



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

(11) PI 0716672-9 B1

(22) Data do Depósito: 16/08/2007

(45) Data de Concessão: 31/07/2018



(54) Título: MÉTODO PARA MENSURAÇÃO EM TEMPO REAL DE TAXA DE FLUXO DE MASSA DE SÓLIDOS VOLUMOSOS.

(51) Int.Cl.: G01F 1/88; G01F 1/34; G01F 1/76

(30) Prioridade Unionista: 17/08/2006 NO 20063698

(73) Titular(es): ROLLS-ROYCE MARINE AS

(72) Inventor(es): SOLENG, PER; HUSE, PER

(85) Data do Início da Fase Nacional: 13/02/2009

**"MÉTODO PARA MENSURAÇÃO EM TEMPO REAL DE TAXA DE
FLUXO DE MASSA DE SÓLIDOS VOLUMOSOS"**

Campo técnico da invenção

[001] A presente invenção se refere a um método para mensuração em tempo real de taxa de fluxo de massa de sólidos volumosos, onde os sólidos volumosos são carregados, ou descarregados, por um sistema de transporte pneumático.

Descrição do estado da técnica

[002] A técnica é fundamentada sobre mensuração de taxa de fluxo de ar e a queda de pressão em uma determinada localização sobre de um determinado comprimento de tubulação durante transporte pneumático de materiais volumosos. A técnica também utiliza o coeficiente de queda de pressão predeterminado dos materiais volumosos durante transporte.

[003] O objetivo da presente invenção é, por consequência, proporcionar um método fácil, preciso e econômico para estimativa de fluxo de massa cumulativo de um material volumoso, tal como cimento, quando carregando ou descarregando o material a partir de, por exemplo, um navio graneleiro.

[004] A patente norte-americana US 6.601.458 B1 apresenta um princípio de uma mensuração de fluxo de fase múltipla, que mensura a taxa de fluxo de mistura de fluido e também as proporções de cada um dos fluidos. O instrumento

necessita da mensuração de: temperatura, pressão, velocidade de som nos fluidos, e velocidade do volume. O instrumento utiliza um modelo para calcular a taxa de fluxo da mistura de fluido fundamentado sobre as mensurações anteriores. Este método somente pode ser utilizado para sistemas de fluidos. O método utiliza pelo menos quatro diferentes parâmetros de mensuração para fazer os cálculos, e necessita de sensores em uma pluralidade de localizações ao longo da tubulação. Adicionalmente, não existe nenhuma indicação que se pode se mensurar a taxa de fluxo de partículas. Isto está em contrariedade com a presente invenção, que somente necessita dados de pressão e dados de taxa de fluxo de ar.

[005] A patente norte-americana US 4.506.541 apresenta um aparelho para mensuração da densidade de volume de carvão pulverizado ou outro material similar entranhado em ar ao longo de um duto utilizando fonte de radiação e por detecção da radiação de espalhamento. O detector de radiação mensura a radiação difundida espelhada pelas partículas, o que determina uma mensuração da densidade de volume de fluxo. Este aparelho utiliza carga elétrica de dois eletrodos no caminho do fluxo de partículas de carvão e técnica de correlação cruzada para calcular a velocidade das partículas no interior da tubulação. A velocidade, por consequência, mensurada juntamente com a

densidade de volume determina a taxa de fluxo de massa dos sólidos.

[006] A patente norte-americana US 4.506.541 está em contrariedade com a presente invenção de tal forma que a patente utiliza fonte de radiação, detector e um escudo para interceptar radiação direta caindo sobre o detector. O detector de radiação mensura a radiação difundida espelhada pelas partículas, o que determina uma mensuração da densidade de volume de fluxo. O anterior em associação com um par de eletrodos é utilizado para mensuração de velocidade. Adicionalmente, o instrumento necessita de calibração em uma balança de bancada antes que ele possa ser utilizado. Em campo, ele precisaria novamente de calibração adicional. Em concordância com a presente invenção, não existe nenhuma necessidade para calibração nem em campo e nem em balança de bancada, e fonte de radiação não é utilizada.

[007] O pedido de patente europeu EP 974.816 A1 apresenta um método e dispositivo para mensuração de um fluxo de materiais sólidos granulares, onde a taxa de fluxo de massa de material circulando em um conduto utilizando fluido sob pressão é mensurada por um sinal acústico gerado no conduto. A diferença de pressão é calculada fundamentada sobre a intensidade do sinal acústico.

[008] Adicionalmente, a patente

norte-americana US 6.176.647 B1 apresenta um dispositivo para mensuração de taxa de fluxo de massa de pó, onde pressão é mensurada em dois lugares e a pressão diferencial é estimada.

[009] É adicionalmente conhecida a mensuração de fluxo utilizada para mensuração de fluxo de líquidos fundamentada sobre a pressão diferencial através de um venturi. Isto pode somente ser utilizado para mensuração de fluxo de fluido, e a presente invenção não faz utilização de qualquer venturi ou qualquer outro tipo de obstrução no campo de fluxo.

Sumário da presente invenção

[0010] Os objetivos acima são alcançados com um método, tal como definido na parte caracterizante da reivindicação independente 1, e adicionalmente, nas concretizações preferidas são definidas nas reivindicações dependentes 2 a 6.

[0011] A presente invenção será descrita em detalhes adicionais, como exemplo, pela figura em anexo, que mostra um princípio esquemático da presente invenção.

Descrição da presente invenção

[0012] A presente invenção se refere particularmente a um método de estimativa para taxa de fluxo de massa de sólidos volumosos. Em uma concretização preferida da presente invenção, dois ou mais medidores de pressão são colocados em uma localização preferida em uma tubulação de um

sistema de transporte pneumático. Este sistema de transporte pode, por exemplo, ser utilizado para carga ou descarga de um material volumoso, tal como cimento ou material similar, a partir de ou para um compartimento de carga de um navio.

[0013] No método em concordância com a presente invenção, pelo menos dois dispositivos de mensuração são dispostos em uma seção de tubo do sistema de transporte, de maneira a ler a diferença nos valores mensurados a partir de pelo menos dois dispositivos de mensuração, na medida em que o fluxo gás-sólido de ar e sólidos volumosos acontece, e após isso para estimar a taxa de fluxo de massa de sólidos volumosos (M_s) em uma determinada localização ao longo de um determinado comprimento de uma tubulação da mistura de fluência.

[0014] Diferentes dispositivos de mensuração podem ser utilizados, tais como medidores de pressão, acelerômetros, sensores acústicos, etc.. A seguir, fórmulas para utilização de medidores de pressão são mostradas como um exemplo para realização do método em concordância com a presente invenção. Entretanto, deve ser observado que quando utilizando acelerômetros, sensores acústicos, etc., outras fórmulas além dos exemplos posteriores são utilizadas.

[0015] Em uma concretização preferida da presente invenção, dois ou mais medidores de

pressão são, por exemplo, colocados separados por aproximadamente 2 m em qualquer localização determinada em uma tubulação do sistema de transporte, e a queda de pressão é mensurada quando o fluxo gás-sólido acontece. Os medidores de pressão preferivelmente utilizados são equipamentos padronizados e não irão ser, por consequência, adicionalmente descritos, na medida em que eles têm que ser considerados como conhecidos por uma pessoa especializada no estado da técnica.

[0016] A queda de pressão em um fluxo gás-sólido é determinada por:

$$\Delta P = \frac{1}{2} K \frac{\rho_{sus} L V^2}{D} \quad (1)$$

onde: (ΔP) é a queda de pressão entre medidores de pressão (1) e (2).

(K) é o coeficiente de atrito do sólido volumoso em fluência através da tubulação. Isto é predeterminado a partir de testes.

(ρ_{sus}) é a densidade de suspensão da mistura de fluência.

[0017] A densidade de suspensão é definida como:

$$\rho_{sus} = \frac{M_s + M_{ar}}{Q_s + Q_{ar}} \quad (2)$$

onde: (M_s) é a taxa de fluxo de massa de sólidos;

(M_{ar}) é a taxa de fluxo de massa de ar;

(Q_s) é a taxa de fluxo de volume de sólidos na seção (1) e $Q_s = M_s / \rho_s$;

(Q_{ar}) é a taxa de fluxo de volume de ar na seção (1).

(D) é o diâmetro do tubo;

(L) é o comprimento da seção do tubo entre os medidores de pressão (P1) e (P2);

(V) é a velocidade de ar local na seção onde o medidor de pressão (P1) é montado.

[0018] O valor de (V) pode ser calculado por utilização da taxa de fluxo de ar (Q_{ar}) e a pressão de ar local no medidor de pressão (P1).

[0019] Agora, na medida em que, (V), (L), (D), (K) e (ΔP) são conhecidos em qualquer instante, é possível calcular o valor da densidade de suspensão, isto é, (ρ_{sus}).

[0020] Agora, na medida em que os valores de (Q_{ar}) e, portanto, (M_{ar}) são conhecidos, é possível calcular o valor de taxa de fluxo de massa de sólidos por se escrever:

$$V_s = \frac{M_s}{\rho_s} \quad (3)$$

[0021] Onde: (ρ_s) é a densidade de sólidos, que é conhecida a partir de mensuração em laboratório feita anteriormente.

[0022] Isto pode ser calculado em tempo real para obter fluxo de massa de sólidos volumosos e, portanto, o fluxo de massa cumulativo de sólidos através de uma seção preferida de escolha. Por consequência, fluxo de massa, por exemplo, de cimento pode ser monitorado em tempo real em qualquer determinada localização no sistema de transporte. Diversos sistemas podem estar localizados em diferentes lugares no sistema de transporte para monitorar uma parte vital do sistema, tais como, por exemplo, aberturas de fluxo de entrada e de fluxo de saída. Os resultados a

partir da mensuração podem ser armazenados em um disco de armazenamento em um computador, e os cálculos e estimativas de ambos em tempo real e valores cumulativos são preferivelmente também realizados por intermédio de um computador. Por consequência, é possível controlar a taxa de fluxo de ar em tempo real fundamentado sobre os resultados a partir do método para controlar a taxa de fluxo de massa de material volumoso.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para mensuração em tempo real de taxa de fluxo de massa de sólidos volumosos, onde sólidos volumosos são carregados, ou descarregados, por um sistema de transporte pneumático compreendendo as seguintes etapas:

- dispor pelo menos dois medidores de pressão (P1, P2) em uma seção de tubo do sistema de transporte, como dispositivos de mensuração;

- medir queda de pressão (ΔP) entre medidores de pressão (P1, P2) com o fluxo gás-sólido de ar e sólidos volumosos acontecendo;

- calcular densidade de suspensão (ρ_{sus}) da mistura de fluência de ar e sólidos volumosos; e

- estimar taxa de fluxo de massa de sólidos volumosos (M_s) em uma determinada localização ao longo de um determinado comprimento de uma tubulação, pelo menos por meio da densidade de suspensão (ρ_{sus}) da mistura de fluência;

caracterizado pelo fato de que a densidade de suspensão (ρ_{sus}) da mistura de fluência é calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$\Delta P = \frac{1}{2} K \frac{\rho_{\text{sus}} L V^2}{D} \quad (1)$$

onde: (K) é o coeficiente de atrito do sólido volumoso em fluência através da tubulação;

(D) é o diâmetro de tubo;

(L) é o comprimento da seção de tubo entre medidores de pressão (P1, P2);

(V) é a velocidade de ar local na seção

onde o primeiro medidor de pressão (P1) é disposto.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a densidade de suspensão (ρ_{sus}) é definida como:

$$\rho_{sus} = \frac{M_s + M_{ar}}{Q_s + Q_{ar}} \quad (2)$$

onde: (M_s) é a taxa de fluxo de massa de sólidos;

(M_{ar}) é a taxa de fluxo de massa de ar;

(Q_s) é a taxa de fluxo de volume de sólidos na seção (1); e $Q_s = M_s / \rho_s$;

(Q_{ar}) é a taxa de fluxo de volume de ar na seção (1);

em que a taxa de fluxo de massa de sólidos volumosos é estimada por:

$$V_s = \frac{M_s}{\rho_s} \quad (3)$$

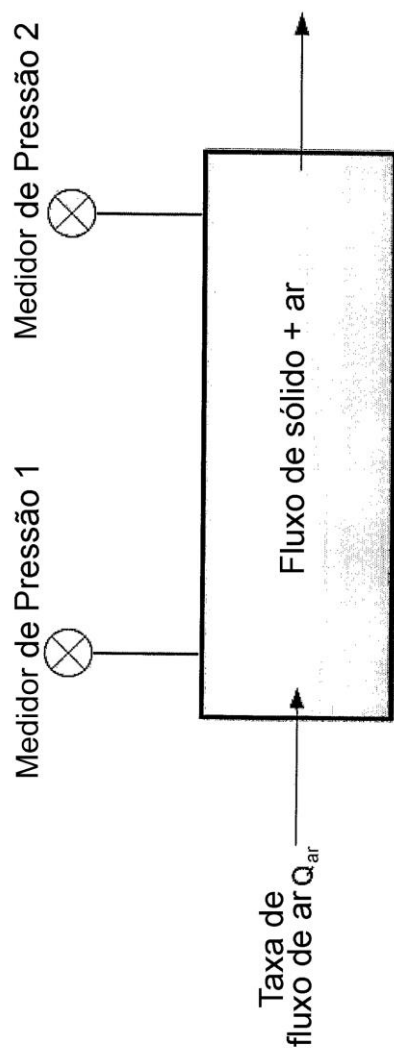
onde: (ρ_s) é a densidade de sólidos que é conhecida a partir de mensuração em laboratório feita anteriormente.

3. Método, de acordo a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o fluxo de massa de sólidos volumosos está sendo estimado em tempo real e, portanto, o fluxo de massa cumulativo de sólidos através de uma seção de tubo de preferência do sistema de transporte pneumático.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que os sólidos volumosos são cimento seco ou material similar.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que é feito controle da taxa de fluxo de ar fundamentado sobre os valores a partir das medições

para controlar a taxa de fluxo de massa de material volumoso.

**Fig. 1**