

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

(21) **PI 0721690-4 A2**

(22) Data de Depósito: 25/05/2007

(43) Data da Publicação: 15/01/2013
(RPI 2193)



(51) *Int.Cl.:*

G01F 1/74

G01F 1/84

(54) **Título:** MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO, E, MÉTODO DE CORREÇÃO PARA GÁS ARRASTADO EM UM MATERIAL FLUIDO EM UM MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO

(73) **Titular(es):** Micro Motion, Inc.

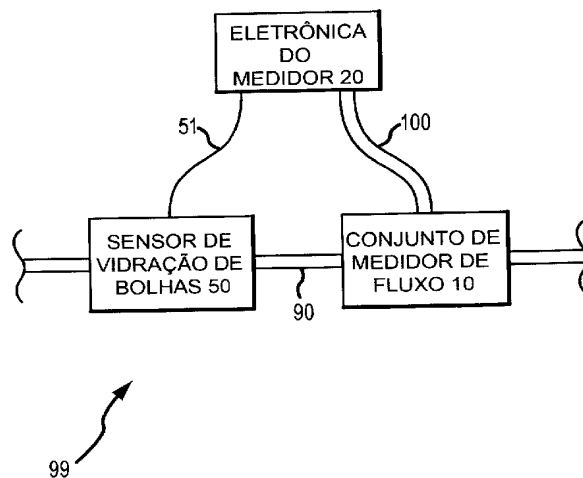
(72) **Inventor(es):** Joel Weinstein, Mark James Bell

(74) **Procurador(es):** Custódio de Almeida & Cia.

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2007069737 de 25/05/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/147408de 04/12/2008

(57) **Resumo:** MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO, E, MÉTODO DE CORREÇÃO PARA GÁS ARRASTADO EM UM MATERIAL FLUIDO EM UM MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO. Medidor de fluxo vibratório (100) para correção para gás arrastado em um material fluido é provido. O medidor de fluxo vibratório (100) compreende um conjunto de medidor de fluxo (10) configurado para gerar uma resposta vibracional para o material fluido, um sensor de tamanho das bolhas (50) configurado para gerar um sinal de medição das bolhas para o material fluido, e eletrônica do medidor (20) acoplada ao conjunto de medidor de fluxo (10) e ao sensor de tamanho das bolhas (50). A eletrônica do medidor (20) é configurada para receber uma resposta vibracional e o sinal de medição das bolhas, determinar um tamanho de bolha de bolhas no material fluido usando, pelo menos, o sinal de medição das bolhas, determinar uma ou mais características de fluxo do material fluido usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas.



"MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO, E, MÉTODO DE CORREÇÃO PARA GÁS ARRASTADO EM UM MATERIAL FLUIDO EM UM MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO"

Antecedentes da Invenção

5

1. Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a um medidor de fluxo vibratório e a um método e, mais particularmente, a um medidor de fluxo vibratório e a um método para correção para gás arrastado em um material fluido.

2. Descrição do problema

10

Os sensores de condutos vibratórios, como medidores de fluxo de massa Coriolis e densitômetros vibratórios, tipicamente operam por detecção do movimento de um conduto vibratório que contém um material fluindo. As propriedades associadas com o material no conduto, como fluxo de massa, densidade, e semelhantes, podem ser determinadas por processamento dos sinais de medição recebidos dos transdutores de movimento associados com o conduto. Os modos de vibração do sistema cheio com material vibratório geralmente são afetados pelas características combinadas de massa, inflexibilidade e amortecimento do conduto contenedor e do material contido no mesmo.

15

20

25

Um medidor de fluxo de massa Coriolis típico inclui um ou mais condutos que são conectados em linha em um duto ou outro sistema de transporte e transportam o material, por exemplo, fluidos, pastas fluidas e semelhantes, no sistema. Cada conduto pode ser visto como tendo um conjunto de modos de vibração natural, incluindo por exemplo, modos simples de curvatura, de torção, radiais e acoplados simples. Em uma aplicação de medição de fluxo de massa Coriolis típico, um conduto é excitado em um ou mais modos de vibração à medida que o material flui através do conduto, e o movimento do conduto é medido em pontos

espaçados ao longo do conduto. A excitação é tipicamente suprida por um acionador, por exemplo, um dispositivo eletromecânico, como um acionador de tipo de bobina de voz que perturba o conduto em um modo periódico. A taxa de fluxo de massa pode ser determinada por medição do retardo de tempo ou diferenças de fase entre os movimentos nos locais do transdutor. Dois destes transdutores (ou sensores de desvio) são tipicamente empregados a fim de medir uma resposta vibracional do conduto ou condutos de fluxo, e estão tipicamente localizados em posições a montante e a jusante do acionador. Os dois sensores de desvio são conectados em uma instrumentação eletrônica por cabos, como por dois pares independentes de fios. A instrumentação recebe sinais dos dois sensores de desvio e processa os sinais a fim de derivar uma medição da taxa de fluxo de massa.

Os medidores de fluxo são usados para realizar as medições de taxa de fluxo de massa para uma ampla variedade de fluxos de fluido. Uma área em que os medidores de fluxo Coriolis podem ser usados potencialmente é na medição de poços de petróleo e gás. O produto de tais poços pode compreender um fluxo em múltiplas fases, incluindo o petróleo ou gás, mas também incluindo outros componentes, incluindo água e ar, por exemplo. É altamente desejável que a medição resultante seja tão precisa quanto possível, mesmo para estes fluxos de múltiplas fases.

Os medidores Coriolis oferecem uma precisão elevada para fluxos de fase única. No entanto, quando um medidor de fluxo Coriolis é usado para medir os fluidos aerados ou fluidos incluindo gás arrastado, uma precisão do medidor pode ser degradada de modo significativo. Gás arrastado está comumente presente como bolhas no material fluido. O tamanho das bolhas pode variar, dependendo da quantidade de gás presente, a pressão do material fluido, e a temperatura e o grau de mistura no duto. A extensão da diminuição no desempenho não está somente relacionada com qual

quantidade de gás total está presente, mas também ao tamanho das bolhas de gás individuais no fluxo. O tamanho das bolhas afeta a precisão da medição. Bolhas maiores ocupam mais volume, conduzindo a flutuações na densidade do material fluido. Devido à compressibilidade de um gás, as bolhas podem
5 mudar em quantidade de gás contudo não necessariamente mudar no tamanho. Reciprocamente, se a pressão muda, o tamanho da bolha pode mudar correspondentemente, expandindo conforme a pressão cai ou contraindo conforme a pressão aumenta. Isto também pode causar variações na frequência natural e ressonante do medidor de fluxo.

10 Outro problema causado por bolhas de gás é deslizamento. Bolhas pequenas tipicamente movimentam-se com o material fluido líquido à medida que o medidor de fluxo é vibrado. No entanto, bolhas maiores não se movem com o líquido durante vibração do tubo de fluxo. Ao invés disso, as bolhas podem ser desacopladas do líquido e podem mover-se
15 independentemente do líquido. Consequentemente, o líquido pode fluir em volta das bolhas. Isto afeta desfavoravelmente a resposta vibracional do medidor de fluxo.

Permanece uma necessidade na técnica para um medidor de fluxo vibratório que detecte níveis problemáticos de gás arrastado. Permanece a
20 necessidade na técnica para um medidor de fluxo vibratório que possa medir precisamente as características de fluxo na presença de gás arrastado. Permanece uma necessidade na técnica para um medidor de fluxo vibratório que possa precisamente medir as características de fluxo em qualquer nível de gás arrastado.

25 **Sumário da invenção**

Um medidor de fluxo vibratório para correção para gás arrastado em um material fluido é provido de acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo vibratório compreende um conjunto de medidor

de fluxo configurado para gerar uma resposta vibracional para o material fluido, um sensor de vibração de bolhas configurado para gerar um sinal de medição das bolhas para o material fluido, e eletrônica do medidor acoplada ao conjunto de medidor de fluxo e ao sensor de vibração de bolha. A eletrônica do medidor é configurada para receber a resposta vibracional e o sinal de medição das bolhas, determinar um tamanho de bolha de bolhas no material fluido usando, pelo menos, o sinal de medição das bolhas, determinar uma ou mais características de fluxo material fluido usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas.

Um medidor de fluxo vibratório para correção para gás arrastado em um material fluido é provido de acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo vibratório compreende um conjunto de medidor de fluxo configurado para gerar uma resposta vibracional para o material fluido, um sensor de vibração de bolhas configurado para gerar um sinal de medição das bolhas para o material fluido, e eletrônica do medidor acoplada ao conjunto de medidor de fluxo e ao sensor de vibração de bolha. A eletrônica do medidor é configurada para receber a resposta vibracional e o sinal de medição das bolhas, determinar um tamanho de bolha de bolhas no material fluido usando, pelo menos, o sinal de medição das bolhas, determinar uma ou mais características de fluxo do material fluido usando, pelo menos, a resposta vibracional, e gerar um alarme se o tamanho da bolha exceder um limiar de tamanho pré-determinado, com o alarme indicando que a uma ou mais características de fluxo excederam uma tolerância de medição pré-determinada.

Um método de correção para gás arrastado em um material fluido é provido de acordo com uma forma de realização da invenção. O método compreende determinar um tamanho de bolha de bolhas no material fluido usando, pelo menos, uma medição vibracional do material fluido, gerar uma

resposta vibracional por vibração de um conjunto de tubo de fluxo, e determinar a uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho da bolha.

5 Um método de correção para gás arrastado em um material fluido é provido de acordo com uma forma de realização da invenção. O método compreende determinar um tamanho de bolha de bolhas no material fluido usando, pelo menos, uma medição vibracional do material fluido, gerar uma resposta vibracional por vibração de um conjunto de tubo de fluxo e determinar uma ou mais características de fluxo do material fluido usando,
10 pelo menos, a resposta vibracional, e gerar um alarme se o tamanho das bolhas excede um limiar de tamanho pré-determinado, com o alarme indicando que a uma ou mais características de fluxo excederam uma tolerância de medição pré-determinada.

Aspectos da Invenção

15 Em um aspecto do medidor de fluxo vibratório, o sensor de tamanho das bolhas mede uma resposta das bolhas a uma vibração de uma ou mais bolhas no material fluido.

Em outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, o sensor de tamanho das bolhas vibra o material fluido e subsequentemente mede uma
20 resposta das bolhas à vibração.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, o sensor de tamanho das bolhas vibra acusticamente o material fluido e subsequentemente mede uma resposta das bolhas à vibração.

25 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, o sensor de vibração de bolhas é separado e independente do conjunto de medidor de fluxo.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, o sensor de vibração de bolhas é formado como parte do conjunto de medidor de fluxo.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, o sensor de vibração de bolhas compreende pelo menos um sensor de desvio do conjunto de medidor de fluxo.

5 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, determinar o tamanho das bolhas compreende determinar o tamanho das bolhas de uma bolha substancialmente maior no material fluido.

10 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, determinar o tamanho das bolhas ainda compreende determinar o tamanho de bolha das bolhas no material fluido que estão acima de um limiar de tamanho pré-determinado.

15 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, com a eletrônica do medidor sendo ainda configurada para gerar um alarme se o tamanho das bolhas excede um limiar de tamanho pré-determinado, com o alarme indicando que a uma ou mais características de fluxo excederam uma tolerância de medição pré-determinada.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, ainda compreende gerar uma saída do tamanho das bolhas .

20 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, ainda compreende gerar uma indicação de mudança de condições de fluxo se o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.

25 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, determinar uma ou mais características de fluxo ainda compreende determinar uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas somente se o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, gerar o alarme ainda compreende gerar uma saída do tamanho das bolhas indicando o tamanho das bolhas.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, gerar o alarme ainda compreende gerar uma saída do tamanho das bolhas de uma bolha substancialmente maior no material fluido.

5 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, gerar o alarme ainda compreende gerar uma indicação de mudança de condições de fluxo se o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.

10 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, a eletrônica do medidor é ainda configurada para determinar uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas.

Em um aspecto do método, determinar o tamanho das bolhas compreende determinar o tamanho das bolhas de uma bolha substancialmente maior no material fluido.

15 Em outro aspecto do método, determinar o tamanho das bolhas ainda compreende determinar o tamanho de bolha das bolhas no material fluido que estão acima de um limiar de tamanho pré-determinado.

20 Em ainda outro aspecto do método, o método ainda compreende gerar um alarme se o tamanho das bolhas excede um limiar de tamanho pré-determinado, com o alarme indicando que a uma ou mais características de fluxo excederam uma tolerância de medição pré-determinada.

Em ainda outro aspecto do método, ainda compreende gerar uma saída do tamanho das bolhas.

25 Em ainda outro aspecto do método, o método ainda compreende gerar uma indicação de mudança de condições de fluxo se o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.

Em ainda outro aspecto do método, determinar a característica de fluxo ainda compreende determinar uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas somente se

o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.

Em ainda outro aspecto do método, gerar o alarme ainda compreende gerar uma saída do tamanho das bolhas.

Em ainda outro aspecto do método, gerar o alarme ainda
5 compreende gerar uma indicação de mudança de condições de fluxo se o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.

Em ainda outro aspecto do método, o método ainda compreende determinar uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho da bolha.

10 Em ainda outro aspecto do método, determinar uma ou mais características de fluxo ainda compreende determinar a uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas somente se o tamanho da bolha exceder o limiar de tamanho pré-determinado.

15 **Descrição dos Desenhos**

Figura 1 mostra um medidor de fluxo compreendendo um conjunto de medidor de fluxo e eletrônica do medidor.

Figura 2 mostra um medidor de fluxo vibratório de acordo com uma forma de realização da invenção.

20 Figura 3 mostra um fluxograma de um método de correção para gás arrastado em um material fluido em um medidor de fluxo vibratório.

Figura 4 é um gráfico de distribuição estatística de tamanho das bolhas em um material fluido.

25 Figura 5 mostra uma bolha de raio R movimentando-se com relação a um material de fluxo fluido.

Figura 6 mostra o volume de fluido deslocado e a bolha antes e após deslizamento no material de fluxo fluido.

Figura 7 mostra um fluxograma de um método de correção para

gás arrastado em um material fluido em um medidor de fluxo vibratório.

Figura 8 mostra um medidor de fluxo vibratório de acordo com uma forma de realização da invenção.

Figura 9 mostra um medidor de fluxo vibratório de acordo com
5 uma forma de realização da invenção.

Descrição Detalhada da Invenção

Figuras 1-9 e descrição seguinte mostram exemplos específicos para ensinar ao versado na técnica como realizar e usar a melhor forma de realização da invenção. Para o fim de ensinar os princípios inventivos, alguns
10 aspectos convencionais foram simplificados ou omitidos. O versado na técnica irá apreciar variações destes exemplos que estão dentro do escopo da invenção. O versado na técnica irá apreciar que os aspectos descritos abaixo podem ser combinados em vários modos para formar as variações múltiplas da invenção. Como um resultado, a invenção não é limitada aos exemplos
15 específicos descritos abaixo, mas somente pelas reivindicações e seus equivalentes.

Figura 1 mostra um medidor de fluxo 5 compreendendo um conjunto de medidor de fluxo 10 e eletrônica do medidor 20. A eletrônica do medidor 20 é conectada ao conjunto de medidor 10 através de condutores 100
20 e é configurada para prover medições de um ou mais dentre densidade, taxa de fluxo de massa, taxa de fluxo de volume, fluxo de massa totalizado, temperatura, e outra informação sobre um trajeto de comunicação 26. Será evidente para o versado na técnica que a presente invenção pode ser usada em qualquer tipo de medidor de fluxo Coriolis sem levar em conta o número de
25 acionadores, sensores de desvio, condutos de fluxo e o modo de vibração de operação. Além disso, deve ser reconhecido que o medidor de fluxo 5 pode compreender alternativamente um densitômetro vibratório.

O conjunto de medidor de fluxo 10 inclui um par de flanges 101

e 101', distribuidores 102 e 102', um acionador 104, sensores de desvio 105 e 105', e condutos de fluxo 103A e 103B. O acionador 104 e os sensores de desvio 105 e 105' são conectados aos condutos de fluxo 103A e 103B.

Em uma forma de realização, os condutos de fluxo 103A e 103B compreendem substancialmente condutos de fluxo em formato de U, como
5 mostrado. Alternativamente, em outras formas de realização, os condutos de fluxo podem compreender condutos de fluxo substancialmente retos. No entanto, outros formatos podem também ser usados, e estão dentro do escopo da descrição e reivindicações.

Os flanges 101 e 101' são fixados aos distribuidores 102 e 102'. Os distribuidores 102 e 102' podem ser fixados às extremidades opostas de um espaçador 106. O espaçador 106 mantém o espaçamento entre os distribuidores 102 e 102' a fim de prevenir vibrações indesejadas nos condutos de fluxo 103A e 103B. Quando o conjunto de medidor de fluxo 10 é
10 inserido em um sistema de conduto (não mostrado) que transporta o material fluido sendo medido, o material fluido entra no conjunto de medidor de fluxo 10 através do flange 101, passa através do distribuidor de entrada 102 onde a quantidade total de material fluido é direcionada para entrar nos condutos de fluxo 103A e 103B, flui através dos condutos de fluxo 103A e 103B e volta
15 ao distribuidor de saída 102', onde ele sai do conjunto de medidor 10 através do flange 101'.

Os condutos de fluxo 103A e 103B são selecionados e apropriadamente montados no distribuidor de entrada 102 e no distribuidor de saída 102' assim como para ter substancialmente a mesma distribuição de
25 massa, momentos de inércia, e módulos elásticos em torno dos eixos de curvatura W--W e W'--W' respectivamente. Os condutos de fluxo 103A e 103B estendem-se voltados para fora a partir dos distribuidores 102 e 102' em um modo essencialmente paralelo.

Os condutos de fluxo 103A e 103B são acionados pelo acionador 104 em direções opostas em torno dos eixos de curvatura respectivos W e W' e em que é chamado o primeiro dentre o modo de curvatura de fase do medidor de fluxo vibratório 5. O acionador 104 pode compreender uma dentre

5 muitas disposições bem conhecidas, como um ímã montado no conduto de fluxo 103A e uma bobina oposta montada no conduto de fluxo 103B. Uma corrente alternada é passada através da bobina oposta para levar ambos os condutos a oscilar. Um sinal de acionamento apropriado é aplicado pela eletrônica do medidor 20 ao acionador 104 via o fio condutor 110.

10 A eletrônica do medidor 20 recebe sinais dos sensores nos fios condutores 111 e 111', respectivamente. A eletrônica do medidor 20 produz um sinal de acionamento no fio condutor 110 que leva o acionador 104 a oscilar os condutos de fluxo 103A e 103B. A eletrônica do medidor 20 processa os sinais de velocidade à esquerda e à direita a partir dos sensores de

15 desvio 105 e 105' a fim de computar a taxa de fluxo de massa. O trajeto de comunicação 26 provê um meio de entrada e um de saída que permite à eletrônica do medidor 20 fazer interface com um operador ou outros sistemas eletrônicos. A descrição da Figura 1 é dada apenas como um exemplo da operação de um medidor de fluxo Coriolis e não se destina a limitar os

20 ensinamentos da presente invenção.

Um problema comum em medições de uma ou mais características de fluxo surge quando se tem ar arrastado (ou qualquer gás) no material fluido. O gás arrastado pode estar presente como bolhas de tamanho variado. Quando as bolhas são relativamente pequenas, elas têm um efeito

25 negligenciável sobre as medições de fluxo. No entanto, à medida que o tamanho da bolha aumenta, o erro na medição de fluxo também aumenta.

Figura 2 mostra um medidor de fluxo vibratório 99 de acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo vibratório 99

inclui um conjunto de medidor de fluxo 10, um sensor de tamanho das bolhas 50, e eletrônica do medidor 20. As eletrônicas do medidor 20 são acopladas ao conjunto de medidor de fluxo 10 pelos fios condutores 100. As eletrônicas do medidor 20 são acopladas ao sensor de tamanho das bolhas 50 por um ou mais fios condutores 51 na forma de realização mostrada nesta figura. O conjunto de medidor de fluxo 10 e o sensor de tamanho das bolhas 50 podem ser acoplados a um conduto 90 que está conduzindo um material fluido. O material fluido pode compreender um fluxo de duas fases ou multifase.

O medidor de fluxo 99 gera uma medição de característica de fluxo melhorada. A medição de característica de fluxo é melhorada na presença de bolhas de gás arrastadas no material fluido. Por exemplo, o medidor de fluxo 99 pode gerar uma medição de densidade melhorada para um material fluido. No entanto, deve ser entendido que o medidor de fluxo 99 pode adicionalmente prover uma medição de taxa de fluxo do material fluido. Como um resultado, o medidor de fluxo 99 pode compreender um densitômetro vibratório e/ou um medidor de fluxo Coriolis. Outras medições adicionais de fluxo podem ser geradas e estão dentro do escopo da descrição e reivindicações.

A eletrônica do medidor 20 em uma forma de realização é configurada para vibrar os condutos de fluxo 103A e 103B. A vibração é realizada pelo acionador 104. A eletrônica do medidor 20 ainda recebe sinais de vibração resultantes a partir dos sensores de desvios 105 e 105'. Os sinais de vibração compreendem uma resposta vibracional dos condutos de fluxo 103A e 103B. A eletrônica do medidor 20 processa a resposta vibracional e determina uma ou mais características de fluxo, tais como uma densidade, uma taxa de fluxo de massa e/ou de volume, etc.

O sensor de tamanho das bolhas 50 pode compreender uma parte integrante do medidor de fluxo vibratório 99 e pode ser formado como parte

do conjunto de medidor de fluxo 10. Alternativamente, o sensor de tamanho das bolhas 50 pode compreender um componente separado que é separado e independente do conjunto de medidor de fluxo 10. Em outra alternativa, o sensor de tamanho das bolhas 50 pode ser parte do conjunto de medidor de
 5 fluxo 10 e pode compreender pelo menos um sensor de desvio 105 e/ou 105' do conjunto de medidor de fluxo 10.

O sensor de tamanho das bolhas 50 é configurado para gerar um sinal de medição das bolhas para o material fluido. O sensor de tamanho das bolhas 50 pode medir uma resposta das bolhas a uma vibração de uma ou
 10 mais bolhas no material fluido e gerar o sinal de medição das bolhas a partir da resposta vibracional das bolhas. O sensor de tamanho das bolhas 50 pode passivamente detectar as vibrações das bolhas. Alternativamente, o sensor de tamanho das bolhas 50 pode vibrar o material fluido e pode subsequentemente medir uma resposta das bolhas à vibração.

15 As vibrações em algumas formas de realização compreendem vibrações acústicas. Alternativamente, em outras formas de realização as vibrações não são acústicas.

O sensor de tamanho das bolhas 50 em algumas formas de realização compreende um dispositivo ativo que tanto gera como detecta
 20 vibrações. O sensor de tamanho das bolhas 50 nesta forma de realização pode vibrar um conduto de fluxo correspondente ou material fluido e pode receber vibrações resultantes. As vibrações induzidas podem ser analisadas para determinar os tamanhos das bolhas de gás arrastado no material fluido. O sensor de tamanho das bolhas 50 pode alternativamente vibrar o fluido
 25 diretamente, tal como através de uma abertura em um conduto. Alternativamente, em outras formas de realização o sensor de tamanho das bolhas 50 compreende um dispositivo passivo que meramente detecta e recebe vibrações. O sensor de tamanho das bolhas 50 pode detectar vibrações

de um conduto, incluindo um conduto do conjunto de medidor de fluxo 10, por exemplo, pode diretamente detectar vibrações do material fluido. O sensor de tamanho das bolhas 50 pode receber vibrações geradas pelo fluxo do material fluido, onde as vibrações podem ser processadas a fim de determinar um tamanho ou os tamanhos de bolhas.

O conjunto de medidor de fluxo 10 é configurado para gerar uma resposta vibracional para o material fluido. A eletrônica do medidor 20 pode receber e processar o sinal de medição das bolhas e a resposta vibracional a fim de determinar um tamanho das bolhas, dentre outras coisas. A eletrônica do medidor 20 pode receber e processar o sinal de medição das bolhas e a resposta vibracional a fim de determinar um tamanho de bolha de bolhas no material fluido acima de um limiar de tamanho pré-determinado. A eletrônica do medidor 20 pode receber e processar o sinal de medição das bolhas e a resposta vibracional a fim de determinar um tamanho de bolha de uma bolha substancialmente maior no material fluido.

A eletrônica do medidor 20 pode receber e processar o sinal de medição das bolhas e a resposta vibracional a fim de determinar uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas (ver Figura 3 e a discussão de acompanhamento). Alternativamente, a eletrônica do medidor 20 pode receber e processar o sinal de medição das bolhas e a resposta vibracional a fim de gerar um alarme se o tamanho das bolhas excede um limiar de tamanho pré-determinado (ver Figura 7 e a discussão de acompanhamento). O alarme pode indicar, assim, que a característica de fluxo excedeu uma tolerância de medição pré-determinada.

A eletrônica do medidor 20 pode gerar uma saída do tamanho das bolhas. Em algumas formas de realização, uma saída do tamanho das bolhas compreende um tamanho de uma ou mais bolhas. Em algumas formas de

realização, uma saída do tamanho das bolhas compreende um tamanho de bolha de uma bolha substancialmente maior no material fluido. A saída do tamanho das bolhas pode ser armazenada e ou transferida a um operador ou pode ser transferida a um local ou dispositivo remoto.

5 A eletrônica do medidor 20 pode gerar uma indicação de mudança de condições de fluxo se o tamanho das bolhas excede um limiar de tamanho pré-determinado. A indicação de mudança de condições de fluxo pode induzir um operador ou técnico a mudar as condições de fluxo no medidor de fluxo 99, tal como mudando uma taxa de fluxo, uma pressão de
10 fluxo, ou outras condições de fluxo.

 A eletrônica do medidor 20 pode determinar uma ou mais características de fluxo com base no tamanho das bolhas. Por exemplo, o tamanho das bolhas pode estar correlacionado a um valor de fração vazio e a taxa do fluxo de massa ou taxa do fluxo de volume pode ser ajustada
15 adequadamente. Em algumas formas de realização, a eletrônica do medidor 20 determina uma ou mais características de fluxo somente se o tamanho das bolhas excede um limiar de tamanho pré-determinado.

 O modelo de fluidos compreende as equações de movimento de uma partícula esférica em um fluxo oscilatório, tal como em Clift R., Grace
20 J.R., e Weber M.E., *Bubbles, Drops and Particles*, N.Y., Academic Press, 1978, p. 306-314, incorporado aqui por referência. Essas equações foram encontradas resolvendo as equações de Stokes variáveis e então usando correlações empíricas para os vários termos para ter em contar maiores
números de Reynolds, como pode ser encontrado em algumas aplicações de
25 medidor Coriolis.

 Figura 3 mostra um fluxograma 300 de um método de correção para gás arrastado em um material fluido em um medidor de fluxo vibratório. Na etapa 301, um tamanho das bolhas é determinado através de uma medição

de tamanho das bolhas de uma ou mais bolhas no material fluido. Um sensor de vibração de bolha pode ser usado para determinar o tamanho das bolhas. O tamanho das bolhas pode ser determinado usando uma medição vibratória de tamanho das bolhas ou uma medição acústica de tamanho das bolhas, como
5 previamente discutido. A medição do tamanho das bolhas é discutida em detalhes abaixo, após a discussão do fluxograma 300.

O tamanho das bolhas em algumas formas de realização compreende um tamanho instantâneo das bolhas. O tamanho das bolhas em algumas formas de realização compreende um tamanho das bolhas
10 substancialmente médio. O tamanho das bolhas em algumas formas de realização compreende uma medição de tamanho de bolha de bolhas acima do limiar de tamanho pré-determinado. O tamanho das bolhas em algumas formas de realização compreende um tamanho de bolhas substancialmente maior. O tamanho de bolhas substancialmente maior pode ser usado porque
15 bolhas maiores no material fluido terão influência e impacto maiores nas características de fluxo medidas.

Na etapa 302, a resposta vibracional é gerada vibrando um conjunto de tubo de fluxo. A resposta vibracional variará de acordo com o fluxo do material fluido no conjunto de tubo de fluxo.

20 Na etapa 303, uma ou mais características de fluxo são determinadas usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas. Uma ou mais características de fluxo podem incluir uma densidade do material fluido, por exemplo. Uma ou mais características de fluxo podem incluir uma taxa de fluxo de massa do material fluido, por exemplo. No
25 entanto, outras características de fluxo são contempladas e estão dentro do escopo da descrição e reivindicações.

A determinação pode fornecer um nível elevado de precisão de uma ou mais características de fluxo. Por exemplo, uma medição de

densidade tem sido conhecida como sendo afetada por gás arrastado em um material fluido líquido, também conhecido como uma condição de fluxo de duas fases, e conseqüentemente a densidade pode ser determinada de modo mais preciso e confiável usando o tamanho das bolhas. O tamanho das bolhas (e opcionalmente uma contagem de bolhas) pode ser usado para determinar um volume de gás substancialmente instantâneo no material fluido. O volume de gás pode ser subtraído de uma taxa de fluxo de volume substancialmente instantânea.

Em algumas formas de realização, a etapa de determinação pode ser baseada em um tamanho atual das bolhas. Por exemplo, se bolhas detectadas não forem maiores do que um limiar de tamanho pré-determinado, então a determinação pode ser opcionalmente realizada usando apenas a resposta vibracional. De modo inverso, quando o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado, então a etapa de determinação pode usar pelo menos a resposta vibracional e o tamanho das bolhas. Um limiar pode ser estabelecido de modo que a etapa de determinação é feita apenas quando o efeito do tamanho das bolhas e gás arrastado torna-se significativo.

Medidores Coriolis requerem que o material fluido movimente-se completamente com os condutos de fluxo durante oscilação. Quando bolhas de gás são introduzidas, esta suposição não é mais válida conforme existe pelo menos algum movimento relativo, ou desacoplamento, entre as duas fases. O modelo de fluidos para prognosticar o comportamento de fluidos moventes pode prognosticar efeitos de desacoplamento em um medidor Coriolis. Além disso, o modelo de fluidos pode ser usado para compensar o gás arrastado no material fluido onde o tamanho das bolhas é conhecido.

Tamanho das bolhas em um tubo ou conduto é uma função complexa da geometria da linha, da taxa de fluxo, e de outras propriedades de fluido. A distribuição exata das bolhas dentro do medidor pode ser medida em

uma base de tempo real e o modelo de fluidos pode ser usado para compensar para erros de desacoplamento e pode possibilitar melhoras em medições de gás arrastado.

Várias empresas oferecem uma medição do tamanho das bolhas com base em acústica de fluxo multifase, incluindo o espectrômetro acústico de bolhas ABS fornecido por DynaFlow, Inc., de Jessup, Maryland, e incluindo o produto StreamTone proveniente de CSIRO Manufacturing & Materials Technology de Clayton, Austrália. O princípio de medição é muito simples. Cada bolha oscila radialmente em sua frequência natural quando atingida por distúrbios de pressão no fluxo ou distúrbios de pressão a partir de fontes externas. A frequência de oscilação (ω) do primeiro modo é primariamente uma função do tamanho das bolhas como a seguir:

$$\omega = \frac{1}{a} \sqrt{\frac{3\gamma p}{\rho}} \quad (1)$$

Onde o termo (a) é o raio da bolha, o termo (ρ) é a densidade de líquido do material fluido, o termo (γ) é a razão de calor específico do material fluido, e o termo (p) é a pressão do líquido. A medição compreende excitar uma bolha, ou com fluxo turbulento ou por excitação ativa em certas frequências, e então receber e analisar as frequências retornadas.

A medição vibracional de tamanho das bolhas pode não ser altamente precisa ou confiável para bolhas menores. No entanto, pode ser desejável medir apenas bolhas acima de determinado tamanho, como as bolhas menores de gás demonstram um efeito negligenciável sobre a precisão do medidor de fluxo.

Figura 4 é um gráfico de uma distribuição estatística de tamanho das bolhas em um material fluido. A distribuição de bolha em um duto é comumente conhecida como sendo bem descrita por uma distribuição log-normal, sendo inclinada significativamente para diâmetros menores. Como

será mostrado abaixo, isto é benéfico porque significa que existem apenas algumas bolhas grandes contendo a maioria do volume de gás. Como com uma distribuição normal, o desvio médio e padrão devem ser conhecidos para definir o formato da distribuição. Para os seguintes desenvolvimentos, estes
5 parâmetros representam fluxos de água e gás típicos em taxas de fluxo moderadas.

Existem dois aspectos controladores com relação ao erro de desacoplamento em um medidor de fluxo Coriolis. O medidor é afetado pelo volume de gás no medidor porque este volume determina a quantidade de
10 fluido desacoplado quando movimento relativo ocorre entre as duas fases. Em outras palavras, o medidor não se importa com quantas bolhas existem, mas é afetado pelo volume de fluido que estas bolhas deslocam. Segundo, se uma dada bolha é tão pequena que não desacopla do fluido, então ela não causará quaisquer erros e não necessita ser considerada. Apenas as bolhas maiores
15 importarão a partir de uma perspectiva de desacoplamento. O efeito de uma bolha de diâmetro de 5 mm pode causar um erro maior no medidor do que centenas de bolhas de 0,5 mm.

A partir de uma perspectiva de volume, somente as poucas bolhas maiores na distribuição importam porque estas contêm quase todo o
20 volume total. Isto é intuitivo porque o volume de uma esfera é o cubo de seu raio.

No entanto, há outra mudança para os maiores tamanhos de bolha quando o desacoplamento real prognosticado pelo modelo de fluidos é considerado. O modelo prognostica que para tamanhos de bolha muito
25 pequenos, não haverá desacoplamento. Assim, para uma distribuição log-normal típica, que já está inclinada para tamanhos menores, muitas das bolhas na distribuição serão completamente travadas na etapa com o fluido e não causarão erro nas medições de densidade ou fluxo de massa.

Verificou-se que o tamanho das bolhas corresponde a uma frequência de oscilação da bolha. Consequentemente, o tamanho das bolhas pode ser determinado detectando-se uma resposta vibracional. Se apenas as bolhas mais significantes de dimensões maiores no fluxo forem desejadas para serem encontradas, então um sinal de frequência relativamente baixo em algum ponto na faixa de 800-2.000 Hz deve ser examinado. Isto está bem acima da maior parte de vibração devido a bombas e outros componentes. Como um resultado, a resposta vibracional recebida pode ser examinada para um aumento drástico no sinal recebido em algum ponto entre 800-2.000 Hz, que representaria as bolhas grandes no fluxo.

Assumindo que as características do líquido são conhecidas e os tamanhos das bolhas no medidor são conhecidos, a quantidade de movimento relativo (*isto é*, desacoplamento) ocorrendo no medidor pode ser calculada. Consequentemente, pode ser determinado quanto mais distante cada bolha está viajando do que o líquido, indicando exatamente quanto de fluido é deslocado de volta na outra direção em resposta ao movimento da bolha. Isto leva diretamente a uma determinação de erro de densidade e fração de vazio através de uma equação simples. O método compreende uma abordagem de centro de gravidade. Deve ser entendido que outros métodos são contemplados e estão dentro do escopo da descrição e reivindicações.

Figura 5 mostra uma bolha de raio R movimentando-se com relação a um material de fluxo fluido. A bolha compreende um corpo esférico em um meio fluido. O meio fluido está oscilando em sincronização com o tubo de fluxo. A partícula tem um raio R e move-se em uma distância total de (A_p) com cada oscilação do tubo a partir de zero até pico. O ponto de interesse é quão longe a bolha viaja através do fluido, e não seu movimento absoluto com relação a uma estrutura de laboratório de referência. Este movimento relativo pode ser definido como $(A_p - A_f)$, onde (A_f) é a

amplitude do meio fluido contínuo. A amplitude de fluido (A_f) é essencialmente a amplitude da vibração do tubo de fluxo, uma quantidade conhecida.

5 A figura mostra uma bolha movimentando-se da linha central do movimento do tubo (a posição esquerda na figura) para a amplitude máxima de vibração para um lado. O volume total afetado pela movimentação da partícula a partir de zero até a amplitude de pico através do fluido é:

$$\text{Volume afetado} = (A_p - A_f)(\pi R^2) + \frac{4}{3}\pi R^3 \quad (2)$$

10 No entanto, o volume real de líquido que se movimenta não inclui o volume da bolha de gás. Apenas o volume de líquido que se movimenta durante a vibração do tubo de fluxo é motivo de preocupação, e isto é dado como:

$$\text{Volume deslocado} = (A_p - A_f)(\pi R^2) \quad (3)$$

15 Usando este volume e a figura acima, pode ser visto que uma análise de centro de gravidade pode ser empregada para encontrar deslocamento médio do fluido no trajeto da bolha. A equação para o centro de gravidade do fluido deslocado antes da bolha movimentar-se a partir de zero a pico ($\bar{X}_{before}$) é:

$$\bar{X}_{antes} = \frac{2}{3}R + \frac{1}{2}(A_p - A_f) \quad (4)$$

20 A equação para o centro de gravidade do fluido deslocado após a bolha movimentar-se a partir de zero a pico ($\bar{X}_{after}$) é:

$$\bar{X}_{depois} = -\frac{2}{3}R + \frac{1}{2}(A_p - A_f) \quad (5)$$

Assim, um volume de $(\pi R^2(A_p - A_f))$ movimenta-se em uma distância média de $(-\frac{4}{3}R)$ para cada oscilação do tubo a partir de zero até

deslocamento de pico.

Figura 6 mostra o volume de fluido deslocado e bolha antes e após deslizamento no material de fluxo fluido. O termo (X) é o centro de gravidade do volume de fluido deslocado. A figura mostra a mudança no centro de gravidade (X) devido ao deslizamento. A mudança no centro de gravidade (X) ocorre em oposição à vibração do tubo de fluxo.

No entanto, conhecendo a quantidade de fluido que se movimenta para trás não é útil para determinar o efeito na medição de densidade. Ao contrário, o que é necessário é o volume equivalente que se movimentaria para trás na mesma distância que o tubo se movimenta para frente a fim de produzir a mesma mudança no centro de gravidade. Pode ser então assumido que este volume não está participando da oscilação do tubo e a massa contida no volume estará ausente a partir da medição de densidade. Isto compreende uma conservação de cálculo de volume, assumindo que a bolha não muda em volume durante a oscilação. O seguinte cálculo encontra o volume não participante.

$$X_{\text{calculado}} \nabla_{\text{calculado}} = (-A_f) \nabla_{\text{não participante}} \quad (6)$$

Ou:

$$\left(-\frac{4}{3}R\right) [\pi R^2 (A_p - A_f)] = (-A_f) \nabla_{\text{não participante}} \quad (7)$$

O volume não participante compreende o volume de partícula multiplicado por uma razão do deslocamento da partícula relativa para o deslocamento do tubo. Somando-se todas as partículas no tubo, o resultado pode ser atestado em termo de fração de vazio (Γ):

$$\nabla_{\text{não participante}} = \frac{4}{3} \pi R^3 \left(\frac{A_p - A_f}{A_f} \right) \quad (8)$$

Ou:

$$\nabla_{\text{não participante}} = \Gamma \left(\frac{A_p - A_f}{A_f} \right) \quad (9)$$

O resultado reflete uma esfera gasosa movimentando-se para direita ($A_p - A_f$) e uma esfera líquida movimentando-se na mesma distância para a esquerda. Os mesmos métodos e equações podem ainda ser usados para derivar o volume não participante.

5 Equações para a densidade real (ρ_{real}) e a densidade com desacoplamento ($\rho_{desacoplado}$) podem ser estabelecidas como a seguir:

$$\rho_{real} = \rho_f(1 - \Gamma) + \rho_p\Gamma \quad (10)$$

$$\rho_{desacoplado} = \rho_f(1 - \Gamma) + \rho_p\Gamma - \rho_f\Gamma\left(\frac{A_p - A_f}{A_f}\right) \quad (11)$$

10 Erro de densidade pode ser calculado como a diferença entre a densidade desacoplada e a densidade real dividido pela densidade real:

$$\rho_{erro} = \frac{\rho_{desacoplado} - \rho_{real}}{\rho_{real}} = \frac{\rho_f\Gamma}{\rho_f(\Gamma - 1) - \rho_p\Gamma}\left(\frac{A_p - A_f}{A_f}\right) \quad (12)$$

Esta equação diretamente fornece o erro de densidade desde que o movimento relativo das partículas, isto é, termos A_p , sejam conhecidos a partir do modelo de fluidos. A medição de tamanho das bolhas e características de fluxo de material fluido conhecidas fornecem a informação necessária para os modelos de fluido. Com esta informação, a saída de densidade do medidor pode ser corrigida. Além disso, a informação pode ainda ser usada para determinar a fração de vazio Γ , porque a densidade de líquido real já é conhecida a partir das características de fluxo do material fluido.

15

20

O uso de uma medição de tamanho das bolhas provê uma medição completamente independente que pode ser usada para detectar a presença de gás em uma forma muito robusta. A técnica não somente possibilita a detecção do gás, mas também fornece uma estimativa de quanto o gás arrastado afeta as medições de fluxo.

25

Figura 7 mostra um fluxograma 700 de um método de correção para gás arrastado em um material fluido em um medidor de fluxo vibratório. Na etapa 701, um tamanho das bolhas é determinado, como previamente discutido.

5 Na etapa 702, uma resposta vibracional é gerada vibrando um conjunto de tubo de fluxo. Uma ou mais características de fluxo do material fluido são determinadas usando, pelo menos, uma resposta vibracional. A determinação pode ainda incluir usar o tamanho das bolhas.

10 Na etapa 703, o tamanho das bolhas é comparado a uma limiar de tamanho pré-determinado. O limiar de tamanho pré-determinado em algumas formas de realização pode compreender um limiar aceitável de gás arrastado. Se o tamanho das bolhas for menor do que ou igual ao limiar de tamanho pré-determinado, então o tamanho das bolhas é aceitável e o método ramifica-se em volta da etapa 704 e termina. Se o tamanho das bolhas for maior do que o
15 limiar de tamanho pré-determinado, então o tamanho das bolhas é inaceitável e o método prossegue para a etapa 704.

Na etapa 704, um alarme é gerado. O alarme indica que uma ou mais características de fluxo excederam uma tolerância de medição pré-determinada. Por exemplo, se as bolhas forem muito grandes, então uma
20 medição de densidade do material fluido pode ser adversamente impactada e pode ser inaceitavelmente precisa devido a gás arrastado. Outras características de fluxo também podem ser degradadas pelo gás arrastado.

A geração do alarme pode incluir configurar uma condição de alarme na eletrônica do medidor 20. A geração do alarme pode incluir
25 transferir uma condição de alarme ou indicação a outros dispositivos, tal como a um sistema de monitoramento. A geração do alarme pode incluir gerar qualquer maneira de alarme visual ou áudio.

A geração do alarme pode ainda incluir transferir, exibir, ou de

outra forma indicar o tamanho das bolhas, tal como gerando uma saída do tamanho das bolhas . O tamanho das bolhas pode compreender um maior tamanho das bolhas. Alternativamente, a saída do tamanho das bolhas pode compreender um tamanho das bolhas representativo ou um tamanho das bolhas médio.

Em algumas formas de realização, a geração do alarme pode ainda compreender gerar uma indicação de mistura que indica uma necessidade de mudar as condições de fluxo. Em algumas formas de realização, a geração do alarme pode ainda compreender mudar as condições de fluxo. Por exemplo, uma pressão de material fluido pode ser aumentada a fim de diminuir o erro de gás arrastado. Uma pressão aumentada pode reduzir o tamanho das bolhas. Alternativamente, a taxa de fluxo pode ser aumentada a fim de romper as bolhas e proporcionar uma ação de mistura. Em outra alternativa, uma ação de mistura pode ser iniciada a fim de romper as bolhas ou de outra forma reduzir o tamanho das bolhas. A indicação de mistura pode induzir uma mudança em condições de fluxo a fim de romper as bolhas ou de outra forma reduzir o tamanho das bolhas.

Figura 8 mostra um medidor de fluxo vibratório 99 de acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo vibratório 99 nesta forma de realização inclui a eletrônica do medidor 20 e o conjunto de medidor 10. O conjunto de medidor 10 compreende os condutos de fluxo 103A e 103B, o acionador 104, e o sensor de desvios 105 e 105'. O conjunto de medidor 10 é acoplado à eletrônica do medidor 20 pelos condutores 100, como acima. Além disso, o sensor de tamanho das bolhas 50 pode compreender uma porção do conjunto de medidor de fluxo 10 e pode ser acoplado à eletrônica do medidor 20 pela ligação 51. O sensor de tamanho das bolhas 50 desta forma de realização pode estar localizado em qualquer lugar no conjunto de medidor de fluxo 10 ou alternativamente pode estender-se em

um tubo de fluxo do conjunto de medidor de fluxo 10. Em algumas formas de realização, o sensor de tamanho das bolhas 50 pode compreender uma captador ou sensor de vibração fixado em ou parte de um conduto de fluxo.

Figura 9 mostra um medidor de fluxo vibratório 99 de acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo vibratório 99 nesta forma de realização emprega um dos sensores de desvio 105 como tanto um sensor de desvio como um sensor de tamanho das bolhas 50. Consequentemente, o conjunto de medidor de fluxo 10 é acoplado à eletrônica do medidor 20 pelos fios condutores 100. Os fios condutores 100 comunicam tanto a resposta vibracional como a medição de tamanho das bolhas.

O medidor de fluxo vibratório e método de acordo com a invenção podem ser empregados de acordo com quaisquer formas de realização a fim de proporcionar várias vantagens, se desejado. O medidor de fluxo vibratório e método podem ser empregados para determinar características de fluxo precisas. O medidor de fluxo vibratório e método podem ser empregados para determinar uma ou mais características de fluxo medidas quando gás arrastado está presente no material fluido. O medidor de fluxo vibratório e método podem ser empregados para determinar as características de fluxo obtidas a partir de um conjunto de medidor de fluxo somente se o tamanho das bolhas excede um limiar de tamanho.

O medidor de fluxo vibratório e método podem ser empregados para determinar um tamanho das bolhas. O medidor de fluxo vibratório e método podem ser empregados para determinar um volume de bolha. O medidor de fluxo vibratório e método podem ser empregados para determinar uma quantidade de gás arrastado, incluindo um volume de gás arrastado. O medidor de fluxo vibratório e método podem ser empregados para determinar uma fração de vazio no material fluido.

O medidor de fluxo vibratório e método podem ser empregados

- para determinar bolhas maiores do que um tamanho crítico. O medidor de fluxo vibratório e método podem ser empregados para determinar o volume de bolhas críticas. O medidor de fluxo vibratório e método podem ser empregados para gerar um alarme se o tamanho das bolhas excede um limiar de tamanho. O medidor de fluxo vibratório e método podem ser empregados para gerar uma saída do tamanho das bolhas. O medidor de fluxo vibratório e método podem ser empregados para gerar uma indicação de mudança de condições de fluxo se o tamanho das bolhas excede um limiar de tamanho.
- 5

REIVINDICAÇÕES

1. Medidor de fluxo vibratório (100) para correção para gás arrastado em um material fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

um conjunto de medidor de fluxo (10) configurado para gerar uma resposta vibracional para o material fluido;

um sensor de tamanho das bolhas (50) configurado para gerar um sinal de medição das bolhas para o material fluido; e

eletrônica do medidor (20) acoplada ao conjunto de medidor de fluxo (10) e ao sensor de tamanho das bolhas (50) e configurada para receber a resposta vibracional e o sinal de medição das bolhas, determinar um tamanho de bolha de bolhas no material fluido usando, pelo menos, o sinal de medição das bolhas, determinar uma ou mais características de fluxo do material fluido usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas.

2. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, com o sensor de tamanho das bolhas (50), medir uma resposta das bolhas a uma vibração de uma ou mais bolhas no material fluido.

3. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, com o sensor de tamanho das bolhas (50), vibrar o material fluido e subsequentemente medir uma resposta das bolhas à vibração.

4. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, com o sensor de tamanho das bolhas (50), vibrar acusticamente o material fluido e subsequentemente medir uma resposta das bolhas à vibração.

5. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, com o sensor de tamanho das bolhas (50),

ser separado e independente do conjunto de medidor de fluxo (10).

6. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, com o sensor de tamanho das bolhas (50), ser formado como parte do conjunto de medidor de fluxo (10).

5 7. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, com o sensor de tamanho das bolhas (50), compreender pelo menos um sensor de desvio (105) do conjunto de medidor de fluxo (10).

10 8. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, com a determinação do tamanho das bolhas, compreender determinar o tamanho das bolhas de uma bolha substancialmente maior no material fluido.

15 9. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, com a determinação do tamanho das bolhas, ainda compreender determinar o tamanho de bolha das bolhas no material fluido que estão acima de um limiar de tamanho pré-determinado.

20 10. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, com a eletrônica do medidor (20), ainda ser configurado para gerar um alarme do tamanho das bolhas exceder um limiar de tamanho pré-determinado, com o alarme indicando que a uma ou mais características de fluxo excederam uma tolerância de medição pré-determinada.

25 11. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda compreender gerar uma saída do tamanho das bolhas .

12. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda compreender gerar uma indicação de mudança de condições de fluxo se o tamanho das bolhas excede

o limiar de tamanho pré-determinado.

13. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, com determinação de uma ou mais características de fluxo, ainda compreender determinar a uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas somente se o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.

14. Medidor de fluxo vibratório (100) para correção para gás arrastado em um material fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

um conjunto de medidor de fluxo (10) configurado para gerar uma resposta vibracional para o material fluido;

um sensor de tamanho das bolhas (50) configurado para gerar um sinal de medição das bolhas para o material fluido; e

eletrônica do medidor (20) acoplada ao conjunto de medidor de fluxo (10) e ao sensor do tamanho das bolhas (50) e configurada para receber a resposta vibracional e o sinal de medição das bolhas, determinar um tamanho de bolha de bolhas no material fluido usando, pelo menos, o sinal de medição das bolhas, determinar uma ou mais características de fluxo do material fluido usando, pelo menos, a resposta vibracional, e gerar um alarme se o tamanho das bolhas excede um limiar de tamanho pré-determinado, com o alarme indicando que a uma ou mais características de fluxo excederam uma tolerância de medição pré-determinada.

15. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por, com o sensor de tamanho das bolhas (50), medir uma resposta das bolhas a uma vibração de uma ou mais bolhas no material fluido.

16. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por, com o sensor de tamanho das bolhas (50),

vibrar o material fluido e subsequentemente medir uma resposta das bolhas à vibração.

17. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por, com o sensor de tamanho das bolhas (50),
5 vibrar acusticamente o material fluido e subsequentemente medir uma resposta das bolhas à vibração.

18. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por, com o sensor de tamanho das bolhas (50), ser separado e independente do conjunto de medidor de fluxo (10).

10 19. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por, com o sensor de tamanho das bolhas (50), ser formado como parte do conjunto de medidor de fluxo (10).

20. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por, com o sensor de tamanho das bolhas (50),
15 compreender pelo menos um sensor de desvio (105) do conjunto de medidor de fluxo (10).

21. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por, com a determinação do tamanho das bolhas, compreender determinar o tamanho das bolhas de uma bolha
20 substancialmente maior no material fluido.

22. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por, com a determinação do tamanho das bolhas, ainda compreender determinar o tamanho de bolha das bolhas no material fluido que estão acima de um limiar de tamanho pré-determinado.

25 23. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por, com a geração do alarme, ainda compreender gerar uma saída do tamanho das bolhas.

24. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a

reivindicação 14, caracterizado por, com a geração do alarme, ainda compreender gerar uma indicação de mudança de condições de fluxo se o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.

5 25. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por, com a eletrônica do medidor (20), ser ainda configurado para determinar uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas.

10 26. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 25, caracterizado por, com a determinação de uma ou mais características de fluxo, ainda compreender determinar uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas somente se o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.

15 27. Método de correção para gás arrastado em um material fluido em um medidor de fluxo vibratório, o método caracterizado pelo fato de compreender:

 determinar um tamanho de bolha de bolhas no material fluido usando, pelo menos, uma medição vibracional do material fluido;

20 gerar uma resposta vibracional vibrando um conjunto de tubo de fluxo; e

 determinar uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas.

25 28. Método de acordo com a reivindicação 27, caracterizado por, com determinação do tamanho das bolhas, compreender determinar o tamanho das bolhas de uma bolha substancialmente maior no material fluido.

 29. Método de acordo com a reivindicação 27, caracterizado por, com determinação do tamanho das bolhas, ainda compreender determinar o tamanho de bolha das bolhas no material fluido que estão acima de um limiar

de tamanho pré-determinado.

30. Método de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de ainda compreender gerar um alarme se o tamanho das bolhas excede um limiar de tamanho pré-determinado, com o alarme indicando que a uma ou mais características de fluxo excederam uma tolerância de medição pré-determinada.

31. Método de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de ainda compreender gerar uma saída do tamanho das bolhas .

32. Método de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de ainda compreender gerar uma indicação de mudança de condições de fluxo se o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.

33. Método de acordo com a reivindicação 27, caracterizado por, com determinação da característica de fluxo, ainda compreender determinar uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas somente se o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.

34. Método de correção para gás arrastado em um material fluido em um medidor de fluxo vibratório, o método caracterizado pelo fato de compreender:

determinar um tamanho de bolha de bolhas no material fluido usando, pelo menos, uma medição vibracional do material fluido;

gerar uma resposta vibracional por vibração de um conjunto de tubo de fluxo e determinar uma ou mais características de fluxo do material fluido usando, pelo menos, a resposta vibracional; e

gerar um alarme se o tamanho das bolhas excede um limiar de tamanho pré-determinado, com o alarme indicando que a uma ou mais características de fluxo excederam uma tolerância de medição pré-determinada.

35. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado por, com determinação do tamanho das bolhas, compreender determinar o tamanho das bolhas de uma bolha substancialmente maior no material fluido.

36. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado por, com determinação do tamanho das bolhas, ainda compreender determinar o tamanho de bolha das bolhas no material fluido que estão acima de um limiar de tamanho pré-determinado.

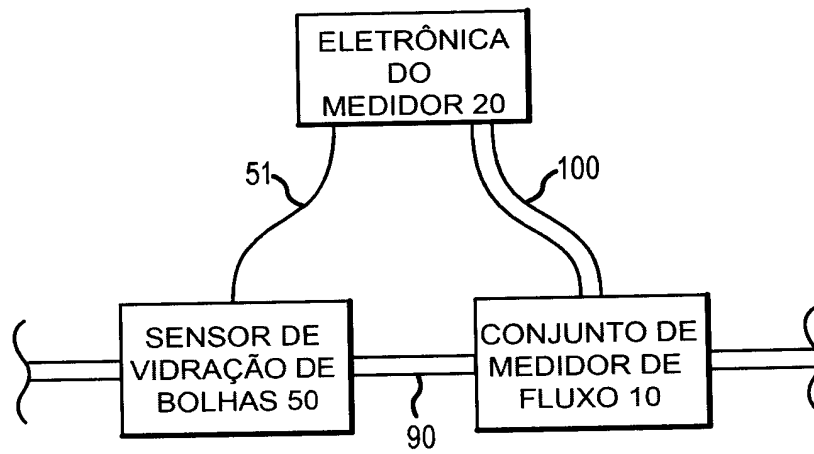
37. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado por, com geração do alarme, ainda compreender gerar uma saída do tamanho das bolhas .

38. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado por, com geração do alarme, ainda compreender gerar uma indicação de mudança de condições de fluxo se o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.

39. Método de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de ainda compreender determinar uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas.

40. Método de acordo com a reivindicação 39, caracterizado por, com determinação de uma ou mais características de fluxo, ainda compreender determinar uma ou mais características de fluxo usando, pelo menos, a resposta vibracional e o tamanho das bolhas somente se o tamanho das bolhas excede o limiar de tamanho pré-determinado.





99 ↗

FIG. 2

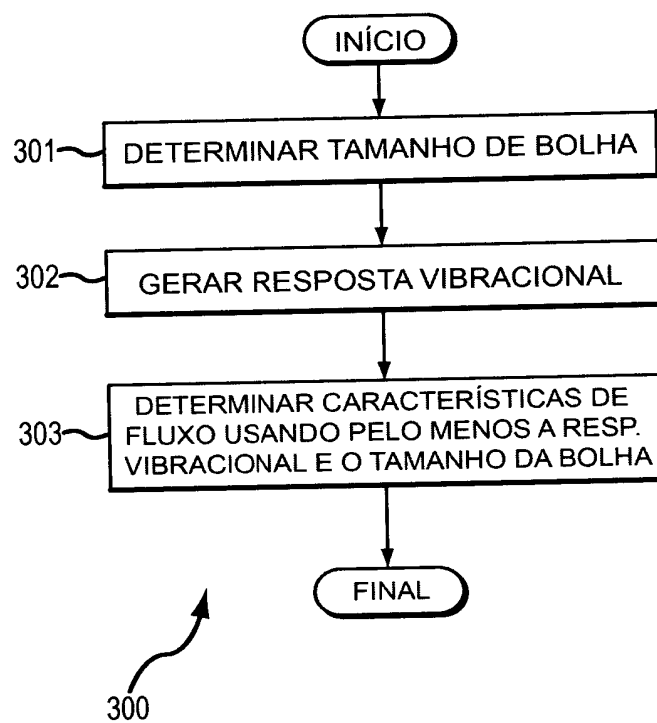


FIG. 3

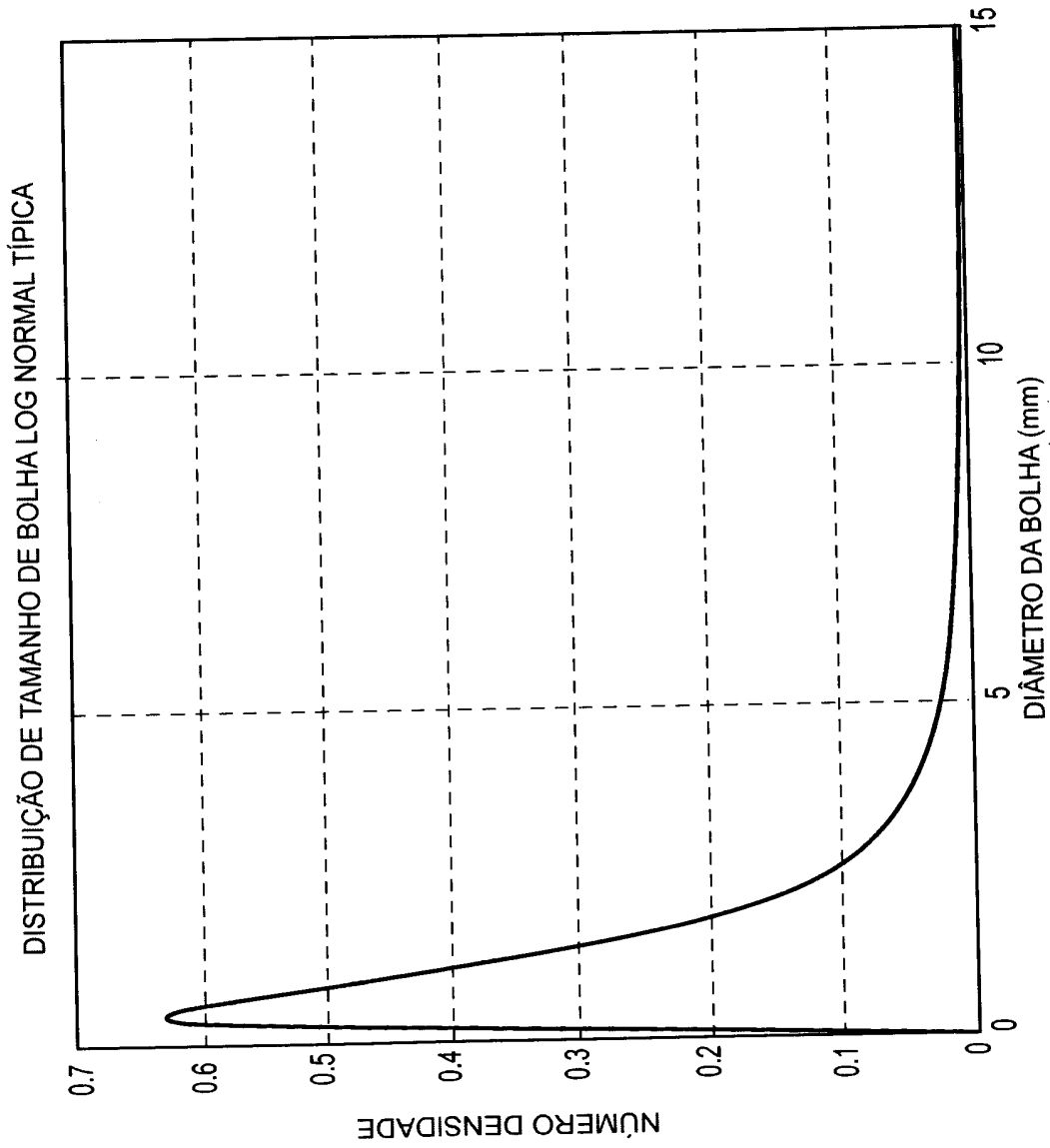


FIG. 4

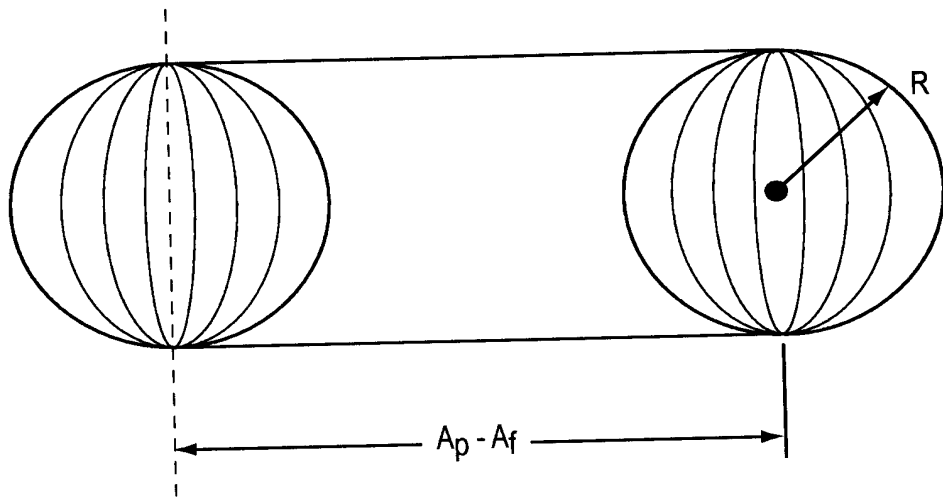


FIG. 5

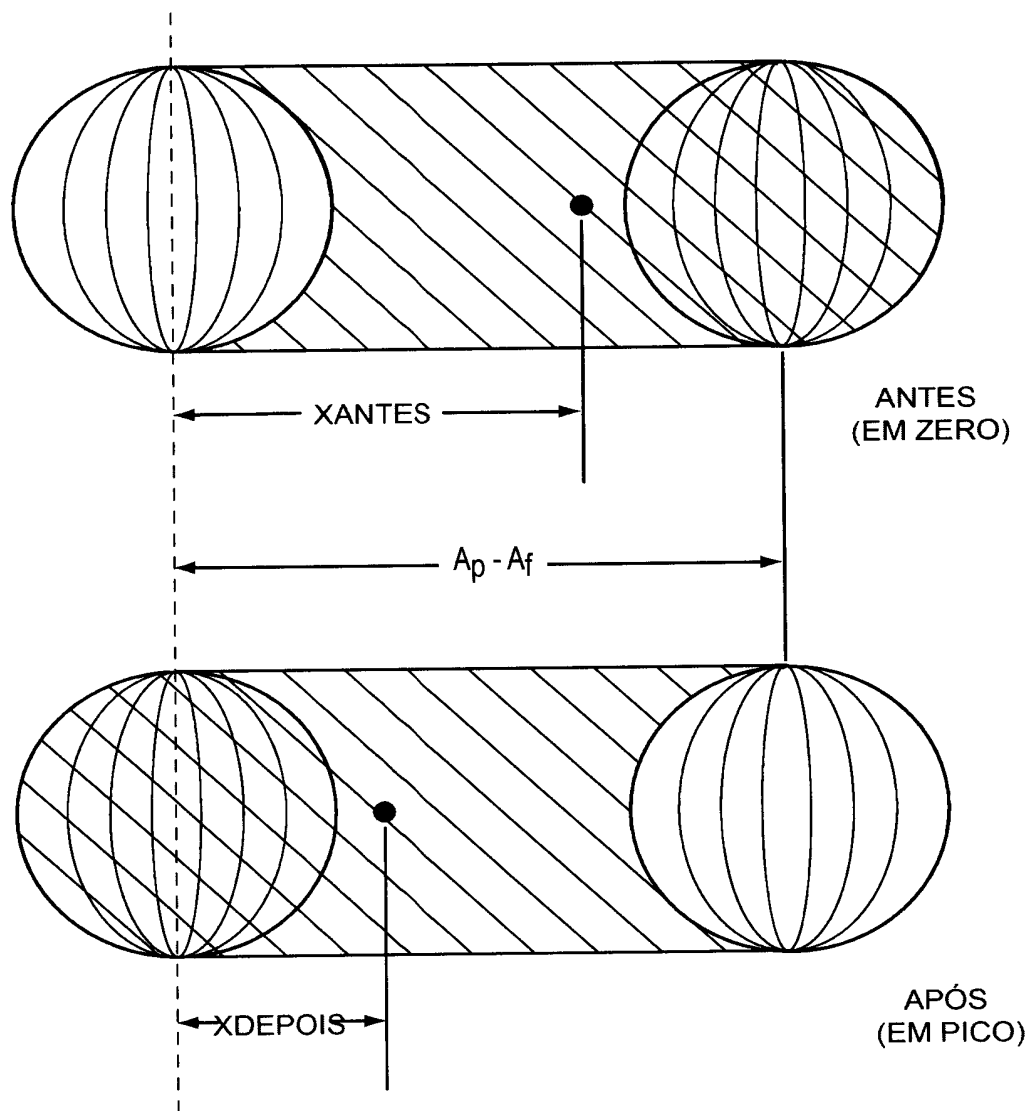


FIG. 6

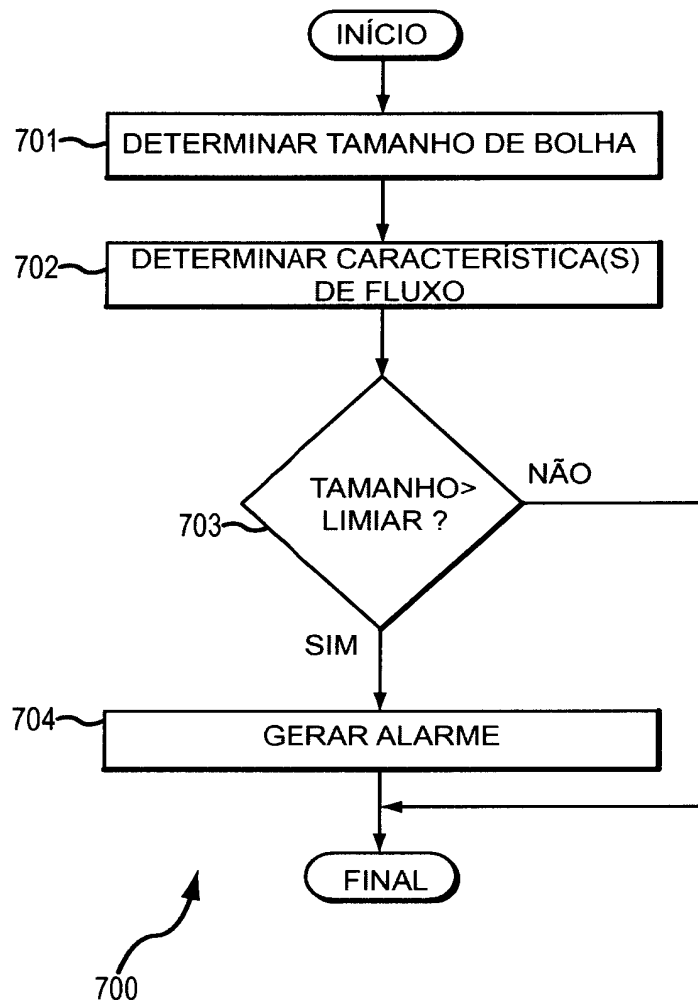


FIG. 7

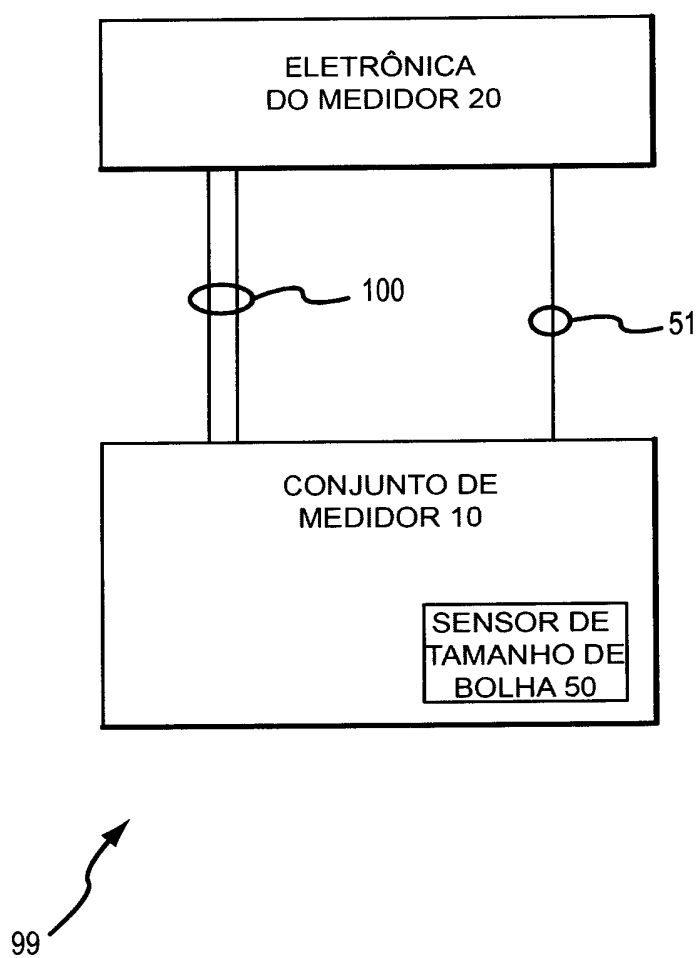


FIG. 8

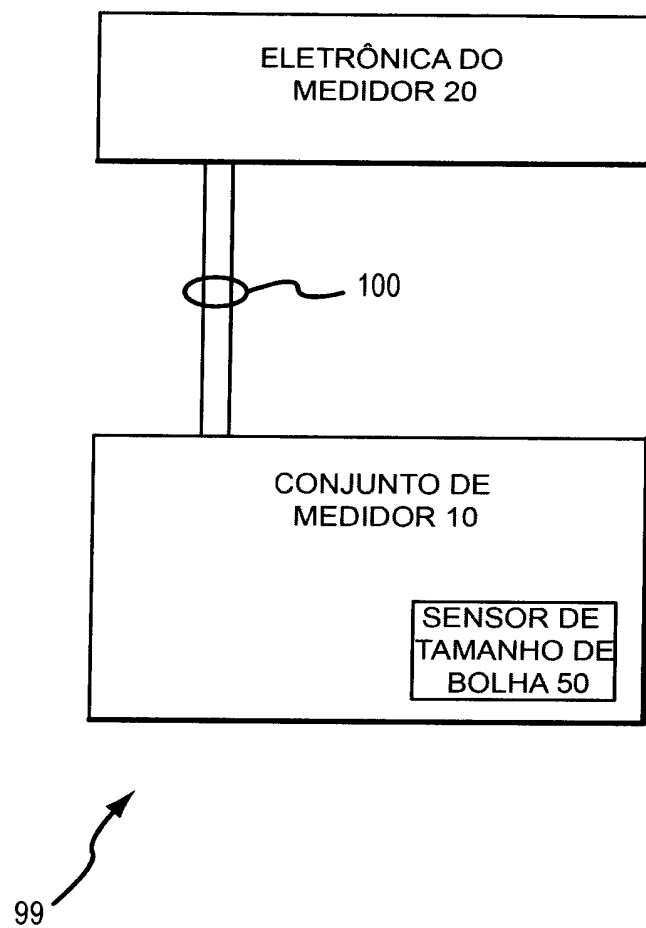


FIG. 9

RESUMO

"MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO, E, MÉTODO DE CORREÇÃO PARA GÁS ARRASTADO EM UM MATERIAL FLUIDO EM UM MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO"

5 Medidor de fluxo vibratório (100) para correção para gás
arrastado em um material fluido é provido. O medidor de fluxo vibratório
(100) compreende um conjunto de medidor de fluxo (10) configurado para
gerar uma resposta vibracional para o material fluido, um sensor de tamanho
das bolhas (50) configurado para gerar um sinal de medição das bolhas para o
10 material fluido, e eletrônica do medidor (20) acoplada ao conjunto de medidor
de fluxo (10) e ao sensor de tamanho das bolhas (50). A eletrônica do
medidor (20) é configurada para receber uma resposta vibracional e o sinal de
medição das bolhas, determinar um tamanho de bolha de bolhas no material
fluido usando, pelo menos, o sinal de medição das bolhas, determinar uma ou
15 mais características de fluxo do material fluido usando, pelo menos, a
resposta vibracional e o tamanho das bolhas.