



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105121276 B

(45)授权公告日 2017.02.08

(21)申请号 201480012259.6

(22)申请日 2014.02.27

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105121276 A

(43)申请公布日 2015.12.02

(30)优先权数据  
1351848 2013.03.01 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.09.01

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/FR2014/050433 2014.02.27

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/132002 FR 2014.09.04

(73)专利权人 斯奈克玛  
地址 法国巴黎

(72)发明人 阿德里安·法布尔

阿德里安·洛朗索

乔纳森·沃拉斯吐温

(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270

代理人 胡春光 张颖玲

(51)Int.Cl.  
*B64C 11/30*(2006.01)  
*F01D 7/00*(2006.01)

(56)对比文件  
CN 102666276 A,2012.09.12,  
CN 101234668 A,2008.08.06,  
CN 101230789 A,2008.07.30,  
US 4767270 A,1988.08.30,  
US 2013/0011259 A1,2013.01.10,  
DE 102007028142 A1,2008.12.24,

审查员 胡星

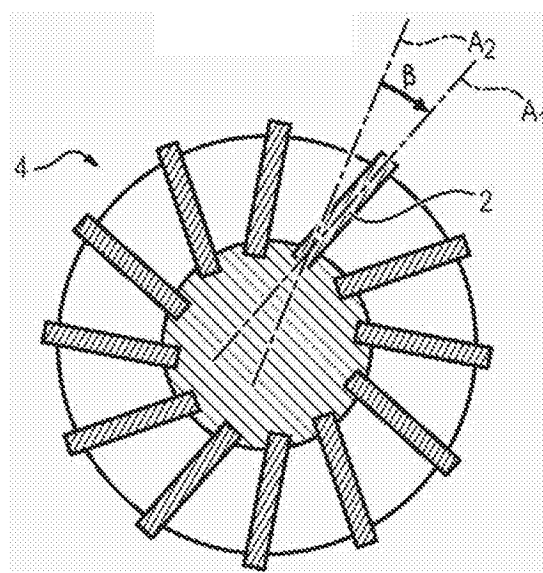
权利要求书1页 说明书6页 附图11页

(54)发明名称

可变螺距叶片

(57)摘要

一种可变螺距叶片,包括:多个螺旋桨叶片(2),每个所述螺旋桨叶片(2)具有根据叶片旋转轴线(A<sub>1</sub>)可变的螺距,并每个所述螺旋桨叶片(2)具有根部(201);多个转子连接轴(6),每个轴(6)具有足部(602)和头部(601),每个叶片的所述根部(201)通过枢轴(8)安装在转子连接轴(6)的头部(601)上,以便允许每个叶片(2)根据所述叶片旋转轴线(A<sub>1</sub>)旋转;其中,每个叶片(2)具有叶片螺距使得所述叶片的叶片旋转轴线(A<sub>i</sub>)相对于穿过对应的轴(6)的所述根部(602)的径向轴线(A<sub>2</sub>)倾斜。



1. 一种可变螺距叶片装置,包括:

-多个螺旋桨的叶片(2),每个所述叶片(2)具有关于叶片旋转轴线(A<sub>1</sub>)可变的螺距,并且每个所述叶片(2)具有根部(201);

-多个转子连接轴(6),每个连接轴(6)具有根部(602)和头部(601),每个叶片(2)的所述根部(201)通过枢轴(8)安装在转子连接轴(6)的头部(601)上,以便允许每个叶片(2)关于所述叶片旋转轴线(A<sub>1</sub>)旋转;

其特征在于,每个叶片(2)具有叶片倾角以使其叶片旋转轴线(A<sub>1</sub>)相对于穿过对应的连接轴(6)的根部(602)的径向轴线(A<sub>2</sub>)倾斜,并且所述叶片的所述倾角包括所述螺旋桨的平面中的切向倾角分量( $\beta$ )。

2. 根据权利要求1所述的叶片装置,其特征在于,朝向拱背的所述切向倾角角度介于5°和15°之间。

3. 根据权利要求1或2所述的叶片装置,其特征在于,所述叶片倾角包括相对于所述螺旋桨的平面的上游倾角分量或下游倾角分量。

4. 根据权利要求3所述的叶片装置,其特征在于,所述倾角的上游角度介于0和2°之间。

5. 根据权利要求1或2所述的叶片装置,其特征在于,每个连接轴(6)相对于所述径向轴线(A<sub>2</sub>)倾斜,通过所述叶片倾角使对应的所述叶片(2)倾斜。

6. 根据权利要求1或2所述的叶片装置,其特征在于,每个连接轴(6)具有接合部(10、11),所述接合部(10、11)使所述连接轴的所述头部(601)相对于所述连接轴的其余部分倾斜,并由此通过所述叶片倾角使对应的所述叶片(2)倾斜。

7. 根据权利要求6所述的叶片装置,其特征在于,所述接合部包括波纹管(10)。

8. 根据权利要求6所述的叶片装置,其特征在于,其中所述接合部包括万向接头(11)。

9. 一种涡轮机,所述涡轮机包括根据权利要求1至8中任一项所述的叶片装置。

10. 一种包括两个对旋式叶片装置的涡轮机,其中每个叶片装置是根据权利要求1至8中任一项所述的叶片装置。

## 可变螺距叶片

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种可变螺距叶片装置,以及一种包括这种叶片装置的涡轮机。

### 背景技术

[0002] 在现有技术中,已知的涡轮机叶片装置包括至少一个转子和具有可变几何螺距的叶片。

[0003] 一些涡轮机是开式转子型或无导管风扇型。这种类型的涡轮机的风扇典型地包括两个分别为上游(upstream)和下游(downstream)的同轴外部螺旋桨,每一个螺旋桨被驱动旋转,并且大体上在这个涡轮机的机舱外部径向地延伸。

[0004] 每个螺旋桨包括多个叶片,所述多个叶片由转子驱动围绕涡轮机的轴线或者螺旋桨的轴线旋转。

[0005] 几何螺距是由叶片的叶型的翼弦与螺旋桨的旋转平面(定义为与叶片装置的螺旋桨的旋转轴线正交的平面)所形成的角度。

[0006] 为此,如图1所示,已知转子包括径向轴6,径向轴6的头部601通过枢轴8连接到叶片2,叶片根部201容纳在枢轴8中。

[0007] 径向轴6的旋转可被连杆9的轴向位移控制。千斤顶(未示出)可控制连杆9的轴向位移,并且由此一致地控制叶片2的螺距。

[0008] 在缺少由千斤顶进行的控制的情况下,在例如控制千斤顶的单元发生故障或者千斤顶的失效之后,叶片2由于其惯性倾向于具有相对于螺旋桨的旋转平面为 $0^{\circ}$ 的螺距,这意味着叶片2的叶型的翼弦与空气动力流正交。

[0009] 这一螺距具有产生大量阻力,使得飞机尤其在起飞阶段难以控制的缺陷。

[0010] 所以,按照惯例,叶片2的螺距控制装置包括允许将叶片2带回到叶片2的叶型的翼弦与螺旋桨的旋转平面正交的位置的机构。这个位置被本领域技术人员称为“顺桨(feather)”。这种机构包括例如配重801以便直接抵消叶片2的惯性。

[0011] 顺桨位置具有产生低阻力和低“风车旋转”转矩(本领域技术人员使用的以指定操作模式的术语,其中发动机停止并且螺旋桨由相对气流驱动旋转)的优势。

[0012] 然而,这种机构具有高的质量。通过一个示例,在无导管风扇中,每个叶片2的配重801的质量表现为叶片2的质量的大约50%。配重的总质量典型地为每个发动机100千克。

[0013] 此外,螺旋桨或风扇的旋转结构承受这些配重的离心荷载。

### 发明内容

[0014] 为了弥补技术上的缺陷,本发明提供了一种变螺距叶片装置,包括:

[0015] -多个螺旋桨叶片,每个螺旋桨叶片具有关于叶片旋转轴线可变的螺距,并具有根部;

[0016] -多个转子连接轴,每个轴具有根部和头部,每个叶片的所述根部通过枢轴安装在转子连接轴的头部上以便允许每个叶片关于所述叶片旋转轴线进行旋转;

[0017] 其中每个叶片具有叶片倾角使得其叶片旋转轴线相对于穿过对应的轴的所述根部的径向轴线倾斜。

[0018] 本发明以单独的方式或者以在技术上可行的任意一种组合的方式,有利地包括以下特征:

[0019] -所述叶片的倾角包括与所述螺旋桨的平面相切的倾角分量;

[0020] -朝向拱背的切向倾角角度介于5和15°之间;

[0021] -所述叶片的倾角包括相对于所述螺旋桨的所述平面的上游和下游倾角分量;

[0022] -上游倾角的角度介于0和2°之间;

[0023] -每个轴相比所述径向轴线倾斜,根据所述叶片倾角使对应的叶片倾斜;

[0024] -所述叶片的旋转角度相对于所述径向轴线以固定值倾斜;

[0025] -倾角的所述切向分量和/或倾角的所述上游或下游分量相对于所述径向轴线固定;

[0026] -所述切向倾角角度和所述倾角的上游角度在设计期间被确定,并且因此由所述装置的结构被定格;

[0027] -每个轴具有使所述轴的头部相对于所述轴的其余部分倾斜,并由此根据所述叶片倾角使所述对应的叶片倾斜的接合部;

[0028] -所述结合部包括波纹管;

[0029] -所述结合部包括万向接头。

[0030] 本发明还涉及一种包括这种叶片装置的涡轮机。

[0031] 本发明还涉及一种包括两个这种叶片装置的涡轮机,所述两个叶片装置是对旋式(counter-rotating)叶片装置。

## 附图说明

[0032] 本发明的其他特征和有益之处将通过以下实施例的描述给出。在附图中:

[0033] 图1示出了现有技术中叶片装置的局部;

[0034] 图2示出了叶片装置能够集成在的涡轮机的局部;

[0035] 图3a为表示在叶片装置的螺旋桨的平面中切向叶片倾角的示意图;

[0036] 图3b为对于叶片的切向倾角的不同值,作为螺距的函数的恢复力矩的进展的曲线图;

[0037] 图4a为对于上游-下游倾斜倾角分量的不同的值,作为叶片头部处前缘的四分之一翼弦后掠角的函数的叶片高度的曲线图,其中后掠角(sweep)以度数表示,并且所述高度标准化到外半径(在发动机上等于0,在叶片头部上等于1);

[0038] 图4b为对于切向倾角分量的不同的值,作为叶片头部处前缘的四分之一翼弦后掠角的函数的叶片高度的曲线图,其中后掠角以度数表示,并且所述高度标准化到外半径;

[0039] 图5a为对于上游-下游倾斜倾角分量的不同的值,作为叶片的前角的函数的叶片高度的曲线图,其中前角(rake)以度数表示,并且所述高度标准化到外半径;

[0040] 图5b为对于切向倾角分量的不同的值,作为叶片的前角的函数的叶片高度的曲线图,其中前角以度数表示,并且所述高度标准化到外半径;

[0041] 图5c为对于包括上游倾角分量和切向倾角分量的叶片倾角,作为叶片的前角的函

数的叶片高度的曲线图,其中前角以度数表示,并且所述高度标准化到外半径;

[0042] 图6为根据本发明一个实施例的包括倾斜的连接轴的叶片装置的详细图;

[0043] 图7为根据本发明另一实施例的包括波纹管的叶片装置的详细图;

[0044] 图8为根据本发明又一实施例的包括万向接头的叶片装置的详细图。

## 具体实施方式

### [0045] 涡轮机

[0046] 参见图2,已经示出的涡轮机12的一部分包括风扇3,其中叶片或叶片2属于两个对旋式螺旋桨。这例如是开式转子或无导管风扇型的涡轮机。

[0047] 按照惯例,进入涡轮机12的空气流被压缩,然后与燃料混合并且在燃烧室被燃烧。燃烧气体允许驱动转子5旋转。

[0048] 然后,转子5具有围绕风扇3的纵轴线A<sub>3</sub>的旋转运动,旋转运动被传递到叶片2用于驱动叶片2围绕纵轴线A<sub>3</sub>旋转。

### [0049] 叶片装置

#### [0050] 可变螺距

[0051] 参见图6至图8,根据本发明对叶片2的叶片装置1进行描述。

[0052] 如上所述,几何螺距是由叶片2的叶型的翼弦与对应的螺旋桨4的旋转平面所形成的角度。由于现有技术中的普遍使用性,以下只使用术语“螺距”。

[0053] 注意到螺距是代数值。例如,-90°的螺距对应于叶片2的前缘位于后方的螺距。

[0054] 螺旋桨的叶片2的螺距适合于飞行条件:例如在地面上,螺距接近于10°,在起飞时,螺距在35°和45°之间,以及在爬升时,螺距在45°和60°之间。在巡航时,螺距接近65°。

[0055] 90°螺距通常被本领域技术人员称为“顺桨”位置。0°螺距是“平坦”位置,-30°螺距是“反转”位置(这个位置可以制动航空器)。

[0056] 叶片装置1包括叶片装置的多个叶片2。每个叶片2围绕叶片旋转轴线A<sub>1</sub>具有可变的螺距。每个叶片2具有根部201。

[0057] 叶片装置1具有多个转子连接轴6。每个连接轴6被设计以便其旋转可以修改叶片2中一个的螺距。每个连接轴6具有根部602和头部601。例如轴6是位于在来自涡轮701的导管和指向喷嘴703的导管之间的旋转套管臂702中。

[0058] 按照惯例,叶片2通过专用枢轴8连接到对应的连接轴6上以便允许每个叶片2围绕叶片2的旋转轴线A<sub>1</sub>进行旋转。枢轴8可包括配重801。因此,叶片2的根部201可容纳在枢轴8中。例如枢轴8是安装在具有多个大体上为圆柱形凹陷的轴线对称环802中,这个环802通常被称为多角形环。位于多角形环802和枢轴8之间的滚珠轴承803允许枢轴8相对于多角形环803保持自由度。

[0059] 装置还包括能够在轴向上被连带地转移的部件以便使连接轴6进行旋转。部件通常包括连杆9,连杆9的一端连接到连接轴6中。每个连杆9连接到叶片2的连接轴6上。

[0060] 装置1还可以包括至少一个在轴向上控制连杆9的位移的千斤顶(未示出)。

[0061] 叶片2的螺距可通过千斤顶的连杆的轴向延伸进行修改,其中千斤顶以轴向平移的方式作用在连杆9上。

### [0062] 叶片倾角

[0063] 每个叶片2都具有叶片倾角,每个叶片旋转轴线 $A_1$ 相对于径向轴线 $A_2$ 倾斜,径向轴线 $A_2$ 经过对应的轴6的根部602。

[0064] 如图3a所示,叶片的倾角可包括螺旋桨平面中的切向倾角分量 $\beta$ 。按照这个方式,发现叶片2的重心相对于对应的径向轴线 $A_2$ 和螺旋桨轴线 $A_3$ 显著偏心。在根据本发明的叶片装置的叶片2的离心力作用下的恢复力矩只包括惯性积。由于叶片2的倾角,恢复力矩包括涉及切向倾角分量 $\beta$ 和上游或下游倾角分量 $\alpha$ 的几个线性组合的项,并且现在恢复力矩取决于叶片2的重心的质量和位置。因此,能够提高叶片2的机械性能并且由此通过使叶片2切向地倾斜来提高叶片装置的机械性能。例如,因为配重重心的半径作为螺距的函数而改变,所以能够安装更有效的配重801,其中重心的半径是从发动机轴线到配重重心的距离,其中叶片装置被围绕着发电机轴线驱动。

[0065] 按照惯例, $\alpha$ 被视为是用于上游的上游-下游倾斜的正数, $\beta$ 是用于在由螺旋桨的旋转所限定的方向(朝向内弧面)上切向倾斜的负数。

[0066] 图3b示出了对于叶片的多个切向倾角 $\beta$ 的不同值,作为螺距的函数的恢复力矩的演变。缺少叶片的倾角,观察到稳定平衡位置仍然在 $0^\circ$ ,而不稳定平衡位置在 $90^\circ$ 处,负极值位于大约 $45^\circ$ 处。可以看到相对于由图3b中螺旋桨的逆时针方向旋转所限定的方向的 $-10^\circ$ 的切向倾角角度能够将叶片的恢复力矩的负极值的绝对值减少大约二分之一。

[0067] 机械性能还可以通过叶片的包括相对于螺旋桨平面的上游或下游倾角分量 $\alpha$ 的倾角得到提高。

[0068] 此外,叶片装置在依赖于例如起飞、爬升或巡航的飞行条件的多种空气动力条件下进行运转。已知这些不同的飞行条件意味着不同的叶片装置几何尺寸。

[0069] 通过只具有现有技术中描述的旋转轴线 $A_1$ 的叶片2的旋转的螺距变化量限制了在适于不同飞行条件的叶片几何上妥协的可能性。

[0070] 叶片倾角的引入还能够提高叶片装置的空气动力性能。叶片的倾角能够改善叶片的根部201和叶片2的头部之间的螺距变化量。

[0071] 例如,参照附图4a和4b,叶片的倾角能够根据飞行条件改变叶片的后掠角。图4a表示作为在通过附图中对应于最大爬升至起飞条件的点的过程中叶片头部处前缘的四分之一翼弦后掠角的函数的叶片高度,对于上游-下游倾斜倾角分量 $\alpha$ 的不同值,后掠角以度数表示并且高度标准化到外半径。对于 $\alpha = -5^\circ$ ,会出现额外的 $2^\circ$ 的后掠角。

[0072] 图4b表示作为在通过附图中对应于最大爬升至起飞条件的点的过程中的叶片头部处前缘的四分之一翼弦后掠角的函数的叶片高度,对于切向倾角分量 $\beta$ 或拱背-内弧倾角的不同值,后掠角以度数表示并且高度标准化到外半径。注意到 $-10^\circ$ 的上游-下游倾斜倾角分量 $\beta$ 允许补充 $2^\circ$ 的后掠角。

[0073] 例如,参照图5a和5b,叶片的倾角能够使作为飞行条件的函数的前角在叶片的宽度上变化。图5a示出了作为在通过附图中对应于最大爬升至起飞条件的点的过程中叶片前角的函数的叶片高度,对于上游-下游倾斜倾角分量 $\alpha$ 的不同值,前角以度数表示并且高度标准化到外半径。当 $\alpha$ 是正值时,观察到在起飞时头部处前角的增加。特别地,对于 $\alpha = 5^\circ$ ,观察到增加了 $0.1^\circ$ 的前角。

[0074] 图5b示出了在通过附图中对应于最大爬升至起飞条件的点的过程中叶片的前角的高度,对于切向倾角分量 $\beta$ 或拱背-内弧倾斜倾角的不同值,前角以度数表

示并且高度标准化到外半径。当 $\beta$ 为负值时,观察到起飞时在头部处前角的增加。特别地,对于 $\beta=10^\circ$ ,观察到增加了 $0.5^\circ$ 的前角。

[0075] 因此,叶片的倾角能够通过例如增加头部处的前角而同时保留叶片的腹部或中部处的前角来突出叶片的根部和头部之间的差异,这排斥了在起飞时叶片头部处的分离限制并且支持了叶片的稳定性以及其声学性能。叶片的倾角能够修改明显的漩涡参数。

[0076] 因此,在用于可变螺距叶片装置的空气动力设计过程的情况下,寻找起飞时头部处的与最大爬升条件相比的额外前角,以便减小起飞时在头部处的攻角。例如,这里的目的是通过限制分离和/或漩涡产生,或通过减少空气动力载荷来改善声学条件。尤其是在当 $\beta$ 为负值而 $\alpha$ 为正值时,通过修改参数 $\beta$ 和 $\alpha$ 来寻找这种附加的前角。连接到切向倾角 $\beta$ 的进展被优先给出,这是因为切向倾角 $\beta$ 的作用大于上游或下游倾角 $\alpha$ 的作用。参照图5c,其表示作为叶片的前角的函数的叶片高度,对于由具有 $0.9^\circ$ 角的上游倾角分量 $\alpha$ 和具有 $-10^\circ$ 角的切向倾角分量 $\beta$ 构成的叶片倾角,前角以度数表示并且高度标准化到外半径,观察到在头部处 $0.5^\circ$ 的附加前角,以及观察到后掠角增加了大约 $2^\circ$ 。因此,在起飞阶段能够将分离限制向后推。

[0077] 前角的这种增加必定涉及升力减少 $1.5\%$ ,但是也会允许减少 $3\%$ 的阻力。此外,增加后掠角涉及升力减少 $2.5\%$ ,但是允许减少 $5\%$ 的阻力。因此,叶片的这种倾角允许对于升力减少 $4\%$ ,阻力减少 $8\%$ 。因此,阻力减少的比升力减少的多,这就允许了叶片装置的性能的提高。

[0078] 相对于所考虑的幅度,这种后掠角在稳定性上的作用可以忽略。

[0079] 叶片的这种倾角能够使叶片2所必需的配重801的质量减半。

[0080] 当切向倾角分量 $\beta$ 具有介于 $-5^\circ$ 和 $-15^\circ$ 之间的角度时,尤其是当上游倾角分量 $\alpha$ 是介于 $1$ 和 $2^\circ$ 之间时,这种优势可以是明显的。

[0081] 叶片旋转轴线 $A_1$ 典型地是相对于径向轴线 $A_2$ 以固定的值倾斜。切向倾角分量 $\beta$ 和/或上游或下游倾角分量 $\alpha$ 可以相对于径向轴线 $A_2$ 固定。换言之,每个叶片的倾角可以相对于径向轴线 $A_2$ 固定,以便允许在叶片的运转期间叶片2只围绕叶片2的旋转轴线 $A_1$ 旋转,因此,旋转轴线 $A_1$ 是相对于径向轴线 $A_2$ 切向地倾斜的和/或上游或下游到固定值。因此,叶片2只在围绕旋转轴线 $A_1$ 旋转方面具有单一自由度,而没有围绕其他两个轴线旋转的可能。

[0082] 切向倾角分量 $\beta$ 和/或上游或下游倾角分量 $\alpha$ ,换言之即切向倾角角度和上游或下游倾角角度例如在设计期间被确定,并且由此可以通过叶片装置的结构被定格。

[0083] 在设计过程中,确定上游倾角分量 $\alpha$ 和切向倾角分量 $\beta$ 的组合以便满足预定的气动声学 and 机械目的。

[0084] 上游倾角分量 $\alpha$ 和切向倾角分量 $\beta$ 的这个组合(是指角度的这个组合)被应用到例如滚珠轴承803。于是仅剩的唯一的自由度是叶片围绕由滚珠轴承限定的(并且由螺距改变命令通过径向轴控制的)轴线旋转的角度。角度 $\alpha$ 和 $\beta$ 例如根据环802的制造被定格。如图6所示,每个连接轴6可以相对于径向轴线 $A_2$ 倾斜,因此根据所期望的叶片倾角使对应的叶片倾斜。这种实施尤其适于倾角,其中倾角的切向和上游或下游分量不会超过 $5^\circ$ 的绝对值。

[0085] 连接轴6的倾角例如相对于径向轴线 $A_2$ 是固定的,倾角典型地包括相对于径向轴线 $A_2$ 的切向分量 $\beta$ 和/或上游或下游倾角分量 $\alpha$ 。

[0086] 可选地或附加地,每个转子连接轴6可以具有使轴的头部602相对于轴6的其余部

分倾斜、并由此根据所期望的叶片倾角使对应的叶片2倾斜的接合部。

[0087] 接合部可以以相对于径向轴线A<sub>2</sub>的固定倾角来保持轴602的头部,倾角典型地包括相对于径向轴线A<sub>2</sub>的切向分量β和/或上游或下游倾角分量α。

[0088] 参照图7,这种接合部可包括波纹管10,例如金属波纹管。这种波纹管10被设计以实现叶片的倾角,该倾角的分量可以具有几度的值。

[0089] 参照图8,这种接合部可以包括万向接头11。这种万向接头11被设计以实现倾角,该倾角的分量可具有几十度的值。

[0090] 因此,涡轮机可包括这种可变螺距叶片装置。涡轮机尤其可包括两个这种变螺距叶片装置的组件,其中叶片装置是例如对旋式叶片装置。

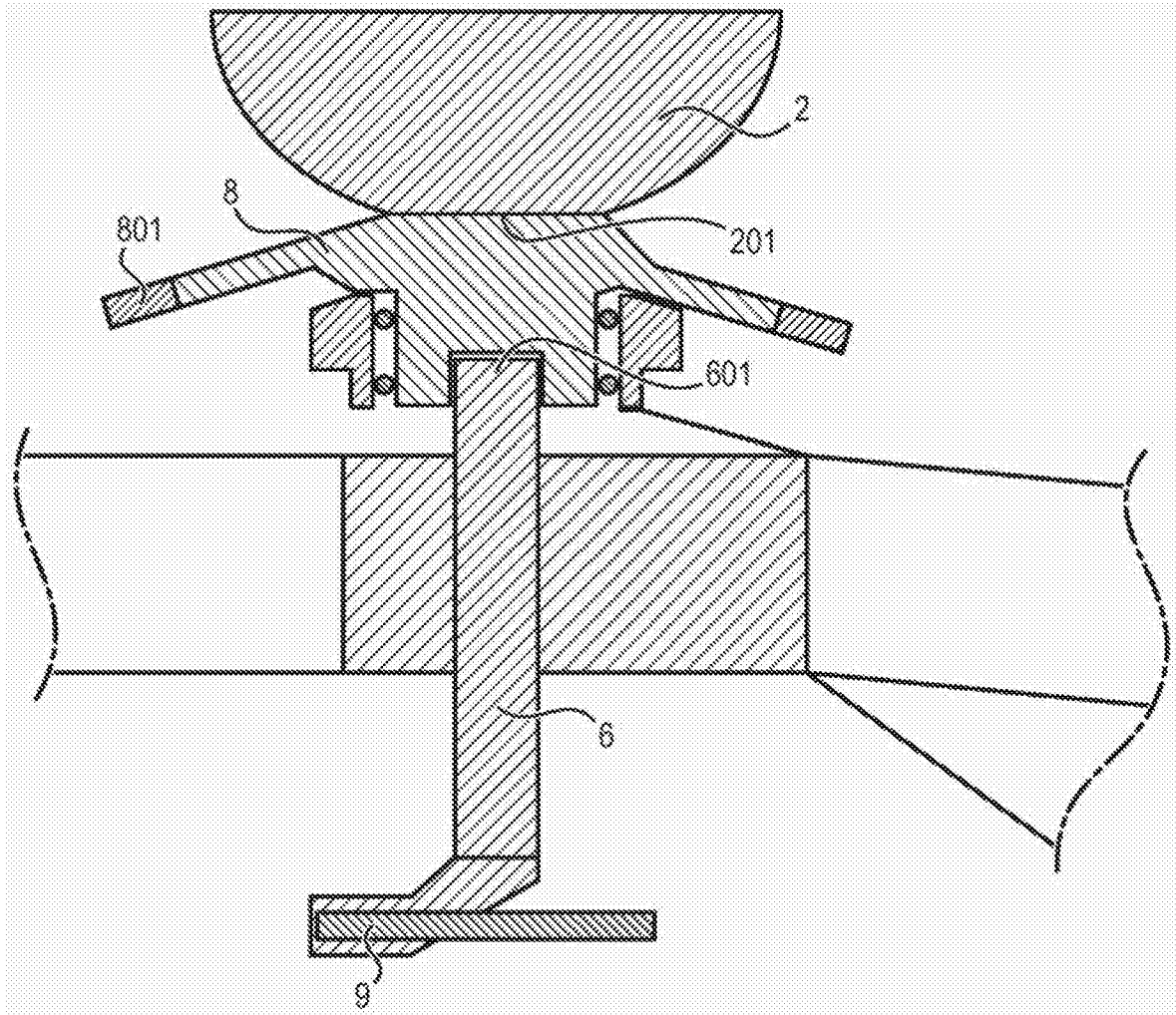


图1

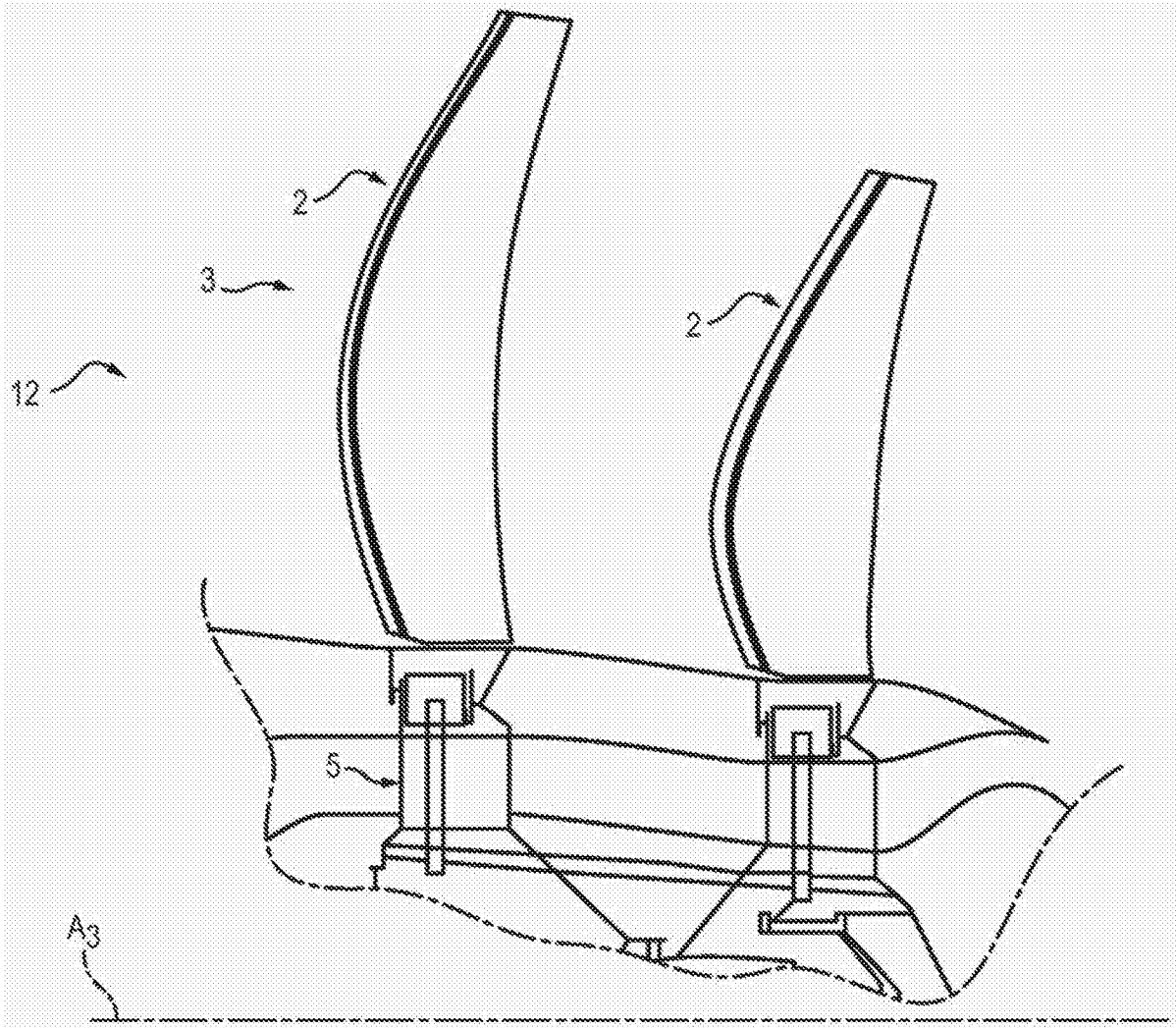


图2

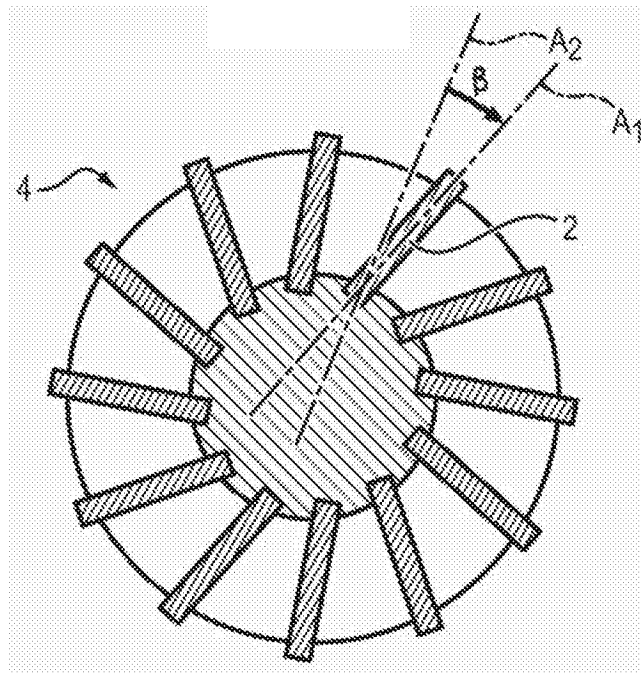


图3a

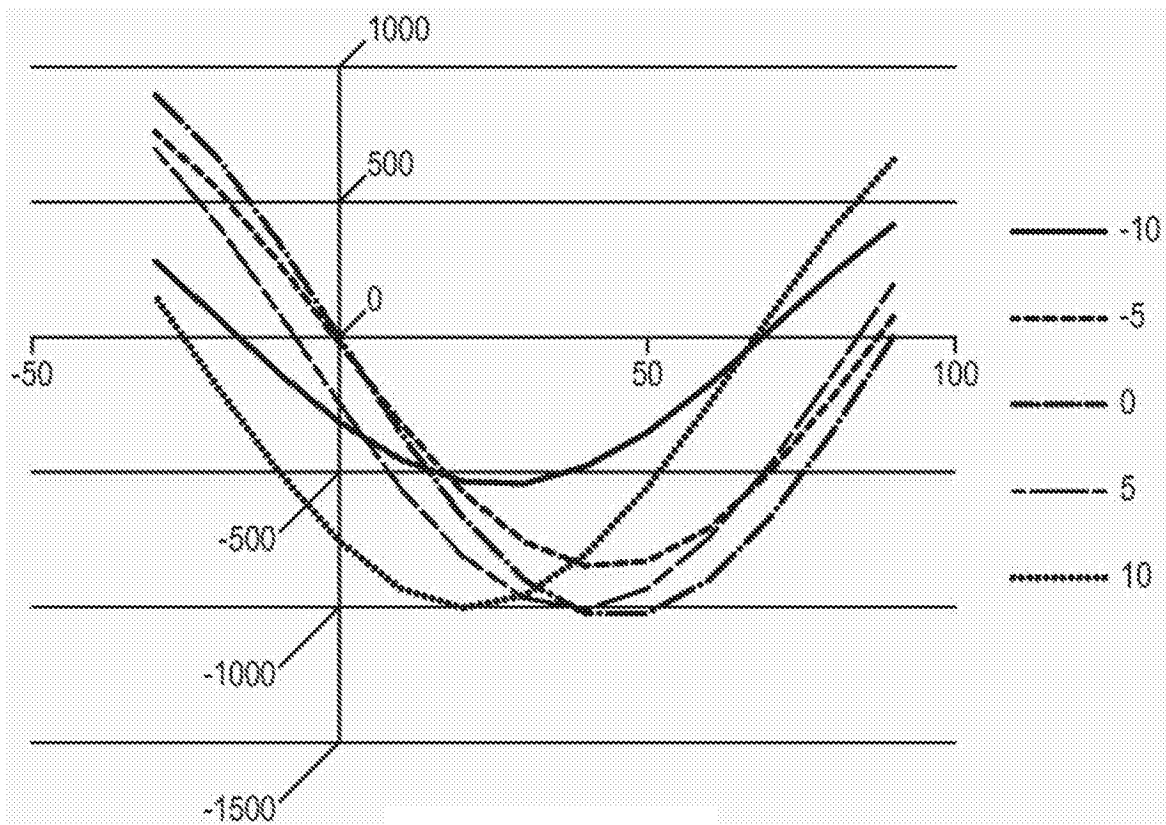


图3b

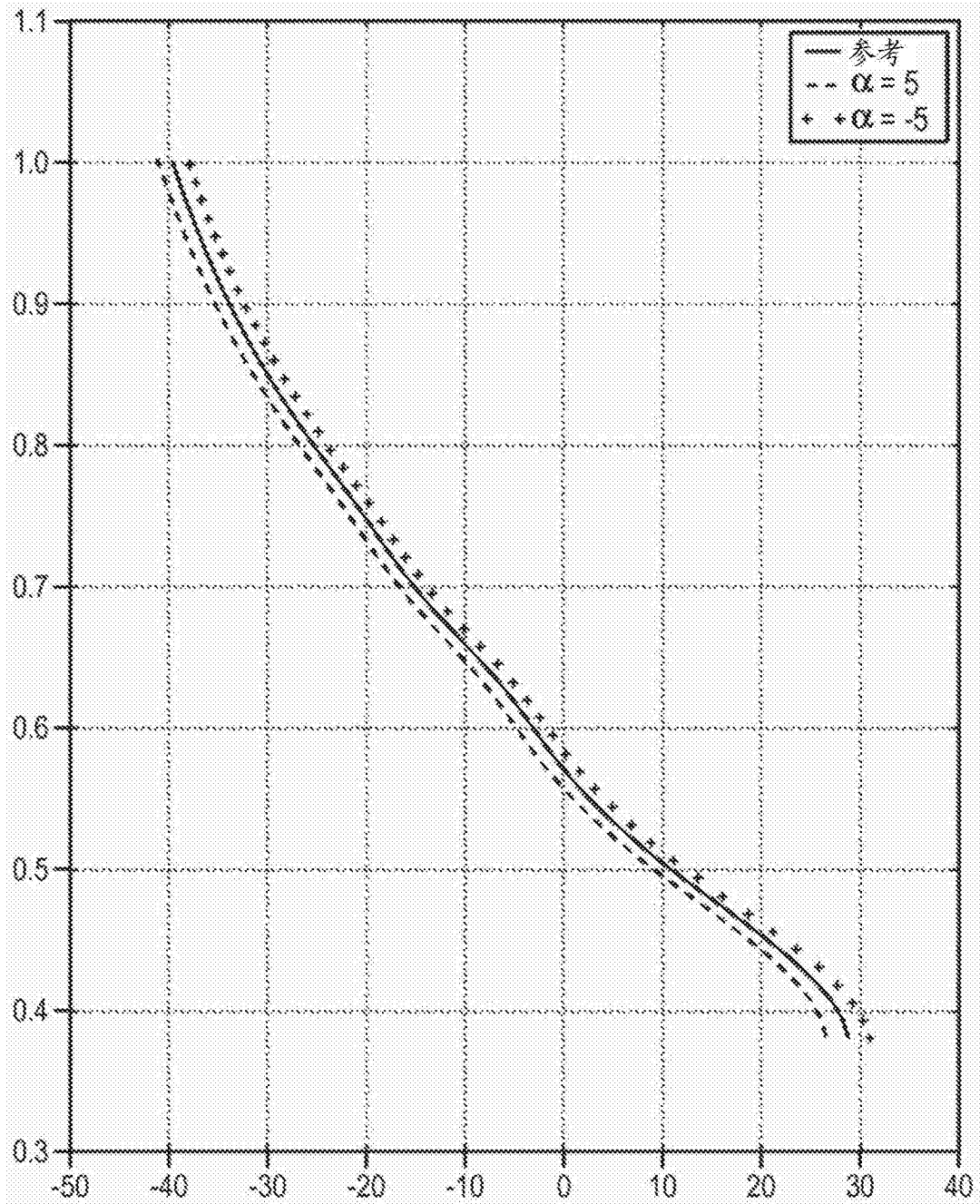


图4a

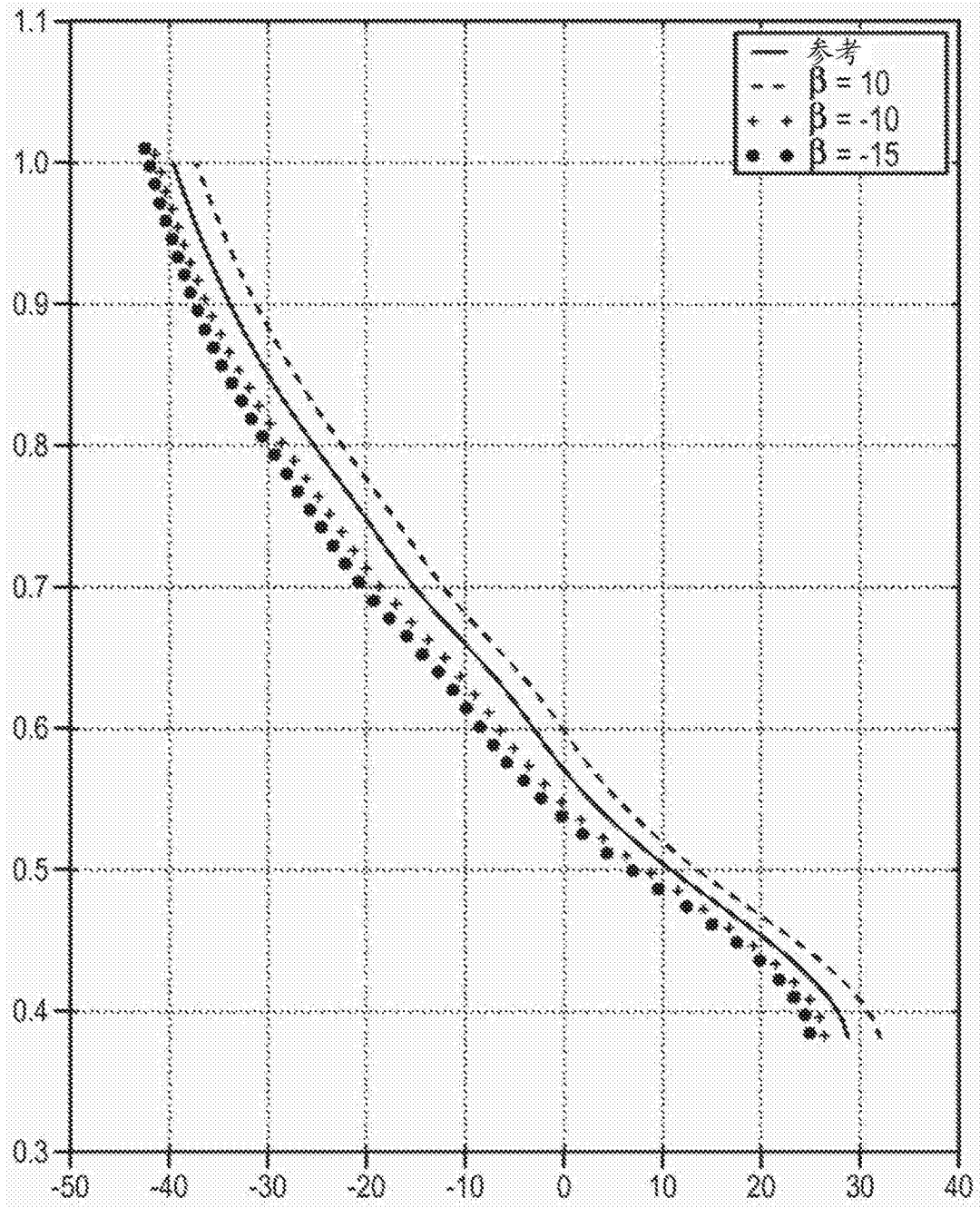


图4b

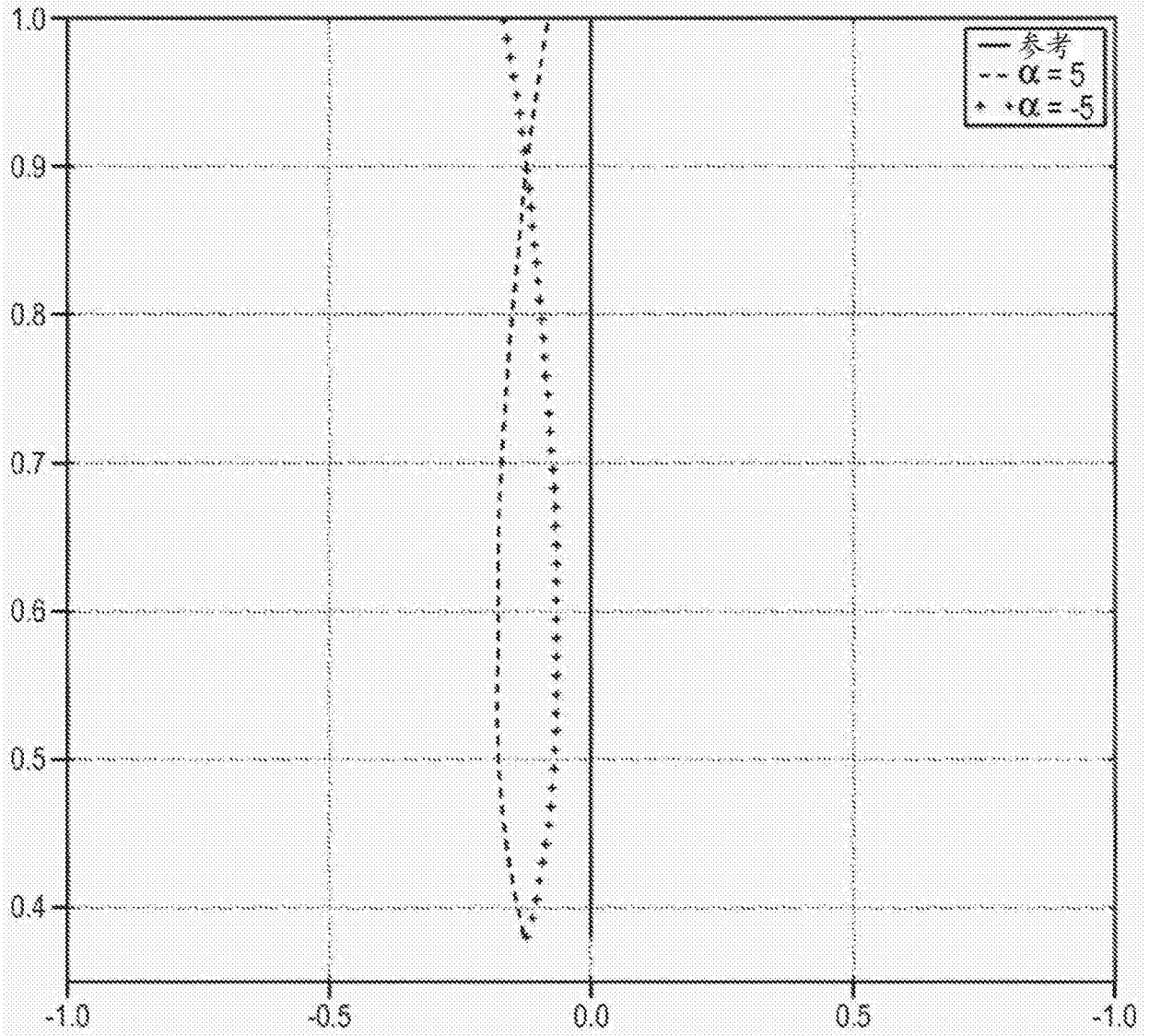


图5a

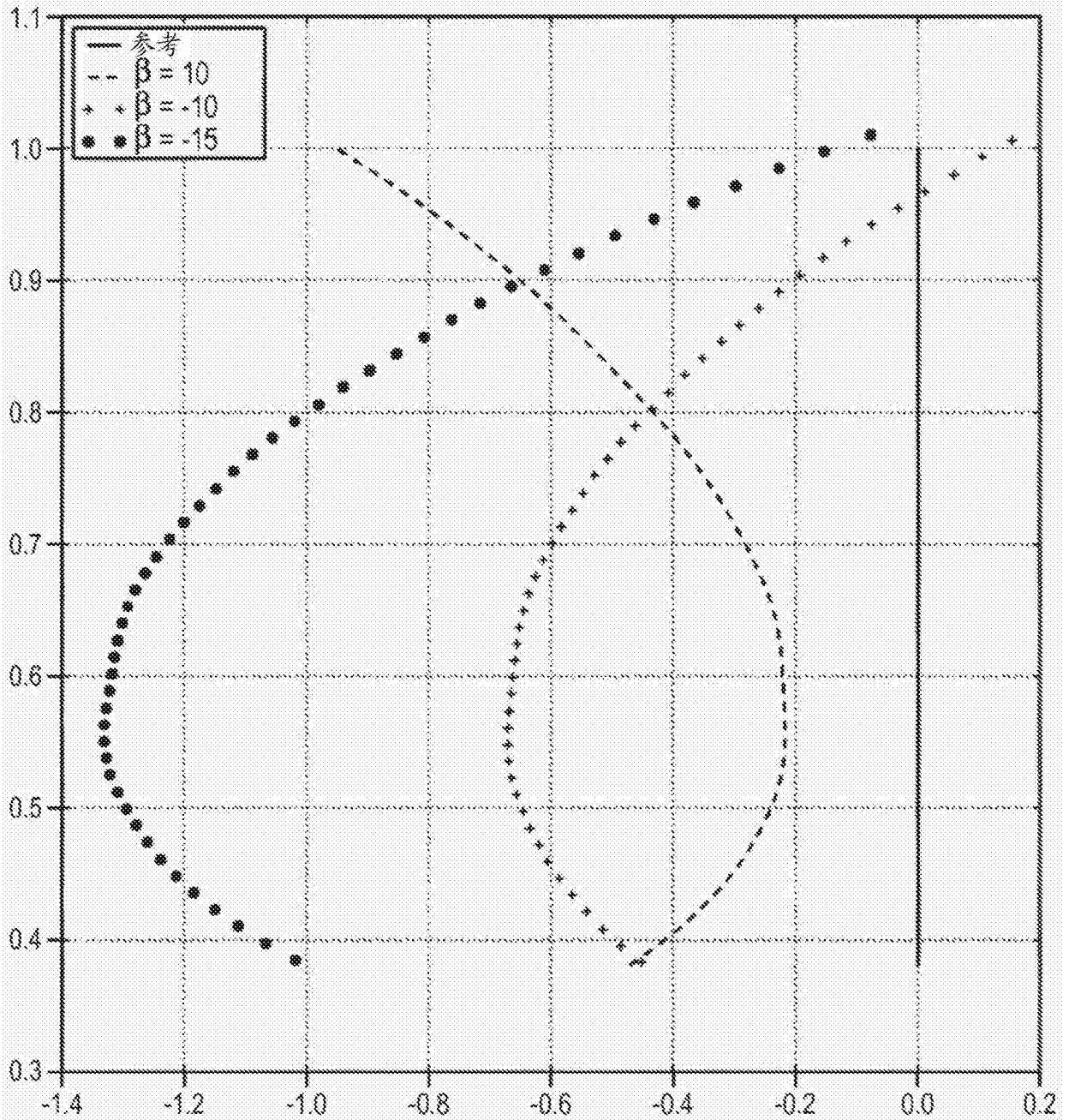


图5b

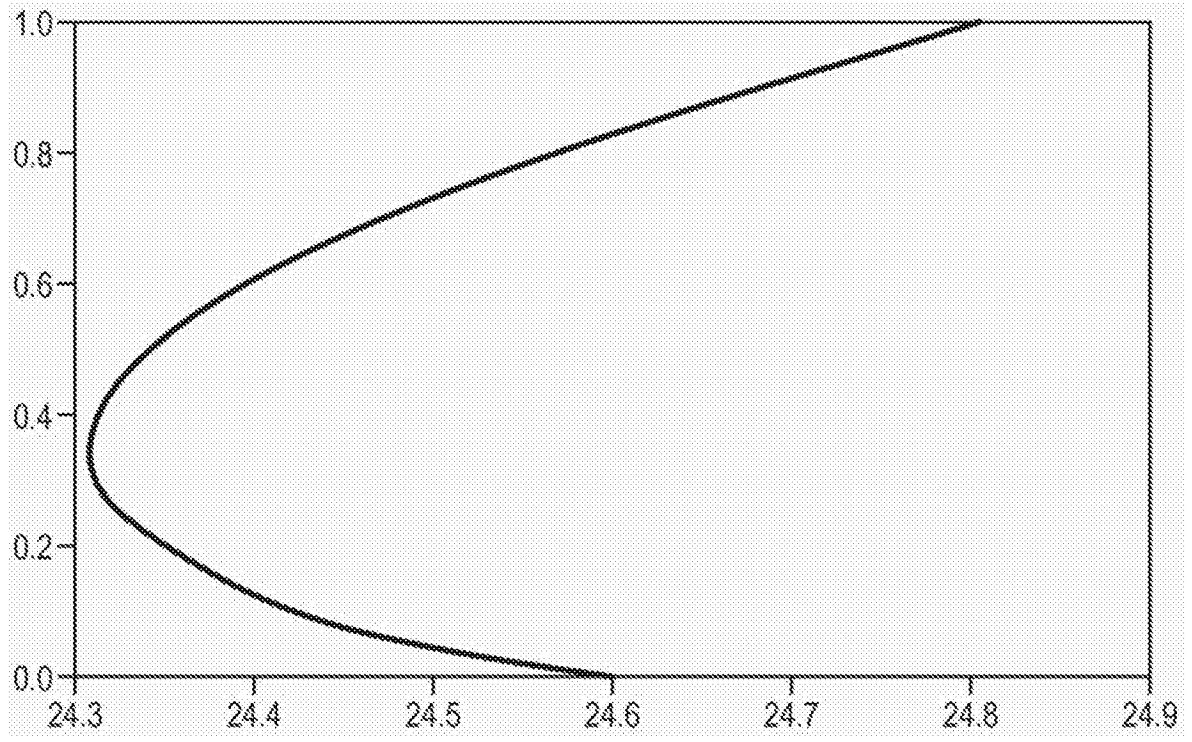


图5c

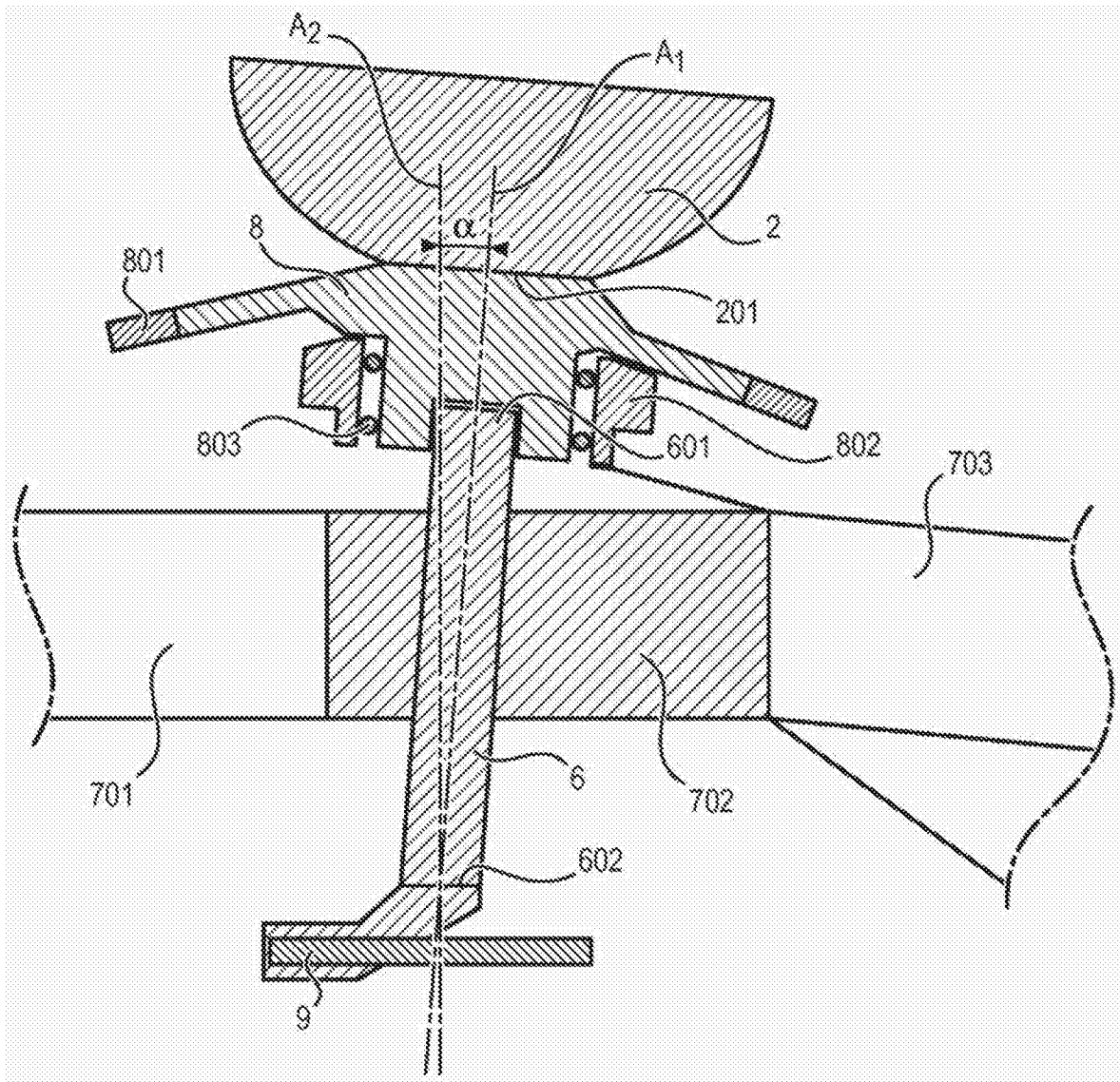


图6

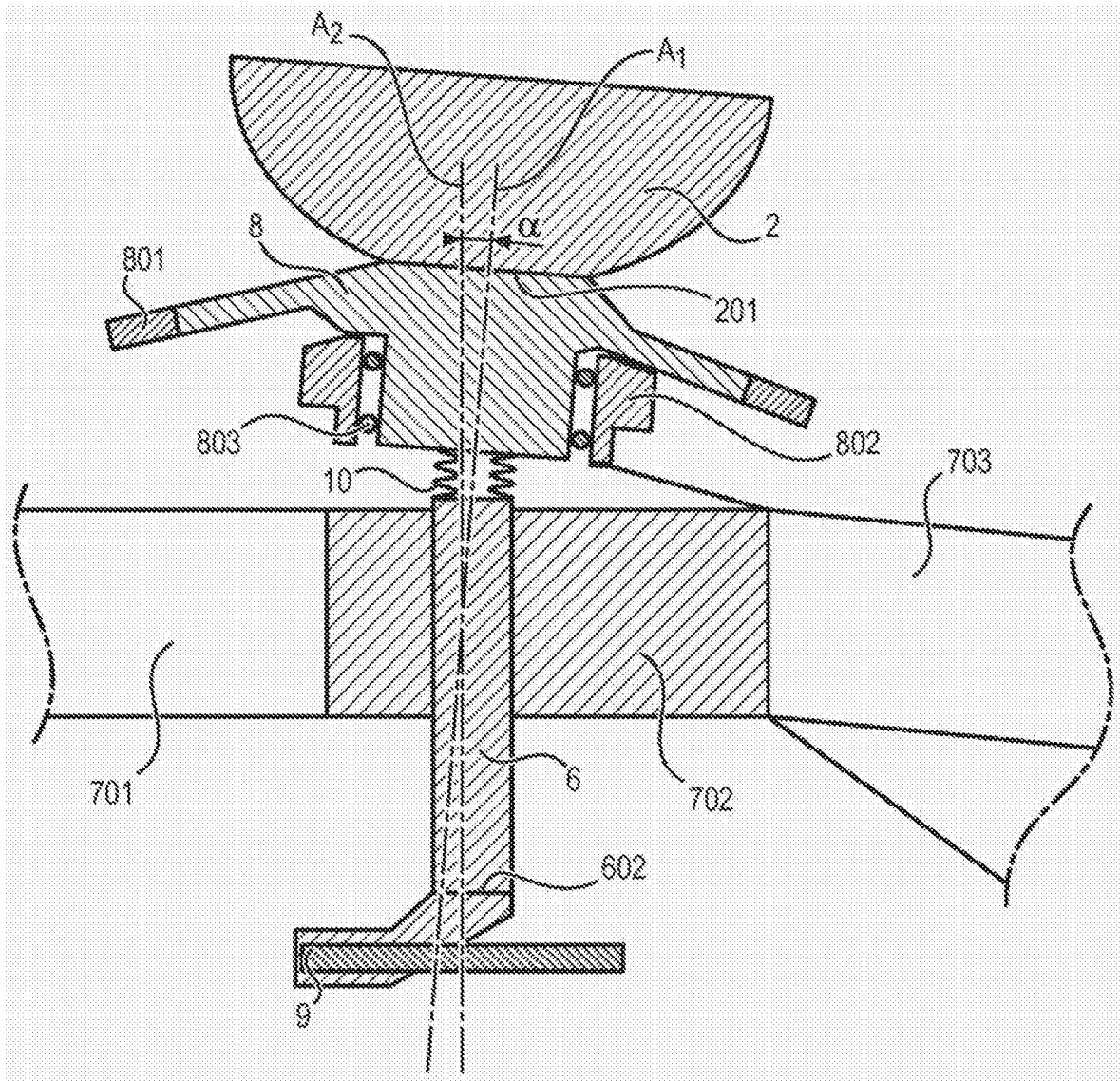


图7

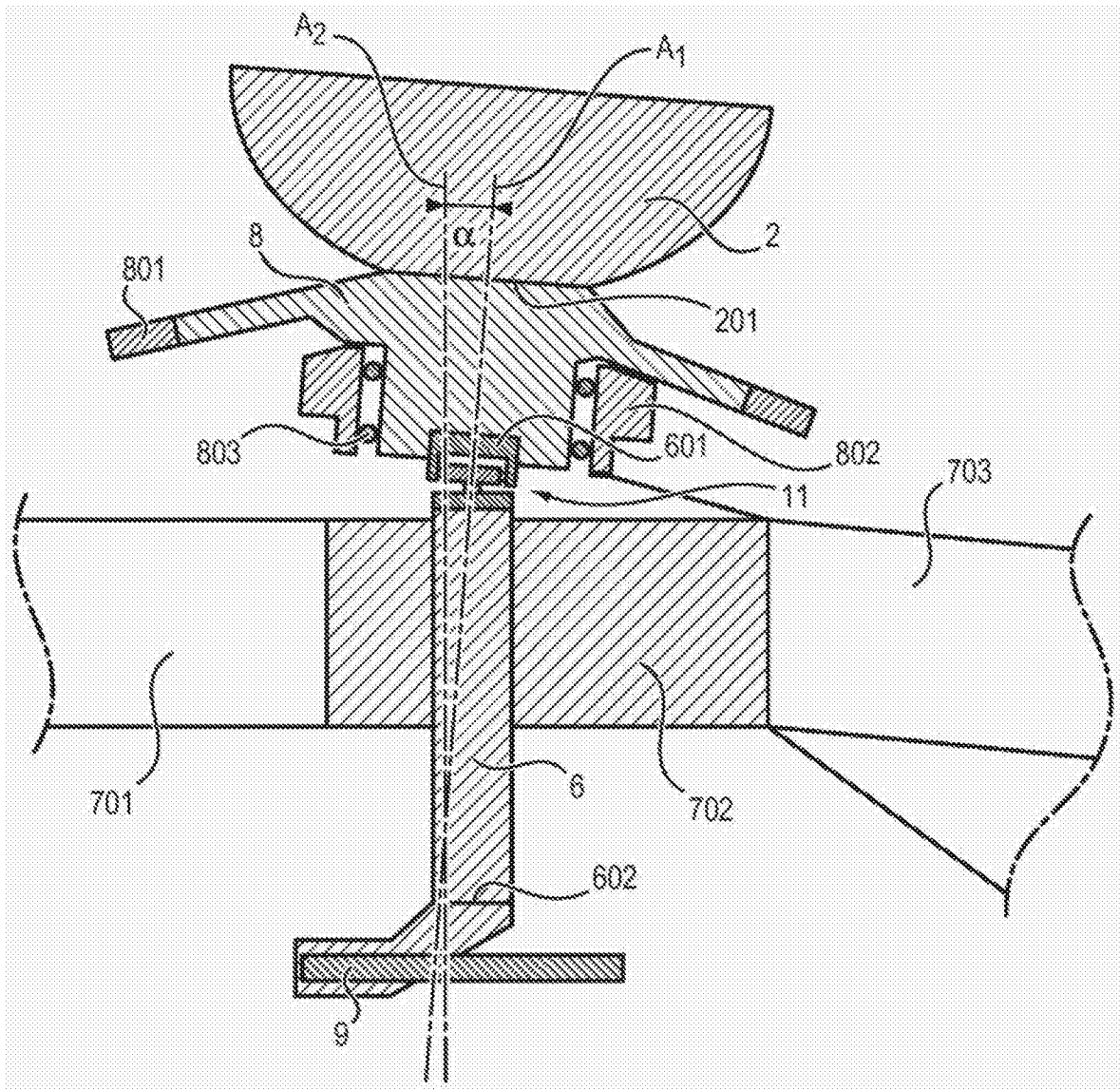


图8