(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102753323 B
(45)授权公告日 2014.12.17

(21)申请号 200980163426.6
(22)申请日 2009.12.22
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2012.08.13
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IL2009/001206 2009.12.22
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2011/077422 EN 2011.06.30
(73)专利权人 格林-加姆橡胶回收有限公司
地址 以色列特拉维夫
(72)发明人 列弗·贝尔拉哈 迈克尔·比姆巴特
(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
代理人 贾媛媛 王漪
(51)Int.Cl.
B29B 17/04(2006.01)
B02C 7/06(2006.01)
B02C 7/12(2006.01)
B29K 21/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 2657779 U,2004.11.24,
US 1169228 A,1916.01.25,
JP 200587816 A,2005.04.07,
WO 9959932 A1,1999.11.25,

审查员 彭龙泉

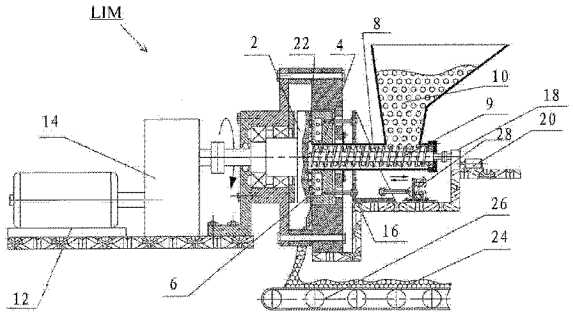
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

用于橡胶研磨和再生的方法和装置

(57)摘要

本发明提出了一种用于聚合物材料(如一种橡胶)的研磨和再生的方法和系统。该装置包括彼此处于紧邻的面对面关系的一个定子(4)和一个转子(2)从而在它们之间形成一个用于橡胶研磨和再生的操作区域。定子(4)具有一个基本上平滑的面状表面并且转子(2)具有一个凹入的面状表面,该凹入的面状表面带有一个从中心到其周边逐渐减小的深度。该转子进一步包括至少一个弯曲的凸出部(30),该至少一个弯曲的凸出部带有一个从该转子的中心到周边逐渐增加的曲率半径。



CN 102753323 B

1. 一种用于聚合物材料研磨和再生的装置，该装置包括彼此处于紧邻的面对面关系的一个定子和一个转子从而在它们之间形成一个用于橡胶研磨和再生的操作区域，其中所述定子具有一个基本上平滑的面状表面，并且所述转子具有一个凹入的面状表面，该凹入的面状表面带有一个从中心到其周边逐渐减小的深度，并且该转子进一步包括至少一个弯曲的凸出部，该至少一个弯曲的凸出部带有一个从转子的中心到周边逐渐增加的曲率半径。

2. 如权利要求 1 所述的装置，其中，凹入的面状表面的该逐渐减小的深度和所述至少一个弯曲的凸出部的该逐渐增加的曲率半径是由多个条件限定的：

一个条件是强制且稳定地推进在用于橡胶研磨和再生的该操作区域内的聚合物材料；

一个条件是在用于橡胶研磨和再生的所述操作区域内的该聚合物材料的流动连续性。

3. 如权利要求 1 所述的装置，进一步包括与该定子相关联的一个螺杆送料器。

4. 如权利要求 1 所述的装置，进一步包括用于调整该转子与定子之间的间隙的装置。

5. 如权利要求 1 所述的装置，其中所述至少一个弯曲的凸出部是由多个分开的弯曲的凸出部形成的。

6. 如权利要求 1 所述的装置，进一步包括一个振动器，该振动器在垂直于该面状表面的方向上作用于该定子上。

7. 如权利要求 1 所述的装置，其中所述至少一个弯曲的凸出部被成形为一个单螺旋。

8. 如权利要求 5 所述的装置，其中所述转子在所述多个分开的弯曲的凸出部之间具有基本上光滑的表面。

9. 如权利要求 1 所述的装置，其中所述定子进一步包括一个水冷却套。

10. 如权利要求 9 所述的装置，其中所述转子进一步包括一个水冷却套。

11. 如权利要求 9 所述的装置，进一步包括用于控制水经过该冷却套的流动的装置。

12. 如权利要求 11 所述的装置，其中用于控制水经过该冷却套的流动的所述装置提供了一个在 40 至 100 摄氏度范围内的工作温度。

13. 如权利要求 3 所述的装置，其中该定子具有一个中心孔并且该螺杆送料器经由所述中心孔与该定子相关联。

14. 如权利要求 13 所述的装置，进一步包括在该螺杆送料器与橡胶研磨机器的操作区域之间的一个光滑的转换区域。

15. 如权利要求 14 所述的装置进一步包括一个衬套，该衬套具有一个弯曲的面状表面，所述衬套与该转子的面状表面组装，并且该转子具有一个弯曲的面状表面，其中所述光滑的转换区域是由所述衬套和所述定子的所述弯曲的面状表面形成。

16. 如权利要求 15 所述的装置，其中所述衬套的弯曲的面状表面具有一个恒定的曲率半径。

17. 如权利要求 15 所述的装置，其中所述定子的弯曲的面状表面具有一个恒定的曲率半径。

18. 如权利要求 14 所述的装置，其中在该螺杆送料器与该操作区域之间的所述光滑的转换区域的形状是基于连续的橡胶流动的条件限定的。

19. 如权利要求 1 所述的装置，其中所述定子和所述转子是基本上垂直地组装的。

20. 一种橡胶研磨和再生的方法，该方法包括以下步骤：通过提供彼此处于紧邻的面

对面关系的一个定子和一个转子来形成一个用于橡胶研磨和再生的操作区域，其中所述定子具有一个基本上平滑的面状表面，并且所述转子具有一个凹入的面状表面，该凹入的面状表面带有从一个中心到其周边逐渐减小的深度，并且该转子进一步包括至少一个弯曲的凸出部，该至少一个弯曲的凸出部带有一个从转子的中心到周边逐渐增加的曲率半径。

用于橡胶研磨和再生的方法和装置

背景技术

[0001] 本发明涉及一种废橡胶处理机器和方法，并且更具体地涉及一种用于研磨和再生橡胶或类似材料的方法和装置。

[0002] 废旧硫化橡胶(包括废旧轮胎)的研磨或尺寸减小以及碎屑生产是很多专利、文章和书籍的主题。

[0003] 世界上有许多从废旧轮胎生产橡胶碎屑的工厂(大约1200)。这些工厂绝大多数是通过收集、分拣并将其分解成如最终用户限定的要求的尺寸来对废旧橡胶进行处理。然而，仍有非常少数的橡胶企业家通过再生和脱硫化来进行处理。

[0004] 然而，目前最严峻的挑战是如何处理这种橡胶碎屑。根据公布的数据，51%的胶粉被焚化，43%被加入到沥青中而只有6%被再生为新的生橡胶材料。

[0005] 在大多数橡胶中心，比如亚克朗市橡胶研发中心(美国)、卡拉普橡胶协会(印度)、NIISP(俄罗斯)进行的多次调查显示，橡胶混合物的主要性能随着胶粉含量的增加而线性地降低。这显然表明，粒状橡胶表现为橡胶混合物中的填充物从而不能以高的百分比来使用。根据史密斯的数据，机械胶粉含量的最高水平对于子午线轮胎而言不能超过2.3%而对于在斜交轮胎而言不能超过3.2%。这是由于在主要含量上的多个主要性能的严重削弱引起的。

[0006] 不同的机器和技术被用于硫化橡胶碎屑的生产。

[0007] 已知的常见解决方法之一是在破碎或研磨的2-辊式磨碎机上来减小橡胶碎片的尺寸。这种技术是基于把橡胶碎片通过在回收工业上被广泛使用的辊子之间的紧密的辊隙。基于把生橡胶材料与多种专用添加剂(改良剂)多次通过2辊式磨碎机的狭窄辊隙的技术也是适合于脱硫化的。以下专利:US 3,269,468;US5,257,742;US 2,211,518;US 1,653,472;US 4,747,550和US 1,758,010描述了不同的研磨机。由辊隙中非常短时间(0.04至0.05秒)的剪切应力所引起的低的生产量限制了这种技术的可行性。

[0008] 另一种技术是基于如由专利US 5,695,131;US 5,299,744和US7,021,576所披露的切削刀具。多刀式粉碎机或转子刀式磨碎机被广泛地使用在橡胶回收中。尽管这种技术提供了相对高的生产量，但它只能生产粗糙的碎屑并且除此之外被切削的碎屑还被金属杂质污染。

[0009] 涉及在磨碎机中加工之前或在此过程中对橡胶进行冷冻(低温方法)的技术在本领域中是已知的。美国专利4,813,614和英国专利1559152披露了在两个轮之间的低温研磨，这两个轮是由一组压碎销提供的。美国专利4,383,650披露了在两个齿轮之间冷冻材料的研磨。它还已知为通过振动研磨或者一种旋转刀片式研磨进行的低温研磨，此处材料是通过提供一种冷却剂(更具体地是液氮或碳酸)来保持被冷却处于零下60摄氏度以下。低温研磨确实提供了具有最少杂质的精细颗粒。然而，液氮的极高的费用使低温方法变得不经济。此外，低温技术不允许通过化学试剂进行脱硫化，因为这些化学反应在低温条件下不能发生。

[0010] 在过去几十年中，如在美国专利US 6,590,042;US 6,576,680和US6,335,377中

所披露的，广泛地发展了用于橡胶研磨的挤压机。挤压机可以在一个广泛的温度范围(直到300° C)内运行从而提供了足够的产量。因为材料在磨碎机和挤压机的加工过程中被剧烈加热，所以要求很高的技术来调节磨碎机以实现由这种技术导致的最佳效果。因此，大量的热能必须通过水冷却而散发出去。这种技术的缺点在于：由于螺杆与多个壁之间的间隙不能足够紧密地预成形所以缺乏极其细小研磨的可能性；被加工的材料的固体大量材料的有效冷却的不可行性；极端的能耗。

[0011] 用于橡胶研磨的摩擦式或盘式磨碎机在本领域中也是已知的。例如美国专利US 4,535,941披露了在垂直磨碎机的研磨，类似于在印染工业中所使用的那些。同一位发明者的随后的美国专利US 4,625,922披露了在提高温度下进行研磨的改进技术。这种技术经受了连续加工的不可行性。为了克服这个缺点，如在美国专利US 5,238,194、US 5,411,215和美国专利申请US 20020086911中所描述的，提出了在液体粘合液(水、油等)的流动中进行橡胶研磨。能够实现足够的连续性；然而随之而来的使生产的碎屑保持干燥的必要性使得这样一个加工是不切实际的。

[0012] 在美国专利US 6,976,646中还披露了用于研磨橡胶的在研磨轮与护罩之间的盘式磨碎机的构造。在这个设计中，沿着工作区域的整个周边在轮与护罩之间的统一间隙的设置是有问题的。

[0013] 因此，对于通过提供一种成本有效、在通常环境温度下连续加工的生产商用的可重复使用的橡胶材料的一种改进技术仍存在需要。

[0014] 发明简要概述

[0015] 这些和其他目的是通过一种橡胶研磨和再生机器以及连续方法来实现的，该连续方法在通常的环境温度或适度升高的温度下操作的并且以低成本来生产精细颗粒橡胶粒或再生橡胶材料。橡胶材料进入一个研磨模具中，在此该橡胶材料经由一个旋转研磨轮被研磨成橡胶颗粒和/或转化成再生橡胶材料。

[0016] 因此，产生了被精细研磨和脱硫的橡胶颗粒，这些颗粒适于合并到新的橡胶产品中。这些橡胶颗粒被便宜地且有效率地生产出来。

[0017] 本发明的这些和其他特征在以下本发明的优选实施方案的详细说明中予以讨论或者变得清楚。加工的连续性是由于沿着从送料器到输出的整个路径上材料被强制推进以及从螺杆送料器进入螺旋垂直盘的转换区域中的独有的精巧设计而引起的。通过单趟加工的完成是由于工作盘的延伸的螺旋路径所引起的。细研磨碎屑和再生的准备是由于在材料输出的区域处的易于控制的间隙所引起的。碎屑的良好兼容性以及与橡胶混合物的再生是由于这些研磨颗粒的良好开发的表面。有效热量的去除是由于沿着该被加工材料的整个路径的被开发的多个工作表面实现的。动力经济的提供是由于拉动的材料推进而不是在传统的挤压机胶溶剂中所使用的推进方式。

[0018] 因此，根据本发明的一个广义方面，提供了一种用于聚合物材料研磨和再生的装置，该装置包括彼此处于紧邻的面对面关系的一个定子和一个转子从而在它们之间形成一个用于橡胶研磨和再生的操作区域。该定子具有一个基本上平滑的面状表面并且该转子具有一个凹入的面状表面，该凹入的面状表面带有一个从中心到其周边逐渐减小的深度。该转子进一步包括至少一个弯曲的凸出部，该至少一个弯曲的凸出部带有从该转子的中心到周边逐渐增加的曲率半径。

[0019] 根据本发明的一个广义方面提供了一种橡胶研磨和再生的方法，该方法包括以下步骤：通过提供处于彼此紧邻的面对面关系的一个定子和一个转子从而形成一个用于橡胶研磨和再生的操作区域。该定子具有一个基本上平滑的面状表面并且该转子具有一个凹入的面状表面，该凹入的面状表面带有一个从中心到其周边逐渐减小的深度。该转子进一步包括至少一个弯曲的凸出部，该至少一个弯曲的凸出部带有一个从该转子的中心到周边逐渐增加的曲率半径。

[0020] 附图简要说明

[0021] 为了理解本发明并且为了看到在实践中可以如何进行本发明，现在仅通过非限制性的实例并参照附图来说明多个优选实施方案，在附图中：

[0022] 图 1 是本发明的橡胶研磨机器的一个截面示意图；

[0023] 图 2a 是根据本发明的一个实施方案的一个单螺旋转子的一个正面视图；

[0024] 图 2b 是单螺旋转子的一个截面视图；

[0025] 图 3a 是根据本发明的另一个实施方案的一个多螺旋转子的一个正面视图；

[0026] 图 3b 是多螺旋转子的一个截面视图；

[0027] 图 4 展示了根据本发明的优选实施方案的多螺旋转子的一个实例；

[0028] 图 5 是在橡胶研磨再生机器的操作区域与送料传送带之间的转换区域的一个截面视图。

[0029] 本发明的详细说明

[0030] 参见图 1，一种聚合物材料（如橡胶）研磨和再生机器 LIM 包括一个转子 2、一个带有冷却套 6 的固定的定子部分 4、具有一个螺旋钻 9 的螺杆送料器 8，该螺杆送料器与一个料斗 10 相关联。转子 2 是通过一个电机 12 经由一个齿轮 14 旋转的。在图 5 中进一步展示了定子 4 由一个金属盘形成，该金属盘具有与转子 2 处于紧邻面对面关系的扁平表面并且在其中心配备有一个中心孔或开口。螺杆送料器 8 的螺丝钻 9 可以由一个驱动器来驱动，该驱动器由一个齿轮组件 18 和一个电机 20 形成。

[0031] 在操作中，处于多片碎片形式或者所述片与添加的改良剂的任何混合物形式的橡胶废料从料斗 10 进入螺杆送料器 8 中并且行进至一个操作区域，该操作区域是由定子 4 与转子 2 之间的一个空隙形成的。经过加工后的准备好的材料 24 通过带式传送器 26 排出。

[0032] 可任选的是，振动可以通过一个振动器 28 施加到定子 4 上以便增强由于这些颗粒的交替收缩释放的作用而引起的粉碎加工。转子 2 还可以通过用于冷却的冷却套（未示出）来提供。

[0033] 可任选的是，用于控制冷却液（例如经过这些冷却套 6 和 / 或转子的冷却套的水流）的装置可以被提供以便提供一个理想的工作温度。优选的是，最佳的工作温度在大约 40 至 80 摄氏度的范围内。

[0034] 参见图 2a 和图 2b 以及图 3a 和图 3b 以及图 4，转子 2 是一个金属（钢）盘，该金属盘带有从中心到周边部分而逐渐增加厚度并且具有一个或多个弯曲的凸出部（脊）30（30’，30”）。螺旋凸出部可以是单螺旋 30（图 2a、图 2b）的形式或者是多螺旋 30’、30”（图 3a、图 3b 和图 4）的形式。转子 2 是一个具有一个凹入的面状表面的金属（钢）盘，该凹入的面状表面是由该盘从中心至周边逐渐增加的厚度形成的。带有螺旋凸出部 30（30’，30”）的转子 2 的这种构型可以由例如使用五轴数控机床（CNC）由金属（钢）盘成型。一个或多个凸

出部 30（30’,30”）的轮廓被制作为使得当从转子的中心到周边的高度逐渐减小时半径逐渐增加。优选的是，调节转子 2 与定子 4 之间的间隙，例如通过提供定子 4 的可调节安装从而允许定子相对于转子 2 的向内或向外的移位。

[0035] 根据输出材料的所期望的细度，可以确定转子 2 与定子 4 之间的一个最佳间隙。在材料通过沿着由定子 4 的凸出部 30（30’,30”）和扁平表面形成的螺旋凹槽的过程中，材料精细粉碎发生在橡胶研磨机器的操作区域中。

[0036] 优选的是，为了提供研磨橡胶的高水平的脱硫，原材料是根据共同未决定的 PCT 申请 PCT/IL2009/000808 来处理的，其披露的内容通过引用被结合在此。

[0037] 在机器运行中，在定子 4 的扁平表面与转子 2 的多个弯曲的凹槽之间的粉碎提供了具有直到 400 至 600cm^2 每克的良好开发的表面的细小的且椭圆形颗粒的结构。

[0038] 优选的是，凸出部 30（30’,30”）的形状可以基于两个条件来设计 :a) 强制并且稳定推进材料 ;b) 材料流动的连续性。这两个条件均应该在从中心到周边的整个区域中实现。

[0039] 当作用在被加工的材料上的牵引力超过由摩擦引起的限制力时，提供了强制且稳定推进的材料。当该圆的切线与在该中心的多个刀片轮廓的曲线之间的角度为 30°（角度被实验性地确定）时这个条件被实现。至此 :

[0040] $\Delta R_0/\Delta t)/[R_0/(\Delta t \pi/180)\} = tg30°$ 。

[0041] 其中，R_0- 在该入口区域中的半径（mm）

[0042] 带入 $\Delta t=1/(6n)$，其中 n- 是转子的角速度（转每秒），我们得到 $(\Delta R_i*6n)/\pi R_i = tg30° = 0.5773$，其中，Ri- 该轮廓的当前半径。

[0043] 由此跟着得到 $\Delta R_0=0.5773\pi \Delta R_0/6n$

[0044] 当前半径的增量 $\Delta R_i=R_{(i+1)}-R_i$ 是通过表达式来计算的

[0045] $\Delta R_i = Q_0/[1/(6*n)]*\{(2\pi R_i - \Sigma a)*[H_i-(\Delta H_i/L_i)*(R_i-R_0)]\}$。

[0046] 其中 :

[0047] Σa- 所有刀片的总宽度（mm）

[0048] H_i- 在初始的区域中转子与定子的表面之间的间隙（mm）

[0049] ΔHi- 在初始的区域和末端区域中转子与定子的表面之间的间隙的增量（mm）

[0050] L_i- 区域的长度（mm）

[0051] Q_0- 在转子的入口处材料流的量。

[0052] $Q_0 = [1/(6*n)]*\{(2\pi R_0 - \Sigma a)*[H_0-(\Delta H_0/L_0)]\}$。

[0053] 表达式 $[H_i-(\Delta H_i/L_i)*(R_i-R_n)]$- 反映了从定子与转子的表面之间的间隙的径向区段的面积的影响。

[0054] 于是下一个当前半径 $R_{(i+1)}=R_i+\Delta R_i$

[0055] 在该通路的任意截面的材料流的量为 :

[0056] $Q = 3.14*R_i^2*H_i*n = const$。

[0057] 其中 :

[0058] R- 该转子的当前直径（在入口区域为 R_0 而在出口区域为 R_2）。

[0059] H- 在转子与定子之间的间隙（在入口区域为 H_0 而在出口区域为 H_2）。

[0060] n- 该转子的角速度。

[0061] 材料流连续性(Q=const)可以表示为：

[0062] $H_i*R_i^2 = R_2^2*H_2$。

[0063] 整个轮廓的多个参数是由材料流连续性的条件确定的。因此，如果出口区域中的直径和间隙被指定，那么通过公式限定了在任何任意的截面处的间隙：

[0064] $H_i = R_2^2/R_i^{2*}H_2$。

[0065] 例如：

[0066] 如果 R_0=50mm；Σ a=4*6=24mm；H_0=7.02mm；L=40mm；R_2=500mm；

[0067] ΔH=5mm；H_2=0.2mm；n=30 转 / 分；Δt=1/6n=1/180 秒；

[0068] ΔR_0=0.5773 π 50/180=0.503-0.5mm

[0069] 那么半径的当前增量 $\Delta R_i=R_{(i+1)}-R_i$

[0070] $\Delta R_i = Q_0*[1/(6*n)]*/\{(2\pi Ri-24)[7.02-4/40*(R_i-50)]\} =$

[0071] $\{182700*(1/180)\}/\{(2\pi R_i-24)[7.02-4/40*(R_i-50)]\} = 1015/\{(2\pi Ri-24)[7.02-$

[0072] $4/40*(R_i-50)]\}$

[0073] 流量生产量：

[0074] $Q_0 = [1/(6*n)]*\{(2\pi R_0-\Sigma a)*[H_0-(\Delta H_0/L_0)]\} =$

[0075] $= 0,5/(1/180)*(2\pi 50-24)*[7-(4/40)*(50-50)] = 90*290*7 = 182,7cm^3/sec$

[0076] 并且每小时流量生产量：

[0077] $182,7cm^3/sec*3600/1000 = 657liter/h$。

[0078] 在容积密度 0.4gr/cm^3 批量生产量为 263 公斤每小时。

[0079] 多个刀片的现有高度：

[0080] $H_i = R_2^2/R_i^{2*}H_2 = 500^2/R_i^2*0,2 = 50000/R_i^2mm.$

[0081] 参见图 5，示出了在螺杆送料器 8 与橡胶研磨机器的操作区域之间的转换区域的构造是由转子 2 与定子 4 之间的一个空隙 G 形成的。

[0082] 根据本发明的一个优选的实施方案，该转换区域是由一个定子 4 的多个曲率表面和一个与转子 2 相关联的衬套 40 形成。螺杆送料器 8 包括经由一个平面轴承 42 与衬套 40 相关联的螺丝钻 9，该平面轴承 42 由黄铜或青铜形成。平面轴承 42 可以被固定地安装在螺丝钻 9 或衬套 40 之一上。

[0083] 转换区域的曲率表面的构型优选地由用于沿着该转换区域的任何的任意截面的材料(处理中的橡胶碎屑)的恒定体积的条件来限定。

[0084] 每次旋转在送料器 8 内由螺丝钻 9 移动的材料的体积量可以被限定为：

[0085] $V = F*b, cm^3/min.$。

[0086] 其中，F- 是用厘米表示的送料器 8 的外盖与螺丝钻 9 的轴之间的环的面积；b- 是螺丝的一个节距，厘米；

[0087] 在送料器 8 的外盖与螺丝钻 9 的轴之间的环的面积可以被限定为：

[0088] $F = 3.14(R_0^2-r_0^2), cm^2$。

[0089] 其中，R_{inn}，以厘米表示该送料器 8 的管的内径；R_0- 用厘米表示螺丝钻 9 的轴的半径。

[0090] 于是材料的体积可以被限定为：

[0091] $V = 3.14(R_0^2-r_0^2)*b(cm^3)$。

[0092] 表 1 举例说明了螺杆送料器 8 的尺寸。

[0093] 表 1

[0094]

螺杆送料器				
轴的半径，cm	螺杆的节距，cm	管的内径，cm	轴到管的距离，cm	环的截面面积，cm^2
r_0	a	R_0	$m=R_0-r_0$	$F=3.14(R_0^2-r_0^2)$
5	5.6	6.5	1.5	54.17

[0095] 优选的是，定子 4 的曲率表面之一（另外的内表面 IS）或衬套 40（另外的外表面 OS）可以形成具有恒定半径以便简化该转换面积的计算。在当前实例中，内表面 IS 具有一个恒定半径 S。从内表面 IS 的开始到期望的截面平面的距离是一个线性变量 a。为计算节距 $\Delta a=0.5cm$ 并且截面数量 m=1…13，变量 a=0.5*n。

[0096] 在这种情况下，该转换区域的外表面 OS 的曲率半径可以被限定为：

[0097] $R_{out} = R_{inn}+s-\sqrt{s^2-a^2}$

[0098] 其中，R_{inn} 是该转换区域的内表面的半径。

[0099] 首先，从该送料器的入口处的第一层到该转换区域容积 V_0 可以被限定为：

[0100] $V_0 = 0.5*3.14*(R_0^2-r_0^2)$。

[0101] 其中，R_0 是送料器 8 的管内的内径并且 r_0 是螺丝钻 9 的轴（见上方）的半径。

[0102] 因此由转换区域 F 的外表面和内表面所限定的环的面积可以被限定为：

[0103] $F = 3.14(R^2_{out}-R^2_{inn})$。

[0104] 其中，R_{inn}- 转换区域的内表面的半径。

[0105] 带有厚度为 0.5 厘米的层的容积（由于节距 $\Delta a=0.5$ 厘米）将为：

[0106] $V = 0.5*F = 0.5*3.14(R^2_{out}-R^2_{inn})$。

[0107] 因此，转换区域的内表面的半径 R_{inn} 可以被限定为

[0108] $$R_{inn}=\sqrt{(R^2_{out}-R^2_0+r^2_0)}=\sqrt{[(R_0+s-\sqrt{(s^2-a_i^2)})^2-R^2_0+r^2_0]}$$。

[0109] 表 2 举例说明了用于转换区域的任意截面的外表面的半径、内表面的半径以及它们之间的距离为以下值 $R_0=6.5cm$；$r_0=5cm$；$s=6.5cm$。

[0110] 表 2

[0111]

定子的内部曲率半径	从定子的内部弯曲开始到任意截面的距离	转换区域的外表面的当前半径	转换区域的内表面的当前半径	在转换区域的外部曲线与内部曲线之间垂直于该轴线的距离
S	a_i	$R_{out}=2*s-$	$R_{inn}=\sqrt{R^2_{out}-R^2_0}$	c_i
6.5	**0.0**	6.50	**5.00**	1.50
6.5	**0.5**	6.52	**5.02**	1.49
6.5	**1.0**	6.58	**5.10**	1.48
6.5	**1.5**	6.68	**5.23**	1.45
6.5	**2.0**	6.82	**5.40**	1.41
6.5	**2.5**	7.00	**5.63**	1.37
6.5	**3.0**	7.23	**5.92**	1.31
6.5	**3.5**	7.52	**6.27**	1.25
6.5	**4.0**	7.88	**6.69**	1.18
6.5	**4.5**	8.31	**7.20**	1.11
6.5	**5.0**	8.85	**7.81**	1.04
6.5	**5.5**	9.54	**8.58**	0.95
6.5	**6.0**	10.50	**9.64**	0.86
6.5	**6.5**	13.00	**12.32**	0.68
6.5	**6.7**		**13.00**	

[0112] 本领域的普通技术人员将容易地认识到，不同的修改和变化可以应用到如在上文中所描述的本发明的这些实施方案而不背离附加权利要求中所限定的其范围并且不与其相背离。

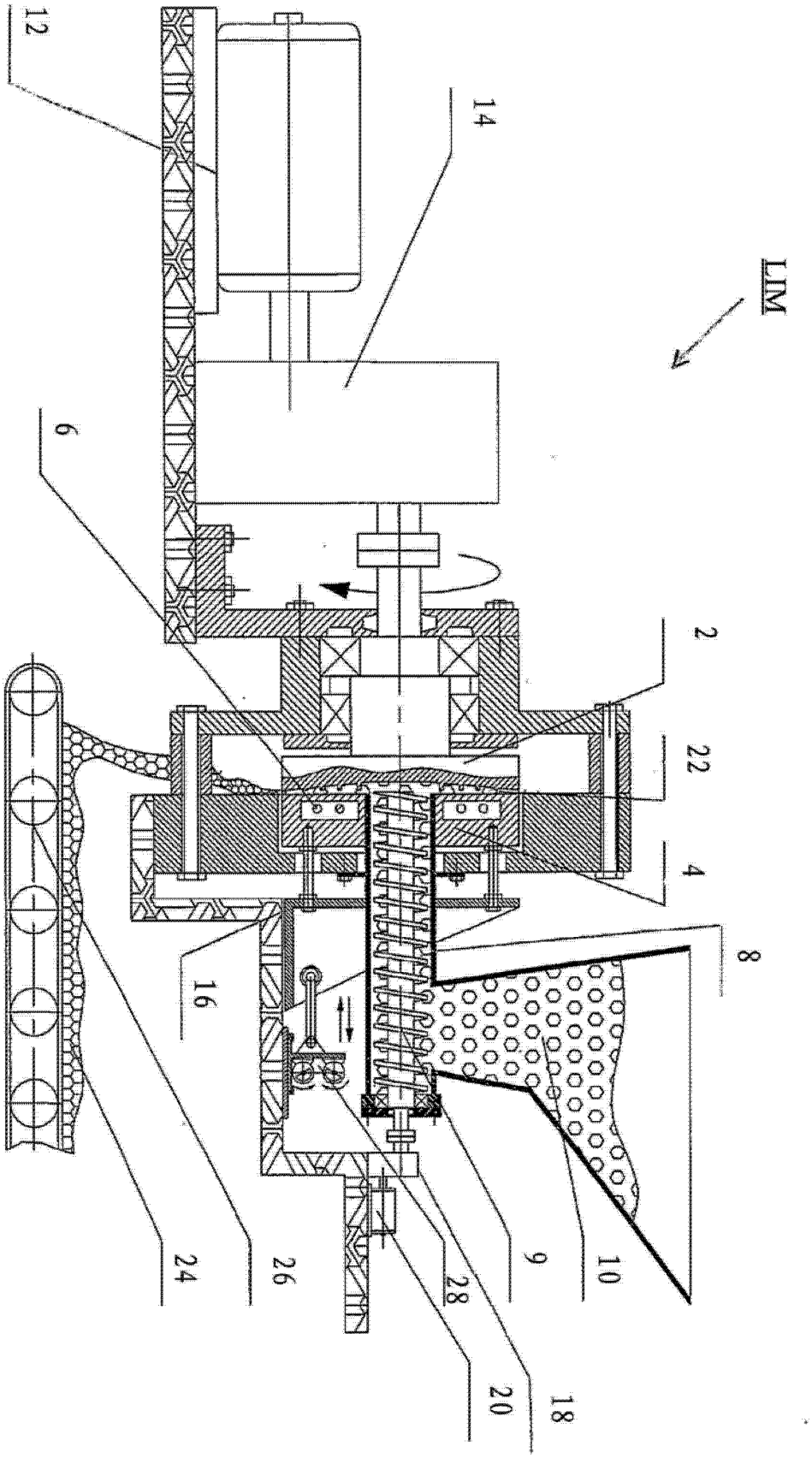


图 1

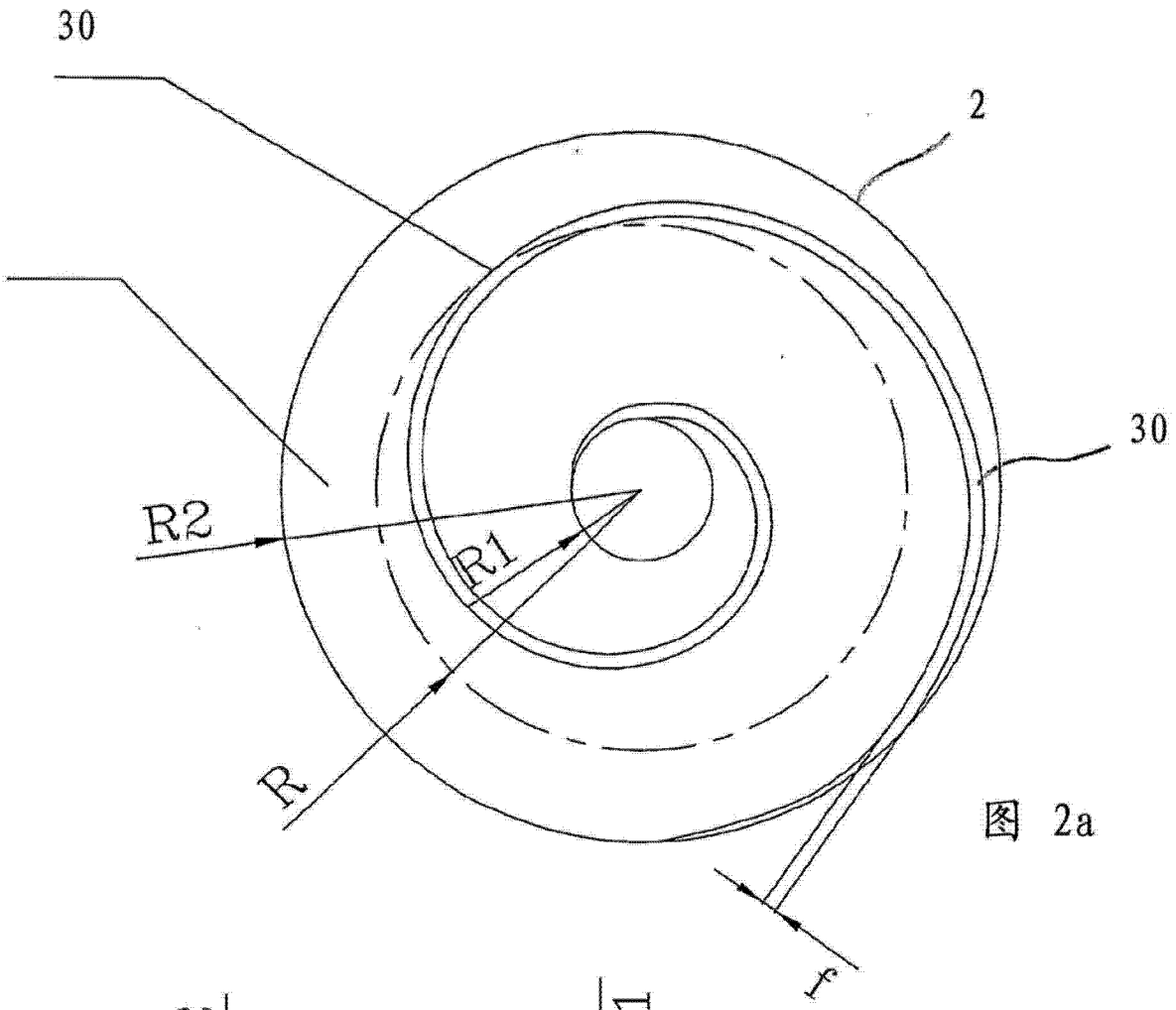


图 2a

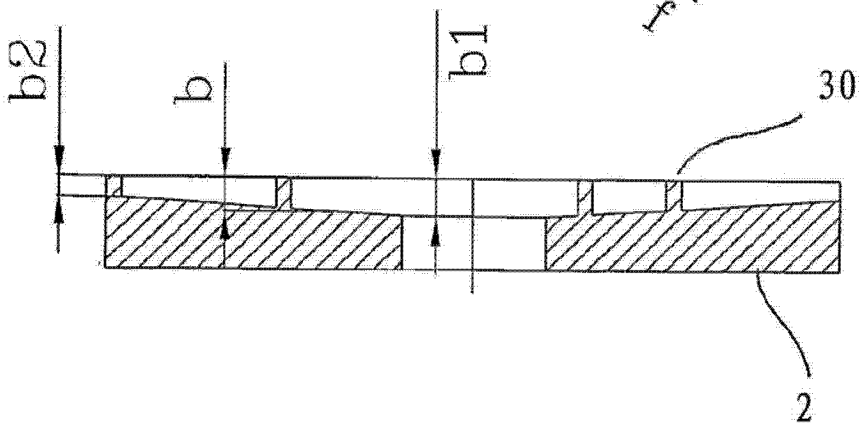


图 2b

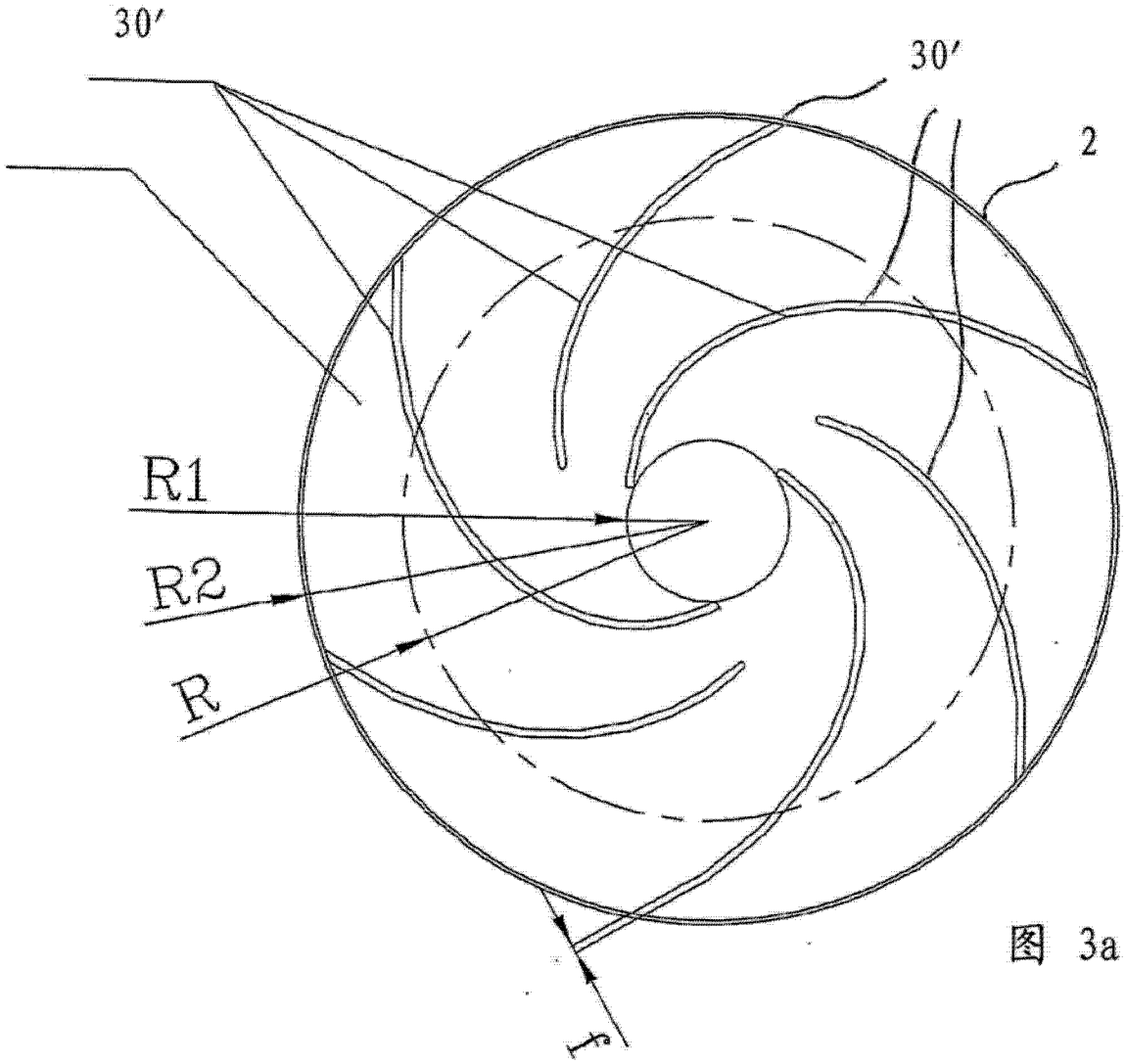


图 3a

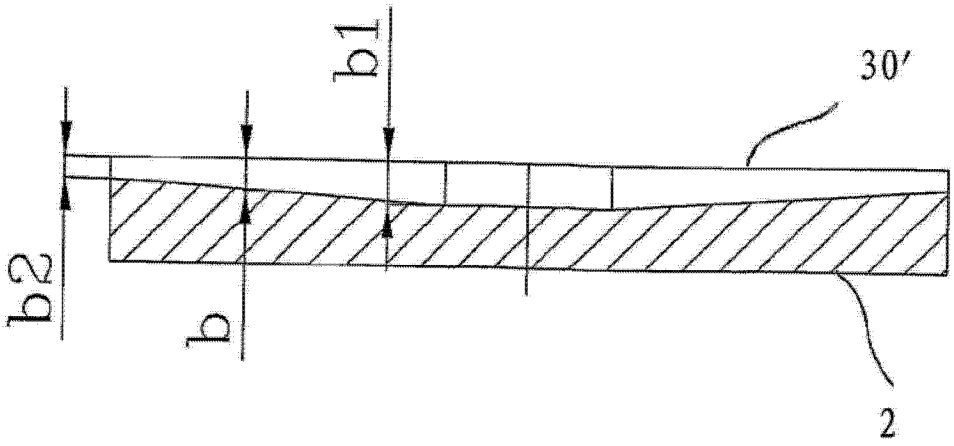


图 3b

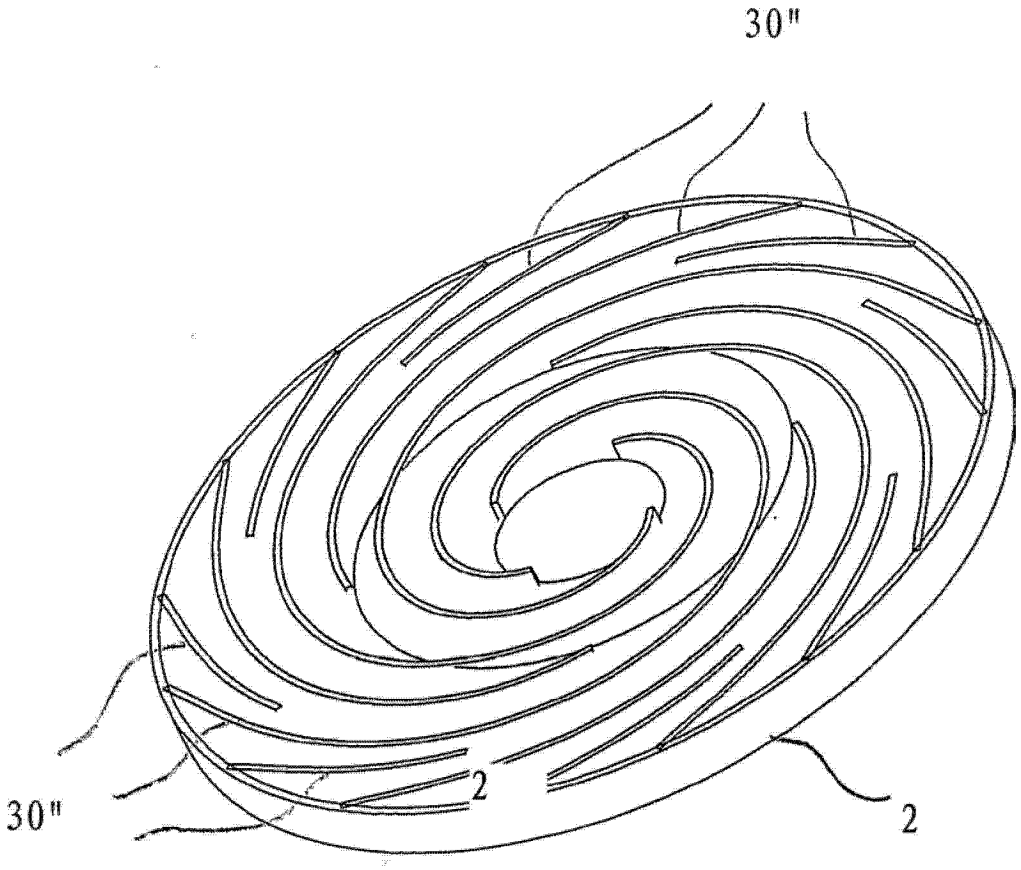


图 4

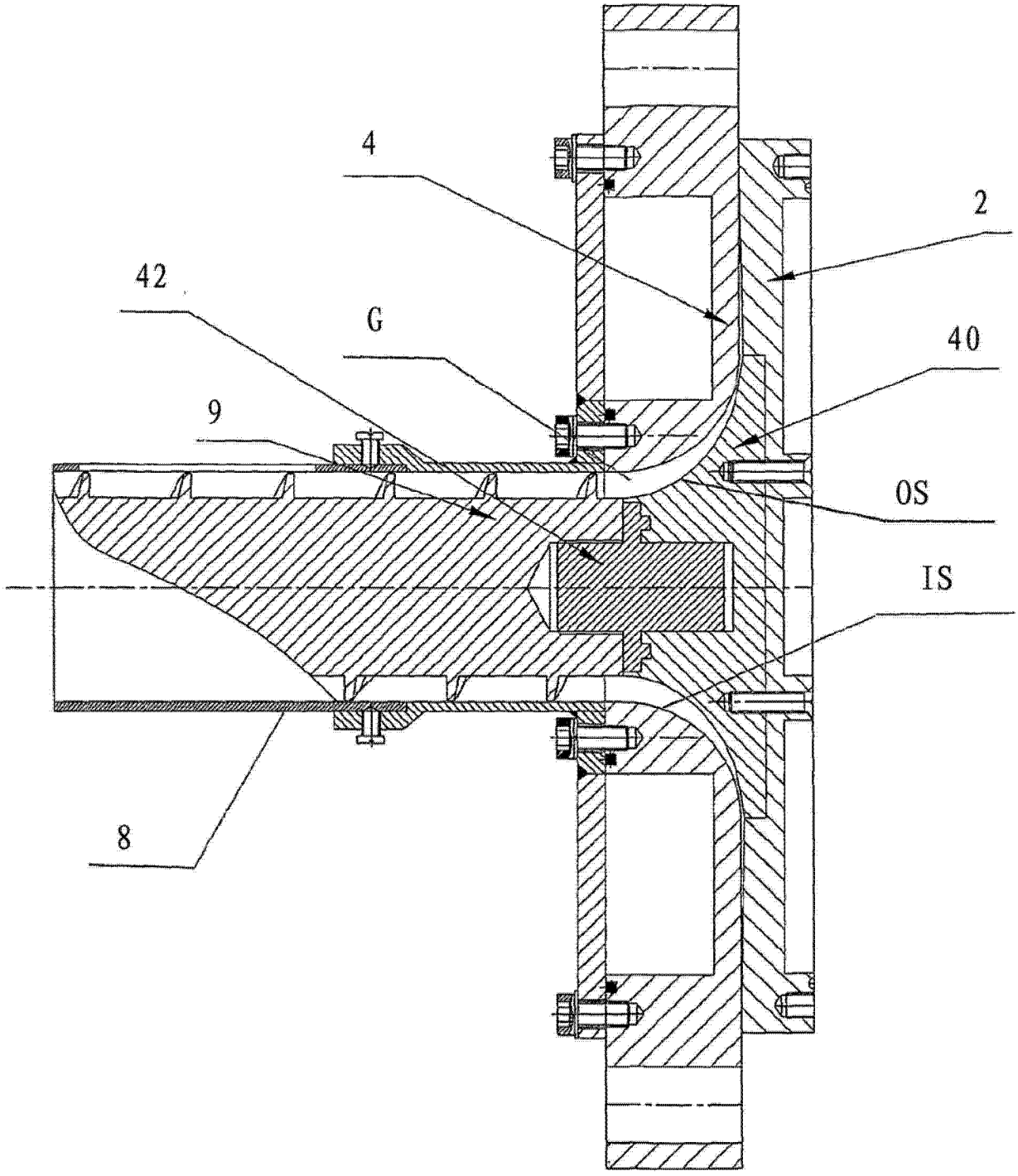


图 5