



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 97114001.4

[43]公开日 1998年2月18日

[11] 公开号 CN 1173590A

[22]申请日 97.6.27

[30]优先权

[32]96.6.28 [33]JP[31]170426 / 96

[71]申请人 东芝株式会社

地址 日本国神奈川县

[72]发明人 永守朗 金野悟

小林洋一郎

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

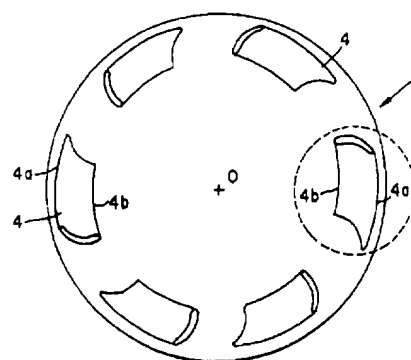
代理人 孙敬国

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图页数 23 页

[54]发明名称 横流风扇、风扇彗尾形段成型模具及模具制造方法

[57]摘要

一种横流风扇，它由多个风扇彗尾形段（2）同轴且一体配设制成，该风扇彗尾形段具有多个叶片（4），叶片（4）沿圆周方向相对于风扇轴 0 倾斜预定角度以该轴 0 为中心立设成环形。使多个风扇彗尾形段（2）以风扇轴 0 为中心整体旋转，送出垂直于风扇轴 0 的空气流。各叶片（4）的外周缘（4a）及内周缘（4b）相对于风扇轴 0 朝外弯曲。该横流风扇具有保持高送风性能且有效减小叶片间距音等噪音的优点。



# 权 利 要 求 书

1. 一种横流风扇，由多个风扇彗尾形段(2)同轴设置构成，所述风扇彗尾形段(2)包含多个叶片(4)，所述多个叶片(4)相对于风扇轴(0)沿圆周方向倾斜规定的角度以风扇轴(0)为中心立设成环形，其特征在于，

使得所述各叶片(4)中离所述风扇轴(0)最远的外周缘(4a)及离所述风扇轴(0)最近的内周缘(4b)相对于该风扇轴(0)朝外方弯曲。

2. 如权利要求 1 所述的横流风扇，其特征在于，所述多个叶片立设成所述环形使邻接叶片间的间距随机分布。

3. 如权利要求 1 所述的横流风扇，其特征在于，所述叶片的外周缘根据该外周缘中所述风扇彗尾形段接合侧端部与所述风扇轴的连线段  $R_{out\ 0}$  为曲率半径描绘的轨迹及预定的拔锥形构成，所述各叶片的内周缘根据该内周缘中所述风扇彗尾形段接合侧端部与所述风扇轴的连线段  $R_{in\ 0}$  为曲率半径描绘的轨迹及预定的拔锥形构成。

4. 如权利要求 3 所述的横流风扇，其特征在于，取与所述  $R_{out\ 0}$  的夹角  $\theta$  为变量，根据所述  $R_{out\ 0}$  及所述拔锥  $f_{out}(\theta)$ ，所述叶片的外周缘相对于所述风扇轴的轨迹  $R_{out}(\theta)$  满足下式：

( 方程 1 )

$$R_{out}(\theta) < R_{out\ 0} - f_{out}(\theta) \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\delta f_{out}(\theta) / \delta \theta > 0 \quad \cdots \cdots (2)$$

同时取与所述  $R_{in\ 0}$  的夹角  $\theta$  为变量，根据所述  $R_{in\ 0}$  及所述拔锥  $f_{in}(\theta)$ ，所述叶片的内周缘相对于所述风扇轴的轨迹  $R_{in}(\theta)$  满足下式：

( 方程 2 )

$$R_{in}(\theta) > R_{in\ 0} + f_{in}(\theta) \quad \cdots \cdots (3)$$

$$\delta f_{in}(\theta) / \delta \theta > 0 \quad \cdots \cdots (4)$$

5. 一种风扇彗尾形段成形模具，用于成形具有多个叶片的风扇彗尾形段，该成形模具具有用于成形所述各叶片的叶片成形孔，其特征在于，

沿圆周方向相对于与所述风扇轴相对应的所述横流风扇成形模具中心轴倾斜规定角度形成所述风扇成形孔，并且，

按照所述叶片成形孔内面离所述中心轴最远的最远内面周缘中叶片拔出侧端部与所述中心轴的连线段为曲率半径所描绘的轨迹及预定的拔锥，弯曲所述最远内面周缘，与此同时，按照所述叶片成形孔内面离所述中心轴最近的最近内面

周缘中叶片拔出侧端部与所述中心轴的连线段为曲率半径所描述的轨迹及预定的拔锥，弯曲所述最近内面周缘。

6. 一种风扇彗尾形段成形模具，其特征在于，将具有多个叶片的风扇彗尾形段成形使得所述多个叶片沿圆周方向相对于风扇轴倾斜规定角度以该风扇轴为中心立设成环形，同时使其外周缘及内周缘相对于所述风扇轴朝外弯曲，

沿所述成形模具的径向按辐射状分割所述风扇彗尾形段成形模具中所述叶片成形用孔部，其分割面形成螺旋状。

7. 一种风扇彗尾形段成形模具，其特征在于，将具有多个叶片的风扇彗尾形段成形使得所述多个叶片沿圆周方向相对于风扇轴倾斜规定角度以该风扇轴为中心立设成环形，同时使其外周缘及内周缘相对于所述风扇轴朝外弯曲，

按环状分割所述风扇彗尾形段成形模具中所述叶片成形用孔部，其分割面形成螺旋状。

8. 一种风扇彗尾形段成形模具制造方法，其特征在于，所述风扇彗尾形段成形模具用于成形具有多个叶片的风扇彗尾形段，使所述多个叶片沿圆周方向相对于风扇轴倾斜规定角度并以该风扇轴为中心立设成环形，同时其外周缘及内周缘相对于所述风扇轴朝外弯曲，

预备好与所述各叶片形状具有基本相同形状的放电加工用电极，通过用所述放电加工用电极对制造所述彗尾形段成形模具用的被加工物件进行放电加工，切削加工为成形所述叶片的孔部。

9. 一种横流风扇，是在一对侧板间同轴配设多个风扇彗尾形段而构成，所述风扇彗尾形段具有多个叶片，所述多个叶片沿圆周方向相对于风扇轴倾斜规定角度并以该风扇轴为中心立设成环状，所述横流风扇以所述风扇轴为中心使所述多个风扇彗尾形段整体旋转送出空气流，其特征在于，

- 所述多个彗尾形段中相互邻接的风扇彗尾形段的各叶片对于所述风扇轴的倾斜方向设置得相互相反。

10. 如权利要求 9 所述的横流风扇，其特征在于，所述多个风扇彗尾形段为偶数个，与一侧板邻接的风扇彗尾形段中各叶片的倾斜方向设置得使经该风扇彗尾形段送出的空气流的偏向方向从垂直于所述风扇轴的方向偏向于所述一侧板侧，与另一侧板邻接的风扇彗尾形段中各叶片的倾斜方向设置得使经该风扇彗尾形段送出的空气流的偏向方向从垂直于所述风扇轴的方向偏向所述另一侧板一侧。

11. 如权利要求 9 或 10 所述的横流风扇，其特征在于，所述多个风扇彗尾形

段的各叶片在结构上使得所述各叶片中离所述风扇轴最远的外周缘及离所述风扇轴最近的内周缘相对于所述风扇轴朝外弯曲。

# 说明书

## 横流风扇、风扇彗尾形段成形模具及模具制造方法

5 本发明涉及适用于空气调节机等室内风扇的横流风扇，该横流风扇成形用模具及该成形模具的制造方法，具体而言，涉及具有斜扭叶片的横流风扇，用于该横流风扇的风扇彗尾形段的成形模具及该风扇彗尾形段成形模具的制造方法。

图 18 表示将上述横流风扇作为室内风扇组装的空气调节机的已有技术例。如图 18 中，在室内机 100 主壳体 101 的前面 101a，图中上下配设有进气格栅 102 和排气格栅 103，这些进气格栅 102 和排气格栅 103 经风扇壳体 104 内的风道 105 10 连通。

在该风道 105 中，横流风扇 107 配设在室内侧热交换器 106 下游侧作为室内风扇，从进气格栅 102 吸入主壳体 101 内的室内空气经室内侧热交换器 106 进行热交换，借助横流风扇 107 从排气格栅 103 向室内再次排出冷风或暖风，进行取 15 暖或制冷。

在上述空调机（空气调节机）中谋求高性能化，尤其是希望减小送风时的噪声。作为这种噪声主要有因鼻形部 108 与横流风扇 107 间的间隙及其附近的压力变动产生涡流，由该涡流产生的所谓叶片间距音的噪声，减小这种叶片间距音等噪声成为重要课题。

20 在现有技术中，作为消除叶片间距音等噪声的诸项策略，有如图 19 所示的使叶片 110 相对于风扇轴 0 倾斜规定角度配置的横流风扇 107A（将这种叶片 110 称为斜扭叶片，相反，将叶片 110 平行于风扇轴 0 配置的叶片称为直式叶片）。该横流风扇 107A 由多段同轴固定的每段具有多个叶片 110 的风扇彗尾形段 111 构成。按照该构成，叶片 110 以规定角度倾斜配置，故能使该叶片 110 与鼻部 108 25 间的间隔中产生的涡流（压力变动）分散，从而减小叶片间距音。

还有一种已知的结构是以多种间隔（随机间距）将多个斜扭叶片 110 设置在隔板 112 上，使斜扭叶片 110 所减小的旋转音的峰值(peak)频率发散。

作为减小叶片间距音等噪声的其它各种对策，已知的还有以相对于风扇轴以预定的扭角和扭动方向将叶片配置成螺旋状的结构（下面，将该叶片称为螺旋扭 30 曲叶片，具有这种螺旋扭曲叶片的风扇称为螺旋扭曲风扇），也具有分散上述涡流的效果。

另一方面，从具有上述斜扭叶片的横流风扇 107A 吹出的空气流，如图 20 所

示，由于该风扇叶片的斜扭角度相对于风扇轴 0 仅定在规定方向上，故总是在相对于与风扇轴 0 正交的具有规定角度  $21$  的倾斜方向上流动。因此，难以按使用目的调整空气流吹出方向，再有，如图 20 所示，横流风扇 107A 的轴向端部形成无送风范围（无风区）或送风量不稳定范围 115，从而不能获得均匀且宽的送风范围。

为此，特开平 5 - 340380 号公报中揭示了一种通过横流风扇 107B 的风扇轴 0 的中心、以与该风扇轴 0 垂直的位置（分界位置）B 为界、改变斜扭方向、在两不同方向上吹出空气流的结构。例如，左侧的空气流总是在相对于与风扇轴 0 垂直方向成预定角度  $\alpha_1$  的倾斜方向上流动，右侧空气流总是在相对于风扇轴 0 垂直方向成预定角度  $\alpha_2$  的倾斜方向上流动。

图 22 为构成图 19 所示横流风扇 107A 的具有斜扭叶片 110 的风扇彗尾形段 111 的侧视图，图 23 为从隔板侧透过该隔板看该风扇彗尾形段 111 的视图。图 24 为图 23 所示风扇彗尾形段 111 中叶片 110 的放大图。

图 24 所示，在斜扭叶片中，沿叶片 110 立设方向的周边（该周边内，相对于风扇轴 0 最远的周边称为周边 10a，最近的周边称为内周边 110b）为直线状，因此如图 25 所示，从风扇轴 0 至风扇外周边 110a 的距离（风扇半径 R），可见在该外周边 110a 中央如图 25 斜线所示就会变小。风扇外周边 110a 相对于旋转轴 0 越远，送风性能越好，故具有斜扭叶片的送风风扇比常用的直式叶片送风风扇送风量小。

具有斜扭叶片 110 的风扇彗尾形段 111 所构成的横流风扇旋转时，叶片外周边 110a 圆周方向位置与该叶片外周边 110a 及鼻部 108 间的间隙（鼻间隙）的关系示于图 26 至图 27（A）和图 27（B）。图 27（A）及图 27（B）为图 26 中虚线所示部分的放大图，图 27（A）和（B）中，旋转产生的叶片 110 的圆周方向位置不同。

如图 27（A）及图 27（B）所示，鼻间隙的大小随与鼻部 108 中最靠近叶片 110 的角度 108a 相对应的叶片外周边 110a 的位置不同而不同。即，可见在对应于风扇旋转鼻角部 108a 与叶片外周边 110a 中央部最靠近时鼻间隙 C1（参见图 27（A））、与对应于上述同样旋转、鼻角部 108a 与叶片外周边 110a 的端部最靠近时鼻间隙 C2（参见图 27（B））中，“ $C1 > C2$ ”。

鼻间隙与静压力有密切关系，在斜扭叶片中，风扇旋转会使鼻间隙变化，从而在叶片外周方向（长度方向）上产生静压分布，结果产生噪声。

尤其在使用随机间距的斜扭叶片 110A（参见图 28）构成横流风扇 107C 的

情况下,如图 29 所示,在叶片 110A 与鼻部 108 的间隔中产生的涡 W 的大小(涡半径 r)按风扇转速的整数倍变化(参见图 30),这种随机间距产生的涡流的大小(涡半径 r)变化随上述鼻部间隙在横流风扇 107C 中风扇轴 0 长度方向上的变化而增大(参见图 31),噪声倾向于更大。

5            已知斜扭叶片中的斜扭角越大,叶片间距音的抑制效果越高。

但是,如图 32 所示,在用模具成形制造具有斜扭叶片 110 的风扇彗尾形段 111 并未图示的下金属模具中拔出该成型的(风扇彗尾形段 111)的情况下,一边绕其轴心使风扇彗尾形段朝叶片倾斜方向旋转一边从下金属模具中拔出(其拔出方向 D 如图 32 所示),在斜扭角足够大,其斜扭叶片部分上设有一般的拔锥(起模斜度)情况下,如图 32 所示,在该斜扭叶片 110 的外周边 110a 及内周边 110b 部分上因旋转而产生切削(undercut),故使拔出困难。

总之,为了加大扭角,必须要解决这种因旋转而产生的切削。如图 33 所示,人们考虑到使斜扭叶片 110' 的拔锥增大作为解决这种切削增大扭角的方法,但这种方法使叶片产生不需要的变形而使送风性能下降。

15           在已有技术的螺旋扭曲风扇中,为了将叶片作成螺旋状而用模具成形时,会在该螺旋状部分中产生切削,难以从下金属模具(下模)中拔出,并难以采用彗尾形制作法等。

鉴于上述理由,已有的螺旋扭曲风扇是通过施加外力向规定方向拧动常用直式(不倾斜)形状的金属制及树脂制风扇来制作螺旋扭曲风扇的,由于这种外力的拧动使风扇内部形成拧动的余应力,故使风扇的可靠性下降。

20           此外,特开平 5 - 340380 号公报所揭示的横流风扇的结构,虽能在不同的两方向可靠地送出空气流,但如图 21 所示,横流风扇 107B 轴向两端存在无风区 115A、115B,或送风量不稳定区,从而产生喘振现象。再有,在左右倾斜方向相反,送风方向向左右蔓延变化,使本次沿横流风扇 107B 的中心轴的中央部分来的送风下降,故同样会发生喘振现象。

25           本发明鉴于上述问题,其目的在于提供一种能有效减小叶片间距音等噪声并始终保持高送风性能的横流风扇,和具有上述优点的横流风扇构成所需的风扇彗尾形段成形用的风扇彗尾形段成形模具,以及该风扇彗尾形段成形模具的制造方法。

30           本发明的另一目的在于提供一种无喘振现象、具有均匀范围宽的送风区和良好送风量的横流风扇。

为完成上述发明目的,本发明的横流风扇,如权利要求 1 所记载,由多个风

扇彗尾形段同轴设置构成，所述风扇彗尾形段包含多个叶片，所述多个叶片相对于风扇轴沿圆周方向倾斜规定的角度以风扇轴为中心立设成环形。

使得所述各叶片中离所述风扇轴最远的外周缘及离所述风扇轴最近的内周缘相对于该风扇轴朝外方弯曲。

5 按照权利要求 2 所述的横流风扇，所述多个叶片立设成所述环形时，使邻接叶片间的间距随机分布。

按照权利要求 3 所述的横流风扇，所述各叶片的外周缘根据该外周缘中所述风扇彗尾形段接合侧端部与所述风扇轴的连线段 Rout 0 为曲率半径描绘的轨迹及拔锥构成，所述各叶片的内周缘根据该内周缘中所述风扇彗尾形段接合侧端部  
10 与所述风扇轴的连线段 Rin 0 为曲率半径描绘的轨迹及拔锥构成。

按照权利要求 4 所述的横流风扇，取与所述 Rout 0 的夹角 $\theta$  为变量，根据所述 Rout 0 及所述拔锥 fout ( $\theta$ )，所述叶片的外周缘相对于所述风扇轴的轨迹 Rout ( $\theta$ )满足下式：

( 方程 3 )

15 
$$Rout (\theta) < Rout 0 - fout (\theta) \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\delta fout (\theta) / \delta \theta > 0 \quad \cdots \cdots (2)$$

同时取与所述 Rin0 的夹角 $\theta$  为变量，根据所述 Rin0 及所述拔锥 fin( $\theta$ )，所述叶片的内周边缘相对于所述风扇轴的轨迹 Rin( $\theta$ )满足下式：

( 方程 4 )

20 
$$Rin (\theta) > Rin 0 + fin (\theta) \quad \cdots \cdots (3)$$

$$\delta fin (\theta) / \delta \theta > 0 \quad \cdots \cdots (4)$$

为实现上述目的，本发明的风扇彗尾形段的成形模具，如权利要求 5 所述，用于成形具有多个叶片的风扇彗尾形段，该成形模具具有用于成形所述各叶片的叶片成形孔，

25 沿圆周方向相对于与所述风扇轴相对应的所述横流风扇成形模具中心轴倾斜规定角度形成所述风扇成形孔，并且，

按照所述叶片成形孔内面离所述中心轴最远的最远内面周缘中叶片拔出侧端部与所述中心轴的连线段为曲率半径所描绘的轨迹及拔锥，弯曲所述最远内面周缘，与此同时，按照所述叶片成形孔内面离所述中心轴最近的最近内面周缘中  
30 叶片拔出侧端部与所述中心轴的连线段为曲率半径所描述的轨迹及拔锥，弯曲所述最近内面周缘。

本发明的风扇彗尾形段成形模具，如权利要求 6 所述，将具有多个叶片的风

扇彗尾形段成形使得所述多个叶片沿圆周方向相对于风扇轴倾斜规定角度以该风扇轴为中心立设成环形，同时使其外周缘及内周缘相对于所述风扇轴朝外弯曲，

沿所述成形模具的径向按辐射状分割所述风扇彗尾形段成形模具中所述叶片成形用孔部，其分割面形成螺旋状。

如权利要求 7 所述的本发明风扇彗尾形段成形模具，将具有多个叶片的风扇彗尾形段成形使得所述多个叶片沿圆周方向相对于风扇轴倾斜规定角度以该风扇轴为中心立设成环形，同时使其外周缘及内周缘相对于所述风扇轴朝外弯曲，

按环状分割所述风扇彗尾形段成形模具中所述叶片成形用孔部，其分割面形成螺旋状。

另外，为实现上述发明目的，在权利要求 8 所记载的本发明的风扇彗尾形段成形模具制造方法中，所述风扇彗尾形段成形模具用于成形具有多个叶片的风扇彗尾形段，使所述多个叶片沿圆周方向相对于风扇轴倾斜规定角度并以该风扇轴为中心立设成环形，同时其外周缘及内周缘相对于所述风扇轴朝外弯曲，

预备好与所述各叶片形状具有基本相同形状的放电加工用电极，通过用所述放电加工用电极对制造所述彗尾形段成形模具用的被加工物件进行放电加工，切削加工为成形所述叶片的孔部。

为实现上述发明目的，如权利要求 9 所述，本发明的横流风扇是在一对侧板间同轴配设多个风扇彗尾形段而构成，所述风扇彗尾形段具有多个叶片，所述多个叶片沿圆周方向相对于风扇轴倾斜规定角度并以该风扇轴为中心立设成环状，所述横流风扇以所述风扇轴为中心使所述多个风扇彗尾形段整体旋转送出空气流，

所述多个彗尾形段中相互邻接的风扇彗尾形段的各叶片对于所述风扇轴的倾斜方向设置得相互相反。

具体而言，在权利要求 10 所述的横流风扇中，所述多个风扇彗尾形段为偶数个，与一侧板邻接的风扇彗尾形段中各叶片的倾斜方向设置得使经该风扇彗尾形段送出的空气流的偏向方向从垂直于所述风扇轴的方向偏向于所述一侧板侧，与另一侧板邻接的风扇彗尾形段中各叶片的倾斜方向设置得使经该风扇彗尾形段送出的空气流的偏向方向从垂直于所述风扇轴的方向偏向所述另一侧板一侧。

具体而言，在权利要求 11 所述的横流风扇中，所述多个风扇彗尾形段的各叶片在结构上使得所述各叶片中离所述风扇轴最远的外周缘及离所述风扇轴最

近的内周缘相对于所述风扇轴朝外弯曲。

按照权利要求 1 至 4 所述的横流风扇，由于风扇彗尾形段中各叶片的外周缘及内周缘相对于所述风扇轴朝外弯曲，故使得鼻间隙在风扇轴长度方向上基本均匀，从而使风扇半径基本均匀在外周缘中央部不产生损耗。

5       按照权利要求 5 所述的风扇彗尾形段形成模具，叶片成形孔中最远内面周缘按照该最远内面周缘中叶片拔出侧端部与中心轴连线段为曲率半径所描绘的轨迹及拔锥进行弯曲，叶片成形孔中最近内面周缘按照该最近内面周缘中叶片拔出侧端部与中心轴的连线段为曲率半径所描绘的轨迹及拔锥进行弯曲，故即使使其具有其外周缘及内周缘相对于所述风扇轴朝外弯曲形成的多个叶片的风扇彗尾形段一边旋转一边从风扇彗尾形段成形模具中拔出，也不产生切削。

10       按照权利要求 6 至 7 所述的风扇彗尾形段成形模具，由于风扇彗尾形段成形模具中叶片成形用孔部沿其成形模具的径向分割成如辐射状或环状，其分割面形成螺旋状，故即使使其具有其外周缘及内周缘相对于所述风扇轴朝外弯曲成形的多个叶片的风扇彗尾形段一边旋转一边从风扇彗尾形段成形模具中拔出，也不会产生切削。

15       按照权利要求 8 所述的风扇彗尾形段成形模具制造方法，对外周缘及内周缘相对于风扇轴朝外弯曲成形的多个叶片进行成形的成形孔，由于难以用一般的电火花线切割制作，故通过预备好与叶片基本同形状的放电加工电极，并用该放电加工用电极对风扇彗尾形段成形模具制造用的被加工物件进行放电加工，切削加工为成形叶片的孔部。因此，能简便切削加工具有上述弯曲面的叶片成形用孔部。

20       在权利要求 9 至 11 所述的横流风扇中，由于多个风扇彗尾形段中相互邻接的风扇彗尾形段的各叶片倾斜方向相对于风扇轴设置成相互相反，故在风扇轴向两端部的区域中，由邻接于该端部的风扇彗尾形段与该风扇彗尾形段邻接的风扇彗尾形段送出的空气流是稳定的

下面，参照附图说明本发明的实施形态。

图 1 表示本发明第一实施形态横流风扇基本结构的立体图；

图 2 表示构成图 1 中横流风扇的风扇彗尾形段的立体图；

图 3 为从侧板侧透过该侧板看图 2 中风扇彗尾形段的视图；

30       图 4 表示图 3 中虚线包围叶片的放大图；

图 5 表示本实施形态横流风扇的风扇半径与已有技术的风扇半径的比较图；

图 6 表示本实施形态横流风扇的鼻间隙图；

图 7 表示将构成本实施形态横流风扇的风扇彗尾形段从下金属模具（风扇彗尾形段阴模）拔出状态的立体图；

图 8 表示放电加工机主要构成的立体图（一部分为方框图），该加工机用于制造构成本实施形态横流风扇的风扇彗尾形段成形用的下金属模具（风扇彗尾形段阴模）；

图 9 为第二实施形态横流风扇中风扇彗尾形段的叶片放大视图；

图 10 中，(A)为图 9 中叶片内周缘侧中虚线所围部分的放大视图；(B)为图 9 中叶片外周缘侧中虚线所围部分的放大视图；

图 11 为具有第二实施形态叶片的风扇彗尾形段成形用风扇彗尾形段阴模中叶片孔腔的放大视图；

图 12 中，(A)表示图 11 中叶片孔腔内最近内面周缘中虚线所围部分的放大视图；(B)表示图 11 中叶片孔腔内最远内面周缘中虚线所围部分的放大视图；

图 13 表示对具有本发明斜扭叶片的风扇彗尾形段成形用风扇彗尾形段阴模分割制造时的分型线的视图；

图 14 表示对具有本发明斜扭叶片的风扇彗尾形段成形用风扇彗尾形段阴模分割制造时的分型线的视图；

图 15 表示第三实施形态横流风扇整体结构主要部分的正视图；

图 16 表示第三实施形态变形例的横流风扇整体结构主要部分的正视图；

图 17 表示第三实施形态变形例的横流风扇整体结构主要部分的正视图；

图 18 为概略表示已有技术空调机中室内机一例的纵剖视图；

图 19 表示具有已有技术斜扭叶片的横流风扇的立体图；

图 20 表示具有已有技术斜扭叶片的横流风扇的立体图；

图 21 表示具有已有技术斜扭叶片的横流风扇的立体图；

图 22 表示构成图 19 所示横流风扇具有斜扭叶片的风扇彗尾形段的侧视图；

图 23 为从隔板侧透过该隔板看图 22 所示风扇彗尾形段的视图；

图 24 为图 23 所示风扇彗尾形段中叶片的放大图；

图 25 表示图 19 至图 24 所示已有技术横流风扇中风扇半径的图；

图 26 表示具有已有技术斜扭叶片的风扇彗尾形段构成的风扇转动时的鼻间隙视图；

图 27，其中(A)及(B)表示图 26 中虚线圆所示部分在不同叶片位置时的放大图；

图 28 表示使用随机间距化的斜扭叶片的横流风扇的示意图；

图 29 表示叶片与鼻部间隔产生涡流的示意图;

图 30 表示涡流大小 ( 涡半径 ) 周期变化的曲线图;

图 31 表示横流风扇长度方向中涡半径的变动图;

图 32 表示已有技术风扇彗尾形段中斜扭叶片产生切削构造的示意图;

5 图 33 表示已有技术风扇彗尾形段中拔锥大的斜扭叶片的放大图。

### ( 第一实施形态 )

图 1 为本实施形态横流风扇主要部分整体构成的立体图。

10 横流风扇 1 作为室内风扇适于装入如图 18 所示空调机的室内机 100 内。该横流风扇 1，通过如彗尾形段连接制作法将多个风扇彗尾形段 2 接合成一体而制成。也即，横流风扇 1，其两端左右具有一对侧板 3a、3b，在所述侧板 3a、3b 之间，同轴一体设置有由具有多个叶片 4 的侧板 5 构成的多个风扇彗尾形段 2。

该横流风扇 1 以风扇轴 0 为中心可整体自由转动，通过该横流风扇 1 的转动，在与风扇轴 0 大致直交方向上以风的形式送出空气流。

15 如图 2 所示，各风扇彗尾形段 2 具有圆形或环形的侧板 5，在该侧板 5 的一面形成分别嵌入固定相邻风扇彗尾形段 2 的各个叶片 4 的前端部用的圆弧形嵌合部 5a。侧板 5 的另一面，以风扇轴 0 为中心按所需安装间距环形立设有横断面为圆弧形的多个叶片 4。从侧板 5 至各叶片 4 立设侧前端部的距离取为 L。图 1 中左端彗尾形段的端板兼作侧板。

20 下面，详细说明各叶片 4 的形状。图 3 为从侧板 5 侧透过该侧板所见风扇彗尾形段 2 的视图。图 4 为图 3 虚线所围部分的放大图。

从图 3 及图 4 可见，各叶片 4，其横断面形状作成圆弧状，且沿旋转方向 ( 圆周方向 ) 相对于风扇轴 0 倾斜规定角度 ( 该倾斜角称为 “ 扭倾角 ” )。然而，本实施例各叶片 4，其特征在于，相对于风扇轴 0 最远的周缘 4a ( 称为 “ 外周缘 ” ) 25 和相对于风扇轴 0 最近的周缘 4b ( 称为 “ 内周缘 ” ) 的形状。也即，已有技术的叶片的外周缘及内周缘，如图 4 中双点划线所示，呈直线状。然而，本实施例中叶片 4 的外周缘 4a 及内周缘 4b，如图 4 所示，相对于风扇轴 0 朝外弯曲。

由于有上述结构，所以作为从风扇轴 0 至叶片外周缘 4a 的距离的风扇半径 Ra 在外周缘 4a 中任何位置上基本上都相同。若取已有技术风扇半径为 Rc，如图 30 5 所示，如外周缘 4a 当中的风扇半径 Ra 为 “  $Ra = Rc + \Delta R$  ”，比已有风扇半径 Rc 大  $\Delta R$ 。

因此，如图 6(A)及(B)所示，由于叶片 4 的风扇半径 Ra 大致均匀，故鼻间隙

Ca 与叶片 4 的外周缘 4a 相对于鼻角部 108a 的位置无关，始终保持基本相同。结果，不会产生因鼻间隙变化引起的静压分布，从而能大大减小噪音。

另外，由于消除了已有技术所发生的外周缘 4a 中央部中的半径损失( $\Delta R$ )，故能比已有技术增加送风量。

5 再有，按照本结构，由于叶片 4 的外周缘 4a 及内周缘 4b 相对于风扇轴 0 朝外弯曲，故有如下优点。

即，如图 7 所示，通过模具成形制造具有本结构的斜扭叶片 4 的风扇彗尾形段 2，一边绕轴心旋转（旋转方向如箭头 S 所示）该成型品（风扇彗尾形段 2）一边从下金属模具（风扇彗尾形段的阴模）10 拔出时，由于叶片 4 的外周缘 4a 及内周缘 4b 呈弯曲，故能沿旋转方向 S 从下金属模具 10 的通道拔出该风扇彗尾形段 2。因此，在本结构中，不存在像图 33 所示已有技术那样将拔锥不必要地作大，由于能将扭倾角作到最大也不发生切削，故能最大限度地提高叶片间距音的抑制效果，而不会发生送风量下降等。

按照具有本结构斜扭叶片的多个风扇彗尾形段 2 所构成的横流风扇 1，无需担心切削，故用模具成形制造各风扇彗尾形段 2 时，易于从下模具拔出，能通过彗尾形段连接法连接该风扇彗尾形段 2 制成横流风扇 1。因此，与已有技术的具有螺旋扭曲叶片的螺旋扭曲风扇相比，由于可应用彗尾形段连接法，故风扇制造方法简单容易，而且风扇制造工序中，无需外加扭力，不会发生因扭动风扇而残留应力，故提高了可靠性。

20 在制造用于作成图 7 所示横流风扇的各风扇彗尾形段的下模具（风扇彗尾形段的阴模）10 时，为了使各叶片外周缘及内周缘弯曲，各叶片成形用叶片型腔 11，不得不将其内侧面作成曲面，用已有技术的线切割（wire cuf）制作是不可能的。

所以，在本实施例中，加工成放电加工用电极的形状制作下模具（即“下金属模具”）。即，放电加工机 15，如图 8 所示，备有：用于载置浸渍在未图示的加工液中的被加工物（模具基座）M 的加工台 16；通过对被加工物 M 进行脉冲放电、放电加工被加工物 M 的放电加工用电极 17；作为该放电加工用电极 17 的电源的加工电源 18；使放电加工用电极 17 沿图中（x、y、z）方向作水平、垂直、旋转移动的移动机构 19；和控制该放电加工用电极 17 的移动、旋转位置的控制部 20。

然后，在本结构中，用加工成与叶片形状基本相同形状（相似形状）的电极作为放电加工用电极 17，根据移动机构 19 及控制部 20 的控制，一边旋转及垂

直移动该放电加工用电极 17 一边切削加工被加工物 M 中的型腔 11。

因而，对于已有技术线切割切削加工困难的在内侧面具有曲面的型腔的切削加工也变得容易了。

## 5 (第二实施形态)

图 9 为本实施形态横流风扇 25 的彗尾形段 26 的叶片 27 的放大图。图 10 (A) 为叶片 27 内周缘侧中虚线所围部分的放大图，图 10 (B) 为叶片 27 外周缘侧中虚线所围部分的放大图。本实施形态仅在彗尾形段 26 的各叶片 27 的结构方面与第一实施形态的不同，其它结构与第一实施形态的相同，故省略其说明。

本实施形态的各叶片 27 的外周缘 27a，如图 9 所示，当取连接叶片 27 外周缘 27a 中前端侧 27H 的端部 28a 与风扇轴 0 的线段为 Rout 0 时，按照以该 Rout 0 为曲率半径从该前端侧端部 28a 所描绘的轨迹（即，无拔锥的轨迹：参看图中双点划线）进行弯曲，再将该弯曲形状变成具有拔锥的形状。

15 本实施形态各叶片 27 的内周缘 27b，如图 9 所示，当取连接所述内周缘 27b 中前端侧 27H 端部 28b 和风扇轴 0 的线段为 Rin 0 时，按照以该 Rin 0 为曲率半径从该端点 28b 所描绘的轨迹进行弯曲，再使该弯曲形状具有拔锥形状。

也即，如图 10 (B) 所示，对以离开 Rout 0 的角度( $\theta$ )为变量时相对于风扇轴 0 的外周缘 27a 的轨迹(Rout ( $\theta$ ))，当用所述曲率半径 Rout 0 的轨迹及拔锥 (fout( $\theta$ ))表达时，具有下面的(5)式及(6)式。

(方程 5)

$$\text{Rout}(\theta) < \text{Rout} 0 - \text{fout}(\theta) \quad \dots \dots (5)$$

$$\delta \text{fout}(\theta) / \delta \theta \geq 0 \quad \dots \dots (6)$$

25 为了取风扇半径最大，虽可将拔锥 fout ( $\theta$ )设定为 0（即，外周缘 27a 的轨迹 Rout ( $\theta$ )与定曲率半径 Rout 0 的轨迹一致），但拔锥 fout ( $\theta$ )为 0 时，在模具成形中会难以起模。因此，拔锥 fout ( $\theta$ )可设定为如：

(方程 6)

$$\text{fout}(\theta) = A \cdot \theta \cdot L / \theta_{\max} \quad \dots \dots (7)$$

30 其中，A 为常用直式叶片中所用的通用拔锥， $\theta_{\max}$  为从 Rout 0 至相对于叶片 27 外周缘 27a 的侧板 5 的接合侧(根侧) 27L 的端部 29a 与风扇轴 0 的连接线段(Rout max)的角度（参见图 9）。

另一方面，在内周缘 27b 中也一样。也即，如图 10 (A) 所示，取离开 Rin

0 的角度( $\theta$ )为变量的内周缘 27b 的轨迹 ( $R_{in}(\theta)$ ), 当以曲率半径  $R_{in} 0$  的轨迹及拔锥( $f_{in}(\theta)$ )表示时, 具有下面的(8)式及(9)式。

(方程 7)

$$R_{in}(\theta) > R_{in} 0 - f_{in}(\theta) \quad \dots \dots (8)$$

5  $\delta f_{in}(\theta) / \delta \theta \geq 0 \quad \dots \dots (9)$

拔锥  $f_{in}(\theta)$  与外周缘 27a 的一样, 如, 设定为:

(方程 8)

$$f_{in}(\theta) = A \cdot \theta \cdot L / \theta_{max} \quad \dots \dots (10)$$

按照上式(5) - (10), 对于叶片 27 的外周缘 27a 及内周缘 27b, 一边考虑拔锥  
10  $f_{out}(\theta)$ 、 $f_{in}(\theta)$ , 一边按照定曲率半径  $R_{out} 0$  及  $R_{in} 0$  的轨迹将其弯曲, 故与风扇半径均匀及外周缘中央部中风扇半径放大等的第二实施形态具有同样的效果。

按照上式(6) - (7)及(9) - (10), 拔锥  $f_{out}(\theta)$ 及  $f_{in}(\theta)$ 的值不为 0, 随着 $\theta$  的增大 (也即, 随着朝向叶片 27 根侧 27L), 该拔锥  $f_{out}(\theta)$ 及  $f_{in}(\theta)$ 的值也增大,  
15 故对于具有这种叶片 27 的风扇彗尾形段 26 容易进行起模。

因而, 具有图 9 至图 10 所说明的叶片的彗尾形段, 由于该叶片最外周缘及内周缘具有拔锥的弯曲形状, 所以与已有技术的倾斜叶片的风扇彗尾形段相比不会发生切削, 而且能制成具有大扭倾角叶片的风扇彗尾形段。

在模具成形制造具有图 9 至图 10 所说明叶片 27 的风扇彗尾形段 26 时, 可  
20 按照该叶片 27 的形状如借助上述放电加工等形成风扇彗尾形段 26 的下模 (风扇彗尾形段阴模) 30 中的叶片孔隙 31。

图 11 放大显示了这种叶片孔隙 31 部分。图 12 (A) 为图 11 中叶片孔隙 31 的下述最近内面周缘中虚线所围部分的放大图, 图 12 (B) 为图 11 中叶片孔隙 31 的下述最远内周缘中虚线所围部分的放大图。

25 图 11 中, 若取对应于风扇轴的风扇彗尾形段阴模的中心轴 (阴模轴) 为  $O'$ , 则叶片孔隙 31 其横断面呈圆弧状, 且相对于阴模轴  $O'$ 沿圆周方向按预定角度倾斜。

若取叶片孔隙 31 内面中离阴模轴  $O'$ 最远的周缘 31a (所谓最远内面周缘) 的轨迹 (形成叶片 27 外周缘 27a 部分的轨迹; 参见图中虚线所示轨迹) 为  $R'_{out}(\theta)$ , 则该轨迹  $R'_{out}(\theta)$ 以叶片孔隙 31 的最远内面周缘 31a 中叶片拔出侧端部 32a  
30 和阴模轴  $O'$ 的连线线段  $R'_{out} 0$  为曲率半径, 按照该端部 32a 所描绘的轨迹 (即, 无拔锥的轨迹: 参见图中双点划线所示轨迹) 弯曲, 然后再形成拔锥形状。

若取叶片孔腔 31 内面中离阴模轴 0'最近的周缘 31b (所谓最近内面周缘)的轨迹(形成叶片 27 内周缘 27b 部分的轨迹;参见图中虚线所示轨迹)为  $R'in(\theta)$ , 则该轨迹  $R'in(\theta)$ 以叶片孔腔 31 的最近内面周缘 31b 中叶片拔出侧端部 32b 与阴模轴 0'的连接线  $R'in 0$  为曲率半径, 按照该端部 32b 所描绘的轨迹(即, 无拔锥的轨迹; 参看图中双点划线轨迹)弯曲, 然后再形成拔锥形状。

即, 如图 12 ( B )所示, 若用所述曲率半径  $R'out 0$  的轨迹及拔锥 ( $f'out(\theta)$ )表示  $R'out(\theta)$ , 则有以下(11)式和(12)式。

(方程 9 )

$$R'out(\theta) < R'out 0 - f'out(\theta) \quad \dots \dots (11)$$

$$10 \quad \delta f'out(\theta) / \delta \theta > 0 \quad \dots \dots (12)$$

同样, 如图 12 ( A )所示, 若用所述曲率半径  $R'in 0$  的轨迹和拔锥( $f'in(\theta)$ )表示  $R'in(\theta)$ , 则有以下(13)式和(14)式。

(方程 10 )

$$R'in(\theta) > R'in 0 - f'in(\theta) \quad \dots \dots (13)$$

$$15 \quad \delta f'in(\theta) / \delta \theta > 0 \quad \dots \dots (14)$$

$f'out(\theta)$ 及  $f'in(\theta)$ , 如可参照上式(7)及(10)等(孔腔 31 的深度可设定为 L )进行设定。

如上所述, 由于一边考虑拔锥一边按定曲率半径  $R'out 0$  及  $R'in 0$  的轨迹将该叶片孔腔 31 的最远内面周缘(对应于叶片的外周缘) 31a 及最近内面周缘 31b (对应于叶片的内周缘)制成弯曲形状, 所以能通过这种叶片孔腔制成具有大扭倾角叶片的风扇彗尾形段及具有这种风扇彗尾形段的横流风扇。

在上述各实施例中, 虽可通过放电加工等制造风扇彗尾形段成形用下模(风扇彗尾形段阴模(自身)), 但本发明并不限于此, 也可分割制造风扇彗尾形段阴模。通常, 在已有技术中, 由于按照相邻风扇彗尾形段阴模构件间的分割面(分型线)为直线来设置这种风扇彗尾形段阴模构件的, 且用这种已有技术方法, 将具有上述各实施形态中详细说明了斜扭叶片的风扇彗尾形段一边旋转一边从模具中拔出, 所以在这种分型线中有可能产生切削。

然而, 如图 13 ( A )及图 13 ( B )所示, 在这种叶片用孔腔 37 部分中沿该阴模的径向如放射状分割制造具有本实施形态斜扭叶片的风扇彗尾形段制造用风扇彗尾形段阴模的情况下, 如沿叶片用孔腔 37 的倾斜方向呈螺旋状形成被分割后的各风扇彗尾形段阴模构件 35a 中相邻构件间的分型线 36。按照这种结构, 即使分割风扇彗尾形段阴模 35, 也不会分型线 36 中产生切削。

另一方面，图 14 ( A ) 至图 14 ( C )，与图 13 ( A ) 及 ( B ) 一样，表示分割制造具有本实施形态斜扭叶片的风扇彗尾形段制造用风扇彗尾形段阴模情况的另一例示图。

如图 14 ( A ) 至 ( C ) 所示，在这种风扇彗尾形段阴模 40 的叶片孔腔 41 部分中以环状分割风扇彗尾形段阴模 40，使得被分割后的一侧（环形体（圆柱部））42 及与剩下的中空圆筒部 43 间的分型线 44 沿叶片用孔腔 41 的倾斜方向形成如螺旋状。由于这种结构与图 13 ( A ) 及 ( B ) 相同，所以在分型线 44 中不会发生切削。

而且，在上述各实施形态中，以固定间距将斜扭叶片立设成环状，但本发明并不限于此，如前面揭示的图 28 所示，也可将斜扭叶片的安装间距设定为随机立设成环状。此时，如上所述，由于本实施形态斜扭叶片 4、27 具有基本均匀的鼻间隙，故根据该鼻间隙的变动不会发生涡流大小的变动，结果可避免噪音增大。因而，基于间距随机化而能具有使涡流分散的效果，从而能降低高频噪音。

### （第三实施形态）

图 15 为本实施形态横流风扇主要部分整体结构的正视图。

该横流风扇 51，通过如彗尾段连接法将多个风扇彗尾形段 52 接合成为一体。即，横流风扇 51，其两端部左右具有一对侧板 53a、53b，该侧板 53a、53b 间同轴设置着具有多个叶片 54 的多个风扇彗尾形段 52 并构成一体。

这种构成一体的多个（例如 6 个）风扇彗尾形段 52 在结构上以风扇轴 0 为中心，整体旋转自如，通过如该风扇彗尾形段 52 的箭头 t 方向的旋转，朝与风扇轴 0 大致正交的方向送风。

各风扇彗尾形段 52 的多个叶片 54，以风扇轴 0 为中心按所需安装间距立设成环状。各叶片 54 沿圆周方向相对于风扇轴 0 倾斜规定角度（该倾斜角称为“扭倾角”）。

然后，各风扇彗尾形段中多个叶片 54 相对于风扇轴 0 的扭倾角，按本实施形态在相邻的风扇彗尾形段 52 中相互相反。

如图 15 所示，面向图面，邻接于右侧板 53b 的风扇彗尾形段 52B 中叶片 54B，相对于风扇轴 0 呈扭倾角  $\beta_1$  倾斜配置，另外，与该风扇彗尾形段 52B 邻接的风扇彗尾形段 52C 中叶片 54C，相对于风扇轴 0 呈扭倾角  $\beta_2$  倾斜配置， $\beta_1$  用  $\beta_2$  相对于风扇轴 0 相互方向相反（图中， $\beta_1$  向下， $\beta_2$  向上）。

再如，面向图面，与左侧板 53a 邻接的风扇彗尾形段 52A 中叶片 54A，构成

扭倾角 $\beta_2$ ，与该风扇彗尾形段 52A 邻接的风扇彗尾形段 52D 中叶片 54D 构成扭倾角 $\beta_1$ 。

其结果如图 15 所示，所有风扇彗尾形段 52 成为一体朝箭头 t 方向旋转时，在邻接右侧板 53b 的风扇彗尾形段 52B 中空气流 V1 偏向左侧板 53a 侧，邻接该  
5 风扇彗尾形段 52B 的风扇彗尾形段 52C 中空气流 V2 偏向右侧板 53b 侧。因而，在横流风扇 51 轴向面向图面的右侧端部，根据由上述风扇彗尾形段 52C 所偏向的空气流 V2，可获得稳定的风，并能减小喘振现象。

同样，在邻接左侧板 53a 的风扇彗尾形段 52A 中空气流 V3 偏向右侧板 53b 侧，与该风扇彗尾形段 52A 邻接的风扇彗尾形段 52D 中空气流 V4 偏向左侧板  
10 53b。因而，在横流风扇 51 轴向的面向图面的左侧端部，根据由上述风扇彗尾形段 52D 所偏向的空气流 V4，可获得稳定的送风，同样能减小喘振现象。

如上所述，按照本实施形态，相邻的风扇彗尾形段 52、52 中各叶片 54、54 的扭倾方向设置得相反，通过该相邻的风扇彗尾形段 52、52 使送风的空气流相互相反偏向，故能减小喘振现象，使吹出的流速、送风量及送风区变得稳定。

15 作为本实施形态的结构，横流风扇 51 其相邻风扇彗尾形段 52 中各叶片 54 的扭倾方向设置得相反，若用周知的风扇制造方法的彗尾段连接法能容易实现，故不会使制造费用上升。

图 16 表示上述实施形态的变形例。按照该变形例，将横流风扇 61 中风扇彗尾形段 62 的个数设置为偶数个（如 6 个），邻接右侧板 63b 的风扇彗尾形段 62B  
20 中叶片 64B 相对于风扇轴 0 倾斜成扭倾角 $\beta_2$ 配置，邻接左侧板 63a 的风扇彗尾形段 62A 中叶片 64A 相对于风扇轴 0 倾斜成扭倾角 $\beta_1$ 配置。其它结构与图 15 所示结构相同，相邻风扇彗尾形段 62 中各叶片 64 的扭倾角相互相反。

由于上述结构，当所有风扇彗尾形段 62 成一体朝箭头 t 方向旋转时，在邻接右侧板 63b 的风扇彗尾形段 62B 中空气流 V5 偏向右侧板 63b 侧，相反，邻接左  
25 侧板 63a 的风扇彗尾形段 62A 中空气流 V6 偏向左侧板 63a 侧。

即，在本结构中，空气流的送风区沿风扇彗尾形段轴方向扩大，故在风扇轴向两端部能送出稳定的风，并能大幅度减小其两端部中的喘振。

在本实施例中，各风扇彗尾形段 52、62 的斜扭叶片 54、64，可使用该叶片 54、64 的外周缘及内周缘呈直线状的斜扭叶片，也可使用第一及第二实施形  
30 态中已说明的外周缘及内周缘呈弯曲的斜扭叶片。尤其是，按照图 15 所示使用外周缘及内周缘弯曲的斜扭叶片的横流风扇 71，如图 17 所示，由于鼻间隙基本均匀，故能获得更均匀的风速分布。

如上所述，按照本发明的横流风扇，多个叶片按照相对于风扇轴沿圆周方向倾斜成预定角度的状态以该风扇轴为中心立设成环形，并使所述叶片的外周缘及内周缘相对于所述风扇轴朝外弯曲，故能在风扇轴长度方向上形成基本均匀的鼻间隙，并能使风扇半径在外周缘中央部无损失，基本均匀。因而，不会发生因鼻间隙变化的静压分布，能大幅度减小噪音，横流风扇的送风量比已有技术的增大。

按照本发明的风扇彗尾形段成形模具，由于对成形的叶片部分和分型线不产生切削，因此能采用上述的风扇彗尾形段成形模具，易制造具有倾斜角度大、使相对于风扇轴向向外弯曲外周缘与内周缘的叶片的风扇彗尾形段及其风扇彗尾形段的横向风扇。

按照本发明的风扇彗尾形段成形模具的的制造方法，能使用与叶片具有基本相同形状的放电电极容易切削加工用于制作相对于风扇轴使其外周缘及内周缘朝外弯曲形成的多个叶片的孔腔，因而，能容易制作风扇彗尾形段成形模具，用以制造具有大倾斜角的相对于风扇轴使其外周缘及内周缘朝外弯曲的叶片的风扇彗尾形段。

本发明的横流风扇，能够从邻接两端部的风扇彗尾形段或邻接该风扇彗尾形段的风扇彗尾形段，对风扇轴向所述的两端部区送出稳定的空气流。从而，不会产生喘振现象，并能实现均匀且宽范围的送风区及良好的送风量。

# 说明书附图

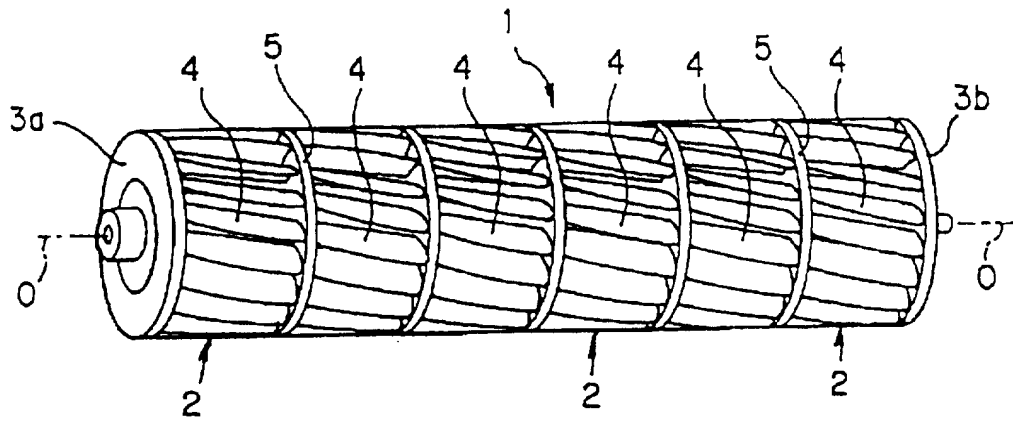


图 1

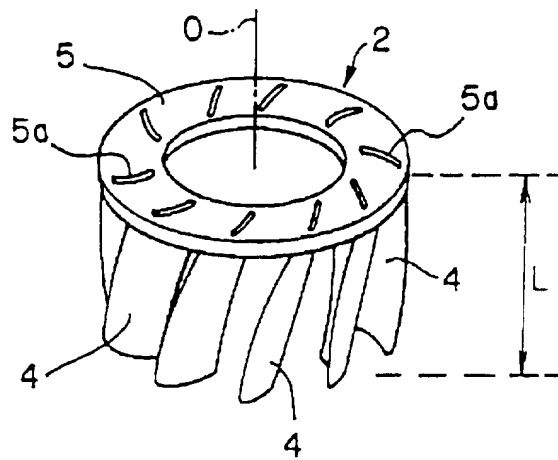


图 2

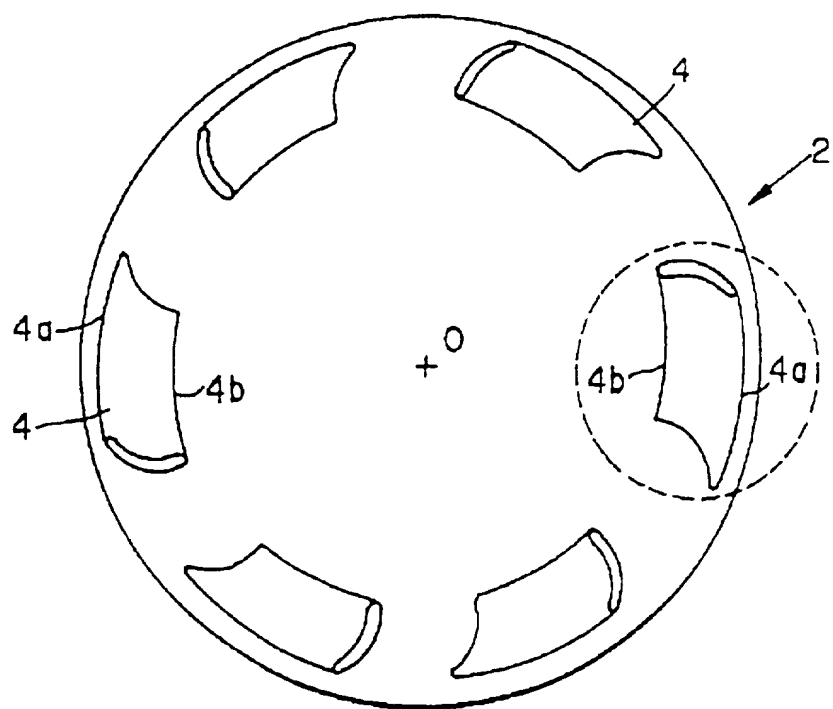


图 3

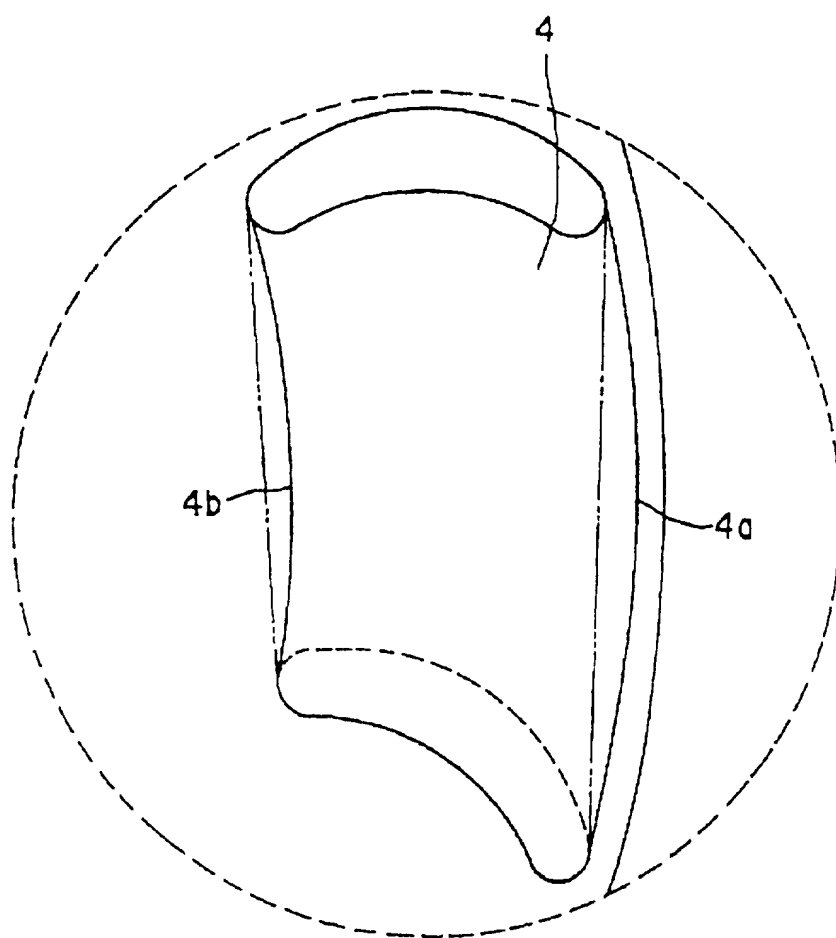


图 4

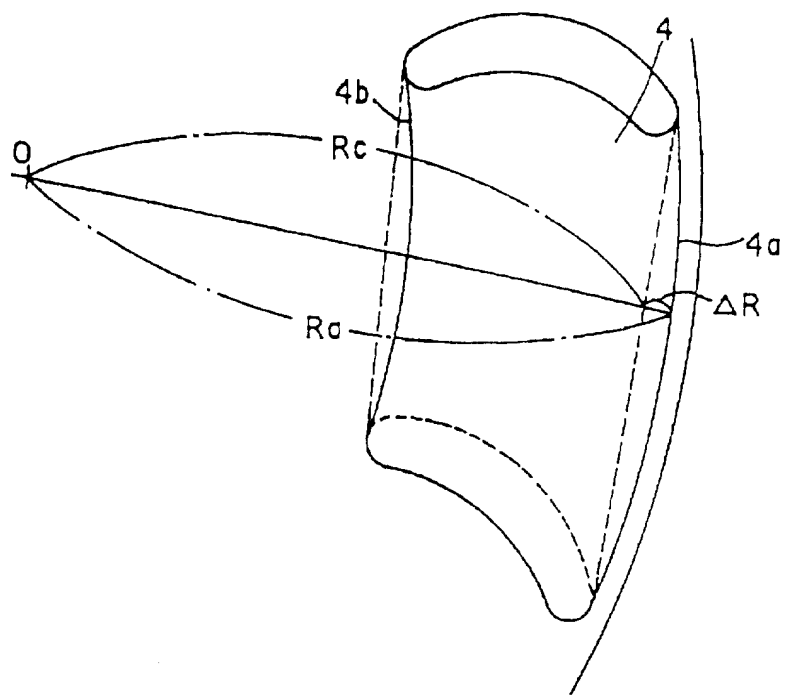


图 5

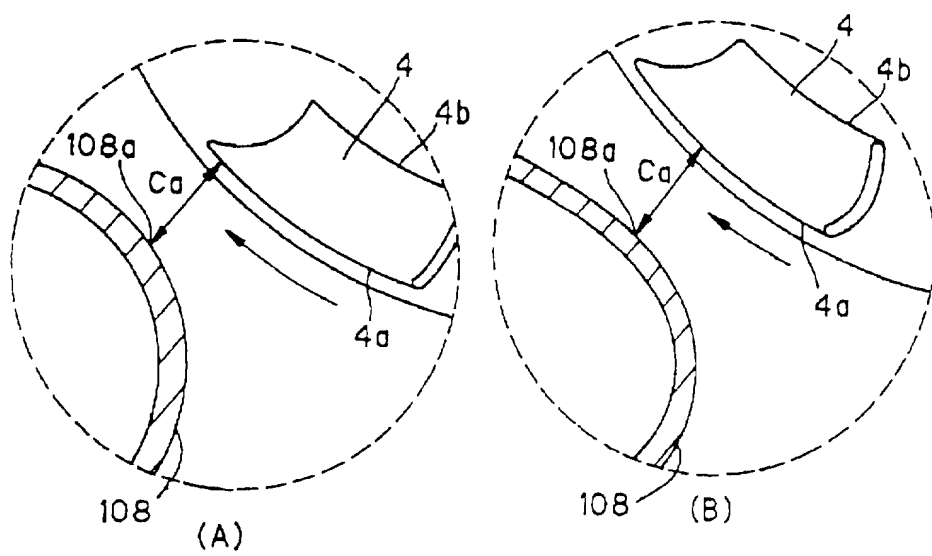


图 6

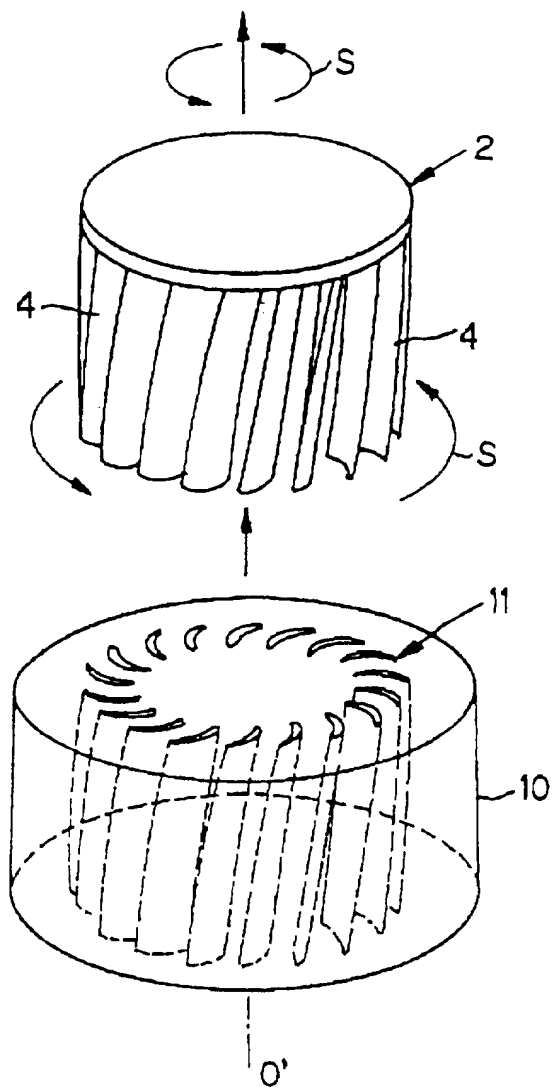


图 7

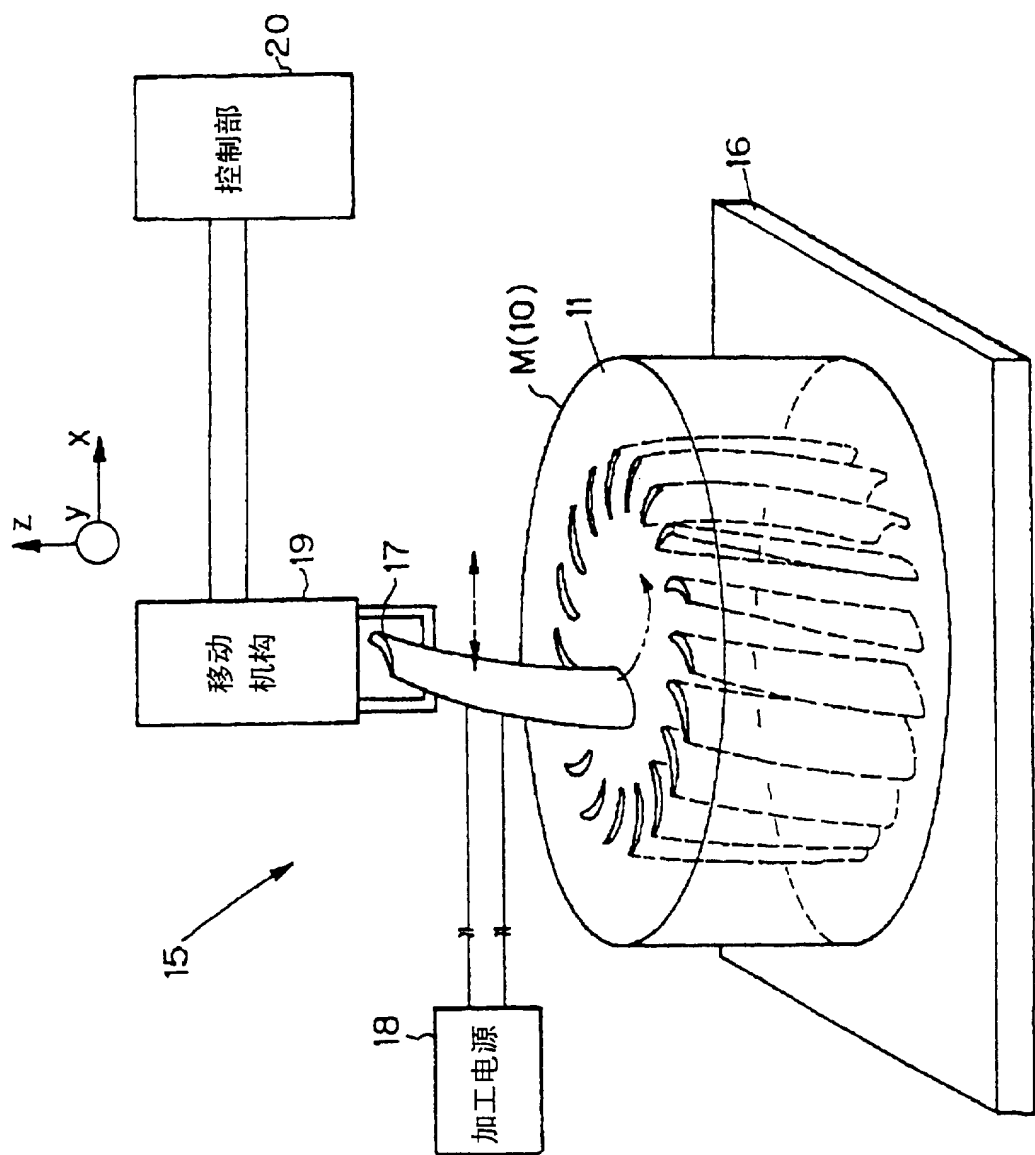


图 8

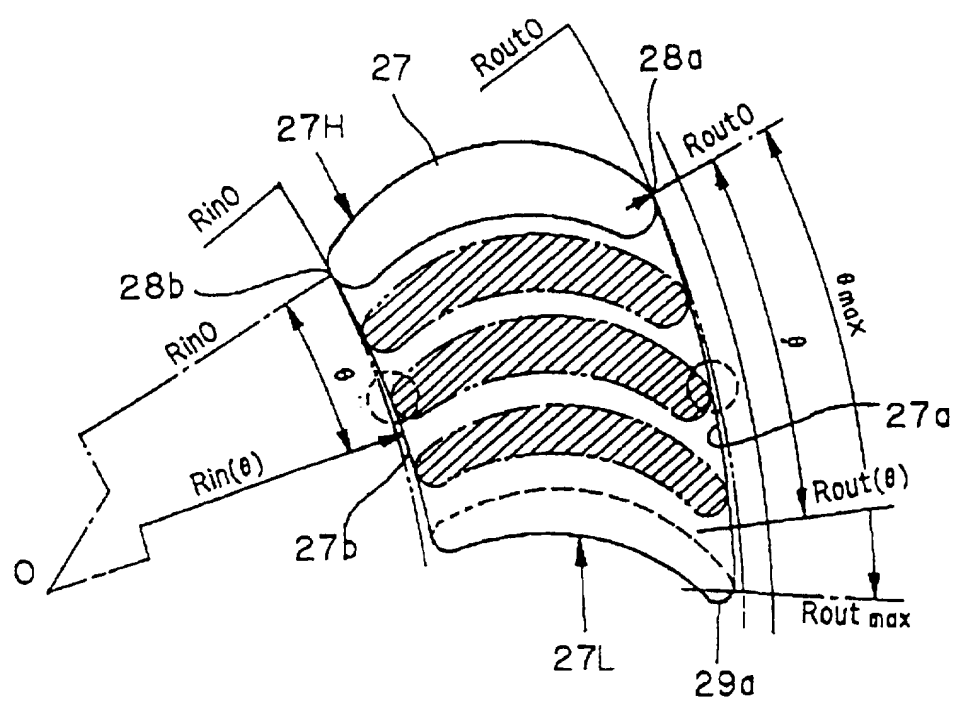


图 9

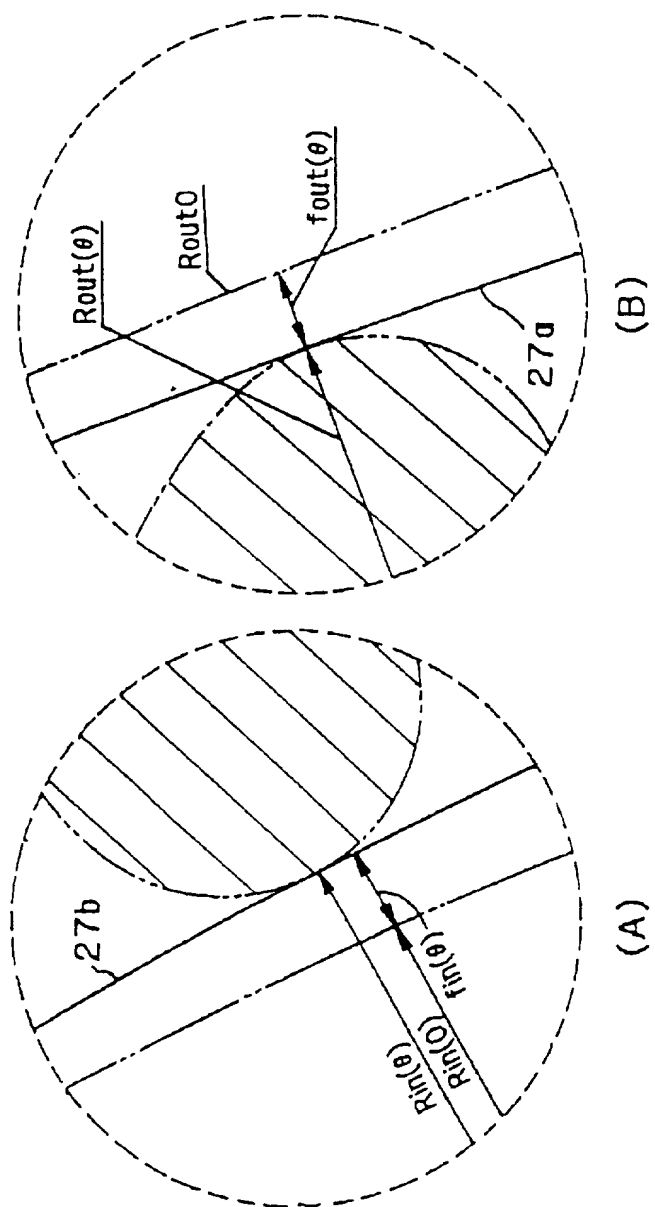


图 10

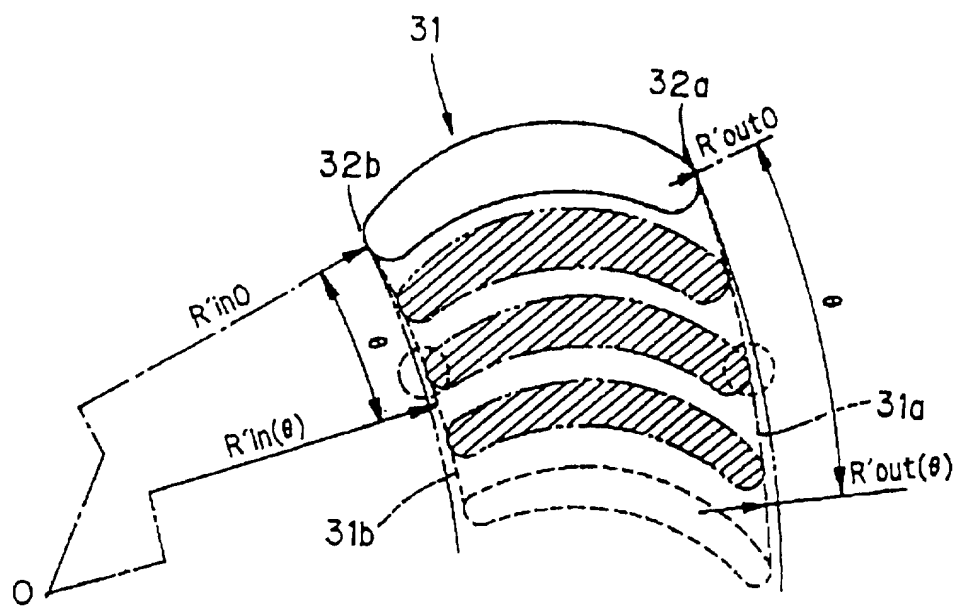
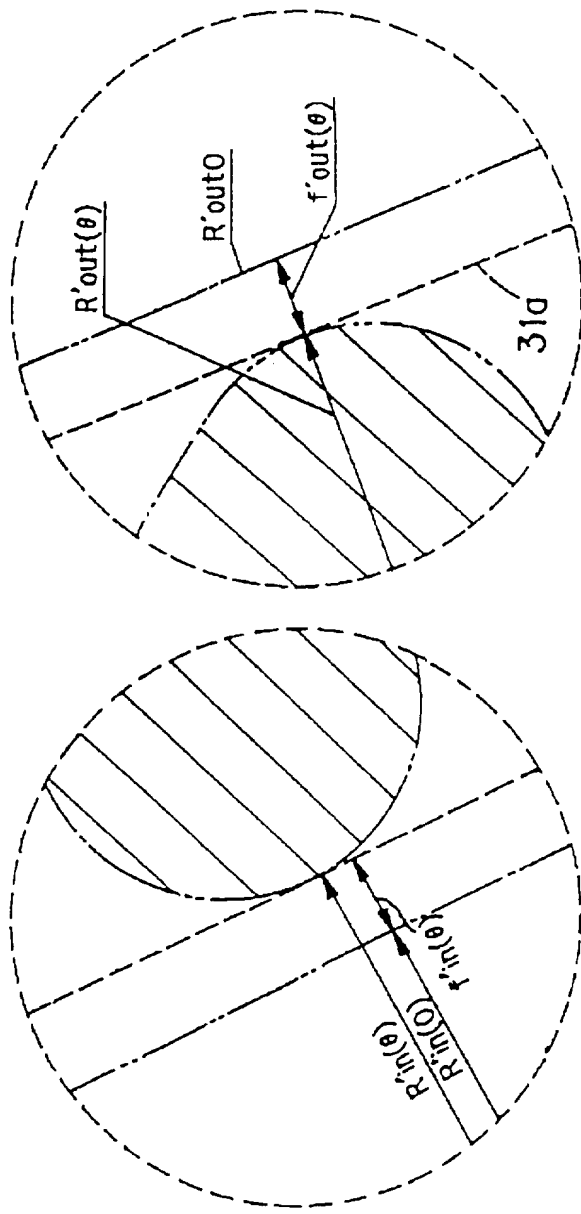


图 11



(B)

(A)

图 12

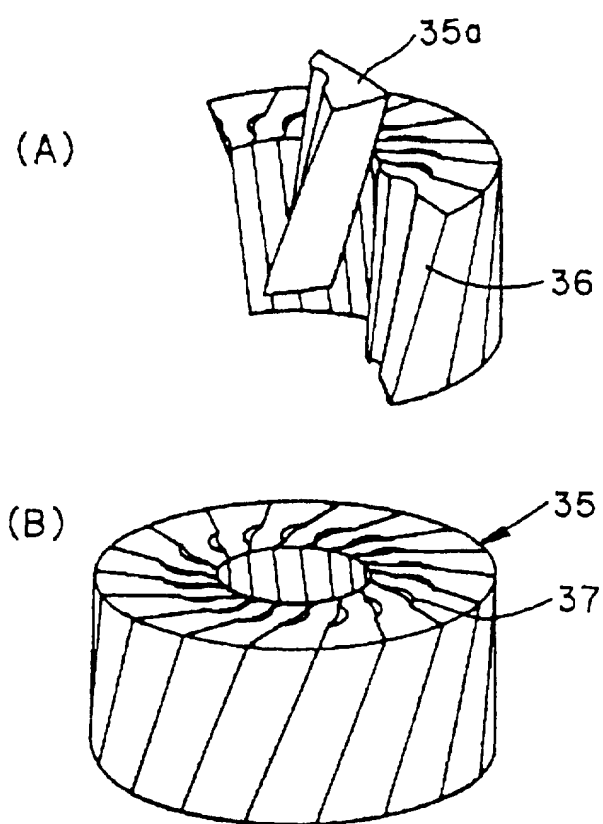


图 13

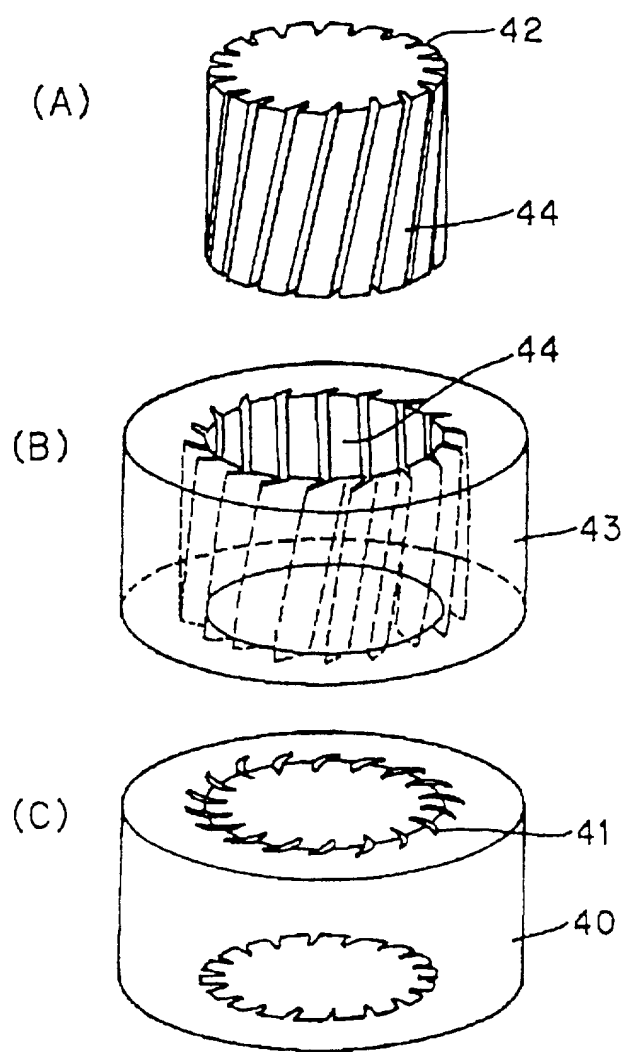


图 14

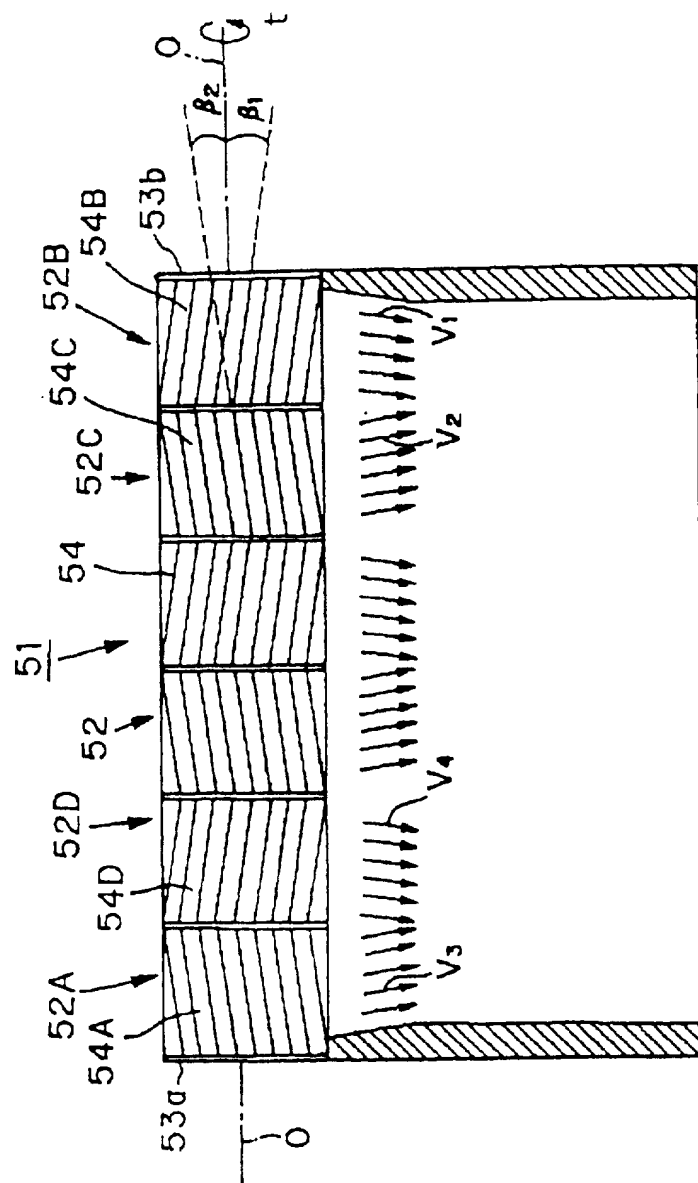


图 15

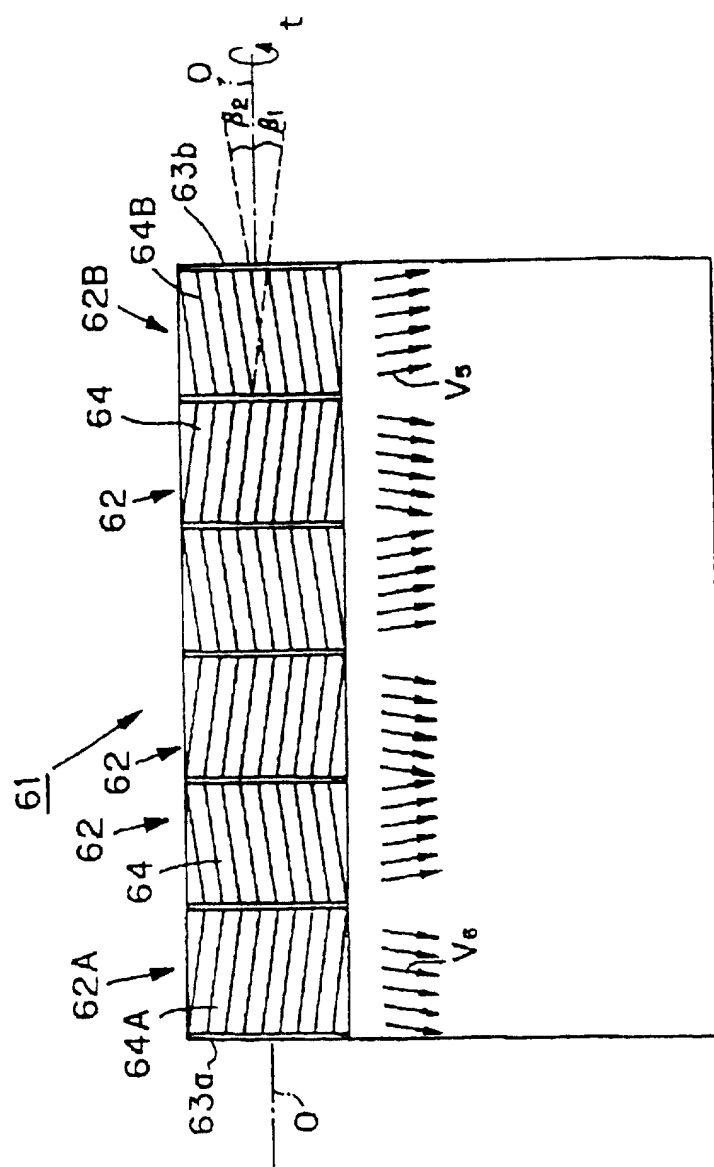


图 16

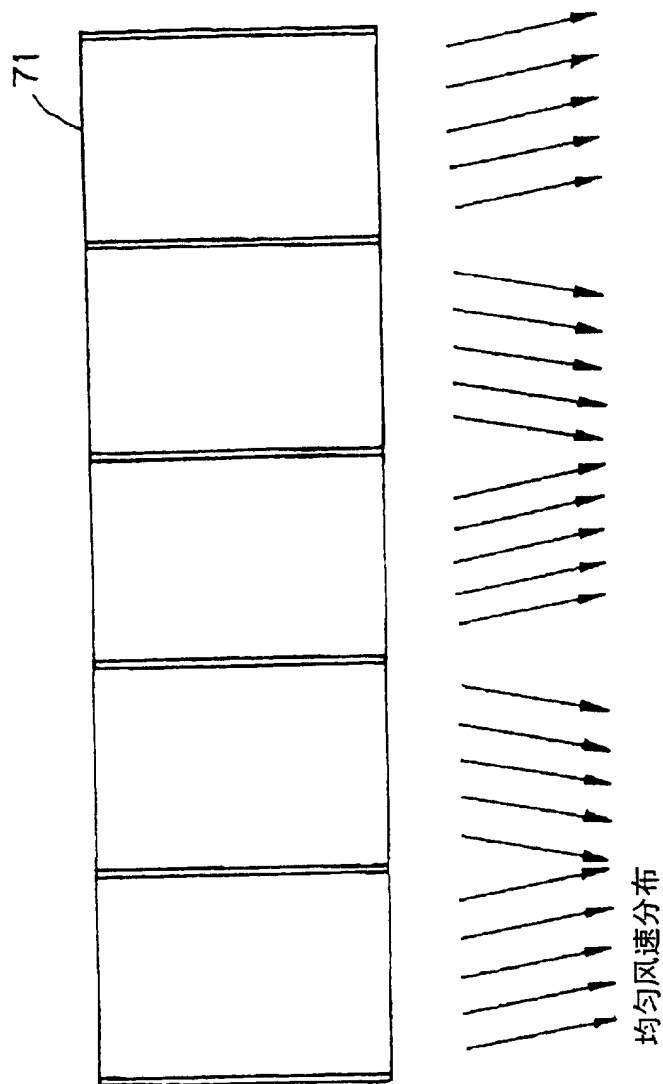


图 17

均匀风速分布

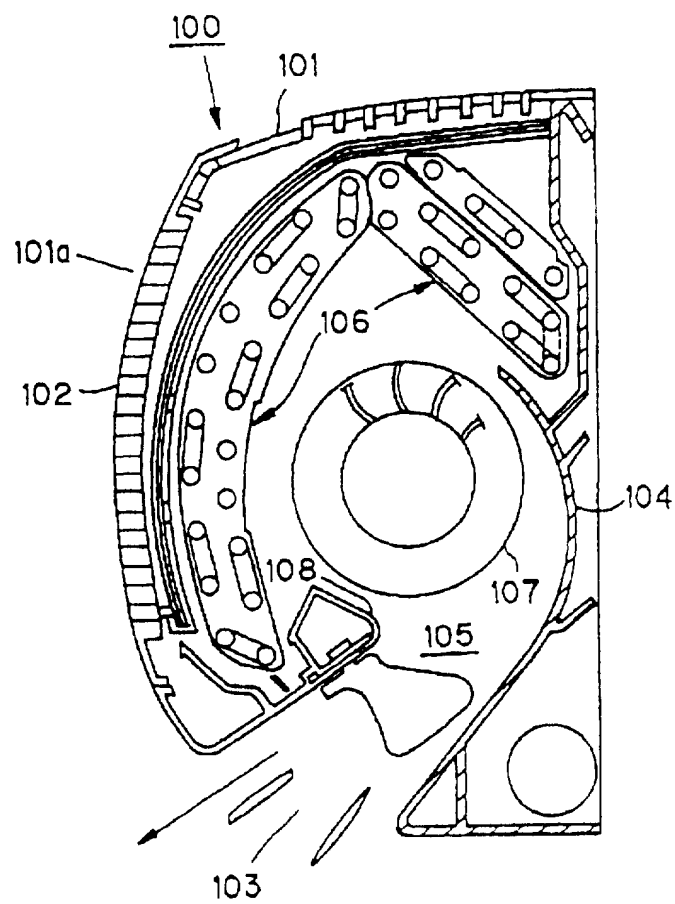


图 18

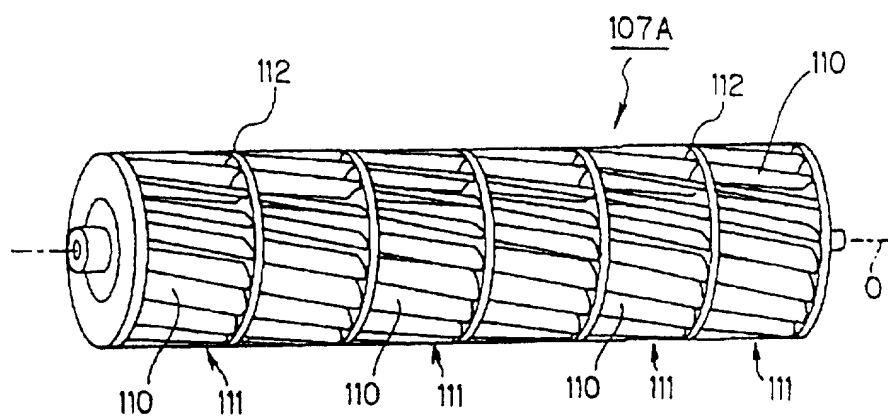


图 19

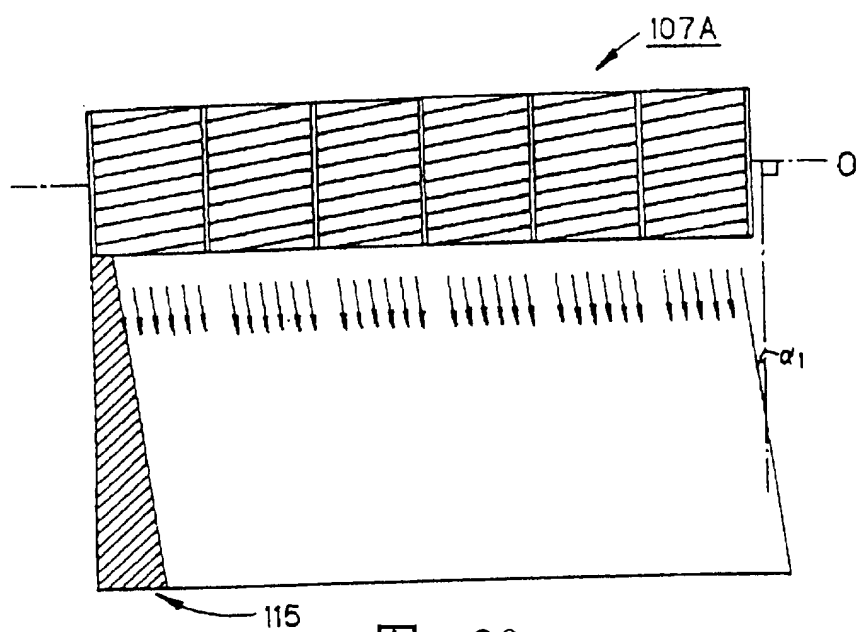


图 20

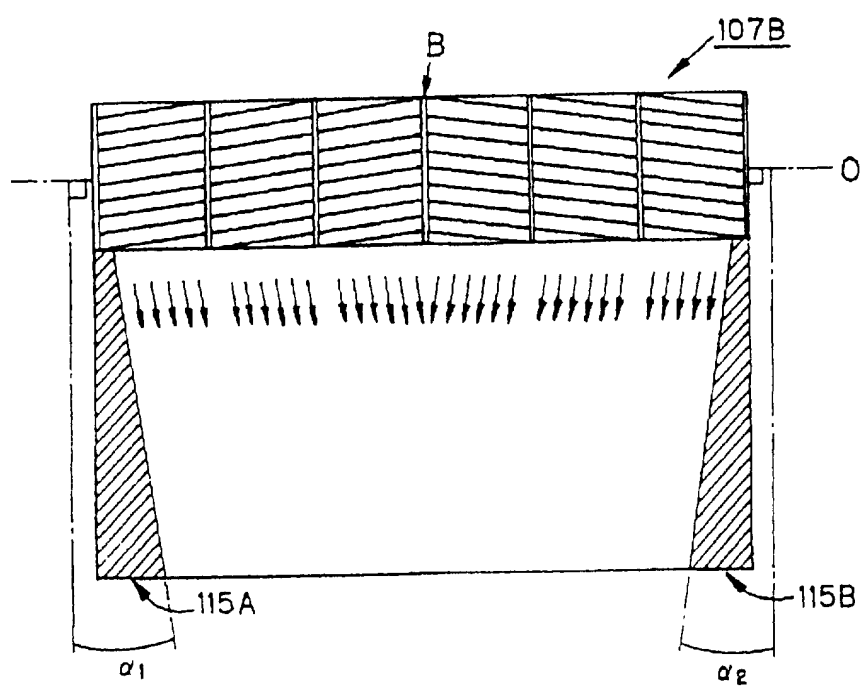


图 21

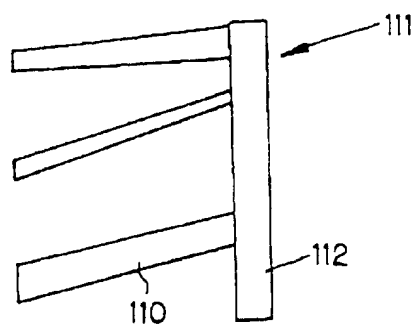


图 22

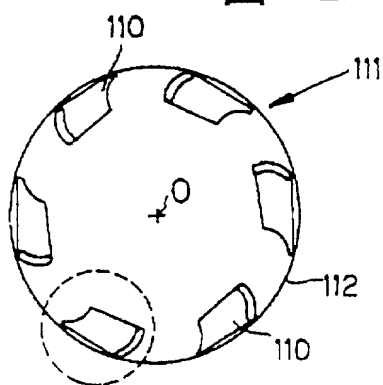


图 23

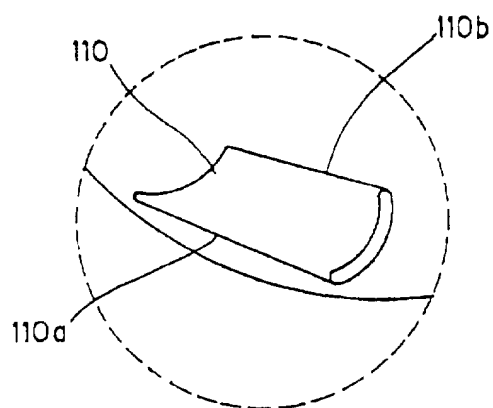


图 24

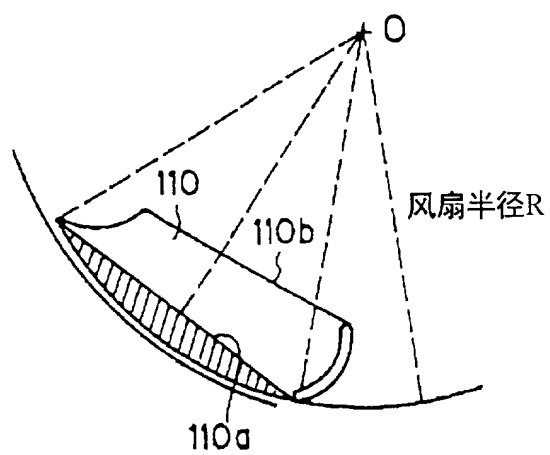


图 25

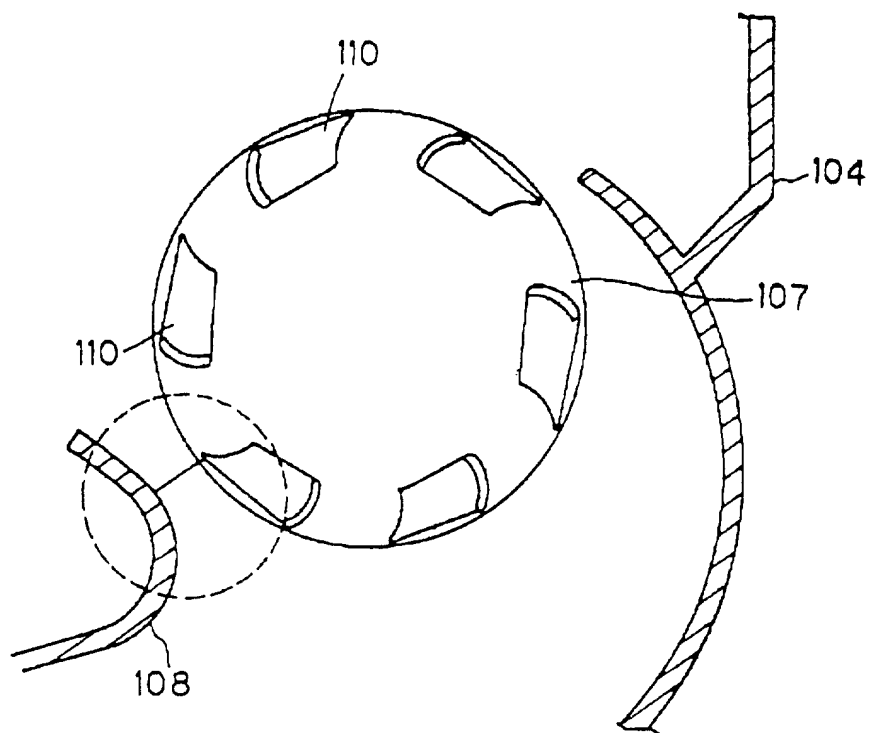


图 26

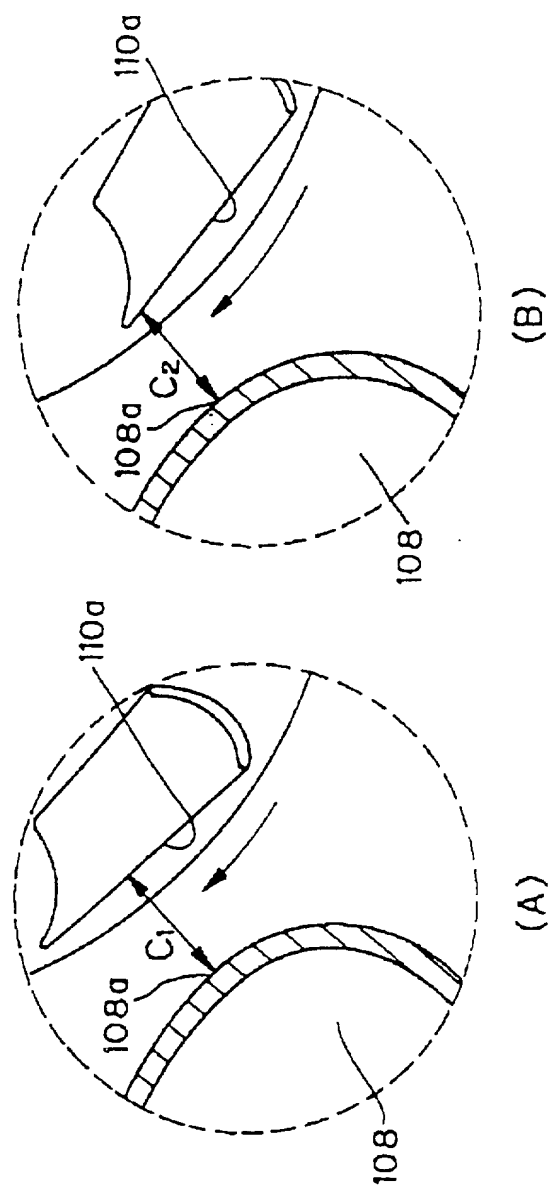


图 27

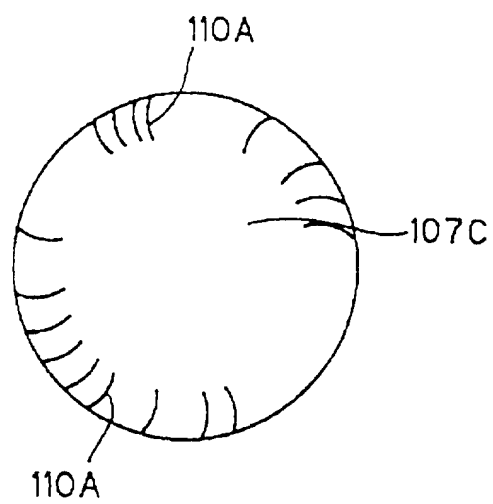


图 28

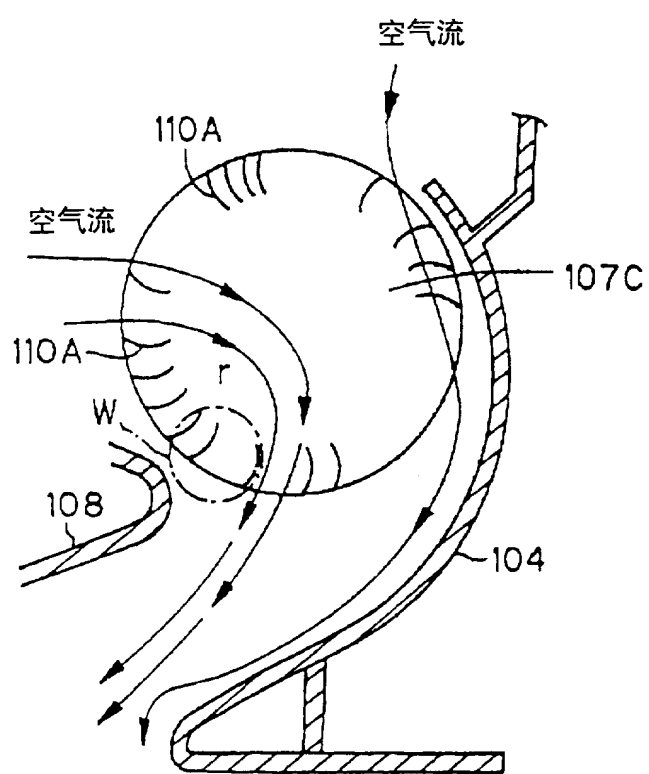


图 29

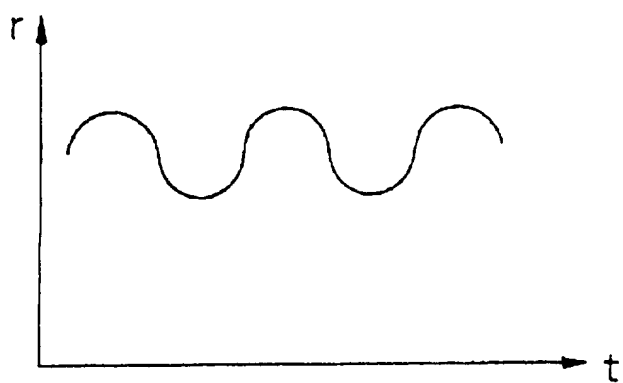


图 30

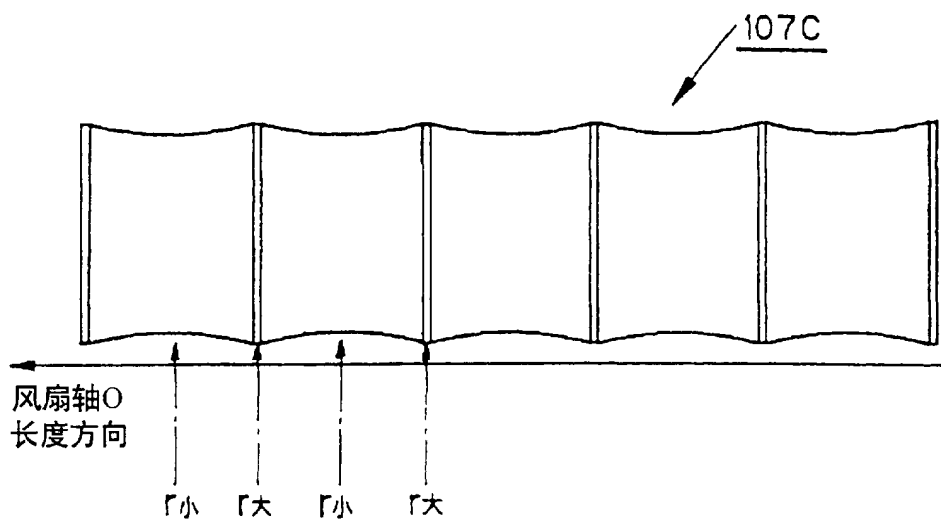


图 31

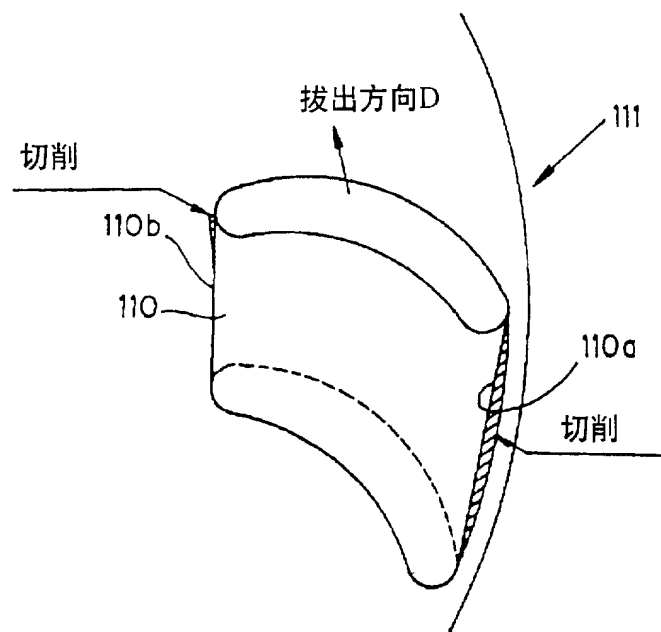


图 32

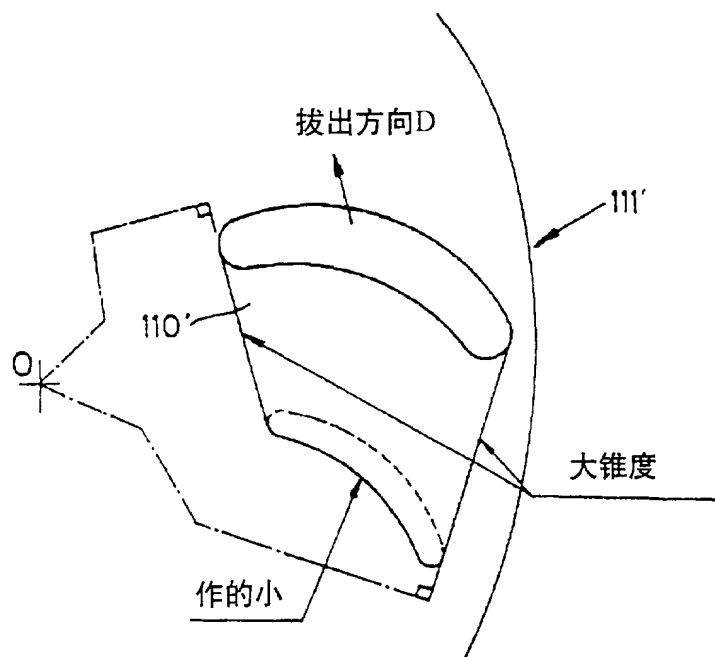


图 33