[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int.Cl[7]
F23C 7/00
F23D 14/22 F23D 17/00

# [12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 99118367.3

[43]公开日 2000年3月15日

[11]公开号 CN 1247290A

[22]申请日 1999.9.1 [21]申请号 99118367.3

[30]优先权

[32]1998.9.2 [33]FR [31]9810966

[71]申请人 液体空气乔治洛德方法利用和研究有限公司

地址 法国巴黎

[72]发明人 雅克·迪盖 米歇尔·萨马涅戈
伯纳德·拉贝戈尔
奥利维耶·沙龙

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

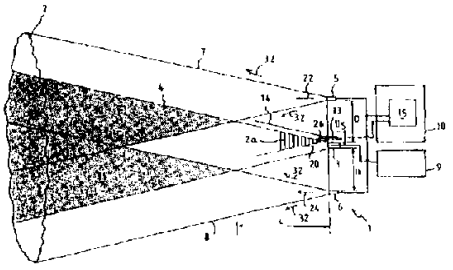
代理人 张金熹

权利要求书2页 说明书7页 附图页数5页

[54]发明名称 一种燃料的燃烧方法

[57]摘要

本发明关于一种燃料的燃烧方法，其中主氧化剂喷流(7、8)相对于靠近它 的燃料喷流(4)喷射点的喷射点安置成离开一个距离D，D满足下列关系式 $D/\sqrt{A}>5$ 和/或 $D/\sqrt{B}>5$。D是相应氧化剂喷流(7,8)的外边缘和靠近它的燃料喷流(4)的外边缘之间的最小距离，A和B分别是氧化剂主喷流(7,8)和燃料喷流在它们 相应喷射点上的横截面积。



ISSN1008-4274

# 权 利 要 求 书

1. 一种燃料的燃烧方法，其中至少一个燃料喷流和离它有一段距离的至少一个主氧化剂喷流同时喷入主燃烧区，其特征在于：每个主氧化剂喷流与燃料喷流的喷射点最接近的喷射点安置成为一个距离 D，该距离 D 满足至少一个下列关系：

$$\frac{D}{\sqrt{A}} > 5\text{（最好>10）和/或 } \frac{D}{\sqrt{B}} > 5\text{（最好达>10）}$$

D 定义为相应氧化剂喷流的外边缘和最靠近它的燃料喷流外边缘之间在它们相应的喷射点上的最小距离，A 和 B 分别表示氧化剂主喷流的横截面积和燃料喷流的横截面积，这些横截面积被看作喷流喷射点上的横截面积，这样使燃料和主氧化剂喷流在上述至少一个主氧化剂喷流和/或燃料喷流携带了一定量的周围流体的基本为惰性的气体之前保持分离，从而获得基本均匀的燃烧。

2. 按照权利要求 1 的方法，其特征在于：至少一个辅助的氧化剂喷流喷入位于上述主燃烧区的上游的辅助燃烧区，从而稳定上述主燃烧区内的燃烧，上述辅助氧化剂喷流的喷射点安置成离相关的燃料喷流的距离为 $D_s$，$D_s$ 满足下列关系：

$$\frac{D_s}{\sqrt{A_s}} < 5$$

$D_s$ 是相应辅助氧化剂喷流的外边缘和相关的燃料喷流外边缘之间在它们相应的喷射点上的最小距离，$A_s$ 是相应的辅助氧化剂喷流在它的喷射点上的横截面积。

3. 按照权利要求 1 或 2 的方法，其特征在于：所携带的周围流体的量大于它自己流速的 5 倍、最好大于 10 倍。

4. 按照权利要求 1~3 中一个的方法，其特征在于：按照一个优选实施例，该方法的特征在于：由上述主、辅氧化剂喷流喷射的氧化剂的总的流速调节成高于燃烧由上述至少一个燃料喷流喷入燃烧区内的所有燃

料所需要的氧化剂的化学当量的流速。

5. 按照权利要求 1~4 中一个的方法，其特征在于：由上述至少一个辅助氧化剂喷流喷射的氧化剂的流速调节成低于喷入燃烧区的氧化剂总的流速的 30%，最好在 2% ~ 15% 之间。

6. 按照权利要求 1~5 中一个的方法，其特征在于：由上述主、辅氧化剂喷流喷射的氧化剂的总的流速调节成高于燃烧由上述至少一个燃料喷流喷入燃烧区的所有燃料所需要的氧化剂的化学当量的流速。

7. 按照权利要求 1~6 中一个的方法，其特征在于：由上述至少一个辅助喷流喷射的氧化剂的流速调节成低于喷入燃烧区（2）氧化剂总流速的 30%，最好在 2% ~ 15% 之间。

8. 按照权利要求 1~7 中一个的方法，其特征在于：多个主氧化剂喷流（5, 6, 37, 38）绕上述至少一个燃料喷流（4）对称喷射。

9. 按照权利要求 8 的方法，其特征在于：两个相对于至少一个中部燃料喷流（4）径向相对安置的主氧化剂喷流（5，6）喷入上述燃烧区。

10. 按照权利要求 9 的方法，其特征在于：与三个中部燃料喷流径向相对安置的两个主氧化剂喷流同平面的三个中部燃料喷流喷入上述燃烧区。

11. 按照权利要求 1~10 中一个的方法，其特征在于：至少一个如天然气的第一燃料喷流和至少一个如燃料油的第二燃料喷流喷入上述燃烧区。

# 说　明　书

## 一种燃料的燃烧方法

本发明关于燃烧一种燃料的燃烧方法，其中至少一个燃料喷流和与其相隔一定距离的至少一个氧化剂喷流喷入燃烧区。

从 USP 4988285 可知一种燃烧方法，它能减少 NOx 型的氮氧化物的形成，其中如天然气的燃料喷流和如空气或富氧空气的氧化剂主喷流喷入燃烧区，氧化剂主喷流安置在离燃料喷流一个较短的距离上，该距离优选在主氧化剂喷流直径的 4～20 倍之间。

本申请人已经发现，当燃料和主氧化剂喷流安置成离得较近时，这种已知的燃烧方法会导致产生大量的氮氧化物。

而当为了减少氮氧化物的散发而将燃料和主氧化剂喷流移得较远时，又会出现维持燃烧的稳定性（火焰时常跑出）的问题，同时在烟中有未燃烧的燃料，这也对环境有害。

本发明有助于缓解上述缺陷，采用一种燃烧方法，尽管氧化剂和燃料喷流之间的距离比先有技术 USP 4988285 中描述的要大，但能够得到稳定的燃料，氮氧化物的散发比较低。

因此，本发明的主题是一种燃烧燃料的燃烧方法，其中至少一个燃料喷流和至少一个离燃料喷流有一段距离的主氧化剂喷流同时喷入主燃烧区，其特征在于：每个主氧化剂喷流的喷射点相对于离它最近的燃料喷流的喷射点安置成离它为一距离 D，距离 D 至少满足下列一个关系式：$D/\sqrt{A}>5$（及最好>10），和/或 $D/\sqrt{B}>5$（及最好>10），D 定义为在相应的喷射点上相应氧化剂喷流的外边缘和离它最近的燃料喷流的外边缘之间的最小距离，A 和 B 分别是氧化剂主喷流和燃料喷流的横截面积，该横截面被认为是在喷流的喷射点上，这样，在上述至少一个氧化剂喷流和/或燃料喷流在携带一定量的周围流体的基本为惰性的气体之前，燃料和主氧化剂喷流保持分开状态，所携带的周围的流体的量优选大于它自己流速的 5 倍，最好达 10 倍。

按照一个优选的改型，本发明的特征在于：至少一个氧化剂的辅助喷流喷入位于上述主燃烧区上游的辅助燃烧区，从而稳定上述主燃烧区中的燃烧，上述辅助氧化剂的喷射点安置成离相关的燃料喷流的距离为 $D_s$，$D_s$ 满足下列关系式：

$$\frac{D_s}{\sqrt{A_s}} < 5$$

$D_s$ 是相应的辅助氧化剂喷流的外边缘和相关的燃料喷流的外边缘之间在相应喷射点上的最小距离，$A_s$ 是相应辅助氧化剂喷流在其喷射点的横截面积，由此可得到基本均匀的燃烧。

采用满足上述两个关系式中至少一个的距离 D 能使主氧化剂喷流和燃料喷流携带一定量的周围流体、尤其是在它们相互反应之前的基本为惰性的气体。以主氧化剂喷流和燃料喷流相遇它们相交的开始点（即主燃烧区的开始点）作为参考点，对于基本平行的喷流来说，每个关系都意味着喷流中的总的流速至少是携带时喷流的初始流速的 1.8 倍。比率（喷流流速/初始流速）随着比率（携带流体时的密度/已携带流体后的密度）的减小而增大。通过满足两个不等式中的每一个，就能稀释每个燃料和主氧化剂喷流。本发明将采用至少满足上述两个关系中的一个的距离 D 来实施，最好满足 $D/A^{0.5}>10$ 和/或 $D/B^{0.5}>10$，这样使至少一个喷流并最好是每个喷流（初始流速加上周围流体的惰性气体）的流速至少是携带时喷流的初始流速的 3.6 倍。

按照一个优选实施例，该方法的特征在于：由上述主、辅氧化剂喷流喷射的氧化剂的总流速调节到高于燃烧由上述至少一个燃料喷流喷入燃烧区的所有燃料所要求的氧化剂的化学当量的流速值。同样由上述至少一个辅助喷流喷射的氧化剂流速调节到低于喷入燃烧区氧化剂的总流速的 30%，最好在 2% ~ 15% 之间。

另外本发明的方法还可包括下列一个或多个特征：

- 多个主氧化剂喷流绕上述至少一个燃料喷流对称喷射，

- 两个相对于至少一个中部燃料喷流的径向相对安置的氧化剂喷流喷入上述燃烧区，

- 三个中部燃料喷流与相对于该三个中部燃料喷流径向相对安置的

两个主氧化剂喷流同在一个平面，它们一起喷入上述燃烧区，

- 至少一个例如天然气的第一燃料喷流，和至少一个例如燃料油的第二燃料喷流喷入上述燃烧区（燃料在任何情况下可以是固态、液态和/或气态）。

术语“基本均匀的燃烧”意味着可以得到一个基本均匀的燃烧区，其特征在于，燃烧区的体积至少是火焰的两倍，燃料与氧化剂喷流在没有与燃烧产品一起稀释之前迅速混合，在火焰区内具有低梯度的温度场，对纯氧构成的氧化剂来说，最大平均温度至少是低于燃料/氧化剂混合物的理论绝热温度的500℃。

作为功率单位（也称为牛顿/千千瓦）的流体喷流的总的动量（燃料+可燃物）最好大于 3 N/M W，从而由此可获得气体混合〔这里的动量定义为质量流速（kg/s）乘以速度（m/s）的积〕。

下表（参照燃烧功率为 1 M W）总结了用 1 M W 氧气/天然气火焰获得的各种结果:

情况 1 对应于氧化剂和天然气的喷射速度均很小的情况。实践表明，所产生的火焰对浮动力最敏感的并可由于火焰后部上升在炉底产生热点。情况 2-5 表明各种气体混合物的示例，其中气体混合物由氧化剂喷流或燃料喷流、或者由两者所提供的动量来保证。

术语“流体周围基本为惰性的气体”指的是位于主氧化剂喷流附近的流体（通常是气体）。通常，它包括通过燃烧区及燃烧和可燃流体的喷射体附近的燃烧气体，这些燃烧气体由燃烧区的空气稀释，其中的空气通常仅是不与燃料反应的惰性气体（氮气，氩气）。

| | 氧气 | | 天然气 | | 总计 |
|---|---|---|---|---|---|
| 情况 | 速度 | 动量(N) | 速度(m/s) | 动量(N) | 动量(N) |
| 1 | 10 | 0.9 | 50 | 1.1 | 2.0 |
| 2 | 10 | 0.9 | 100 | 2.2 | 3.1 |
| 3 | 60 | 5.1 | 5 | 0.1 | 5.2 |
| 4 | 100 | 8.5 | 100 | 2.2 | 10.7 |
| 5 | 300 | 25.5 | 400 | 8.8 | 34.3 |

从下面参照附图对非限制性示例的描述可以更加清楚本发明的其它特征和优点。

图 1 是进行本发明燃烧方法的燃烧装置的简图，

图 2 是图 1 装置的前视图，

图 3 是类似于图 2 的燃烧装置的第一个变型的示图，它表示本发明方法的一种改进，

图 4 是类似于图 2 的燃烧装置的第二个变型的示图，它表示本发明方法的又一改进，

图 5 是表示本发明的方法在实施过程中从装置散发出的氮氧化物的曲线图。

图 1 和 2 表示实施本发明方法的第一个实施例。

参见图 1 和 2，为了在主燃烧区产生燃烧，装置 1 包括：诸如天然气喷流的中部燃料喷流 4（虚线示出）的喷射器 3，和诸如富氧空气或纯氧的氧化剂 7 和 8 的主喷流的喷射器 5 和 6，喷射器 5 和 6 相对于中部燃料喷流的喷射器 3 呈相对对角线方向安置。

就它们的供给而言，喷射器 3 连到燃料供给装置 9 上，喷射器 5 和 6 连到氧化剂供给装置 10 上。

另外，为了稳定火焰和/或有助于装置 1 的点火，在主燃烧区 2 的上游的辅助燃烧区 2A（阴影线表示）还包括一个辅助氧化剂喷流 14（虚线表示）的喷射器 13。正如图中所示，辅助喷流 14 安置成靠近中部燃料喷流 4 的喷射器 3，喷射器 13 由氧化剂供给装置 10 供给。

为了更易于控制由主、辅氧化剂喷流 7、8 和 14 分别喷入燃烧区 2 和辅助燃烧区 2A 的氧气的流速，氧化剂供给装置 10 包括：连接到氧化剂喷射装置 5、6 和 13 上的装置 15，该装置 15 用于将总的喷射出的氧化剂流速分为第一部分和第二部分，第一部分供给主氧化剂喷流 7 和 8 的喷射器 5 和 6，第二部分供给辅助氧化剂喷流 14 的喷射器 13。

这些分流装置 15 可以包括从供给装置 10 的氧化剂主供给线分出的管子，在管子中装有一个用于调节供给辅助喷射器 13 的部分总流速的阀门。

正如图 2 所示，各个喷射器 3、5、6 和 13 均具有圆形出口，从而形成圆锥形喷流，这些喷流在图 1 中箭头 20、22、24 和 26 所示的相应的喷射方向上变宽。然而为了修改喷流的形状，也可采用其它形状的出口，如窄缝、椭圆形、环形或另外的形状。

当实施本发明的方法时，中部燃料喷流 4 及离它有一段距离并呈相对对角安置的两个主氧化剂喷流 7 和 8 同时喷入主燃烧区 2。主氧化剂喷流 7、8 和辅助喷流 14 喷射的流速调节成燃烧所有喷入燃烧区 2 的燃料所要求的氧化剂的化学当量的流速，从而获得充分燃烧，也就是说产生没有未燃烧燃料的燃烧。

在稳定操作的工况下，由辅助氧化剂喷流喷射的氧化剂的流速可调节到低于喷入燃烧区的氧化剂总流速的 30%，最好在 2%和 15%之间。

中部燃料喷流 4 的喷射速度最好低于 75m/s，而两个主氧化剂喷流 7 和 8 的喷射速度最好在 50 和 150m/s 之间。

另外，由各种燃料喷射器 3 和氧化剂喷射器 5 和 6 的布置所限定的喷射点安置成使每个主氧化剂喷流 7、8 的喷射点相对于燃料喷流 4 的喷射点的距离 D 能满足下列关系:

$$\frac{D}{\sqrt{A}} > 5 \qquad (I)$$

在（I）式中，D 表示相应氧化剂喷流 7 和 8 的外边缘和燃料喷流 4 在相应喷射点上的外边缘（见图 2）之间的最小距离，A 表示相应氧化剂喷流 7 或 8 在其喷射点上的横截面积。

因此，氧化剂喷流 7 和 8 及燃料喷流 4 在离相应喷射点的距离为 L 才开始在阴影所示的混合区 30，31 混合。在距离 L 上分开喷流使它们、尤其是主氧化剂喷流 7 和 8 都携带大量的基本为惰性的周围流体，如图 1 中箭头 32 所示。携带的周围流体的量通常大于喷流携带该流体时喷流流速的 5 倍，最好能大于 10 倍。在喷流喷入一个封闭的燃烧腔的情况下，这些周围流体主要由燃烧产品组成。

由于周围的流体并不积极参予燃烧，并且由于带走的这种流体的量大，氧化剂/燃料的混合物在混合区 31 和 30 被稀释，主燃烧区 2 所占的体积加大，这样做的结果使主燃烧区 2 中温度场的空间分布均匀并且平

均温度增高，这样可有效地减少氮氧化物的散发。

为了使燃烧条件进一步最佳化，距离 D 还满足下列关系：

$$\frac{D}{\sqrt{A_c}} > 5 \qquad (II)$$

其中 $A_c$ 表示喷射点上燃料喷流的截面积。

为了点火和后面的稳定燃烧，辅助氧化剂喷流 14 也喷入主燃烧区 2，它离相应燃料喷流 4 的距离是 $D_s$。通过在上游具有辅助燃烧区 2A，就可稳定主燃烧区 2 的燃烧，因此能确保区域 2 内氧化剂/燃料混合物的稳定点火。$D_s$ 满足下列关系：

$$\frac{D_s}{\sqrt{A_s}} < 5 \qquad (III)$$

在式（III）中，$D_s$ 表示相应辅助氧化剂喷流 14 的外边缘和相应燃料喷流 4 的外边缘之间在它们相应喷射点上的最小距离，$A_s$ 表示辅助氧化剂喷流 14 在其喷射点的横截面积。

当然，在所有这些关系中，喷流在它们相应喷射点上的截面积 A，$A_c$ 和 $A_s$ 均是在考虑它们的特殊的几何形状的情况下确定的。

例如，在特殊情况下，如果一个主氧化剂喷流的截面尺寸大于另一个，相应氧化剂和燃料喷流的外边缘之间也可不同，亦即具有较小截面的氧化剂喷流可安置得比具有较大截面的那个要近一些。

另外，可以安装多个燃料喷流的喷射器和多个主氧化剂喷流的喷射器。在这种情况下，对每个主氧化剂喷流，靠近它的燃料喷流必须考虑满足关系式（I）。

在本发明的最小设计中，仅有一个燃料喷流、一个主氧化剂喷流和一个辅助氧化剂喷流，这些喷流的布局均满足关系式（I）、（II）和（III）。

图 3 中示出了图 1 和 2 结构的改型，作为一个例子它可以安装两个辅助的主氧化剂喷流的喷射器 37 和 38。这个喷射器 37 和 38 如喷射器 5 和 6 一样绕中部燃料喷流 4 的喷射器 3 对称安置。这种构形能使燃烧结构更加密集，这是因为它能选择减小直径的、安置在靠近燃料喷射器同时又满足关系式（I）的主氧化剂喷射器。

图 4 表示用于实施本发明的方法的装置 1 的另一种改型，它也是与

图 2 一样的前视图。

这种改型的装置包括第一燃料如天然气的三个喷流的三个喷射器 50、51 和 52，它们与相对于它们相对对称安置的主氧化剂喷流的喷射器 55 和 56 处于同一平面上，一个第二燃料如燃料油的喷流的喷射器 53 安置在第一燃料喷流的喷射器 50、51 和 52 的上方，使它能替换所用的燃料。

当然，喷射器 55 和 56 及由它们喷入燃烧区的主氧化剂喷流均定位在它们相应的喷射点上，它们在离最近的燃料喷流的外边缘之间具有最小距离 D，也就是说，喷射器 50 和主喷射器 55、喷射器 52 和主喷射器 56 之间的最小距离为 D，这样使它们符合关系式（I）和（II）。

另外，两个辅助的氧化剂喷流的喷射器 57 和 58 安置在燃料喷流的喷射器 50、51 和 52 的上方，其中一个喷射器 57 与喷射器 50、51 和 53 相关，而另一个 58 则与喷射器 51、52 和 53 相关。这些辅助喷射器 57 和 58 安置成使它们与燃料喷流的外边缘之间的最小距离 $D_s$ 符合关系式（III）。

当然，在图 1～4 所示的各种类型中，可以设想调换对喷射器的供给，从而喷射氧化剂喷流而不是燃料喷流，反之亦然。只要符合关系式（I）、（II）和（III）就行。

图 5 以示例方式示出一条曲线，它表示用图 1 和 2 所示的装置实施本发明的方法而获得的结果，其中可以改变主氧化剂喷流和中部燃料喷流的上面限定的距离 D。该曲线表示作为上面限定的参数 $D/\sqrt{A}$ 的函数的在燃烧期间产生的氮氧化物（NOx）的量。

在该曲线中可以看出，作为参数 $D/\sqrt{A}$ 的函数的氮氧化物的形成量大大减少了，还可以清楚看出，如果主氧化剂喷流安置成符合关系式 $D/\sqrt{A} > 5$，散发出的氮氧化物的降低量是很可观的。

通过采用本发明的方法，尤其是采用主、辅氧化剂喷流相对于燃料喷流的布局，就能产生稳定的燃烧，并能减少氮氧化物的散发。

# 说 明 书 附 图

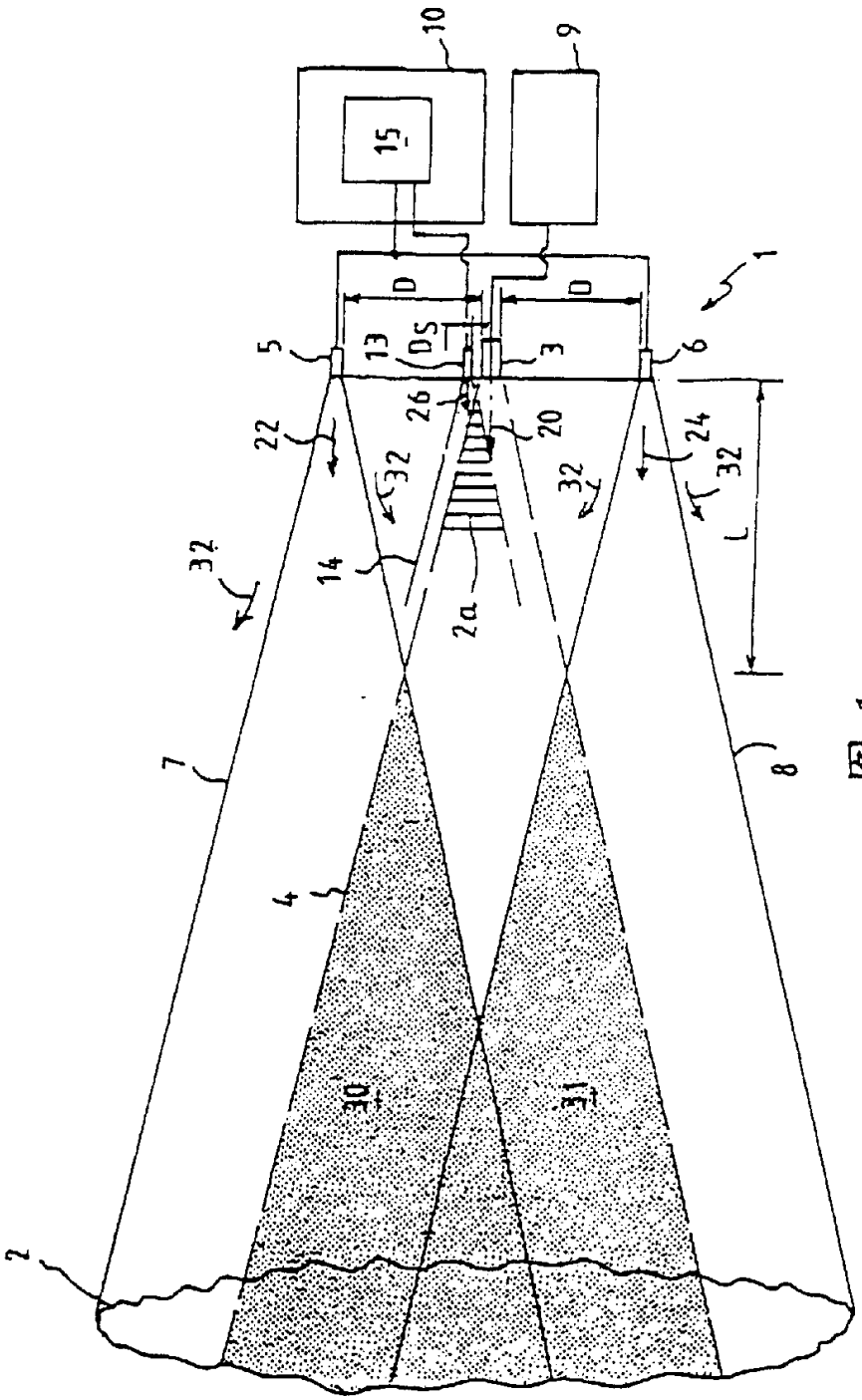



图 1

98-08-01

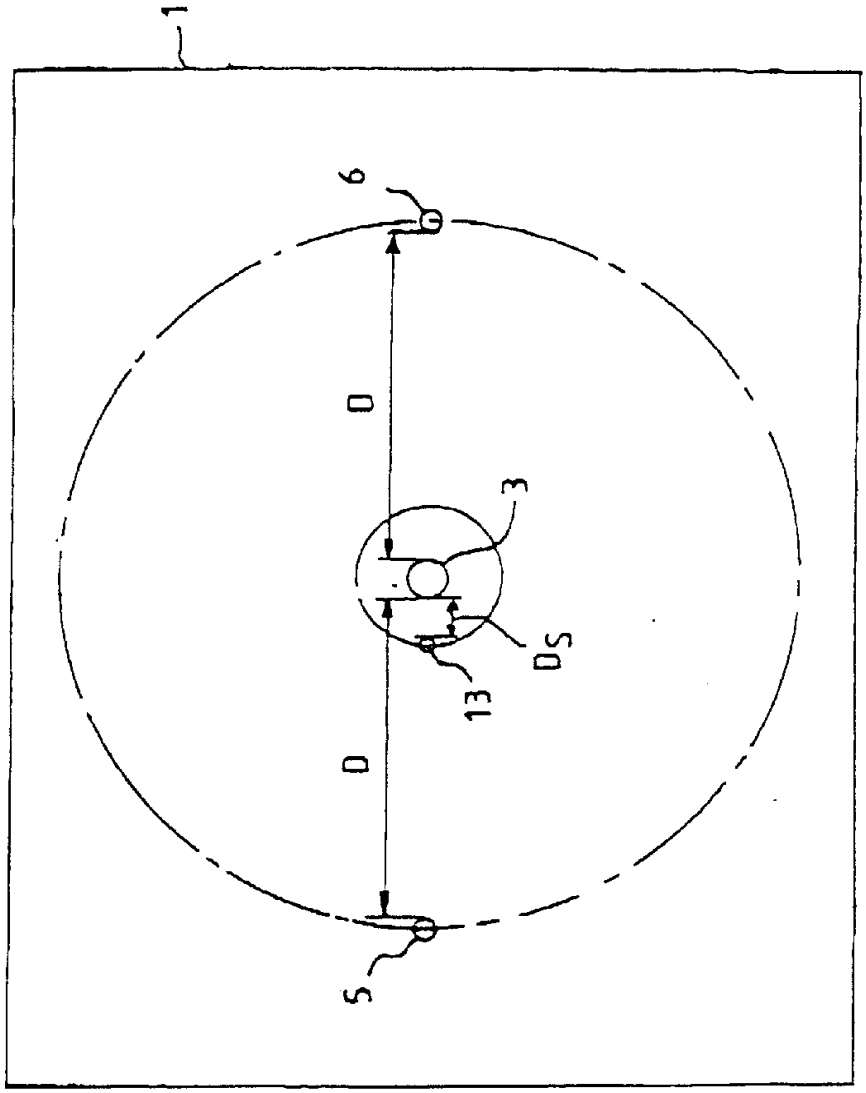



图 2

88-070-01

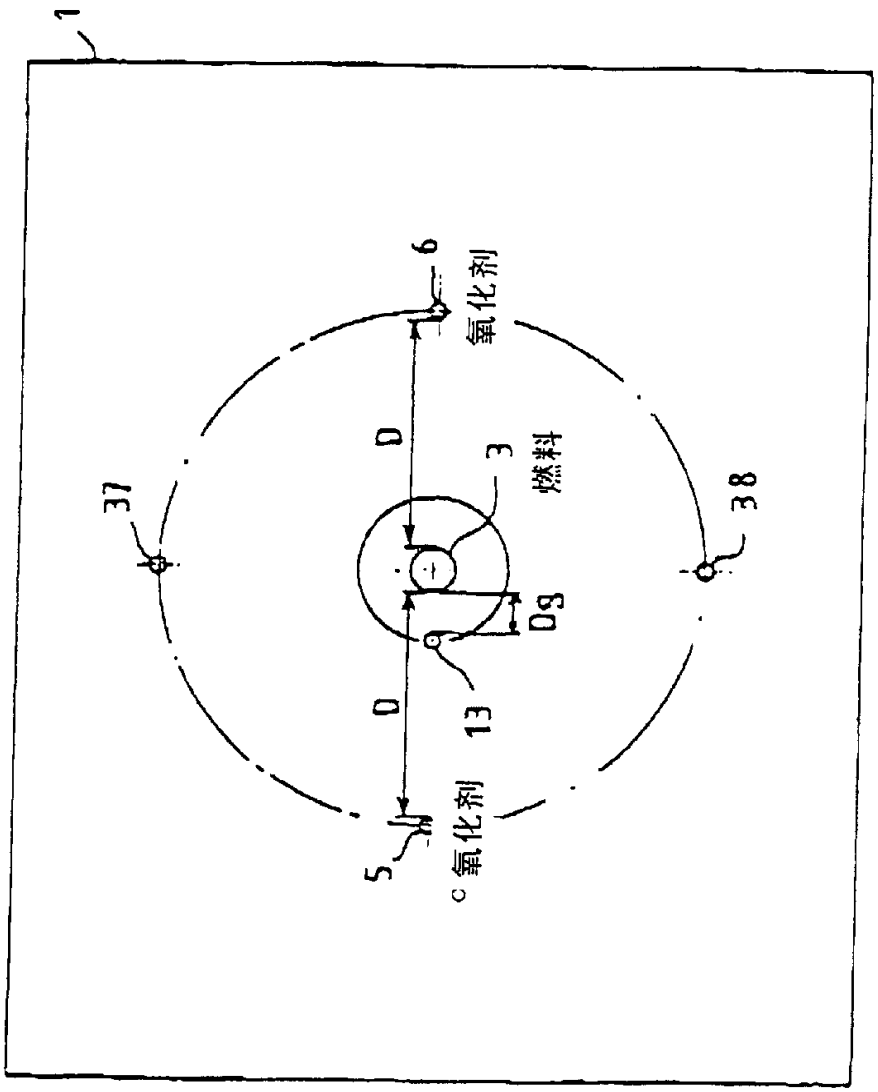



图 3

08-03-01

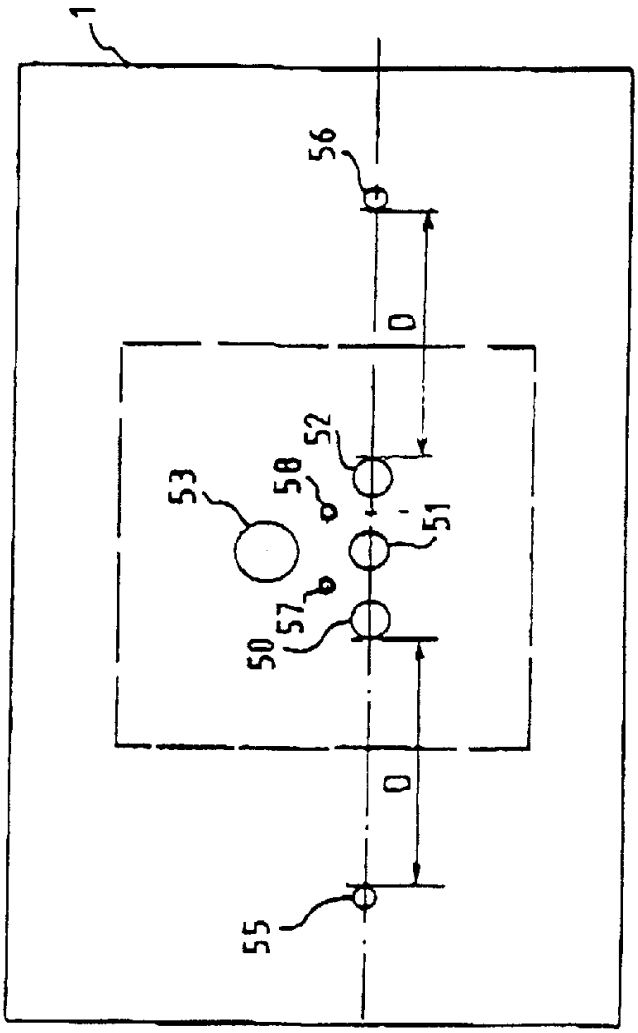



图 4

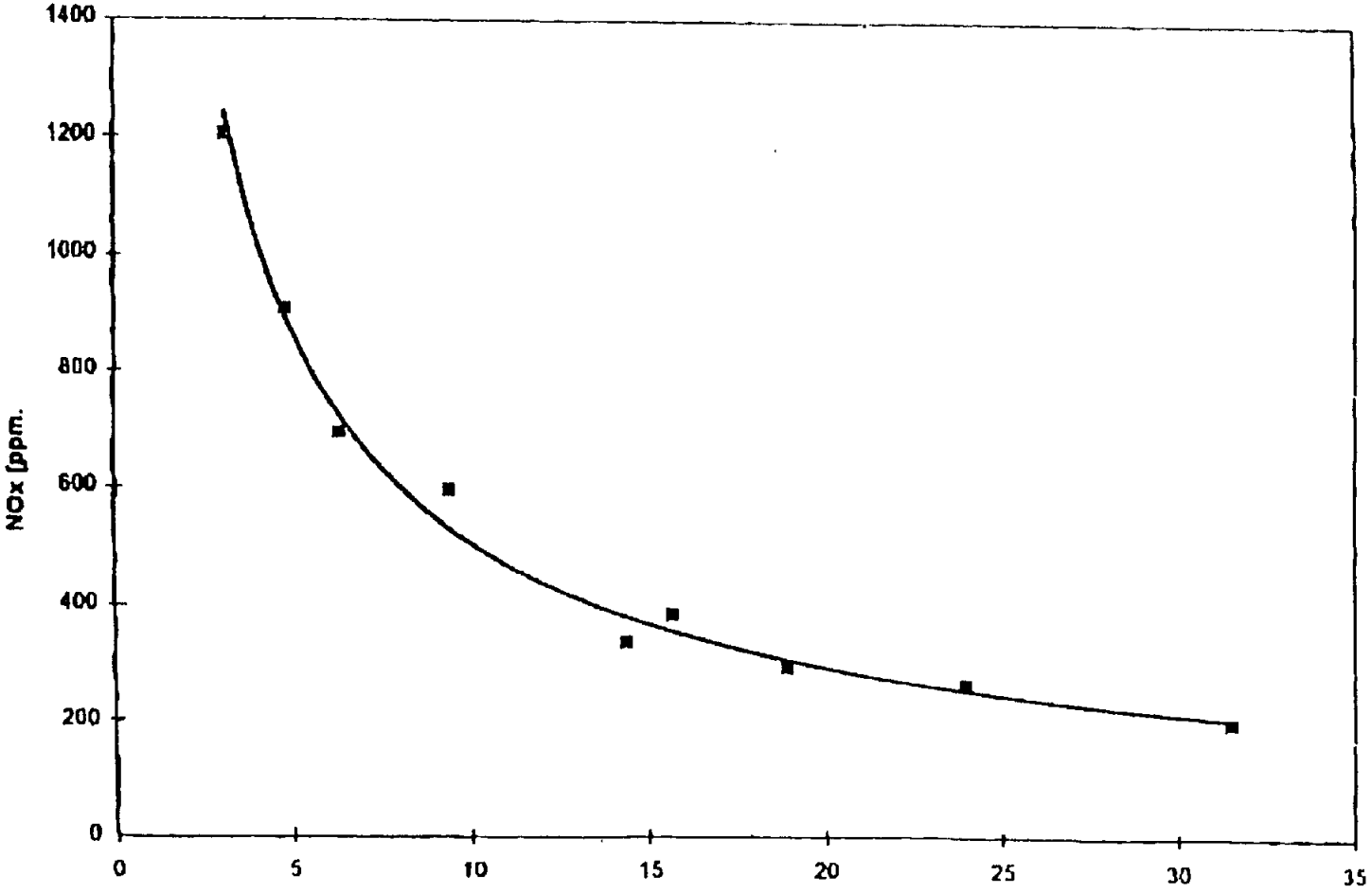



图 5