



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

(21) PI 0720517-1 A2



* B R P I 0 7 2 0 5 1 7 A 2 *

(22) Data de Depósito: 18/12/2007
(43) Data da Publicação: 31/12/2013
(RPI 2243)

(51) Int.Cl.:
G01F 1/32

(54) Título: UNIDADE, FLUXÍMETRO E MÉTODO
PARA MEDIR UMA VAZÃO DE FLUIDO

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 22/12/2006 EP 060773157

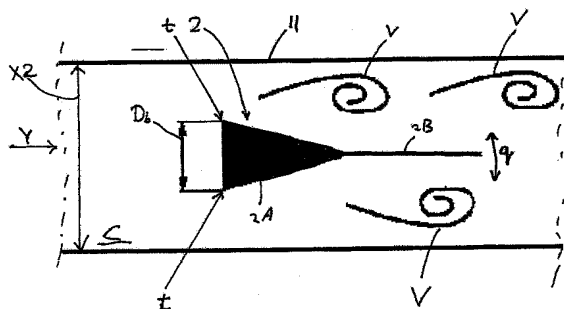
(73) Titular(es): Nederlandse Organisatie Voor Toegepast -
Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO

(72) Inventor(es): Lun Kai Cheng, Marinus Carolus Adrianus
Maria Peters, Wouter Schiferli

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT NL2007050665 de
18/12/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/078996de
03/07/2008



“UNIDADE, FLUXÍMETRO E MÉTODO PARA MEDIR UMA VAZÃO DE FLUIDO”

A invenção refere-se a uma unidade compreendendo um canal de fluido e um fluxímetro, e a um método para medir uma taxa de fluxo de fluido.

Em poços de óleo/gás, água ou vapor é com frequência injetado dentro do campo de óleo/gás para aumentar a produção. Deseja-se prover informações acerca das condições de fluxo nas linhas de injeção de água/vapor disponíveis. Entretanto, há somente uma quantidade limitada de medidores de fluxo disponíveis para aplicações de fundo de poço, que são muito caros, volumosos e complexos; vide, por exemplo, o sistema descrito na Patente US No. 6.691.594 B2.

Além disso, a JP200387451 (Hishida Yasuyuki) descreve um sensor óptico de velocidade de fluxo, em que uma curvatura induzida por fluxo de uma vareta de detecção flexível, dobrando na direção do fluxo, está sendo detectada utilizando-se retículas de Bragg fibrosas. A calibração deste sensor será relativamente difícil devido a sua configuração, uma vez que a dependência entre dobragem e taxa de fluxo não é linear e, além disso, uma retícula de Bragg adicional é necessária para prover compensação de temperatura. Além disso, este sensor não é muito preciso, devido ao tipo de medição (tensão de medição empregando-se a amplitude de um sinal de sensor refletido FBG) e uma vez que a flexibilidade da vareta pode mudar durante o tempo, resultando em um desvio da medição durante o tempo. Além disso, este sensor não é suficientemente adequado para ser usado em aplicações de fundo de poço.

A presente invenção objetiva resolver estes problemas. Particularmente, a presente invenção objetiva prover uma unidade e método em que a taxa de fluxo de fluido possa ser medida precisamente, preferivelmente durante uma faixa relativamente larga, empregando-se meios

relativamente baratos, compactos e duráveis.

Para este objetivo, de acordo com uma forma de realização da invenção, a unidade é caracterizada pelos aspectos de acordo com a reivindicação 1.

5 Vantajosamente, o fluxímetro compreendendo pelo menos um ejetor de vórtice estendendo-se dentro do canal, cada ejetor de vórtice sendo configurado para gerar vórtices de Karman em fluido fluindo através do canal durante operação, em que cada ejetor de vórtice é provido com uma primeira
10 retícula de Bragg fibrosa (FBG) de um sensor de retícula de Bragg fibrosa (FBG), em que a frequência de vórtice de Karman dos vórtices gerados pelo ejetor de vórtice é detectável utilizando-se um sinal de sensor de retícula de Bragg fibrosa (FBG) relativo à primeira retícula de Bragg fibrosa (FBG) daquele ejetor de vórtice. Além disso, por exemplo, pela multiplexação de diversos sensores de fluxo FBG, um sistema sensor utilizando uma única fibra
15 de avanço pode ser provida.

Foi constatado que a presente unidade pode prover resultados de medição de taxa de fluxo altamente precisas, que se reproduzem muito bem. O fluxímetro da presente unidade (particularmente o ejetor de vórtice e a parte da respectiva retícula de Bragg fibrosa) pode também ser compacto e
20 durável, enquanto que o fluxímetro pode também ser provido por meios relativamente baratos.

Uma idéia básica atrás da presente invenção é que a parte de retícula de Bragg fibrosa (FBG) do fluxímetro pode simplesmente ser integrada com a ejetor de vórtice de Karman. O fluxímetro pode ainda
25 precisamente determinar a velocidade de fluxo do fluido deduzindo-se a frequência do vórtice de Karman do sinal de sensor, relativa à respectiva retícula de Bragg fibrosa. A frequência de Karman fornece uma medida muito confiável para a velocidade do fluxo, uma vez que a frequência e a velocidade de fluxo do fluido são geralmente linearmente dependente entre si,

particularmente em certas faixas de taxa de fluido, que são comuns em aplicações de fundo de poço. Além disso, o sinal de sensor FBG pode ser processado utilizando-se meios de processamento relativamente simples para encontrar a frequência de Karman, como detectada por um única e respectiva
5 FBG.

O uso das retículas de Bragg fibrosas em fluxímetros de água, como tal é conhecido pela publicação “A water flowmeter using dual fiber Bragg grating sensors e cross-correlation technique”, Shoichi Takashima et al. Sensors and Actuators A 116 2004 pp. 66 (Elsevier). Entretanto esta
10 publicação afasta-se da presente invenção ao ensinar a aplicação de pelo menos dos sensores FBG em cantiléver, localizados a jusante de um corpo não perfilado, em que os respectivos sinais de sensor são requeridos serem correlacionados cruzadamente, para detectar um retardo de tempo e em que a velocidade de fluxo resulta da distância entre os dois sensores de FBG e do
15 retardo de tempo. Estes sistemas conhecidos são caros, complexos, tendentes a malfuncionamento mecânico, ocupa muito espaço e, assim, também dificulta a montagem. Além disso, este sistema pode somente detectar taxas de fluxo de fluido escoando em uma direção.

Além disso, de acordo com uma forma de realização, é
20 provido um fluxímetro da unidade de acordo com a presente invenção, o fluxímetro sendo especificamente adaptado para medir uma taxa de fluxo de fluido em um canal de fluido, determinando-se a frequência de vórtice de Karman dos vórtices ejetados pelo menos um ejetor de vórtice durante operação, utilizando pelo menos um respectivo sinal de sensor de retícula de
25 Bragg fibrosa relativo à primeira retícula de Bragg fibrosa daquele ejetor de vórtice. O fluxímetro é bem adaptado a condições extremas (elevadas temperatura e pressão) de aplicações de fundo de poço, uma vez que o sensor de retícula de Bragg pode evitar o uso de eletrônicos em fundo de poço.

Também é provido um método para medir uma taxa de fluxo

de fluido do fluido fluindo através de um canal. O método pode, por exemplo, utilizar um fluxímetro de acordo com a invenção e, particularmente, compreende:

- prover pelo menos um ejedor de vórtice dentro do canal,
- 5 cada ejedor de vórtice ejetando vórtices de Karman com uma fibra tendo pelo menos uma primeira retícula de Bragg fibrosa, a retícula sendo configurada para refletir um sinal óptico de um certo comprimento de onda, dependendo do grau de tensão a que a retícula está sendo submetida, em que as variações de pressão de fluido, que resultam dos vórtices de Karman, conduzem a uma
- 10 tensão variável sendo submetida à respectiva retícula de Bragg fibrosa;
- transmitir um sinal óptico dentro da fibra, o sinal tendo um comprimento de onda a ser pelo menos parcialmente refletido pela primeira retícula de Bragg fibrosa, no caso em que a retícula esteja sendo submetida a um grau predeterminado de tensão, por exemplo, sem tensão.
- 15 - detectar o sinal óptico que é refletido pela primeira retícula de Bragg fibrosa do ejedor de vórtice; e
- processar o sinal óptico detectado, para determinar a taxa de fluxo de fluido pelas variações do sinal detectado.

Preferivelmente, o método inclui a medição das variações da
 20 tensão de superfície de uma parte de superfície do ejedor de vórtice, utilizando a retícula de Bragg fibrosa.

Outras formas de realização vantajosas da invenção são descritas nas reivindicações subordinadas. Estes e outros aspectos da invenção serão evidentes pelas e elucidado com referência às formas de realização não-
 25 limitantes descritas a seguir, mostradas nos desenhos.

A Figura 1 representa uma seção transversal longitudinal de uma forma de realização da invenção;

A Figura 2 representa uma seção transversal através da linha II-II da Fig. 1;

A Figura 3 mostra uma seção transversal longitudinal, esquemática através da linha III-III da fig. 1.

A Figura 4 é uma vista em perspectiva de um ejedor de vórtice da forma de realização da Fig. 1;

5 A Figura 5 é uma seção transversal longitudinal do ejedor mostrado na Fig. 4;

A Figura 6 é uma vista frontal do ejedor da Fig. 4;

A Figura 7 é uma seção transversal através da linha VII-VIII da Fig. 6; e

10 A Figura 8 mostra um gráfico da frequência de ejeção medida, com respeito à velocidade de fluxo de um exemplo.

Aspectos similares ou correspondentes são indicados por sinais de referência similares ou correspondentes no presente pedido.

15 As Figuras 1 – 6 representam uma forma de realização não limitativa de uma unidade compreendendo um canal de fluido C e um fluxímetro 1.

O canal de fluido C (por exemplo, uma linha de fluido, tubo, conduto) pode ser configurado para conduzir um fluido, por exemplo, um gás, mistura de gases, ar, líquido, mistura de líquidos, água, vapor. Em uma forma de realização particular, o canal C pode ser disposto para injetar fluido dentro de um campo de óleo ou gás; entretanto, a pessoa hábil observará que o canal C pode ser usado em muitas outras aplicações. Na presente forma de realização, o canal C tem uma seção transversal substancialmente circular, tendo um diâmetro (largura) W. O canal pode também ter diferentes configurações, por exemplo, ter uma seção transversal retangular ou quadrada ou uma diferente seção transversal, como será observado pela pessoa hábil.

25 O fluxímetro 1 é configurado para medir a taxa de fluxo de fluido do fluido escoando através do canal C durante operação. Para este fim, o fluxímetro 1 compreende pelo menos um ejedor de vórtice 2 (somente um

sendo mostrado nos presentes desenhos) estendendo-se no canal C. Em uma outra forma de realização, a unidade tem uma pluralidade de ejetores de vórtice 2 afastados entre si, para detectar as taxas de fluxo em diferentes locais do canal C. Nesse caso, os perfis da taxa de fluxo podem ser detectados com o fluxímetro 1, por exemplo, para determinar ou estimar as quantidades de fluido que estão sendo injetadas em certas partes (camadas) de um campo de óleo ou gás. Por exemplo, o ejetor 2 pode estender-se substancialmente dentro do canal (vide o desenho) ou parcialmente, como será observado pela pessoa hábil.

Cada ejetor de vórtice 2 é configurado para gerar vórtices de Karman V em fluido escoando através do canal C durante operação (vide Fig. 3). Uma direção de fluxo de fluido é indicada na Fig. 3 pela seta Y. Particularmente, cada ejetor de vórtice 2 compreende um corpo não perfilado 2, tendo duas bordas de separação de vórtice t, preferivelmente bordas laterais aguçadas substancialmente paralelas. O corpo não perfilado 2 pode ser disposto para ter estas bordas t localizadas em posições a montante com respeito a uma parte do corpo não perfilado restante (como na Fig. 3) ou, alternativamente, em posições a jusante (por exemplo, no caso da direção de fluxo da Fig. 3 ter sido invertida). Na presente forma de realização, o corpo não perfilado 2 é rigidamente fixado a uma parede de canal 11.

Particularmente, o fluxímetro 1 é baseado no princípio de ejeção de vórtice em um obstáculo (corpo não perfilado 2) colocado no fluido escoando (vide figura 3). Uma camada limite pode crescer em ambos os lados do corpo não perfilado 2, por causa da viscosidade, e pode separar-se nos pontos de separação, provido pelas bordas t. Durante a operação, os vórtices V podem separar-se alternativamente em ambos os lados do corpo 2, com uma frequência de ejeção de vórtice f_k . Como é sabido pela técnica anterior, a frequência de ejeção de vórtice f_k é proporcional à velocidade de fluxo U, de acordo com a seguinte equação 1:

$$f_k = St (U/D_b) \quad (1)$$

em que St é o número Strouhal ilimitado, U é a velocidade de fluxo (m/s) e D_b é o diâmetro/largura do corpo não perfilado (m). Como é comumente sabido, o número Strouhal St é característico de um certo formato do corpo não perfilado e é constante em uma faixa relativamente grande do número Reynolds, de modo que a relação entre a taxa de fluxo (m/s) e a frequência de ejeção é linear em uma larga faixa de taxa de fluxo. Por exemplo, a presente forma de realização pode ser usada no caso de as velocidades de fluxo serem na faixa de 0,5 a 5 m/s (virado para baixo 1:10) e, por exemplo, pode ter temperaturas de operação variando de 20 a 350 graus Celsius, em várias pressões operacionais. Também o medidor 1 pode ser configurado para ser usado fora destas faixas de velocidade e temperatura, como será observado pela pessoa hábil. A camada limite pode ser controlada escolhendo-se o corpo do ejetor 2 sobre o qual os pontos de separação são definidos exatamente, introduzindo-se bordas aguçadas t no corpo 2.

O corpo não perfilado 2 pode ser produzido de vários materiais. Por exemplo, o corpo não perfilado 2 pode ser feito de material rígido, resistente a corrosão, particularmente um adequado metal, liga, aço ou plástico rígido, plástico reforçado, por exemplo, aço inoxidável, ou alumínio (aço inoxidável é preferido para aplicações de fundo de poço por razões de durabilidade) e/ou outros materiais adequados.

As Figuras 4 – 7 mostram uma forma de realização vantajosa de uma configuração de corpo não perfilado/ejetor mais detalhadamente. Para ter-se uma relação linear entre a velocidade de fluxo e a ejeção de vórtice, o presente corpo ejetor de vórtice 2 provê linhas de separação bem definidas (bordas), t e tem uma seção transversal substancialmente conformada em T. Para este fim, particularmente, o ejetor 2 foi provido com uma primeira parte 2A (isto é, o topo do T do formato-T) e uma segunda parte 2B (isto é, a linha central do T do formato-T), a primeira parte tendo as duas bordas de

separação t e a segunda parte sendo um elemento divisor de fluido 2B.

Tanto as primeira como segunda partes de corpo do ejeter 2A, 2B podem ter várias configurações. A primeira e segunda parte de ejeter 2A, 2B são preferivelmente feitas do mesmo material, entretanto, isto não é necessário.

Vantajosamente, a primeira parte de corpo do ejeter 2A é uma parte rígida, preferivelmente substancialmente sólida 2A, que é rigidamente fixada (isto é, substancialmente imóvel durante operação) à parede 11 do canal C. A primeira parte de corpo do ejeter 2A compreende uma superfície frontal, estendendo-se substancialmente transversal com respeito a uma direção de canal longitudinal (isto é, direção de fluxo Y do fluido escoando através do canal C durante o uso), em que os lados laterais da superfície frontal são as linhas de separação de vórtice t do ejeter 2.

Na presente forma de realização, o comprimento $L1$ da primeira parte de corpo de ejeter 2A é substancial ou aproximadamente igual ao diâmetro/largura do canal de fluxo $X1$ (vide Fig. 1), de modo que as paredes do canal C atuam como placas extremas para as bordas de separação de fluxo t (isto é, as extremidades opostas de cada borda de separação de fluxo t são localizadas nas ou próximo das respectivas partes de canal da parede de canal 11). Assim, a primeira parte 2A do corpo não perfilado 2 estende-se de uma primeira parte de parede interna 11a do canal C para uma segunda parte de parede interna oposta 11b do canal C, como na Fig. 1 – 2 e, preferivelmente, centralmente através do canal C. Aqui, por exemplo, uma fenda estreita ainda se estende entre uma extremidade do corpo não perfilado 2 e a parede de canal, por exemplo, uma fenda Z tendo uma largura de cerca de 1 mm ou menor, como foi indicado na Fig. 1.

Por exemplo, em uma configuração durável, a primeira parte de corpo de ejeter 2A pode ser firmemente fixada a uma extremidade (ou, alternativamente, em ambas as extremidades) a uma parte de parede de canal

(ou partes de parede), por exemplo, por grampeamento, adesivo, soldagem, acoplamentos adequados, travamento, separavelmente, uma combinação deles e/ou em uma diferente maneira. Na presente forma de realização, uma extremidade da primeira parte de corpo de ejetor 2A é fixada a uma estrutura de engaste 9, que foi firmemente unida à primeira parede de canal. Por exemplo, a estrutura de engaste pode incluir uma primeira parte de engaste 9a, para reter o corpo não perfilado 2, uma segunda parte de engaste 9b que é fixada à primeira parte 9a, via três primeiros parafusos 13a, sendo afastados entre si em uma configuração em triângulo, e uma terceira parte de engaste 9c, que interconecta a segunda parte de engaste 9b à parede de canal 11. Além disso, a parede de canal 11 pode compreender uma abertura 12, para introduzir o corpo não perfilado 2, sendo retido pela primeira parte de engaste 9a dentro do canal C. A estrutura de engaste 9 pode ser configurada para fornecer uma selagem hermética a fluido da abertura 12, após engaste.

Em outra forma de realização, o comprimento L1 da respectiva parte do corpo não perfilado 2A pode significativamente ser menor do que o diâmetro/largura do canal de fluxo X1, em que o corpo não perfilado 2 pode compreender uma ou mais placas extremas, estendendo-se lateralmente com respeito às bordas de separação de vórtice t, para controlar a camada limite do corpo não perfilado 2.

Em uma outra forma de realização (vide Fig. 3), a distância D_b entre as bordas (linhas) de separação de dois vórtice t, medida transversalmente com respeito a uma direção de canal longitudinal, é maior do que um décimo de uma largura X2 do canal de fluido C, medido na mesma direção, por exemplo, cerca de um quarto da largura do canal de fluido C, em que a distância mencionada D_b , entre as duas bordas de separação de vórtice, é preferivelmente menor do que metade da largura X2 do canal C. Uma vez que na presente forma de realização o canal C tem uma seção transversal circular, a largura do canal mencionado por último X2 é igual à acima

mencionada largura de canal mencionada acima, que é indicada na Fig. 1 com a seta X1.

Uma seção transversal longitudinal da primeira parte de corpo de ejedor 2A é preferivelmente substancialmente triangular (como na Fig. 3, 7) ou triangular truncada, ou pode ter outro formato.

Preferivelmente, a segunda parte de ejedor 2B tem uma configuração semelhante a painel, semelhante a tira ou semelhante a folha, tendo um formato substancialmente retangular (tal como na presente forma de realização). Por exemplo, a segunda parte de ejedor 2B pode ser dimensionada, tal como nas três direções ortogonais, de modo que uma direção ortogonal (a espessura K) é significativamente menor (por exemplo, em um fator de pelo menos 50) do que cada uma da segunda e terceira direções ortogonais (comprimento L2 e largura G).

Também, preferivelmente, a segunda parte do ejedor 2B estende-se substancialmente na direção longitudinal do canal e tem duas superfícies receptoras de pressão de fluido sendo voltadas para longe entre si, que são configuradas para alternativamente receber variações de pressão induzidas por vórtice durante a operação (vide Fig. 3) e para ser deformadas por aquelas variações de pressão. Na presente forma de realização, particularmente, as variações de pressão provocam uma vibração e/ou deformação da segunda parte de ejedor 2B, que é perpendicular à direção de fluxo Y (em outras palavras: a deformação e/ou vibração induzidas por vórtice da parte de ejedor 2B será principalmente nas direções laterais daquela parte 2B e é indicada por seta dupla q na Fig. 3, isto é, a vibração e/ou deformação que é substancialmente perpendicular às superfícies receptoras de pressão daquela parte de ejedor 2B), a deformação e/ou vibração resultando em deformação de superfície na segunda parte de ejedor 2B.

Na presente forma de realização, a segunda parte de ejedor 2B estende-se centralmente com respeito à primeira parte de ejedor 2A,

perpendicularmente com respeito à superfície do corpo não perfilado contendo as duas bordas de separação t e, preferivelmente, centralmente através do canal, após o engaste. Por exemplo, os contornos externos do corpo não perfilado, incluindo a primeira e segunda partes 2A, 2B podem ser
5 substancialmente simétricas de espelho com respeito a um plano de espelho central longitudinal, como na presente forma de realização.

Na presente forma de realização, um lado transversal (um lado inferior daquela parte da Fig. 5A) da segunda parte de ejeter 2B estende-se rente com o respectivo lado da primeira parte de ejeter 2A (vide Fig. 5). O
10 outro lado transversal da primeira parte de ejeter 2B, entretanto, é afastado da estrutura de engaste 9 (vide Fig. 5), a distância entre eles sendo indicada por uma seta H na Fig. 5.

A segunda parte de ejeter 2B é uma parte de recepção de variação de pressão 2B, ou parte deformante, que é configurada para receber
15 variações de pressão induzidas por vórtice durante operação. Particularmente, os vórtices de Karman podem induzir variações de deformação na segunda parte de ejeter 2B (indicada pela seta q na Fig. 3) e, mais particularmente, em suas partes de superfície (isto é, as variações de pressão induzidas por vórtice durante operação resultam em deformação de superfície na/da segunda parte
20 de ejeter 2B). Por exemplo, a segunda parte de ejeter 2B pode ser ligeiramente deformável elasticamente durante operação, de modo que esta parte de ejeter 2B realiza pequenas oscilações q durante operação, devidas às variações de pressão relacionadas com o vórtice, as pequenas oscilações q resultando em uma deformação variável das duas superfícies laterais
25 (receptoras de pressão) da segunda parte de ejeter 2B. Foi assim constatado que estas variações de deformação são particularmente relativamente elevadas em uma região que contata a primeira parte de ejeter 2A (isto é, uma junção com a primeira parte de ejeter 2A).

Em uma outra forma de realização, a parte receptora de

variação de pressão (isto é, a segunda parte) 2B do ejedor 2 compreende dois lados transversais, que são afastados de partes de restrição de fluxo longitudinais opostas (que incluem uma parte de parede de canal para um lado de ejedor transversal e uma parte de estrutura de engaste para o outro lado de ejedor transversal, na presente forma de realização). Por exemplo, na Fig. 1, uma distância Z , entre o (no desenho) lado transversal inferior da parte de ejedor de vórtice retangular 2B e a parede de canal 11, é preferivelmente na faixa de cerca de 0,2 – 10 mm, particularmente cerca de 1 – 2 mm e a largura H da fenda, entre o (na Fig. 1) lado transversal superior da parte de ejedor de vórtice retangular 2B e uma superfície da primeira parte de engaste 9a, é também preferivelmente na faixa de cerca de 0,1 – 10 mm, particularmente cerca de 1 – 2 mm. Portanto, os lados transversais da segunda parte de ejedor 2B são livres das superfícies de restrição de fluxo opostas, de modo que as variações de pressão induzidas por vórtice podem resultar em variações de deformação de superfície nas e/ou oscilações da segunda parte de ejedor 2B. Particularmente, as variações de pressão induzidas por vórtice podem induzir vibração e/ou deformação do ejedor de vórtice, vibração e/ou deformação estas podendo causar a deformação da superfície.

Assim, preferivelmente, o comprimento $L2$ da segunda parte de ejedor 2B (medida na direção paralela com respeito às linhas de separação t) é ligeiramente menor do que o comprimento $L1$ da primeira parte de ejedor 2A, a diferença de comprimento sendo, por exemplo, na faixa de cerca de 0,2 – 20 mm, particularmente na faixa de cerca de 1 – 2 mm (vide Fig. 5).

O comprimento $L2$ da segunda parte de ejedor 2B é preferivelmente maior do que uma largura G sendo medida na direção longitudinal do canal (vide Fig. 5; aqui, a largura G da segunda parte de ejedor 2B é a largura da seção daquela parte que se estende externamente da primeira parte de ejedor e serve como uma seção de recepção de variação de pressão de fluido do ejedor). Por exemplo, o comprimento $L2$ da segunda

parte 2B pode ser na faixa de cerca de 1,5 – 2 vezes a largura mencionada G daquela parte 2B. Bons resultados foram constatados no caso de que L2 é na faixa de 1,7 – 1,9 vezes G, particularmente o comprimento L2 iguala a largura G multiplicada por 1,8.

5 Também foi constatado que bons resultados podem ser obtidos no caso de que a espessura K da segunda parte de corpo ejetor 2B (medida em sua direção transversal) é menor do que cerca de 10 mm, preferivelmente menor do que cerca de 5 mm e, particularmente, na faixa de cerca de 1 – 2 mm (vide Fig. 7).

10 As primeira e segunda partes de ejetor 2A, 2B podem ser unidas entre si de várias maneiras. Por exemplo, as primeira e segunda partes de ejetor podem ser produzidas em uma peça. Também as primeira e segunda partes de ejetor 2A, 2B podem ser interconectadas com adesivo, soldagem, aparafusamento (com na forma de realização da Fig. 1-7, com pernos 6),
15 grampeamento, fixação por fecho de força, fixação por fecho de molde, uma combinação deles e/ou de uma diferente maneira. Na presente forma de realização, a segunda parte de ejetor 2B compreende uma seção interna que se estende na primeira parte de ejetor 2A para ser retida por ela e a seção externa acima descrita (tendo a largura G mencionada), que se estende fora da
20 primeira parte de ejetor 2A para perceber variações de pressão induzidas por vórtice. Preferivelmente, como resulta do desenho, a seção externa (cauda) mencionada da segunda parte de ejetor 2B é substancialmente não interrompida, provendo superfícies receptoras de pressão substancialmente ininterrompidas (contínuas).

25 Preferivelmente, as primeira e segunda partes de ejetor 2A, 2B são configuradas de modo que variações de pressão de vórtice possam induzir variações de deformação relativamente grandes dentro de uma certa área do ejetor (por exemplo, a seção externa da segunda parte de ejetor 2B, que contata a primeira parte de ejetor 2A).

Também cada ejedor de vórtice 2 é provido com uma primeira retícula de Bragg fibrosa FBG de um sensor de retícula de Bragg fibrosa 3, 7, FBG. Durante operação, uma frequência de vórtice de Karman f_k dos vórtices V gerados pelo ejedor de vórtice 2 é detectável utilizando-se um sinal sensor de retícula de Bragg fibrosa relativo à respectiva primeira retícula de Bragg fibrosa FBG daquele ejedor de vórtice 2. Preferivelmente, a primeira retícula de Bragg fibrosa FBG é fixada à seção de ejedor 2, que experimenta variações de deformação de superfície relativamente grandes, devido a variações de pressão de vórtice induzidas por vibração/deformação durante a operação, e é configurada para detectar aquelas variações de deformação.

Além disso, em uma outra forma de realização, a retícula de Bragg fibrosa FBG do respectivo ejedor de vórtice 2 é disposta para perceber as variações de pressão mencionadas, particularmente via variação de pressão induzida por variações de deformação da parte receptora de variação de pressão 2B do ejedor 2, e para variar o respectivo sinal de sensor de retícula de Bragg fibrosa, como resultado da percepção das variações de pressão. Preferivelmente, a retícula de Bragg fibrosa FBG é engastada próximo a ou estende-se em, contata a ou é embutida em uma superfície receptora de pressão da segunda parte de ejedor 2B, para ser sensível à deformação de superfície mencionada, que é causada pela deformação/deformação daquela parte de ejedor 2B durante operação.

Vantajosamente, a primeira retícula de Bragg fibrosa FBG é afastada de uma superfície de separação de vórtice (superfície esta contendo as duas linhas de separação de vórtice t) do respectivo ejedor de vórtice 2. Também, preferivelmente, o local da primeira retícula de Bragg fibrosa FBG é afastado dos dois lados transversais da segunda parte de ejedor 2B.

Além disso (um seguimento da Fig. 5), uma direção longitudinal da primeira retícula de Bragg fibrosa FBG preferivelmente inclui um ângulo menor do que 90° com uma direção de fluxo de fluido durante

operação, por exemplo, um ângulo menor do que 30° e, preferivelmente, um ângulo menor do que 5° . Na presente forma de realização, o ângulo entre a direção longitudinal da primeira retícula de Bragg fibrosa FBG e a direção de fluxo de fluido Y é de cerca de 0° .

5 Particularmente, a parte receptora de variação de pressão/segundo parte de ejedor 2B integralmente compreendem uma parte de fibra curva 8, estendendo-se pelo menos parcialmente ao longo de um trajeto curvo e contendo a primeira retícula de Bragg fibrosa FBG (vide Fig. 4-5). Uma primeira seção 8a da parte de fibra curvada 8 preferivelmente estende-se
10 por uma curta distância de uma borda de ejedor livre E, que é voltada para longe de uma superfície de ejeção de vórtice do ejedor de vórtice 2, em uma direção substancialmente ortogonal com respeito a uma direção de canal longitudinal (vide Fig. 5). Uma segunda seção 8b da parte de fibra 8 é preferivelmente localizada próximo de uma superfície de ejeção de vórtice do
15 ejedor de vórtice 2 e estende-se substancialmente paralela à direção do canal longitudinal. Na presente forma de realização, esta segunda seção de fibra 8b compreende a primeira retícula de Bragg fibrosa FBG. Particularmente, o trajeto curvo da parte de fibra, sendo provido sobre/dentro do ejedor 2, compreende a curva A1 para conduzir a fibra de um local de entrada da
20 primeira parte de ejedor 2A em direção à borda de ejedor livre E, e uma subsequente segunda curva A2 (tendo uma direção de curva que é oposta à direção de curva da primeira curva), para conduzir a fibra da borda de ejedor livre E de volta para a primeira parte de ejedor 2A, para um local de retícula de Bragg, que é afastado do local de entrada.

25 Em uma outra forma de realização (não mostrada), a fibra pode ser mais curvada (por exemplo, para fazer um laço substancialmente completo ao longo e/ou através do ejedor de vórtice 2) e pode ser guiada de volta para a parede de canal 11 e através da estrutura de retenção 9, por exemplo, para ser conduzida para outro ejedor de vórtice 2, para prover outra

primeira retícula de Bragg dentro/naquele outro ejedor 2. Nesse caso, o local de entrada da fibra (ponto) pode também prover um local de saída de fibra.

Particularmente, na presente forma de realização, a estrutura de engaste 9 compreende um furo atravessante 15 (vide fig. 15) para passar pela fibra de uma área fora do canal C até o ejedor de vórtice 2. A primeira parte de ejedor 2A pode compreender uma abertura similar, para receber parte da fibra 7. A segunda parte de ejedor 2B pode compreender um sulco curvado 5 ou abertura para reter a parte de fibra curva 8, contendo a primeira retícula de Bragg fibrosa FBG. Em uma outra forma de realização, o furo atravessante 15 pode também ser usado para guiar a fibra 7 do ejedor de vórtice 2 novamente para fora do canal, através da parede de canal 11, para outro local, por exemplo, para outro ejedor de vórtice (não mostrado).

Por exemplo, o sulco receptor de fibra 5 do ejedor 2 pode ter uma menor profundidade do que a espessura K da segunda parte de ejedor 2B, por exemplo, uma profundidade menor do que 1 mm, por exemplo, cerca de 0,4 mm. Por exemplo, a profundidade do sulco receptor de fibra 5 pode ser menor do que metade da espessura K da segunda parte de ejedor 2B, para localizar a retícula FBG próximo de e/ou em uma superfície lateral daquela parte 2B. Preferivelmente, a parte de fibra curvada 8 é substancialmente embutida na respectiva parte ejedora 2B. A parte de fibra óptica 8, tendo a retículo de Bragg FBG, pode ser fixada ao respectivo sulco 5, empregando-se um adesivo adequado, por exemplo, uma resina termicamente curável, epóxi ou outro tipo de adesivo. Preferivelmente, o sulco receptor de fibra 5 é configurado para reter a respectiva parte de fibra substancialmente aninhada. Em uma forma de realização não limitante, uma largura do sulco 5 pode ser de cerca de 1 mm.

Similarmente, a unidade pode ser de uma configuração modular, em que ela pode incluir uma pluralidade de ejedores de vórtice 2, cada ejedor 2 preferivelmente sendo provido com uma primeira retícula de

Bragg fibrosa FBG mencionada do sensor de retícula de Bragg fibrosa. Nesse caso, uma única fibra 7 pode simplesmente ser provida com todas as retículas de Bragg de fibra FBG dos vários ejetores 2, em que a fibra 7 pode estender-se de um ejetor para o outro, para transmitir os sinais dos sensores.

5 A operação de um sensor de retícula de Bragg fibrosa, como tal é conhecida da pessoa hábil. Em uma forma de realização, cada retícula de Bragg fibrosa FBG é configurada para substancialmente refletir um comprimento de onda específico de um sinal óptico sendo transmitido para a FGB através da fibra 7 e para substancialmente transmitir todos os outros
10 comprimentos de onda. Aqui, o comprimento de onda da luz refletida depende da variação do índice refrativo da retícula FBG. O comprimento de onda refletido é chamado comprimento de onda de Bragg λ_b e dado por:

$$\lambda_b = 2 n_{\text{eff}} \Lambda \quad (2)$$

 em que n_{eff} é o índice refrativo eficaz do modo óptico
15 propagando-se na fibra 7 e é o período Λ da retícula. Deformação, temperatura e pressão podem mudar as propriedades da fibra e, assim, o comercialmente disponível refletido λ_b . Por exemplo, a amplitude do sinal de sensor é uma medida do grau de deformação experimentado pela retícula FBG durante a operação. Na presente forma de realização, particularmente, o
20 comprimento de onda refletido é usado como uma medida da velocidade de fluxo, em que as mudanças daquela comprimento de onda estão sendo detectadas (isto é, a amplitude do sinal de sensor refletido muda), o que pode ser conseguido em uma maneira relativamente simples, para determinar a frequência de Karman f_k acima mencionada.

25 Por exemplo, a fibra 7 pode ser uma fibra óptica padrão, com uma ou mais retículas de Bragg FBG, tendo um raio de curvatura mínimo de cerca de 2 a 3 cm e um comprimento de retícula N (vide Fig. 5), para cada retícula de Bragg FBG, de aproximadamente 2 cm. Como será observado pela pessoa hábil, a fibra 7 pode também ter um raio de curvatura menor e/ou uma

retícula mais curta. Por exemplo, vantajosamente, o comprimento N da primeira retícula de Bragg fibrosa pode ser de cerca de 1 cm.

Na presente forma de realização, a primeira retícula FBG é principalmente usada para detectar uma deformação variável no/do ejedor de vórtice 2, em que uma mudança resultante no respectivo sinal de sensor pode ser processada para determinar a velocidade de fluxo U do fluido. Um local preferido para a primeira retícula FBG é no início da parte de cauda 2B do ejedor 2, imediatamente atrás da (triângulo truncado) segunda parte de ejedor 2A (vide figuras 5, 7), uma vez que verificou-se que, durante operação, as variações de deformação induzidas pelo vórtice de Karman serão as mais largas nesta seção da parte de ejedor de cauda 2B.

Preferivelmente, a inteira primeira retícula FBG pode ser substancialmente deformada homogeneamente durante a operação, o que é conseguido posicionando-se a retícula FBG substancialmente paralela à direção longitudinal do canal. Entretanto, na prática, na presente forma de realização, a deformação não tem que ser totalmente constante através da inteira fibra, para obterem-se resultados de medição precisos. Isto ocorre porque a frequência (isto é, a variação da amplitude e não a amplitude como tal) é o parâmetro medido, de modo que as variações de amplitude de um sinal refletido detectado não realiza o resultado da medição de fluxo. Isto é contrário ao dispositivo mostrado na JP200387451, em cujo caso o sinal de amplitude do sensor, do sinal refletido, pode ter um erro relativamente grande, devido a deformação não homogênea da retícula.

A presente unidade pode incluir um sistema sensor adequado 3 (por exemplo, compreendendo um ou mais processadores e/ou analisadores adequados), por exemplo, um sistema comercialmente disponível da companhia Deminsys Commercial, o sistema sensor sendo opticamente acoplado à fibra óptica 7. O sistema sensor 3 pode ser configurado para gerar e transmitir um sinal óptico dentro da fibra 7, o sinal tendo um comprimento

de onda (isto é, o acima mencionado comprimento de onda de Bragg) para ser pelo menos parcialmente refletido pela primeira retícula de Bragg fibrosa FBG no caso em que a retícula esteja sendo submetida a um grau predeterminado de deformação, por exemplo, nenhuma deformação. No caso de que a unidade inclui diferentes retículas de fibra FBG tendo diferentes comprimentos de onda de Bragg λ_b , o sinal óptico pode ser multiplexado com diferentes partes de sinal tendo estes diferentes comprimentos de onda de Bragg λ_b , de modo que as diferentes retículas FBG podem ser usadas independentemente entre si e ao mesmo tempo, pelo sistema sensor 3.

O sistema sensor 3 pode também ser configurado para detectar o sinal óptico que é refletido por cada primeira retícula de Bragg fibrosa FBG do(s) ejetor(es) de vórtice 2 e para processar o(s) sinal(ais) óptico(s) detectado(s), para determinar a taxa de fluxo de fluido das variações do(s) sinal(ais) detectado(s).

Durante operação da forma de realização das figuras 1 – 7, o fluxo de fluido induzirá uma ejeção de vórtice no ejetor 2, que causará flutuações de pressão na parte de cauda 2B do corpo não perfilado 2. Em razão das flutuações de pressão, a cauda será induzida a oscilar, o que resultará em deformação da superfície flutuante da parte de cauda 2B e, assim, em flutuações de deformação da primeira retícula de Bragg fibrosa FBG integral (sendo preferivelmente engastada na ou próximo da respectiva superfície da segunda parte de ejetor 2B, para medir aquela deformação de superfície). A deformação de superfície, como resultado destas oscilações, será medida. Isto pode simplesmente ser conseguido pelo sistema sensor 3 transmitindo um sinal óptico tendo o comprimento de onda de Bragg FBG da primeira retícula de Bragg fibrosa do ejetor de vórtice 2 para dentro da fibra 7 e detectando o respectivo sinal óptico que é refletido pela primeira retícula de Bragg fibrosa FBG. O sinal óptico detectado é então processado para detectar variações do sinal detectado (as variações sendo o resultado da deformação

variável que está sendo experimentada pela retícula FBG), para determinar a taxa de fluxo de fluido daquelas variações empregando-se a equação acima 1. Assim, um único sensor FBG é aplicado para detectar a taxa de fluxo em um certo local do canal de fluido C, em que, por exemplo, nenhuma correlação
 5 cruzada complexa de diferentes sinais de sensor de retícula tem que ser realizada.

A Figura 8 mostra um gráfico da frequência de ejeção medida f_k com respeito à velocidade de fluxo, de experimentos realizados com a presente forma de realização. Neste experimento, uma velocidade de fluxo
 10 U_{fluxo} do fluido escoando através do canal C foi ajustada a 11 diferentes valores predeterminados (de 0 m/s a 5,5 m/s com etapas de 0,25 m/s) e o sinal de sensor FBG resultante estava sendo processado para detectar a frequência de Karman. Como se depreende da Fig. 8, três diferentes realizações de teste todas forneceram o mesmo gráfico linear da frequência f_k detectada versus a
 15 velocidade de fluxo U_{fluxo} . Dados confiáveis podem ser obtidos para baixas taxas de fluxo (0,5 m/s no presente exemplo), bem como elevadas taxas de fluxo (5,5 m/s no presente exemplo).

Pelo acima depreende-se que o presente pedido provê um medidor de fluxo de vórtice de fibra óptica 1, em que, em uma forma de
 20 realização, a deformação resultante da ejeção de vórtice pode ser medida usando-se um sensor de Retícula de Bragg Fibrosa (FBG). Este sensor pode utilizar uma seção relativamente pequena de uma fibra óptica padrão 7, de modo que nenhum eletrônico de fundo de poço é necessário, uma vez que o sinal de sensor pode ser alimentado diretamente à superfície. As vantagens de
 25 um medidor de fluxo de fibra óptica são que o medidor é intrinsecamente seguro e imune a interferência eletromagnética. O corpo não perfilado 2 pode ser substancialmente conformado em T, compreendendo uma parte em triângulo truncado 2A, com uma parte de cauda longa 2B fixada nele. A parte de cauda 2B deste corpo é preferivelmente feito tão fino quanto possível, para

aumentar sua deformação e, portanto, a deformação medida com o sensor. O medidor de fluxo 1 pode detectar fluxos de fase única (líquido ou gás), por exemplo, água, vapor ou outros fluidos.

5 Foi constatado que a presente forma de realização pode prover um projeto de corpo não perfilado ótimo com respeito à linearidade da medição e à qualidade do sinal, em que a FBG pode prover o sinal de sensor com informações de oscilação de deformação detectáveis sobre as faixas de velocidade de taxa de fluxo relativamente grandes. Assim, o sensor pode prover medições de taxa de fluxo precisas e é muito sensível a mudanças da
10 taxa de fluxo.

Além disso, por exemplo, o corpo substancialmente conformado em T, tal como a presente forma de realização, é uma configuração de corpo não perfilado ótima, para gerar deformação. A deflexão da seção semelhante a placa retangular do corpo não perfilado 2B
15 pode ser relativamente elevada. Além disso, o corpo conformado em T é também o único formato que pode ser usado para conectar uma série de fluxímetros com uma fibra. Além disso, foi também constatado que este formato pode prover uma muito boa relação de sinal para ruído do sensor de sinal durante a operação.

20 Em uma outra forma de realização, a parte de fibra que foi unida com o ejetor de vórtice 2 pode compreender outras retículas de Bragg fibrosas, por exemplo, para detectar temperatura. Em uma forma de realização, o ejetor de vórtice 2 pode ser provido com uma segunda retícula de Bragg fibrosa FBG2 do sistema sensor de retícula de Bragg fibrosa FBG 3,
25 7, a segunda retícula de Bragg fibrosa FBG2 sendo configurada para variar o respectivo sinal de sensor da retícula de Bragg fibrosa, como resultado da percepção das variações de temperatura. Com este objetivo, uma direção longitudinal da segunda retícula de Bragg fibrosa FBG preferivelmente estende-se substancialmente perpendicular com respeito a uma direção de

canal longitudinal.

Por exemplo, a segunda retícula FBG2 extra pode ser localizada em um local de ejedor que não seja substancialmente afetado pelos vórtices de Karman V. Nesta figura 5, dois possíveis locais para uma retícula de temperatura são indicados pelas setas FBG2. Por exemplo, uma segunda retícula de fibra FBG2 pode ser provida em uma primeira seção mencionada 8a da parte de fibra curva 8 ou próximo do ponto de entrada (e opcionalmente também de saída) próximo da parede de canal 11.

Alternativamente, a unidade pode ser provida com outra fibra óptica, que não inclui uma mencionada primeira retícula FBG, porém inclui uma segunda retícula e retém a segunda retícula no fluxo de fluido, para detectar temperatura do fluido.

Além disso, de acordo com uma outra forma de realização, a presente invenção pode ser usada em determinações de fluxo de massa, por exemplo, seguindo-se os ensinamentos da publicação “A study of mass flow rate measurement based on the vortex shedding principle” H. Zhang et al., Flow Measurement and Instrumentation 17 (1), 2006, utilizando-se os resultados de medição de um sensor de pressão (não mostrado no presente pedido) localizado a montante com respeito ao ejedor 2 (e sendo afastado do ejedor 2).

Embora as formas de realização ilustrativas da presente invenção tenham sido descritas mais detalhadamente com referência aos desenhos acompanhantes, deve ser entendido que a invenção não é limitada àquelas formas de realização. Várias mudanças ou modificações podem ser realizadas por uma pessoa hábil na técnica, sem desvio do escopo ou do espírito da invenção, como definidos nas reivindicações.

Deve ser entendido que no presente pedido o termo “compreendendo” não exclui outros elementos ou etapas. Além disso, cada um dos termos “um” e “uma” não exclui uma pluralidade. Quaisquer sinais de

referência nas reivindicações não devem ser interpretados como limitando o escopo das reivindicações.

5 O ejetor/corpo não perfilado 2 podem ser dimensionados de várias maneiras e podem ter vários formatos. Por exemplo, a primeira parte de ejetor pode ter uma seção transversal substancialmente conformada em triângulo, seção transversal conformada em triângulo truncado de uma diferente seção transversal.

10 Também, por exemplo, a primeira parte 2A do corpo não perfilado 2 pode ser fixada com somente uma extremidade a uma parede de canal 11 ou com extremidades opostas, se desejado.

15 Além disso, por exemplo, o ejetor de vórtice 2 não tem que incluir uma segunda parte 2B. De acordo com uma forma de realização, o ejetor 2 somente inclui a primeira parte 2A (particularmente tendo as duas bordas de separação t), em que a primeira parte 2A compreende pelo menos uma (primeira) retícula de Bragg fibrosa FBG.

A pessoa hábil observará que a unidade pode operar quando o ejetor 2 estende-se totalmente para dentro do canal ou, por exemplo, no caso de que o ejetor 2 seja somente parcialmente inserido dentro do canal (por exemplo, por cerca de 0,25 vezes um diâmetro/seção transversal do canal).

REIVINDICAÇÕES

1. Unidade, caracterizada pelo fato de compreender um canal de fluido e um fluxímetro, o fluxímetro (1) compreendendo pelo menos um ejetor de vórtice (2) estendendo-se no canal (C), cada ejetor de vórtice (2) sendo configurado para gerar vórtices de Karman (V) em fluido fluindo através do canal (C) durante operação, em que cada ejetor de vórtice (2) é provido com uma primeira retícula de Bragg fibrosa (FBG) de um sensor de retícula de Bragg fibrosa (3, 7, FBG), em que uma frequência de vórtice de Karman (f_k) dos vórtices (V) gerados pelo ejetor de vórtice (2) é detectável utilizando-se um sinal de sensor de retícula de Bragg fibrosa (FBG) relativo à respectiva primeira retícula de Bragg fibrosa (FBG) daquele ejetor de vórtice (2).

2. Unidade de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de cada ejetor de vórtice (2) compreender um corpo não perfilado (2), tendo duas bordas de separação de vórtice substancialmente paralelas.

3. Unidade de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de uma primeira parte de corpo não perfilado, tendo duas bordas de separação de vórtice substancialmente paralelas, ser fixada em uma parede (11) do canal (C).

4. Unidade de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizada pelo fato de uma distância (D_b), entre as duas bordas de separação de vórtice (t), medida transversalmente com respeito a uma direção de canal longitudinal, ser mais larga do que um décimo de uma largura (X2) do canal de fluido (C), medida na mesma direção, por exemplo, cerca de um quarto da largura do canal de fluido (C), em que a distância mencionada (D_b) é preferivelmente menor do que metade da largura (X2) do canal (C).

5. Unidade de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de uma extensão do corpo não perfilado (2), medida em uma direção de canal transversal, ser substancialmente igual a uma largura do canal (C),

medida na mesma direção.

6. Unidade de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de a primeira retícula de Bragg fibrosa (FBG) ser afastada de uma superfície de separação de vórtice do respectivo
5 ejetor de vórtice (2).

7. Unidade de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de uma direção longitudinal da primeira retícula de Bragg fibrosa (FBG) incluir um ângulo menor do que 90° com uma direção de fluxo de fluido durante a operação, por exemplo, um ângulo
10 menor do que 30° e, preferivelmente, um ângulo menor do que 5° .

8. Unidade de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de o ejetor de vórtice ser provido com uma parte receptora de variação de pressão (2B) que é configurada para receber variações de pressão induzida por vórtice durante operação, em que a
15 retícula de Bragg fibrosa (FBG) do respectivo ejetor de vórtice é disposta para perceber estas variações de pressão, particularmente via variações de tensão de superfície induzidas por variação de pressão da parte receptor de variação de pressão (2B) do ejetor (2), e para variar o respectivo sinal de sensor de retícula de Bragg fibrosa (FBG) como resultado da percepção das variações
20 de pressão.

9. Unidade de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de a parte receptora de variação de pressão (2B) do ejetor de vórtice (2) ser um elemento divisor de fluido (2B), estendendo-se substancialmente em direção ao canal longitudinal e tendo duas superfícies receptoras de
25 pressão de fluido sendo voltadas para longe entre si, que são configuradas para alternativamente receber variações de pressão induzida por vórtice durante operação.

10. Unidade de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizada pelo fato de a parte receptora de variação de pressão (2B)

compreender integralmente uma parte de fibra curvada (8), estendendo-se pelo menos parcialmente ao longo de um trajeto curvado e contendo a primeira retícula de Bragg fibrosa (FBG), em que uma primeira seção da parte de fibra (8) preferivelmente estende-se por uma curta distância de uma borda
5 ejetora, que é voltada para longe de uma superfície ejetora de vórtice do ejetor de vórtice (2), em uma direção substancialmente ortogonal com respeito a uma direção de canal longitudinal, em que uma segunda seção da parte de fibra (8) é preferivelmente localizada próximo de uma superfície de ejeção de vórtice do ejetor de vórtice (2) e estende-se substancialmente paralela na
10 direção do canal longitudinal.

11. Unidade de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 10, caracterizada pelo fato de a parte de variação de recebimento de variação de pressão (2B) do ejetor (2) ter um formato substancialmente retangular, compreendendo dois lados transversais que são afastados das
15 partes de restrição de fluxo longitudinal opostas, em que uma distância entre cada lado transversal da parte de ejetor de vórtice retangular (2B) e uma parte de restrição de fluxo longitudinal oposta é preferivelmente na faixa de cerca de 0,1 – 10 mm, particularmente cerca de 1 – 2 mm.

12. Unidade de acordo com qualquer uma das reivindicações 8
20 a 11, caracterizada pelo fato de uma espessura da parte receptora de variação de pressão (2B) ser menor do que cerca de 10 mm, preferivelmente menor do que cerca de 5 mm e, particularmente, na faixa de cerca de 1 – 2 mm.

13. Unidade de acordo com qualquer uma das reivindicações
25 precedentes, caracterizada pelo fato de o ejetor de vórtice (2) ter uma seção transversal substancialmente conformada em T, em que o ejetor de vórtice é preferivelmente feito de material resistente a corrosão rígido, particularmente aço ou plástico rígido.

14. Unidade de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de o ejetor de vórtice (2) ser provido com

uma segunda retícula de Bragg fibrosa (FBG) do sensor de retícula de Bragg fibrosa (FBG) (3, 7, FBG), a segunda retícula de Bragg fibrosa (FBG) sendo configurada para variar um respectivo sinal de sensor de retícula de Bragg fibrosa (FBG), como resultado da percepção das variações de temperatura, em
 5 que uma direção longitudinal da segunda retícula de Bragg fibrosa (FBG) preferivelmente estende-se substancialmente perpendicular com respeito a uma direção de canal longitudinal.

15 15. Unidade de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizada pelo fato de compreender uma pluralidade de ejetores de vórtice afastados entre si (2), cada ejetor de vórtice (2) sendo provido com uma primeira retícula de Bragg fibrosa (FBG) mencionada do sensor de retícula de Bragg fibrosa (FBG) (3, 7, FBG), em que uma única fibra (7) é provida com estas retículas de Bragg fibrosas (FBG).

15 16. Fluxímetro da unidade como definido em qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de ser especificamente adaptado para medir uma vazão de fluido em um canal de fluido, pela determinação da frequência de vórtice de Karman (f_k) de vórtices (V) ejetados pelo menos um ejetor de vórtice (2) durante operação, utilizando-se pelo menos um respectivo sinal de sensor de retícula de Bragg fibrosa (FBG)
 20 relativo à respectiva primeira retícula de Bragg fibrosa (FBG) daquele ejetor de vórtice (2).

17. Método para medir uma vazão de fluido, de um fluido escoando através de um canal (C), caracterizado pelo fato de compreender:

25 - prover pelo menos um ejetor de vórtice (2) no canal (C), cada ejetor de vórtice (2) ejetando vórtices de Karman (V) no fluido fluindo através do canal (C), pelas respectivas bordas de ejeção de vórtice;

- prover o ejetor de vórtice (2) com uma fibra (7) tendo pelo menos uma primeira retícula de Bragg fibrosa (FBG), a retícula sendo configurada para refletir um sinal óptico de um certo comprimento de onda,

dependendo do grau de tensão a que a retícula está sendo submetida, em que as variações de pressão de fluido, que resultam dos vórtices de Karman (V) conduzem a uma tensão variável sendo submetida à respectiva retícula de Bragg fibrosa (FBG);

5 - transmitir um sinal óptico para dentro da fibra (7), o sinal tendo um comprimento de onda a ser pelo menos parcialmente refletido pela primeira retícula de Bragg fibrosa (FBG), no caso em que a retícula está sendo submetida a um grau predeterminado de tensão, por exemplo, nenhuma tensão;

10 - detectar o sinal óptico que é refletido pela primeira retícula de Bragg fibrosa (FBG) do ejetor de vórtice (2); e

 - processar o sinal óptico detectado, para determinar a vazão de fluido pelas variações do sinal detectado.

15 18. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de compreender: medir as variações de tensão de superfície de uma parte de superfície do ejetor de vórtice (2), utilizando-se a retícula de Bragg fibrosa (FBG).

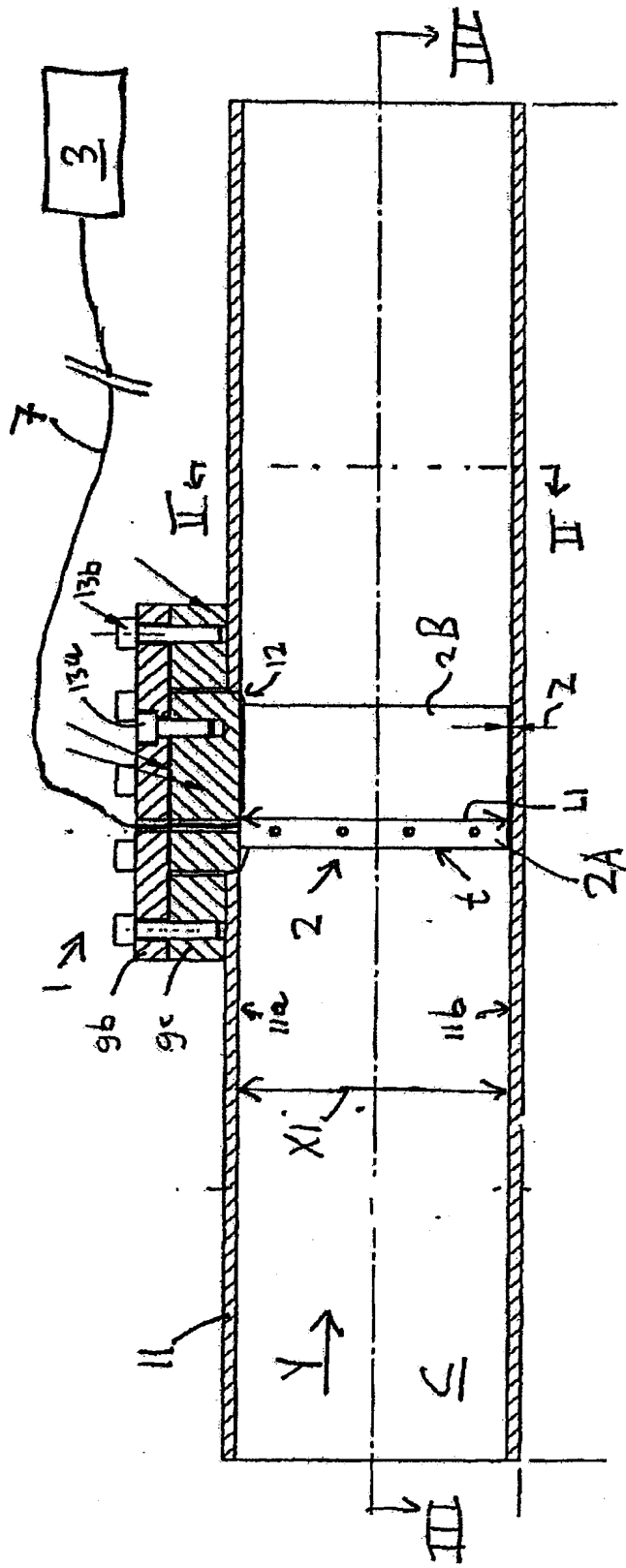


FIG.1

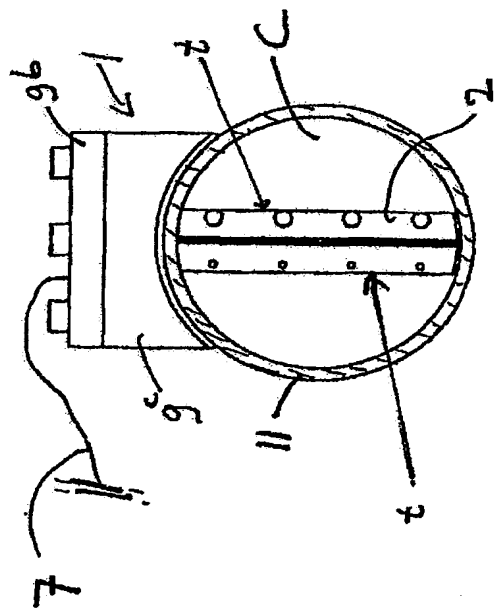


FIG.2

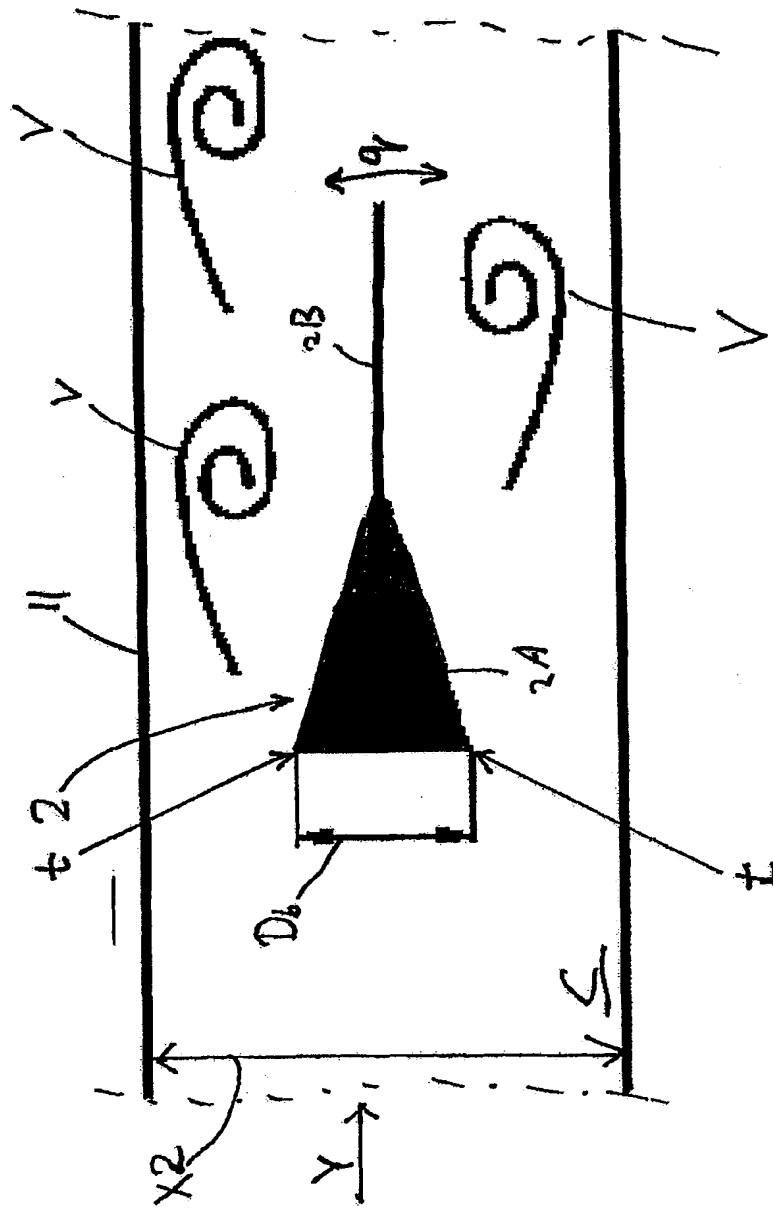


FIG.3

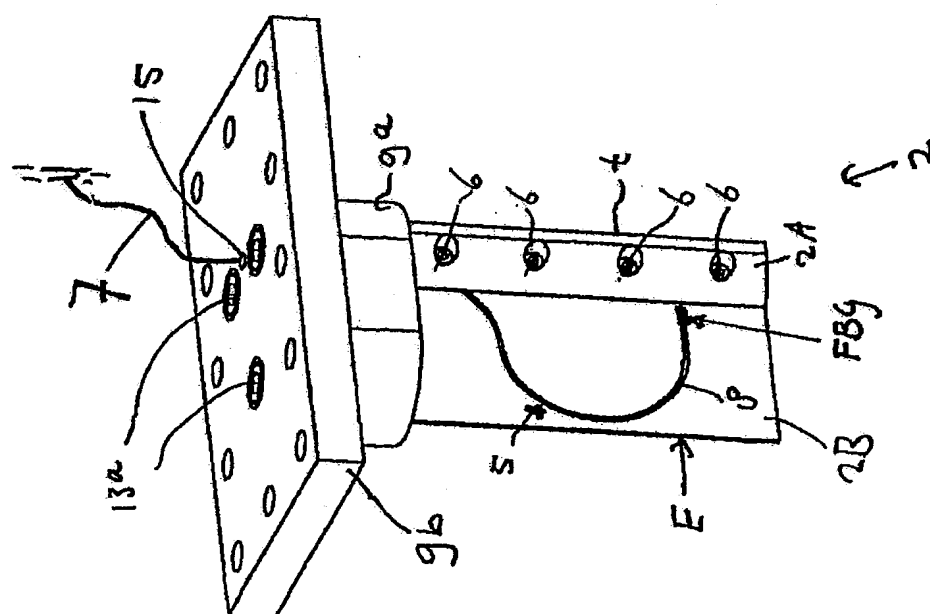


FIG. 4

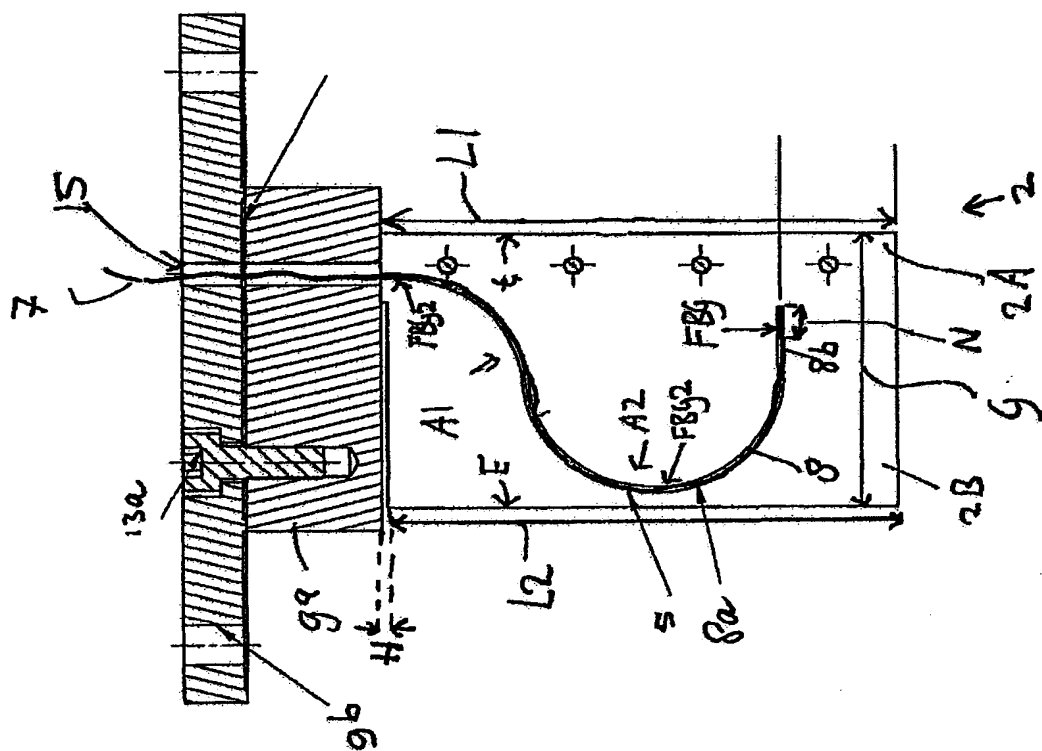


FIG. 5

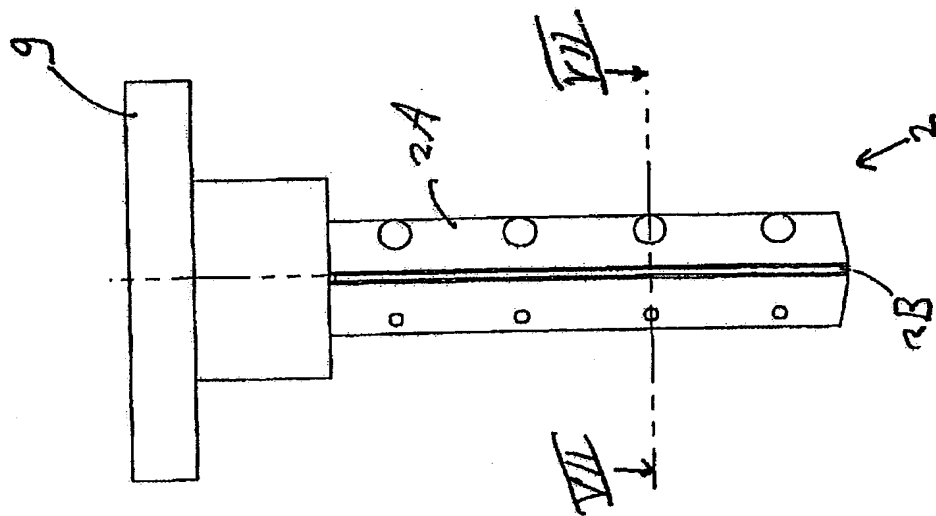


FIG. 6

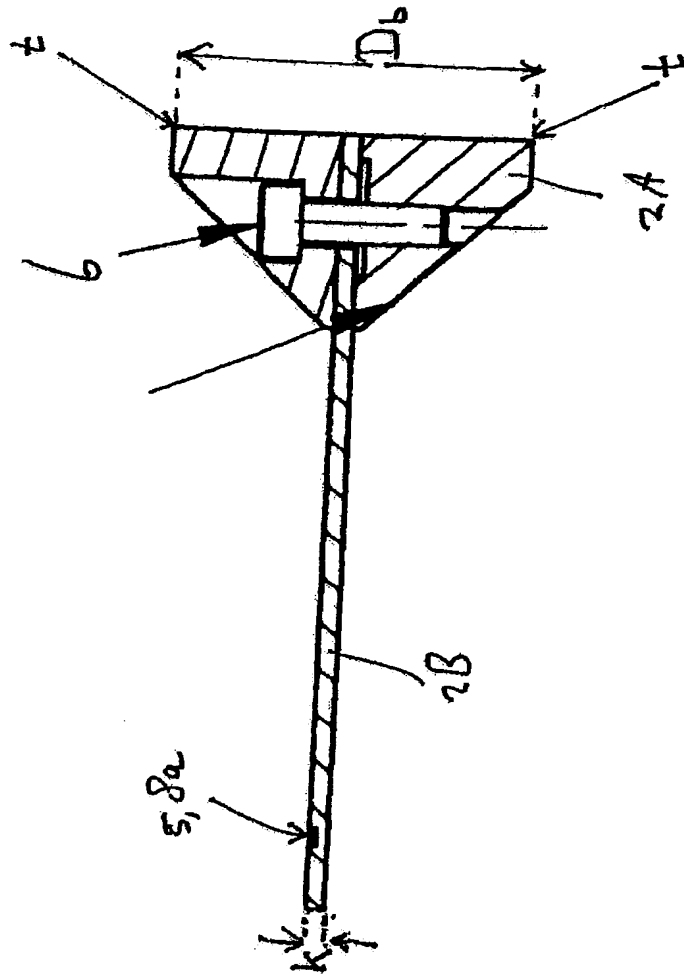


FIG. 7

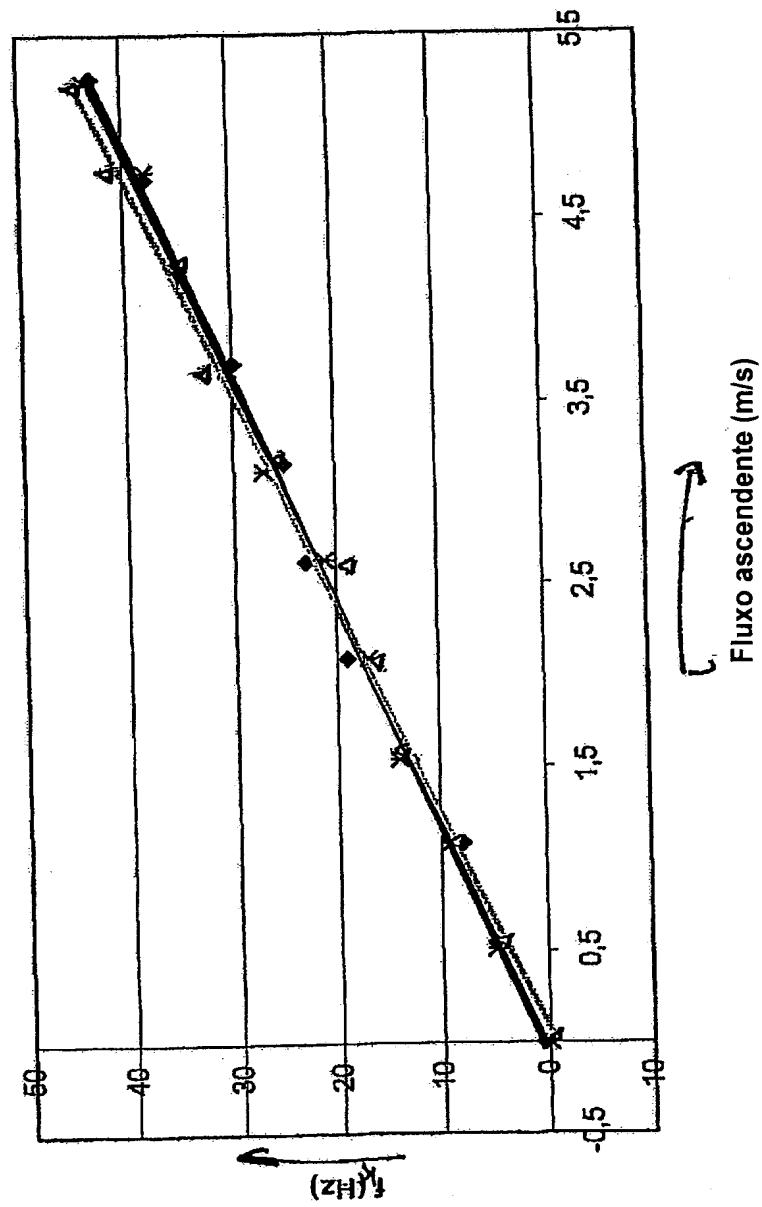


FIG.8

RESUMO

“UNIDADE, FLUXÍMETRO E MÉTODO PARA MEDIR UMA VAZÃO DE FLUIDO”

5 Uma unidade compreendendo um canal de fluido e um
fluxímetro (1), compreendendo pelo menos um ejetor de vórtice estendendo-
se no canal (C), cada ejetor de vórtice (2) sendo configurado para gerar
vórtices de Karman (V) em fluido escoando através do canal (C) durante
operação, em que cada ejetor de vórtice (2) é provido com uma primeira
retícula de Bragg fibrosa (FBG) de um sensor de retícula de Bragg fibrosa (3,
10 7, FBG), em que uma frequência de vórtice de Karman (f_v) dos vórtices (V)
gerados pelo ejetor de vórtice (2) é detectável utilizando-se um sinal de sensor
de retícula de Bragg fibrosa (FBG) relativo à respectiva primeira retícula de
Bragg fibrosa (FBG) daquele ejetor de vórtice (2).