



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99808776.9

[45] 授权公告日 2004 年 9 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1167492C

[22] 申请日 1999.7.19 [21] 申请号 99808776.9

[30] 优先权

[32] 1998. 8. 4 [33] DE [31] 19835186.0

[86] 国际申请 PCT/CH1999/000332 1999. 7. 19

[87] 国际公布 WO2000/007698 德 2000. 2. 17

[85] 进入国家阶段日期 2001. 1. 17

[71] 专利权人 布勒公司

地址 瑞士乌兹维尔

[72] 发明人 克劳德米卢·费雷拉

乌尔斯·格奥尔格·内弗

卡米勒·博雷尔

审查员 刘新民

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

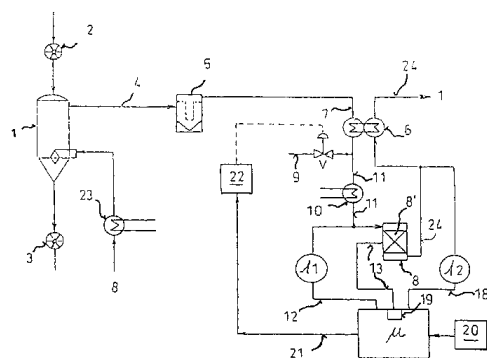
代理人 过晓东

权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 2 页

[54] 发明名称 净化气流的方法及装置

[57] 摘要

本发明涉及一种净化含有有机化合物杂质的气流的方法。所说的气流优选为用于芳香聚酯和聚酰胺的固相缩合反应器(1)所排放。根据本发明的方法,将至少含有氧气的气体加入到上述含杂质的气流中。合并后的气流在高温下,特别是在 280℃-380℃下,通入到催化剂(8)中;催化剂在惰性的多孔载体上含有铈或铈合金。相对于有机杂质来说,所用的氧气量为次化学计量的量更为有利,和/或氧气与杂质的比例用 Δ 探针(Δ)进行控制更为有利。



1、一种净化含有有机化合物杂质的气流的方法，该气流为固相缩合反应器（1）所排放，其中将至少含有氧气的气体加入到上述含杂质的气流中，合并后的气流在 280℃—380℃下，通入到催化剂（8）中，其中所用的氧气的量相对于有机杂质的量为次化学计量，所述方法的特征在于，氧气与杂质的比例至少用一个 Λ 探针进行监控，在每个与催化剂单元相连的管路上分别连接所说的 Λ 探针。

2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述反应器（1）用于芳香聚酯和聚酰胺的固相缩合，

3、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，含杂质的气体为一惰性气体，该气体在净化之后至少部分地返回反应器（1）。

4、如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，次化学计量的氧气量为化学计量的 98%至<100%。

5、如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，次化学计量的氧气量为化学计量的至少为 99%。

6、如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，监控是通过至少一个在催化剂（8）之前的 Λ 探针（ Λ_1 ）进行的和/或监控是通过至少一个在催化剂（8）之上的 Λ 探针进行的。

7、如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，监控是通过至少一个在催化剂（8）之前和至少一个催化剂（8）之后的 Λ 探针（ Λ_1 ， Λ_2 ）进行的。

8、如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，从 Λ 探针处所得的监控测量信号在进行进一步处理前，进行加权处理。

9、如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，至少催化剂（8）之后的 Λ 探针（ Λ_2 ）的监控测量信号在进一步处理前，进行差分处理。

10、如前述权利 7 所述的方法，其特征在于，催化剂（8）本身作为 Λ 探针类的测量单元。

11、如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，将得自于 Λ 探针类的测量单元的监控测量信号进行过滤和解藕或解调。

12、如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，监控测得的实际值与设定值进行比较，由此所得的偏差用于调节氧气的供入量。

13、一种可以完成如权利要求 7、8、10、12 之一所述的方法的装置，它拥有一个固相缩合反应器（1）和将反应器（1）排放的含杂质的气体送至催化剂单元（8，8'）的初始供应管道（7），在初始供应管道（7）上连接有输送至少含氧气气体的空气输送管道（9），二者经总管道（11）一起输送，而且至少有一个输出管道（24）连接到催化剂单元（8，8'）上，其特征在于，在每一个通向催化剂单元的管路（11，24）上分别连接至少一个 Λ 探针（ Λ_1 ， Λ_2 ）。

14、如权利要求 13 所述的装置，其特征在于，在其中一个通向催化剂单元（8，8'）的管路（11）上连接 Λ 探针(Λ_1)。

15、如权利要求 13 或 14 所述的装置，其特征在于，催化剂体（8'）含有铈。

16、如权利要求 13 或 14 所述的装置，其特征在于催化剂体（8'）含有铈合金。

17、如权利要求 14 所述的装置，其特征在于，催化剂（8）之后的 Λ 探针（ Λ_2 ）和处理器（ μ ）之间的导线（18）中设置一个差分单元。

净化气流的方法及装置

本发明涉及净化含有有机化合物杂质的气流的方法及装置。

US5,547,652 或 US5,612,011 中已经公开了此类的方法或装置。它们采用催化剂的方法来净化工艺废气（与气体洗涤净化相反），或换句话说，采用后烧（氧化）杂质的方法来净化工艺废气。勿庸赘言，正因为此，氧气与杂质的比例是最为重要的因素。在这一点上，有两方面的考虑是决定性的：一方面假定氧气的最小化学计算量是杂质完全燃烧所必需的；另一方面，从上述要求来看，监控氧气的量是控制净化过程的最佳方法。

已经发现尽管按化学计算的量添加了氧气，却没有发生完全的氧化，所以在前面第一篇提到的专利中仍允许至少有 10 ppm 的未燃烧的氧气。从净化效果的角度来看，这也证明不是最优化的，因为氧气的过量程度又被增加。在第二篇专利中甚至必须容许更高量的未燃烧的氧气，其量可达 250 ppm。然而，却被认为已经提供了最优化的方案。

列举的两篇专利均是关于芳香聚酯生产中工艺气体的净化。自然，气体净化的重点是芳香化合物，特别是聚酯。不过，很明显这样的净化方法也可以用于其它的气体或杂质，例如聚酰胺象芳香 PA 等；或者用于净化在加工天然物质过程中所产生的废气，如咖啡或可可的烤制过程中产生的废气。

在 Alfred Boege 所著的《技术人员手册》（Vieweg 出版社）的第 1158 和 1159 页中描述了一种 ZrO_2/Pt -氧探针，它通常可用于 Kfz-技术中。

EP 0 699 471 A1 描述了一种净化处理基本上无氧的工艺气的方法，该工艺气来自于缩合聚合物的热的固相处理过程，其中，可氧化的有机杂质以最高的化学计量进行催化氧化，这意味着可任选地加入次化学计量的氧气。此处，与氧气含量有关的一氧化碳的含量可在氧化反应器的出口处加以测定，例如借助微燃料电池进行测定，从而间接地测定氧气含量。然而，这种方法的缺点是必须忍受相对较高的一氧化碳含量。

而本发明则采用相反的方法。这基本上意味着本发明不是采用氧气的量作基准，而是采用残余杂质的量或氧气与残余杂质的比例作为测量

物。因而本发明的第一步导致了出人意料的发现。一方面，申请人的实验表明，与专家们以前的观察恰好相反，化学计量的或者超化学计量的氧气量不会得到最佳的净化；以前的测量不仅需要大量的氧气（如果不简单地使用空气），而且整个系统过于庞大，成本昂贵。另一方面，证明以前所采用的测量准则是基于不准确的假设之上，因而最终得到不准确的结果。

因此，本发明的主要目的就是改进在权利要求 1 前序部分所述领域中气体净化的方法，以提高其效率。而这一目的可通过权利要求 1 中特征部分的技术特征得以实现。

次化学计量的氧气量优选为化学计量的 98% 至 <100%，更优选为至少 99%。

完全出乎意料的是：即使是次化学计量的氧气量，反而得到更好的结果，而这一现象的理论解释尚不存在。然而，试验却证实了这一事实，即几乎检测不到任何残余的杂质或残余的未燃烧的氧气。自然，要检测如此少的残余物是很困难的。业已证明，如果确实要使得净化的改进达到极端的程度，那么通常的氧气探测器只会给出不完善的结果。因此按本发明要使用 Λ 探针。显然，如此的 Λ 探针即使应用于目前已知的、使用化学计量氧气量或超化学计量氧气量的方法时，也会进行更好地检测。不过，在应用于监测量特别低的情况时更具优点。

Λ 探针（在 Roempps 化学辞典中“ Λ ”是电解质摩尔电导率的符号）有两个贵金属膜如 Pt 的膜，它们位于连结到电极的固体电解质上。令人惊奇的是，这种设计与要进行检测的催化剂非常相似。因此，在本发明的框架范围内，完全有可能用催化剂本身来作为与 Λ 探针相似的探测头，当然监测信号必须进行相应地过滤、解藕或解调。

不论 Λ 探针怎样插入和插在何处，使用它带来的一个本质特征是，它可以对所涉及的元素或电解质进行直接的测量，从而替代目前的间接测

量，而且 Λ 探针具有特别适于精确测量的特征曲线。以前没有使用它的原因可能在于人们过分注意化学计量的氧气量或者超化学计量计的氧气量，以致于认为必须测定未燃烧的氧气。另一方面，人们使用 Λ 探针可以进行自由测量，因为当本发明的方法不是用于合成树脂的缩聚的工艺时，有时可能根本不需要惰性气体，若按照目前的方法通过工艺中剩余的氧气进行测量，结果可能会进一步受到不利影响。

不过，正如大家所知，在每种情况下惰性气体都可用作杂质气体，优选使其在净化后至少部分地循环回反应器。

为了能使值班人员进行简单地监控，以便能够进行快速调节，当然优选在催化剂之前至少用一个 Λ 探针进行监控和/或在催化剂之上至少用一个 Λ 探针进行监控。自然，对最终净化结果的监控即在催化剂之后进行监控特别重要；但是这种监控可以在调节时另外进行。

特别优选的完成本发明方法的系统具有催化剂本身作为 Λ 探针类的测量单元的特征。

下面的用流程图对实施方案进行的说明以及所用方法的实施例，可以对本发明进行更进一步地详细描述。其中：

图 1 是根据本发明实施方案所采用方法的流程图；

图 2 是本发明所使用的 Λ 探针的设计；

图 3 是其特性曲线；及

图 4 是 Λ 探针的另一特性曲线。

反应器 1 是用于聚酯树脂如聚对苯二甲酸乙二醇酯的固相缩合反应，其采用一般的设计，无需详细描述，而树脂材料通过蜂窝状轮闸 2 或 3 输入或输出。缩合过程的废气经废气管道 4 首先进入过滤器 5，脱除粒状的杂质；接着该含气态杂质的废气在热交换器 6 中进行废热利用；交换器 6 则经输入管道 7 与催化剂 8 相连。

空气供应器 9 则输入至少含有氧气的气体，也即要么是纯氧气，要么是如空气等只含相应部分氧气的气体。需要氧气对在输入管道 7 中流

过的气体中所含的杂质进行氧化；氧气从紧靠催化剂 8 前的输入管道 7 中流入。气流进行混合，进入总管道 11，并在流到催化剂 8 之前借助电热器 10 升温至催化剂 8 发生氧化的最佳温度。适宜的温度范围是 280°C 至 380°C。接着，总管道 11 进入催化剂 8。催化剂单元 8、8' 具有一输出管道 24，该管道通回反应器是有利的，如通过一个加热器 23，或者在此之前先进入一个热交换器 6，特别是当要进行净化的气体是惰性气体如氮气时，而这在缩聚反应中是常见的情况。

在即将进入催化剂 8 之前的总管道 11 中放置一个 Λ 探针 Λ_1 ，它将汇总的气体分离成其电解质或元素，并进行定量分析。根据这种分析，导线 12 将给出相应的优选数字式的输出信号。不过，在所叙述的实施方案中，还有一个直接与催化剂 8 相连的导线 13。

催化剂体 8' 的设计与图 2 中剖面显示的 Λ 探针 Λ 相似。 Λ 探针 Λ 有一多孔的惰性支持层 16，其表面上有一贵金属膜 14。 Λ 探针还有一固体电解质层 17，其涂覆有贵金属膜 15。固体电解质层 17 可以由例如氧化锆 ZrO_2 组成，而膜 14 和 15 主要由 Pt 组成，即要么完全由铂构成，要么由合金构成。尽管通常采用钯合金，但根据本发明，催化剂体 8' 优选使用铑合金。与此相对， Λ 探针本身可以使用纯的铂膜 14 和 15。在膜 14 和 15 之间，施加一直流电压 U ，可以得到所需的电解作用。此时，要测定的气体位于层 16 一边，而空气（作为参照）则位于贵金属膜 15 一边。

由于探针 Λ 的结构和催化剂 8 的结构类似，可以考虑将催化剂 8 作为类似于 Λ 探针的测量系统，也就是说，为了测定电解质，此处所得的输出信号可以送至导线 13（见图 1）。

在催化剂单元 8、8' 的出口可以连接另外一个 Λ 探针 Λ_2 ，它既可择一单独使用，也可联合一起使用。该探针可以测量净化结果，将相应的信号输出到导线 18。不言而喻，有时只需使用一个单独的 Λ 探针，这与本发明用另外的 Λ 探针 Λ 测量其它的点相反。可是，当也用 Λ 探针 Λ_2 测量得

到的结果时，就不能忽略这样的事实，即在气体流动过程中，其测量是在相对较晚的时间点上，而这将使得快速调节变得没有意义。因此，有利的方式是在导线 18 上配备一个差分元件，以便能够更快速地识别出可能的偏离趋势。另一方面，如果至少使用 Λ 探针 Λ_1 ，那么通常对于快速调节更为有利。如果同时使用两个 Λ 探针 Λ_1 和 Λ_2 ，还会具有其它的优点，即能够确定会影响测量结果的催化剂的老化程度，这与在汽车催化剂已进行的测量相似（Hansjoerg Germann 等，“转化器前和转化器后 Λ 传感器特性的差别”，Electronic Engine Controls 1996, SP-1149, 第 143—147 页）。

在所述的有三个测量点的实施方案中，导线 12、13 和 18 通向处理器 μ ，它可以直接接收导线 12 和 18 的信号（只要这些信号已经数字化），或者在其输入处各有一个模拟/数字转换器。对于导线 13 来说，通常必须对由它输入的信号进行预处理，以便将信号从随机的噪音信号或其它类似的信号中分离出来。这可以在处理器 μ 入口处的过滤步骤、解调步骤或者（通常）信号整形步骤 19 中完成。

在处理器 μ 中首先要考虑测量的时间序列。随着气体流动速率的增加，序列变短（从而调节变得不太相关）。如果需要的话，经导线 12、13 和 18 接受的信号，在其与优选可调节的设定值发送器 20 的设定信号比较前，也要进行加权处理。根据这种比较的结果，可以得到偏离值即调整信号，该信号从处理器 μ 的输出端经导线 21 传送到调节器 22。调节器 22 则相应地调节导线 9 中的阀 V。

上面已经利用图 2 描述了 Λ 探针 Λ 的结构设计。使用这样探针的优点最终不在于如图 3 所示的非常陡的电导斜度特性曲线。该图中，纵坐标画出的是以 bar 为单位的平衡态氧分压，横坐标画出的是氧与要燃烧的不纯气体的比例。另外一种方法是，画出相应的 Λ 探针的输出电压（见表 2 中的 Λ_2 的值），在这种情况下曲线 C 倒转，从左上方到右下方逐渐减小。

Λ 探针 Λ 所具有的特性曲线 C 中，正好在虚线 S 的区域中有一特别陡的增加。线 S 对应于氧气与不纯的要燃烧的气体的化学计量比。在这个线 S 左边的值是“富混合物”的值，也即是本发明所采用的较低氧气量的次化学计量区。如果假定化学计量的氧气量为 100%，那么在其左边就是 99% 向下的范围，而在其右边则是超化学计量区，对应的氧气量 $>100\%$ 。相应地，按照本发明进行调节时，调节在曲线 C 的一个区域中进行，该区域在点 P1 和 P2 之间，其空间对应于调节范围 R。

Λ 探针的另外一个特性曲线见图 4。

在广为人知但此处没有给出图示的氧气探针中，废气的组份经扩散通道扩散到泵和能斯特（Nernst）电池的电极上。电子控制器检测能斯特电压，并供给泵电池可变的电压。这种控制电路如此设计，使得电极区域内的废气混合物保持一个常数值 $\Lambda=1$ 。调节器将测量的能斯特电压与设定值进行比较，并供给泵电池如一个使得氧气浓度越来越接近设定值的电流。

图 4 给出了泵电流与 Λ 之间的依赖关系，因而可以作为废气中氧气浓度的测量指示。该图中泵电流 I_p 记录在纵坐标上，废气中空气的比例 Λ 记录在横坐标上。

在含量少的区域，氧气浓度的增加会导致泵电流的线性增加。在含量高的区域，也会得到类似的结果，但电流方向相反。其结果是，在所需的范围 $0.98 < \Lambda < 1.00$ 内，泵电流是与 Λ 有关的单调增加的函数。

自调节的泵电流 I_p 可以是 Λ 的测量指示，因而也可以作为废气中实际氧气浓度的测量指示。按本发明进行调节时，相应地可在曲线 C_1 的一个区域中进行有效调节，该区域在图 4 中点 P_1 和 P_2 之间，其空间对应于调节范围 R。

下面用实施例来描述本发明的方法及其结果。

实施例 1

在催化转化中，一个已知的不确定因子就是催化剂本身的有效转化率值。因而通常不是所有的 100% 的杂质都被氧化。假定经供料线 7 输送的气体混合物中含有 500 ppm（体积）的乙二醇和氮气，那么完全按化学计量比的话应该加入 1250 ppm 的氧气， Λ 值也将达到恰好 100%（因子为 1.0）。然而，如果催化剂 8 的转化率值只有 99%，那么在催化剂后，没有参与燃烧过程的剩余氧气浓度仍达到 12.5ppm。相应地未燃烧的杂质即乙二醇为 5ppm。因此为确定在所说的气体混合物中的残余氧气浓度，进行了一系列的初始试验（见表 1）。

表 1

试验 序号	氧气量 化学计量因子	下面催化转化率下的残余氧气		
		100%	99%	95%
1.1	1.01	12.5	25.0	75.0
1.2	1.00	0.0	12.5	62.5
1.3	0.99	0.0	0.0	50.0

该表中利用了所谓的 Λ 因子，即氧气量的化学计量因子。采用图 1 中所示的检测系统类型，来确定残余氧气量的 ppm，其中只使用 Λ 探针 Λ_2 。所用 Λ 探针是 Bosch 产品，型号为 LSM 11。此处采用现有技术的 Pt 催化剂，其转化率已知为 95%。100%和 99%的值是根据所发现的氧气量计算而得。

开始时，在实验 1 中加入化学计量量的 101% 的过量氧气，这与美国专利 US5,547,652 相对应。正如所料，这产生了 75.0 ppm 的相对较高的

残余氧气含量。之后，在实验 2 中，测试氧气量为化学计量量 100% 的情况。在这个 2 号试验中，仍检测到 62.5ppm 的残余氧气量。只有气体乙二醇催化氧化转化率为 100% (这在实际中是不可能的) 时，才会得到 0 ppm 的残余氧气量。

不过，在次化学计量的范围内继续试验。表 1 中只给出了 Λ 因子为 0.99 时的值，其中仍会得到 50.0 ppm 的残余氧气量。然而，在此处没有示出的其它试验中，当因子达到 0.90 时，所有的残余氧气消失了，或者说检测不出。此处有趣的是只有在 95% 时才能保持 0 ppm 的残余氧气含量 (催化转化率 95%)。采用更少的氧气成份继续进行试验，以确定极限度，最终发现 90% 的化学计量氧气是其低限，其测量结果总保持在零之上。而且表 1 显示出，在较高催化转化率下，如 99% 时，当氧气含量只为化学计量量的 99% 时，就可以保持残余的氧气含量为零；而且，这样的转化率在任何条件下都是不可能的。

实施例 2

下一个问题是乙二醇和其他杂质的量在催化剂 8 的出口处如何表现。人们可能预期，随着残余氧气含量的降低，未燃烧的乙二醇的量会增加。因而，选择一个实验设计，安装两个 Λ 探针 Λ_1 和 Λ_2 。下面的表 2 示出了系列试验的顺序，其中不仅氧气 (O_2) 的含量 ppm，而且乙二醇 (EG) 的含量 $\mu g/l$ ，均用 Λ 探针 Λ_1 和 Λ_2 进行测量。这些杂质残余量的值用 ppm v 给出，即百万分之体积比。右边最后一栏中所给出的值是探针 Λ_2 的输出电信号，单位为毫伏，可以用于测量 Λ 因子。

表 2

试验 序号	Λ_1 — 因子	Λ_1 处的残余量			Λ_2 处的残余量				Λ_2 处的 mV
		[EG]	[AA]	[O ₂]	[EG]	[AA]	[O ₂]	[HC] ²	
		ppm v	ppm v	ppm v	ppm v	ppm v	ppm v	ppm v	
2.1	1.02	-	-	1420	-	-	>1000	1.5	93
2.2	1.01	30.4	7.1	165	<1.6	<1.3	20	1.2	180
2.3	1.01	30.8	6.9	155	<1.6	<1.3	10	0.9	189
2.4	1.01	31.9	6.9	140	<1.6	<1.3	1.1	1.5	835
2.5	1.00	27.4	6.6	105	<1.6	<1.3	1.1	1.2	858
2.6	0.98	26.9	6.3	95	<1.6	<1.3	1.0	1.6	875
2.7	0.97	29.0	6.6	88	<1.6	<1.3	1.0	2.1	880
2.8	0.95	23.9	6.3	76	<1.6	<1.3	1.0	2.3	886

¹EG 和 AA 的值在测量最低限之下；

²对于 HC 的情况，测定有机碳的 ppm v。

上面表 2 中的结果表明，在次化学计量操作过程中，EG 和 AA 的残余量的消失基本上与化学计量操作（试验 2.5）或过量氧气操作（试验 2.1-2.4）中相等，这证明了专家们以前的概念是不正确的。事实上烃的残余量比按现有技术的操作稍高，但只高一丁点儿。因而整体来说，本发明方法的优点远远高于 HC 排放的略微增加。特别明显的是，利用 Λ 探针 Λ_1 和 Λ_2 可以得到感兴趣值的、准确得多的测定，这又使得准确得多的调节成为可能，使第一次调节就有意义。这样，气体净化的操作要比现有技术的效率高得多。

实施例 3

进一步选择试验设计方案，该方案中安装了图 1 中所示的两个 Λ 探针 Λ_1 和 Λ_2 。下面的表 3 给出了在催化剂 8 之前和之后系列试验的结果，其

中烃含量相当于丙烷气 (C_3H_8) 的含量 (FID)。

由于在 FID 分析中也可以测定一氧化碳 (CO)，因而另外分别测定催化剂之前和之后的一氧化碳 (CO) 和二氧化碳 (CO_2)。

用气相色谱法 (GC) 测定排放气体，证实了不存在乙二醇 (EG) 和乙醛 (AA)。

表 3

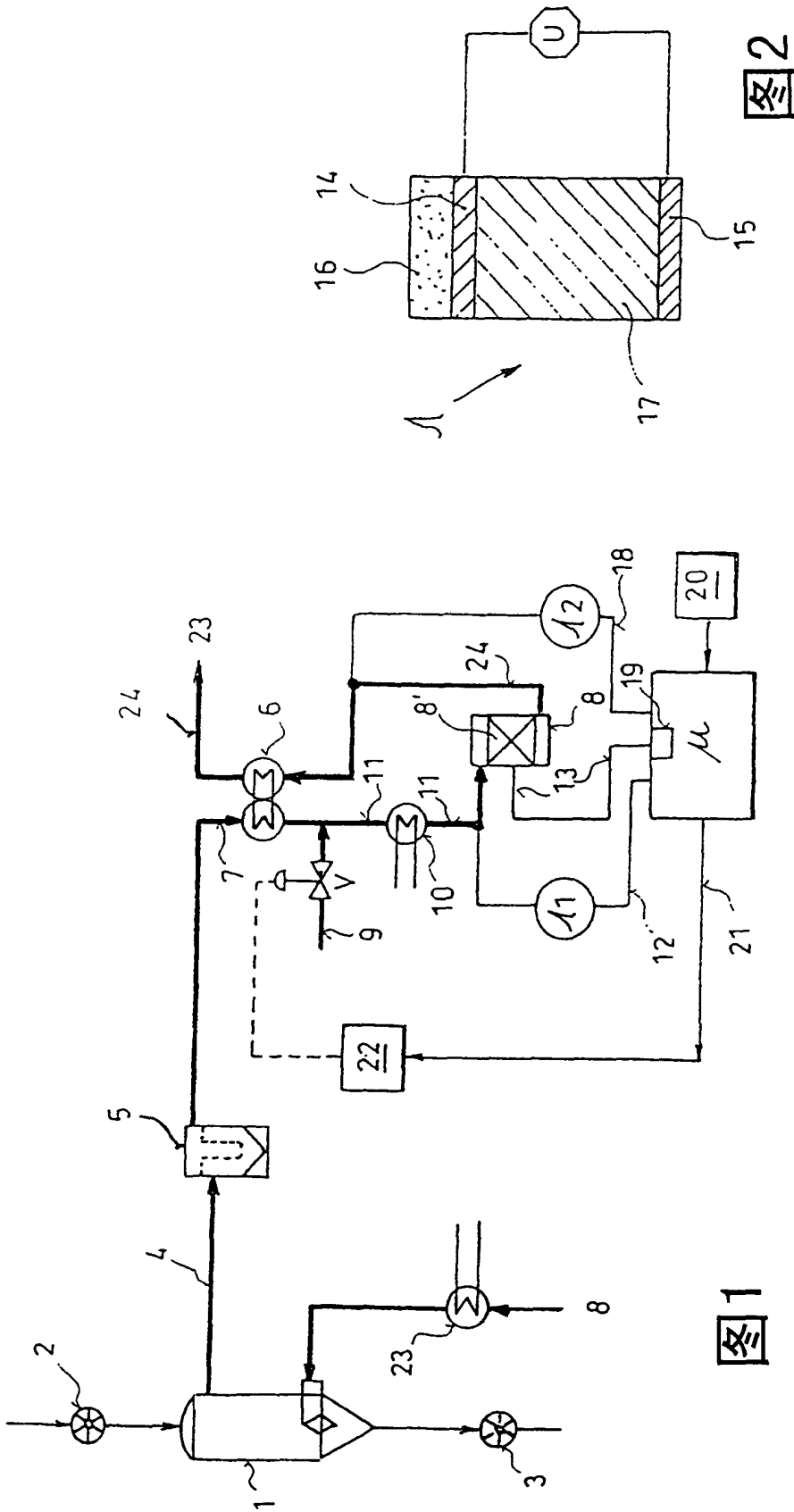
试验 序号 #	入口					出口						
	Λ_1 -	Λ_1 μA	[FID] _i ppm v	[CO] _i ppm v	[CO ₂] _i %v	Λ_2 -	Λ_2 μA	[FID] _o ppm v	[CO] _o ppm v	[CO ₂] _o %v	[GC] _o ppm v	[O ₂] _o ppm v
1	0.999	-1	62	72	6.5	0.999	-3	8.6	19	8	0	0...1
2	0.999	-1	63	50	7	0.999	-2	6.8	30	8.5	0	0...1
3	0.999	-1	63	65	4.5	0.999	-3	4.8	13	6	0	0...1
4	1.000	1	57	18	2	0.999	0	0.3	0	6	0	0...1
5	1.001	2	62	-	-	1.000	0	0.2	-	-	0	12...15

上表表明，在次化学计量范围内（试验 1—3），FID 中的残余杂质只比化学计量操作（试验 4）中的略高。而且，显然在超化学计量的操作中（试验 5），CO 的值低于测量的低限值。

尽管将氧气按次化学计量的范围（试验 1—3）加入到废气中，但不希望的杂质被完全烧掉，或者其量非常小，以至于检测不到。

术语和符号

Λ_1 、 Λ_2 、 Λ_3 等	Λ 探针
μ	处理器
V	管道 9 中的阀
1	反应器
2、3	蜂窝状轮闸 (Zellenradschleusen)
4	废气管道
5	过滤器
6	换热器
7	至催化剂的供应管道
8、8'	催化剂单元 (8 为催化剂, 8' 为催化剂体)
9	空气输入管道
10	电加热器
11	总管道
12、13、18、21	导线
14、15	金属膜
16	载体层
17	固体电解质
19	处理器输入端的信号整形步骤
20	设定值发送器
22	调节器
23	加热器
24	输出管道



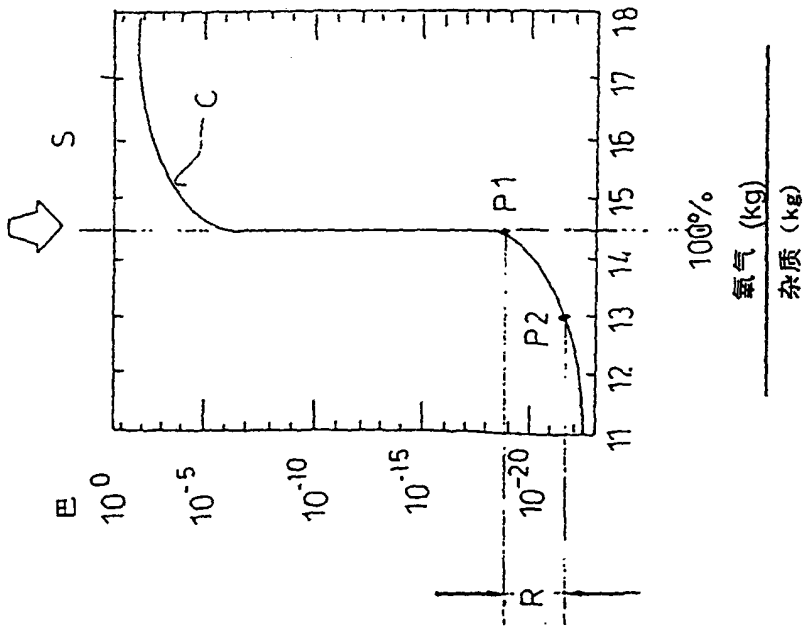


图3

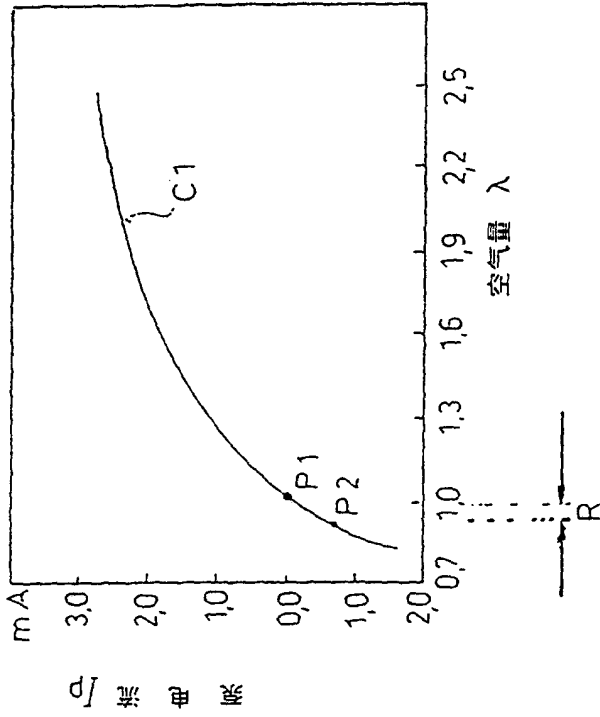


图4