

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F04D 29/52 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200720190103.4

[45] 授权公告日 2009 年 2 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 201190695Y

[22] 申请日 2007.11.9

[21] 申请号 200720190103.4

[73] 专利权人 北京航空航天大学

地址 100083 北京市海淀区学院路 37 号

[72] 发明人 陆亚钧 袁 巍 刘建勇

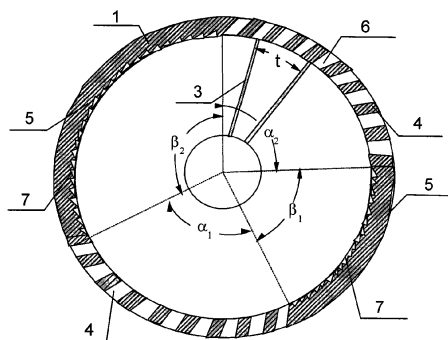
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 6 页

[54] 实用新型名称

一种非轴对称组合处理机匣

[57] 摘要

本实用新型涉及一种应用在轴流压气机上的非轴对称组合处理机匣。该叶尖激励发生器包括一个开有非轴对称分布的包含不同结构形式的处理槽的处理环，以及一个或两个调距环。而该处理环包括开有圆弧斜槽式处理槽的激励区和开有反旋涡浅槽式处理槽的缓冲区。该非轴对称组合处理机匣的设计考虑到了轴流压气机发生失速时的非轴对称流场，对压气机转子的叶尖区流场产生非定常激励作用，并能取得比传统的轴对称结构的处理机匣技术更好的效果，除了能明显扩大压气机的稳定裕度外，还能提高压气机的绝热效率。



- 1、一种非轴对称结构的组合处理机匣，包括一个处理环（1）和一个或两个调距环（2），调距环（2）在轴向上紧贴处理环（1），其特征是，处理环（1）开有两种结构形式且非轴对称分布的处理槽（6）。
- 2、如权利要求1所述的非轴对称组合处理机匣，其特征是所述的处理环包括一个以上各开有三个以上圆弧斜槽式处理槽（6）的激励区（4），一个以上开有反旋涡浅槽式处理槽（7）的缓冲区（5）。
- 3、如权利要求2所述的非轴对称组合处理机匣，其特征是所述的激励区（4）和缓冲区（5）相间分布。
- 4、如权利要求2所述的非轴对称组合处理机匣，其特征是所述的激励区（4）或缓冲区（5）的周向长度应大于压气机的一个转子通道的叶尖栅距。
- 5、如权利要求2所述的非轴对称组合处理机匣，其特征是所述的激励区（4）所对应的扇形角之和 α 相对于所述的缓冲区（5）所对应的扇形角之和 β 的比值 $\alpha/\beta=1/5\sim 5$ 。
- 6、如权利要求2所述的非轴对称组合处理机匣，其特征是所述的圆弧斜槽式处理槽（6）在激励区（4）内等间距或非等间距分布，压气机的一个转子通道对应的圆弧斜槽式处理槽（6）的数目为3~8。

一种非轴对称组合处理机匣

技 术 领 域

本实用新型涉及一种提高压气机稳定裕度的装置,尤其是指一种能明显提高压气机稳定裕度而又能同时提高其绝热效率的非轴对称组合处理机匣。

背 景 技 术

压气机大量运用在航空发动机和工业生产中。但是在压气机的设计发展过程中,压气机的不稳定流动,如旋转失速、喘振等,极大地限制了压气机性能的进一步提升。发生旋转失速时,存在一个或多个低能失速团沿压气机周向旋转,压气机的性能会突然下降,流量、压比和效率均降至最低点,并且会对压气机叶片产生周期性的激振力,甚至引起喘振的发生,危害极大。因此人们采取了很多方法来推迟压气机发生旋转失速等不稳定现象,以扩大其稳定工作裕度。

为了扩大压气机的稳定裕度,国内外工作者做了很多研究工作。处理机匣技术的扩稳效果被认为非常明显,且实用性很强,因而得到了比较广泛的应用。目前国内外很多先进航空发动机机所用的压气机均采用了这项技术。图 1—图 3 给出了三种典型的处理机匣结构形式。

如图 1 所示,轴向斜槽处理机匣是在机匣上沿压气机的轴向开槽,其槽深方向与压气机的径向成一定夹角(一般为 60 度)。当槽深方向对准来流方向时,无论来流是均匀流或发生进口畸变,稳定裕度都有较大改善。但这类处理机匣的缺点是,稳定裕度的改善以损失压气机的效率为代价。

如图 2 所示,弦向斜槽处理机匣是在机匣上沿叶尖基元的弦向开槽,槽深方向可以有不同的夹角。在均匀来流情况下,稳定裕度的增长仅次于轴向斜槽处理机匣 3%,对压气机效率的损失也比轴向斜槽少一些。

如图 3 所示,反旋涡浅槽处理机匣是根据叶片通道中已知旋涡的方向和强度,在机匣上沿压气机轴向开无气室的三角槽,当叶片扫过这些处理槽时,在三角槽内产

生与叶尖泄漏涡反向的涡量，并与叶尖区的泄漏涡抵消。这种处理机匣对压气机的绝热效率会有明显提升，但是对稳定裕度的增加量不大。

总结传统的处理机匣技术，存在这样的缺点：很难同时提高压气机的稳定裕度和绝热效率。包括上述前两种典型结构处理机匣在内的大部分处理机匣在扩大压气机稳定裕度的同时，不得不付出降低压气机的绝热效率为代价。这种代价通常为1%—3%左右。在航空发动机上，压气机的绝热效率的下降意味着燃油消耗会更多。而上述反旋涡浅槽处理机匣虽然对压气机的绝热效率有所提升，却对压气机的稳定裕度的增加量少。

如前所述，当压气机发生旋转失速时，会产生一个或多个低能失速团沿周向旋转，由此产生沿周向变化和传播的强烈气流脉动。此时的压气机流场是典型的非轴对称流场。而传统的处理机匣都是轴对称分布的单一处理槽结构，没有考虑到压气机发生旋转失速时流场的严重非轴对称性是其一大缺点。而压气机的这种非轴对称特性反映了一种比较强烈的非定常流动状态。

因此，如何从压气机流场的非轴对称性出发，结合某些机匣的优点，设计成能发挥各自优势并且产生不同非定常激励的组合机匣成为本实用新型所述工作的初衷。

发 明 内 容

针对上述传统处理机匣技术存在的缺点，本实用新型提供一种非轴对称结构的组合处理机匣。

一种非轴对称结构的组合处理机匣，包括一个处理环和一个或两个调距环，调距环在轴向上紧贴处理环，处理环开有两种结构形式且非轴对称分布的处理槽。

该非轴对称组合处理机匣所述的处理环有两种结构形式的处理槽，分别是一种新型的圆弧斜槽结构和反旋涡浅槽结构。按处理槽结构形式的不同，可以将此处理环在周向上分为一个或多个激励区，一个或多个缓冲区。激励区和缓冲区相间分布。激励区内开有三个以上的圆弧斜槽式处理槽，且压气机的单个转子通道对应的处理槽数为3~8，缓冲区内开有反旋涡浅槽式处理槽。激励区的周向长度应大于一个压气机转

子通道的叶尖栅距。缓冲区的周向长度也应大于一个压气机转子通道的叶尖栅距。所有激励区所对应的扇形角之和 α 相对于所有缓冲区所对应的扇形角之和 β 的比值 $\alpha/\beta=1/5\sim 5$ 。

本实用新型所述的非轴对称组合处理机匣在压气机中的位置为在压气机转子叶片尖部的上方，并在轴向上相对叶片有相当于转子叶尖弦长30%—70%的前伸量。该处理机匣在设计过程中考虑到了压气机内部流场的非定常性，特别针对轴流压气发生旋转失速时的非轴对称流场设计了开有非轴对称分布的处理槽的处理环。

从处理机匣对压气机流场的非定常激励频率分析，可以看到本实用新型所述的非轴对称处理机匣对压气机流场的激励频率是多频率的，而传统的轴对称结构处理机匣对压气机流场的激励频率为单一频率。因此，本实用新型所述的非轴对称处理机匣相对传统轴对称结构的处理机匣来说，具有不同的非定常作用机理。

这种结构能够对压气机的叶尖流场产生明显的非定常激励作用，使得流场变得更加有序，因而能取得与传统处理机匣不同的效果，除了能显著提高压气机的稳定裕度之外，还能提高其绝热效率。

附图说明

图1为典型的具有轴对称分布的轴向斜槽结构的处理机匣示意图(图中箭头方向为叶片旋转方向)；

图2为典型的具有轴对称分布的弦向斜槽结构的处理机匣示意图(图中箭头方向为叶片旋转方向)；

图3为典型的具有轴对称分布的反旋涡浅槽结构的处理机匣示意图(图中箭头方向为叶片旋转方向)；

图4为一种具有轴对称分布的圆弧斜槽结构的处理机匣示意图(图中箭头方向为叶片旋转方向)；

图5为图4所示的轴对称结构的圆弧斜槽式处理机匣的处理环的剖视图；

图6为本实用新型所述的非轴对称组合处理机匣的优选实施例的轴剖视图；

图 7 为本实用新型所述的非轴对称组合处理机匣的优选实施例的处理环的垂直轴向的剖视图（仅示出压气机的两个转子动叶）；

图 8 为本实用新型所述的非轴对称组合处理机匣的第二种实施例的处理环的垂直轴向的剖视图（未示出压气机的转子动叶）；

图 9 为本实用新型所述的非轴对称组合处理机匣的第三种实施例的处理环的垂直轴向的剖视图（未示出压气机的转子动叶）；

图 10 为图 5 所示的轴对称结构的圆弧斜槽式处理机匣对压气机流场的激励频谱图；

图 11 为本实用新型图 7 所述的非轴对称组合处理机匣的优选实施例对压气机流场的激励频谱图。

具体实施方式

为更清楚描述本实用新型，下面结合附图对本实用新型所述的非轴对称组合处理机匣的几种典型实施例进行说明。

图 6 为本实用新型所述的非轴对称组合处理机匣的优选实施例的轴剖视图。此非轴对称组合处理机匣由一个处理环 1 和两个调距环 2 组成，调距环 2 在轴向上紧贴处理环 1。处理环 1 在压气机转子叶片 3 的上方，并且相对转子叶片 3 的轴向位置为保持相当于转子叶片 3 的叶尖部位轴向长度的 50% 的前伸量。

熟悉本领域的人员容易想到，在其它实施例中，通过调整调距环 2 的轴向宽度，处理环 1 的轴向位置可以相对于此实施例所述轴向位置往前或往后移动，处理环 1 前方的调距环 2 或者后方的调距环 2 可以去掉其中任何一个，以此来改变对处理环 1 相对于转子叶片 3 的前伸量。

在处理环 1 上，开有圆弧斜槽式处理槽 6 的区域能对压气机的叶尖区流场产生很强的激励作用，能使流场变得更有秩序，因此称之为激励区 4，而开有反旋涡浅槽式处理槽 7 的区域对压气机的叶尖区流场的激励作用很小，能对压气机的叶尖泄漏流产生缓冲，因此称之为缓冲区 5。

图 7 为本实用新型所述的非轴对称组合处理机匣的优选实施例的处理环 1 的垂直

轴向的剖视图。此处理环 1 由两个激励区 4 和两个缓冲区 5 组成。两个激励区 4 的周向长度一样,其所对应的扇形角 α_1 和 α_2 均为 90 度。处理环 1 在两个激励区 4 内等间距地各开有 9 个圆弧斜槽式处理槽 6,压气机的单个转子通道所对应的圆弧斜槽式处理槽 6 的数目为 3,此处理槽的结构形式如图 4 所示。此激励区 4 的周向长度大于两个转子叶片 3 所夹的通道的叶尖栅距 t 。处理环 1 在两个缓冲区 5 的内壁开有反旋涡浅槽形式的处理槽 7,如图 3 所示的处理槽的结构形式,其所对应的扇形角 β_1 和 β_2 分别为 118 度和 72 度。这个实施例所述的激励区 4 和缓冲区 5 对应的扇形角之和的比值为 $(\alpha_1 + \alpha_2)/(\beta_1 + \beta_2) = 1$ 。

熟悉本领域的人员会意识到,应用在不同压气机上,上述实施例的激励区 4 内的圆弧斜槽式处理槽 6 的数目能够根据不同压气机的流场的非定常特征改为大于 2 的任何数值,而且圆弧斜槽式处理槽 6 在周向上可以是非等间距分布。

图 8 为本实用新型所述的非轴对称组合处理机匣的第二种实施例的处理环的垂直轴向的剖视图。此处理环 1 由一个激励区 4 和一个缓冲区 5 组成。激励区 4 所对应的扇形角 α 为 60 度。激励区 4 内等间距地开有 7 个圆弧斜槽式处理槽 6,压气机的单个转子通道所对应的圆弧斜槽式处理槽 6 的数目为 7。缓冲区 5 范围内的处理环 1 的内壁开有反旋涡浅槽形式的处理槽 7,其所对应的扇形角 β 为 300 度。这个实施例所述的激励区 4 和缓冲区 5 对应的扇形角的比值为 $\alpha/\beta = 1/5$ 。

熟悉本领域的人员会意识到,应用在不同压气机上,上述实施例的激励区 4 内的圆弧斜槽式处理槽 6 的数目能够根据不同压气机的流场的非定常特征改为大于 2 的任何数值,而且圆弧斜槽式处理槽 6 在周向上可以是非等间距分布。

图 9 为本实用新型所述的非轴对称组合处理机匣的第三种实施例的处理环的垂直轴向的剖视图。此处理环 1 由三个激励区 4 和三个缓冲区 5 组成。三个激励区 4 所对应的扇形角 α_1 、 α_2 和 α_3 均为 100 度。激励区 4 内等间距地开有 10 个圆弧斜槽式处理槽 6,压气机的单个转子通道所对应的圆弧斜槽式处理槽 6 的数目为 4。缓冲区 5 范围内的处理环 1 的内壁开有反旋涡浅槽形式的处理槽 7,其所对应的扇形角 β_1 、 β_2 和 β_3 均为 20 度。这个实施例所述的激励区 4 和缓冲区 5 对应的扇形角之和的比

值为 $(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)/(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) = 5$ 。

熟悉本领域的人员会意识到，应用在不同压气机上，上述实施例的激励区 4 内的圆弧斜槽式处理槽 6 的数目能够根据不同压气机的流场的非定常特征改为大于 2 的任何数值，而且圆弧斜槽式处理槽 6 在周向上可以是非等间距分布。

总结上述三种典型实施例的非轴对称组合处理机匣可以发现，本实用新型所述的非轴对称组合处理机匣相对于传统的处理机匣，最主要的特征在于处理环上开有非轴对称分布的不同结构形式的处理槽。

而从激励频谱分析的角度可以看到，在图 10 上显示，轴对称结构的圆弧斜槽式处理机匣对压气机流场的非定常激励频率为单一频率，这个单一的激励频率由处理环周向上的处理槽总数和压气机转子的转速决定。而图 11 所显示本实施例所述的非轴对称组合处理机匣对压气机流场的非定常激励频率为多频率多幅值，除了由处理环周向上处理槽的数目决定的高频率激励外，还包括相对转子转动时缓冲区和激励区之间的交替变换所带来的低频率激励作用。这两种处理机匣相对压气机的激励频谱的不同，反映了二者对于压气机流场的非定常作用机理不一样。因此，二者对于压气机的作用效果也是不同的：轴对称结构的圆弧斜槽式处理机匣大幅度提高压气机的稳定裕度的代价是损失压气机绝热效率 1% 左右，而本实用新型所述的非轴对称组合处理机匣在大幅度提高压气机的稳定裕度的同时，能提高其绝热效率。

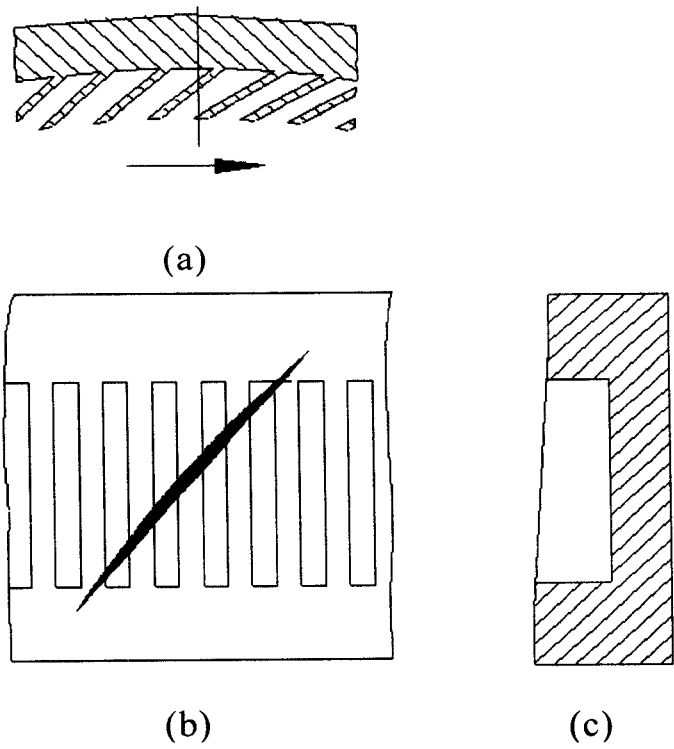


图 1

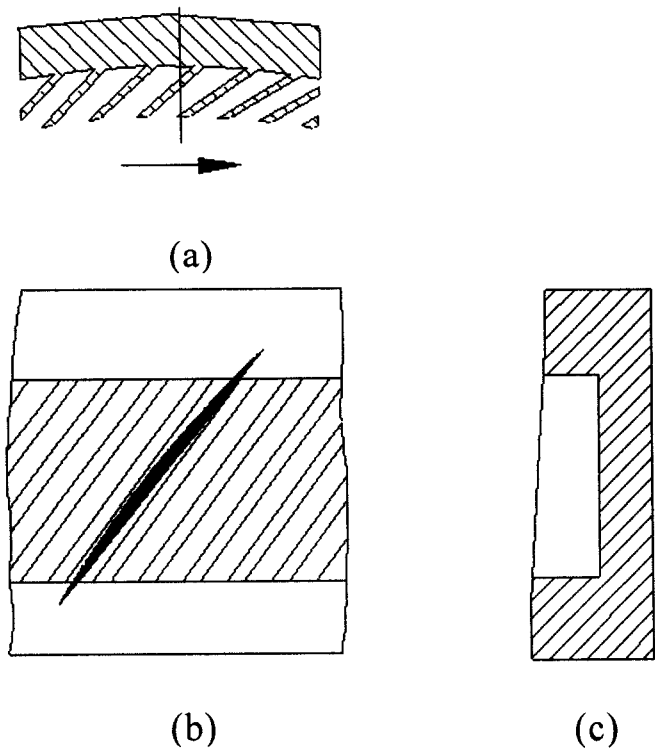


图 2

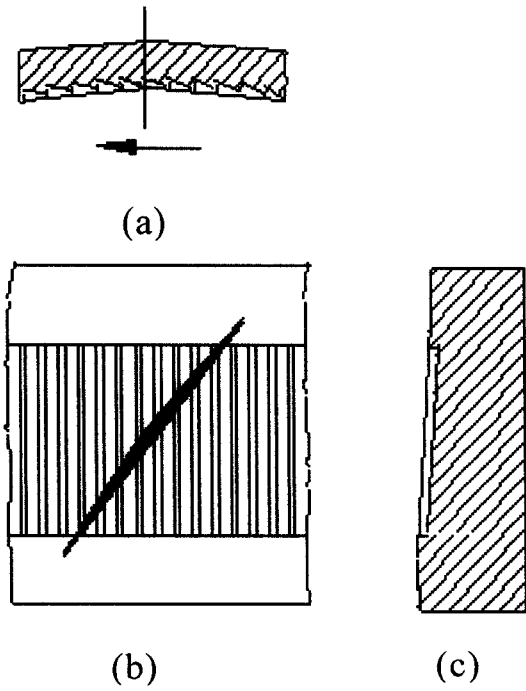


图 3

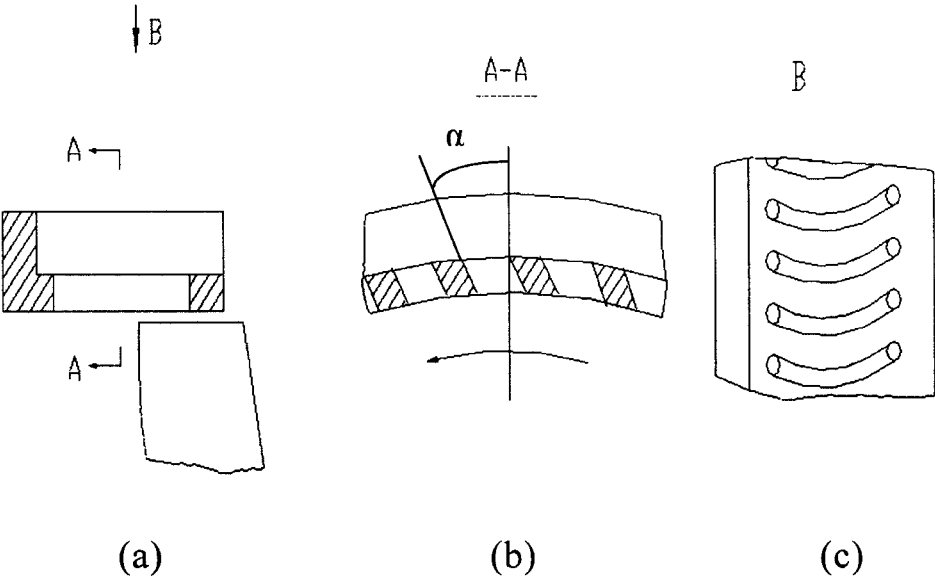


图 4

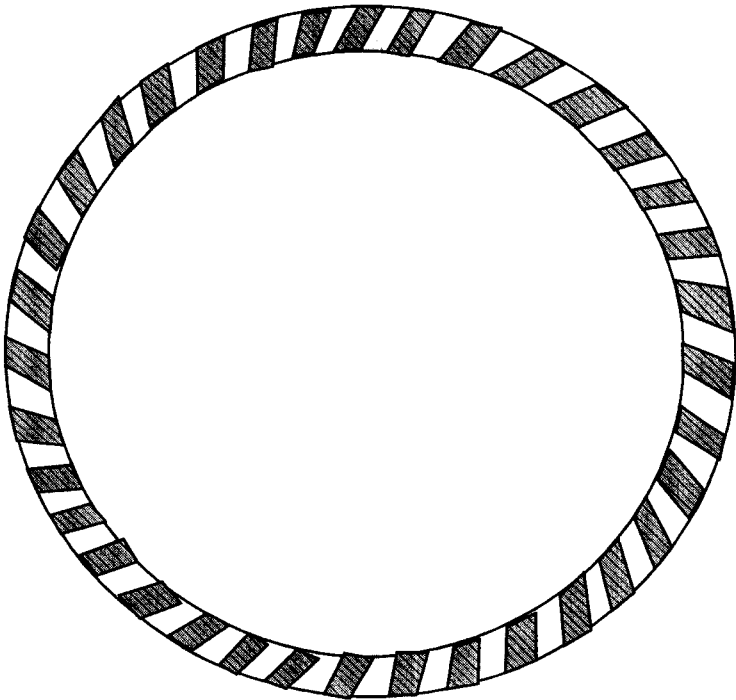


图 5

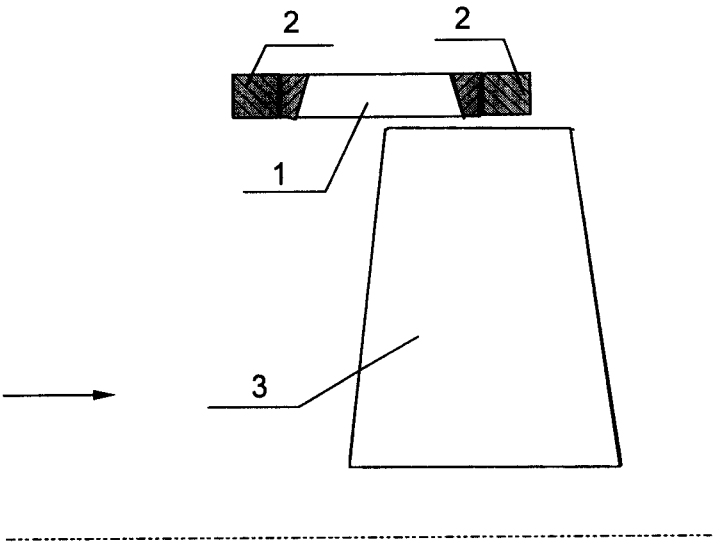


图 6

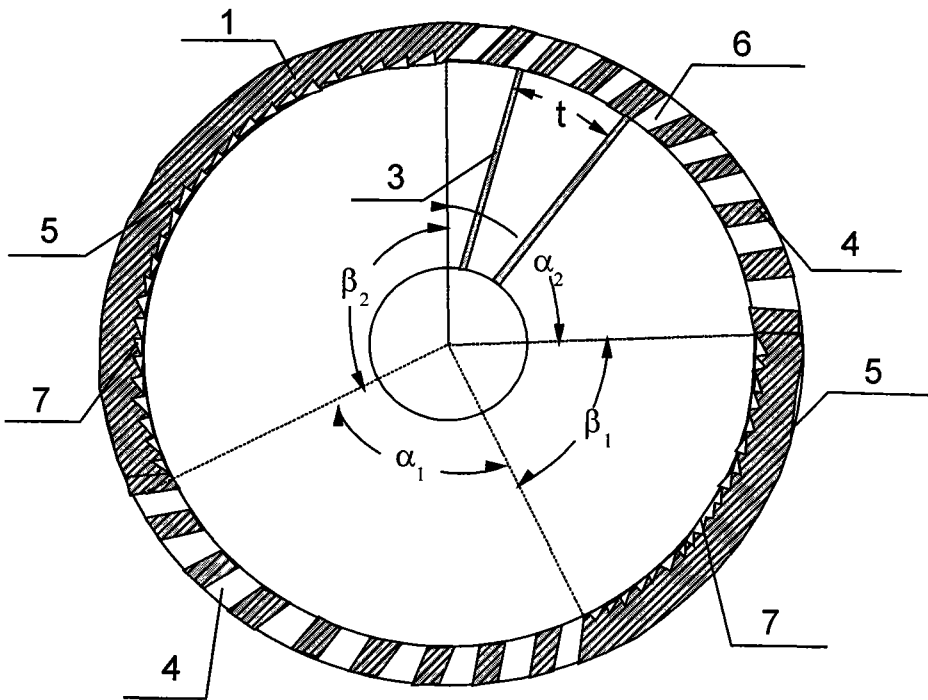


图 7

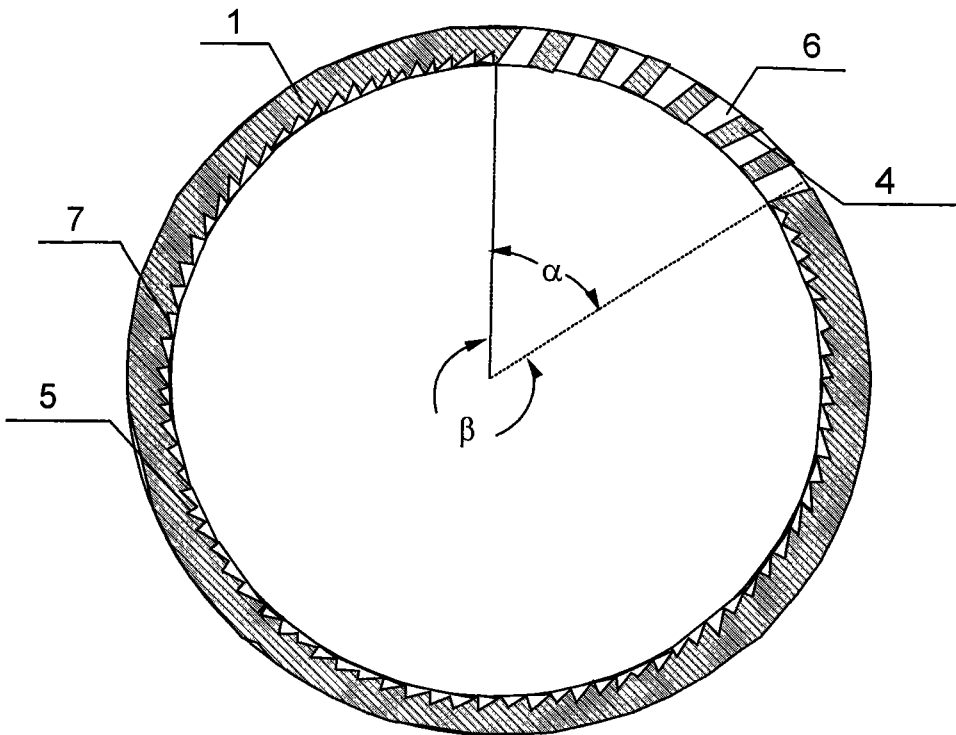


图 8

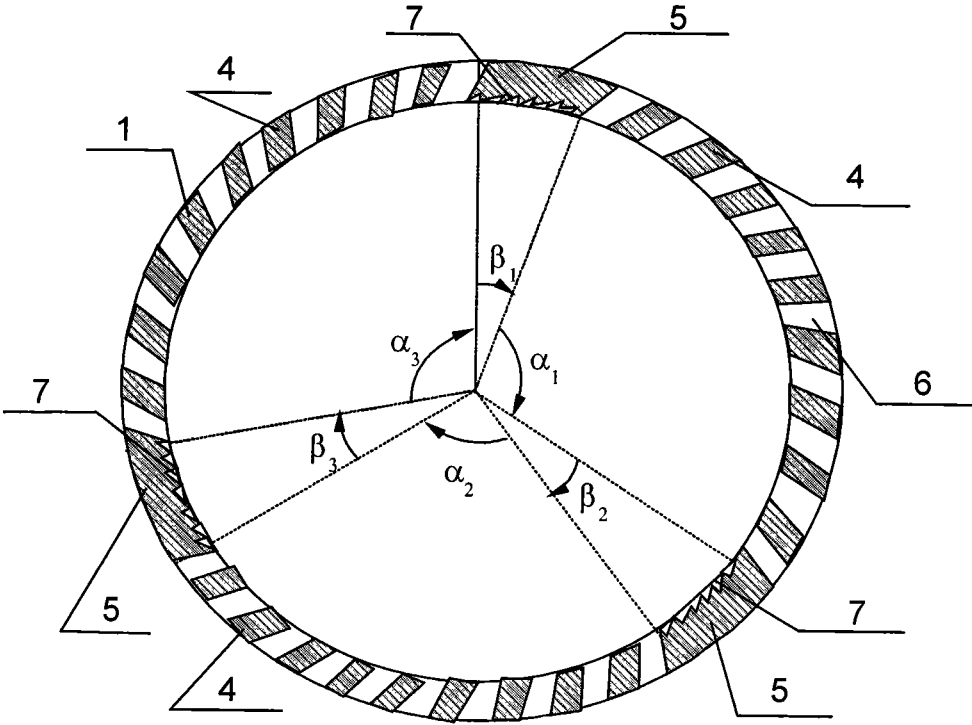


图 9

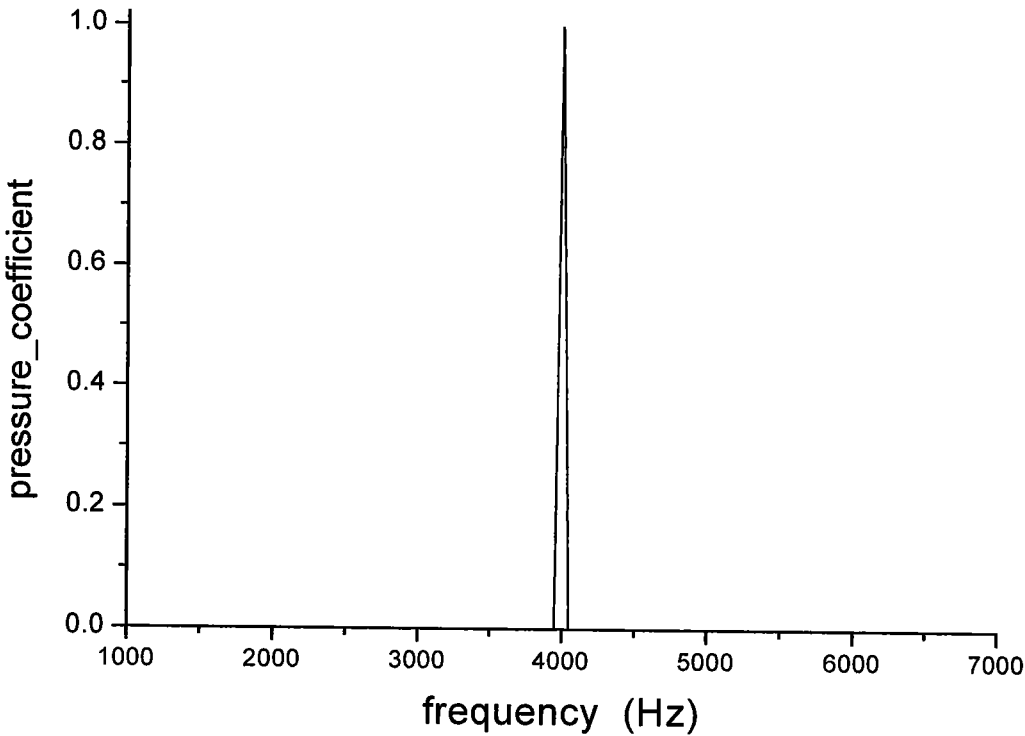


图 10

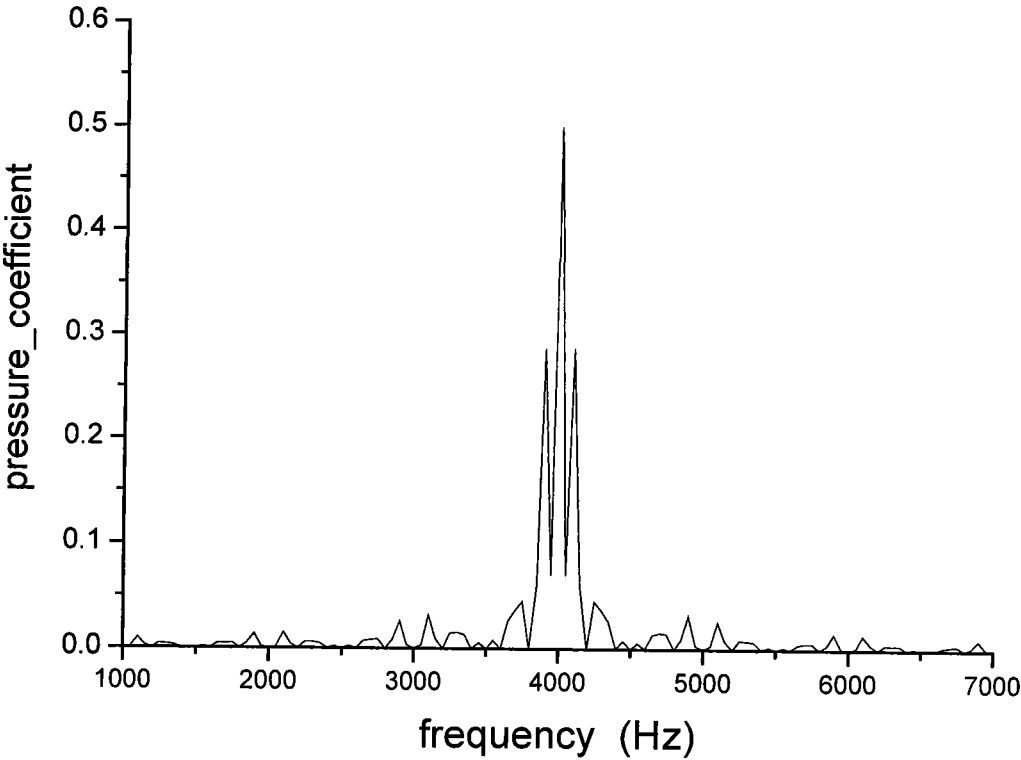


图 11