



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

(11) PI 0816692-7 B1

(22) Data do Depósito: 08/09/2008

(45) Data de Concessão: 07/08/2018



(54) Título: "APARELHO PARA MEDIÇÃO DE UMA TAXA DE FLUXO DE UM PÓ".

(51) Int.Cl.: G01F 1/74; G01F 1/56

(30) Prioridade Unionista: 12/09/2007 JP 2007-236889

(73) Titular(es): SINTOKOGIO, LTD.

(72) Inventor(es): WATARU HISADA; MITSUO SHINTANI; MANABU YAMAGUCHI; YOSHIKI ARAMATSU

(85) Data do Início da Fase Nacional: 11/03/2010

APARELHO PARA MEDIÇÃO DE UMA TAXA DE FLUXO DE UM PÓ**Campo Técnico**

Esta invenção se refere a um aparelho para medir a taxa de fluxo de um pó que utiliza capacitância. Especificamente, ela se refere a um aparelho do tipo de capacitância que pode ser usado para medir continuamente uma taxa de fluxo de um pó, em tempo real, em um aparelho que manuseia vários pós, o aparelho possuindo um dispositivo de transporte usando ar (como um gás carreador). Adicionalmente, o aparelho do tipo de capacitância possui uma função de corrigir as medições por compensação térmica com base na temperatura ambiente e a temperatura do gás carreador. Assim ele pode medir a taxa de fluxo de um pó com exatidão alta.

Um aparelho para manuseio de vários pós empregando o aparelho do tipo de capacitância para medir a taxa de fluxo de um pó pode ser ilustrados pelos exemplos a seguir:

(1) Um aparelho pra transporte de pó através de um tubo de transporte por emprego de ar comprimido ou ar despressurizado,

(2) Um aparelho para disparo de jato para tratar as superfícies dos produtos, sendo feito o disparo do pó e sendo projetado pelo ar comprimido ou um impulsor, e

(3) Um aparelho para revestimento de um artigo por aspersão do pó por uma pistola de pulverizar (um bocal ejeter).

Histórico da Invenção

Existem os Documentos de Patente 1 e 2. Eles se referem a um aparelho do tipo de capacitância para medição de uma taxa de fluxo de um pó.

De modo geral, quando uma taxa de fluxo é medida, a temperatura de um objeto usado para medir uma taxa de fluxo é alterada com base nas condições, tais como, a temperatura ou a umidade do ar (atmosfera) usada como um gás carreador. Assim, é necessário corrigir sem qualquer retardo quaisquer erros que possam ser causados pela alteração da temperatura do objeto.

Para resolver o problema, o Documento de Patente 1 revela uma invenção relacionada a um aparelho para medir a taxa de fluxo de um pó. Ele é constituído de:

um eletrodo ("um eletrodo de medição") para medir uma capacitância de um pó que pode detectar a taxa de fluxo de um pó com base na alteração de uma capacitância e que está disposto na passagem do fluxo do pó, e

um eletrodo ("um eletrodo de ajuste") para ajustar quaisquer erros das medições causados pela alteração das condições ambientais próximas o eletrodo de medição, enquanto o ar que é usado como um gás carreador escoa,

onde o eletrodo de medição e o eletrodo de ajuste são dispostos em paralelo. (Vide reivindicação 1 do Documento de Patente 1).

A saber, para o aparelho do Documento de Patente 1, dois sensores idênticos para medição de uma taxa de fluxo são dispostos em paralelo. Um sensor é provido ao pó transportado pelo ar usado como um gás carreador. O outro sensor é provido apenas para o ar e é usado para ajustar quaisquer erros das medições. Com base na diferença entre as saídas dos dois sensores, a taxa de fluxo do pó pode ser medida.

Contudo, para o aparelho do Documento de Patente 1, é

necessário prover ar (como um gás carreador) com propriedades idênticas a ambos o eletrodo de medição e o eletrodo de ajuste.

Por exemplo, quando uma taxa de fluxo de um pó transportado por ar comprimido é medida, o ar comprimido possuindo propriedades idênticas deve ser provido ao eletrodo de ajuste. O ar comprimido não é usado para transporte do pó e como um resultado é descarregado sem utilização para a atmosfera. Assim, uma quantidade dupla de ar comprimido é necessária para medir a taxa de fluxo do pó. Adicionalmente, quando uma taxa de fluxo de um pó transportado por ar aspirado é medida, o ar aspirado com propriedades idênticas deve também ser provido ao eletrodo de ajuste. Assim, uma quantidade dupla de ar aspirado é também necessária para medir a taxa de fluxo do pó. Em cada caso, a energia consumida para medir a taxa de fluxo aumenta.

O Documento de Patente 2 revela uma invenção relacionada a um aparelho para medir a taxa de fluxo de um pó que possui temperatura alta, variando de 500-1.200°C (vide reivindicação 1 do Documento de Patente 2). O mesmo é constituído de um aparelho para medir uma taxa de fluxo de um pó passando através de um tubo com base na alteração da capacitância, o aparelho compreendendo:

um tubo para transporte de um pó,
eletrodos para medir uma taxa de fluxo compreendendo:
um par de eletrodo fonte e um eletrodo sensor disposto ao redor do tubo e um voltado para o outro, onde os eletrodos possuem uma forma curvada,
um eletrodo de segurança disposto entre o eletrodo

fonte e o eletrodo sensor,

uma estrutura de suporte para manter os eletrodos, onde a estrutura é concentricamente disposta ao redor do tubo e possui uma forma tubular,

5 onde o eletrodo fonte e o eletrodo de segurança são formados por um material resistente ao calor e condutivo disposto na superfície interna da estrutura de suporte com um padrão espiral.

A saber, para a invenção do Documento de Patente 2, 10 uma vez que o pó possuindo uma temperatura alta (variando de 500-1.200°C), para medição de sua taxa de fluxo passa através do tubo, e uma vez que o aparelho possui uma configuração, tal que o tubo é disposto na estrutura de suporte possuindo os eletrodos, ele pode impedir que os 15 eletrodos se separem da estrutura de suporte em razão da influência térmica.

Contudo, uma vez que o pó possuindo uma temperatura alta flui no tubo, a temperatura no tubo aumenta. Assim, existe a possibilidade de que a capacitância do objeto para 20 medição varie. O Documento de Patente 2 não revela ou sugere como o efeito causado pela alteração da capacitância pode ser ajustado. Assim existe um problema, pelo que o valor medido da taxa de fluxo varia com o tempo.

Existem os Documentos de Patente 3 e 4 relacionados a 25 um aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó que emprega capacitância. Estes documentos foram depositados pelo mesmo depositante do presente pedido e não afetam o patenteamento desta invenção.

Documento de Patente 1: Publicação de Patente Japonesa 30 número 3865737.

Documento de Patente 2: Publicação de Patente Japonesa Aberta ao Público número 2001-21397.

Documento de Patente 3: Publicação de Patente Japonesa Aberta ao Público número 2007-121272

5 Documento de Patente 4: Publicação de Patente Japonesa Aberta ao Público número 2006-329874

Revelação da Invenção

Problemas a Serem Resolvidos

Esta invenção se destina a superar os problemas
10 convencionais explicados nos parágrafos acima. A saber, pretende-se prover um aparelho e método para medir uma taxa de fluxo que utiliza capacitância e que pode medir estavelmente a taxa de fluxo com uma exatidão alta mesmo se a taxa de fluxo for baixa.

15 Meios para Solucionar os Problemas

Para superar os problemas explicados nos parágrafos acima, os inventores conceberam esta invenção pelo aperfeiçoamento dos aparelhos para medição da taxa de fluxo de um pó dos Documentos de Patente 3 e 4.

20 Os aparelhos para medição de uma taxa de fluxo de um pó desta invenção, o aparelho utilizando capacitância, compreendem:

um tubo ("um tubo de medição") para medir uma taxa de fluxo, através da qual passa um pó em conjunto com ar como
25 um gás carreador,

um eletrodo ("um eletrodo de medição") para medir alterações da capacitância no tubo de medição, o eletrodo sendo disposto ao redor do tubo de medição, e

um circuito ("um transdutor") para transdução da
30 capacitância como uma saída do eletrodo de medição para a

taxa de fluxo indicada por um visor,

onde o eletrodo de medição e o transdutor são hermeticamente dispostos em um alojamento e são fixados ao tubo de medição.

5 O aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó compreende adicionalmente um sensor ("um sensor de temperatura atmosférica") para medição da temperatura da atmosfera e um sensor ("um sensor de temperatura do gás carreador") para medir a temperatura do gás carreador. O
10 sensor de temperatura do gás carreador é disposto sobre o tubo de medição em um local que não é afetado pelo eletrodo de medição e que está próximo da parede interna do tubo de medição. O sensor de temperatura atmosférica é disposto, de modo que ele pode medir a temperatura da atmosfera
15 circundando o aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó. O aparelho compreende, adicionalmente, um circuito para compensar a saída do eletrodo de medição com base na diferença entre a saída do sensor de temperatura atmosférica e aquela do sensor de temperatura de gás
20 carreador.

Para esta invenção, no transdutor, a taxa de fluxo do pó pode ser melhorada por compensação da saída do eletrodo de medição com base na diferença entre a saída do sensor de temperatura atmosférica e aquela do sensor de temperatura
25 do gás carreador. Assim, a troca real da taxa de fluxo do pó pode ser medida com uma exatidão alta, apenas por um eletrodo de medição.

Para a concepção desta invenção explicada com base nos parágrafos acima, é preferível que o tubo de medição
30 compreenda um tubo ("um tubo de alojamento") para

alojamento de um par de eletrodos de medição e um tubo ("um tubo de proteção") para proteção do par de eletrodos de medição, onde o tubo de proteção é hermeticamente disposto no tubo de alojamento e pode ser anexado e destacado do tubo de alojamento. É também preferível que o sensor de temperatura do gás carreador seja disposto na superfície externa do tubo de proteção por contato direto do sensor com o tubo de proteção. A razão é que é possível medir a temperatura do gás carreador em uma posição que seja tão próxima quanto possível do local onde o gás carreador passa através do tubo.

A concepção desta invenção explicada nos parágrafos acima também compreende:

um bloco ("um bloco de conexão") para conectar fios, fixo ao tubo de proteção, e

um bloco ("um bloco conectado) para ser conectado pelos fios, fixado ao tubo de alojamento e compreendendo fios conectados ao transdutor.

Os fios do bloco de conexão e aqueles do bloco conectado podem ser conectados e desconectados rapidamente por meio de pinos e soquetes dispostos no bloco de conexão e bloco conectado, respectivamente. É preferível que o sensor de temperatura do gás carreador seja instalado no bloco de conexão. Para manutenção do aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó, esta configuração é vantajosa porque os fios do bloco de conexão e bloco conectado não precisam ser conectados ou desconectados quando da substituição do tubo de proteção.

O método para medir uma taxa de fluxo de um pó desta invenção compreende o que se segue:

Um método para medição de uma taxa de fluxo de um pó por detecção das alterações da capacitância por meio de um eletrodo de medição, o eletrodo sendo disposto ao redor do tubo de medição, onde as alterações são causadas pela taxa de fluxo do pó passando através do tubo de medição em conjunto com um gás carreador,

o método compreendendo:

uma etapa para compensação da saída do eletrodo de medição com base na diferença entre o rendimento do sensor de temperatura atmosférica e aquela do sensor de temperatura de gás carreador.

Efeitos da Invenção

Em um aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó que utiliza capacitância é importante para medição da taxa de fluxo do pó com exatidão alta detectar qualquer alteração da temperatura de um gás carreador (geralmente o ar é empregado para um gás carreador) para transporte do pó e para compensar a capacitância medida, uma vez que a capacitância comuta com base nas alterações da temperatura da atmosfera ou do objeto sendo medido.

Para a presente invenção, quando do contato direto do sensor de temperatura com o tubo de proteção (no qual o pó passa), sendo a parte que é mais sensível à temperatura do gás carreador e por emprego de um sensor de temperatura que é compacto e possui uma resposta rápida, é possível compensar a capacitância medida do gás carreador com exatidão alta, quando a relação entre a temperatura e a capacitância do gás carreador for linear.

A saber, o aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó desta invenção, que utiliza capacitância, pode

medir a taxa de fluxo do pó com exatidão alta por meio de um aparelho com uma estrutura simples, sem a medição da taxa de fluxo ser afetada pela condição do ambiente, mesmo se a taxa de fluxo for baixa.

- 5 Adicionalmente, mesmo se a temperatura do gás carreador que flui para dentro do tubo de medição diminuir, é possível medir a taxa de fluxo do pó com exatidão alta.

Concretização Preferida da Invenção

A seguir é explicada em detalhes uma concretização
10 preferida da invenção.

A figura 1 mostra uma concretização de uma estrutura de uma porção de medição que compreende um tubo de alojamento 10 e um tubo de proteção 20 do aparelho para medir uma taxa de fluxo de um pó desta invenção.

- 15 O tubo de alojamento 10 compreende uma camada principal 12, que atua como um isolador formado e uma camada de base flexível 13 disposta na superfície interna da camada principal 12. Estas camadas são formadas integralmente.

- 20 A camada principal 12 é disposta sobre a camada de base flexível 13. A camada 13 possui uma forma cilíndrica e é fabricada como se segue:

 fibras de vidro são enroladas ao redor da camada de base flexível 13 e impregnadas a partir de sua superfície
25 externa com uma resina epóxi. Então a resina epóxi é curada. Adicionalmente, um eletrodo de segurança 18, que é uma camada simples, reveste a camada de fibras de vidro/resina epóxi. Para a camada principal 12 mostrada na figura 1, as fibras de vidro são também enroladas ao redor
30 do eletrodo de segurança 18 e impregnadas a partir de sua

superfície externa com uma resina epóxi. Então a resina epóxi é curada. Assim, a camada principal 12 compreende três camadas 12a, 18, 12b (em sequência a partir do lado interno da camada principal 12). Contudo, a constituição da
5 camada principal 12 não está limitada a esta configuração.

A camada de base flexível 13 compreende uma película 15 fabricada de uma resina que atua como um isolador, um eletrodo de detecção (um eletrodo sensor) 14 possuindo uma largura maior e um eletrodo de aterramento (um eletrodo
10 terra) 16 possuindo uma largura menor, onde o eletrodo de detecção 14 e o eletrodo de aterramento 16 são impressos sobre uma superfície da película 15 (a superfície correspondendo ao lado externo da película 15 quando esta está enrolada e forma um cilindro), de modo que o eletrodo
15 de detecção 14 e o eletrodo de aterramento 16 formam um padrão em tiras com um intervalo G entre os mesmos.

A camada de base flexível 13 é enrolada de modo que o eletrodo de detecção 14 e o eletrodo de aterramento 16 formam um padrão em espiral com um intervalo G entre os
20 mesmos e em conjunto formam um cilindro. A vista em seção perpendicular à linha central do tubo de alojamento 10 ilustra que o eletrodo de detecção 14 e o eletrodo de aterramento 16 são opostos um ao outro.

A razão da largura do eletrodo de detecção 14 para a
25 largura do eletrodo de aterramento 16 é ajustada para estar dentro da faixa que se segue:

$$\text{a razão da [largura do eletrodo de detecção]/[largura do eletrodo de aterramento]} = 1/1 \sim 3,5/1$$

A figura 2 mostra linhas de fluxo elétrico (A) quando
30 a largura do eletrodo de detecção se iguala à largura do

eletrodo de aterramento, e (B) quando a largura do eletrodo de detecção é maior que a largura do eletrodo de aterramento. A saber, quando a razão da [largura do eletrodo de detecção]/[largura do eletrodo de aterramento] = 1/1, as linhas de fluxo elétrico se tornam paralelas. Então, a densidade das linhas de fluxo elétrico (sensibilidade para medição) no centro do tubo de alojamento se torna igual àquela próxima à parede interna do tubo de alojamento. Em contraste, quando a largura do eletrodo de detecção difere da largura do eletrodo de aterramento, as linhas de fluxo elétrico não se tornam paralelas. Então, a densidade das linhas de fluxo elétrico (sensibilidade para medição) próxima à parede interna do tubo de alojamento se torna maior que aquela no centro do tubo de alojamento. Consequentemente, a sensibilidade para medição próxima à parede interna do tubo de alojamento aumenta.

Conforme explicado no parágrafo acima, quando a sensibilidade próxima à parede interna do tubo de alojamento aumenta, isto possibilita a medição da taxa de fluxo de um pó, sem diminuir a exatidão da medição, mesmo se, conforme explicado a seguir, a taxa de fluxo do pó escoando através de um tubo de proteção for baixa, o tubo estando disposto dentro do tubo de alojamento. Presume-se que a razão seja como se segue: A saber, quando a quantidade do pó escoando no tubo de proteção for pequena, presume-se que o pó escoe espiralmente ao longo da parede interna do tubo de proteção (este é um conhecimento novo obtido pelos inventores).

Contudo, quando a razão da [largura do eletrodo de

detecção]/[largura do eletrodo de aterramento] se torna muito grande, pode ser verificado que a sensibilidade da medição diminui. Uma vez que a área possuindo uma alta densidade de linhas de fluxo elétrico se torna muito estreita, e em razão do fluxo do pó, que escoam espiralmente ao longo da parede interna do tubo de proteção, pulsar, as respectivas camadas possuindo uma densidade alta e baixa de pó são formadas no tubo de proteção e torna-se difícil detectar precisamente as alterações da taxa de fluxo do pó.

Quando a taxa de fluxo do pó é baixa, quando o pó escoam espiralmente ao longo da parede interna do tubo de proteção e, quando a razão é ajustada, de modo que a largura do eletrodo de detecção 14 difere daquela do eletrodo de aterramento 16, é possível estabelecer a razão da largura do eletrodo de detecção e a largura do eletrodo de aterramento de 1,2/1 para 3,5/1. É adicionalmente preferível ajustar a mesma de 1,5/1 a 3,0/1. O valor preferido da razão se fia na taxa de fluxo do pó e no tipo de pó. É preferível que o intervalo entre o eletrodo de detecção 14 e o eletrodo de aterramento 16 seja de 0,5 a 5 mm, e adicionalmente seja de 1 a 3 mm. O valor preferido do intervalo G se fia na largura do eletrodo de detecção e do eletrodo de aterramento. Por exemplo, quando o diâmetro interna do tubo de alojamento for 10,5 mm, é preferível que a largura do eletrodo de detecção seja de 14 a 15,5 mm, e que a largura do eletrodo de aterramento seja de 5,5 a 7 mm.

O tubo de alojamento 10 compreende uma camada de base 12 e um substrato flexível 13. O tubo de proteção 20, dentro do qual passa o pó, é disposto no tubo de alojamento

10. Conforme explicado a seguir em detalhes, o tubo de proteção 20 pode ser hermeticamente anexado e destacado do sistema de tubulação por meio de um tubo de conexão 22.

O mesmo material que aquele de um tubo de eletrodo, tal como, vidro silicioso, pode ser usado para o material do tubo de proteção 20. Contudo, geralmente as cerâmicas de óxido, que são materiais de isolamento e irrefrangíveis e que possuem excelentes características de resistência ao desgaste podem ser usadas, mesmo que, como no presente caso, o tubo de proteção 20 seja fino. Alumina e zircônia são exemplos de cerâmicas de óxido.

Geralmente, os materiais possuindo excelentes características de resistência ao desgaste podem ser usados para o material do tubo de proteção. É preferível que o tubo de proteção 20 seja trocável e que ele seja tão fino quanto possível. Por exemplo, se o tubo de proteção 20 for fabricado de cerâmicas de óxido, é preferido que o tubo de proteção seja inferior a 0,7 mm de espessura, e mais preferível que seja de 0,3 a 0,6 mm e mais preferível que seja de 0,4 a 0,5 mm. Se a espessura do tubo de proteção 20 for menor que estes valores, seu uso é diminuído. Em contraste, se a espessura do tubo de proteção 20 for maior que aqueles valores, a exatidão da medição da taxa de fluxo do pó diminui.

A estrutura da porção de medição não está limitada a uma que compreenda o tubo de alojamento 10 possuindo o eletrodo de detecção e o eletrodo de aterramento e o tubo de proteção 20, que transporta um pó (no qual um pó passa). A saber, sem usar o tubo de proteção, a estrutura da porção de medição pode ser compreendida apenas do tubo de

alojamento que é constituído de um tubo de vidro silicioso com um eletrodo de detecção e um eletrodo de aterramento impressos sobre sua superfície e onde um objeto a ser medido (um pó) passa diretamente. A estrutura do tubo de alojamento que possui o eletrodo de detecção e o eletrodo de aterramento também não está limitada à concretização explicada nos parágrafos acima. A saber, pode ser usado o tubo de alojamento que possui um eletrodo de detecção e um eletrodo de aterramento dispostos em sua superfície interna, ou uma estrutura de alojamento que possui o eletrodo de detecção e o eletrodo de alojamento dispostos sobre as placas planas em paralelo.

São explicadas a seguir as porções caracterizantes desta concretização, com base nas figuras 3-7. As figuras 3, 6 e 7 mostram uma vista em elevação de um conjunto de um aparelho para medição da taxa de fluxo de um pó.

O sensor de temperatura do gás carreador 31 está disposto na superfície externa e no lado de entrada, na qual entrada o pó a ser medido escoar, do tubo de proteção 20 e na porção que não é revestida pelo tubo de alojamento 10. A saber, o sensor de temperatura do gás carreador 31 está disposto na porção que não é afetada pelos eletrodos de detecção e aterramento 14, 16. A estrutura para fixação do sensor de temperatura do gás carreador 31 ao tubo de proteção 20 não é limitado a uma concretização específica. Ela pode ser fixada ao tubo de proteção 20 como se segue: A saber, primeiro o sensor de temperatura do gás carreador 31 é preso ao tubo de proteção 20 por meio de uma película semelhante a correia 42 ("uma correia da película de condução térmica 42") possuindo boa condutância de calor.

Então, a correia da película de condução térmica 42 é enrolada ao redor do tubo de proteção 20. Em seguida, a correia da película de condução térmica 42 é coberta por um tubo contrátil mediante calor 44 e então fixada ao tubo de
5 proteção 20 por aquecimento do tubo contrátil mediante calor 44. Neste parágrafo, é explicado que o sensor de temperatura do gás carreador 31 está disposto no lado de entrada, na qual entrada o pó a ser medido escoa, do tubo de proteção 20. Contudo, o sensor de temperatura do gás
10 carreador 31 pode ser disposto no lado da saída, na qual saída o pó a ser medido passa, do tubo de proteção 20.

É preferível usar um sensor de temperatura do tipo termistor para o sensor de temperatura do gás carreador 31 desta concretização, o qual sensor 31 é disposto na
15 superfície de saída do tubo de proteção 20. A razão é que o sensor de temperatura do tipo termistor pode responder extremamente bem à alteração de temperatura do tubo de proteção 20, em razão de sua velocidade de resposta alta, em comparação com outros sensores de temperatura, tais como
20 um sensor de temperatura do tipo diodo ou do tipo IC.

Embora a película condutora térmica 42 possa ter boa condutância térmica, o tipo de película não está limitado a um tipo específico. Por exemplo, uma película de silicone de dissipação de calor pode ser usada para a película de
25 condução térmica 42. Embora o tubo contrátil mediante calor 44 possa ter propriedades de contração mediante calor suficientes para manter a película de condução térmica 42 e o sensor de temperatura de gás carreador 31, o tubo 44 não está limitado a um tipo específico. Por exemplo, um tubo de
30 polietileno (um tubo PE) ou um tubo de cloreto de

polivinila (um tubo de PVC) pode ser usado para o tubo contrátil mediante calor 44.

Quando o tubo de proteção 20, ao qual o sensor de temperatura de gás carreador 31 está fixado, é inserido no tubo de alojamento 10, ele pode ser substituído por uma operação simples. O sensor de temperatura do gás carreador 31 pode ser conectado e desconectado dos terminais do circuito de compensação do transdutor 30 (vide figura 6), que está disposto no tubo de alojamento 10.

O que se segue é uma explicação das estruturas e funções do bloco de conexão 37 e do bloco conectado 39. Nas superfícies superiores do bloco de conexão 37 e do bloco conectado 39 são montados respectivamente um painel impresso de fiação superior 33 e um painel impresso de fiação inferior 35, que são mostrados na figura 5. Um orifício de posicionamento superior 37a e um orifício de posicionamento inferior 39a são dispostos no bloco de conexão 37 e no bloco conectado 39, respectivamente, de modo que a localização do terminal de saída 34b da fiação 34 do painel impresso de fiação superior 33 pode ser disposta de modo a corresponder com a localização do terminal interno 36a da fiação 36 do painel impresso de fiação inferior 35. Um tubo de conexão 40 pode ser inserido no orifício de posicionamento superior 37a e o orifício de posicionamento inferior 39a, onde o pino 40 se estende através do bloco de conexão 37 e o bloco conectado 39. (Para a concretização mostrada na figura 3, o pino de conexão 40 é inserido a partir do lado do bloco de conexão 37 para o lado do bloco conectado 39). A saber, a porção que forma um soquete para o pino de conexão 40 corresponde

com o orifício de posicionamento inferior 39a do bloco conectado 39. Uma vez que o bloco de conexão 37 e o bloco conectado 39 são fixados ao tubo de proteção 20 e ao tubo de alojamento 10, respectivamente, por meio de um adesivo, etc., o bloco de conexão 37 e o bloco conectado 39 também atuam como um bloco para posicionamento do tubo de proteção 20 e do tubo de alojamento 10. Adicionalmente um anel em O 46 pode ser instalado na periferia do bloco conectado 39. O bloco de conexão 37 e o bloco conectado 39 são constituídos de um material de isolamento. De modo geral, eles são fabricados de um material resinoso.

Para esta concretização, um espaço 37b para alojamento de um sensor é formado no bloco de conexão 37. Após o alojamento do sensor de temperatura do gás carreador 31, o espaço 37b é fechado por meio do painel impresso de fiação superior 33. Então, um primeiro fio de chumbo 48 do sensor de temperatura do gás carreador 31 é conectado ao terminal de entrada 34a da fiação 34 disposto no painel impresso de fiação superior 33. Adicionalmente, o terminal de saída 36b da fiação 36 que está disposto no painel impresso de fiação superior 33 pode ser conectado ao terminal de entrada do circuito de compensação do transdutor 30 (vide figura 6) através de um segundo fio de chumbo 50. Os painéis impressos de fiação superior e inferior 33, 35 possuem orifícios passantes e duas superfícies onde a fiação é impressa (não mostrado nas figuras). Isto foi determinado com base em uma comparação da confiabilidade de uma conexão feita por soldagem e a confiabilidade de uma conexão feita por meio de pinos. O bloco de conexão 37 e o bloco conectado 39 são fixados ao tubo de proteção 20 e ao tubo

de alojamento 10 por um adesivo, respectivamente.

Um bloco para posicionamento do tubo de alojamento, que possui uma estrutura semelhante aquela do bloco conectado 39 é hermeticamente fixado a uma estrutura cilíndrica externa 23a para fixação do tubo de alojamento por meio de um anel em O no outro lado do tubo de alojamento 10 (o lado inferior na figura 7).

Conforme mostrado na figura 6, um bloco 27 para fixação do tubo de proteção é disposto acima do bloco de conexão 37, que é fixado ao tubo de proteção 20. Adicionalmente, um bloco para posicionamento do tubo de proteção, que possui uma estrutura semelhante aquela do bloco 27 e é fabricado de um material resinoso, é disposto hermeticamente no outro lado do tubo de proteção 20 (o lado inferior da figura 7) por meio de um anel em O disposto na superfície interna do bloco para posicionamento do tubo de alojamento.

A seguir, para esta concretização, é explicado um exemplo de um método para instalação da porção de medição, que compreende um tubo de alojamento 10 e um tubo de proteção 20, para um alojamento 24. No presente documento, a figura 7 mostra todo o conjunto do aparelho para medição da taxa de fluxo de um pó. Os painéis (não mostrados) do circuito do transdutor para transformação do sinal das tensões dos eletrodos no sinal da capacitância e o circuito para compensação da mudança da temperatura do objeto a ser medida são instalados no alojamento 24.

As estruturas cilíndricas externas 23, 23a, para prender o tubo de alojamento são substancial e hermeticamente fixadas aos respectivos lados do alojamento

24 por meio de parafusos 21, 21.

Conforme mostrado nas figuras 3 e 6, o bloco conectado 39 está disposto em um lado do tubo de alojamento 10. O bloco para posicionamento do tubo de alojamento é disposto no outro lado do tubo de alojamento 10. Uma vez que os anéis em O 46 são instalados nas superfícies externas do bloco conectado 39 e o bloco para posicionamento do tubo de alojamento, um espaço hermeticamente fechado é formado entre as estruturas cilíndricas externas 23, 23a.

Conforme explicado acima, o bloco 27 para fixação do tubo de proteção é disposto no lado do tubo de proteção 20. Adicionalmente, o bloco para posicionamento do tubo de proteção é disposto no outro lado do tubo de proteção 20. O bloco 27 para fixação do tubo de proteção e o bloco para posicionamento do tubo de proteção são fixados rosqueadamente às estruturas cilíndricas externas 23, 23a por meio de uma porca de união intermediária 26 e porcas de união distais 28, 28a. Assim, o tubo de alojamento 10 e o tubo de proteção 20 podem ser instalados hermeticamente no alojamento 24.

Conforme explicado nos parágrafos acima, existe uma estrutura para instalação da porção de medição, a estrutura compreendendo o tubo de alojamento 10 e o tubo de proteção 20 no alojamento 24. Assim, o tubo de proteção 20 pode ser substituído por uma operação simples. A estrutura que se segue é usada para isto. A saber, por anexação da porca de união intermediária 26 à estrutura, o bloco de conexão 37 pode ser instalado entre o bloco conectado 39 e o bloco 27 para fixação do tubo de proteção.

As estruturas cilíndricas externas 23, para prender o

tubo de alojamento, são hermeticamente montadas ao corpo principal 25 do alojamento 24 por meio de parafusos 21 etc.. O corpo principal 25 do alojamento 24 possui um espaço que pode alojar terminais de saída, tais como, o 5 eletrodo de detecção 14 e o eletrodo de aterramento 16, e o transdutor 30 conectado ao fio de chumbo do sensor de temperatura do gás carreador 31, etc.. (Vide a figura 9, com relação à constituição do circuito do transdutor 30). Aplicando-se esta constituição ao aparelho, o fio de chumbo 10 para conexão de cada eletrodo ao transdutor 30 se torna desnecessário. Adicionalmente, isto pode reduzir a possibilidade de que os sinais sejam afetados por ruído. No presente documento, o sensor de temperatura atmosférica está disposto sobre o transdutor 30 (vide figura 9). Pela 15 mesma razão que a explicada acima, é preferível instalar o sensor de temperatura atmosférica no transdutor 30. Contudo, ele pode ser instalado fora do transdutor 30.

O anel em O 46 é instalado na periferia do bloco conectado 39, que é fixado ao tubo de alojamento 10. Uma 20 vez que o anel em O 46 contata a porção interna do flange 23a, que é disposta na extremidade distal das estruturas cilíndricas externas, a vedação hermética é mantida e, adicionalmente, o tubo de alojamento 10 é posicionado e preso. As estruturas cilíndricas externas 23, 23a são 25 fixadas ao alojamento 24 por parafusos 21,21. Então, o bloco de conexão 37 é posicionado e conectado ao bloco conectado 39, que é anexado ao tubo de alojamento 10, por meio do pino de conexão 40. O pino de conexão 40 atua para conduzir eletricidade entre o bloco de conexão 37 e o bloco 30 conectado 39, que são dispostos um acima do outro. Em

seguida, após a porca de união intermediária 26 ser fixada à estrutura cilíndrica externa 23 por suas roscas, o bloco 27, para fixação do tubo de proteção que possui o anel em O 47 disposto em sua periferia interna é inserido na porca de união intermediária 26. Então, a porca de união distal 28 é fixada à porca de união intermediária 26 por suas roscas. Este bloco 27 para fixação do tubo de proteção possui funções para fixação do tubo de conexão 22 e para vedação do tubo de conexão 22 ao tubo de proteção 20.

10 O tubo de proteção 20 é inserido no tubo de alojamento 10 e constitui a estrutura da porção de medição possuindo uma estrutura em camadas dupla. A estrutura da porção de medição é designada, de modo que o espaço entre o tubo de proteção 20 e o tubo de alojamento 10 se torna inferior a 15 0,6 mm. O espaço é ajustado por posicionamento do bloco conectado 39, que é fixado ao tubo de alojamento 10 por meio de um adesivo, na porção interna do flange 23a disposta na extremidade distal das estruturas cilíndricas externas 23.

20 O anel em O 47 é montado hermeticamente entre o ressalto 22a disposto na porção inferior do tubo de conexão 22, e o ressalto 27a formado no lado interno do bloco 27 para fixação do tubo de proteção.

Um tubo 22b que é fabricado de cerâmica de óxido e que 25 possui o mesmo diâmetro interno do tubo de proteção 20 é disposto no lado interno da extremidade distal do tubo de conexão 22, de modo que ele forma um revestimento para o tubo de proteção 20. O revestimento pode aperfeiçoar a resistência à abrasão do tubo de conexão 22 quando o pó 30 passa através do mesmo.

Quando o pó passa através do tubo de proteção 20, a alteração da capacitância do pó é convertida para a troca de uma tensão ou uma corrente (geralmente uma tensão) pelo transdutor 30, que está instalado no alojamento 24. As saídas de troca de tensão ou de corrente aparecem no visor através do cabo do fio, o visor tendo a função de graduar os dados. Eles são convertidos em quantidades físicas correspondendo à taxa de fluxo do pó e mostrados pelo visor.

10 Para esta concretização, o sensor de temperatura atmosférica é instalado no substrato do circuito de compensação do transdutor 30. A razão para instalação do sensor no transdutor 30 é que o sensor pode acompanhar a alteração da temperatura atmosférica mesmo se o sensor for
15 instalado no transdutor 30, uma vez que qualquer alteração da temperatura atmosférica é gradual.

Em seguida, é explicado a seguir um método para medir uma capacitância do pó desta concretização. A figura 8 é um gráfico mostrando uma curva determinando a relação entre
20 uma capacitância e uma taxa de fluxo. A figura 9 é um exemplo de um diagrama de bloco esquemático do circuito de compensação usado para esta concretização. A figura 10 é um fluxograma mostrando um método de compensação térmica para medição da taxa de fluxo desta invenção.

25 1. Desenho de um Gráfico Mostrando uma Curva que Determina a Relação Entre uma Capacitância e uma Taxa de Fluxo

A faixa permitida de temperatura atmosférica do aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó desta
30 invenção é de 5 ~ 45°C. Dentro da faixa de temperatura

atmosférica, após ajuste da saída do eletrodo de medição para "0" (ajuste automático para zero), a saída do eletrodo de medição é medida quando a taxa de fluxo do pó se iguala a "0" (então, a saída se torna substancialmente "0"; vide 5 Tabelas 3 e 4). Em seguida, o gráfico é desenhado de modo que os valores das capacitâncias são convertidos para uma tensão, e os valores correspondendo a cada taxa de fluxo são colocados no gráfico, enquanto etapa por etapa, a taxa de fluxo do mesmo pó como aquela a ser medida é aumentada. 10 Quando o aparelho para medição da taxa de fluxo de um pó é usado dentro de 5 ~ 45°C da temperatura atmosférica, as curvas do gráfico, curvas estas que determinam a relação entre uma capacitância e uma taxa de fluxo, adquirem substancialmente a mesma forma, por ajuste para "0" dos 15 valores das capacitâncias quando a taxa de fluxo do pó for "0". Com relação a isto, o gráfico mostrando uma curva determina a relação entre a capacitância e a taxa de fluxo. Um gráfico deve ser elaborado para cada tipo de pó, uma vez que, se um pó a ser medido diferir, a curva do gráfico 20 diferirá.

2. Determinação do Coeficiente de Compensação Térmica

As medições da capacitância são convertidas na taxa de fluxo do pó, com base no gráfico mostrando uma curva que determina a relação entre uma capacitância e uma taxa de 25 fluxo. Então, a taxa de fluxo do pó é mostrada pelo visor. Contudo, as saídas do transdutor 30 incluem um componente de uma derivação térmica causada pela alteração da temperatura do gás carreador que passa através do tubo de proteção. Assim é necessário determinar o coeficiente de 30 compensação térmica para compensar o componente da

derivação térmica.

De modo a tornar claro qual grau de alteração da capacitância é causado pela alteração da temperatura do gás carreador, o teste que se segue foi realizado.

5 O aparelho para medir a taxa de fluxo de um pó desta concretização foi colocado em um forno de temperatura constante. A temperatura do forno de temperatura constante foi controlada, de modo que seu escalonamento de temperatura aumentou (ou diminuiu) em intervalos de tempo
10 predeterminados. Então, as capacitâncias foram medidas quando o tubo de proteção foi equipado com o aparelho e quando o tubo de proteção não foi equipado com o aparelho.

O coeficiente de compensação térmica é indiretamente determinado por subtração do coeficiente de derivação
15 térmica quando o tubo de proteção não é equipado com o aparelho do coeficiente de derivação térmica quando o tubo de proteção é equipado com o aparelho. Quando o coeficiente de derivação térmica é definido como a quantidade de alteração da tensão de saída do eletrodo de medição ou
20 definido como a quantidade de alteração das capacitâncias, que são convertidas, então a temperatura do gás carreador (a temperatura do ar existente no lado interno do tubo de alojamento) é alterada em 1°C.

Por exemplo, a partir de medições dos testes 1 e 2
25 explicados a seguir, o coeficiente de compensação térmica pode ser determinado como se segue.

A partir das medições dos testes 1 e 2, o coeficiente de derivação térmica quando o tubo de proteção é equipado com o aparelho é de "0,14905 V/°C" onde o coeficiente de
30 derivação térmica é determinado por ponderação do valor do

coeficiente, quando a temperatura do gás carreador aumenta e aquele quando a temperatura do gás carreador diminui.

Uma vez que a sensibilidade do transdutor é 1 pF/escala plena (10 V), e seu ganho é de 11 vezes, então o tubo de proteção é equipado com o aparelho onde o coeficiente de derivação térmica que é convertido para uma capacitância é de 0,00135 pF/°C.

De modo semelhante, o coeficiente de derivação térmica quando o tubo de proteção não é equipado com o aparelho é de "0,1172 V/°C", onde o coeficiente de derivação térmica é determinado por ponderação do valor do coeficiente, quando a temperatura do gás carreador aumenta e aquele quando a temperatura do gás carreador diminui.

Uma vez que a sensibilidade do transdutor é 0,1 pF/escala plena (10 V) e seu ganho é de 4 vezes, então, o tubo de proteção não é equipado com o aparelho, o coeficiente de derivação térmica que é convertido para uma capacitância é de 0,000293 pF/°C.

Assim, o coeficiente de derivação térmica do tubo de proteção que é convertido em capacitância é:

$$0,00135 \text{ pF/}^\circ\text{C} - 0,000293 \text{ pF/}^\circ\text{C} = 0,001057 \text{ pF/}^\circ\text{C}$$

Uma vez que a sensibilidade do transdutor é 0,1 pF/escala plena (10 V), o coeficiente de derivação térmica do tubo de proteção que é convertido em uma tensão é de 0,1057 V/°C.

Presumindo que a sensibilidade do circuito de compensação do transdutor seja 0,1 pF/escala plena (10 V), e seu ganho seja de 3 vezes, então o coeficiente de compensação térmica (α) é:

$$\alpha = 3 \times 0,1057 = 3,171$$

3. Cálculo da Compensação Térmica

Com base no método mostrado na figura 10, o cálculo da compensação térmica é realizado no transdutor possuindo o circuito de compensação mostrado na figura 9. Então, o resultado da compensação térmica é a saída do transdutor.

No transdutor, o amplificador diferencial AMP1 calcula uma diferença na saída ($V_{T1} - V_{T2}$) com base na saída (V_{T1}) do sensor de temperatura do gás carreador T1 e saída (V_{T2}) do sensor de temperatura atmosférica T2.

Com base na tensão (V_{T0}), que é a saída do eletrodo de medição que é convertida pela porção para conversão da capacitância, pela saída ($V_{T1} - V_{T2}$) do amplificador de diferencial AMP1, e pelo coeficiente de compensação térmica (α), o amplificador diferencial AMP2 calcula as medições compensadas por emprego desta equação:

$$V_{T0} \pm \alpha(V_{T1} - V_{T2})$$

Então, o amplificador diferencial AMP2 mostra as medições compensadas, que constituem a saída do transdutor no visor.

O comparador pode detectar se a saída do transdutor está dentro de ± 50 mV, e então mostra o resultado para o circuito de visualização usando LEDs. Quando a saída do transdutor estiver dentro de ± 50 mV, o LED azul acende. Quando o rendimento do transdutor estiver acima de ± 50 mV, o LED vermelho acende.

Quando a saída do transdutor for superior a ± 50 mV, isto significa que quando a taxa de fluxo do pó for zero, a saída do transdutor não pode ser próxima de zero, em razão da alteração da temperatura atmosférica causada pela alteração das estações. A saber, isto significa que é

necessário ajusta a saída do eletrodo de medição para zero (ajuste automático para zero). Por uma comutação para ajustar automaticamente a saída do eletrodo de medição para zero (Comutação Auto-Zero), a saída do eletrodo de medição
5 pode ser ajustada para zero. Enquanto ajustando a saída do eletrodo de medição para zero, o LED vermelho, para "Tremulação" acende. Mesmo que a operação para ajuste da saída do eletrodo de medição para zero esteja completa, algum retardo de tempo para exibição de "0" no visor
10 acontece, uma vez que a saída do transdutor é ponderada. Assim, para o tempo correspondendo ao retardo de tempo, o visor pode indicar os dados sem qualquer tremulação sendo mostrada pelo controle do retardo de tempo por um cronômetro.

15 O aparelho para medir a taxa de fluxo de um pó pode ser aplicado a um aparelho para manuseio de um pó. O aparelho não está limitado a um aparelho específico. Por exemplo, ele pode ser instalado em uma máquina de disparo de jato de ar do tipo de sucção mostrada na figura 11 e
20 empregada.

A máquina de disparo de jato de ar do tipo de sucção toma uma da quantidade de pó (um material de disparo) fora do tanque 51 para armazenamento do pó por meio de um alimentador de fuso 52. Então, Ela projeta o pó por meio de
25 um ejeter 56, através de uma mangueira à prova de pressão 54 (diâmetro externo: 30 mm; espessura: 5,5 mm). O aparelho 58 para medição de uma taxa de fluxo de um pó é montado entre o orifício para descarga do pó o alimentador de fuso 52 e a extremidade proximal da mangueira à prova de pressão
30 54.

Pressão do vácuo de cerca de -3.000 mmHg (-29 KPa) de pressão a vácuo e cerca de 25 m/segundo de velocidade, o pó é aspirado e passado através do aparelho 58. Então, a capacitância do pó é medida e convertida em uma tensão, 5 saindo através de um cabo coaxial 60 e um visor para conversão e mostra dos dados.

Em seguida, enquanto se altera a taxa de fluxo do pó (alterando-se a quantidade de pó retirada do tanque 51), a alteração da tensão (a alteração da capacitância) é medida. 10 Determinando-se a relação entre a taxa de fluxo do pó e a saída da tensão com base nos dados medidos, a taxa de fluxo do pó pode ser medida.

Exemplos

A seguir, são explicados os exemplos (testes) para 15 verificação dos efeitos desta invenção.

Nos exemplos, o aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó que possui as especificações mostradas pela Tabela 1 é empregado, onde a razão de [a largura do eletrodo de detecção 14]:[a largura do eletrodo de 20 aterramento 16] é 13:1, e onde o tubo de alojamento 10 possuindo a estrutura do eletrodo que é um tipo isento de núcleo e está disposto com um padrão em espiral é empregado para o aparelho (Vide figura 1). Utilizando-se estes elementos é montado o aparelho para medição de uma taxa de 25 fluxo de um pó que emprega capacitância, o aparelho podendo compensar a derivação térmica.

O circuito de compensação térmica mostrado na figura 9 é usado no dito aparelho, o dito circuito podendo compensar a derivação térmica com base no fluxograma da figura 10 e o 30 dito circuito atuando como um circuito de compensação para

o transdutor.

Tabela 1

		EXEMPLO
Material de um eletrodo		Cobre impresso
Material da camada principal de um tubo de alojamento		Fibra de vidro e resina epóxi reforçada
Um tubo de proteção	Material	Alumina a 92%
	Espessura	0,5 mm
	Diâmetro externo	10 mm
	Fenda entre o tubo de proteção e o tubo de alojamento	0,25 mm
Material do eletrodo de segurança		Folha de cobre

Teste 1

A sensibilidade e o ganho do transdutor foram estabelecidos para 1 pF/escala plena (10 V) e onze vezes, respectivamente. Após colocação do aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó em um forno de temperatura constante que foi mantido a 10°C, as saídas dos sensores de temperatura e a alteração da capacitância no eletrodo foram medidas. Adicionalmente, enquanto aumentando escalonadamente a temperatura do forno até 40°C, a capacitância no eletrodo foi medida em cada alteração na temperatura. A figura 12 mostra os dados na medição. A partir da figura 12 fica entendido que a capacitância está em proporção inversa com relação à temperatura.

Teste 2

O aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó que utiliza capacitância e que foi usado para o Teste 1 foi

colocado no mesmo forno que aquele usado para o Teste 1. Embora diminuindo escalonadamente a temperatura do forno de 40°C para 10°C, a capacitância no eletrodo foi medida em cada alteração na temperatura. A figura 13 mostra os dados da medição. A partir da figura 13, bem como do Teste 1, fica entendido que a capacitância está em proporção inversa à temperatura. Nas figuras 12 e 13, R^2 indica qualquer variação.

Teste 3

O aparelho para medição da taxa de fluxo de um pó que utiliza capacitância e que foi usado para o Teste 1 foi também empregado para o Teste 3. A sensibilidade e ganho do transdutor foram estabelecidos para 1 pF/escala plena (10V) e 40 vezes, respectivamente. Pressão a vácuo de cerca de 2.500 mmAq, velocidade de cerca de 24 m/s e temperatura ambiente de 21°C, ar aspirado (um gás carreador) foi passado através do tubo de proteção 20 por um minuto (a uma taxa de fluxo de 90 litros/minuto) e então a saída do transdutor foi medida. A partir da Tabela 2, uma vez que a compensação térmica foi realizada, fica entendido que não ocorreu nenhuma alteração da medição da saída do transdutor.

Tabela 2

	Tensão de saída (V)	Capacitância (PF)
Condição estática	0,001	$2,5 \times 10^{-6}$
Ponto de Partida(1)	0,002	$5,0 \times 10^{-6}$
Ponto Final(2)	0,002	$5,0 \times 10^{-6}$

Observação:

(1) "Ponto de partida" significa imediatamente após o

gás carreador começar a escoar.

(2) "Ponto final" significa imediatamente antes do gás carreador parar de escoar.

Teste 4

5 O aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó que utiliza capacitância e que foi empregado para o Teste 1 foi usado para o Teste 4. A sensibilidade e ganho do transdutor foram ajustados para as mesmas condições como aquelas do Teste 3. Sob as mesmas condições de pressão no
10 vácuo e velocidade que aquelas do Teste 3, Green-Carborundum GC#600 foi intermitentemente retirado do tanque em 38, 76, 151, 230 e 303 g/minuto (g/min.) por um minuto. Ele fluiu dentro do aparelho para medição da taxa de fluxo de um pó em conjunto com o ar a 21°C. Então, a saídas do
15 aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó foram medidas. Enquanto o pó teve seu fluxo parado, o ar continuou a fluir através do aparelho. A tabela 3 mostra o resultado das medições. A partir da tabela 3, fica claro que a saída do aparelho, quando apenas o ar escoar através
20 do mesmo, é compensada com base na medição do sensor de temperatura, sendo a mesma que aquela que ocorre durante a condição estática.

Tabela 3

Taxa de fluxo do pó (g/minuto)	Tensão de Saída (V)	Capacitância (pF)
0	0,001	$2,5 \times 10^{-6}$
38	0,226	$5,65 \times 10^{-4}$
0	0,002	$5,0 \times 10^{-6}$
76	0,598	$1,495 \times 10^{-3}$
0	0,002	$5,0 \times 10^{-6}$

151	1,943	$4,858 \times 10^{-3}$
0	0,001	$2,5 \times 10^{-6}$
230	4,576	$1,114 \times 10^{-2}$
0	0,003	$7,5 \times 10^{-6}$
303	7,263	$1,816 \times 10^{-2}$
0	0,002	$5,0 \times 10^{-6}$

Teste Comparativo 5

Uma comparação do aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó que emprega capacitância e que foi usado nos Testes 1-4, Comparativo, foi realizada no Teste 5, que era semelhante ao Teste 3, tendo sido realizada por emprego do aparelho que não apresenta dados de temperatura para compensação térmica. A tabela 4 mostra o resultado das medições. A partir da Tabela 4, é reconhecido que, quando apenas o ar começa a fluir através do aparelho na condição estática, a saída do aparelho é aumentada, e apenas quando o ar para de escoar através do aparelho ela diminui. A razão é que a temperatura dentro do tubo de proteção 20 é reduzida um pouco, quando o ar escoar dentro do tubo de proteção. O resultado do Teste Comparativo 5 corresponde ao resultado do Teste 1.

Tabela 4

	Tensão de saída (V)	Capacitância (PF)
Condição estática	0,0024	$6,0 \times 10^{-6}$
Ponto de Partida(1)	0,0903	$2,258 \times 10^{-4}$
Ponto Final(2)	- 0,0991	$-2,478 \times 10^{-4}$

Observação:

(1) "Ponto de partida" significa imediatamente após o gás carreador começar a escoar.

(2) "Ponto final" significa imediatamente antes do gás carreador parar de escoar.

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 mostra uma vista em seção de uma concretização de uma estrutura de uma porção de medição. Esta concretização é usada com o aparelho para medir a taxa de fluxo de um pó desta invenção.

As figuras 2(A) e (B) são vistas esquemáticas mostrando a relação entre a razão da largura do eletrodo de detecção para a largura do eletrodo de aterramento, e as tubulações de fluxo elétrico que são geradas.

A figura 3 mostra uma vista em seção da parte principal do aparelho para medir uma taxa de fluxo de um pó antes de instalar um sensor de temperatura de gás carreador na posição predeterminada.

A figura 4 mostra uma vista em seção na linha 4-4 da figura 3.

A figura 5 mostra uma vista da linha 5-5 da figura 3, a vista correspondendo a uma vista plana de um painel impresso de fiação.

A figura 6 mostra uma vista em seção parcial próxima à posição onde o sensor de temperatura de gás carreador é instalado, de uma concretização do aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó desta invenção.

A figura 7 é uma vista em elevação total do aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó desta invenção.

A figura 8 é um gráfico mostrando uma curva de determinação da relação entre uma capacitância e uma taxa de fluxo, o gráfico sendo usado para esta invenção.

A figura 9 mostra um diagrama de bloco de um circuito

do transdutor. O mesmo inclui um circuito para compensação térmica.

A figura 10 é um fluxograma mostrando um método de compensação térmica para medir a taxa de fluxo desta
5 invenção.

A figura 11 mostra um exemplo de uma aplicação desta invenção. O exemplo é uma máquina de disparo de jato de ar do tipo de sucção que inclui o aparelho desta invenção para medição de uma taxa de fluxo de um pó.

10 A figura 12 mostra um gráfico dos resultados das medições das saídas dos sensores de temperatura e a alteração da capacitância no eletrodo, enquanto escalonadamente aumentando a temperatura de um forno de temperatura constante de 10 para 40°C, após colocação do
15 aparelho para medição da taxa de fluxo de um pó desta invenção no forno.

A figura 13 mostra um gráfico dos resultados da medição das saídas dos sensores de temperatura e a alteração da capacitância no eletrodo, enquanto diminuindo
20 escalonadamente a temperatura do forno de temperatura constante de 40 para 10°C.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho que utiliza capacitância para medir uma taxa de fluxo de um pó, caracterizado pelo fato de que compreende:

5 um tubo de medição, através do qual um pó em conjunto com um gás carreador passa, para medição de uma taxa de fluxo,

 um eletrodo de medição para medir as alterações de capacitância no tubo de medição, o eletrodo sendo disposto
10 ao redor do tubo de medição,

 um transdutor para produção de uma saída do eletrodo de medição para um visor que mostra uma taxa de fluxo de um pó;

 onde o eletrodo de medição e o transdutor são
15 hermeticamente dispostos em um alojamento e são mantidos juntos com o tubo de medição,

 um sensor de temperatura atmosférica para medir a temperatura da atmosfera e um sensor de temperatura-gás carreador para medir a temperatura do gás carreador, e

20 um circuito para compensar a saída do eletrodo de medição com base na diferença entre a saída do sensor de temperatura atmosférica e a saída do sensor de temperatura do gás carreador.

 onde o sensor de temperatura do gás carreador está
25 disposto sobre o tubo de medição em um local que não é afetado pelo eletrodo de medição, e que está próximo da parede interna do tubo de medição, e

 onde o sensor de temperatura atmosférica está disposto de modo que o sensor possa medir a temperatura da atmosfera
30 circundando o aparelho para medir uma taxa de fluxo de um

pó.

2. Aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sensor de temperatura atmosférica é instalado
5 no alojamento.

3. Aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o tubo de medição compreende um tubo de alojamento para alojar eletrodos de medição e um tubo de
10 proteção para proteger os eletrodos de medição, onde o tubo de proteção está disposto hermeticamente no tubo de alojamento e pode ser anexado e destacado do tubo de alojamento e, onde o sensor de temperatura do gás carreador está disposto na superfície externa do tubo de proteção por
15 anexação direta do sensor ao tubo de proteção.

4. Aparelho para medição de uma taxa de fluxo de um pó, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente:

um bloco de conexão para conectar os fios fixos ao
20 tubo de proteção, e

um bloco conectado para ser conectado por fios fixos ao tubo de alojamento e compreendendo fios conectados ao transdutor,

onde o bloco de conexão e o bloco conectado podem ser
25 rapidamente conectados e desconectados por meio de pinos e soquetes dispostos no bloco de conexão e conectado, respectivamente, e

onde o sensor de temperatura do gás carreador é instalado no bloco de conexão.

30 5. Método para medir uma taxa de fluxo de um pó, pela

detecção de qualquer alteração da capacitância, por meio de um eletrodo de medição, o eletrodo sendo disposto ao redor do tubo de medição, onde as alterações são causadas pela taxa de fluxo do pó passando através do tubo de medição, em conjunto com um gás carreador,

o método caracterizado pelo fato de compreender:

uma etapa para compensar a saída do eletrodo de medição, com base na diferença entre a saída de um sensor de temperatura atmosférica e a saída de um sensor de temperatura do gás carreador.

Fig. 1

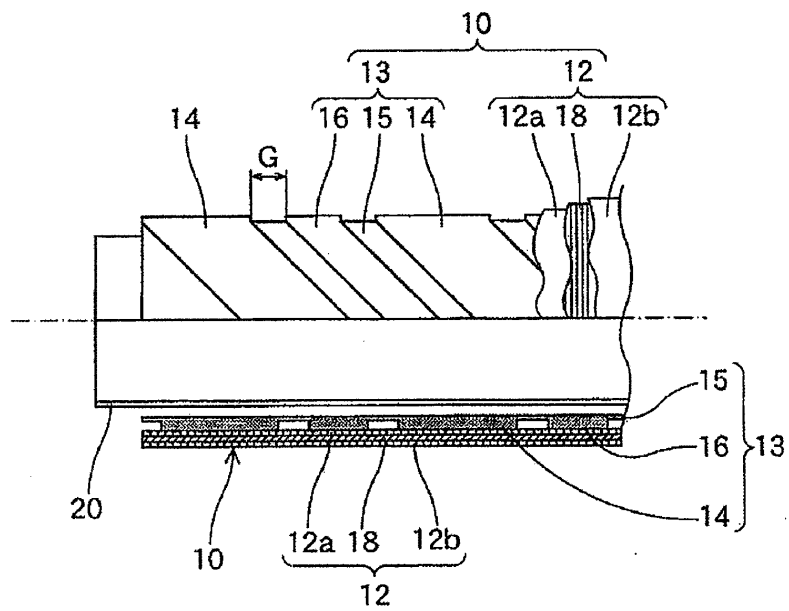
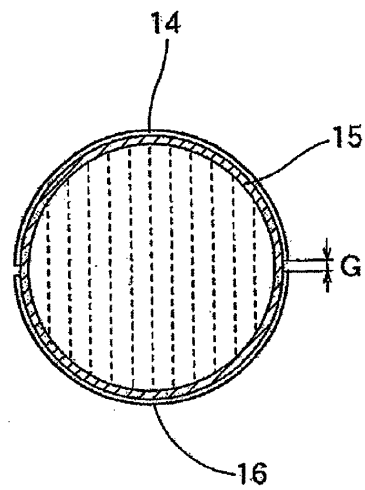


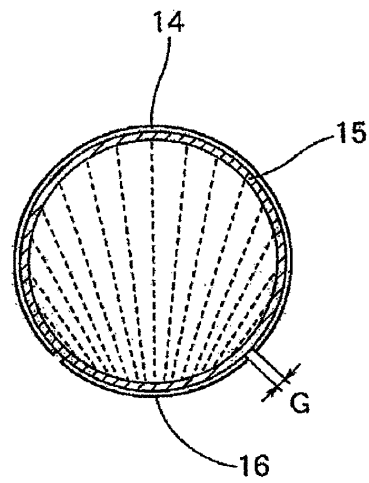
Fig. 2

(A)



[a largura do eletrodo de detecção]
= [a largura do eletrodo de aterramento]

(B)



[a largura do eletrodo de detecção]
= [a largura do eletrodo de aterramento]

Fig. 5

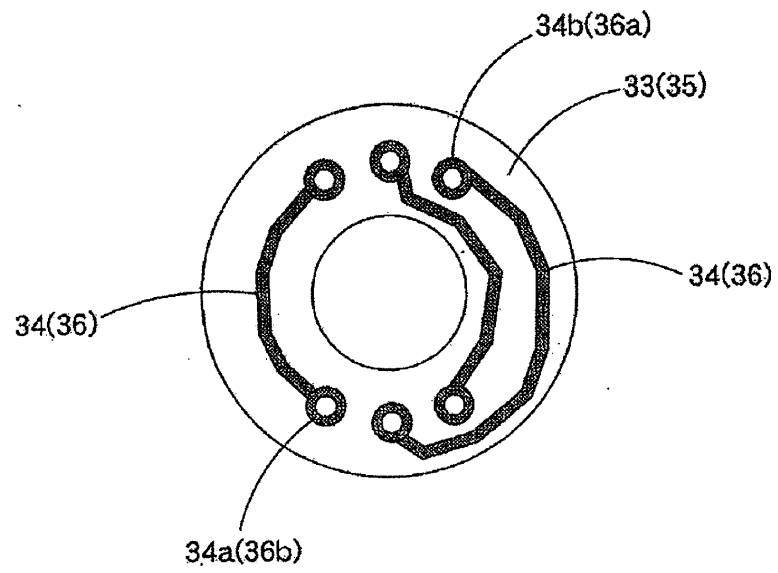


Fig. 6

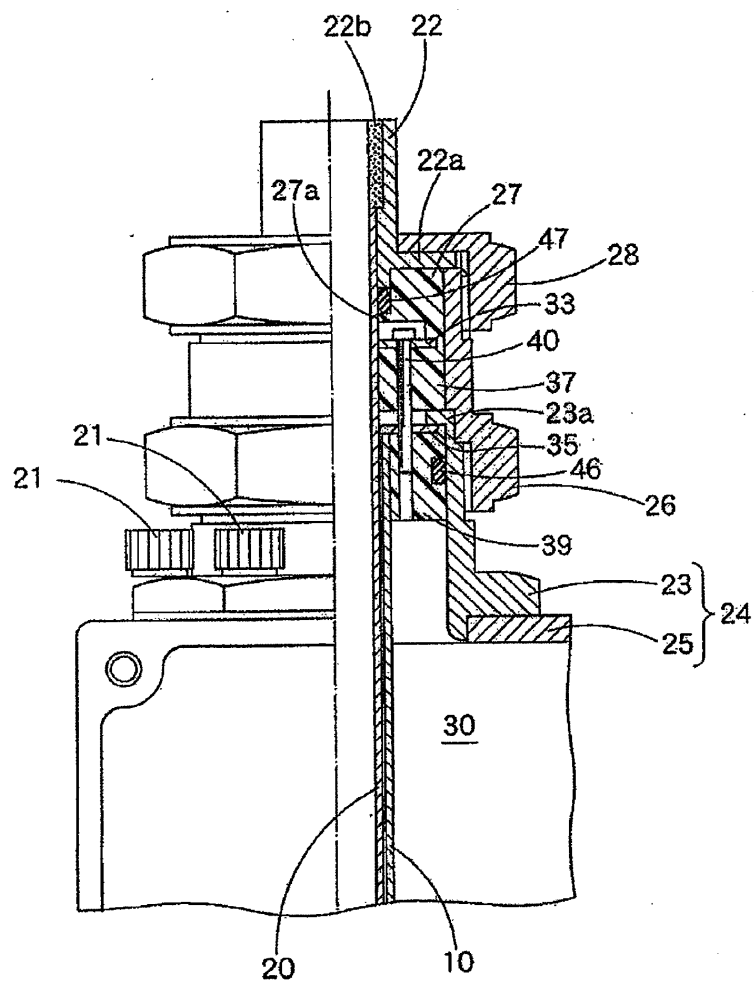
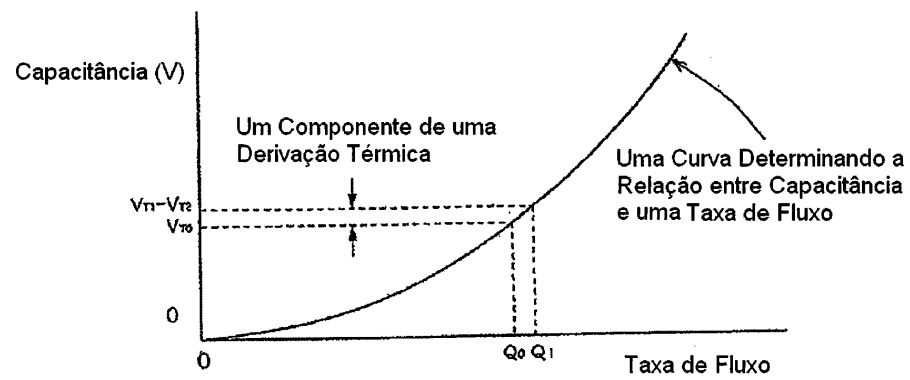


Fig. 8



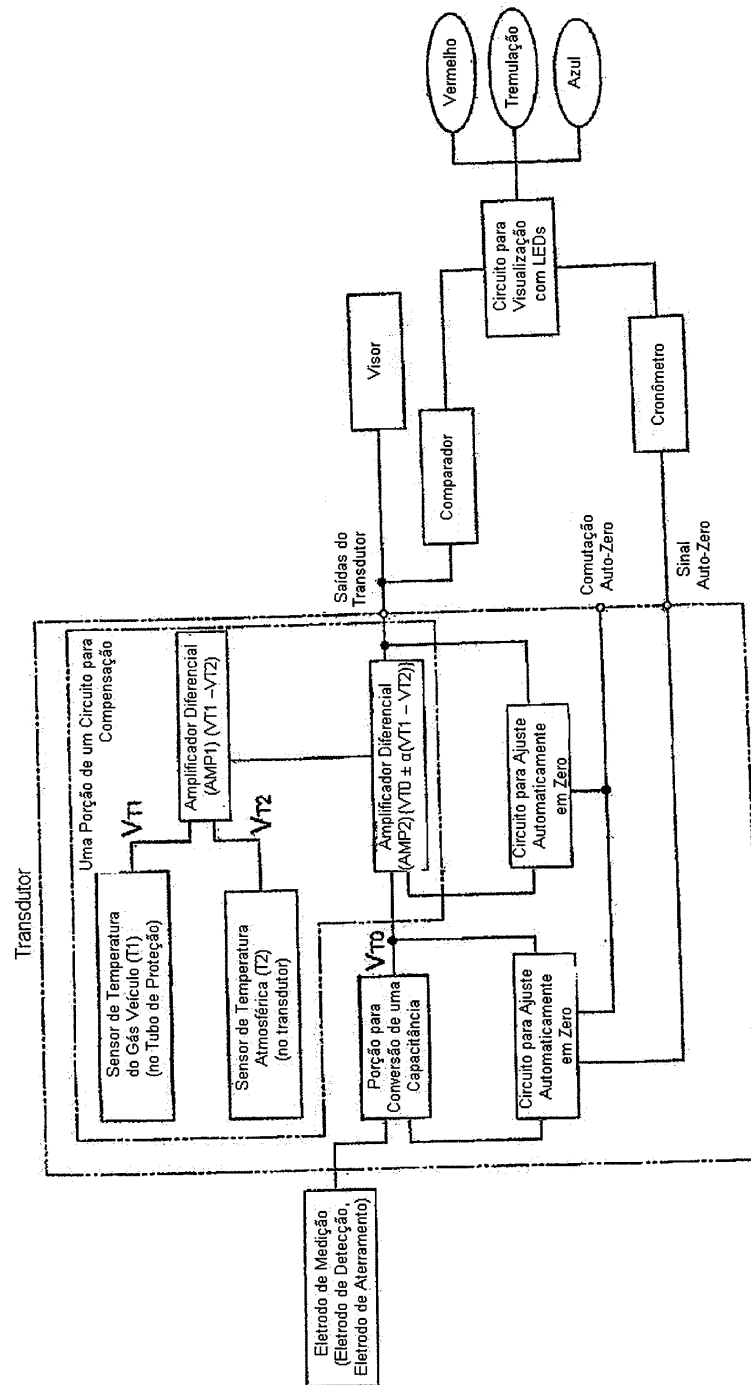


Fig. 9

Fig. 10

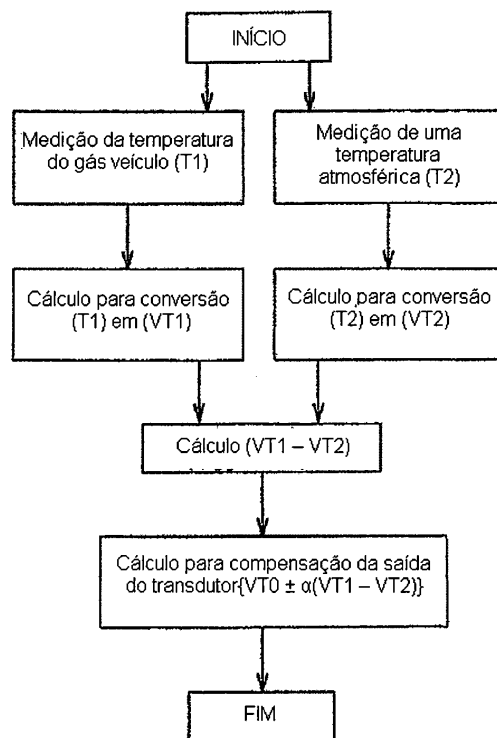


Fig. 11

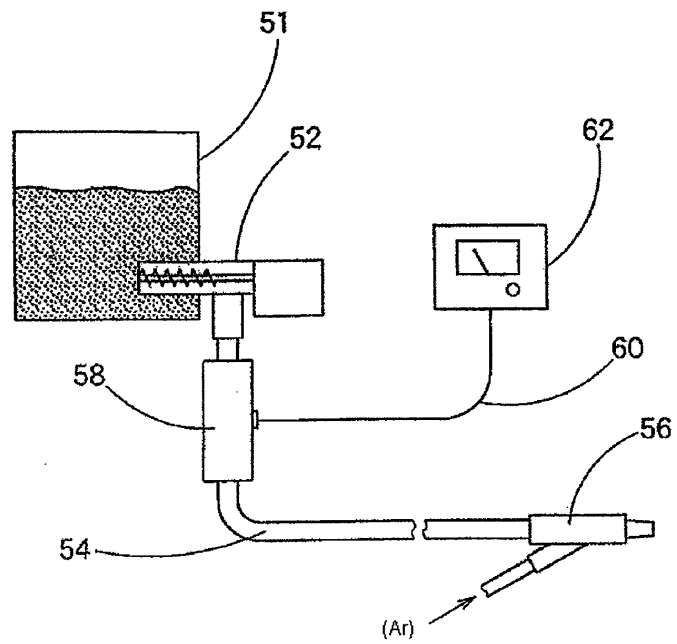


Fig. 12

Relação entre Temperatura versus
Capacitância com Aumento de Temperatura

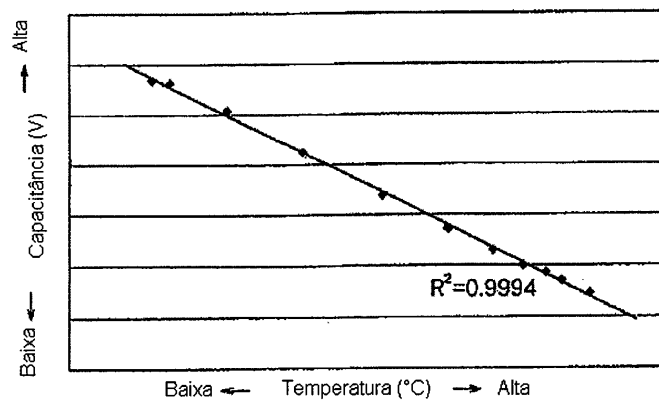


Fig. 13

Relação entre Temperatura
versus Capacitância com Diminuição da Temperatura

