接着,通过从维持着所述尾筒入口截面积的筒状的下游侧的径向外侧端到所述尾筒出口的径向外侧端进行圆滑地连结而形成径向外侧外形线的工序、

接着,从筒状的下游侧到所述尾筒出口而按照所述径向内侧外形线和所述径向外侧外形线来使截面积单调减少的工序。

5. 一种燃气轮机,在燃烧器向被压缩机压缩的压缩空气供给燃料而使燃烧的燃烧气体向涡轮供给,由此而得到旋转动力,其特征在于,

具备有这样的燃烧器连接结构:相对燃烧器的尾筒入口的截面积 D_{in} 而把尾筒出口的截面积 D_{out} 设定在 $0.79 \leq D_{out}/D_{in} \leq 0.9$ 的范围,且在连接所述尾筒出口的涡轮的第一级涡轮静叶片中,成为所述静叶片径向内侧壁的内侧套筒的上游侧端和所述尾筒出口的径向内侧端被配置为在转子的轴向相接,并且成为所述静叶片的径向外侧壁的外侧套筒的上游侧端和所述尾筒出口的径向外侧端被配置为在转子的轴向相接,在所述内侧套筒与所述外侧套筒之间的上游端侧的径向尺寸与所述尾筒出口的径向尺寸相同。

6. 如权利要求 5 所述的燃气轮机,其特征在于,所述燃烧器连接结构把所述内侧套筒与转子的轴心平行配置,把所述静叶片的外侧套筒相对所述转子的轴心倾斜配置。

7. 一种燃气轮机,把在燃烧器向被压缩机压缩的压缩空气供给燃料而进行燃烧的燃烧气体向涡轮供给,由此而得到旋转动力,其特征在于,

具备燃烧器尾筒:其设置在所述燃烧器上,以把燃烧气体向涡轮引导的形态使从燃烧气体流入的尾筒入口到把燃烧气体送出的尾筒出口截面积单调地减少,所述燃烧器的中心线相对于转子的轴心具有角度地配置,

所述燃烧器尾筒使相对所述尾筒入口的截面积 D_{in} 而把所述尾筒出口的截面积 D_{out} 设定在 $0.79 \leq D_{out}/D_{in} \leq 0.9$ 的范围。

燃烧器连接结构、燃烧器尾筒、燃烧器尾筒的设计方法和燃 气轮机

技术领域

[0001] 本发明涉及把与涡轮连结的燃烧器尾筒出口的形状最优化的燃烧器连接结构、把涡轮燃烧器中燃烧器尾筒的形状最优化的燃烧器尾筒、所述燃烧器尾筒的设计方法以及适用所述燃烧器连接结构和所述燃烧器尾筒的燃气轮机。

背景技术

[0002] 燃气轮机由压缩机、燃烧器和涡轮构成。压缩机把从空气取入口取入的空气通过压缩而变成高温高压的压缩空气。燃烧器向压缩空气供给燃料并通过使燃烧而变成高温高压的燃烧气体。涡轮在壳体内的排气通路交替地配置有多个涡轮静叶片和涡轮动叶片，通过由向该排气通路供给的燃烧气体来驱动涡轮动叶片而例如驱动与发电机连结的转子旋转。驱动涡轮的燃烧气体通过涡轮下游的扩散室而被变换为静压后向大气排出。

[0003] 近年来，为了与燃气轮机的高温化一起提高输出和效率，知道有在燃气轮机的下游组合蒸汽发生装置和蒸汽涡轮的复合循环。有时该复合循环使用从蒸汽涡轮排出的蒸汽来进行燃气轮机燃烧器的冷却。

[0004] 在这种复合循环中为了谋求提高复合效率（热效率），优选削减在与涡轮连结的燃烧器的尾筒出口处的冷却交换热量。即，用于冷却燃烧器的热量虽然被进行热交换的蒸气回收，但若能够从开始就削减被冷却的热量则复合效率被提高。由于只要增大尾筒出口的截面积而减慢燃烧气体的流速就使导热率也下降，所以能够削减热交换量。但由于在连结有尾筒出口且接受燃烧气体的涡轮的第一级涡轮静叶片中，所述静叶片下游侧（出口侧）的径向尺寸由空气动力来决定，所以在增大尾筒出口截面积上有问题。

[0005] 在此，例如在专利文献 1 所示的燃气轮机中，有时把所述静叶片的上游侧开口的径向尺寸设定得比下游侧开口的大。

[0006] 在上述的燃气轮机中，涡轮被从第一级涡轮静叶片供给燃烧器的燃烧气体。由于把第一级涡轮静叶片沿以转子轴心为中心的圆周配置，所以燃烧气体通路被形成圆环状。另一方面，燃烧器以把燃烧气体向涡轮供给的形态而沿以转子轴心为中心的圆周被配置多个。该燃烧器优选的是：被配置成使自身的中心线与转子的轴心平行并把燃烧气体笔直地向涡轮喷出。但由于燃气轮机的机室内部结构的制约而使燃烧器的中心线相对转子的轴心倾斜（至少 30 度），被配置成把燃烧气体倾斜地从径向外侧向径向内侧喷出。该燃烧器取入压缩空气，并从燃料喷嘴向该压缩空气供给燃料并且进行燃烧而生成高温高压的燃烧气体。

[0007] 例如如专利文献 2 所示，燃烧器具有尾筒。尾筒把从燃料喷嘴喷出的燃烧气体从紧跟燃料喷嘴后的尾筒入口向与涡轮的第一级涡轮静叶片连结的尾筒出口引导。尾筒把尾筒入口形成圆形截面形状，且为了向第一级涡轮静叶片供给燃烧气体而把尾筒出口形成按照燃烧器的数量而把第一级涡轮静叶片燃烧气体通路的圆环状分割了的弧形截面形状。即尾筒从尾筒入口到尾筒出口的截面形状有变形。且为了使燃烧气体的流动稳定，尾筒需要

从尾筒入口到尾筒出口有收缩。

[0008] 现有技术文献

[0009] 专利文献 1 :特开 2002-327602 号公报

[0010] 专利文献 2 :特开 2006-242559 号公报

[0011] 适用上述专利文献 1,只要把第一级涡轮静叶片下游侧开口的径向尺寸由空气动力决定并加大上游侧开口的径向尺寸,就有可能加大尾筒出口的截面积。但仅单纯地扩大第一级涡轮静叶片的上游侧径向尺寸,则由于所述静叶片的冷却面积增加而冷却空气量增加,所以结果是有可能复合效率降低。

[0012] 在此,说明冷却空气增加而使复合效率降低的理由。一般来说,冷却空气是把被燃气轮机的压缩机压缩的空气进行抽气并向涡轮内部送出。另一方面,燃气轮机的压缩机被同轴上的涡轮所驱动,而冷却空气对燃烧不起作用,所以对涡轮的功没有什么贡献。因此,当冷却空气增加,则为此涡轮的功就多余地被压缩机的驱动所消耗,结果是燃气轮机的输出降低。由于冷却空气的温度比燃烧气体的温度低,所以冷却空气增加就使燃气轮机的排气温度更加下降。其结果是利用燃气轮机的排气所产生的蒸汽量也减少。因此,冷却空气增加就使复合效率降低。

发明内容

[0013] 本发明是鉴于上述而开发的,目的在于提供一种能够提高复合效率的燃烧器连接结构和燃气轮机。

[0014] 如上所述,在复合循环中只要能够从开始就削减被冷却的热量则复合效率提高。于是,希望降低燃烧器中尾筒整体的壁面流速,且防止局部流速的增减,降低导热率以削减交换的热量。

[0015] 本发明是鉴于上述而开发的,目的在于提供一种能够把燃烧器尾筒的形状最优化而提高复合效率的燃烧器尾筒、燃烧器尾筒的设计方法和燃气轮机。

[0016] 为了达到上述目的,本发明的燃烧器连接结构相对燃烧器的尾筒入口的截面积 D_{in} 而把尾筒出口的截面积 D_{out} 设定在 $0.79 \leq D_{out}/D_{in} \leq 0.9$ 的范围,且在连接有所述尾筒出口的涡轮的第一级涡轮静叶片中,成为所述静叶片径向内侧壁的内侧套筒的上游侧端和所述尾筒出口的径向内侧端被配置为在转子的轴向相接,并且成为所述静叶片的径向外侧壁外侧套筒的上游端侧和所述尾筒出口的径向外侧端被配置为在转子的轴向相接,在所述内侧套筒与所述外侧套筒之间的上游端侧的径向尺寸与所述尾筒出口的径向尺寸相同。

[0017] 该燃烧器连接结构由于对于燃烧器的尾筒而降低燃烧气体的壁面流速,所以尾筒出口部分的交换热量被削减,能够提高复合效率。且对于涡轮,由于在第一级涡轮静叶片上游侧的流入速度降低,所以空气动力性能被改善,能够提高复合效率。另一方面,对于涡轮,由于在第一级涡轮静叶片上游侧端的叶片高度增加,所以叶片部的冷却空气量增加。但由于即使是静叶片,燃烧气体的壁面流速也下降而导热率降低,所以静叶片整体的冷却空气量增加少。而且,利用所述涡轮的空气动力性能的改善使被抵消,且按最佳的收缩比的范围来决定尾筒出口的截面积,作为燃气轮机整体而提高复合效率。

[0018] 本发明的燃烧器连接结构把成为所述静叶片径向内侧壁的内侧套筒与转子的轴

心平行配置,把所述内侧套筒与转子的轴心平行配置,把所述外侧套筒相对所述转子的轴心倾斜配置。

[0019] 该燃烧器连接结构由于在把燃烧器的中心线相对轴心倾斜配置的结构中,没有增减从尾筒朝向静叶片的燃烧气体的流速,所以能够减少交换热量,能够谋求提高复合效率。

[0020] 为了达到上述目的,把本发明的燃烧器尾筒设置在相对燃气轮机转子的轴心而中心线具有角度而配置的燃烧器上,在把所述燃烧器的燃烧气体向涡轮引导的燃烧器尾筒中,从燃烧气体流入的尾筒入口到把燃烧气体送出的尾筒出口截面积单调地减少。

[0021] 该燃烧器尾筒使从尾筒入口到尾筒出口的截面积变化最优化,使从尾筒入口到尾筒出口的壁面流速在尾筒出口成为峰值,在此之前则一边抑制使不超过该峰值,一边使单调稳定地变化。因此,能够提高复合效率。

[0022] 本发明的燃烧器尾筒使相对所述尾筒入口的截面积 D_{in} 而把所述尾筒出口的截面积 D_{out} 设定在 $0.79 \leq D_{out}/D_{in} \leq 0.9$ 的范围,

[0023] 该燃烧器尾筒由于使从尾筒入口到尾筒出口的收缩比最优化,且使燃烧气体的壁面流速下降,所以能够削减尾筒出口部分的交换热量,能够提高复合效率。

[0024] 为了达到上述目的,本发明燃烧器尾筒的设计方法包括:相对燃气轮机转子的轴心来设定燃烧器中心线角度的工序、接着,设定从燃烧气体流入的尾筒入口到把燃烧气体送出的尾筒出口的收缩比的工序、接着,以维持所述尾筒入口截面积的形态把与所述中心线平行的直线从所述尾筒入口的径向内侧端向下游侧延伸,而且把与所述轴心平行的直线从所述尾筒出口的径向内侧端向上游侧延伸,通过把这些各直线用圆弧连结而形成径向内侧外形线的工序、接着,通过从维持着所述尾筒入口截面积的筒状的下游侧径向外侧端到所述尾筒入口的径向外侧端进行圆滑地连结而形成径向外侧外形线的工序、接着,从筒状的下游侧到所述尾筒出口而按照所述径向内侧外形线和所述径向外侧外形线来使截面积单调减少的工序。

[0025] 该燃烧器尾筒的设计方法能够形成包括从尾筒入口到尾筒出口的截面形状变形和收缩的形状被最优化了的燃烧器尾筒。

[0026] 为了达到上述目的,本发明的燃气轮机把在燃烧器向被压缩机压缩的压缩空气供给燃料而进行燃烧的燃烧气体向涡轮供给,由此而得到旋转动力,其中,具备相对燃烧器的尾筒入口的截面积 D_{in} 而把尾筒出口的截面积 D_{out} 设定在 $0.79 \leq D_{out}/D_{in} \leq 0.9$ 的范围,且在连接有所述尾筒出口的涡轮的第一级涡轮静叶片中,成为所述静叶片径向内侧壁的内侧套筒的上游侧端和所述尾筒出口的径向内侧端被配置为在转子的轴向相接,并且成为所述静叶片的径向外侧壁外侧套筒的上游端侧和所述尾筒出口的径向外侧端被配置为在转子的轴向相接,在所述内侧套筒与所述外侧套筒之间的上游端侧的径向尺寸与所述尾筒出口的径向尺寸相同。

[0027] 该燃气轮机由于对于燃烧器的尾筒而降低燃烧气体的壁面流速,所以尾筒出口部分的交换热量被削减,能够提高复合效率。且对于涡轮,由于在第一级涡轮静叶片上游侧的流入速度降低,所以空气动力性能被改善,能够提高复合效率。另一方面,对于涡轮,由于在第一级涡轮静叶片上游侧端的叶片高度增加,所以叶片部的冷却空气质量增加。但由于在静叶片中燃烧气体的壁面流速下降而导热率降低,所以静叶片整体的冷却空气质量增加少。而且,在所述涡轮的空气动力性能的改善被抵消且按最佳的收缩比的范围来决定尾筒出口的

截面积，作为燃气轮机整体而提高复合效率。且由于在把燃烧器的中心线相对轴心倾斜配置的结构中，没有增减从尾筒朝向静叶片的燃烧气体的流速，所以能够减少交换热量，能够谋求提高复合效率。

[0028] 本发明的燃气轮机中，所述燃烧器连接结构把所述内侧套筒与转子的轴心平行配置，把所述外侧套筒相对所述转子的轴心倾斜配置。

[0029] 该燃气轮机由于在把燃烧器的中心线相对轴心倾斜配置的结构中，没有增减从尾筒朝向静叶片的燃烧气体的流速，所以能够减少交换热量，能够谋求提高复合效率。

[0030] 为了达到上述目的，本发明的燃气轮机把在燃烧器向被压缩机压缩的压缩空气供给燃料而进行燃烧的燃烧气体向涡轮供给，由此而得到旋转动力，其中，具备有这样的燃烧器尾筒：设置在相对转子的轴心而中心线具有角度而配置的所述燃烧器上，以把燃烧气体向涡轮引导的形态使从燃烧气体流入的尾筒入口到把燃烧气体送出的尾筒出口截面积单调地减少。

[0031] 该燃气轮机由于使从燃烧器尾筒的尾筒入口到尾筒出口的截面积变化或收缩比最优化，且使从尾筒入口到尾筒出口的燃烧气体的壁面流速下降，所以能够削减交换热量，能够提高复合效率。

[0032] 本发明的燃气轮机中，所述燃烧器尾筒使相对所述尾筒入口的截面积 D_{in} 而把所述尾筒出口的截面积 D_{out} 设定在 $0.79 \leq D_{out}/D_{in} \leq 0.9$ 的范围，

[0033] 该燃气轮机由于使从燃烧器尾筒的尾筒入口到尾筒出口的收缩比最优化，且使燃烧气体的壁面流速下降，所以能够削减尾筒出口部分的交换热量，能够提高复合效率。

[0034] 根据本发明，与涡轮连结的燃烧器的尾筒出口形状被最优化且燃烧气体的壁面流速下降，削减了尾筒出口部分的交换热量，因此，能够提高复合效率。根据本发明，能够一边把从燃烧器尾筒的尾筒入口到尾筒出口的截面形状变形和收缩最优化一边提高复合效率。

附图说明

- [0035] 图 1 是本发明实施例的燃气轮机概略结构图；
- [0036] 图 2 是燃气轮机中燃烧器的概略结构图；
- [0037] 图 3 是燃烧器中尾筒内形的概略图；
- [0038] 图 4 是表示尾筒收缩比的图；
- [0039] 图 5 是表示相对叶片高度比 H_{in}/H_{out} 的燃烧器尾筒交换热量的图；
- [0040] 图 6 是表示相对叶片高度比 H_{in}/H_{out} 的涡轮效率增加率的图；
- [0041] 图 7 是表示相对叶片高度比 H_{in}/H_{out} 的第一级涡轮静叶片的冷却空气增加率的图；
- [0042] 图 8 是表示相对叶片高度比 H_{in}/H_{out} 的复合效率增加率的图；
- [0043] 图 9 是表示燃烧器尾筒设计方法的概念图；
- [0044] 图 10 是表示燃烧器尾筒设计方法的概念图；
- [0045] 图 11 是表示燃烧器尾筒设计方法的概念图；
- [0046] 图 12 是表示燃烧器尾筒内壁面近旁流速的图。
- [0047] 符号说明
- [0048] 1 压缩机 2 燃烧器 21 内筒 22 尾筒 221 尾筒入口

- [0049] 222 尾筒出口 23 外筒 24 燃烧器壳体 251 辅助喷嘴
- [0050] 252 主喷嘴 252b 燃料器筒 3 涡轮 31 涡轮壳体
- [0051] 32 涡轮静叶片 321 第一级涡轮静叶片 322 叶片部
- [0052] 33 涡轮动叶片 351 内侧套筒 352 外侧套筒 4 转子
- [0053] D_{in} 尾筒入口的截面积 D_{out} 尾筒出口的截面积
- [0054] D_{out}/D_{in} 收缩比
- [0055] H_{in} 内侧套筒 351 和外侧套筒 352 上游侧端部的径向尺寸 (上游侧叶片高度)
- [0056] H_{out} 第一级涡轮静叶片下游侧开口的径向尺寸 (下游侧叶片高度)
- [0057] H_{in}/H_{out} 径向尺寸比 (叶片高度比) R 转子的轴心 S 燃烧器的中心线

具体实施方式

[0058] 图 1 是本发明实施例的燃气轮机概略结构图, 图 2 是燃气轮机中燃烧器的概略结构图, 图 3 是燃烧器中尾筒内形的概略图, 图 4 是表示尾筒收缩比的图。

[0059] 如图 1 所示, 燃气轮机由压缩机 1、燃烧器 2 和涡轮 3 构成。在压缩机 1、燃烧器 2 和涡轮 3 的中心部贯通配置有转子 4。压缩机 1、燃烧器 2 和涡轮 3 被沿转子 4 的轴心 R 从空气或燃烧气体流的上游侧向下游侧顺次并列设置。在以下的说明中, 轴向是指与轴心 R 平行的方向、周方向是指以轴心 R 为中心的周围方向、径向是指与轴心 R 正交的方向。且径向内侧是相对轴心 R 接近的侧、径向外侧是相对轴心 R 远离的侧。

[0060] 压缩机 1 把空气进行压缩使变成压缩空气。压缩机 1 在具有取入空气的空气取入口 11 的压缩机壳体 12 的内部空气通路设置有压缩机静叶片 13 和压缩机动叶片 14。压缩机静叶片 13 被安装在压缩机壳体 12 侧且在周方向被并列设置多个。压缩机动叶片 14 被安装在转子 4 侧且在周方向被并列设置多个。这些压缩机静叶片 13 和压缩机动叶片 14 在轴向上被交替设置多个。

[0061] 燃烧器 2 通过向被压缩机 1 压缩的压缩空气供给燃料而生成高温高压的燃烧气体。燃烧器 2 具有: 把压缩空气和燃料进行混合燃烧的内筒 21、把燃烧气体从内筒 21 向涡轮 3 引导的尾筒 22、把内筒 21 的外周覆盖并把来自压缩机 1 的压缩空气向内筒 21 引导的外筒 23。该燃烧器 2 相对燃烧器壳体 24 而在周方向并列设置有多个(例如 16 个)。燃烧器 2 由于受燃气轮机机室内部结构的制约而使燃烧器 2 的中心线 S 相对转子 4 的轴心 R 倾斜(至少 30 度), 被配置成从径向外侧向径向内侧倾斜地喷出燃烧气体。

[0062] 如图 2 所示, 燃烧器 2 设置有主要供给燃料的燃料喷嘴 251、252。燃料喷嘴 251 是设置在内筒 21 中央的一个辅助喷嘴 251。燃料喷嘴 252 是在内筒 21 内且在辅助喷嘴 251 的周围在周方向邻接设置多个(例如 8 个)的主喷嘴。在该主喷嘴 252 的周围设置有把主喷嘴 252 覆盖的燃料器筒 252b。

[0063] 如图 2 所示, 该燃烧器 2 有高温高压的压缩空气的空气流向外筒 23 的内部流入, 该压缩空气向内筒 21 的内部流入。压缩空气在内筒 21 内与从主喷嘴 252 喷射的燃料混合, 并在燃料器筒 252b 成为预混合气的旋转流而向尾筒 22 流入。且压缩空气与从辅助喷嘴 251 喷射的燃料混合, 并被未图示的点火装置点火燃烧, 成为燃烧气体而向尾筒 22 内喷出。这时, 利用从辅助喷嘴 251 喷射的燃料的扩散火焰来进行用于使从各主喷嘴 252 的燃料器筒 252b 的预混合气的燃烧稳定的稳定火焰。

[0064] 涡轮3利用在燃烧器2燃烧的燃烧气体而产生旋转动力。涡轮3在被送入燃烧气体的涡轮壳体31的内部排气通路设置有涡轮静叶片32和涡轮动叶片33。涡轮静叶片32被安装在涡轮壳体31侧且在周方向被并列设置多个。涡轮动叶片33被固定在以转子4的轴心R为中心的圆盘状盘的外周且被并列设置多个。这些涡轮静叶片32和涡轮动叶片33在轴向上被交替设置多个。在涡轮壳体31的下游侧设置有与涡轮3连续的且在内部具有扩散部34a的排气室34。

[0065] 转子4的压缩机1侧的端部被轴承部41支承，排气室34侧的端部被轴承部42支承，以轴心R为中心被自由旋转地设置。且转子4的排气室34侧的端部连结有发电机（未图示）的驱动轴。

[0066] 该燃气轮机使从压缩机1的空气取入口11取入的空气通过多个压缩机静叶片13和压缩机动叶片14而被压缩并成为高温高压的压缩空气。通过从燃烧器2向该压缩空气供给燃料而生成高温高压的燃烧气体。且使该燃烧气体通过涡轮3的涡轮静叶片32和涡轮动叶片33来驱动转子4旋转，对与该转子4连结的发电机给予旋转动力来进行发电。驱动转子4旋转后的燃烧气体在排气室34内的扩散部34a被变换成静压后向大气排出。

[0067] 如图2和图3所示，上述的燃气轮机中燃烧器2的尾筒22被形成筒状，一侧开口即尾筒入口221与内筒21连接，另一侧开口即尾筒出口222与涡轮3的排气通路入口即第一级涡轮静叶片321连接。尾筒入口221所连接的内筒21被形成圆筒形状。因此，把尾筒入口221形成圆形截面形状（参照图3）。尾筒出口222所连接的第一级涡轮静叶片321包括有：叶片部322、把该叶片部322在径向夹住支承的内侧套筒351和外侧套筒352。内侧套筒351构成第一级涡轮静叶片321的径向内侧壁，外侧套筒352构成第一级涡轮静叶片321的径向外侧壁。随着第一级涡轮静叶片321周方向的配置而燃烧气体的通路被形成圆环状。如上所述，燃烧器2在周方向上被并列设置多个。因此，尾筒出口222是把与第一级涡轮静叶片321对应的圆环状按燃烧器2的数量分割的弧形截面形状，换言之是被形成从扇形切下圆弧部的大致四边形截面形状（参照图3）。即，尾筒22从尾筒入口221到尾筒出口222的截面形状有变形。该尾筒出口222所连接的第一级涡轮静叶片321其圆环状的圆周由涡轮3的空气动力形状所决定。因此，尾筒出口222的截面形状由把与第一级涡轮静叶片321对应的圆环状按燃烧器2的数量分割的弧形的尺寸来决定。

[0068] 在此，第一级涡轮静叶片321的内侧套筒351与外侧套筒352之间的下游侧径向尺寸由涡轮3的空气动力形状所决定。本实施例把第一级涡轮静叶片321下游侧开口的径向尺寸（下游侧叶片高度）Hout设定为是空气动力决定的尺寸，使内侧套筒351和外侧套筒352的上游侧端部的径向尺寸（上游侧叶片高度）Hin与尾筒出口222的径向尺寸(a)调整为相同。具体说就是，把内侧套筒351配置成与转子的轴心R平行（包含制造上的误差），把其上游侧端和尾筒出口222的径向内侧端配置为在转子4的轴向相接。把外侧套筒352配置成上游侧端和尾筒出口222的径向外侧端在转子4的轴向相接，且使上游侧开口的径向尺寸（上游侧叶片高度）Hin比下游侧开口的径向尺寸（下游侧叶片高度）Hout大，从下游侧开口到上游侧开口相对转子4的轴心R被倾斜地配置成为逐渐扩展。

[0069] 燃烧器2的尾筒22为了使燃烧气体稳定流动，从尾筒入口221到尾筒出口222形成有截面积减少的收缩。更优选的是尾筒出口222的截面积Dout与尾筒入口221的截面积Din的收缩比是Dout/Din = 0.9。即当决定了尾筒入口221的截面积（直径(b)），则按

照收缩比来决定尾筒出口 222 的截面积（径向尺寸 (a)）。如图 4 的实线所示，设定尾筒入口 221 的直径 (b) 范围，对于收缩比是 0.9 的尾筒出口 222 的截面积 Dout 的径向尺寸 (a)，把内侧套筒 351 和外侧套筒 352 上游侧端部的径向尺寸 Hin 与第一级涡轮静叶片 321 的下游侧开口的径向尺寸 Hout 的比作为叶片高度比 Hin/Hout，把其最小值设定为 X = 1.18。且如图 4 的虚线所示，在第一级涡轮静叶片 321 的 Hin/Hout 的最小值 X = 1.18 中，在尾筒入口 221 的直径 (b) 成为最大尺寸时的收缩比成为 0.79。于是，在尾筒入口 221 的直径 (b) 的范围内，作为把第一级涡轮静叶片 321 的 Hin/Hout 的最小值 X = 1.18 作为基准的优选收缩比，而能够得到 $0.79 \leq Dout/Din \leq 0.9$ 的范围。

[0070] 该燃烧器连接结构和燃气轮机中，对于燃烧器 2 是把尾筒出口 222 的径向尺寸 (a) 对于尾筒入口 221 的直径 (b) 的收缩比作为 $0.79 \leq Dout/Din \leq 0.9$ 的范围而被最优化。因此，由于燃烧气体的壁面流速下降而能够削减尾筒出口 222 部分的交换热量，能够提高复合效率。

[0071] 且对于涡轮 3，由于第一级涡轮静叶片 321 上游侧的流入速度下降，所以空气动力性能被改善，能够提高复合效率。另一方面，对于涡轮 3，由于第一级涡轮静叶片 321 上游侧的叶片高度（第一级涡轮静叶片 321 上游侧的径向尺寸 Hin）增加，所以第一级涡轮静叶片 321 的叶片部 322 的冷却面积增加而冷却空气增加，成为复合效率恶化的主要原因。但由于即使在所述第一级涡轮静叶片 321 也使燃烧气体的壁面流速下降，所以导热率下降，所述第一级涡轮静叶片 321 整体的冷却空气质量增加少。且利用涡轮 3 的空气动力性能的改善而与所述效率恶化的部分抵消，而且是按照最佳收缩比的范围来决定尾筒出口 222 的截面积，所以作为燃气轮机整体被提高了复合效率。

[0072] 且在该燃烧器连接结构和燃气轮机中，对于涡轮 3 的第一级涡轮静叶片 321 是把内侧套筒 351 与转子 4 的轴心 R 平行配置，并把其上游侧端部和尾筒出口 222 的径向内侧端配置为在转子 4 的轴向相接，且把外侧套筒 352 相对转子 4 的轴心 R 被倾斜配置以使上游侧端部和尾筒出口 222 的径向外侧端在转子 4 的轴向相接。因此如图 2 所示，在使燃烧器 2 的中心线 S 相对轴心 R 倾斜配置的结构中，燃烧气体从尾筒 22 向第一级涡轮静叶片 321 的流速没有增减，因此，能够减少交换热量，能够谋求提高复合效率。

[0073] 使用图 5～图 8 说明这些。图 6 是表示内侧套筒 351 和外侧套筒 352 上游侧端部上游侧端部的径向尺寸 Hin 与第一级涡轮静叶片 321 的下游侧开口径向尺寸 Hout 的比（叶片高度比 Hin/Hout）与涡轮效率关系的图。如图 6 所示，了解到 Hin/Hout 的比越大则涡轮效率就越提高。

[0074] 接着，图 7 是表示叶片高度比 Hin/Hout 与第一级涡轮静叶片 321 的冷却空气质量增加率的关系的图。该图中，细的虚线表示叶片部的冷却空气质量、粗的虚线表示套筒部的冷却空气质量、粗的实线表示它们合计的冷却空气质量。如图 7 所示了解到，虽然 Hin/Hout 的比越大则对于叶片部是冷却面积就增加而冷却空气质量增加，但由于燃烧气体的壁面流速下降而导致热率降低，所以对于套筒是冷却空气质量减少，因此，合计的冷却空气质量增加少。

[0075] 接着，图 5 是表示相对叶片高度比 Hin/Hout 的燃烧器尾筒交换热量比率的图。如图 5 所示了解到，不把外侧套筒相对转子 4 的轴心 R 倾斜配置的情况，即，相对把 Hin/Hout = 1 作为基准的情况，是 Hin/Hout 的比越大则交换热量就越减少。

[0076] 接着，图 8 是表示叶片高度比 Hin/Hout 与复合效率增加部分的关系的图。该图

中,细的虚线表示涡轮效率的灵敏度、粗的虚线表示涡轮静叶片的冷却空气量的灵敏度、细的点划线表示燃烧器尾筒的交换热量灵敏度。如图 8 所示,虽然叶片高度比增加,但冷却空气量是使复合效率恶化的主要原因,了解到由于涡轮效率提高和燃烧器尾筒的交换热量减少而在整体上使复合效率提高。

[0077] 图 9 ~ 图 11 是表示尾筒设计方法的概念图,图 12 是表示尾筒内壁面近旁流速的图。图 9 ~ 图 12 表示的是尾筒 22 的内形。

[0078] 如图 9 所示,尾筒 22 的设计方法首先相对燃气轮机中转子 4 的轴心 R 来设定燃烧器 2 的中心线 S 的角度。在此,相对轴心 R 而把中心线 S 的角度设定为是 30 度。且图 9 所示的轴心 R 是表示与轴心 R 平行的基准线。燃烧器 2 的尾筒入口 221 的直径被按照上述的规定范围而预先设定。由此,尾筒入口 221 的径向内侧端 A 和径向外侧端 B 被决定。

[0079] 接着,从上述的 $0.79 \leq D_{out}/D_{in} \leq 0.9$ 的范围内而相对尾筒入口 221 的截面积 D_{in} 来设定尾筒出口 222 的截面积 D_{out} 。在此,作为更优选的收缩比是 $D_{out}/D_{in} = 0.9$ 。如上所述,由于尾筒出口 222 被决定为是把与第一级涡轮静叶片 321 对应的圆环状按燃烧器 2 的数量分割的弧形尺寸,所以只要截面积 D_{out} 被决定,则径向尺寸也被决定。尾筒出口 222 的径向内侧端 C 相对第一级涡轮静叶片 321 的径向内侧壁(内侧套筒 351)而处于与轴心 R 平行的位置。因此,尾筒出口 222 的其径向外侧端 D 被决定。且为了把燃烧气体在尾筒 22 的滞留时间即尾筒 22 的内部体积设定得最大,就要最大限度地确保从尾筒入口 221 开始的圆筒形状,极力缩短收缩部分的长度。于是,如图 9 所示,从尾筒入口 221 的径向内侧端 A 开始把与中心线 S 平行的第一假想直线 223 向下游侧延伸,而且从尾筒出口 222 的径向内侧端 C 开始把与轴心 R 平行的第二假想直线 224 向上游侧延伸。且如上所述,把第一级涡轮静叶片 321 下游侧开口的径向尺寸(H_{out})设定为是空气动力决定的尺寸,使内侧套筒 351 和外侧套筒 352 上游侧端部的径向尺寸(H_{in})与尾筒出口 222 的径向尺寸(a)相同,这样来把第一级涡轮静叶片 321 的径向外侧壁(外侧套筒 352)朝向尾筒出口 222 的径向外侧端 D 相对转子 4 的轴心 R 倾斜配置。

[0080] 接着如图 10 所示,连结第一假想直线 223 和第二假想直线 224。具体说就是,最大限度地确保来自尾筒入口 221 的圆筒形状,且使尾筒 22 的径向内侧边缘不向内侧鼓出地来设置与第一假想直线 223 和第二假想直线 224 相切的最大半径的大圆弧 R1。由此,把尾筒入口 221 的径向内侧端 A 与尾筒出口 222 的径向内侧端 C 用第一假想直线 223、第二假想直线 224 和圆弧 R1 连结,尾筒 22 的径向内侧外形线被决定。且尾筒 22 圆筒形状下游侧的径向内侧端 E 和径向外侧端 F 被决定。

[0081] 接着如图 11 所示,连结圆筒形状的径向外侧端 F 和尾筒出口 222 的径向外侧端 D。具体说就是,把从尾筒入口 221 的径向外侧端 B 到径向外侧端 F 的直线与到径向外侧端 D 的第一级涡轮静叶片 321 的倾斜径向外侧壁(外侧套筒 352)用两个圆弧或两个圆弧和直线圆滑地连结。即,在径向外侧端 F 在其内侧把从径向外侧端 B 到径向外侧端 F 的直线作为切线的圆弧 R2 设置得从径向外侧端 F 到点 G。且把与该圆弧 R2 连结的直线 225 从点 G 向下游侧延伸。进而把第一级涡轮静叶片 321 的倾斜径向外侧壁(外侧套筒 352)的直线 226 从径向外侧端 D 向下游侧延伸。进而设置连结直线 225 的点 H 和直线 226 的点 J 的圆弧 R3。由此,圆筒形状的径向外侧端 F 和尾筒出口 222 的径向外侧端 D 被圆滑地连结,尾筒 22 的径向外侧外形线被决定。

[0082] 最后,从尾筒入口 221 到径向内侧端 E 和径向外侧端 F 设定成圆筒形状,并把该圆筒形状到尾筒出口 222 的径向内侧端 C 和径向外侧端 D,以径向内侧外形线和径向外侧外形线为基准而使截面积单调减少。

[0083] 在上述尾筒 22 的制造中,例如沿轴向分割为 4,把它们分别冲压加工,然后利用焊接接合而形成尾筒 22。

[0084] 如图 12 所示,对于燃烧器 2 的尾筒 22 当观察径向外侧外形线和径向内侧外形线的内壁面近旁的流速时,了解到本实施例的尾筒 22(以实线表示)中从尾筒入口 221 到尾筒出口 222 的流速是在尾筒出口 222 成为最大,在此之前是不超越该最大值地一边被抑制一边根据收缩比而单调稳定地增加。对此,在截面积不是单调减少的比较例(以虚线表示)中,从尾筒入口 221 到尾筒出口 222 的流速快,且表现出不稳定的变化,在尾筒出口 222 之前成为最大。

[0085] 这样,本实施例的燃烧器尾筒和燃气轮机通过使从尾筒入口 221 到尾筒出口 222 的截面积变化最优化而降低燃烧气体的壁面流速,所以能够削减尾筒出口 222 部分的交换热量,能够提高复合效率。且按照燃烧器尾筒的设计方法则能够得到可提高复合效率的最佳的尾筒 22 的形状。

[0086] 如上所述,本发明的燃烧器连接结构、燃烧器尾筒、燃烧器尾筒的设计方法和燃气轮机适合于提高复合效率的情况。

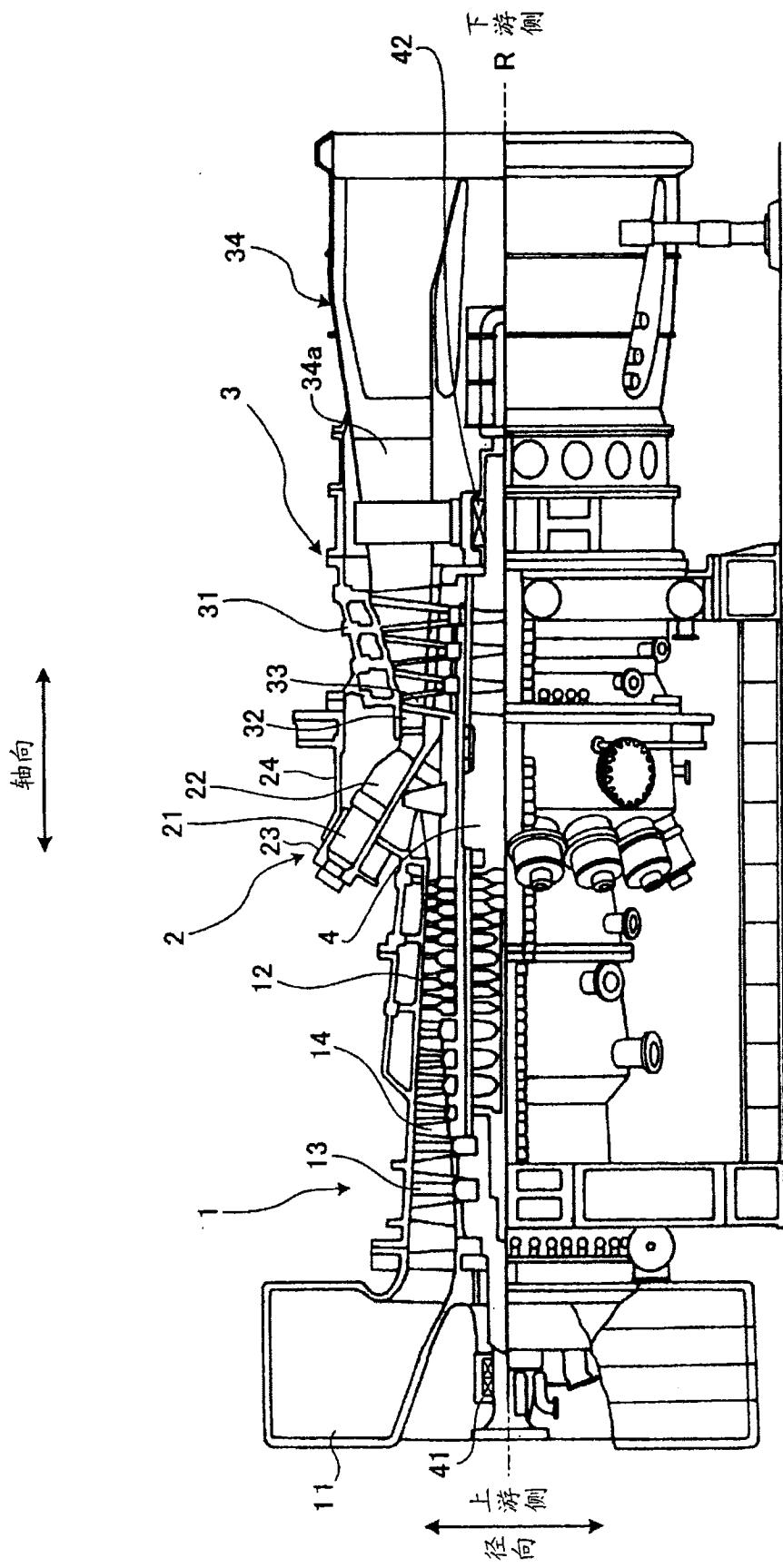


图 1

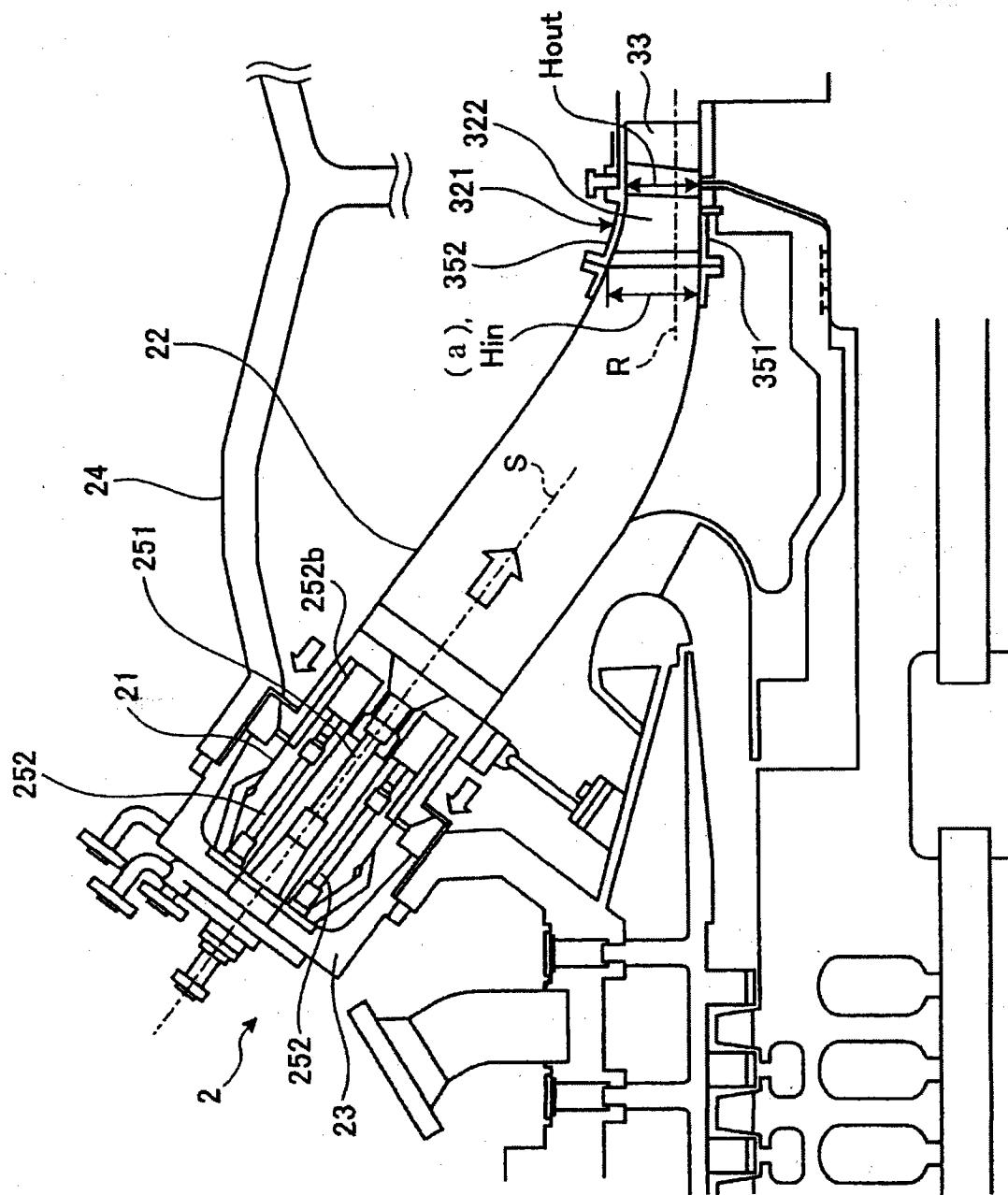


图 2

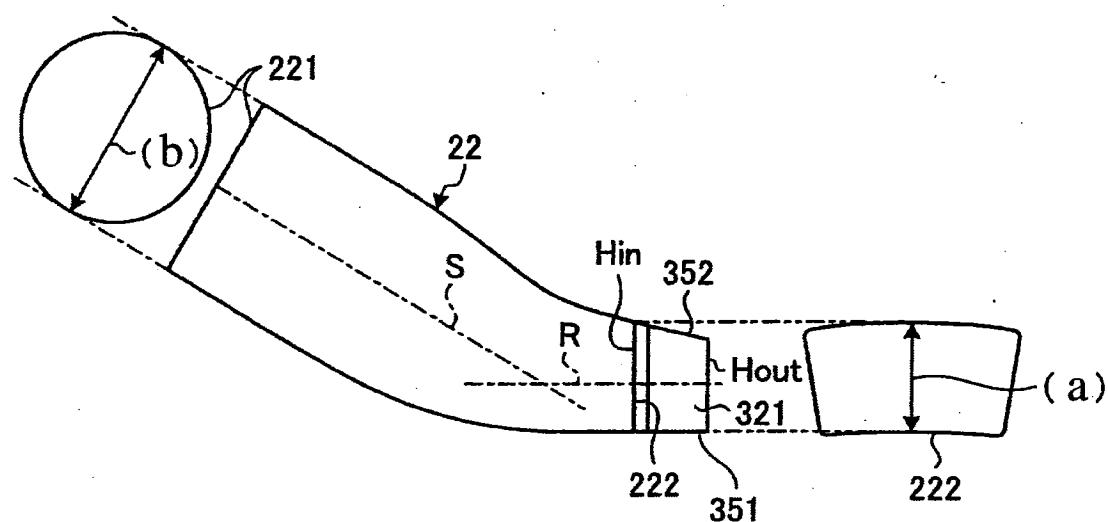


图 3

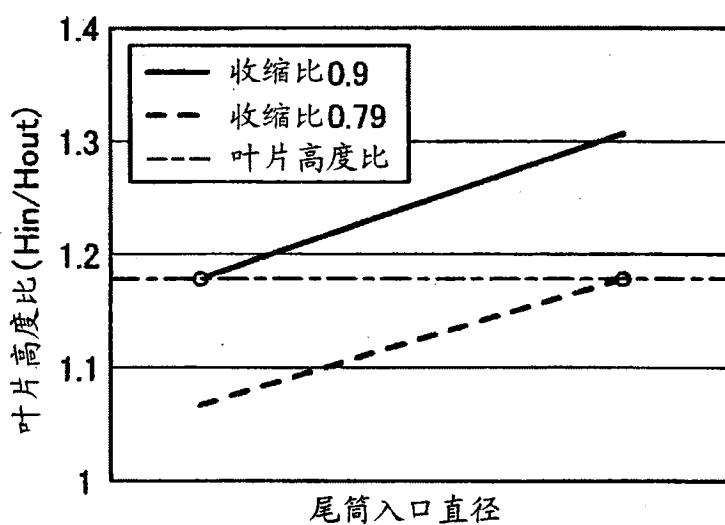


图 4

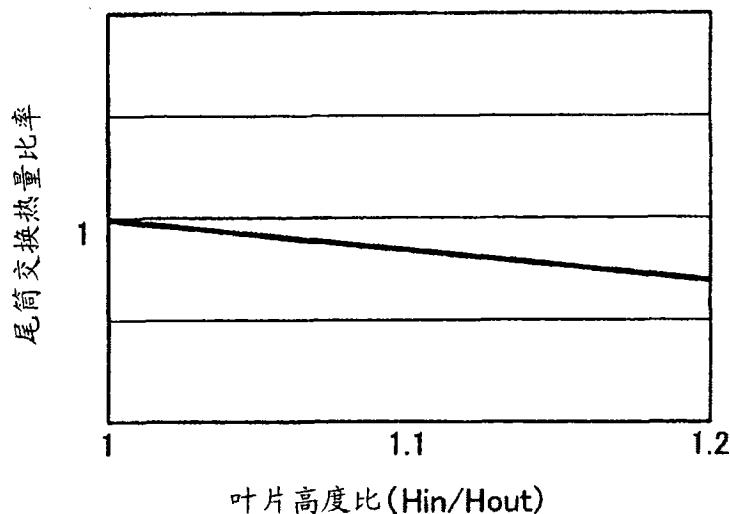


图 5

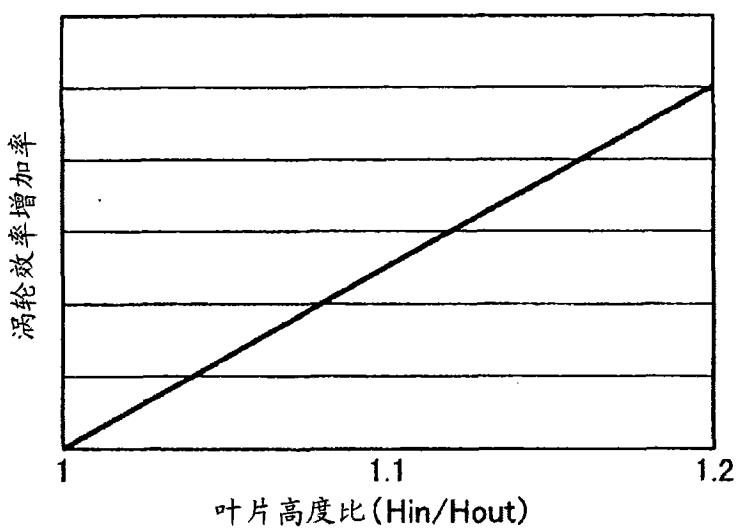


图 6

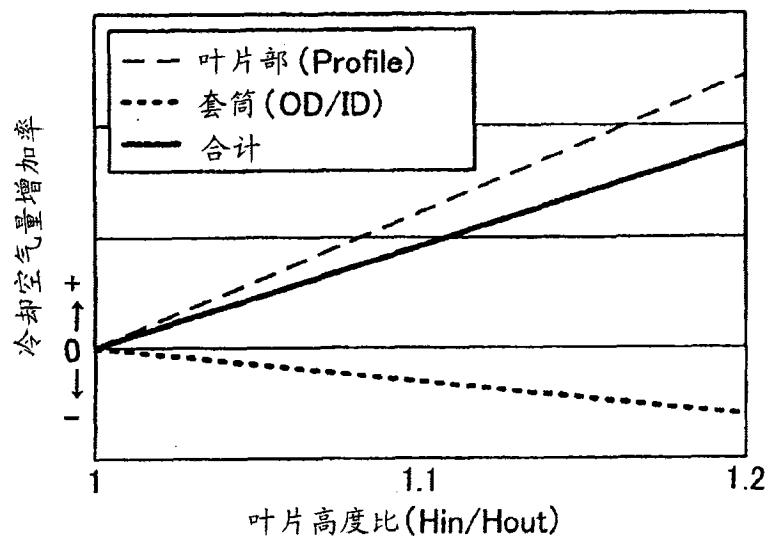


图 7

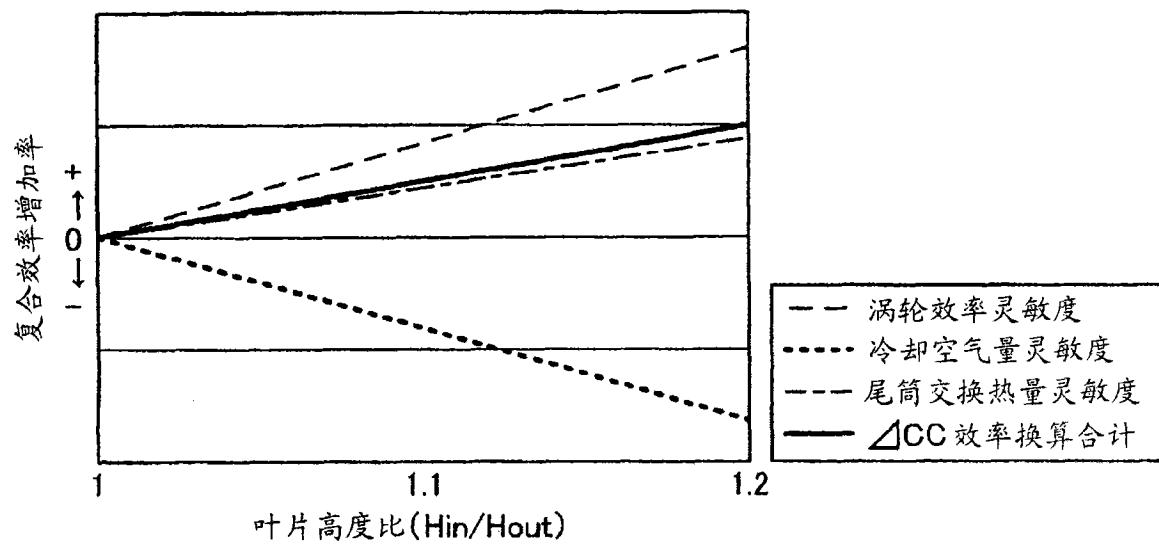


图 8

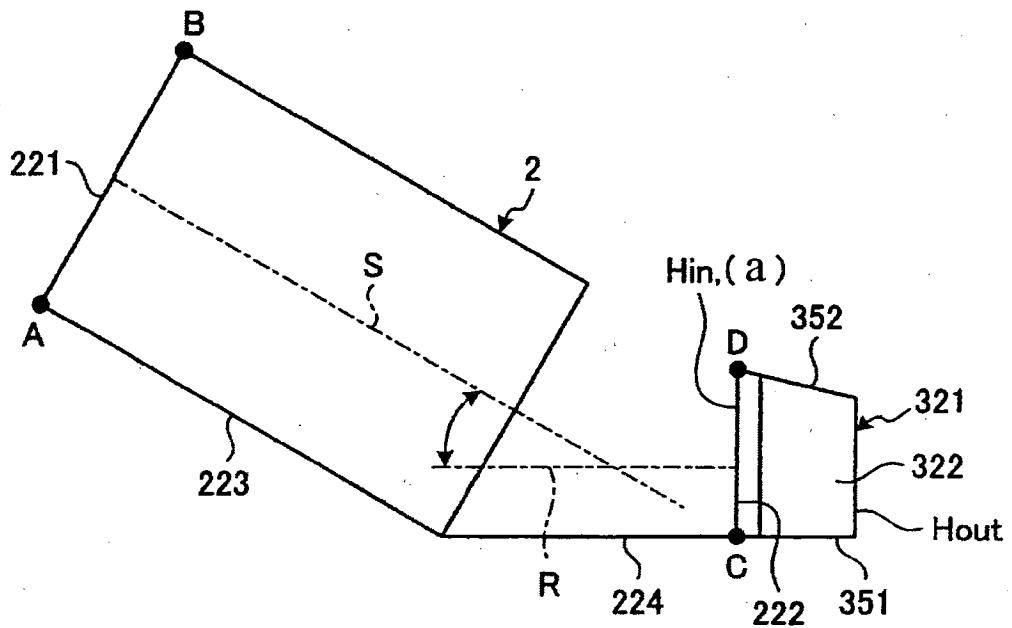


图 9

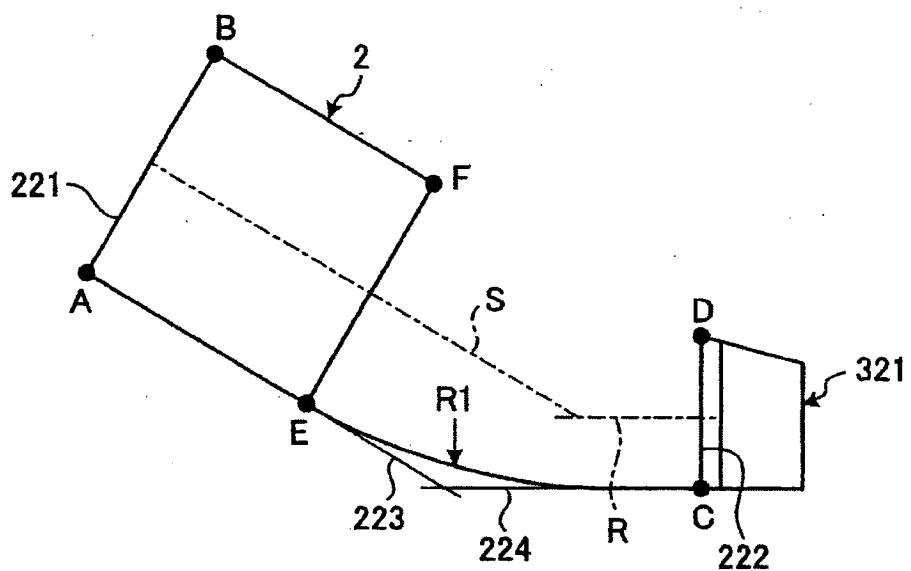


图 10

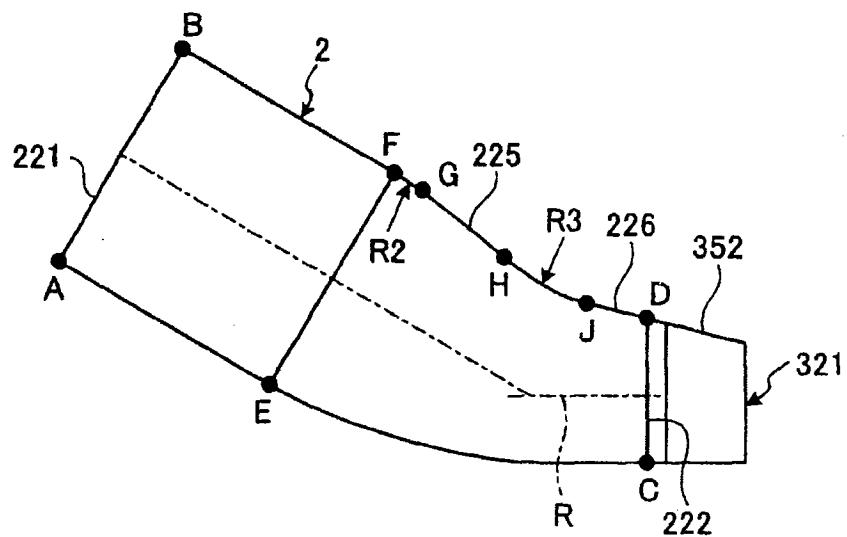


图 11

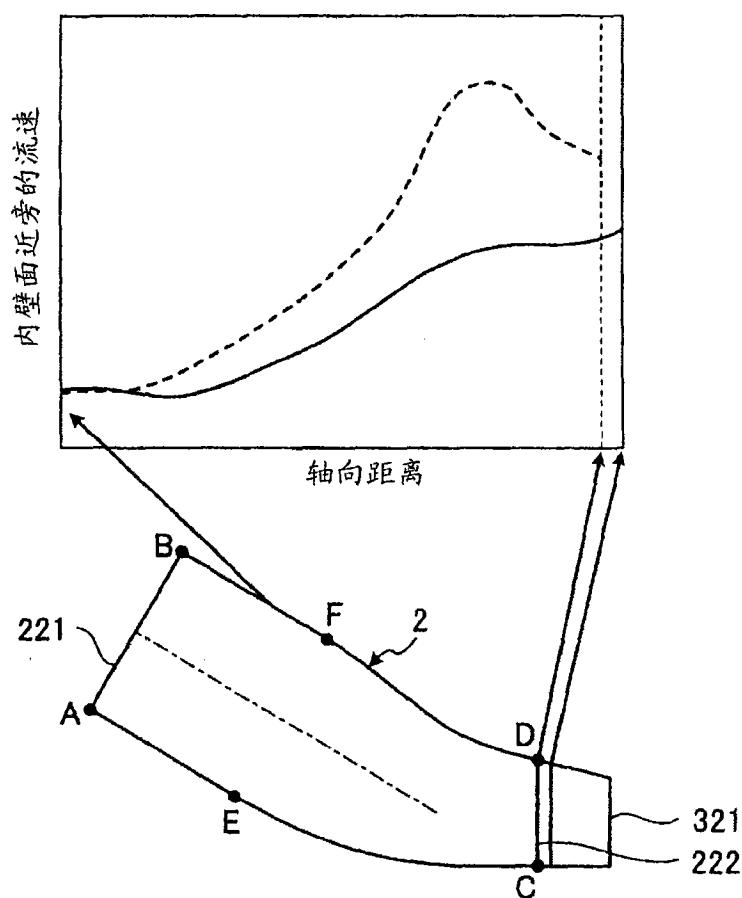


图 12