



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0622027-4 B1

(22) Data do Depósito: 28/09/2006

(45) Data de Concessão: 14/03/2017



(54) Título: GERADOR DE VÓRTICE

(51) Int.Cl.: C02F 1/00; B04C 3/00; B05B 1/34; F15C 1/16; F15D 1/00

(73) Titular(es): WATRECO IP AB

(72) Inventor(es): MORTEN OVESEN; CURT HALLBERG

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**GERADOR DE VÓRTICE**".

Campo da Invenção

[001] A invenção refere-se a um gerador de vórtice, projetado para colocar um meio em um movimento de vórtice controlado. O gerador de vórtice tem uma seção de entrada para direcionar o meio para o gerador de vórtice e esta seção de entrada compreende uma cavidade simétrica rotacional com uma geometria curva e o gerador de vórtice compreende, adicionalmente, fixada à seção de entrada, uma câmara de vórtice dentro da qual o movimento de vórtice deve ser estabelecido. A invenção também se refere a um método de purificação de água.

Antecedentes Técnicos

[002] A tecnologia já estabelecida de usar geradores de vórtice com a finalidade de colocar um meio em um movimento de vórtice, é obtida por uma série de maneiras diferentes. A mais comum é aquela em que o meio é forçado ao movimento dentro da câmara de vórtice pelo uso de trilhos guias, que exercem pressão. O problema com esta abordagem é que assim que o trilho guia chega ao fim, a pressão também desaparece. Um outro método estabelecido é soprar o meio para dentro da câmara de vórtice tangencialmente como uma massa homogênea com alta pressão e alto fluxo. Este método gera uma rotação do meio que é similar à rotação de um corpo sólido e, finalmente, leva à turbulência. Ainda um outro método é usar um tipo de disco que gira a uma alta velocidade e, assim, puxa o meio com ele. Isso resulta em alta pressão na periferia, o que faz com que o vórtice estruturado rapidamente se desfaça em turbulência.

[003] Assim, em certos casos aparecem dificuldades em certos casos onde é importante manter o meio fluindo em um movimento de vórtice controlado. Quando importa em hidro-ciclones, por exemplo, e câmaras de combustão em motores a jato, era usada a técnica de so-

prar o meio para dentro da câmara tangencialmente como uma massa homogênea, mas um dos problemas com este método é que, neste caso, o fluxo é interrompido, resultando em turbulência. Em um hidro-ciclone, isso interfere com o efeito de separação centrífuga e faz com que as partículas sejam puxadas para dentro do fluxo. Nos motores a jato, isso faz com que a mistura de combustível e ar seja de qualidade inferior, o que resulta em uma redução de eficácia. Isso também acarreta em o processo requerer mais energia e uma utilização maior de matéria-prima do que se fosse possível controlar o movimento de vórtice. O uso de trilhos guias para direcionar o fluxo não é eficiente o bastante já que o efeito de guia desaparece assim que o trilho guia chega ao fim. Um outro problema é que quando o meio de fluxo é soprado ou forçado para dentro da câmara de vórtice em um fluxo homogêneo e mais ou menos laminar, o vórtice não forma um padrão de fluxo espiral mas, neste caso, também começa a girar como um corpo sólido para, finalmente, mudar para um fluxo turbulento.

[004] Um exemplo de um gerador de vórtice estabelecido, cuja finalidade é tratar líquidos que podem ser bebidos, é descrito na DE-U-20 218 674.

[005] Um outro gerador de vórtice, chamado Martin Vortex Generator, é comercializado sob o nome comercial de Wirbelwasser® (www.wirbelwasser.de). A água neste gerador de vórtice se move de uma maneira que é similar a um corpo sólido.

Sumário da Invenção

[006] A finalidade da invenção é obter um gerador de vórtice que, em diferentes tipos de situações, represente uma solução melhor para o conjunto de problemas mencionados acima, de tal maneira que o meio fluente seja direcionado para um movimento de vórtice controlado.

[007] Esta finalidade é conseguida usando um gerador de vórtice

do tipo descrito no início deste documento, que recebeu as características definidas na reivindicação 1 da patente. Modalidades preferidas são expostas nas sub-reivindicações 2 a 11. A finalidade também é obtida para um campo específico de aplicação usando um método descrito na reivindicação 12 da patente.

[008] O gerador de vórtice, de acordo com o projeto da invenção, tem uma seção de entrada, que compreende ao menos um canal cônico em formato de espiral para direcionar o meio a partir da cavidade simétrica rotacional até a câmara de vórtice. A câmara de vórtice tem formato de corneta ou de ovo e é projetada de tal maneira que a seção transversal, no sentido do comprimento, do formato de corneta dentro da câmara de vórtice, é dada pela função $f(x) = k \cdot x^y$, onde a seguinte variação dos parâmetros significa a área de definição da seção transversal no sentido do comprimento do formato de corneta da câmara de vórtice:

[009] $8500 \leq k \leq 9000$, $-1, 1 \leq y \leq -1,0$, a função é definida entre o valor inicial x_0 e $x_0 + 250$ unidades de comprimento e onde x_0 varia de acordo com: $70 \leq x_0 \leq 170$ e o formato de ovo dentro da câmara de vórtice é dado pela função $f(x) = k_1 \cdot x^2 + k_2 \cdot y^2 - C$, onde a seguinte variação dos parâmetros significa a área de definição da seção transversal no sentido do comprimento do formato de ovo da câmara de vórtice: $18 \leq C \leq 21$, se $x \leq 0$ então $k_1 \geq 0,003$ e $k_2 \geq 0,005$ e se $x > 0$ então $k_1 \geq 0,002$ e $k_2 \geq 0,005$.

[0010] Através do projeto da invenção, o meio recebe um impulso para se auto-organizar, similar ao vórtice que se forma quando uma banheira é esvaziada e o movimento de vórtice interno é sustentado por um efeito de desaceleração causado pela superfície do recipiente externo. Ao dar um impulso a um meio fluente, é possível criar um vórtice durável e bem construído, sustentado e feito para continuar por mais tempo após ser dado o impulso inicial. O gerador de vórtice, de

acordo com o projeto da invenção, é capaz de gerar um vórtice bem construído a um fluxo e pressão consideravelmente mais baixos do que é possível obter através de tecnologia já estabelecida. Também permite que seja obtida uma mistura eficiente de líquidos e gases, o que leva a diferentes processos que têm custo mais efetivo, já que requerem menos energia e menos utilização de matéria prima. Além do mais, por causa da maneira pela qual o gerador de vórtice é construído, no centro do vórtice é formada pressão reduzida, funcionando como uma bomba de vácuo que pode ser usada, por exemplo, na separação de gases ou partículas.

[0011] De preferência, o meio deve ser líquido ou gasoso.

[0012] De acordo com uma modalidade da invenção, o gerador de vórtice consiste, adicionalmente, em um concentrador de vórtice, que é fixado à seção de entrada e este concentrador de vórtice é posicionado de tal maneira que, em sua superfície externa, ele é circundado por um fluxo do meio que está sendo direcionado a partir do canal cônico em formato de espiral da seção de entrada para dentro da câmara de vórtice. Esta superfície externa do concentrador de vórtice é projetada para desacelerar o fluxo de tal modo que possa se formar uma pressão reduzida perto dela. O concentrador de vórtice aumenta ainda mais a estabilidade do vórtice formado.

[0013] De acordo com uma modalidade, a seção de entrada tem uma borda chanfrada para a fixação do concentrador de vórtice. Isso significa que é fácil fixar o concentrador de vórtice.

[0014] A seção de entrada do gerador de vórtice pode conter um canal central para direcionar um fluxo secundário do meio a partir da cavidade simétrica rotacional da seção de entrada até o interior do concentrador de vórtice. Neste caso, o concentrador de vórtice também tem uma seção de saída para direcionar o fluxo secundário a partir de dentro do concentrador de vórtice até a câmara de vórtice e um

disco de canal posicionado entre o canal central e o interior do concentrador de vórtice e este disco de canal tem pelo menos um canal inclinado para direcionar o fluxo secundário a partir do canal central até o interior do concentrador de vórtice. Usando este desenho, pode ser criado um vórtice dentro do concentrador de vórtice e quando este vórtice secundário deixa o concentrador de vórtice, ele irá acelerar, devido a pressão mais alta que existe dentro do concentrador de vórtice em comparação com aquela na câmara de vórtice e irá se projetar dentro da câmara de vórtice a uma alta velocidade e rotação. Como consequência, o vórtice principal na câmara de vórtice estará adicionalmente concentrado.

[0015] O interior do concentrador de vórtice compreende, de preferência, uma cavidade simétrica rotacional. Ao fazer isso, a formação de vórtices dentro do concentrador de vórtice é reforçada.

[0016] De acordo com uma modalidade da invenção, um bocal com pelo menos um canal de vórtice é posicionado dentro do concentrador de vórtice, a jusante da saída do concentrador de vórtice. Com a ajuda do bocal, o vórtice que se forma dentro do concentrador de vórtice é concentrado.

[0017] A seção de entrada do gerador de vórtice compreende, de preferência, pelo menos uma asa que se salienta para dentro da seção de entrada. Por ter esta adição, o meio que é direcionado para dentro da seção de entrada recebe um impulso, acelerando a formação de um vórtice.

[0018] De preferência, a asa deve estar posicionada a jusante da cavidade simétrica rotacional da seção de entrada. Deste modo, o meio recebe um impulso antes, tal que o movimento de vórtice é iniciado antes de o meio alcançar a cavidade da seção de entrada.

[0019] Em uma de suas superfícies voltada para o interior da câmara de vórtice, a seção de entrada pode ter um recesso arredonda-

do. Este recesso constitui parte da geometria interna da câmara de vórtice e tem o efeito de estabilizar ainda mais o vórtice.

[0020] O gerador de vórtice da invenção é disposto vantajosamente para purificar água, sendo os contaminantes recolhidos no centro do vórtice.

[0021] De acordo com o método de purificação de água, a água contaminada é direcionada para dentro do gerador de vórtice, que é construído de acordo com o desenho da invenção. Os contaminantes são eficientemente coletados no centro do vórtice e podem ser direcionados para longe, enquanto a água purificada pode passar radialmente fora dos contaminantes.

Descrição dos Desenhos

[0022] Nos desenhos, a figura 1 e a figura 2 mostram uma seção transversal de toda a construção com as duas geometrias diferentes da câmara de vórtice e como os diferentes vórtices são formados e estruturados, assim como a seção de entrada, o concentrador de vórtice e o vaso externo são montados em relação um ao outro.

[0023] A figura 3 mostra uma imagem detalhada da seção de entrada a partir de baixo com uma abertura de saída para os canais cônicos e em formato de espiral, assim como o disco de canal, o que faz com que o fluxo secundário, que corre centralmente, gire.

[0024] A figura 4 mostra uma seção transversal da seção de entrada com asas geradoras de impulso, a cavidade simétrica rotacional com geometria curva e os canais para diferentes fluxos secundários.

[0025] A figura 5 mostra a seção de entrada a partir de baixo e como os diferentes fluxos secundários batem tangencialmente na câmara de vórtice.

[0026] A figura 6 mostra novamente uma seção transversal da seção de entrada, mas desta vez, como e onde os diferentes microvórtices são formados dentro da cavidade simétrica rotacional e como eles

subsequentemente são ejetados para dentro dos canais em formato de espiral através das entradas destes canais.

[0027] A figura 7 mostra uma imagem detalhada do concentrador de vórtice, assim como os diferentes vórtices são gerados e formados em torno e dentro do concentrador de vórtice.

Descrição de Modalidades Preferidas

[0028] As características e vantagens mais detalhadas da invenção se tornarão aparentes através da descrição detalhada a seguir. A invenção consiste de um novo tipo de gerador de vórtice, mostrado na Figura 1 e na Figura 2, cuja finalidade é colocar um meio fluente em um movimento de vórtice controlado, com uma câmara de vórtice em formato de corneta 4a ou uma câmara de vórtice em formato de ovo 4b.

[0029] É dada uma rotação inicial ao meio enquanto, simultaneamente, a estrutura mais fina do vórtice já está organizada na própria seção de entrada 1. Ao ser direcionado da maneira descrita abaixo em detalhes, faz-se com que ele gire em torno do eixo geométrico de seu próprio fluxo 111 em um movimento múltiplo. O movimento continuado do vórtice é mantido por um efeito de desaceleração a partir da parede externa da câmara de vórtice 4 (a e b).

[0030] Pode-se dizer que o meio fluente é submetido a um processo que começa com ele recebendo um impulso para se auto-organizar. O meio que flui através da abertura na seção de entrada 1 é colocado em uma rotação inicial pelas asas 103, que em seu lado de pressão forçam o meio a iniciar a rotação. Devido à pressão relativamente baixa no lado com pressão reduzida das asas, uma parte do meio é sugada para dentro de minúsculos microvórtices, que constituem a estrutura mais fina do vórtice. Estes micro-vórtices se unem parcialmente a si mesmos em "feixes" de fios de vórtice, que constituem o núcleo dos vórtices maiores que são formados nos canais 102 (a e b).

[0031] Quando o meio de rotação com feixes de fios de vórtices 109 flui para dentro da cavidade simétrica rotacional 101, o meio é forçado na direção da periferia da geometria curva 108. O meio de rotação é nivelado contra o lado externo curvo da cavidade 101 e, subsequentemente, espirala conforme a curva vira novamente para cima, onde um toro de rotação com feixes de fios de vórtice é formado dentro da cavidade simétrica rotacional. Devido ao fato de o meio ser empurrado para dentro da seção de entrada 1 com uma certa quantidade de excesso de pressão, a parte externa do toro é forçada para dentro de uma série de canais 102 (a e b), cuja entrada 102a está situada no lado da cavidade simétrica rotacional. Estes canais 102 (a e b) são cônicos e têm formato de espiral e levam tangencialmente à câmara de vórtice 4 (a e b). O formato cônico dos canais 102 (a e b) resulta em a área superficial da seção de saída dos canais 102 b ser menor do que sua seção de entrada 102 a. O meio em rotação que é forçado para dentro dos canais forma um vórtice maior que é parcialmente organizado pela geometria em formato de rim e parcialmente pelos microvórtices que constituem o núcleo deste vórtice. A geometria em formato de rim dos canais 102 (a e b) mantém o vórtice dentro e facilita sua concentração. Devido ao fato de os canais terem formato cônico, os vórtices são feitos para girarem com uma velocidade crescente na medida em que o raio reduz de tamanho. Devido ao fato de os canais terem formato de espiral e o eixo geométrico de seu fluxo 111 ser posicionado tangencialmente, o meio é empurrado para dentro da câmara de vórtice 4 (a e b) nesta direção 110.

[0032] Os diferentes fluxos secundários são empurrados para dentro da câmara de vórtice (a e b), que é constituída do interior do vaso externo 3, do exterior do concentrador de vórtice 2 e da parte do fundo da seção de entrada 1, que não é coberta pelo concentrador de vórtice 2. O meio que emana dos canais em forma de espiral 102 (a e b) da

seção de entrada está fluindo tangencialmente na direção 110 e começa a girar exatamente abaixo da fixação 105, conformada de modo flexível, da seção de entrada, até a câmara de vórtice. Então, o meio é forçado a fluir descendente e, naquele ponto, girará em torno do concentrador de vórtice 2. O meio será afetado pelo efeito Coanda conforme ele gira em torno da superfície externa do concentrador de vórtice 2. O resultado disso é que o meio será atraído para a superfície pela superfície que age como um tipo de freio, o que cria pressão reduzida bem próximo à superfície e conforma o vórtice em um movimento tridimensional descendente na direção da ponta do concentrador de vórtice.

[0033] Da mesma maneira, é criada pressão reduzida perto da superfície externa da câmara de vórtice 4 (a e b), mas como o vórtice, desde o começo, tem mais movimento em torno do concentrador de vórtice 2, esta pressão reduzida não afeta o vórtice principal 5 tão fortemente. Isso resulta em o vórtice ser estruturado em torno do concentrador de vórtice e na pressão reduzida, que se forma conforme o meio é arrastado em torno do concentrador de vórtice, sugando o meio a partir da periferia na direção da superfície do concentrador de vórtice.

[0034] Um fluxo secundário do meio corre para dentro do concentrador de vórtice 2 através do canal reto 104 e é empurrado para dentro do concentrador de vórtice através de um bocal que consiste de um disco de canal 106 com canais inclinados que direcionam o fluxo secundário ascendente em fluxos ainda menores que, por sua vez, são empurrados tangencialmente para dentro no interior do concentrador de vórtice 2. O interior é conformado da mesma maneira que o exterior e, assim, cria uma cavidade simétrica rotacional 201. Conforme os fluxos do meio são empurrados contra as laterais, eles começam a girar e é formado um vórtice. Conforme o vórtice alcança a ponta do interior do concentrador de vórtice, ele é capaz de se mover para fora,

na direção do interior da câmara de vórtice 4a ou 4b através de uma abertura de saída 202. Devido ao fato de a pressão ser mais alta no interior da cavidade simétrica rotacional do que na câmara de vórtice, o vórtice acelerará no concentrador de vórtice e será lançado pela ponta a uma alta velocidade e rotação.

[0035] O vórtice emitido pela ponta do concentrador de vórtice 2 consiste em um ou mais vórtices secundários que são torcidos juntos como os fios em uma corda, conforme eles se encontram dentro da abertura de saída 202. Os vórtices secundários se formam dentro de um bocal 203 no interior do concentrador de vórtice. Dentro do bocal, existe pelo menos um canal de vórtice 204 que captura e conforma os vórtices secundários. O bocal tem formato cônico no ponto onde os canais se abrem para o vórtice circundante. O meio no vórtice é empurrado para dentro dos canais e cria pequenos vórtices aqui, que são forçados contra a abertura de saída pela pressão. Conforme os diferentes vórtices secundários se encontram na abertura de saída, eles são entrelaçados em um vórtice coesivo. Esta parte do vórtice, através de sua rotação mais alta e fluxo central, criará uma pressão reduzida, que concentrará ainda mais o vórtice principal.

[0036] O vórtice central 6, que sai da ponta do concentrador de vórtice 2, constitui o núcleo no centro do vórtice principal 6, que é formado conforme os fluxos secundários são agrupados em torno do concentrador de vórtice 2.

[0037] O interior da câmara de vórtice 4 (a e b) terá um tipo de efeito de desaceleração sobre a periferia do meio, o que reduz a velocidade do fluxo periférico. Este vaso externo está em contato com o meio e tem uma superfície que proporciona uma camada estacionária que forma a base deste efeito de desaceleração mencionado acima. Isso resulta na geração de uma visualização em formato de espiral do fluxo e que o movimento continuado do vórtice seja mantido. A seção

transversal, no sentido do comprimento, do interior da câmara de vórtice 4 (a ou b) pode ser descrita como tendo formato de corneta ou, alternativamente, formato de ovo, o que também constitui uma geometria adequada para controlar a aceleração do vórtice.

[0038] A seção transversal no sentido do comprimento do interior da câmara de vórtice 401 em formato de corneta 4a é dada pela função $f(x) = k \cdot x^y$, onde a seguinte variação dos parâmetros significa a área de definição da seção transversal no sentido do comprimento em formato de corneta da câmara de vórtice:

[0039] $8500 \leq k \leq 9000$, $-1,1 \leq y \leq -1,0$, a função é definida entre o valor inicial x_0 e $x_0 + 250$ unidades de comprimento e onde x_0 varia de acordo com: $70 \leq x_0 \leq 170$ e a geometria em formato de ovo 402 da câmara de vórtice 4b, definida pela função $f(x) = k_1 \cdot x^2 + k_2 \cdot y^2 - C$, pode ser apropriada para direcionar a aceleração do vórtice em certas aplicações onde a seguinte variação dos parâmetros significa a área de definição da seção transversal no sentido do comprimento do formato de ovo da câmara de vórtice: $18 \leq C \leq 21$, se $x \leq 0$ então $k_1 \geq 0,003$ e $k_2 \geq 0,005$ e se $x > 0$ então $k_1 \geq 0,002$ e $k_2 \geq 0,005$.

[0040] Como o raio diminui na direção a partir da seção de entrada 1 até a saída 410, de acordo com a dada função do formato de ovo ou formato de corneta, a frequência angular do vórtice aumentará de acordo com a dada geometria, já que o momento é preservado. O efeito de desaceleração pela periferia da câmara de vórtice ainda estará ativo, com o resultado que o perfil de fluxo em formato de espiral será torcido ainda mais. Ao conformar a geometria de diferentes maneiras, é possível controlar a aceleração da frequência angular do vórtice, tal que o valor original da velocidade periférica seja mantido.

[0041] O efeito da geometria da câmara do vórtice 4a ou 4b e do efeito de desaceleração na periferia tem o resultado de que o vórtice aumentará sua frequência rotacional para dentro na direção do centro

do vórtice, o que, por sua vez, resulta no perfil de fluxo no sentido do comprimento ir de uma rotação no plano para um perfil de fluxo com uma rotação para fora ao longo do eixo geométrico central. A pressão dentro da câmara de vórtice é mais alta do que no exterior, que é a razão pela qual o meio é afetado pela pressão de tal maneira que a parte central, que não é submetida ao mesmo efeito de desaceleração que a superfície interna, alcança uma velocidade axial mais alta. O vórtice é transformado de uma rotação em formato de hélice com pouco aumento, para uma rotação com uma direção mais axial e com um fluxo axial a uma alta velocidade.

[0042] A diferença entre a geometria em formato de corneta e a geometria em formato de ovo é que com a geometria em formato de corneta, consegue-se uma velocidade axial mais alta. Isso tem como resultado a geometria em formato de ovo ser mais adequada para aplicações de bocal onde, por exemplo, o meio deve ser aspergido com uma imagem de dispersão adequada. A geometria em formato de corneta é adequada para aplicações onde uma alta velocidade inicial do meio fluente é necessária, por exemplo, em câmaras de combustão em motores a jato ou em aplicações de jato de água.

[0043] Ao dar um impulso em um meio fluente na câmara que é descrita acima, pode ser criado e mantido um vórtice durável e bem estruturado, que continuará por uma distância maior além do próprio fornecedor de impulso. Além do mais, o vórtice é formado a uma pressão e fluxo consideravelmente mais baixos e com o mesmo volume da câmara de vórtice, em comparação com a tecnologia comparável já estabelecida. Uma vantagem de usar esta invenção é que é possível trabalhar com pressões tão baixas como um pouco acima de 0 bar, em comparação com tecnologia já estabelecida, por exemplo, hidrociclones, que começam a mostrar os efeitos apenas a pressões consideravelmente mais altas.

[0044] O meio que é direcionado para dentro do gerador de vórtice pode ser gasoso ou líquido, mas também pode ser uma mistura de líquido e de gás.

[0045] O gerador de vórtice, de acordo com o projeto da invenção, pode ser usado em diversos campos. Ele é particularmente bem adaptado para purificação de água, tanto quando ela vem de purificação de esgoto quanto da produção de água potável. Com o uso do gerador de vórtice, as partículas podem ser removidas eficientemente da água. As partículas são coletadas no centro do vórtice e podem ser drenadas. A água purificada pode passar radialmente fora das impurezas. Os experimentos também mostraram que solutos, íons de ferro, por exemplo, podem ser removidos da água.

[0046] Como é criada pressão reduzida no centro do vórtice, o gerador de vórtice pode ser usado na separação, por exemplo, de gases ou partículas. Esta propriedade pode ser usada, por exemplo, na manutenção de gelo em riques de patinação. A água que deve ser despejada no gelo é desgaseificada de bolhas de ar através de pressão reduzida, mudando as propriedades de fluxo da água, o que significa que a água pode ser usada a uma temperatura mais baixa. Apesar de sua temperatura mais baixa, a água flui facilmente para dentro de poros e trincas no gelo. Por sua vez, isso resulta no gelo congelar mais rápida e uniformemente, o que significa que a máquina de gelo fica em uso por um período de tempo mais curto. Isso economiza energia e reduz os custos de manutenção. Este efeito de degaseificação também pode ser usado na fabricação de neve usando canhões de neve, assim como na fabricação de gelo industrial.

[0047] Além do mais, a pressão reduzida no centro do vórtice também pode ser usada para puxar gases para dentro de um fluido. Caso se permita que o ar seja sugado para dentro da água e que a unidade seja usada em uma lagoa, ocorre uma forte aeração da água, o que é

benéfico para os peixes, mas também as bactérias que quebram os nutrientes na água. Deste modo, é possível controlar o crescimento de algas. A água da lagoa pode ser purificada e pode ser adicionado oxigênio antes de a água ser retornada para a lagoa. Deste modo, o equilíbrio ecológico da lagoa pode ser mantido.

[0048] A pressão reduzida no centro do vórtice também pode ser usada em um modo mais geral para misturar substâncias. Pode-se, por exemplo, adicionar e misturar pó com um líquido, um gás pode ser adicionado e misturado com um líquido ou um líquido ou gás pode ser adicionado e misturado com um gás.

[0049] Neste contexto, um campo de aplicador é irrigação, onde, por exemplo, os fertilizantes podem ser misturados com água antes que ela seja usada. Como na fabricação de gelo, as propriedades de fluxo da água também podem ser afetadas, tal que a água se torna mais adequada para irrigação de solo hidrofóbico. O efeito de desgasificação também pode ser usado na fabricação de concreto, já que a água tratada penetra mais no concreto, dando assim maior durabilidade ao concreto acabado.

[0050] O gerador de vórtice também pode ser usado para exterminar bactérias e outros micro-organismos. A pressão reduzida no centro do vórtice tem um efeito bactericida, já que as bactérias e outros micro-organismos são submetidos primeiro à pressão e então à pressão reduzida. As bactérias não conseguem suportar esta diferença na pressão e, como consequência, morrem.

[0051] Um outro efeito bactericida é utilizar a pressão reduzida no centro do vórtice para sugar ozônio para dentro do gerador de vórtice a partir de um gerador de ozônio. Neste caso, o ozônio é distribuído de maneira muito eficiente na água, que é a razão pela qual ocorre a extinção rápida de bactérias.

[0052] A extinção de micro-organismos é útil no tratamento

de água de lastro em navios, por exemplo. Os micro-organismos vivem e se multiplicam na água de lastro e existe o risco de que estes micro-organismos se espalhem quando o navio é esvaziado da água de lastro em águas diferentes daquelas onde o navio foi cheio. Logo, é desejável matar os micro-organismos antes de a água ser drenada.

[0053] O gerador de vórtice também pode ser usado para reduzir a camada de óxido de cálcio em tubulações de água, por exemplo. A água que passou através do gerador de vórtice contém uma quantidade menor de calcita e uma quantidade maior de aragonita. A aragonita tem uma tendência menor a formar camada de calcita do que a calcita.

REIVINDICAÇÕES

1. Gerador de vórtice compreendendo:

uma seção de entrada (1) que define pelo menos um canal cônico em formato de espiral (102a,102b) no qual é gerado um vórtice de fluido (5) de modo que a estrutura fina do fluido no canal cônico (102a,102b) está girando em torno do eixo da direção do fluxo do fluido; e

uma câmara de vórtice (4a,4b) em comunicação fluida com a seção de entrada de modo a formar o vórtice principal (5) na câmara de vórtice (4a,4b),

caracterizado pelo fato de que a seção transversal interna longitudinal da câmara de vórtice está no formato de corneta (4a) de modo a manter o movimento múltiplo continuado do vórtice (5), a forma de corneta ou a forma de ovo da câmara de vórtice (4a,4b) definindo uma saída de fluido na extremidade da câmara de vórtice (410); e

em que a seção transversal interna da câmara de vórtice (4a) em formato de corneta é dada pela função $f(x) = k \cdot x^y$, x estando ao longo do comprimento e y sendo maior do que ou igual a -1,1 e menor do que ou igual a -1,0 e k sendo uma constante maior do que ou igual a 8500 e menor do que ou igual a 9000.

2. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende uma fixação (105) que acopla a seção de entrada à câmara de vórtice.

3. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a seção de entrada compreende uma cavidade simétrica rotacional (101) com geometria curva (108).

4. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado pelo fato de que** o fluido define um toro rotativo na cavidade simétrica rotacional (101).

5. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1, **ca-**

racterizado pelo fato de que o canal tem formato de rim na seção transversal.

6. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a função é definida entre o valor inicial x_0 e x_0+250 unidades de comprimento, e em que x_0 é maior ou igual a 70 e menor ou igual a 170.

7. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende um concentrador de vórtice (2) acoplado à seção de entrada.

8. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo fato de que** a seção de entrada (1) compreende um canal central (104).

9. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende um disco de canal (106) posicionado entre o canal central (104) e o interior do concentrador de vórtice, sendo que o disco de canal (106) tem pelo menos um canal inclinado para a direção do fluido a partir do canal central (104) até o interior do concentrador de vórtice.

10. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o interior da câmara de vórtice desacelera um fluido na câmara de vórtice, definindo assim uma superfície externa de um vórtice (5) na câmara de vórtice.

11. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que**, na saída, o fluido (5) tem um perfil de fluxo em formato de espiral torcida.

12. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o gerador de vórtice opera a uma pressão que é inferior a uma pressão à qual um hidrociclone começa a mostrar efeito.

13. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de que partículas no fluido são coletadas em um centro de um vórtice (5) do fluido na câmara de vórtice, onde as partículas são drenadas.

14. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o fluido forma um jato na saída.

15. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende um vaso externo (3) que circunda lateralmente a câmara de vórtice.

16. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** um diâmetro da câmara de vórtice adjacente à seção de entrada é maior do que adjacente à saída.

17. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a seção de entrada (1) compreende um canal central (104).

18. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende um disco de canal (106) posicionado entre o canal central (104) e o interior da câmara de vórtice, sendo que o disco de canal (106) tem pelo menos um canal inclinado para a direção do fluido a partir do canal central (104) até o interior da câmara de vórtice.

19. Gerador de vórtice compreendendo:

uma seção de entrada (1) que define pelo menos um canal cônico em formato de espiral (102a,102b) no qual é gerado um vórtice de fluido (5) de modo que a estrutura fina do fluido no canal cônico (102a,102b) está girando em torno do eixo da direção do fluxo do fluido; e

uma câmara de vórtice (4a,4b) em comunicação fluida com a seção de entrada de modo a formar o vórtice principal (5) na câmara de vórtice (4a,4b),

caracterizado pelo fato de que a seção transversal interna

longitudinal da câmara de vórtice está no formato de ovo (4b) de modo a manter o movimento múltiplo continuado do vórtice (5), a forma de corneta ou a forma de ovo da câmara de vórtice (4a,4b) definindo uma saída de fluido na extremidade da câmara de vórtice (410); e

em que a seção transversal interna da câmara de vórtice (4a) em formato de ovo é dada pela função $f(x) = k_1 * x^2 + k_2 * y^2 - C$, x estando ao longo do comprimento, y sendo perpendicular ao comprimento e C , k_1 e k_2 sendo constantes em que C é maior do que ou igual a 18 e menor do que ou igual a 21 e se x for menor do que ou igual a zero, então k_1 é maior do que ou igual a 0,003 e k_2 é maior ou igual a 0,005 e se x for maior do que zero, então k_1 é maior ou igual a 0,002 e k_2 é maior ou igual a 0,005.

20. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende uma fixação (105) que acopla a seção de entrada à câmara de vórtice.

21. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado pelo fato de que** a seção de entrada compreende uma cavidade simétrica rotacional (101) com geometria curva (108).

22. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado pelo fato de que** o canal tem formato de rim na seção transversal.

23. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende um concentrador de vórtice (2) acoplado à seção de entrada.

24. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado pelo fato de que** a seção de entrada (1) compreende um canal central (104).

25. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 24, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende um disco de canal (106) posicionado entre o canal central (104) e o interior do concentra-

dor de vórtice, sendo que o disco de canal (106) tem pelo menos um canal inclinado para a direção do fluido a partir do canal central (104) até o interior do concentrador de vórtice.

26. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 24, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende um disco de canal (106) posicionado entre o canal central (104) e o interior da câmara de vórtice, sendo que o disco de canal (106) tem pelo menos um canal inclinado para a direção do fluido a partir do canal central (104) até o interior da câmara de vórtice.

27. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado pelo fato de que** o fluido define um toro rotativo na cavidade simétrica rotacional (101).

28. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado pelo fato de que** o interior da câmara de vórtice desacelera um fluido na câmara de vórtice, definindo assim uma superfície externa de um vórtice (5) na câmara de vórtice.

29. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado pelo fato de que**, na saída, o fluido (5) tem um perfil de fluxo em formato de espiral torcida.

30. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado pelo fato de que** o gerador de vórtice opera a uma pressão que é inferior a uma pressão à qual um hidrociclone começa a mostrar efeito.

31. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado pelo fato de que** partículas no fluido são coletadas em um centro de um vórtice (5) do fluido na câmara de vórtice, onde as partículas são drenadas.

32. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado pelo fato de que** o fluido é aspergido a partir da saída.

33. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19,

caracterizado pelo fato de que ainda compreende um vaso externo (3) que circunda lateralmente a câmara de vórtice.

34. Gerador de vórtice, de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado pelo fato de que** um diâmetro da câmara de vórtice adjacente à seção de entrada é maior do que adjacente à saída.

1/5

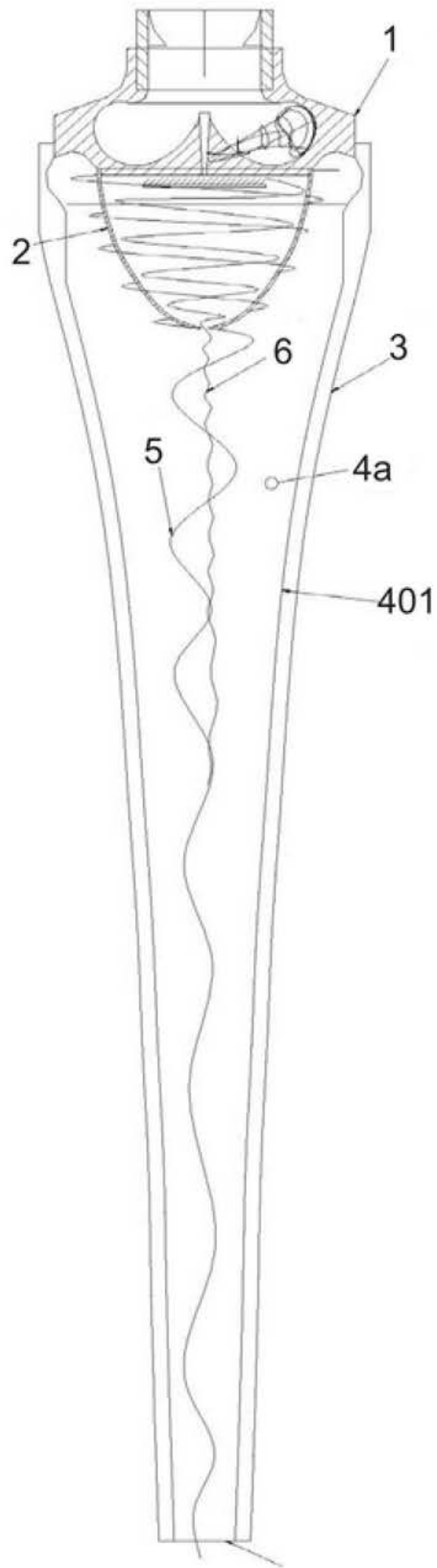


Fig 1

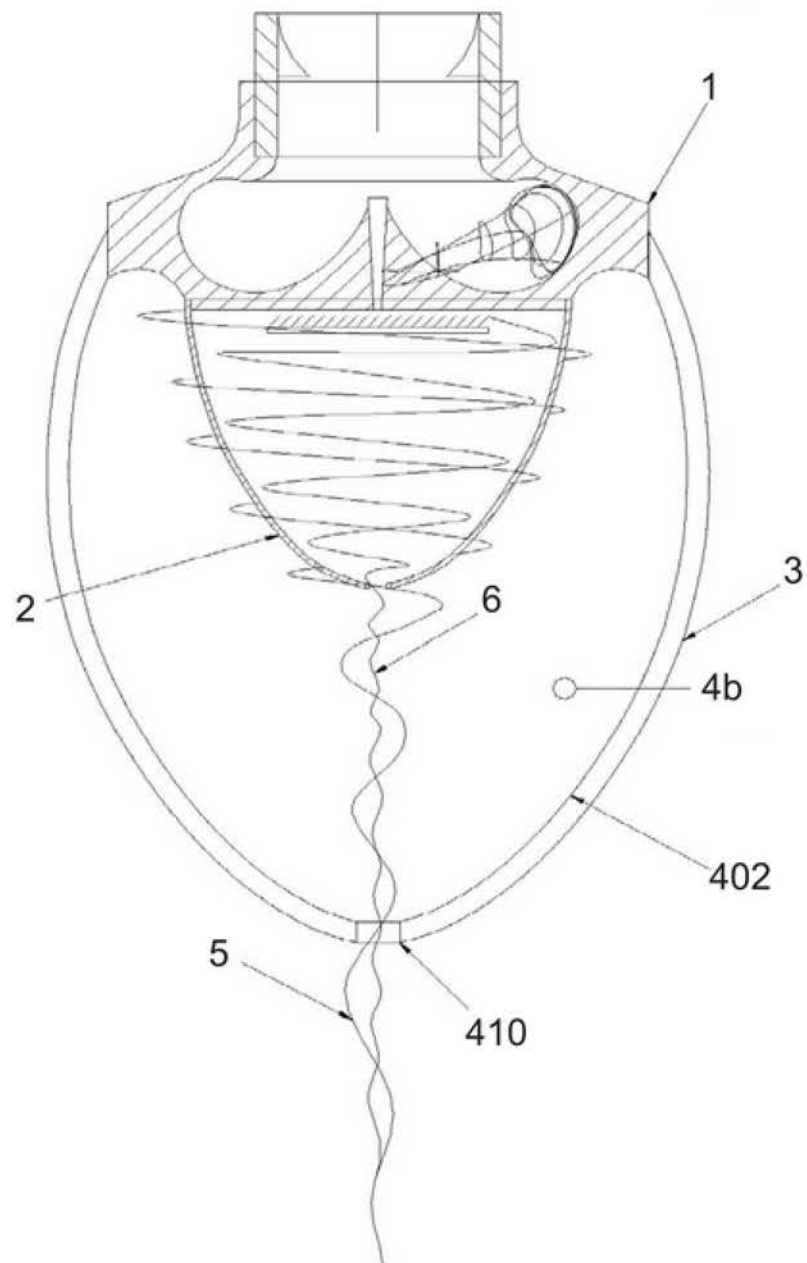


Fig 2

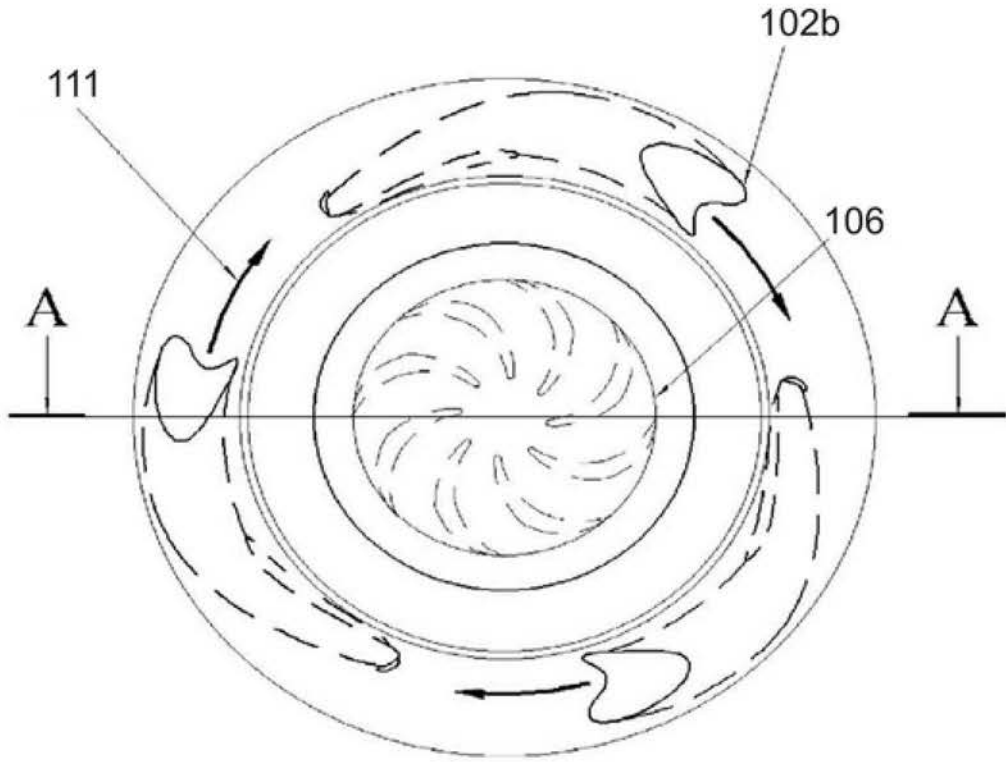


Fig 3

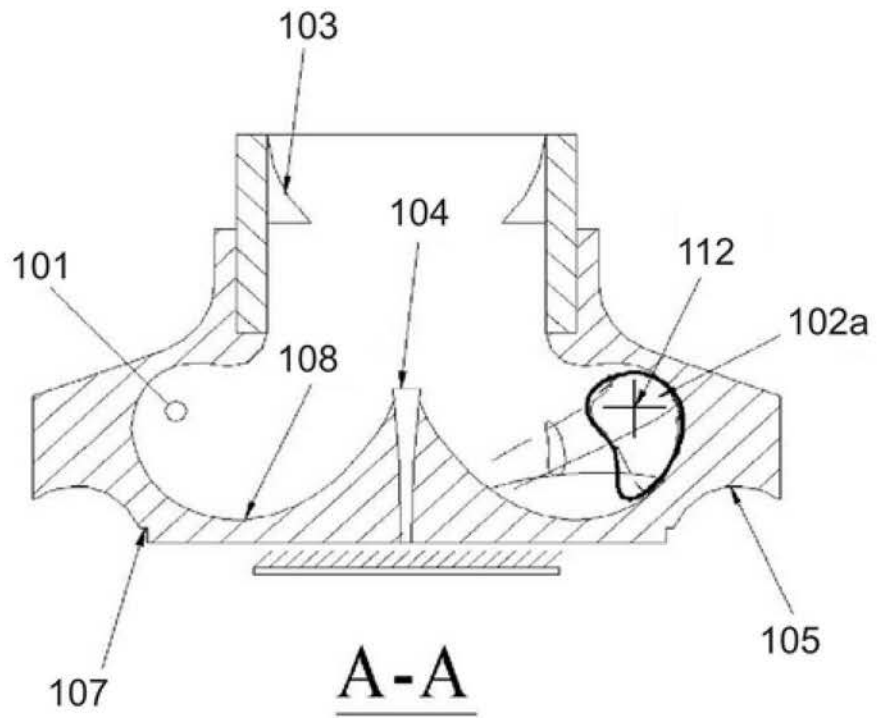


Fig 4

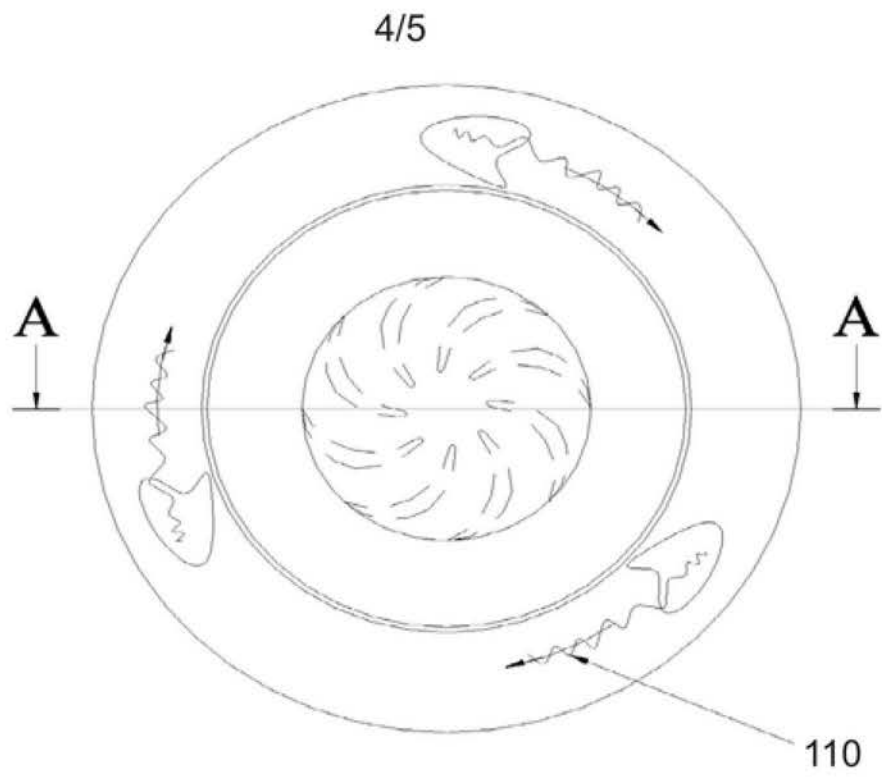
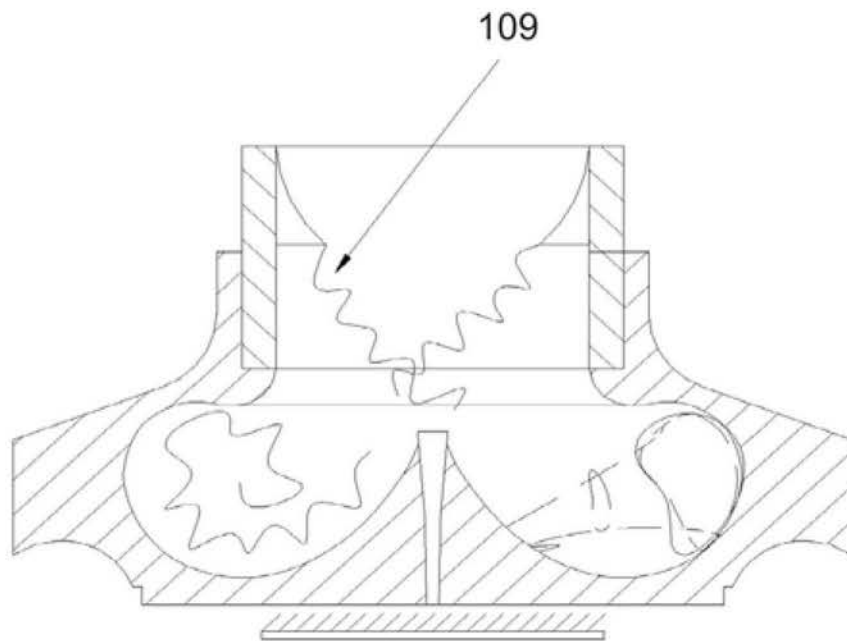


Fig 5



A-A

Fig 6

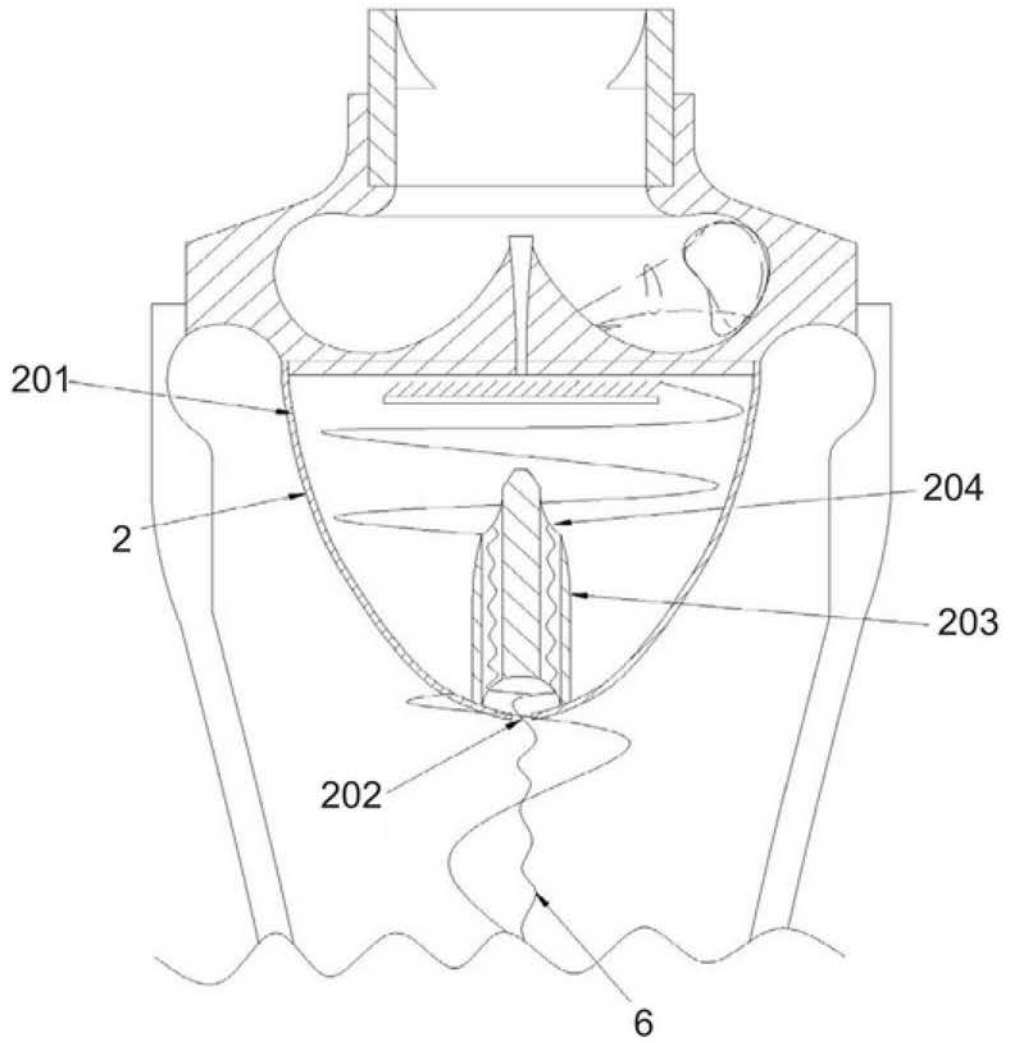


Fig 7