

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

B01D 53/86

B01D 53/56 B01J 35/02

B01J 35/04



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95191157.0

[45] 授权公告日 2003 年 10 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 1122560C

[22] 申请日 1995.11.14 [21] 申请号 95191157.0

[30] 优先权

[32] 1994.11.15 [33] JP [31] 280869/1994

[32] 1995.1.20 [33] JP [31] 7112/1995

[32] 1995.4.11 [33] JP [31] 85636/1995

[32] 1995.7.27 [33] JP [31] 191648/1995

[32] 1995.8.1 [33] JP [31] 196744/1995

[86] 国际申请 PCT/JP95/02323 1995.11.14

[87] 国际公布 WO96/14920 日 1996.5.23

[85] 进入国家阶段日期 1996.7.5

[71] 专利权人 巴布考克-日立株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 加藤泰良 石川富久 永井良宪

森田勇人 向井正人 山田晃広

道本孝司 森井政治 黑田博

[56] 参考文献

JP 特开平 2-68145 1990.03.07 B01J37/02

JP 特开平 2-68145 1990.03.07 B01J37/02

US4285838 1981.08.25 B01J21/06

US4285838 1981.08.25 B01J21/06

审查员 闫心奇

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

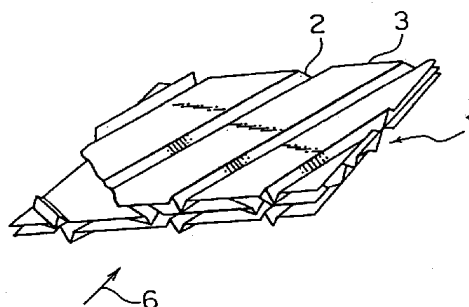
代理人 于辉

权利要求书 6 页 说明书 36 页 附图 27 页

[54] 发明名称 催化单元和气体纯化装置

[57] 摘要

一种催化单元，通过由切割涂敷有一种催化材料的催化剂负载板条而形成并带有与其一个特定边缘以 45° 倾斜的凸条 (2) 的矩形催化剂元件 (1) 和那些上部向下翻转的催化单元在一个箱体中交替堆积而构成，并且该催化单元设置于一个气体通道中，其催化剂元件 (1) 沿与气流 (6) 方向以一个大于 0° 小于 90° 的角度倾斜设置凸条 (2)。当包括有用脱硝催化剂涂敷的催化剂元件 (1) 的催化单元放置在气体通道中时，催化剂元件 (1) 的凸条 (2) 阻塞气流 (6) 并在其下游侧产生湍流从而促进了氨和废气中所含 NO<sub>x</sub> 与催化剂的接触。当气流 (6) 被扰动时，覆盖在催化剂元件 (1) 表面的片状膜层的厚度减小，从而可使氨和 NO<sub>x</sub> 容易扩散并增强催化活性。该催化剂元件可有效地表现其催化能力而不会在气流中产生明显的压力降。



1、一种催化单元，包括一个具有入口、出口和边壁的壳体，该入口和出口限定了其间的气流方向作为轴向；和固定在壳体内所述入口和出口之间的多个板状催化剂元件，每个板状催化剂元件都在其表面上负载有具有催化活性的催化材料并且带有沿一个方向以一定间距形成的平行的凸条以及分隔这些凸条的平面部分；其特征在于：

所述的多个板状催化剂元件包括多个第一板状催化剂元件，每个第一板状催化剂元件的表面上负载有具有催化活性的催化材料并且带有沿一个方向以一定间距形成的平行的第一凸条以及分隔这些第一凸条的平面部分，所述的第一凸条与所述的轴向形成第一角度；以及与所述第一板状催化剂元件交替排列形成堆积结构的多个第二板状催化剂元件，每个第二板状催化剂元件的表面上负载有具有催化活性的催化材料并且带有沿一个方向以一定间距形成的平行的第二凸条以及分隔这些第二凸条的平面部分，所述的第二凸条与所述的轴向形成与第一角度不同的第二角度；

其中，所述的平面部分限定了每个板状催化剂元件的相反表面，并且每个板状催化剂元件的凸条在两个相反表面侧都突起形成脊，由此在堆积结构中的相邻板状催化剂元件是通过各自的凸条相接触的；并且，

所述的第一角度和第二角度中至少之一是大于 $0^{\circ}$ 小于 $90^{\circ}$ 。

2、按照权利要求1的催化单元，其中所述的第一和第二板状催化剂元件相同，但是它们的排列是使第二板状催化剂元件的相反表面相对于第一板状催化剂元件的相反表面是翻转的。

3、按照权利要求1的催化单元，其中所述的第一角度是 $0^{\circ}$ ，由此，所述的第一凸条与所述的轴向以及气流方向平行，而所述的第二角度大于 $0^{\circ}$ 小于 $90^{\circ}$ 。

4、按照权利要求3的催化单元，还包括：

多个第三板状催化剂元件，其具有与所述轴向和气流方向平行排列的第三凸条，该第三板状催化剂元件插入到相邻的第一和第二板状催化剂元件之间；和

多个第四板状催化剂元件，其与第三板状催化剂元件相同并相对翻转，并交替地排列在堆积结构中，与第一或第二板状催化剂元件接触。

5、按照权利要求1的催化单元，其中所述的第一角度大于 $30^{\circ}$ 小于 $60^{\circ}$ 。

6、按照权利要求1的催化单元，其中每一个板状催化剂元件带有两种不同高度的凸条。

7、按照权利要求1的催化单元，其中第一板状催化剂元件带有两类不同高度的凸条，第二板状催化剂元件带有相同高度的凸条。

8、按照权利要求1的催化单元，其中所述第一凸条从所述相反表面突起的高度较大，第二凸条突起的高度较小。

9、按照权利要求 1 的催化单元，其中所述的凸条具有 S 一曲线形、锯齿形、或者凸凹形的横截面。

10、按照权利要求 1 的催化单元，其中负载在所述第一和第二板状催化剂元件上的催化物质是脱硝化催化剂。

11、按照权利要求 1 的催化单元，其中每个板状催化剂元件有一个比其它凸条都长的凸条，该较长的凸条的两端分别与所述壳体中靠近入口和出口的边壁接触。

12、一种催化单元，包括堆积的多个板状催化剂元件，每个催化剂元件都在其表面上负载有具有催化活性的催化材料并且带有以一定间距形成的凸条以及在凸条之间延伸的平面部分；其特征在于

催化剂元件的凸条如此延伸使得可相对于气流方向连续或者阶段性地阻塞部分气流，凸条的延伸方向不同的两类板状元件交替地堆积在一起。

13、一种气体纯化装置，在其气体通道中设有如权利要求 1 所述的催化单元。

14、一种催化单元，包括一个具有入口、出口和边壁的壳体，该入口和出口限定了其间的气流方向作为轴向；和固定在壳体内所述入口和出口之间的多个板状催化剂元件，每个板状催化剂元件都负载有具有催化活性的催化材料，并且带有沿一个方向以一定间距形成的平行的凸条以及分隔这些凸条的平面部分；其特征在于：

所述的多个板状催化剂元件由固定在壳体内所述入口和出口之间形成堆积结构的多个穿孔板状催化剂元件组成，每个穿孔板状催化剂元件负载有催化材料，并且带有沿一个方向以一定间距形成的平行的凸条以及分隔这些凸条的平面部分，并且每个穿孔板状催化剂元件具有多个开放孔。

15、按照权利要求 14 的催化单元，其中，所述的平面部分限定了每个穿孔板状催化剂元件的相反表面，并且每个穿孔板状催化剂元件的凸条在两个相反表面侧都突起形成脊，由此在堆积结构中的相邻穿孔板状催化剂元件是通过各自的凸条相接触的。

16、按照权利要求 14 的催化单元，其中每个所述的穿孔板状催化剂元件还具有被催化材料堵塞的多个孔。

17、按照权利要求 14 的催化单元，其中每个穿孔板状催化剂元件的平面部分的孔被催化材料堵塞，而同一催化剂元件的凸条部分的孔不被催化材料堵塞。

18、按照权利要求 14 的催化单元，其中每个穿孔板状催化剂元件的平面部分的孔不被催化材料堵塞，而同一催化剂元件的凸条部分的孔被催化材料堵塞。

19、按照权利要求 14 的催化单元，其中所述堆积结构中的相邻板状催化剂元件以它们的凸条相互接触，相邻催化剂元件的凸条互相接触的角度是 90°。

20、按照权利要求 14 的催化单元，其中所述的多个穿孔板状催化剂元件包括交替排列的第一套板状催化剂元件和第二套板状催化剂元件，其中第二套板状

催化剂元件与所述的轴向成  $90^\circ$  角。

21、按照权利要求 20 的催化单元，其中所述第二套板状催化剂元件中每个催化剂板的分别横穿所述的入口和出口的两个边缘分别与距其最近的凸条的中点之间间隔一定的距离  $L$ ，并且  $L \leq 8T$ ，其中  $T$  是相邻板状催化剂元件的平面部分之间的距离。

22、按照权利要求 14 的催化单元，其中相邻两个板状催化剂元件之间的凸条如此排列使得其可以相对于轴向连续地或阶段式地阻塞气流。

23、按照权利要求 14 的催化单元，其中所述的多个穿孔板状催化剂元件包括第一板状催化剂元件，其具有与所述的轴向成第一角度的第一凸条，和第二板状催化剂元件，其具有与所述的轴向成第二角度的第二凸条，所述的第二角度不同于所述第一角度，并且其中所述第一角度和第二角度中至少之一是大于  $0^\circ$  小于  $90^\circ$ 。

24、按照权利要求 14 的催化单元，其中每个穿孔板状催化剂元件具有不同高度的两类凸条。

25、按照权利要求 14 的催化单元，其中所述的穿孔板状催化剂元件包括带有两类不同高度的凸条的第一穿孔板状催化剂元件，和带有相同高度的凸条的第二穿孔板状催化剂元件，而且所述第一和第二穿孔板状催化剂元件交替地堆积在一起。

26、按照权利要求 14 的催化单元，其中所述的多个穿孔板状催化剂元件包括带有第一高度的凸条的第一穿孔板状催化剂元件，和带有第二高度的凸条的第二穿孔板状催化剂元件，其中所述的第二高度小于所述的第一高度，并且第一和第二穿孔板状催化剂元件交替地堆积在一起。

27、按照权利要求 14 的催化单元，其中的凸条具有 S 一曲线形、锯齿形或者凸凹形的横截面。

28、按照权利要求 14 的催化单元，其中所述的穿孔板状催化剂元件是金属板条。

29、按照权利要求 14 的催化单元，其中负载在所述的穿孔板状催化剂元件上的催化材料是脱硝化催化剂。

30、一种气体纯化装置，在其气体通道中设有如权利要求 14 所述的催化单元。

31、一种催化单元，包括一个具有入口、出口和边壁的壳体，该入口和出口限定了其间的气流方向作为轴向；和固定在壳体内所述入口和出口之间的多个板状催化剂元件，每个板状催化剂元件都负载有具有催化活性的催化材料，并且带有沿一个方向以一定间距形成的平行的凸条以及分隔这些凸条的平面部分；其特征在于：

所述的多个板状催化剂元件由多个第一穿孔板状催化剂元件和多个第二穿孔

板状催化剂元件组成，并且

每个第一板状催化剂元件具有沿一个方向间隔一定距离的第一凸条和分隔所述第一凸条的平面部分，所述的第一穿孔板状催化剂元件具有至少部分开放孔，

所述第二穿孔板状催化剂元件与所述的第一穿孔板状催化剂元件交替地固定于所述的壳体中形成堆积结构，每个第二板状催化剂元件负载有催化材料并具有沿一个方向间隔一定距离的第二凸条和分隔所述第二凸条的平面部分，所述的第二穿孔板状催化剂元件具有完全被催化材料堵塞的孔。

32、按照权利要求 31 的催化单元，其中，所述的平面部分限定了每个穿孔板状催化剂元件的相反表面，并且每个穿孔板状催化剂元件的凸条在两个相反表面侧都突起形成脊，由此在堆积结构中的相邻穿孔板状催化剂元件是通过各自的凸条相接触的。

33、按照权利要求 31 的催化单元，其中第一穿孔板状催化剂元件的平面部分的孔被催化材料堵塞，而其凸条部分的孔不被催化材料堵塞。

34、按照权利要求 31 的催化单元，其中第一穿孔板状催化剂元件的平面部分的孔不被催化材料的堵塞，而其凸条部分的孔被催化材料堵塞。

35、按照权利要求 31 的催化单元，其中在所述的堆积结构中相邻板状催化剂元件通过它们的凸条相互接触，相邻板状催化剂元件凸条之间以  $90^\circ$  角相互接触。

36、按照权利要求 35 的催化单元，其中所述第一或者第二穿孔板状催化剂元件的凸条与所述的轴向成  $90^\circ$  角排列。。

37、按照权利要求 31 的催化单元，其中所述第二套板状催化剂元件中每个催化剂板的分别横穿所述的入口和出口的两个边缘分别与距其最近的凸条的中点之间间隔一定的距离  $L$ ，并且  $L \leq 8T$ ，其中  $T$  是相邻板状催化剂元件的平面部分之间的距离。

38、按照权利要求 31 的催化单元，其中相邻板状催化剂元件的凸条如此排列，使得可以连续或阶段性地相对于轴向阻塞部分气流。

39、按照权利要求 31 的催化单元，其中所述的多个穿孔板状催化剂元件包括第一板状催化剂元件，其具有与所述的轴向成第一角度的第一凸条，和第二板状催化剂元件，其具有与所述的轴向成第二角度的第二凸条，其中所述的第二角度不同于所述第一角度，并且其中所述第一角度和第二角度中至少之一是大于  $0^\circ$  小于  $90^\circ$ 。

40、按照权利要求 31 的催化单元，其中所述的第一和第二板状催化剂元件相同，但是它们的排列是使第二板状催化剂元件的相反表面相对于第一板状催化剂元件的相反表面是翻转的。

41、按照权利要求 31 的催化单元，其中每个穿孔板状催化剂元件带有高度不同的两类凸条。

42、按照权利要求 31 的催化单元，其中所述的穿孔板状催化剂元件包括带有两类不同高度的凸条的第一穿孔板状催化剂元件，和带有相同高度的凸条的第二穿孔板状催化剂元件，而且所述第一和第二穿孔板状催化剂元件交替地堆积在一起。

43、按照权利要求 31 的催化单元，其中所述的穿孔板状催化剂元件包括带有第一高度的凸条的第一穿孔板状催化剂元件，和带有第二高度的凸条的第二穿孔板状催化剂元件，其中所述的第二高度小于所述的第一高度，并且第一和第二穿孔板状催化剂元件交替地堆积在一起。

44、按照权利要求 31 的催化单元，其中的凸条具有 S 一曲线形、锯齿形或者凸凹形的横截面。

45、按照权利要求 31 的催化单元，其中所述的穿孔板状催化剂元件是金属板条。

46、按照权利要求 31 的催化单元，其中负载在所述的穿孔板状催化剂元件上的催化材料是脱硝化催化剂。

47、一种气体纯化装置，在其气体通道中设有如权利要求 31 所述的催化单元。

48、一种催化单元，包括一个具有入口、出口和边壁的壳体，该入口和出口限定了其间的气流方向作为轴向；和固定在壳体内所述入口和出口之间的多个板状催化剂元件，每个板状催化剂元件都负载有具有催化活性的催化材料并且带有沿一个方向以一定间距形成的平行的凸条以及分隔这些凸条的平面部分；其特征在于：

在所述的堆积结构中相邻的板状催化剂元件以它们的凸条相互接触，相邻板状催化剂元件的凸条之间以  $90^\circ$  角接触，并且

至少一个板状催化剂元件的凸条与所述的轴向成  $90^\circ$  角排列，

所述至少一个板状催化剂元件的分别横穿所述的入口和出口的两个边缘分别与距其最近的凸条的中点之间间隔一定的距离  $L$ ，并且  $L \leq 8T$ ，其中  $T$  是相邻板状催化剂元件的平面部分之间的距离。

49、按照权利要求 48 的催化单元，其中，每个板状催化剂元件带有两类不同高度的凸条。

50、按照权利要求 48 的催化单元，其中所述的多个板状催化剂元件包括带有两类不同高度的凸条的第一穿孔板状催化剂元件，和带有相同高度的凸条的第二穿孔板状催化剂元件，而且所述第一和第二穿孔板状催化剂元件交替地堆积在一起。

51、按照权利要求 48 的催化单元，其中所述的多个穿孔板状催化剂元件包括带有第一高度的凸条的第一穿孔板状催化剂元件，和带有第二高度的凸条的第二穿孔板状催化剂元件，其中所述的第二高度小于所述的第一高度，并且第一和

第二催化剂元件交替地堆积在一起。

52、按照权利要求 48 的催化单元，其中的凸条具有 S 一曲线形、锯齿形或者凸凹形的横截面。

53、按照权利要求 48 的催化单元，其中负载在所述的穿孔板状催化剂元件上的催化材料是脱硝化催化剂。

54、一种气体纯化装置，在其气体通道中设有如权利要求 48 所述的催化单元。

55、一种催化单元，包括一个具有入口、出口和边壁的壳体，该入口和出口限定了其间的气流方向作为轴向；和固定在壳体内所述入口和出口之间的多个板状催化剂元件，每个板状催化剂元件都负载有具有催化活性的催化材料并且带有沿一个方向以一定间距形成的平行的凸条以及分隔这些凸条的平面部分；其特征在于：

在所述的堆积结构中相邻的板状催化剂元件以它们的凸条相互接触，相邻板状催化剂元件的凸条之间以  $90^\circ$  角接触，并且

至少一个板状催化剂元件的凸条与所述的轴向成  $90^\circ$  角排列，

所述至少一个板状催化剂元件的分别横穿所述的入口和出口的两个边缘分别与距其最近的凸条的中点之间间隔一定的距离  $L$ ，并且  $L \leq 8T$ ，其中  $T$  是相邻板状催化剂元件的平面部分之间的距离，以及

每个催化剂元件的凸条间距为  $P$ ， $P$  由等分分别最靠近所述的两个边缘的两个凸条之间的距离而得到，其中间距  $P$  是  $T$  的 10—23 倍。

56、按照权利要求 55 的催化单元，其中，每个板状催化剂元件带有两类不同高度的凸条。

57、按照权利要求 55 的催化单元，其中所述的多个板状催化剂元件包括带有两类不同高度的凸条的第一板状催化剂元件，和带有相同高度的凸条的第二板状催化剂元件，而且所述第一和第二板状催化剂元件交替地堆积在一起。

58、按照权利要求 55 的催化单元，其中所述的板状催化剂元件包括带有第一高度的凸条的第一板状催化剂元件，和带有第二高度的凸条的第二板状催化剂元件，其中所述的第二高度小于所述的第一高度，并且第一和第二板状催化剂元件交替地堆积在一起。

59、按照权利要求 55 的催化单元，其中的凸条具有 S 一曲线形、锯齿形或者凸凹形的横截面。

60、按照权利要求 55 的催化单元，其中负载在所述的穿孔板状催化剂元件上的催化材料是脱硝化催化剂。

61、一种气体纯化装置，在其气体通道中设有如权利要求 55 所述的催化单元。

## 催化单元和气体纯化装置

### 所述技术领域

本发明涉及用于纯化气体的催化单元，更具体地说是采用平板形状催化剂元件的用于用氨 ( $\text{NH}_3$ ) 有效降低氮氧化物 (后面称作“ $\text{NO}_x$ ”) 量的催化单元，以及使用该催化单元进行气体处理的装置。

### 背景技术

由发电厂、工厂、汽车等排出的废气中所含有的 $\text{NO}_x$  是一种可引起光化学雾和酸雨的物质。在热电厂中，主要是采用下述的废气脱硝方法作为有效的脱硝方法：用 $\text{NH}_3$  作为还原剂进行选择催化还原。使用含有钒 (V)、钼 (Mo) 或钨 (W) 作为活性成份的二氧化钛 ( $\text{TiO}_2$ ) 催化剂。尤其是含有钒 (V) 的催化剂活性较高，很难被废气中所含的杂质所损害，即使在低温下也有效。因此，这种催化剂是目前最常用的脱硝催化剂 (JP-A No. 50-128681)。

催化剂元件一般为蜂窝状或平板状。已发展了多种制备催化剂元件的方法。一种公知的扁平催化板是通过用催化剂涂覆或包盖在一种由金属板条作成薄金属板并喷涂上铝而形成，一种纺织品或者无纺布物覆盖催化剂。这种扁平催化板加工后可得到一种如图2所示的具有波浪形截面的凸条2和平面部分3交替排列的板状催化剂元件1。如图4-3所示，由许多这种催化剂元件1在壳体4中用凸条2按相同方向伸展分层堆积在一起而构成一种催化单元8 (JP A 54-79188和, JP O 申请号63-324676)。由于这种催化单元8具有相对较低的压力降并且不容易被烟垢和煤灰所阻塞，在热电生产的锅炉废气的脱硝装置中被普遍采用。

带有汽轮机或者既带有汽轮机又带有废热回收锅炉的发电装置的数量近年来逐渐增多，以对付夏天时的高峰用电需求。大多数这种发电装置都位于城市的郊区，由于其地理位置和必须控制污染，其废气处理装置必须具有高效率并很紧凑。在这种情况下，JP-A No. 55-152552提出了一种有效降低废气中 $\text{NO}_x$  含量的方法，其采用了一种由图2所示的催化剂元件1堆积而构成的催

化单元8，其中相邻催化剂元件1的相应凸条2和平行于气流6方向的催化剂元件1的凸条2交替相间构成催化单元8，如图4 4所示。

J P - Y 2 N o . 5 2 - 6 6 7 3 中提出的催化剂元件1 1（如图4 7所示）是通过加工金属板条或金属板，得到具有波纹状截面的、连续的隆起部分1 0并且没有任何图4 6中所示的平板部分的波纹板9，通过堆积波纹板9使相邻波纹板9的相应隆起部分1 0彼此交叉排列构成负载结构而，将催化剂负载在该负载结构上而完成催化单元1 1。图4 3中的催化单元8需要进一步的改进以构成一种高效、紧密的废气处理装置。图4 8描述了由用平行于气流6的方向延伸的凸条2堆积的催化剂元件1所限定的一些气体通道。这种类型的催化单元8引起的压力损失很小，采用这种类型催化单元8的废气处理装置只需要很小的动力进行操作。但是，由于气体在催化单元8的气体通道中流动时湍流较小，气体组分在气体通道中运动的距离小，使催化反应速率（总反应速率）较小并且催化剂不能充分显示其活性。

当催化单元8是如图4 3所示将催化剂元件1堆积使凸条2沿平行于气流6的方向延伸而构成时，相对于凸条2延伸方向（纵向方向）的催化单元的刚性很大，但相对垂直于纵向方向的刚性则较小。因此在凸条2的纵向方向的气体通道与垂直于该方向的气体通道之间在宽度上具有轻微的差别。

在图4 4所示的催化单元8中，相邻催化剂元件1的相应的凸条2相互垂直，沿垂直于气流6的方向延伸的凸条2发挥了高的气体扰动效果，促进了气体组份物质参与催化反应。但是这些凸条2对气流也起阻碍作用，引起了较大的压力降。

改变气流（d r a f t）损失和操作的自由度较小是图4 4中所示催化单元的一个问题。由于催化单元8是由相同形状的催化剂元件1交替堆积而构成，催化单元8的开通率不能改变，因此即使改变凸条2的间距（相邻凸条之间的距离）也不能使气流损失明显降低。另外，由于催化剂元件1的长度必须等于催化单元8正面的尺寸，催化剂元件1的长度难以随意地改变。当然，可以将不同形状的两类催化剂元件1（例如凸条2的间距不同）交替堆积，但是这样两类催化剂元件1需要复杂的制造工艺，必然会增加其制造成本。

在如图4 4所示的催化单元8中，凸条2的间距是一个很重要的因素，它会显著影响催化剂对反应速率和压力降的效率。虽然凸条2按相同的间距排列，但催化单元8的入口端与第一个凸条2之间的距离以及最后一个凸条2与催化单元8的出口端之间相对于气流方向的距离并没有特别的确定。由于图4 4所示的催

化单元8 是由通过切割连续的具有凸条2 的催化板，按给定间距而获得的给定长度的催化剂元件1 堆积而构成，在某些情况下，当催化反应所必须的催化剂量必须增加，亦即催化剂元件1 的长度增加时，催化单元8 的末端与第一个凸条2 之间的距离便要增加。因此，其平面部分弯曲，难以形成均匀的流动通道，而且催化单元的末端部分有可能如图4 5 那样弯曲从而阻塞气体通道，由于气流阻力和不平衡气流的增加而使催化单元8 的性能降低。

图4 7 所示的催化剂元件1 1 的波纹催化剂元件9 没有任何与图2 所示催化剂元件1 的平面部分3 相对应的部分。因此，当隆起1 0 的高度基本上等于图4 3 和4 4 所示的催化剂元件1 的凸条2 的高度时，相邻的波纹催化剂元件9 的隆起部分1 0 有相当大数量的接触点相接触。因此，当气流6 流过立体催化单元1 1 的截面时，隆起部分1 0 的很多的接触点会引起气流6 的气流阻力，增加压力降。

据此，本发明的第一目的是克服现有技术的缺点，提供一种催化单元，其能使在气体通道中待处理的气体的湍流增强，从而抑制层状膜层的形成并进而增强催化活力。

本发明的第二个目的是克服现有技术的缺点，提供一种能使气体在催化表面上满意地扩散而不会增加压力降并能增强催化剂性能的催化单元。

本发明的第三个目的是克服现有技术的缺点，通过使用一种由于进一步调整气体的流速分布而能使催化剂的性能增强同时不会引起气流的压力降的催化单元而使废气得到纯化。

本发明的公开

一般来说，流经一个管子的气体流与负载在管壁上的催化剂之间的反应可以通过下式来表示：

$$1 / K = 1 / K_r + 1 / K_f$$

其中K 为总的催化反应速度常数，K<sub>r</sub> 为单位表面积的反应速度常数，K<sub>f</sub> 为气体的质量传递膜层系数，它表示气体在催化表面上扩散的容易程度。

从上述表达式可明显看出，催化剂的催化性能可以通过提高气体的质量传递

膜层系数而得到改善。

本发明试图通过最大程度地改善气体在催化表面上的扩散而不会增加气体流过催化单元的压力降从而使催化剂的性能得到增强。

通过参照附图可以更容易理解本发明，但是这些附图仅用于描述本发明而并不限制本发明的范围。

首先，将描述本发明的带有催化剂元件的催化单元设有凸条，各凸条按照相对于气流方向的角度为大于 $0^\circ$  小于 $90^\circ$  的方式排列。

下面将描述具有上述倾斜的凸条的催化剂元件的堆积模型。

图6 (a) 到6 (d) 表示由带有以大于 $0^\circ$  小于 $90^\circ$  的角度倾斜的凸条的按照本发明的催化剂元件堆积而构成的催化单元。在图6 (a) 所示的催化单元中，每个矩形催化剂元件1 在平面部分3 之间以一定间距平行设置凸条2，以使得凸条2 以相对于平的矩形板催化剂元件1 的一个特定边缘1 a 的角度为 $\theta$  的方向延伸，角度 $\theta$  符合不等式 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ，一个催化单元朝上而紧接着的一个催化单元朝下，如此交替堆积。在图6 (b) 所示催化单元中，每个矩形催化剂元件1 在平面部分3 之间以一定间距平行设置凸条2，以使得凸条2 以相对于平的矩形板的一个特定边缘1 a 的角度为 $\theta$  的方向延伸，角度 $\theta$  符合不等式 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ，每个矩形催化剂元件1' 在平面部分3' 之间以一定间距平行设置凸条2'，凸条2' 平行于平的矩形板的特定边缘1 a，催化剂元件1 和1' 交替堆积，催化剂元件1' 位于催化剂元件1 的下面，它也用于图6 (c) 和6 (d) 的催化单元中。

在图6 (c) 所示催化单元中，每个矩形催化剂元件1 在平面部分3 之间以一定间距平行设置凸条2，而凸条2 以相对于平的矩形板的一个特定边缘1 b 的角度为 $\theta$  的方向延伸，角度 $\theta$  符合不等式 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ，每个矩形催化剂元件1' 在平面部分3' 之间以一定间距平行设置凸条2'，凸条2' 以平行于平的矩形板的一个特定边缘1 b 的方向延伸，二者交替堆积。在图6 (d) 所示催化单元中，用图6 (d) 所示的一对矩形催化剂元件1 和1' 交替堆积。

气流6 是按照垂直于催化单元的平的矩形板的一个边缘1 c 的方向流进按照本发明的如图6 (a) 到6 (d) 所示的由催化剂元件1 和1' 堆积而成的催化单元中。

在图6 (a) 到6 (d) 所示的按照本发明的催化单元中, 两个相邻的催化剂元件1 的凸条2 的隆起部分, 以及两个相邻的催化剂元件1 和1' 的凸条2 和2' 的隆起部分彼此之间进行点接触, 而凸条2 和2' 的隆起部分彼此之间进行点接触, 而凸条2 和2' 在接触点的两侧延伸的部分相对于平矩形板 (= 催化剂元件1) 的特定边缘1 a 或1 b 按给定的角度 $\theta$  倾斜。

由于凸条2 和2' 与气流6 的方向为斜角, 而且在由催化剂元件1 和1' 的平面部分3 和3' 以及相应的相邻催化剂元件1 和1' 的凸条2 和2' 所限定的气体通道中形成了预定宽度的缝隙通道, 尽管气体的阻塞度较小, 但仍产生了一定的压力降。因此, 气体流过缝隙通道时在凸条2 和2' 的相邻区域中的不平衡流速应当调整。

另外, 如图7 所示在图6 (a) 所示类型的催化单元的凸条的下游侧形成了湍流, 促进了废气中所含 (例如)  $\text{NO}_x$  和 $\text{NH}_3$  与催化剂的接触。

气流6 的扰动减少了催化表面上形成的片状膜层的厚度, 有利于 $\text{NO}_x$  和 $\text{NH}_3$  的扩散, 极大地改善了催化活性。受凸条2 或凸条2 和2' 彼此点接触的部分干扰的气流6 以预定的距离流过缝隙通道。当气体流过缝隙通道时气流6 的湍流度降低。因此, 压力降不是很大, 催化表面上片状膜层的厚度减小, 气体能充分扩散, 大大提高了催化性能。

由于被处理的气体以倾斜于凸条2 和2' 的方向流进由图6 (a) 到6 (d) 所示的催化剂元件1 和1' 堆积而构成的催化单元中, 与图5 0 (图4 4 所示催化单元的平面图) 或图4 7 所示的催化单元中通道面积的减小相比较, 气体通道的通道面积并不是急剧减少, 而是逐渐地连续或阶段式地减小, 因此压力损失相对较小。

在图5 0 所示的现有的催化单元 (J P - A No. 5 5 - 1 5 2 5 5 2) 中, 缝隙通道是在具有平行于气流6 的凸条2 的催化剂元件1 和具有垂直于气流6 的凸条2' 的催化剂元件1' 之间形成的 (图5 1 表示图5 0 中的A - A 剖面部分)。由于垂直于气流6 的凸条2' 按预定间隔排列, 气流6 在催化单元中被凸条2' 所阻塞, 因而与图6 所示催化单元相比压力降很大。

在图4 7 所示的现有的催化单元1 1 (J P - U No. 5 2 - 6 6 7 3) 中, 催化剂元件没有任何与图6 或图5 0 所示的平面部分3 和3' 相对应的部分,

其隆起部分1 0 彼此进行点接触的位置与图6 或图5 0 所示催化单元的凸条2 和2 '之间接触的位置相比要多得多。因此, 在隆起部分1 0 的高度即沟槽的深度与图6 与图5 0 所示的凸条的高度相同的情况下, 气体被催化单元1 1 中相互点接触的隆起部分1 0 的部分所阻碍, 其压力降也比图6 所示催化单元中所产生的压力降要大得多。

在图6 所示按照本发明的催化单元中, 每个催化剂元件的凸条2 都与催化剂元件1 的特定边缘1 a 或1 b (边缘1 a 或1 b 平行于气流6 的方向) 以 $\theta$ 角度倾斜,  $\theta$ 大于 $0^\circ$  小于 $90^\circ$ 。当确定 $\theta$ 角度的大小使得每个催化剂元件1 的最长的凸条2 a 的两端分别与边壁1 2 a 和1 2 b 在接近气体通道的入口和出口端的位置相接触时 (如图1 4 所示), 流经由邻近于最长凸条2 a 的平面部分3 a 所限定的平面通道 (缝隙通道) 的气流6 必然会流过最长凸条2 a 而到达出口端, 从而使气体与催化剂接触的程度增加。

另一方面, 当确定 $\theta$ 角度的大小使得每一催化剂元件1 的最长凸条2 a 的两端分别位于气体通道的入口和出口端时 (如图1 5 所示), 流进由邻近于最长凸条2 a 的平面部分3 a 所限定的缝隙通道中的气流6 不必流过最长凸条2 a 而能流过缝隙通道到达出口端。在这种情况下, 气体与催化剂接触的程度比图1 4 中所描述的情况要小。

在图4 3 所示的现有的催化单元中, 所有催化剂元件1 的凸条2 都与气流6 的方向平行。因此每个催化剂元件1 相对于与气流6 平行的方向都有一个大的弯曲度, 而相对于与气流6 垂直的方向有一个小的弯曲度。因此, 如图4 9 所示, 催化剂元件容易弯曲, 而且催化剂元件1 之间的空间的宽度不规则。

在按照本发明的催化单元中, 交替的催化剂元件1 的凸条2 与气流6 的方向以大于 $0^\circ$  小于 $90^\circ$  的一个角度倾斜, 相应于与气流6 的方向垂直的方向的刚性增强, 催化剂元件1 不会弯曲。因此, 气流通道面积很少不规则地变化, 可以形成具有规则变化的气流通道面积的气体通道。规则变化气流通道面积的气体通道加上凸条2 和2 ' 的气体混合效应, 使得形成催化反应效率低的区域的可能性大大地降低。

因此, 本发明不仅可以有效地阻止由于气体通道的气流通道面积的不规则变化而引起的催化性能的下降, 还可以有效地减小形成具有不规则变化区域面积的气体通道的可能性。虽然凸条2 和2 ' 可扰动气流6 从而促进催化反应组份与催化表面之间的接触并提高活性, 但由催化剂元件1 和1 ' 所引起的压力降与由垂直

于气流6 方向延伸的凸条2 和2' 堆积而成的催化单元所引起的压力降相比要小, 这是由于催化剂元件1 和1' 是如此交替排列的, 使得凸条2 和2' 沿与气流6 的方向成大于 $0^\circ$  小于 $90^\circ$  的角度延伸。

按照本发明的平板催化剂元件的凸条可以是任何形状, 条件是凸条和平面部分彼此平行地交替排列。凸条的截面可以是如图3 (a) 到3 (e) 所列举的曲线型、锯齿形和凹凸形截面中的任何一种。

虽然对从平面部分的表面起算的凸条的高度没有任何特殊的限制, 用于脱硝化的催化剂元件的凸条的合适的高度在 $1.5$  至 $1.4$  mm 的范围内。高度过小会使压力降增加, 而高度过大会使获得同样性能的催化剂的体积增加。平面部分的宽度取决于催化剂元件的弯曲度; 较大的宽度更有利, 但条件是催化剂元件不弯曲, 因为较大的宽度可以更有效地减小压力降。合适的宽度是从平面部分的表面起算的凸条的高度的 $5$  到 $2.5$  倍。通常用于脱硝反应的催化剂元件的平面部分的宽度在大约 $10 - 150$  mm 的范围内。

下面将要描述一种按照本发明的采用由加工的穿孔基板形成的催化剂元件的催化单元。

先举一个采用金属板条作为穿孔基板的例子。通过加工, 例如, 一个薄的金属板得到一个具有按 $1 - 5$  mm 间距排列的网眼的金属板条, 在用铝或类似金属喷涂糙化其表面以后通过用含有催化剂的浆液直接涂敷金属板条使网眼不被浆液所堵塞, 或者用含有催化剂的浆液将金属板条完全涂敷再由压缩空气吹扫被完全涂敷的金属板条使其网眼开通而不被浆液堵塞, 从而制造出具有负载有催化剂的金属板条并且相应于穿孔板的孔的网眼开通的催化剂元件。

催化剂元件可以是所有网眼都开通, 也可以是部分为开通其余为封闭。下面的催化剂元件具有特别优越的催化性质。

(1) 具有被催化剂涂敷而其网眼被催化剂堵塞的平面部分, 而其间的隔离段的凸条如图3 所示沿固定方向延伸并具有未被催化剂堵塞的网眼的催化剂元件。

(2) 具有被催化剂涂敷而其网眼未被催化剂堵塞的平面部分, 以及上面所述形状的具有被催化剂堵塞的网眼的凸条的催化剂元件。

(3) 具有网眼被催化剂堵塞的平面部分和凸条的催化剂元件。

催化剂元件 (3) 一般与催化剂元件 (1) 和 (2) 结合使用。

图1 6 至图2 0 表示按照本发明的在形成催化单元的催化剂元件1 之间的空间和由加工的金属板条形成的空间中气流6 的典型路线。图1 6 到图1 9 所表示的催化单元是由催化剂元件1 堆积而构成, 其中每个催化剂元件1 的凸条2 与位于其下面的催化剂元件的凸条2 彼此垂直。在图1 6 中, 所有的催化剂元件1 的负载催化剂的金属板条上的网眼都是开通的; 在图1 7 中, 只是形成催化剂元件1 的凸条2 的负载催化剂的金属板条上的那部分的网眼是开通的; 在图1 8 中, 只是形成平面部分3 的负载催化剂金属板条上的那部分的网眼是开通的; 在图1 9 中, 金属板条的所有网眼被堵塞的催化剂元件1 与金属板条的所有网眼都开通的催化剂元件1 ' 交替地堆积。

图2 0 表示按照本发明的从催化单元的上部斜视的催化单元的一部分。该催化单元由多个仅在凸条2 中具有开通网眼的催化剂元件1 堆积而构成, 两个相邻催化剂元件1 的凸条2 的隆起部分相互交叉而在该相邻催化剂元件1 之间形成一个气体通道, 使得部分气体相对于气流6 的方向被连续或阶段式地阻断。图2 0 表示在由催化剂元件交替堆积而构成的催化单元中的气流6 , 其中凸条2 相对于气流6 的方向以一个大于 $0^{\circ}$  小于 $90^{\circ}$  的角度倾斜。

如图1 6 至图2 0 所示, 当沿垂直于气流6 方向延伸的凸条2 或者与气流6 方向成一个角度延伸的凸条2 对于气流6 的阻力增加时, 气体通过开通网眼4. (图2 0) 从一个通道流入另一个与之相邻的通道中, 两个通道之间由催化剂元件1 隔开。结果气流6 被搅动 (扰动) 而增强了催化活性。由凸条2 引起的压力降因气体流过催化剂元件1 的网眼而被减小, 因此催化单元的气流损失较小。由于图2 0 所示的催化剂元件1 的凸条2 与气流6 的方向以大于 $0^{\circ}$  小于 $90^{\circ}$  的角度倾斜, 从而流入催化单元中的气体斜着撞击在凸条2 上, 与图1 6 到图1 9 所示催化单元中气流通道面积的减小相比, 气体通道的气流通道面积不是急剧地减小而是逐渐并且连续或阶段式地减小, 所以气流不是被凸条2 过分地阻塞。因此, 压力降可以用搅动效应进一步减小从而有效地改善并保持其活性。

按照本发明的采用这种孔板的催化单元具有优良的气体混合和搅动效果, 可增强和促进催化性能, 并具有优良的减少气流损失的效应。

按照本发明的具有由加工的孔板形成的催化剂元件并且按照其凸条是以一个大于 $0^{\circ}$  小于 $90^{\circ}$  的角度倾斜而堆积的催化单元可以是按照图6 (a) 到6 (

d) 所示结构中的任何一种所形成。

按照本发明的由加工的孔板形成的催化剂元件可以用于构成一个具有带较低高度凸条2'的催化剂元件1'和带较大高度凸条2的催化剂元件1而且彼此如图2 1所示交替排列堆积在一起的催化单元8,也可以用于构成一个具有带不同高度的两种类型凸条2和2'的催化剂元件而且按图2 7所示相邻催化剂元件1的相应凸条2和2'的隆起部分彼此垂直的方式堆积在一起的催化单元8。另外一种催化单元(未画出)可以由具有不同高度的两类凸条2和2'的催化剂元件1和具有相同高度凸条2的催化剂元件1交替堆积而构成。

本发明包括一种如图2 1所示的催化单元8,它由分别具有较大高度凸条2和较低高度凸条2'的催化剂元件1和1'交替堆积而构成,凸条2和2'互相垂直(如图2 1)交叉或者以一个小于 $0^\circ$ 大于 $90^\circ$ 的角度交叉。

在如图4 4所示的催化单元8中,相邻催化剂元件1的相应凸条2的隆起部分互相垂直,凸条2具有相同的高度,而且凸条2必须以较大的间距排列以使催化单元8的气流阻力限制在较小的值;这就是说,催化单元8的凸条2的数量必须较少以便将气流阻力限制在较小的值,这必然会使气体不能满意地被扰动。

催化单元8的气流阻力是由于由凸条2形成的伸缩通道产生的湍流而引起的气流动能的损失而引起的。由于该动能的损失主要取决于气体通道部分的堵塞性能(通道的开通率),开通率越大(即凸条2越低),则气流阻力越小。因此,以较小高度形成催化剂元件1的凸条2以增加废气通道的开通率对于减小气流阻力是很有效的,其中催化剂元件1的具有隆起部分的凸条2垂直于气流6方向延伸。

本发明的发明者对气流的扰动效应对促进质量传递的作用进行了如下研究。在一个由具有按固定间隔排列的凸条从而使相邻催化剂元件的相应凸条的隆起部分互相垂直的催化剂元件堆积而构成的催化单元中,将具有不同高度凸条的两个相邻催化剂元件之间的通道的气流通道面积进行改变以测验催化剂性能与气流阻力之间的关系。研究的结果如图2 3所示。

实验时采用一种由具有不同高度的相应凸条2和2'的两类催化剂元件1和1'(如图2 2所示)堆积而构成的催化单元,凸条2和2'的隆起部分互相垂直延伸。催化剂元件1的凸条2从平面部分3的表面算起具有 $h_1$ 的高度并且按间距 $P_1$ 排列。催化剂元件1'从平面部分3'的表面算起具有 $h_2$ 的高度并且按间距 $P_2$ 排列。

一种催化单元是由具有高度 $h_1 = 6 \text{ mm}$ 的凸条2的催化剂元件1和具有高度 $h_2 = 4 \text{ mm}$ 的凸条2'的催化剂元件1'交替堆积而构成, 催化剂元件1的凸条2垂直于气流方向而催化剂元件1'的凸条2'平行于气流方向; 另一种催化单元是由具有凸条2的催化剂元件1和具有高度为 $h_2 = 4 \text{ mm}$ 的凸条2'的催化剂元件1'交替堆积而构成, 催化剂元件1的凸条2的隆起部分平行于气流方向而催化剂元件1'的凸条2'垂直于气流方向; 将这两种催化单元进行对比, 对比的结果如图2 3所示。

从图2 3可以明显看出, 由具有高度 $h_1 = 6 \text{ mm}$ 的凸条2的催化剂元件1和具有高度 $h_2 = 4 \text{ mm}$ 的凸条2'的催化剂元件1'交替堆积而构成并且催化剂元件1的凸条2垂直于气流方向而催化剂元件1'的凸条2'平行于气流方向的催化单元, 与由具有高度 $h_1 = 6 \text{ mm}$ 的凸条2的催化剂元件1和具有高度 $h_2 = 4 \text{ mm}$ 的凸条2'的催化剂元件1'交替堆积而构成并且催化剂元件1的隆起部分的凸条2平行于气流方向而催化剂元件1'的凸条2'垂直于气流方向的催化单元相比较, 二者脱硝能力基本相同, 而具有垂直于气流方向的高度 $h_2 = 4 \text{ mm}$ 的凸条2'的催化单元的气流损失只有具有垂直于气流方向的高度 $h_1 = 6 \text{ mm}$ 的凸条2'的催化单元气流损失的60%。

同样, 由具有高度 $h_3 = 3 \text{ mm}$ 且垂直于气流方向的凸条2'的催化剂元件1'和具有高度 $h_1 = 7 \text{ mm}$ 的凸条2的催化剂元件1的结合使用的催化单元可以进一步减小气流阻力。已经知道气流阻力的减小对于质量传递速率减小的影响较小。

因此, 更可取的是不必要有具有较大高度的可促进扰动的凸条的催化单元; 高度较低的凸条对于减小气流阻力是更可取的, 条件是凸条能够有效地扰动气体(能够减小催化表面上形成的片状膜层的厚度)。

在图4 4所示的现有的催化单元中, 凸条2之间的间隔(平面部分3的宽度)必须减小以便当凸条2的高度减小时能获得满意的性能。凸条之间间隔的减小使得凸条2的数量增加至超过了其必要的数量并且增大了气流阻力。

因此, 本发明包括一由具有多个交替排列的直线型凸条和多个平行于凸条的平面部分的催化剂元件交替堆积而构成的催化单元, 如图2 2 (a)和2 2 (b)所示, 其中具有不同高度的相应凸条2和2'的两种类型催化剂元件1的1'交替堆积, 使得凸条2和2'互相垂直。

虽然对这两种类型催化剂元件的凸条的高度没有特别的限制，但用于脱硝反应的催化剂元件的凸条的高度（如图2 2 (a) 和2 2 (b) 所示）希望是在下列范围内：

高度 $h_1$ （较高的凸条2）：

3 - 14 mm，更优选的是3 - 10 mm

凸条2 的隆起部分平行于气流方向。

高度 $h_2$ （较低的凸条2'）：

2 - 6 mm

凸条2' 的隆起部分垂直于气流方向。

如果凸条2' 的高度 $h_2$  与凸条2 和高度 $h_1$  相比太大，则催化单元的气流阻力与图4 4 所示的现有的催化单元的气流阻力一样大。如果凸条2' 的高度 $h_2$  与凸条2 的高度 $h_1$  相比太小，则尽管气流阻力较小，但催化剂元件1' 的凸条2' 的气体扰动效果不理想，需要增加催化体积才能获得相同的能力。

因此，当将具有不同高度的凸条2 和2' 的催化剂元件1 和1' 结合用于构造一个催化单元时，比较合适的较高凸条2 的高度与较低凸条2' 的高度的比例为3 / 2 到7 / 3 的范围。

虽然将以较小间距 $P_2$  以垂直于气流方向设置凸条2' 的隆起部分而形成催化剂元件1' 的凸条2' 对减小气流阻力是有利的，但通常间距 $P_2$  在大约30 到200 mm 范围内时可获得大体满意的质量传递促进效果。

对具有隆起的且平行于气流方向的较高凸条2 的催化剂元件1 的凸条2 的间距 $P_1$  没有特别的限制。凸条2 可按任何合适的间距排列，只要该间距可使催化剂元件1 具有合适的强度并使催化单元可获得气体通道。

在图2 1 所示的催化单元中，具有较高凸条2 的催化剂元件1，凸条2 可以设有平行于气流6 方向的隆起部分，具有较低凸条2' 的催化剂元件1' 可以与气流6 方向以一个大于 $0^\circ$  小于 $90^\circ$ ，例如 $30^\circ$  到小于 $90^\circ$ ，更优选的是 $40^\circ$  到 $80^\circ$  的角度在凸条2' 上倾斜设置隆起部分。催化剂元件1 和1' 的这种排列可以扰动气流6 而不会引起气流阻力的明显增加。如果催化剂元件1' 的凸条2' 的隆起部分相对于气流6 方向的倾斜角度太小，则气流6 不能被有效地扰动。

具有两种不同高度凸条的一种催化剂元件或者相应具有不同高度的两种催化剂元件可以通过加工孔板而形成, 由此可制造图1 6 到图2 0 的催化剂元件。

本发明包括一个由多个催化剂元件1 堆积而成的催化单元, 每个催化剂元件1 具有如图2 6 所示的交替排列的较高凸条2 和较低凸条2 ' 的凸条组和平面部分3 , 相邻催化剂元件1 的相应凸条2 和2 ' 的隆起部分相互垂直延伸。图2 7 中所示的催化单元可以由具有不同高度的两类凸条2 和2 ' 的催化剂元件1 和具有相同高度凸条的催化剂元件1 交替堆积而构成, 催化剂元件1 的凸条的隆起部分和催化剂元件1 ' 的凸条的隆起部分相互垂直延伸。

按照本发明, 催化剂元件1 的凸条2 和2 ' 可以是任何形状, 条件是凸条组2 和2 ' 与平面部分3 交替形成并且相互平行。例如凸条2 和2 ' 的截面可以是图2 8 (a) 到图2 8 (e) 所示的截面中的任何一种。

虽然对催化剂元件1 的具有如图2 9 所示一些形状的两类凸条2 和2 ' 的高度没有特别的限制, 但用于脱硝反应的催化单元的凸条2 和2 ' 的高度希望是在下列范围内:

高度 $h_1$  (较高凸条2) :

3 - 14 mm, 更优选的是3 - 10 mm

凸条2 的隆起部分平行于气流的方向。

高度 $h_2$  (较低凸条2') :

2 - 6 mm。

如果较低凸条2' 的高度 $h_2$  与较高凸条2 的高度 $h_1$  相比太大, 则催化单元的气流阻力增加。如果较低凸条2' 的高度 $h_2$  与较高凸条2 的高度 $h_1$  相比太小, 尽管气流阻力较小, 但较低凸条2' 的气体扰动效果不理想, 需要增加催化剂体积才能获得相同的能力。

虽然以较大间距 $P_1$  形成较高凸条2 对减小气流阻力是有利的, 但通常间距 $P_1$  在大约70 - 250 mm 的范围内时可获得大体满意的质量传递促进效果。

在图4 4 所示的催化单元8 中, 相邻催化剂元件1 的相应凸条2 的隆起部分相互垂直, 凸条2 具有相同的高度, 而且凸条2 必须以比较大的间距排列以使催化单元8 的气流阻力限制在较小的值; 这就是说为了将气流阻力限制在较小的值, 图4 4 所示的催化单元8 的凸条2 的数目必须较少, 结果气体就不能满意地被扰

动。

因为由催化单元8 的凸条2 形成的通道的伸缩产生的湍流而引起的气体流动的能量损失主要取决于气体通道部分的堵塞性质（通道的开通率），开通率越大即凸条2 越低，则上述气流阻力就越小。因此，采用如图2 7 所示的由各具有图2 6 所示不同高度的两种类型凸条2 和2 ' 的催化剂元件1 交替堆积而构成的催化单元8 对于减小气流阻力很有效。图3 0 表示气流6 在由各带有两种类型不同高度凸条2 和2 ' 的催化剂元件1 所限定的通道中的典型流动模型。

从图2 3 所示的由本发明的发明者进行的气体湍流质量传递增强效果的研究结果可以看出，具有较大高度凸条（即湍流促进设备）的催化单元不是优选的，而具有较低高度凸条的催化单元对于减小气流阻力是合乎需要的，催化表面上形成的片状膜层的厚度可以被减小。在采用如图2 6 所示的催化剂元件1 的催化单元中也表现出这些事实。

例如，虽然在图2 7 所示催化单元中催化剂元件1 的凸条2 和2 ' 沿垂直于气流6 方向延伸设有隆起部分，但催化剂元件1 的凸条2 和2 ' 也可以相对于气流6 方向以一个大于 $0^\circ$  小于 $90^\circ$ ，例如一个从 $30^\circ$  到小于 $90^\circ$  范围的角度，更优选的是一个从 $40^\circ$  到小于 $80^\circ$  的角度倾斜设置隆起部分。催化剂元件1 的这种布置可以扰动气流6 而不会使气流阻力带来明显的增加。

本发明包括一个由具有如图3 2 所示截面和两种类型的高度不同且具有如图3 2 所示截面形状的凸条2 和2 ' 的催化剂元件1 堆积而构成的催化单元，相邻催化剂元件1 的相应凸条2 和2 ' 的隆起部分互相垂直，而且交替的催化剂元件1 的不同高度的两类凸条2 和2 ' 以垂直于气流6 的方向延伸（图2 7），其中，设有沿垂直于气流6 方向延伸的凸条2 和2 ' 催化剂元件1 的两个端点，相对于气流方向，到同一催化单元相应端点的第一个凸条2 a 的距离 $L_1$  和 $L_2$  是相邻催化剂元件1 之间间距 $T$ （图2 7）的八倍或者更低。

当相邻催化剂元件1 之间的间隔 $T$  为6 mm 时，从催化剂元件1 的两端到其相应端点的第一个凸条2 a 的距离 $L_1$  和 $L_2$  为5 0 mm 或更短，合适的范围是5 - 3 0 mm，而催化剂元件的凸条之间的间距 $L_3$  为6 0 mm。

催化单元可以由图3 1 所示的具有以给定间距 $L_3$  排列的凸条2 的催化剂元件1 堆积而构成， $L_3$  的值可以通过等分催化剂元件的1 两端分别与第一个凸条2 a 之间的距离  $[(L - (L_1 + L_2))]$ （其中 $L$  为两个端点之间的距离）使

得间距 $L_3$  为催化剂元件1 之间间隔 $T$  (图2 7 ) 的1 0 到2 3 倍而得到。

当从催化单元相对于气流方向的入口端和出口端到与入口端和出口端相应的第一个凸条2 a 的距离 $L_1$  和 $L_2$  这样确定时, 催化剂元件1 的边缘部分不会像图4.5 那样弯曲, 在催化单元8 的入口端和出口端中可以获得预定的气体通道。

当多根凸条2 以间距为 $L_3$  的相等间隔排列从而使催化剂元件1 两个相对端点与第一个凸条2 a 之间的压力降较小时, 可以阻止气流阻力的增加。

因此, 在由平板催化剂元件1 堆积而构成的催化单元中, 压力降可以被减小, 催化能力的降低可以被阻止, 所述的催化单元中, 相邻催化剂元件1 的凸条2 和2 ' 的隆起部分互相垂直延伸。

上述催化剂元件根据本发明通过合适的结合而用于构造催化单元。

本发明的催化单元可用于处理气体的各种催化反应装置中, 例如催化去臭装置、催化燃烧器和燃料重整炉中。本发明的催化单元在废气脱硝装置中的应用是本发明的最典型的用途, 可用于在氨存在下减少废气中所含 $\text{NO}_x$  而使废气脱硝。例如, 一个具有至少一个本发明的催化单元的脱硝装置(图1 2 ) 能够以高的 $\text{NO}_x$  脱去效率使废气脱硝而废气的压力降却较低, 该催化单元设在含 $\text{NO}_x$  的废气的通道中, 所述的催化剂元件涂敷有脱硝催化剂。

压力降可以限制在系统(如工厂) 可允许的范围内, 其中所用的脱硝装置采用了本发明的一种含有前面所述有脱硝催化剂涂敷的催化单元的催化单元, 并如图1 3 所示结合了一个含有平行于气流方向延伸设置的凸条的催化剂元件的普通的低压降脱硝装置(一种具有蜂窝型截面结构的蜂窝状脱硝装置, 或者一种如图4 3 所示的具有由多个有一定间隔的平板堆积而构成的结构的平板型脱硝装置)。

因为某些系统, 例如工厂, 对催化单元的压力降有限制, 而且在某些情况下, 当只采用本发明的催化单元时所引起的压力降很高, 此时通常可以将本发明的催化单元与一种可引起低压力降的普通催化单元结合使用而将压力降限制在可允许的范围内。

本发明的催化剂元件对在催化单元中气体的混合具有高的效率。因此, 与那些产生更少压力降的催化脱硝装置的出口相比, 即使催化脱硝装置的入口端的氨浓度存在局部不均匀, 催化脱硝装置出口端的氨浓度的不均匀度很低, 使得安装

在催化脱硝装置下游侧的催化装置可以有效地操作。

#### 附图有简要说明

- 图1 为一个按照本发明的实施方案中的一种催化单元的局部透视图；  
图2 为一个按照本发明的实施方案中的一种催化单元的局部透视图；  
图3 (a)、3 (b)、3 (c)、3 (d) 和3 (e) 为本发明中采用的具有凸条的催化剂元件的截面图；  
图4 为本发明的一种实施方案中所采用的一种催化剂元件的截面图；  
图5 为按照本发明的一种实施方案中的催化剂元件的透视图；  
图6 (a)、6 (b)、6 (c) 和6 (d) 为用于帮助解释按照本发明的一个实施方案中使用的催化剂元件的堆积模型的平面示意图；  
图7 为用于帮助解释本发明的效果的描述催化单元中的气流的示意图；  
图8 (a) 和8 (b) 为按照本发明的一个实施方案中的一种催化单元的局部透视图；  
图9 为按照本发明的一个实施方案中的一种催化单元的局部透视图；  
图10 为表示被对比例1 的脱硝能力归一化的本发明的实施例1 的脱硝能力的简图；  
图11 为表示被对比例1 引起的压力降归一化的本发明的实施例1 引起的压力降的简图；  
图12 为包括两个按照本发明的一个实施方案的顺序排列在废气通道中的催化单元的废气纯化装置的方框简图；  
图13 为包括本发明的一个实施方案的催化单元和一个安装在该催化单元的下游侧的气体通道中的可引起低压力降的脱硝装置的废气纯化装置的方框简图；  
图14 为安装在气体通道中的本发明的一个实施方案的催化单元的平面示意图；  
图15 为本发明的一个实施方案的催化单元的平面示意图；  
图16 为本发明的实施例8 中的催化单元中气流的侧示草图；  
图17 为本发明的实施例9 中的催化单元中气流的侧示草图；  
图18 为本发明的实施例10 中的催化单元中气流的侧示草图；  
图19 为本发明的实施例11 中的催化单元中气流的侧示草图；  
图20 为表示在本发明的实施例12 或实施例13 中的催化单元中气流的透视图；  
图21 为本发明的实施例14 和15 中催化单元的透视图；  
图22 (a) 和22 (b) 分别为本发明的实施例14 和15 使用的催化剂元件的透视图；  
图23 为表示设有不同高度凸条的催化单元的催化剂元件的特性的简图；

图2 4 为本发明的实施例1 4 和对比例7 和8 中催化单元的催化能力的流速特性的曲线图;

图2 5 为本发明的实施例1 4 和对比例7 和8 中催化单元产生的压力降的流速特性的曲线图;

图2 6 为本发明的实施例1 6 中采用的催化剂元件的透视图;

图2 7 为实施例1 6 中采用的催化单元的透视图;

图2 8 (a)、2 8 (b)、2 8 (c)、2 8 (d) 和2 8 (e) 为可用于本发明的实施例1 6 中的催化剂元件的凸条的例子侧视图;

图2 9 为可用于本发明的实施例1 6 的催化剂元件的局部截面图;

图3 0 为表示实施例1 6 所用催化单元中的气流的截面图;

图3 1 为本发明的实施例1 7 -1 到1 8 -3 中所用催化剂元件的侧视图;

图3 2 为本发明的实施例1 7 -1 到1 8 -3 类似等中所用催化剂元件的侧视图;

图3 3 为实施例1 7 -1 和1 8 -1 以及现有技术的催化剂活性的对比曲线图;

图3 4 为实施例1 7 -2 和1 8 -2 以及现有技术的催化活性的对比曲线图;

图3 5 为实施例1 7 -3 和1 8 -3 以及现有技术的催化活性的对比曲线图;

图3 6 为表示催化剂元件的凸条间距与压力降之间关系的曲线图;

图3 7 为表示催化剂元件的凸条间距与压力降之间关系的曲线图;

图3 8 为表示催化剂元件的凸条间距与压力降之间关系的曲线图;

图3 9 为本发明的实施例1 和8、对比例2 的催化单元和图4 7 所示催化单元1 1 的总反应速率与气体流速之间关系的曲线图;

图4 0 为本发明的实施例1 和8、对比例2 的催化单元和图4 7 所示催化单元1 1 的压力降与气体流速之间关系的曲线图;

图4 1 为本发明的实施例1 和8、对比例2 的催化单元和图4 7 所示的催化剂元件1 1 在相同脱硝能力基准下所产生的压力降数据的对比简图;

图4 2 为按照本发明的包括两个低压力降催化脱硝装置的废气纯化装置的方框简图;

图4 3 为一种现有的催化单元的侧面透视图;

图4 4 为一种现有催化单元的透视图;

图4 5 为帮助解释图4 4 的催化单元中存在问题的视图;

图4 6 为一种现有的催化单元的平面图;

图4 7 为按照类似于图4 6 所示的方式将催化剂元件堆积而构成的催化单元的透视图;

图4 8 为帮助解释现有技术中的存在问题的催化单元的局部透视图;

图4 9 为帮助解释现有技术中的存在问题的催化单元的局部透视图;

图5 0 为帮助解释现有催化剂元件堆积模型的视图;

图5 1 为表示将催化剂元件按图5 0 所示模型堆积而构成的催化单元中气体流动的典型视图。

### 实施本发明的最佳方式

下面将描述本发明的优选实施方式。

首先描述本发明的包括有以相对于气流方向以大于 $0^\circ$  小于 $90^\circ$  角度倾斜设置有凸条的催化剂元件的催化单元。

### 实施例1

将6.7 kg 偏钛酸浆液 (30% (重量)  $TiO_2$ , 8% (重量)  $SO_4$ )、2.4 kg 仲钼酸铵 ( $(NH_4)_6MO_7O_{24}H_2O$ ) 和1.28 kg 偏钒酸铵 ( $NH_4VO_3$ ) 揉和混合并通过加热揉合机蒸发其中所含水份, 制成含水量大约为36%的膏状物。将该膏状物挤成3 mm 直径的圆线, 将该圆线造粒而得到的颗粒在流化床干燥器中干燥, 然后将该干燥的颗粒在 $250^\circ C$ 的空气中烘烤2.4 小时得到小颗粒。将该小颗粒在锤磨机中碾碎, 得到平均粒度为 $5 \mu m$  的粉末, 作为第一组份。该第一组份的组成为 $V / Mo / Ti = 4 / 5 / 91$  (原子比)。

将2.0 kg 由此得到的粉末、3 kg 无机 $Al_2O_3 \cdot SiO_2$  纤维和1.0 kg 水混合物在揉合机中揉和1 小时, 得到粘土状催化膏状物。通过用该催化膏状物喷雾涂敷在经SUS-304 表面处理的、被铝粗糙化的、形成了 $500 mm$  宽 $0.2 mm$  厚金属板条网眼的部分, 得到厚度约为 $0.9 mm$ , 长度为 $500 mm$  的平催化板。加工该平催化板, 得到具有波浪型截面并如图2 所示在平面部分3 之间以一定间距排列的凸条2 的催化单元, 然后, 将该加工过的催化板空气干燥以后在空气中于 $550^\circ C$  焙烧2 小时得到催化剂元件1。在如图4 所示催化剂元件1 中, 从平面部分3 的表面起算的凸条2 的高度 $h$  为 $2.5 mm$ , 平面部分3 的宽度 $P$  为 $80 mm$ 。

将由此得到的催化剂元件1 切割成矩形形状, 使得凸条2 与每个催化剂元件1 的一个边缘成 $45^\circ$  角倾斜而完成如图5 所示的矩形催化剂元件1。将催化剂元件1 和那些上侧朝下翻转的催化单元在一个具有 $2 mm$  厚度的壁 (未画出) 的外壳中如图1 所示交替堆积, 构成一个如图6 (a) 所示的 $150 mm \times 150 mm \times 500 mm$  (长) 的层状型催化单元。

将该催化单元安装在气体通道中，使催化剂元件1的凸条2如图1所示与气流6方向成 $45^\circ$ 倾斜。由于催化剂元件1具有相同的形状，而且催化单元可以通过将催化剂元件1和那些上侧向下翻转的元件交替堆积而简单地构造，因此该催化单元可以以较低制造成本大量生产。

### 实施例2

通过交替堆积催化剂元件1（实施例1的催化单元切成矩形形状使得凸条2与边缘1a成 $45^\circ$ 角倾斜）和催化剂元件1'（催化单元切成矩形使得凸条2与特定边缘1a平行）而构成具有如图6（b）或6（c）（图8（a）或8（b））所示结构的催化单元。将该催化单元按照使催化剂元件1的凸条2与气流6方向成 $45^\circ$ 角倾斜的方式安装在气体通道中。

### 实施例3

将由在实施例2中使用的催化剂元件1和催化剂元件1'按图6（b）所示叠加而形成的催化板组与由催化剂元件1和1'按图6（c）所示叠加而形成的催化板组如图6（d）所示交替堆积，得到如图9所示的一种催化单元。将该催化单元按照催化剂元件1的凸条2与气流6方向成 $45^\circ$ 角倾斜的方式安装在一个气体通道中。

### 对比例1

通过加工平面催化板（由此得到实施例1的催化剂元件1）得到如图2所示的具有从平面部分3的表面起算的高度为5 mm的凸条2的催化剂元件1，然后将由此得到的催化剂元件1切割成矩形形状使得其凸条2平行于每个催化剂元件1的一个特定边缘1a，从而完成矩形催化剂元件1。将该催化剂元件1在一个外壳4中如图4-3所示堆积而构成一个 $150\text{ mm} \times 150\text{ mm} \times 500\text{ mm}$ （深度）的催化单元8。将该催化单元8按照催化剂1的凸条2沿平行于气流6的方向延伸的方式安装在一个废气通道中。

将实施例1到3和对比例1中每个催化单元安装在一个形成废气通道的反应器中，将一种LPG燃烧废气通过反应器，在表1所列条件下测试实施例1-3和对比例1中的催化单元的脱硝能力。测定了催化单元的废气出口端的 $\text{NO}_x$ 浓度分布并检测废气流的均匀性。测定结果列于表2中。

表1

反应温度	350 °C
表面速度	60 m/h
废气	LPG 燃烧废气
NO	90 ppm
NH <sub>3</sub>	108 ppm

表2

催化单元	出口端NOx浓度 (ppm)		平均脱硝效率 (%)
	平均	标准偏差	
实施例1	10.5	2.3	89
实施例2	15.3	3.1	83
实施例3	14.4	3.0	84
对比例1	31.5	9.9	65

从表2 结果可以明显看出, 实施例1、2 和3 中的催化单元废气出口端的NO<sub>x</sub> 浓度分布范围很窄, 而且在相应的催化单元的整个截面上, 废气在实施例1、2 和3 的催化单元中的流动是均匀的。实施例1、2 和3 的催化单元的平均脱硝效率远远高于对比例1。图7 所示催化单元的凸条2 的阻塞效应加上均匀的通道形状使得实施例1、2 和3 中的催化单元具有高的脱硝能力。

#### 实施例4

将与实施例1 中使用的相同的催化剂元件1 切成一种矩形形状使得其凸条2 与一个特定边缘1 a 以30° 倾斜, 得到如图5 所示的矩形催化剂元件1。将催化剂元件1 和那些上侧向下翻转的催化剂元件在一个具有2 mm 厚外壁的外壳 (未画出) 中按图1 所示交替堆积, 构成一个如图6 (a) 所示的150 mm × 1

50 mm × 500 mm (长) 的层状催化单元。

如图1所示, 将这种催化单元按照催化剂元件1的凸条2与气流6方向以30°倾斜的方式安装在一个废气通道中。

#### 实施例5

通过用实施例1中制造催化剂元件1的相同方法构造成如图4所示形状的催化剂元件1, 切割该催化剂元件1以得到如图5所示的具有与一个边缘1a以一个60°的角度 $\theta$ 倾斜的凸条2的矩形催化剂元件1。将催化剂元件1和那些上侧向下翻转的催化剂元件在一个具有2 mm厚外壁的外壳(未画出)中按图1所示交替堆积, 构成如图6(a)所示的150 mm × 150 mm × 500 mm (长)的层状催化单元。

如图1所示, 将这种催化单元按照催化剂元件1的凸条2与气流6方向以60°倾斜的方式安装在一个废气通道中。

#### 对比例2

将催化剂元件1(图2)(由其制造出实施例1中采用的矩形催化剂元件1)堆积使得相邻催化剂元件1的相应凸条如图4所示相互垂直延伸得到一种催化单元。该催化单元沿平行于气流6方向在交替的催化剂元件1中设置凸条。

将实施例1、4和5以及对比例2中的各个催化单元安装在一个反应器中, 将LPG燃烧废气通过该反应器, 在表1所列条件下测定实施例1、4和5以及对比例2中催化单元的脱硝能力以及这些催化单元产生的压力降。图10表示被对比例1的脱硝能力归一化的脱硝能力, 图11表示被对比例1的压力降归一化的压力降。脱硝能力试验的条件是: 温度为350°C,  $\text{NH}_3 / \text{NO}$ 摩尔比为1:2, 气体流速为8 m/秒。

从图10和图11可以明显看出, 虽然对比例2具有高的脱硝能力, 但其产生的压力降较大。实施例1、4和5所产生的压力降几乎不同于对比例1所产生的压力降, 在对比例1中凸条2平行于气流的方向延伸。虽然脱硝能力略低于对比例2, 但实施例1、4和5仍具有令人满意的较高的脱硝能力。

从图10和图11可以明显看出, 当催化单元的凸条相对于气流方向的倾斜

角度大于 $30^\circ$  小于 $60^\circ$  时, 催化单元可以有效地表现其脱硝能力而不会明显引起气流的压力降。

### 实施例6

将通过堆积涂覆有脱硝催化剂的催化剂元件而构成的 $150\text{ mm} \times 150\text{ mm} \times 250\text{ mm}$  (深度) 的 (除了长度 (深度) 为 $250\text{ mm}$  以外其余都与实施例1 所用的相同) 两个催化单元如图1 2 所示沿气流方向串联排列, 在表1 所列条件下将一种气体通过该催化单元并测定压力降和脱硝效率。

将通过堆积涂敷有脱硝催化膏状物的催化单元而构成的 $150\text{ mm} \times 150\text{ mm} \times 250\text{ mm}$  (深度) 的 (除了长度 (深度) 为 $250\text{ mm}$  以外其余都与实施例1 所用的相同) 一个催化单元与一个引起小压力降的采用如图4 3 所示平板型催化单元的脱硝装置 ( $150\text{ mm} \times 150\text{ mm} \times 150\text{ mm}$ ) 如图1 3 所示串联排列在一个废气通道中, 其中含氮氧化物的废气沿图1 3 所示气流方向流动。平板型催化单元的催化剂元件1 用实施例1 所用的脱硝催化膏状物涂敷。催化单元安装在脱硝装置的上游侧。一种气体在表1 所列条件下通过该催化单元和该脱硝装置以测定压力降和脱硝效率。

### 对比例3

将两个可以引起较小压力降的与实施例7 中所用催化单元类似的催化单元沿如图4 2 所示气流方向串联排列。将一种气体在表1 所列条件下通过该催化元件以测定压力降和脱硝效率。

实施例6、7 和对比例3 中的催化单元的脱硝能力和压力降是通过在表1 所列条件下将一种L P G 燃烧气通过这些催化单元而测定的。测定结果列于表3 中。

表3

催化单元	脱硝效率 (%)	压力降 (mm H <sub>2</sub> O)
实施例6	8.9	1.4
实施例7	8.1	1.1
对比例3	6.5	9

从表3 可以明显看出, 虽然对比例3 即采用可引起较低压力降的催化单元的催化装置所引起的压力降相对较小, 但对比例3 的脱硝效率较低; 虽然实施例6 即采用本发明的催化单元的催化装置的脱硝效率很高, 但实施例6 引起的压力降大于对比例3 引起的压力降; 虽然实施例7, 即采用本发明的催化单元和安装在此单元下游侧的引起相对较低压力降的催化单元的催化装置的脱硝效率低于实施例6 的脱硝效率, 但实施例7 引起的压力降低于实施例6 引起的压力降。

在实施例7 中, 安装在可引起较小压力降的催化单元的上游侧的本发明的催化单元具有气体扰动效应。这种扰动效应减少了本发明催化单元口端的氨浓度分布的不规则性, 从而使安装在下游侧的催化单元能有效地工作。

以下将描述从孔板构造催化单元的实施例。

#### 实施例8

将—0.2 mm 厚, 500 mm 宽的SUS304 带加工成一个具有宽度为2.1 mm、以2.1 mm 的间距排列网眼的金属板条, 在该板条表面上通过铝喷涂工艺以100 g / m<sup>2</sup> 的量沉积上铝使该金属板条表面变粗糙, 将该金属板条加工成一个厚度为0.9 mm 并带有高度为h = 4.0 mm 的凸条和宽度为P = 80 mm 的平面部分的如图4 所示的催化剂负载板条, 然后将该催化剂负载板条切割成480 mm × 480 mm 的催化剂负载板条。

通过将实施例1 中所用的催化粉末分散在20 kg 水中制备成催化浆液, 将上述催化剂负载板条浸在该催化浆液中, 使催化剂负载板条涂敷上

500  $\mu\text{m}$  厚的催化浆液，用压缩空气吹扫该涂敷有催化浆液的催化剂负载板条以除去堵塞网眼的催化浆液，然后将此涂敷有催化浆液的催化剂负载板条在大气中于550  $^{\circ}\text{C}$  焙烘2 小时，得到催化剂元件1 。

将以预定尺寸成型好的催化剂元件1 在一个具有2 mm 厚外壁的箱体（未画出）中按如图4 4 所示堆积，使得相邻催化剂元件1 的凸条互相垂直延伸，构造成为150 mm  $\times$  150 mm  $\times$  480 mm （深）的催化单元8 。实施例8 中催化单元8 具有如图1 6 所示的典型截面。

#### 实施例9 和1 0

在实施例8 中使用的并涂敷有催化浆液的催化剂负载板条上，压缩空气仅吹扫其凸条2 的部分，因而只除去堵塞在凸条2 的网眼中的催化浆液，从而得到只有凸条2 具有开通网眼的催化剂元件1 。将该催化剂元件1 堆积而构成实施例9 的具有如图1 7 所示典型截面的催化单元。在实施例8 中使用的并涂敷有催化浆液的催化剂负载基板上，压缩空气仅吹扫其平面部分3 ，因而只除去堵塞在平面部分3 的网眼中的催化浆液，从而得到只有平面部分3 具有开通网眼的催化剂元件1 。将该催化剂元件1 堆积而构成实施例1 0 的具有图1 8 所示典型截面的催化单元。

#### 对比例4

将由20 kg 实施例8 中所用的催化粉末、3 kg  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  无机纤维和10 kg 水所组成的混合物在一个揉合机中揉和1 小时，制备成一种催化膏状物。将该催化膏状物用一个滚轮施用到0.2 mm 厚的SUS304 金属板条上（该板条的表面已通过铝喷涂而粗糙化），得到大约0.9 mm 厚480 mm 长的催化剂负载板条。将该金属板条加工成一种厚度为0.9 mm 并带有高度为 $h = 4.0$  mm 的凸条和宽度为 $P = 80$  mm 的平面部分的如图4 所示的催化剂负载板条，然后将该催化剂负载板条在大气中于550  $^{\circ}\text{C}$  焙烘2 小时，切割焙烘后的催化剂负载板条得到预定尺寸的催化剂元件1 ，将该催化剂元件1 在一个具有2 mm 厚外壁的的箱体中堆积使催化单元的凸条2 平行于气流方向构成一种如图4 3 所示的150 mm  $\times$  150 mm  $\times$  480 mm 的催化单元。

#### 实施例1 1

将在实施例8 中采用并且在所有区域都具有开通网眼的催化剂元件1 与在对

比例4 中采用并且所有区域的网眼都被催化膏状物所堵塞的催化剂元件1 交替堆积, 使前者催化剂元件1 的凸条2 垂直于气流方向延伸, 而后者催化剂元件1 的凸条2 平行于气流方向延伸, 构造成一种具有如图1 9 所示典型截面的1 5 0 m m ×1 5 0 m m ×4 8 0 m m (深) 的催化单元。

### 实施例1 2

将实施例8 的催化剂元件1 所使用的、并且在所有区域都具有通网眼的催化剂负载板切割成一个矩形形状, 使得其凸条2 相对一个特定边缘1 a 以4 5 °角倾斜 (如图6 ) , 从而得到催化剂元件1 。将该催化剂元件1 与那些上侧向下翻转的催化单元在一个具有2 m m 厚外壁的箱体中交替堆积, 构造成一种1 5 0 m m ×1 5 0 m m ×4 8 0 m m (深) 的催化单元。

### 实施例1 3

将实施例8 的催化剂元件1 所采用的并且仅仅在凸条2 的区域具有开通网眼的催化剂负载板切割成一个矩形形状, 使其凸条2 与一个特定边缘1 a (图6 ) 以4 5 °角倾斜, 从而得到催化剂元件1 。将该催化剂元件1 与那些上侧向下翻转的催化剂元件在一个具有2 m m 外壁的箱体中交替堆积, 构成一种1 5 0 m m ×1 5 0 m m ×4 8 0 m m 的催化单元, 其局部典型透视图见图2 0 。

### 对比例5

将对比例4 中所用催化单元在一箱体中堆积使交替的催化剂元件1 的凸条2 垂直于气流方向, 构成一种1 5 0 m m ×1 5 0 m m ×4 8 0 m m (深, 如图4 4 所示) 的催化单元。

### 对比例6

将除了凸条2 的高度为8 m m 以外其余都与实施例8 中所用的同的催化剂单元1 在一个具有2 m m 厚外壁的箱体中堆积并且所有的凸条2 都平行于气流方向, 构造成一种如图4 3 所示的1 5 0 m m ×1 5 0 m m ×4 8 0 m m (深) 的催化元件。

将实施例8 ~1 3 和对比例4 ~6 中的催化结构分别安装在一个反应器中, 将一种L P G 燃烧气在表1 所示条件下通过催化单元以测定它们的脱硝能力和由

这些催化单元引起的气流损失（压力降）。测定结果列于表4中。

表4

催化单元	气流损失 (mmH <sub>2</sub> O / m)	脱硝 (%)	反应速率 (m / h r)
实施例8	48.8	69.8	108
实施例9	33.5	60.2	83
实施例10	42.6	65.2	95
实施例11	27.0	65.5	75
实施例12	38.1	64.0	92
实施例13	28.0	58.1	78
对比例4	10.1	43.3	51
对比例5	80.8	73.3	119
对比例6	15.0	51.4	65

从表4可以明显看出，虽然对比例4和对比例6引起的气流损失较小，但其脱硝效率低，而且其反应速率只有实施例8~13的反应速率的0.5~0.7。结构与实施例8~13相同但其中的催化单元中所有网眼都堵塞的对比例5虽然其脱硝效率高，但它产生了大的气流损失。实施例8~10的相应脱硝效率和反应速率的效果基本上为同一水平，而由实施例8~10引起的气流损失只有对比例5所引起的气流损失的大约一半。

因此，本发明的包括具有开通网眼的催化剂元件的催化单元具有优良的脱硝能力，而相应引起的气流损失则较低。

下面将描述采用具有不同高度凸条2和2'的相应的两类催化剂元件1和1'，并且其凸条2和2'的隆起部分互相垂直延伸，进行堆积的实施例。

#### 实施例14

将由20kg实施例1中所用的催化粉末，3kg Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>

无机纤维和10 kg 水所组成的混合物在一个揉合机中揉和1 小时，制备成一种催化膏状物。将该催化膏状物用一个滚轮施用到0.2 mm 厚的S U S 3 0 4 金属板条上（该板条的表面已通过铝喷涂而粗糙化），得到大约0.9 mm 厚500 mm 长的催化剂负载板条。将该金属板条压制加工成一种厚度为0.9 mm 并带有高度为 $h_1 = 6$  mm 的波浪型凸条2 和宽度为 $P_1 = 120$  mm 的平面部分3 的如图2 2 (a) 所示的催化剂负载板条，和一种厚度为0.9 mm 并带有高度为 $h_2 = 4$  mm 的波浪型凸条2' 和宽度 $P_2 = 60$  mm 的平面部分3' 的如图2 2 (b) 所示的催化剂负载板条，然后将空气干燥后的这两种催化剂负载板条在在大气中于550 °C 焙烘2 小时，得到催化剂元件1 和1' ( $h_1 / h_2 = 4 / 6$ )。

将催化剂元件1 和1' 交替堆积使得其相应的凸条2 和2' 相互垂直，构造成一个150 mm × 150 mm × 500 mm (深) 的如图2 1 所示的催化单元8。该催化单元中催化剂元件1' 的较低的凸条2' 按垂直于气流方向设置。

#### 实施例1 5

将加工实施例1 4 的催化单元所用的金属板条的同样方法制得的金属板条加工成一种具有高度为 $h_1 = 7$  mm 的波浪型凸条2 和宽度为 $P_1 = 120$  mm 的平面部分3 的如图2 2 (a) 所示的催化剂负载板条和一种具有高度为 $h_2 = 3$  mm 的波浪型凸条2' 和宽度为 $P_2 = 60$  mm 的平面部分3' 的如图2 2 (b) 所示的催化剂负载板条，然后将经过空气干燥的这两种催化剂负载板条在大气中于550 °C 焙烘2 小时，得到催化剂元件1 和1' ( $h_1 / h_2 = 3 / 7$ )。

将催化剂元件1 和1' 交替堆积使得其相应的凸条2 和2' 相互垂直，构造成一个150 mm × 150 mm × 500 mm (深) 的如图2 1 所示的催化单元。该催化单元中催化剂元件1' 的较低的凸条2' 按垂直于气流6 方向设置。

#### 对比例7

将除了凸条2 的高度 $h = 5$  mm 以外其余都与实施例1 4 中所用的催化剂元件1 相同的催化剂元件按照所有凸条2 都彼此平行的方式在一个箱体中堆积，构造一种150 mm × 150 mm × 500 mm (深) 的如图4 3 所示的催化单元。该催化单元中催化剂元件1 的凸条2 按与气流6 方向平行的方式设置。

#### 对比例8

将对比例7中所用的催化剂元件1堆积,使得相邻催化剂元件的相应凸条2的隆起部分相互垂直,构造成一种150mm×150mm×500mm(深)的如图44所示的催化单元8。

#### 对比例9

将除了凸条2的高度 $h_1$ 为10mm以外其余都与实施例14中所用的催化剂元件1相同的催化剂元件1堆积在一起,构造成一种150mm×150mm×500mm(深)的如图43所示的催化单元。

将实施例14、15和对比例7~9中的催化单元8分别安装在一个反应器中,并在表1所列条件下将一种LPG燃烧气通过这些催化结构8以测定这些催化单元8的脱硝能力和气流阻力。测定结果列于表5中。

表5

催化单元	脱硝效率 (%)	气流阻力 mmH <sub>2</sub> O
实施例14	80	2.5
对比例7	65	1.6
对比例8	80	3.8
对比例9	53	8
实施例15	78	1.8

从表5可以明显看出,本发明的实施14和15中的催化单元8的气流阻力小于对比例8,而其脱硝能力与对比例8相当。

与对比例9的催化单元8相比,本发明的实施例14和15中的催化单元8在整个反应速率方面的高效率增强了其脱硝能力。

在实施例14中,由于具有高度 $h_1 = 6$ mm的凸条2的催化剂元件1(图22(a))和具有高度 $h_2 = 4$ mm凸条2的催化剂元件1'(图22(b))

交替堆积, 并且凸条2 和2' 的一个隆起部分搁在另一个隆起部分之上, 相邻催化剂元件1 和1' 之间的间隔为10 mm, 该间隔等于对比例8 和9 的催化单元8 中相邻催化剂元件1 之间的间隔。

从表5 所列测定结果可以看出, 由于在相同的表面速度下实施例1 4 脱硝效率高于对比例9, 因此如表6 所示在80%脱硝效率的情况下实施例1 4 所需的催化剂量小于对比例9, 并且实施例1 4 的催化单元与对比例9 相比可以以更紧密的结构来形成。

表6

催化单元	活性比例	催化剂的特定需要量 (长度)	对80%的压力降 (mmH <sub>2</sub> O)
实施例1 4	1.00	1.00	2.5
对比例7	0.65	1.54	2.5
对比例8	1.00	1.00	3.8
对比例9	0.47	2.13	1.7
实施例1 5	0.94	1.06	1.9

图2 4 显示了实施例1 4 和对比例7 与8 的催化活性随气体流速的变化; 图2 5 显示了实施例1 4 和对比例7 与8 的压力降随气体流速的变化。

从图2 4 可以看出, 与具有平行于气流方向的气体通道的对比例7 的催化单元相比, 实施例1 4 和对比例8 中的催化单元的催化活性随气流速度的增加而急剧增加。

当气流速度降低至接近2 m/秒时, 实施例1 4 中的催化单元的催化活性降低至接近对比例7 中的催化单元的催化活性, 这可以解释为当气流速度高时垂直于气流方向延伸的催化剂元件1 的凸条2' 具有高的气体扰动效果, 而当气流速

度较低时具有相同的气体停滞效应。

因此, 气流速度优选的是在大于等于2 m / 秒至小于10 m / 秒的范围内, 更优选的是在大于等于4 m / 秒至小于8 m / 秒的范围内, 在该范围内使用本发明的催化单元8 时压力降不是特别明显。如果气流速度太低则凸条2' 不能扰动气流6, 而如果气流速度太高则压力降太大。

下面将描述由具有两类平行的具有不同高度的凸条2 和2' 的催化剂元件1 并且相邻催化剂元件1 的相应凸条2 和2' 的隆起部分互相垂直延伸进行堆积而构成的催化单元的实施例。

### 实施例16

将由20 kg 实施例1 中所用的催化粉末、3 kg  $Al_2O_3 \cdot SiO_2$  无机纤维和10 kg 水所组成的混合物在一个揉合机中揉和1 小时, 制备一种催化膏状物。将该催化膏状物用一个滚轮施用到0.2 mm 厚的SUS304 金属板条上(该板条的表面已通过铝喷涂而粗糙化), 得到大约0.9 mm 厚500 mm 长的催化剂负载板条。将该金属板条压制加工成一种厚度为0.9 mm 并具有高度为 $h_1 = 3$  mm 的波浪型的较高凸条2 和高度为 $h_2 = 2.5$  mm 的较低凸条2' 以及宽度为 $P_1 = 100$  mm 的平面部分3 的如图29 所示的催化剂负载板条, 然后将空气干燥后的这些催化剂负载板条在大气中于550 °C 焙烘2 小时, 得到催化剂元件1 。

将具有相同高度的凸条2 和2' 的催化剂元件1 和1' 在箱体中如图27 所示交替堆积使得催化剂元件1 和1' 的相对凸条相互垂直延伸, 从而构成一种150 mm × 150 mm × 500 mm (深) 的催化单元8。该催化单元8 的或者是催化剂元件1 或者是催化剂元件1' 的凸条2 的平行于气流6 方向设有隆起部分。

### 对比例10

构造出除了凸条2 和2' 从平面部分3 的表面起算具有相等的高度6 mm 以外, 其余都与实施例16 相同的催化单元。堆积这些催化单元使得凸条2 和2' 在箱体中平行于气流方向延伸, 从而构造出一种150 mm × 150 mm × 500 mm 的如图43 所示的催化单元。

## 对比例1 1

将对比例1 0 中所用的具有相同高度凸条的催化单元进行堆积, 使得相邻催化单元的相应凸条2 在箱体 (未画出) 中如图4 4 所示相互垂直, 从而构造出一种1 5 0 m m × 1 5 0 m m × 5 0 0 m m (深) 的催化单元。将实施例1 6 以及对比例1 0 和1 1 中的催化单元分别安装在一个反应器中, 在表1 所列条件下将一种L P G 燃烧气通过这些催化单元以测定他们的脱硝能力和气流阻力测定结果列于表7 中。

表7

催化单元	脱硝效率 (%)	压力降 (m m H <sub>2</sub> O)
实施例1 6	8 5	2 4
对比例1 0	6 5	1 6
对比例1 1	8 9	3 8

从表7 可以明显看出, 与对比例1 1 的催化单元相比, 实施例1 6 的催化单元的气流阻力较小而其脱硝能力基本相等。与对比例1 0 的催化单元相比, 实施例1 6 的催化单元由于其增加的总反应速率的效力而具有高的脱硝能力。

下面将要描述的各催化单元都是由图3 1 所示的催化单元2 堆积而构成, 相邻催化单元2 的相应凸条2 相互垂直并且安装在一个气体通道中使得交替的催化单元2 的凸条2 垂直于气流6 方向延伸 (图2 7), 其中从具有垂直于气流6 方向延伸的凸条2 的每个催化单元2 的两端到催化单元2 的一个端点的第一个凸条2 a 和同一催化单元2 的另一个端点的第一个凸条2 a 的距离L 1 和L 2 为相邻催化单元2 之间间距T (图2 7) 的8 倍或更短。

## 实施例1 7 - 1

将由2 0 k g 实施例1 中所用的催化粉末、3 k g A l<sub>2</sub> O<sub>3</sub> · S i O<sub>2</sub> 无机纤维和1 0 k g 水所组成的混合物在一个揉合机中揉和1 小时, 制备一种催化

膏状物。将该催化膏状物用一个滚轮施用到0.2 mm厚的SUS304金属板条上(该板条的表面已通过铝喷涂而粗糙化),得到大约0.9 mm厚和L mm长的催化剂负载板条。将该金属板条压制加工成一种带有高度 $h_1 = 3$  mm的波浪型凸条2并以 $L_3 = 60$  mm的间距排列的、截面图如图3.1所示的催化剂元件1,然后将空气干燥后的该催化剂负载板条在大气中于550 °C焙烘2小时得到催化剂元件1。然后将2.2块该催化剂元件1以间隔T进行堆积而构造成一种如图4.4所示的催化单元8。从沿垂直于气流6方向延伸设置的凸条2的每个催化剂元件1的两端到一个端点的第一个凸条2 a和另一个端点的第一个凸条2 a的距离 $L_1$ 和 $L_2$ 为30 mm,为间隔T的5倍。

#### 实施例1.8-1

在实施例1.8-1中的催化单元8与实施例1.7-1类似,也是用2.2块与实施例1.7-1中所用相同的带有高度 $h_1 = 3$  mm的以间距 $L_3 = 60$  mm排列的凸条2并且间隔T为6 mm的催化剂元件1堆积而构成。但是在实施例1.8-1中的催化单元8中,距离 $L_1$ 和 $L_2$ 都为50 mm,为间隔T的8倍。

#### 对比例1.2-1

在对比例1.2-1中的催化单元8与实施例1.7-1类似,也是用2.2块与实施例1.7-1中所用相同的带有高度 $h_1 = 3$  mm的以间距 $L_3 = 60$  mm排列的凸条2并且间隔T为6 mm的催化剂元件1堆积而构成。但是在对比例1.2-1的催化单元8中,距离 $L_1$ 和 $L_2$ 都为50 mm,为间隔T的1.0倍。

#### 实施例1.7-2

实施例1.7-2中的催化单元8的结构与实施例1.7-1类似,不同的是在实施例1.7-2的催化单元8中,平行于气流6方向延伸的凸条2具有 $h_1 = 3$  mm的高度并以间距 $L_3 = 60$  mm排列,而垂直于气流6方向延伸的凸条2具有 $h_1 = 5$  mm的高度并以间距 $L_3 = 60$  mm排列,催化剂元件1的数目为1.8,相邻催化剂元件1之间的间隔T为8 mm,从具有沿垂直于气流6方向延伸的凸条2的每个催化剂元件1的两端分别到一个端点的第一个凸条2和另一个端点的第一个凸条2的距离 $L_1$ 和 $L_2$ 都为40 mm,为间隔T的5倍。

#### 实施例1.8-2

实施例1 8 -2 中的催化单元8 的结构与实施例1 7 -1 为类似,不同的是在实施例1 8 -2 的催化单元8 中,平行于气流6 方向延伸的凸条2 具有 $h_1 = 3 \text{ mm}$ 的高度并以间距 $L_3 = 60 \text{ mm}$ 排列,而垂直于气流6 方向延伸的凸条2 具有 $h_1 = 5 \text{ mm}$ 的高度并以间距 $L_3 = 60 \text{ mm}$ 排列,催化剂元件1 的数目为1 8,相邻催化剂元件1 之间的间隔 $T$ 为 $8 \text{ mm}$ ,从具有其垂直于气流6 方向延伸的凸条2 的每个催化剂元件1 的两端分别到一个端点的第一个凸条2 和另一个端点的第一个凸条2 的距离 $L_1$ 和 $L_2$ 都为 $64 \text{ mm}$ ,为间隔 $T$ 的8 倍。

#### 对比例1 2 -2

对比例1 2 -2 中的催化单元8 的结构与实施例1 7 -1 类似,不同的是在对比例1 2 -2 的催化单元8 中,平行于气流6 方向延伸的凸条2 具有 $h_1 = 3 \text{ mm}$ 的高度并以间距 $L_3 = 60 \text{ mm}$ 排列,而垂直于气流6 方向延伸的凸条2 具有 $h_1 = 5 \text{ mm}$ 高度并以间距 $L_3 = 60 \text{ mm}$ 排列,催化剂元件1 的数目为1 8,相邻催化剂元件1 之间的间隔 $T$ 为 $8 \text{ mm}$ ,从具有沿垂直于气流6 方向延伸的凸条2 的每个催化剂元件1 的两端分别到一个端点的第一个凸条2 和另一个端点的第一个凸条2 的距离 $L_1$ 和 $L_2$ 都为 $80 \text{ mm}$ ,为间隔 $T$ 的1 0 倍。

#### 实施例1 7 -3

实施例1 7 -3 中的催化单元8 的结构与实施例1 7 -1 类似,不同的是在实施例1 7 -3 的催化单元8 中,平行于气流6 方向延伸的凸条2 具有 $h_1 = 3 \text{ mm}$ 的高度并以间距 $L_3 = 60 \text{ mm}$ 排列,而垂直于气流6 方向延伸的凸条2 具有 $h_1 = 7 \text{ mm}$ 的高度并以间距 $L_3 = 60 \text{ mm}$ 排列,催化剂元件1 的数目为1 5,相邻催化剂元件1 之间的间隔 $T$ 为 $10 \text{ mm}$ ,从具有沿垂直于气流6 方向延伸的凸条2 的每个催化剂元件1 的两端分别到一个端点的第一个凸条2 和另一个端点的第一个凸条2 的距离 $L_1$ 和 $L_2$ 都为 $50 \text{ mm}$ ,为间隔 $T$ 的5 倍。

#### 实施例1 8 -3

实施例1 8 -3 中的催化单元8 的结构与实施例1 7 -1 类似,不同的是在实施例1 8 -3 的催化单元8 中,平行于气流6 方向延伸的凸条2 具有 $h_1 = 3 \text{ mm}$ 的高度并以间距 $L_3 = 60 \text{ mm}$ 排列,而垂直于气流6 方向延伸的凸条2 具有 $h_1 = 7 \text{ mm}$ 的高度并以间距 $L_3 = 60 \text{ mm}$ 排列,催化剂元件1 的数目为1 5,相邻催化剂元件1 之间的间隔 $T$ 为 $10 \text{ mm}$ ,从具有沿垂直于气流6 方向延伸的凸条2 的每个催化剂元件1 和两端分别到一个端点的第一个凸条2 和另一个

端点第一个凸条2 的距离 $L_1$  和 $L_2$  都对80 mm, 为间隔 $T$  的8 倍。

### 对比例1 2 -3

对比例1 2 -3 中的催化单元8 的结构与实施例1 7 -1 类似, 不同的是在对比例1 2 -3 的催化单元8 中, 平行于气流方向延伸的凸条2 具有 $h_1 = 3$  mm 的高度并以间距 $L_3 = 60$  mm 排列, 而垂直于气流6 方向延伸的凸条2 具有 $h_1 = 7$  mm 的高度并以间距 $L_3 = 60$  mm 排列, 催化剂元件1 的数目为15, 相邻催化剂元件1 之间的间隔 $T$  为10 mm, 从用其垂直于气流6 方向延伸的凸条2 安装的每个催化剂元件1 的两端分别到一个端点的第一个凸条2 和另一个端点的第一个凸条2 的距离 $L_1$  和 $L_2$  都为100 mm, 为间隔 $T$  的10 倍。

将实施例1 7 -1 到1 7 -3 和1 8 -3 以及对比例1 2 -1 到1 2 -3 中的各催化单元8 分别安装在一个反应器中, 将一种LPG 燃烧气通过催化剂元件8 以测定催化单元8 的脱硝能力以及由催化单元8 引起的压力降, 测定条件同表1 所列条件相同, 但其表面速度在20 -80 m/ 小时的范围内, 而且比较地评估了催化剂元件1 的凸条2 的高度 $h_1$  以及催化剂元件1 之间的间隔 $T$  的效应。

图3 3、3 4 和3 5 是表示测定的流速与脱硝能力和压力降之间关系的曲线图。

实施施1 7 -1 到1 7 -3 和1 8 -1 到1 8 -3 的催化单元8 的催化活性明显高于对比例1 2 -1 到1 2 -3 的催化单元8 的催化活性, 在实施例1 7 -1 到1 7 -3 和1 8 -1 到1 8 -3 中, 相应的凸条2 的高度 $h_1$  和催化层1 之间的间隔 $T$  相同。

实施例1 7 -1 到1 7 -3 的催化单元8 的催化剂活性高于实施例1 8 -1 到1 8 -3 的相应催化单元8 的催化剂活性, 这说明当从具有沿垂直于气流6 方向延伸的凸条2 安装的每个催化剂元件1 的两端分别到一个端点的第一个凸条2 和另一个端点的第一个凸条2 的距离 $L_1$  和 $L_2$  为相邻催化剂元件1 之间的间隔 $T$  的8 倍或更小时, 催化单元8 能够表现出高性能, 而当距离 $L_1$  和 $L_2$  为间隔 $T$  的5 倍或更小时能表现出更高的性能。当距离 $L_1$  和 $L_2$  大于间隔 $T$  的8 倍时, 会使催化剂元件1 的端部弯曲从而明显降低催化单元8 的性能。

下面将描述对实施例中的采用催化剂元件1 的催化单元所进行的几个实验, 其中催化剂元件1 的凸条2 按给定间距 $L_3$  排列, 间距 $L_3$  为将催化剂元件1 的

相应两端的第一个凸条2 a 之间的距离  $[L (L_1 + L_2)]$  进行等分使得间距  $L_3$  为相邻催化剂元件1 之间的间隔  $T$  (图2 7) 的1.0 到2.3 倍而确定。

用具有沿垂直于气流6 方向延伸的凸条2 的催化剂元件1 的凸条之间的距离  $L_3$  (图3 1) 对于压力降的影响进行了验证。

### 实验1

通过将2.2 个具有高度  $h_1 = 3 \text{ mm}$  的凸条2 的催化剂元件1 按  $T = 6 \text{ mm}$  的相等间隔堆积而构成与实施例1.7 -1 相类似的催化单元8, 其中从具有沿垂直于气流6 方向延伸的凸条2 的每个催化剂元件1 的两端分别到一个端点的第一个凸条和同一催化剂元件1 的另一个端点的第一个凸条的距离  $L_1$  和  $L_2$  为  $1.0 \text{ mm}$ , 大约为相邻催化剂元件1 之间间隔  $T$  的1.7 倍。在该催化单元8 中, 凸条的间距  $L_3$  相应为  $2.0$ 、 $4.0$ 、 $6.0$ 、 $8.0$ 、 $1.20$ 、 $1.40$  和  $1.60 \text{ mm}$ , 即间距  $L_3$  分别为相邻催化剂元件1 之间间隔  $T$  的大约  $3^{-2.7}$  倍。通过用一种  $LPG$  燃烧废气在表1 所列条件下进行实验测定了由这些催化单元8 引起的压力降。每个催化单元8 的入口端的气体流速为  $6 \text{ m/秒}$ 。

凸条的间距  $L_3$  为  $6.0 \text{ mm}$  的催化单元8 的催化单元的长度  $L$  为  $5.00 \text{ mm}$ 。凸条间距  $L_3$  不是  $6.0 \text{ mm}$  的其他催化单元8 的催化单元的长度是通过使这些催化单元8 的催化活性与凸条间距  $L_3$  为  $6.0 \text{ mm}$  的催化单元8 的催化活性相等而确定的。图3 6 表示用凸条间距  $L_3$  为  $6.0 \text{ mm}$  的催化单元8 所产生的压力降进行归一的、催化单元8 所产生的压力降。

### 实验2

类似于实验1 而进行的实验。将1.8 个包括那些带有沿平行于气流6 方向延伸的高度  $h_1 = 3 \text{ mm}$  的凸条2 的催化剂元件1 和带有沿垂直于气流6 方向延伸的高度  $h_1 = 5 \text{ mm}$  的凸条2 的催化剂元件1 以  $T = 8 \text{ mm}$  的相等间隔进行堆积构成催化单元8。在这些催化单元8 中, 凸条间距  $L_3$  分别为  $4.0$ 、 $6.0$ 、 $8.0$ 、 $1.20$ 、 $1.80$  和  $2.00 \text{ mm}$ , 即间距  $L_3$  分别为邻催化剂元件1 之间的间隔  $T$  的大约  $5^{-2.5}$  倍。图3 7 表示与实验1 中相类似的实验结果。

### 实验3

类似于实验1 而进行的实验。将1.5 个包括那些带有沿平行于气流6 方向延

伸的高度 $h_1 = 3 \text{ mm}$ 的凸条2的催化剂元件1和带有沿垂直于气流6方向延伸的高 $H_1 = 7 \text{ mm}$ 的凸条2的催化剂元件1以 $T = 10 \text{ mm}$ 的相等间隔进行堆积构成催化单元8。在这些催化单元8中,凸条间距 $L_3$ 分别为60、80、100、130、160、200、230和250 mm,即间距 $L_3$ 分别为相邻催化剂元件1之间的间隔 $T$ 的大约0.6-2.5倍。图3.8表示与实验1中相类似的实验结果。

在图3.6、3.7和3.8中所有的曲线都是向下的凸面。在实验1中当凸条间距 $L_3$ 在60-140 mm范围时压力降处在最低水平,在实验2中该范围为80-180 mm,而在实验3中该范围为100-230 mm。可以发现当催化剂(催化单元的长度等于深度)的量等价于相同的催化活性时,当凸条2的间距 $L_3$ 为相邻催化剂元件1之间的间隔 $T$ 的1.0-2.3范围内时可以使压力降减小到最低可能的程度。

从实施例1.7-1到1.7-3和1.8-1到1.8-3以及实验1到3的结果可以发现下述事实。

例如,在实施例1.7-1的催化单元中,当沿垂直于气流6的方向延伸的凸条2的催化剂元件1的凸条2的高度发生变化,也就是说一如图2.7所示的一种催化单元8(平行于气流6方向的催化剂元件1'的凸条2的高度等于催化剂元件1的凸条2的高度)是由带有两类凸条2和2',即较高凸条2和较低凸条2',的催化剂元件1交替排列而构成,从每个催化单元的两端到凸条的距离 $L_1$ 和 $L_2$ 为相邻催化剂元件1之间的间隔 $T$ (图2.7)的8倍或更大,而且如图3.2所示凸条2的间距 $L_4$ 和 $L_5$ 为催化剂元件1之间的间隔 $T$ 的1.0-2.3倍范围内时,催化单元的端部不会弯曲,因此压力降可以控制在一个低水平上。

将进行下列实验以比较本发明的催化单元与现有技术催化单元的催化性能。

(1) 通过将带有80 mm宽的平面部分3和2.5 mm高的凸条2(从平面部分3的表面起算)的催化剂元件1进行堆积使得催化剂元件1的凸条2与气流6的方向以 $45^\circ$ 倾斜,从而构造成一种与图6(a)所示堆积系统的实施例1中的催化单元相类似的催化单元(1)。

(2) 通过将带有80 mm宽的平面部分、4 mm高的凸条2(从平面部分3的表面起算)和开通网眼的催化剂元件1进行堆积使得催化剂元件1的凸条2相对气流6方向的倾斜角 $\theta$ 为 $90^\circ$ ,从而构造成一种与图4.4所示堆积系统的

实施例8 中的催化单元相类似的催化单元 (II)。

(3) 通过将带有80 mm宽的平面部分、4 mm高的凸条2 (从平面部分3的表面起算)和堵塞网眼的催化剂元件1进行堆积使得催化剂元件1的凸条2相对气流6方向的倾斜角 $\theta$ 为90°,从而构造一种与图44所示堆积系统的对比例2中的催化单元相类似的催化单元(III)。

(4) 通过将带有5 mm高度的隆起部分9并且用与(1)到(3)中所用的相同的催化涂料涂敷和如图47所示波浪型催化剂元件10进行堆积使得相邻催化剂元件10的相应隆起部分9互相垂直交叉并且与气流6方向以45°倾斜,从而构造成一种催化单元(IV)。将一种LPG燃烧气通过催化单元(I)、(II)、(III)和(IV)以考查总反应速度常数与气体流速之间的关系以及压力降与气体流速之间的关系。考查结果如图39和40所示。图41表示相应于相同脱硝能力的分别由催化剂元件(I)、(II)、(III)和(IV)所引起的归一的压力降。

从图39、40和41可以明显看出,在相同脱硝能力的情况下,与如图47所示催化单元(IV)相比,按照本发明的催化单元所产生的压力降非常小。实施例1的催化单元(催化单元I)与图47所示催化单元(催化剂元件IV)在相同脱硝能力时压力降的差距(大约为130 mmH<sub>2</sub>O)对于7300 KW的年发电量相当于24万美元的能耗差距。

#### 工业应用性

按照本发明的催化单元可产生较低的气流阻力,可扰动气流以改善催化能力,并且具有紧密的结构。按照本发明的催化单元可用于各种催化气体处理装置,例如脱臭装置、催化燃烧器和燃料重整炉中。本发明的催化单元在以氨还原剂存在下减少废气中所含NO<sub>x</sub>含量从而使废气脱硝的废气脱硝装置中的应用是本发明的最典型的用途。

图 1

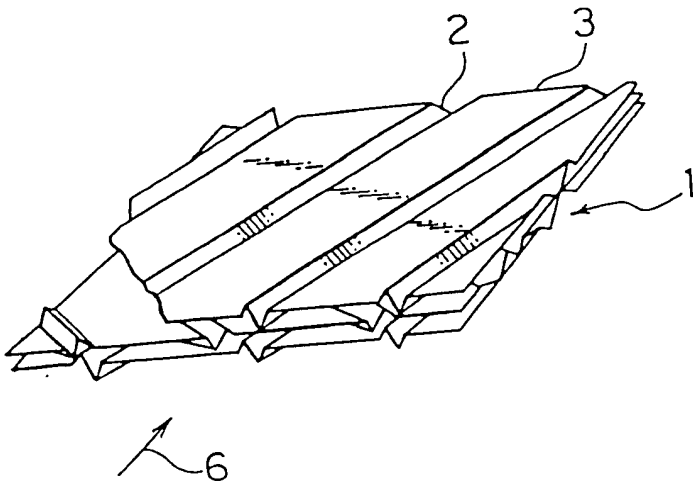


图 2

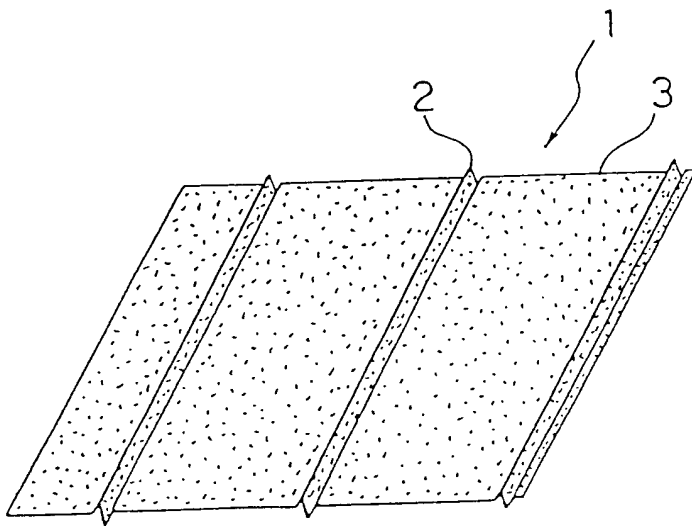


图3

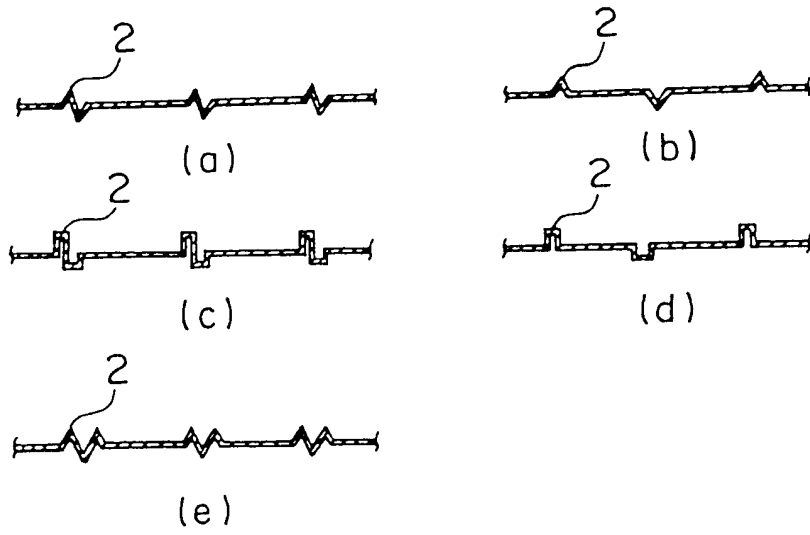


图4

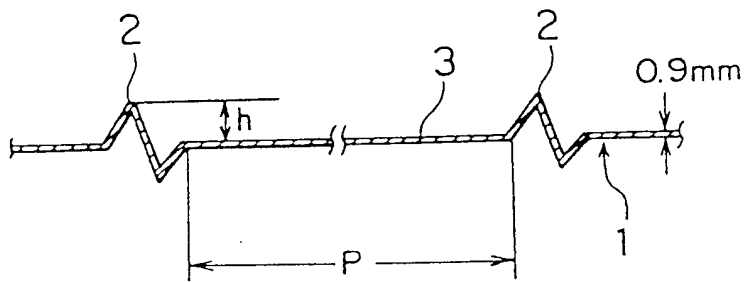


图5

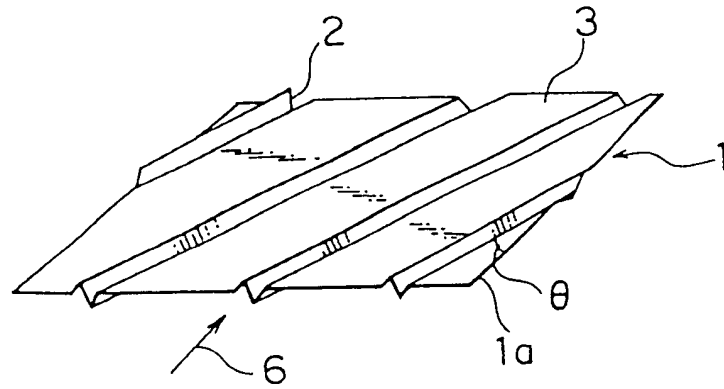


图6

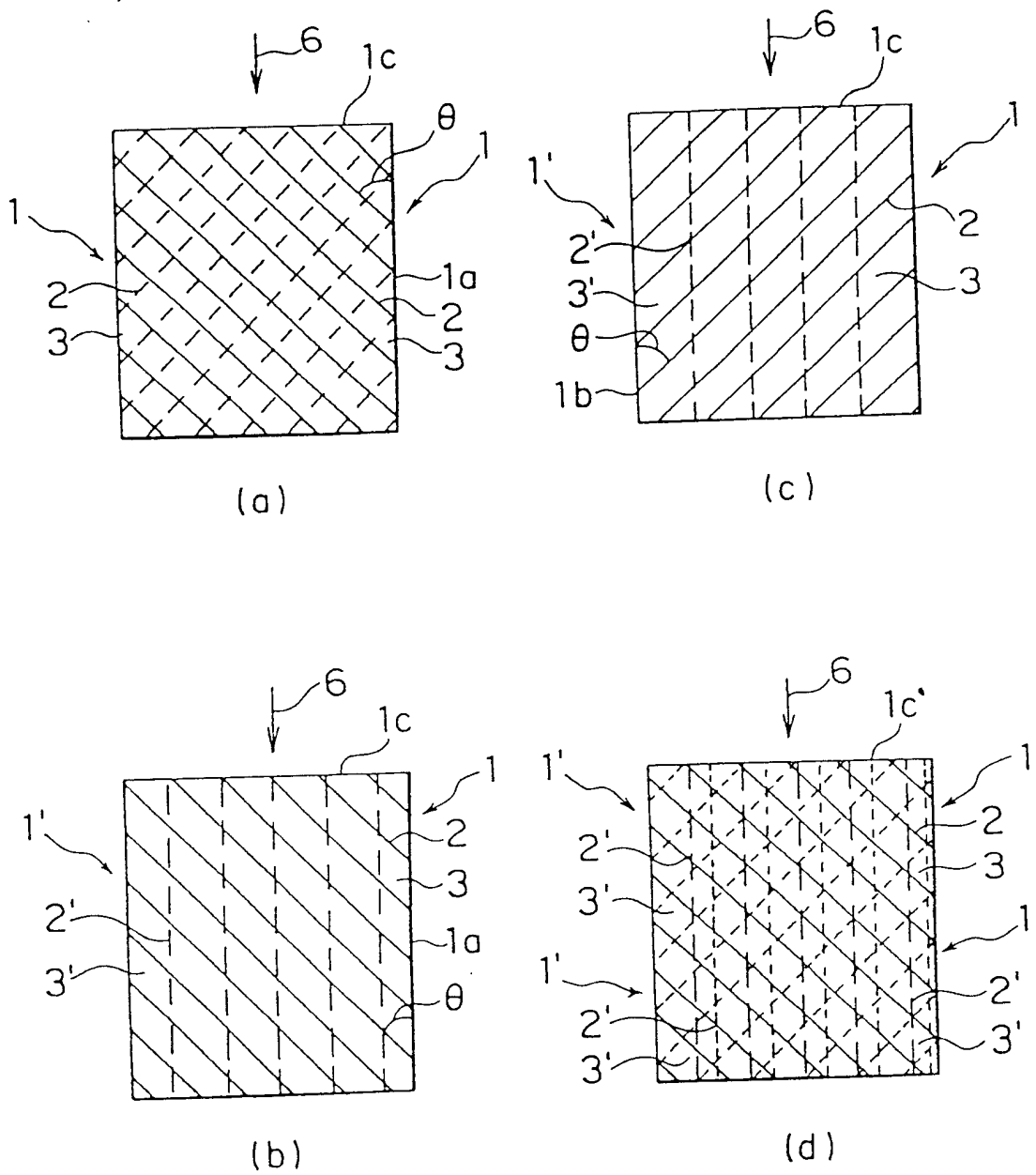


图 7

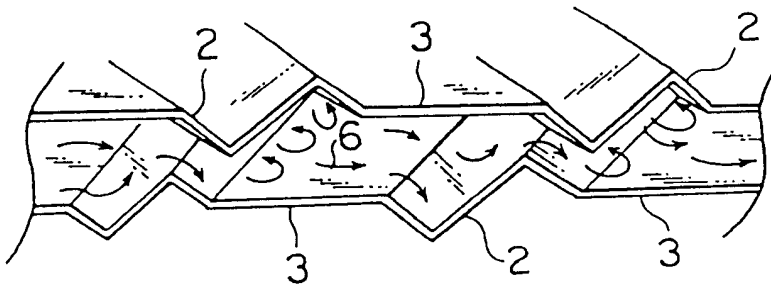


图 8

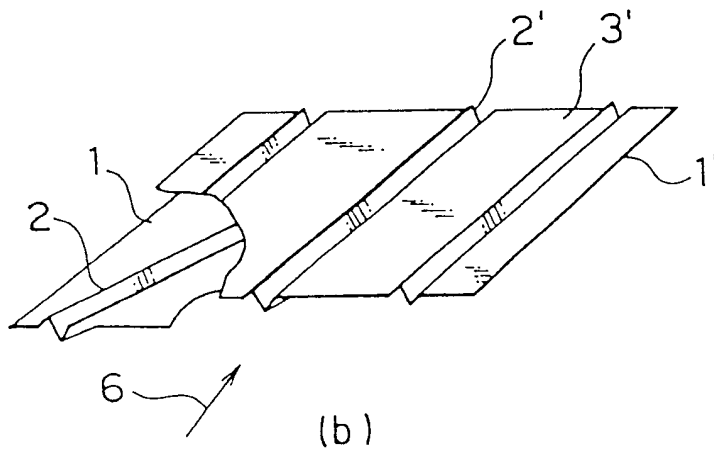
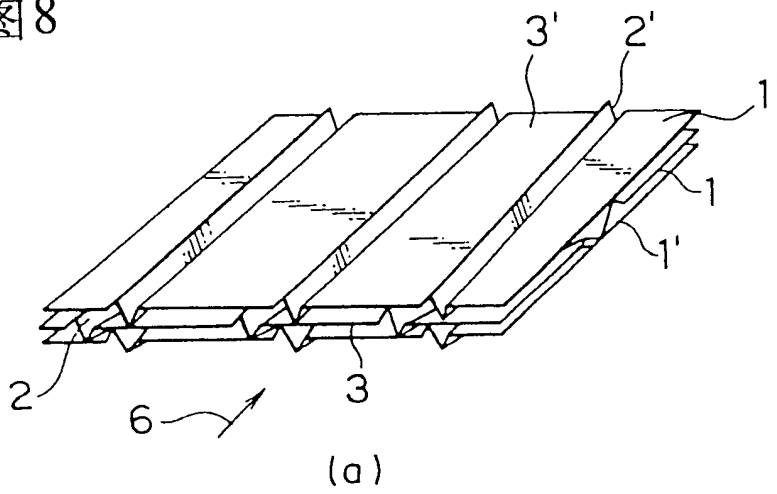


图9

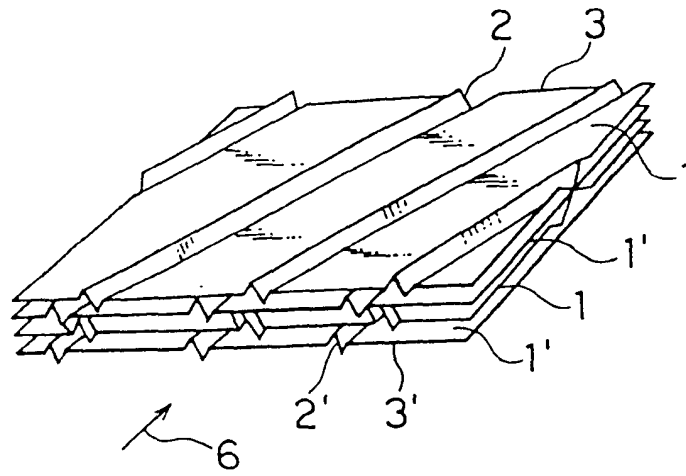


图10

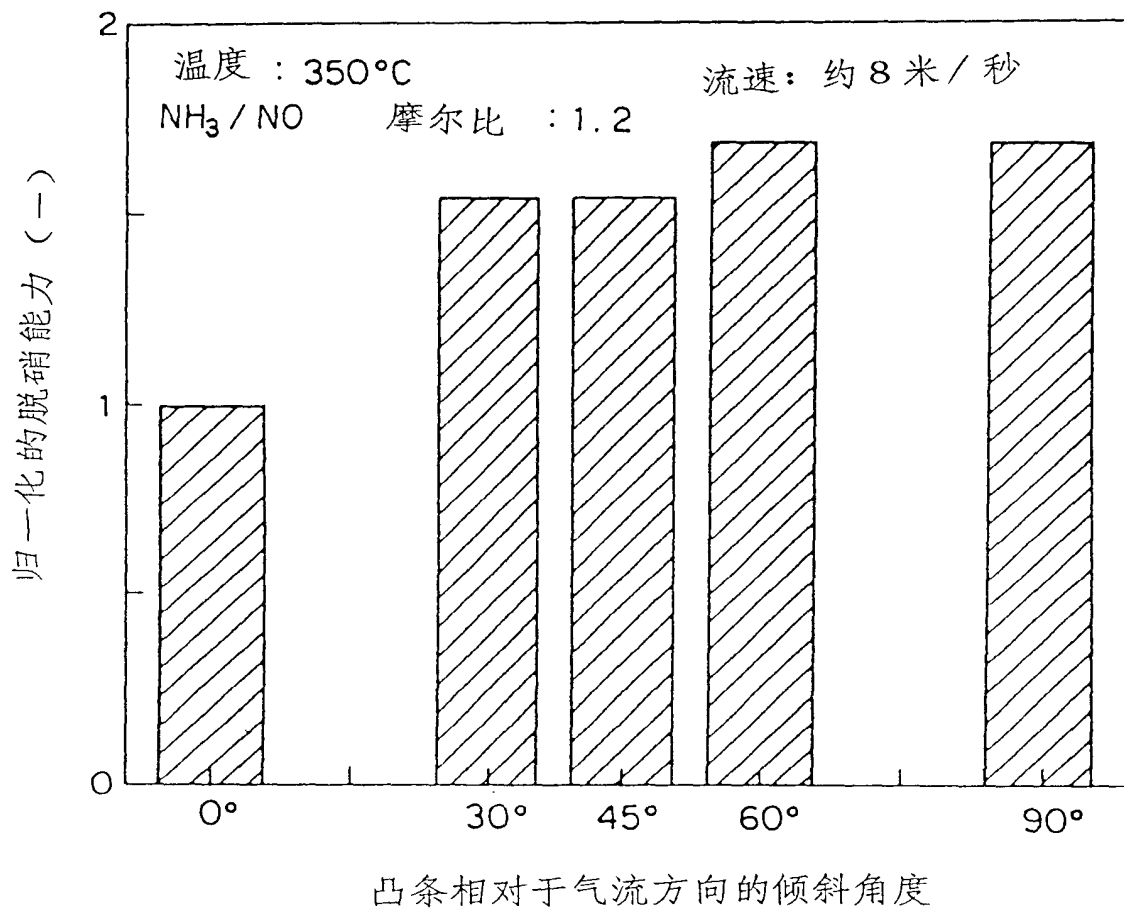


图11

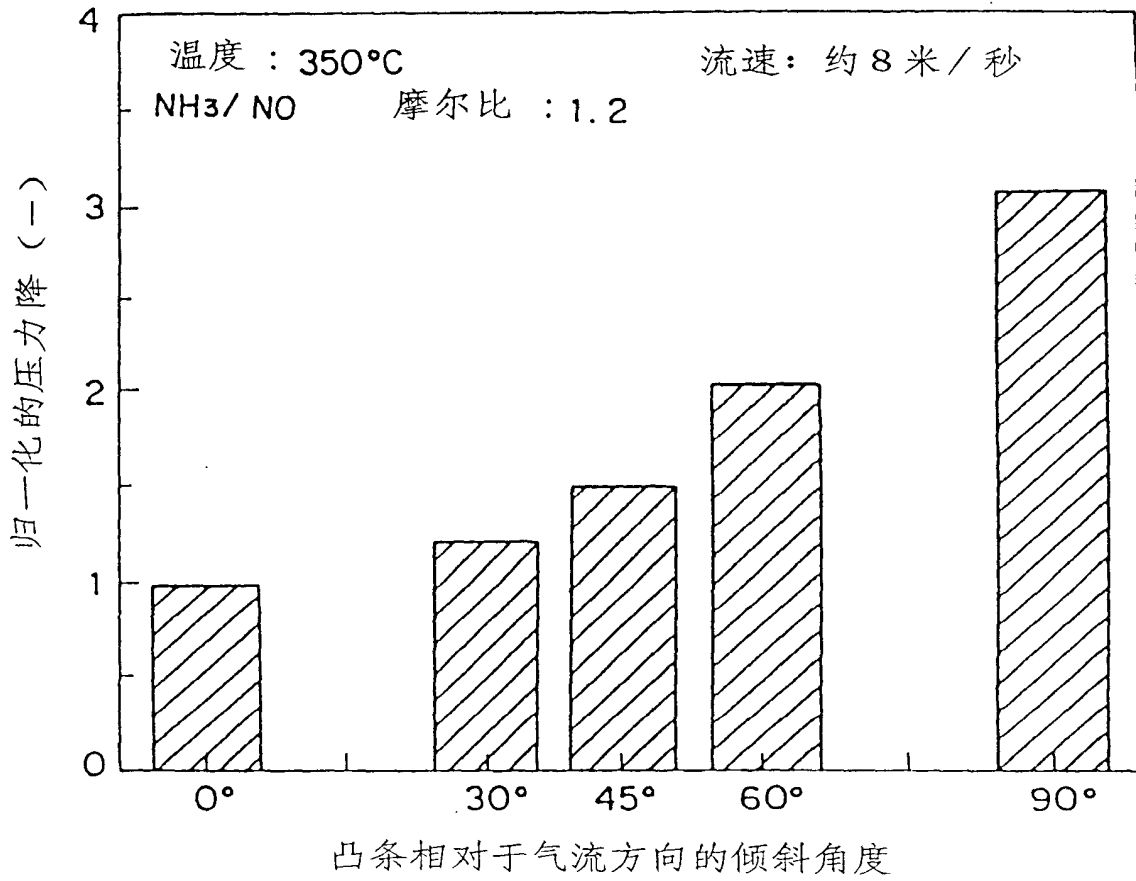


图12

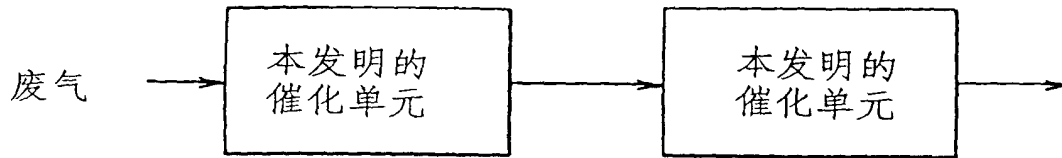


图13

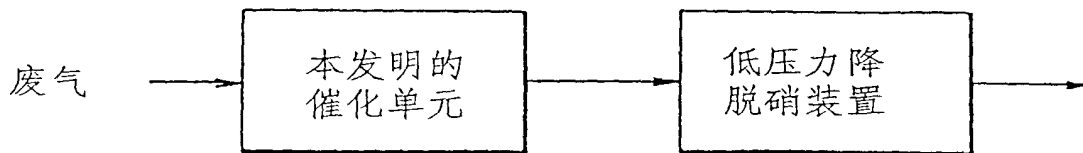


图14

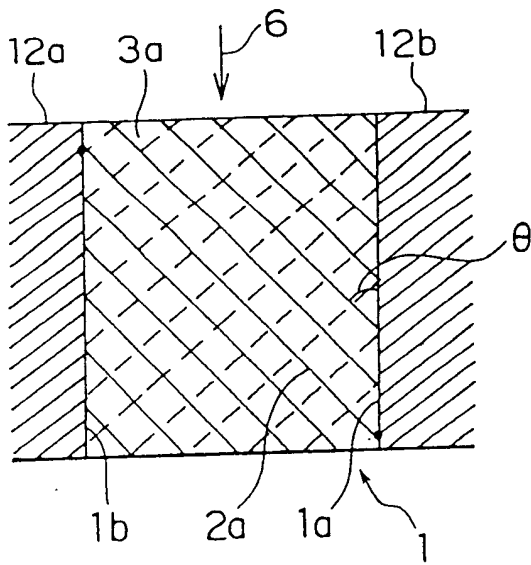


图15

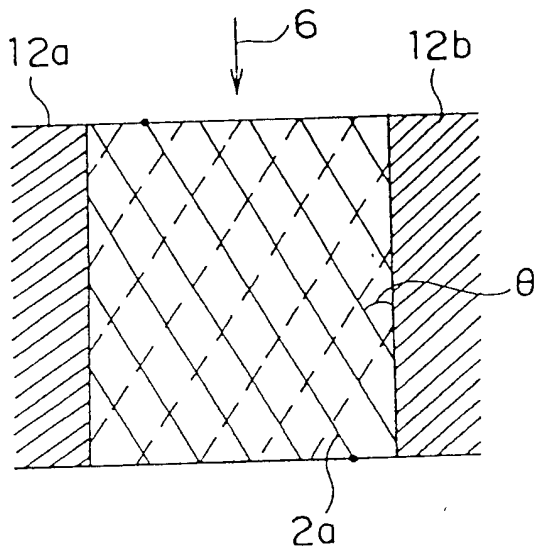


图16

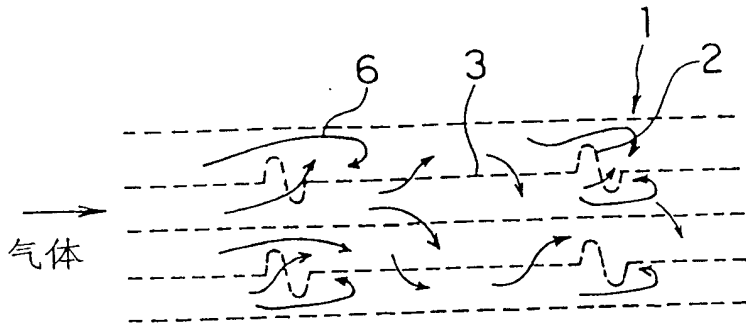


图17

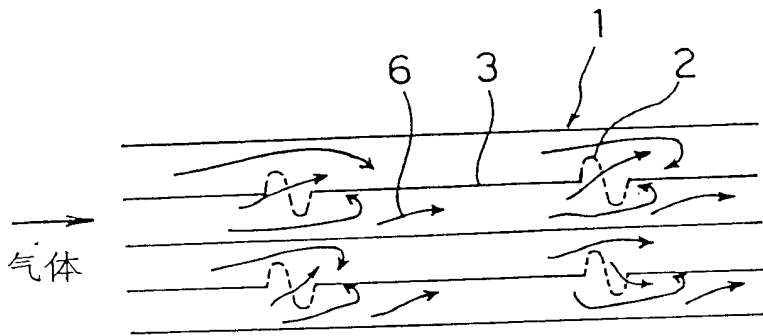


图18

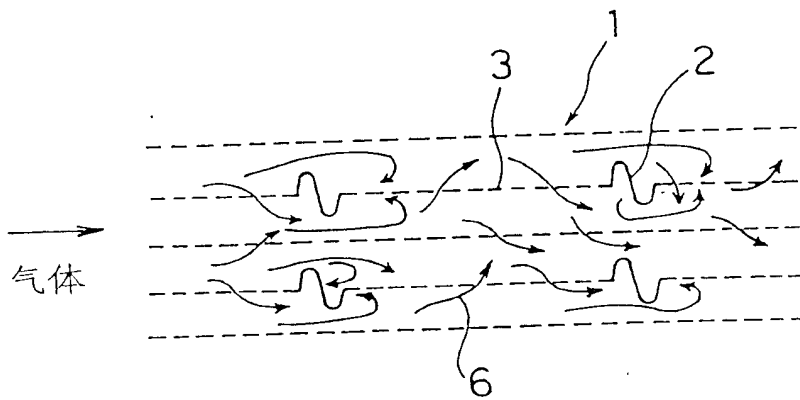


图 19

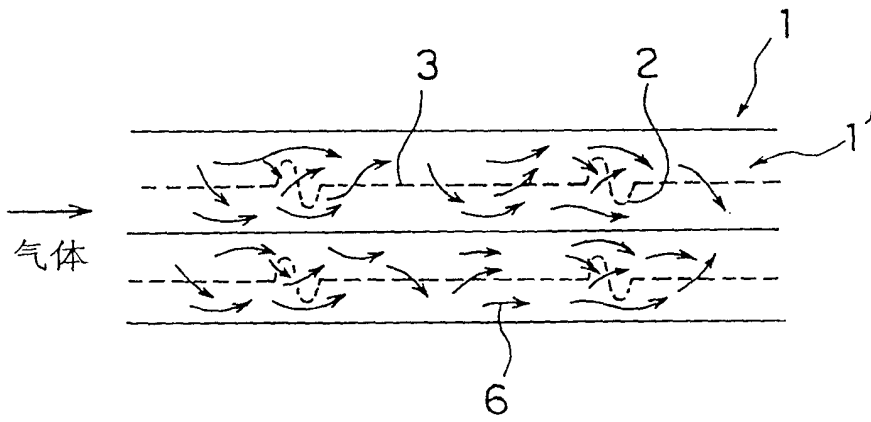


图 20

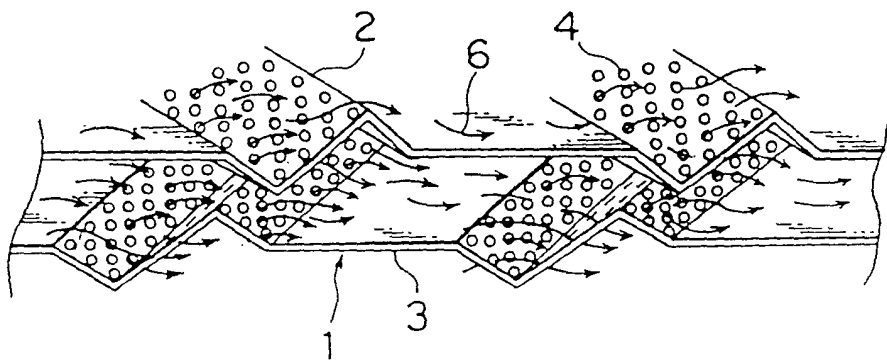


图21

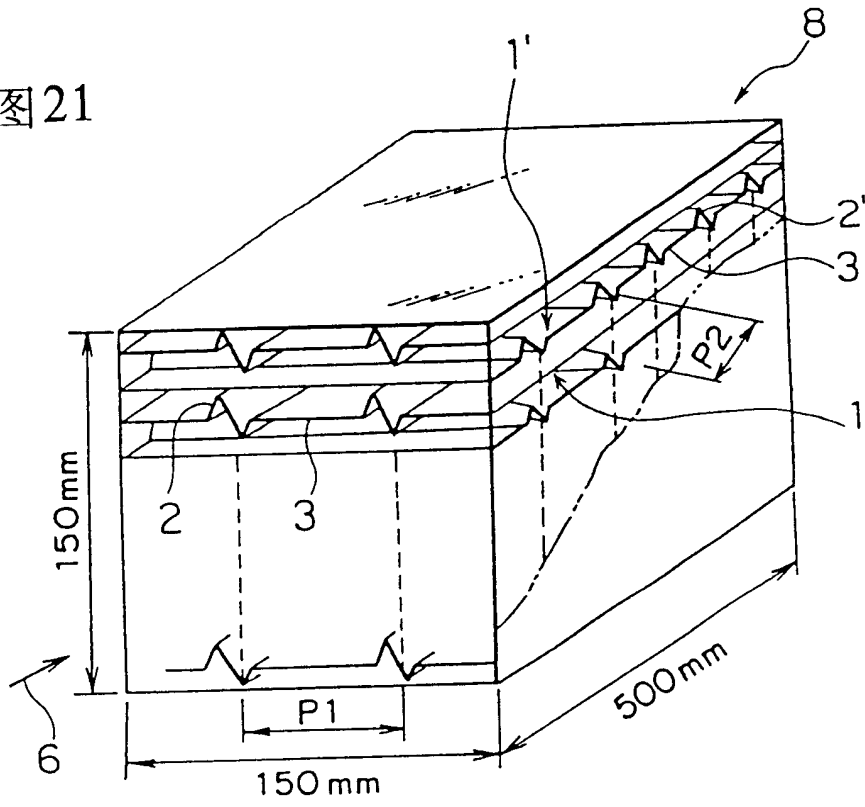


图22

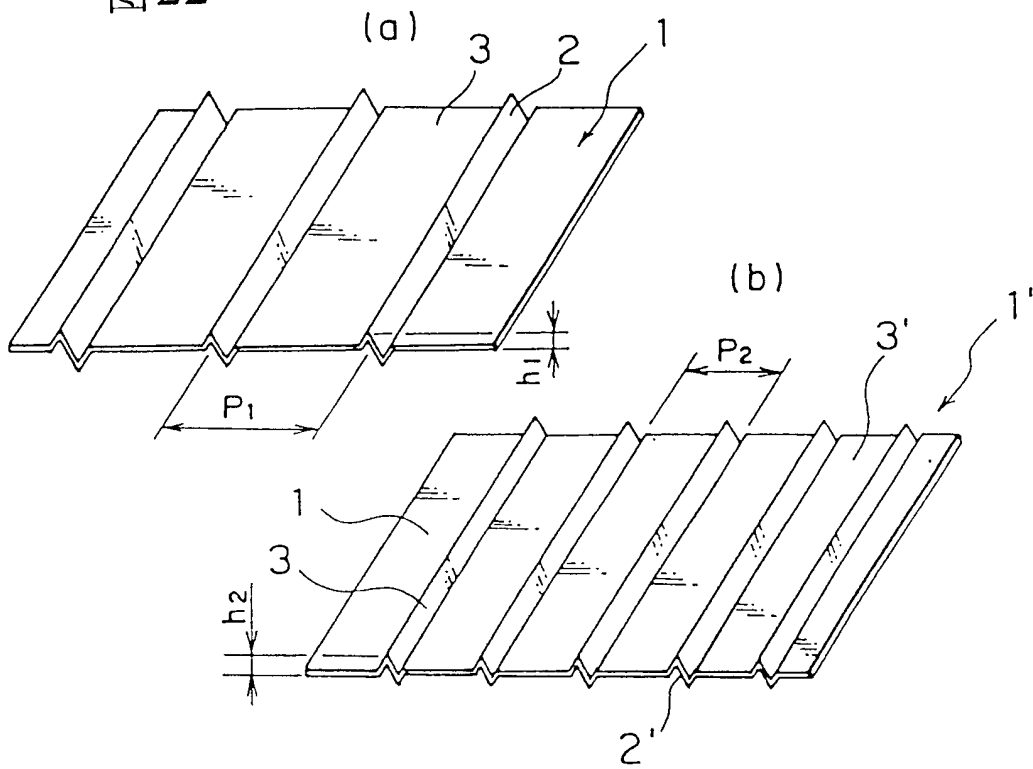
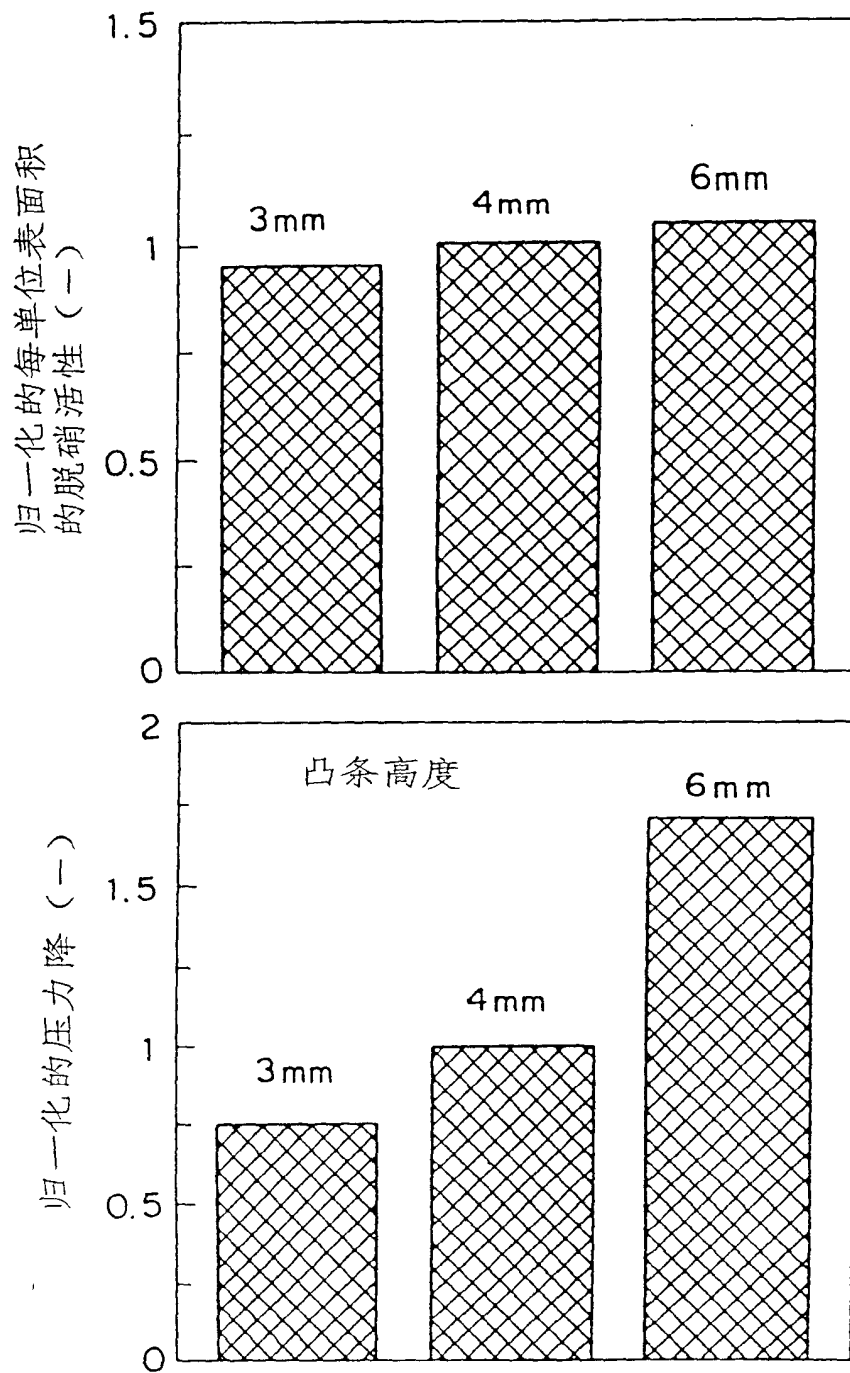


图23



催化单元的特性

图24

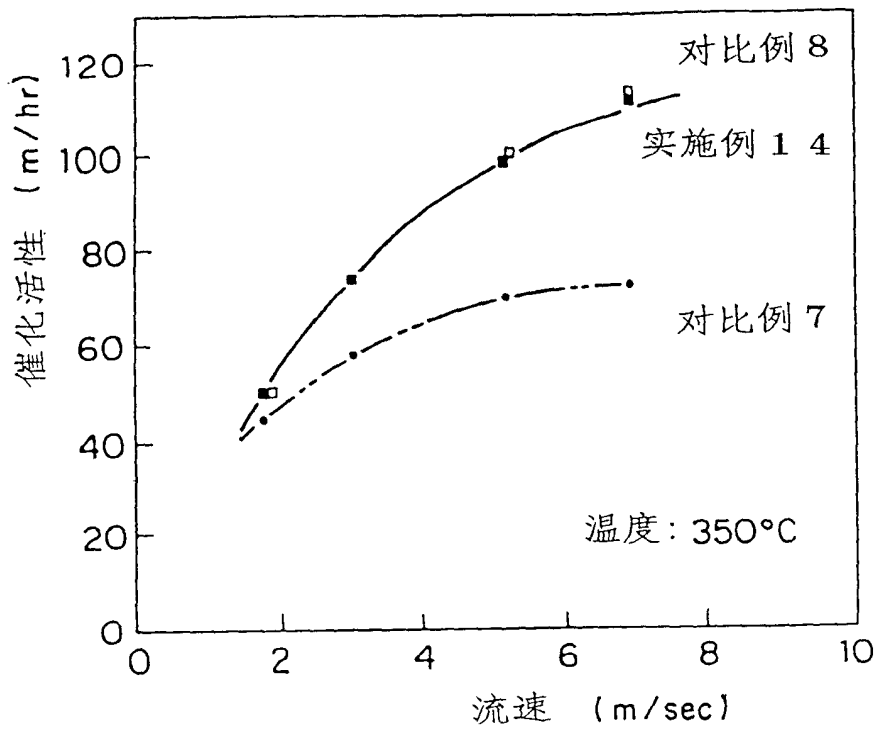


图25

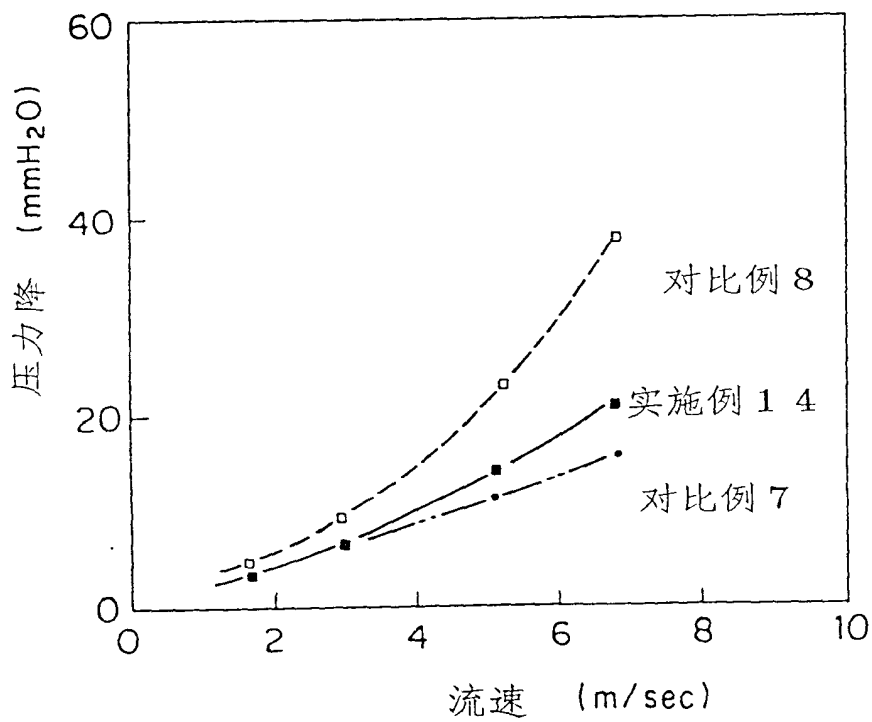


图26

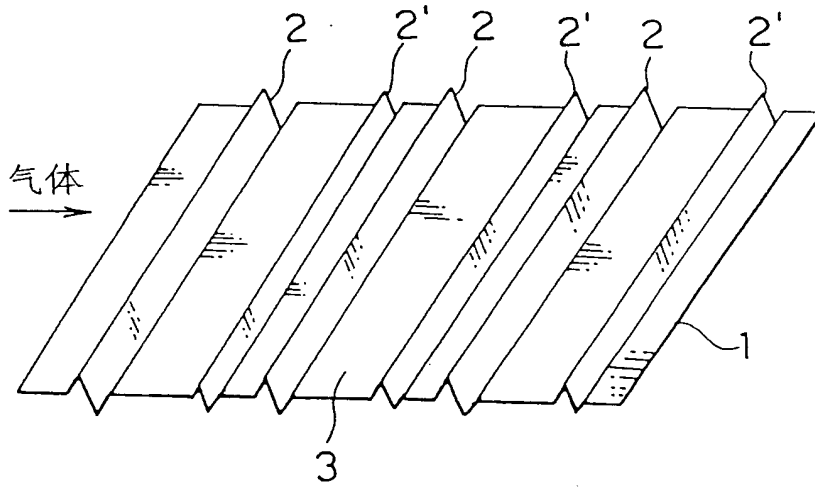


图27

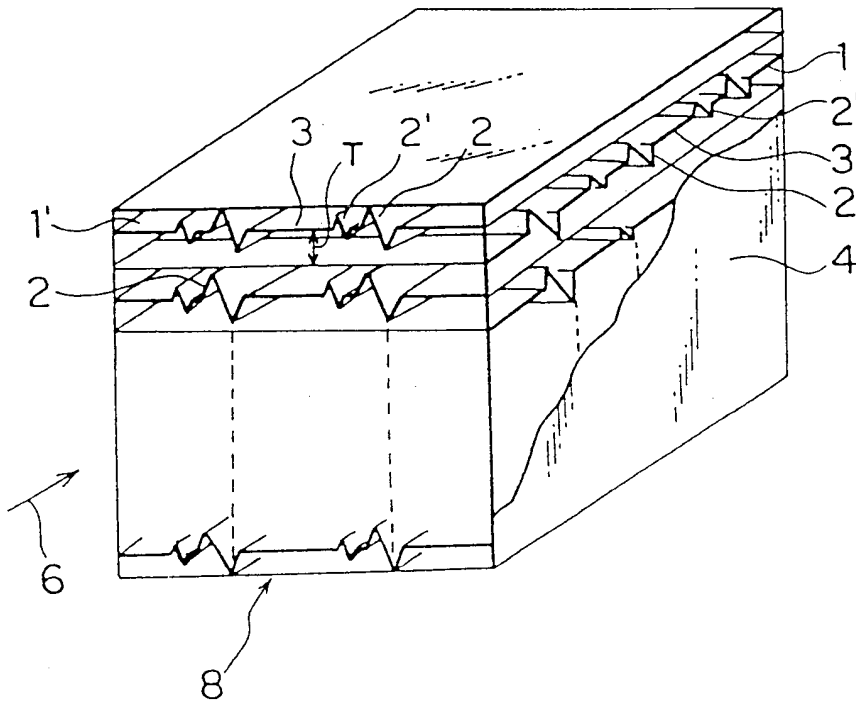


图28

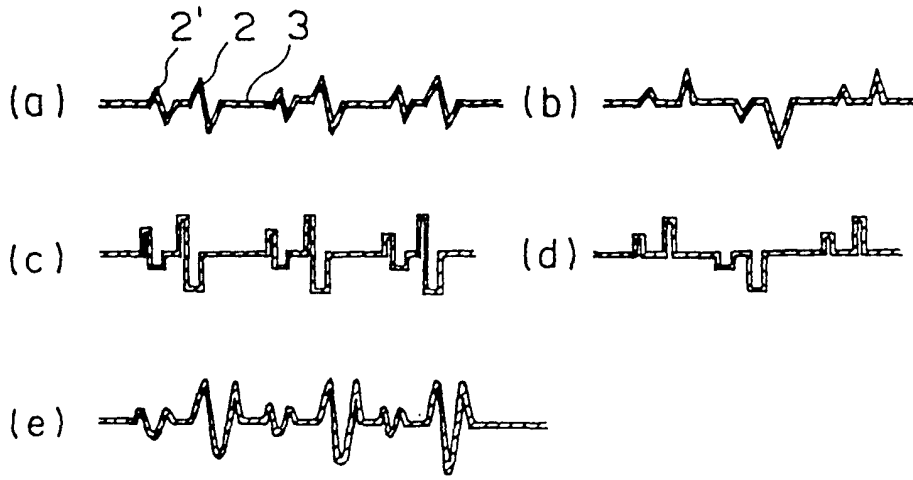


图29

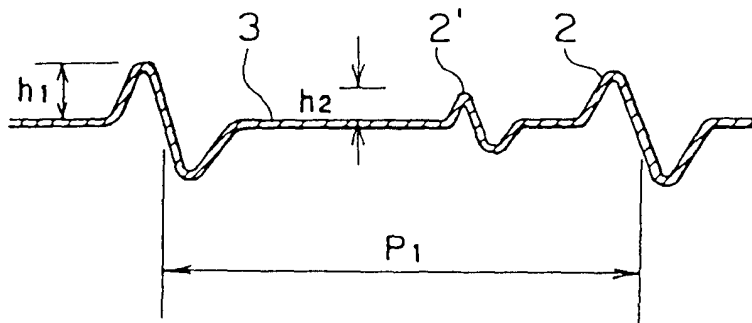


图30

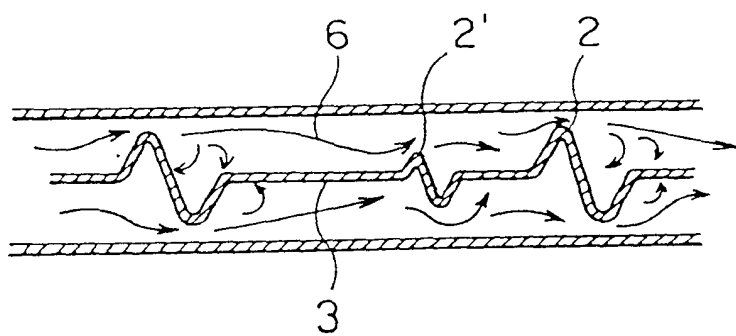


图 31

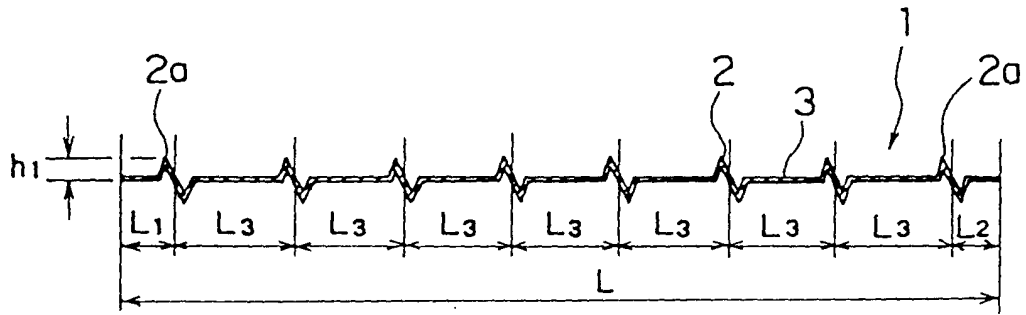


图 32

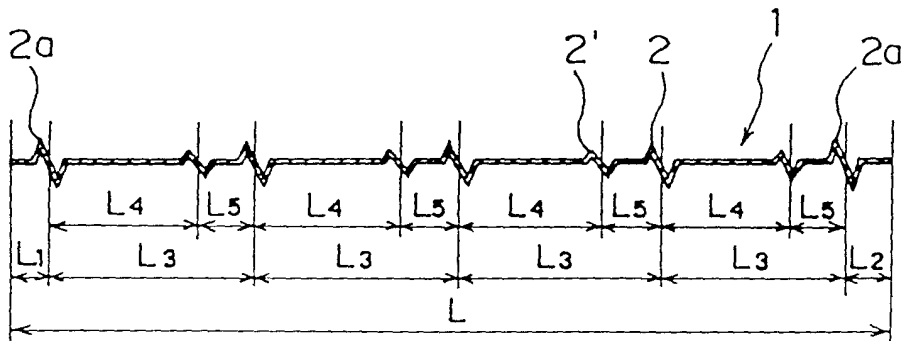


图33

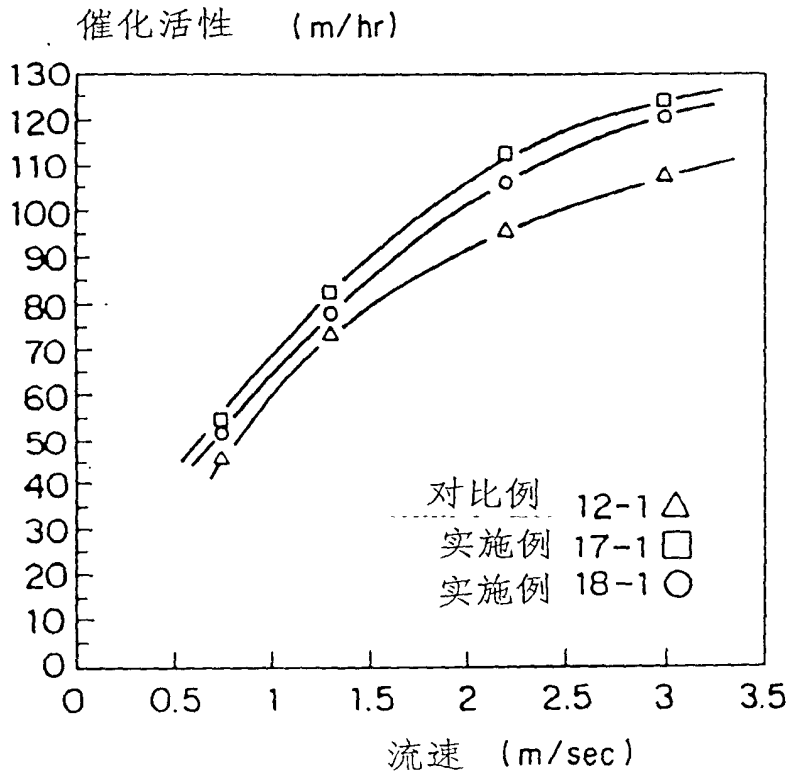


图34

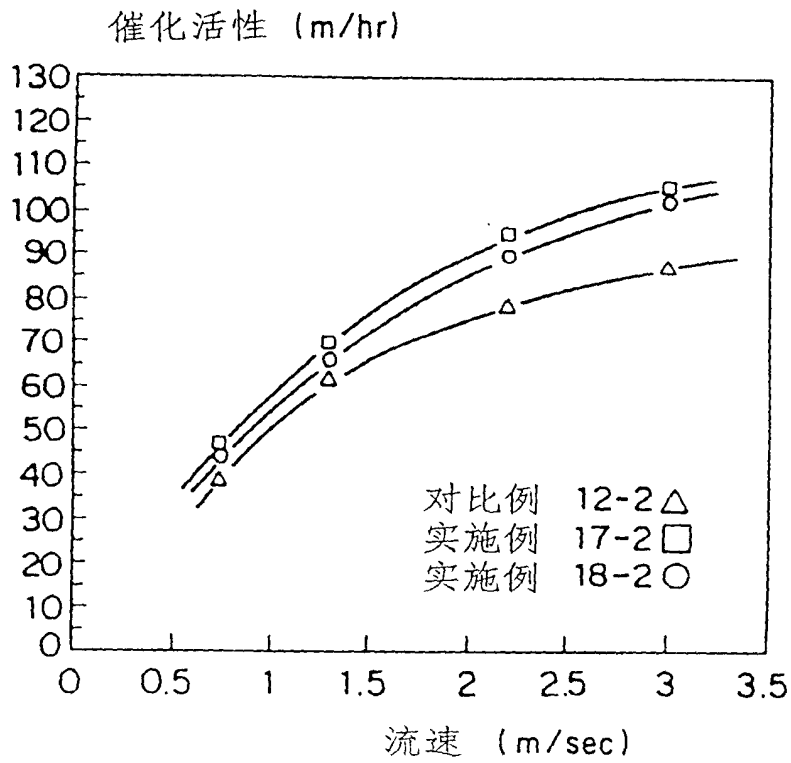


图 35

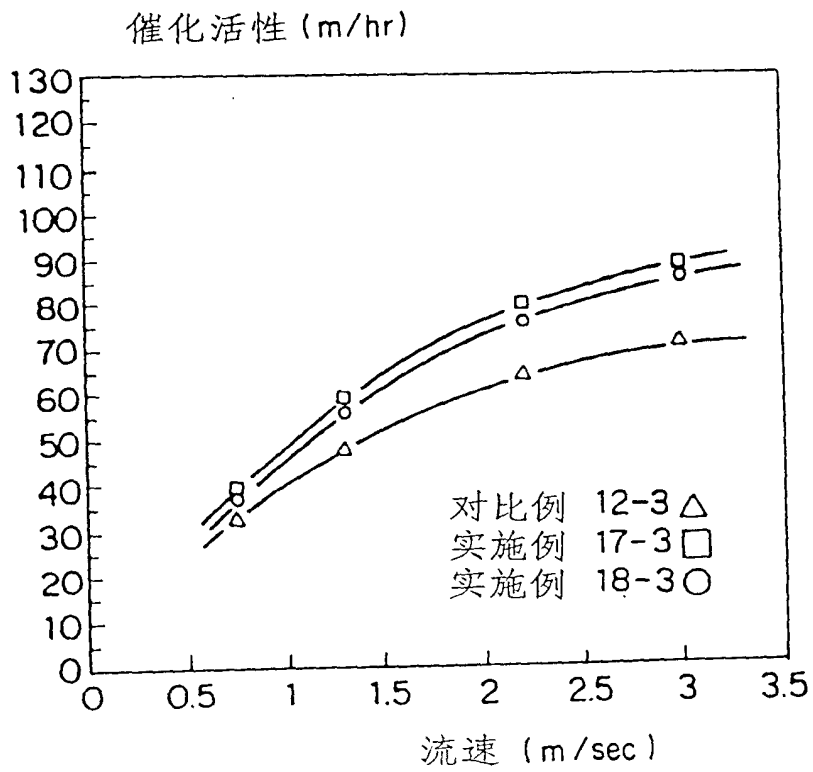


图36

归一化的压力降 (-)

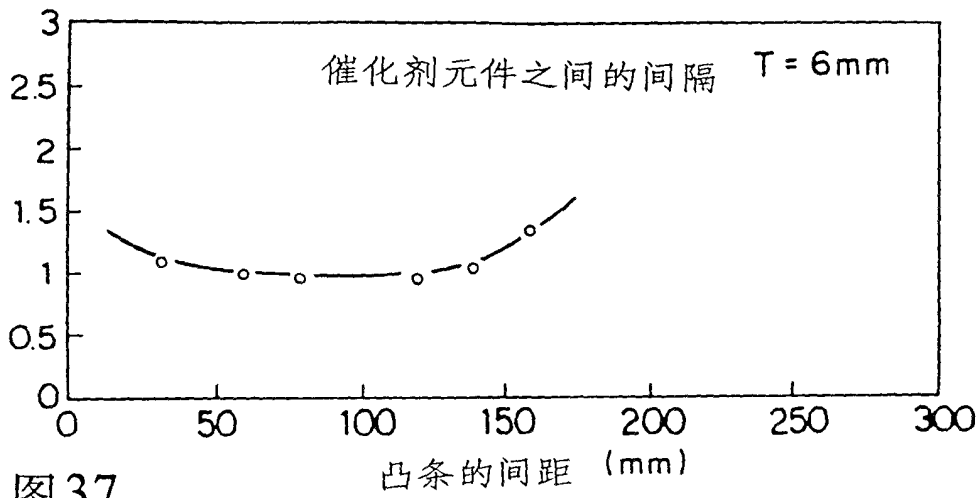


图37

归一化的压力降 (-)

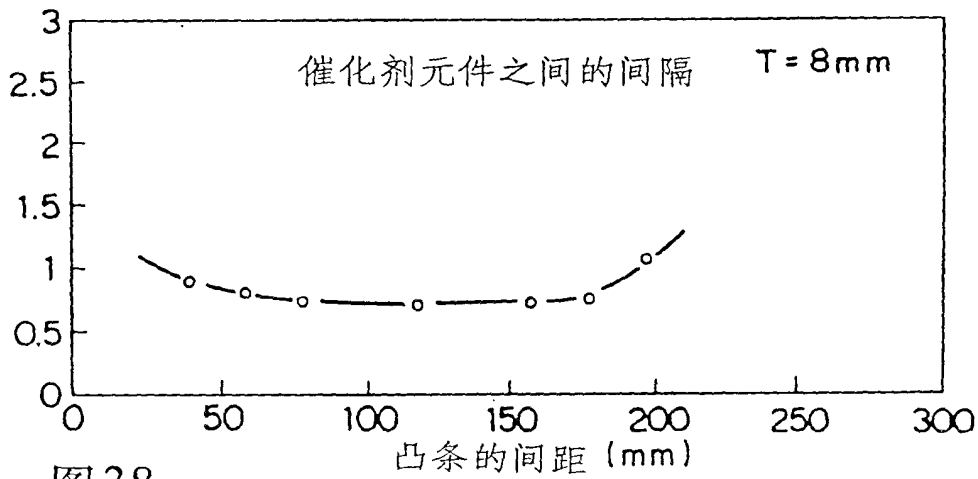


图38

归一化的压力降 (-)

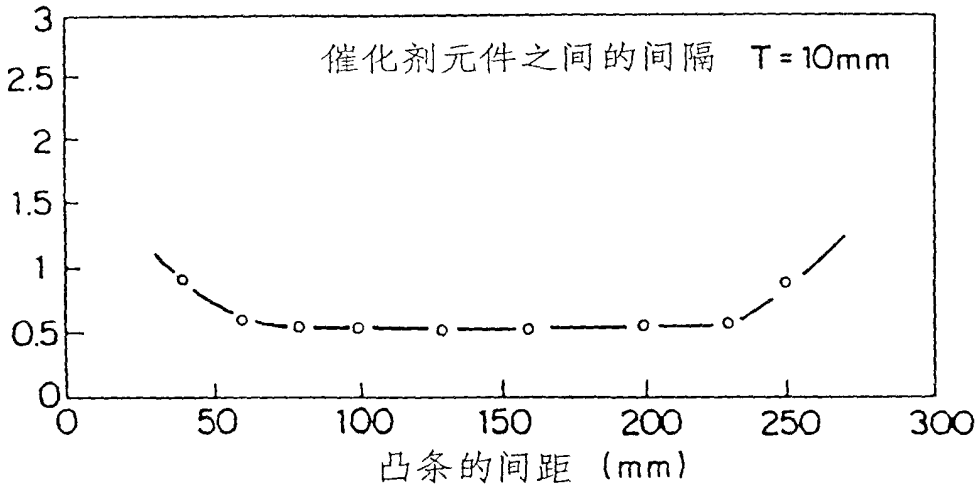


图 39

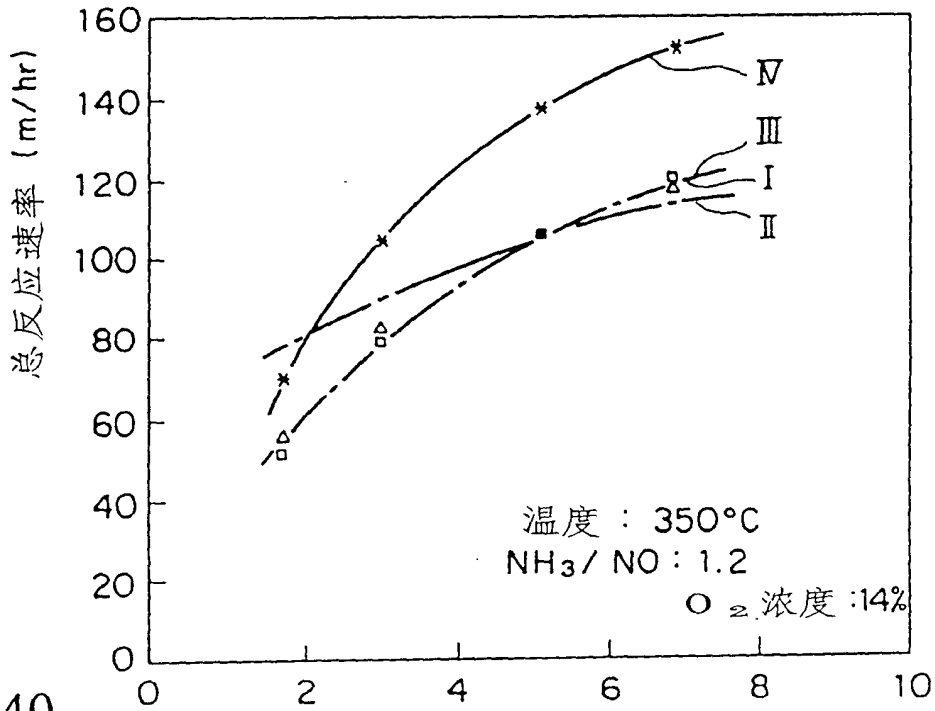


图 40

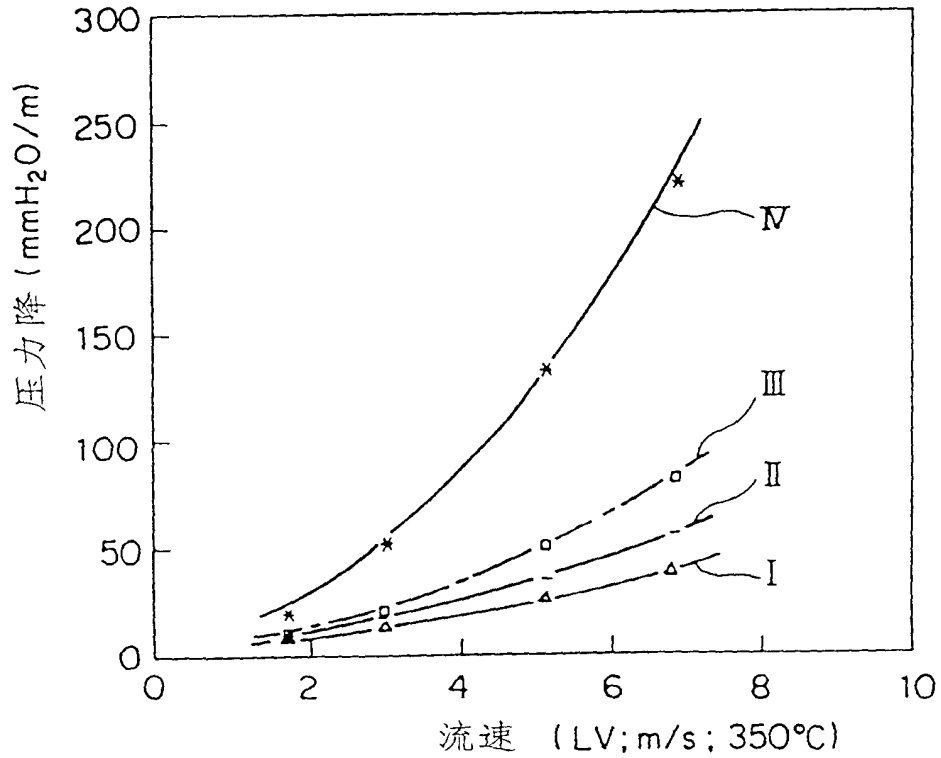


图41

对相同的脱硝能力

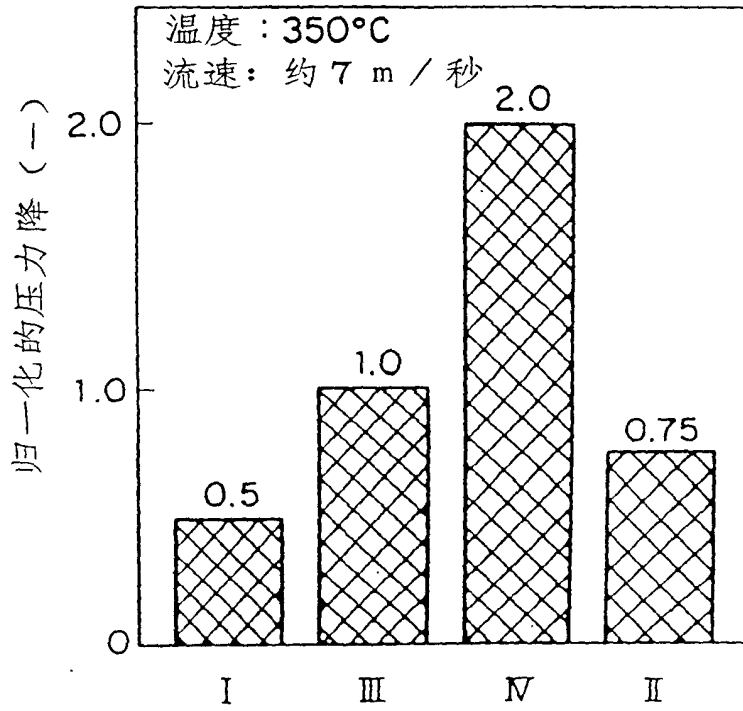


图42

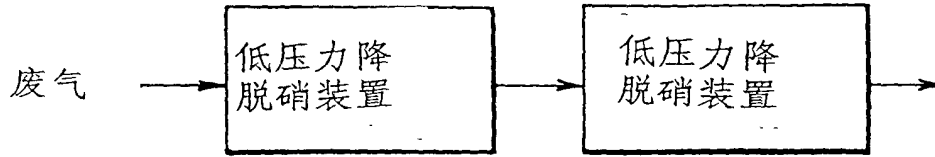


图43

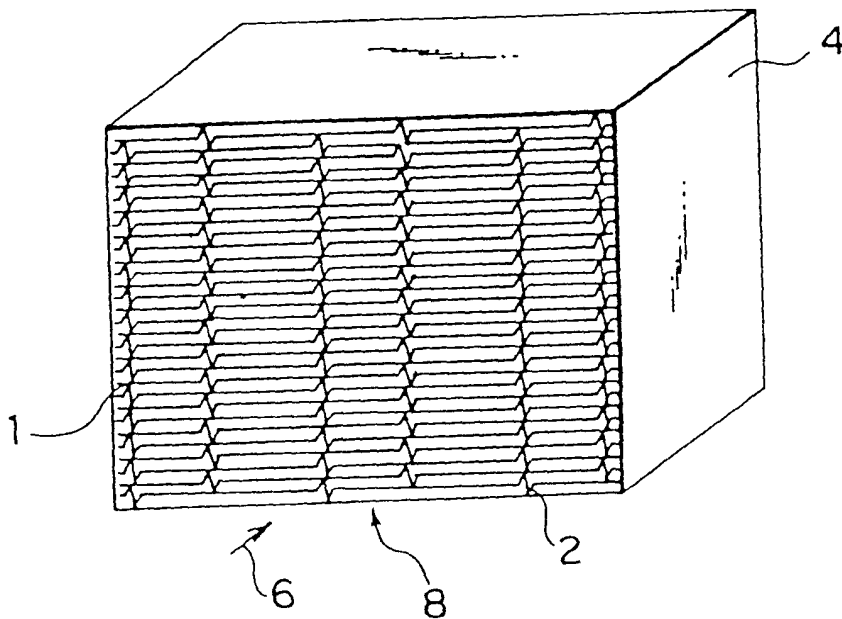


图44

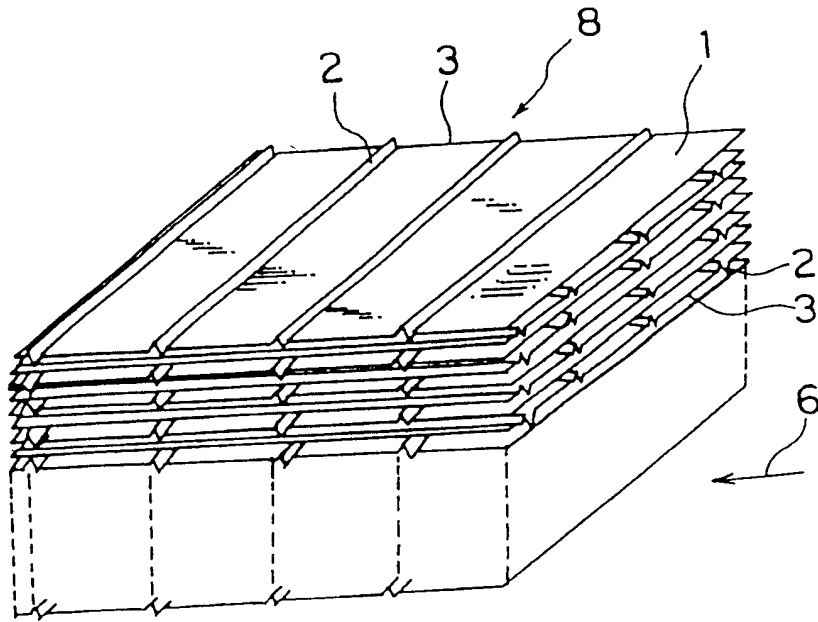


图45

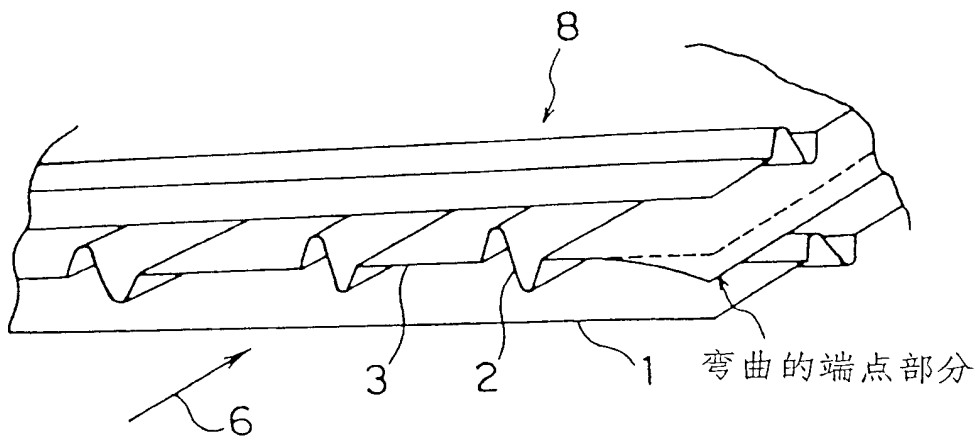


图46

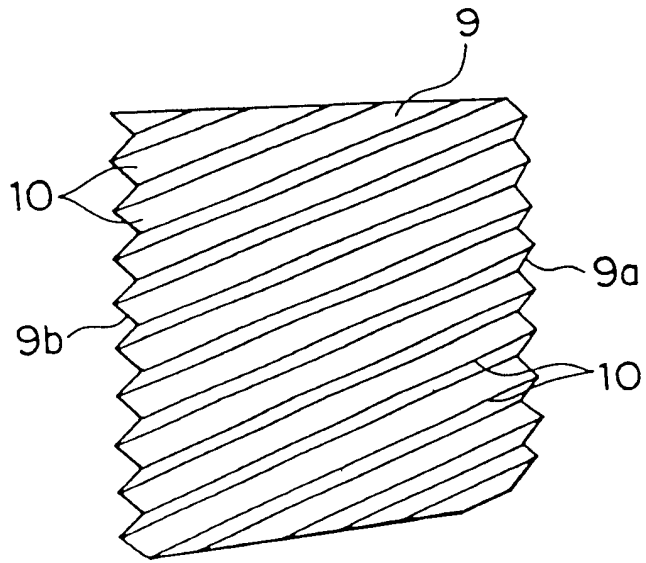


图47

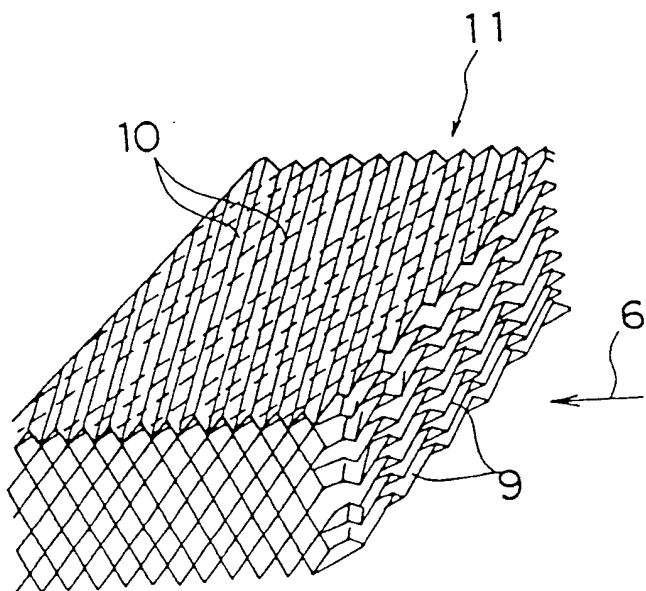


图48

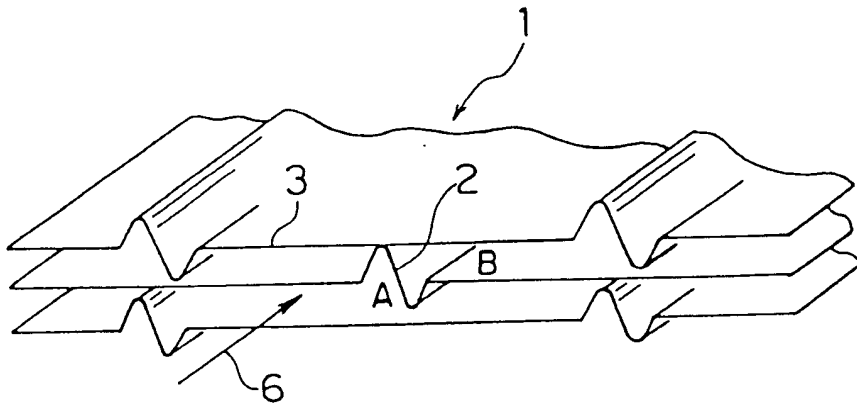


图49

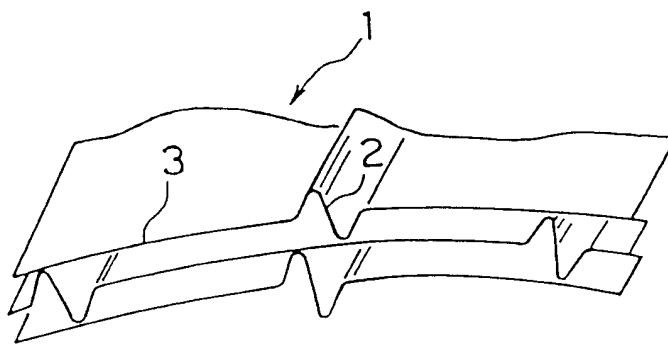


图 50

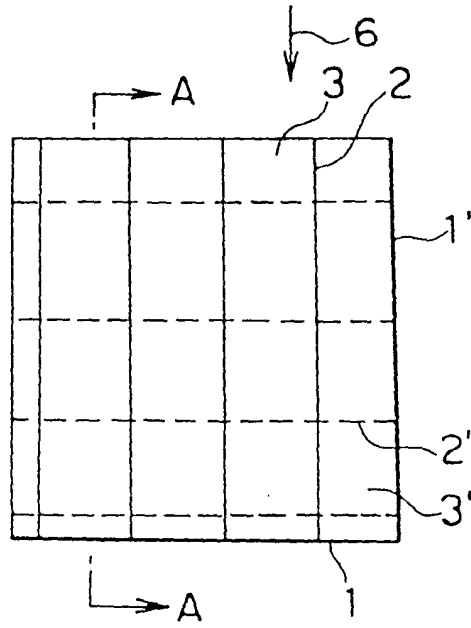


图 51

