

Introdução



O rotâmetro é o mais conhecido medidor de caudal de área variável.

Foi desenvolvido há já vários anos, mas só nos últimos 30 é que se verificou um maior progresso, permitindo que hoje ele possa ter utilização nas mais diversas situações e condições.

O rotâmetro é constituído por um tubo cónico, com o diâmetro menor do lado de baixo, dentro do qual existe um flutuador ou bóia. É através da parte menor do tubo que o fluido entra. A bóia pode mover-se livremente na vertical, subindo ou descendo no tubo, conforme aumenta ou diminui o caudal.

O tubo possui uma escala de medida onde podemos ler directamente o valor do caudal através da borda de cima da bóia. Convém notar que a bóia terá que ter uma densidade superior à do fluido.

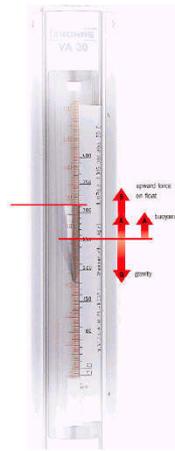
Os rotâmetros são bastante utilizados na indústria química, farmacêutica, petroquímica, alimentar, mecânica. São também bastante comuns em laboratórios e no tratamento de águas.



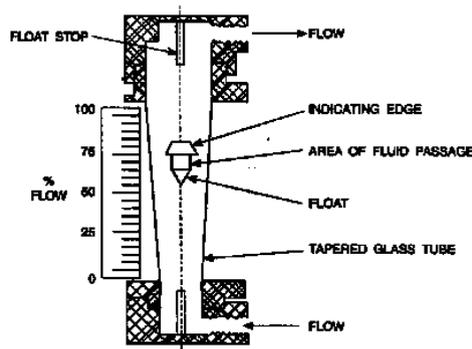
Princípio de funcionamento

O fluido - gás ou líquido - desloca-se no rotâmetro da base para o topo, resultando num movimento axial da bóia. Ao longo do comprimento do tubo existe uma relação entre o diâmetro da bóia e o diâmetro interior do tubo. O diâmetro da bóia é fixo ao contrário do tubo interior do rotâmetro que vai aumentando da base até ao topo. Se o fluxo de caudal é constante, a diferença de pressão sobre a bóia iguala o peso efectivo da bóia e esta “fixa-se” na posição que define o fluxo de caudal. Quando o fluxo de caudal aumenta também a força que actua na bóia, aumenta.

Esta força faz com que a bóia suba para uma posição mais acima. Quando o caudal diminui a bóia muda de posição para baixo. O caudal é pois uma função da altura da bóia.



Em suma, o princípio de funcionamento do rotâmetro baseia-se na força de arrastamento que o fluido exerce sobre a bóia, móvel, dentro de uma secção variável de escoamento. Nestes medidores a variação de pressão é constante. Estes baseiam-se na variação da área de passagem do fluido entre a parede do tubo e a bóia, com a altura (posição) da bóia.



$$Q = U_{\max} \left(\frac{\pi}{4} \right) (D_t^2 - D_f^2)$$

Q - caudal volumétrico

umax - velocidade máxima do fluido

Dt – diâmetro do tubo do rotâmetro

Construção e materiais

Os materiais que podem ser utilizados para a construção do rotâmetro dependem da natureza do fluido que vai ser medido

Vamos abordar os vários materiais possíveis quer para o tubo medidor, quer para a bóia, pois são para estas peças que o material pode afectar a taxa de caudal. É de realçar a simplicidade de construção do rotâmetro, bem como o baixo custo das suas peças e materiais para a sua construção.



TUBO MEDIDOR

Este tubo pode ter vários tamanhos possíveis, de acordo com a quantidade de caudal que se vai medir. O comprimento varia mais ou menos de 3 a 10 polegadas, podendo em certos casos atingir 24 polegadas. O material mais utilizado para a construção é o vidro. Este é mais indicado para medir caudais de ácidos concentrados e gases corrosivos.

Os rotâmetros com tubo de vidro podem ser usados para várias gamas de caudais desde 30-450ml/h até 1,36-13,6m³/h. Este tipo de rotâmetros resiste melhor a altas pressões quando o seu tamanho é mais reduzido. Aquando da medição de líquidos, os rotâmetros mais pequenos deste tipo podem ser usados com segurança até pressões de 32 bar, e os de maiores dimensões estão limitados a 8 bar. Para gases, as pressões devem ser mais baixas. Neste último caso, existem, no entanto, protecções especiais para o tubo de vidro. Convém que, dada a fragilidade do vidro, sejam tomadas precauções, quer na instalação, quer na utilização destes rotâmetros.

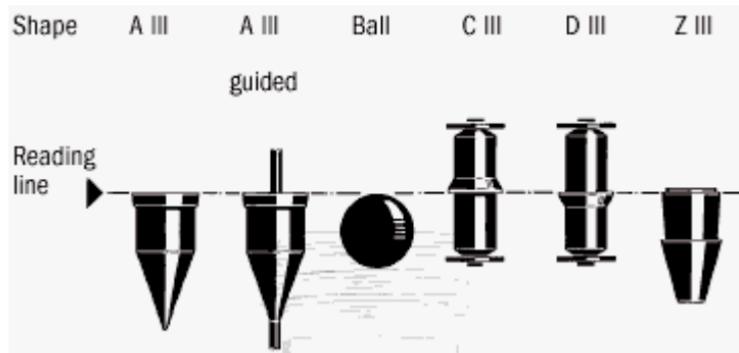
Existem outros materiais que podem ser usados para a construção do rotâmetro, como o aço inoxidável, ou outros materiais não magnéticos, como o teflon ou PVC. Os tubos podem ainda ser feitos de acrílico, policarbonato ou de metal. Quando o fluido a medir é opaco ou as condições de operação são mais extremas é preferível utilizar um rotâmetro de tubo metálico. Estes rotâmetros podem ser usados para pressões superiores a 2000 bar, temperaturas superiores a 300°C e com uma capacidade para caudais de 410m³/h.

BÓIA

A bóia pode ser fabricada a partir de uma série de materiais, desde que a sua densidade seja superior à do fluido a medir. Convém também que os materiais permitam uma resistência da bóia à corrosão e ao desgaste. Citam-se o aço inoxidável (o mais usado), vidro, níquel, monel, PVC, teflon, titânio, tântalo,

hastelloy-C, etc. A quantidade de caudal é dependente do peso, tamanho, e forma da bóia. Existem várias formas possíveis de bóias e devemos escolher a mais indicada para determinado processo de acordo com as seguintes variáveis:

- Taxa de caudal
- Ausência de viscosidade
- Queda de pressão
- Baixo custo
- Durabilidade



Vários tipos de bóias disponíveis

Uma das formas possíveis de aumentar a taxa de caudal de um rotâmetro é alterar o material da bóia, e consequentemente, a sua densidade, mantendo o mesmo tubo e o tamanho da bóia. As bóias feitas de material menos denso vão atingir um ponto mais alto no tubo, e por esta razão a taxa de caudal para o mesmo diâmetro do tubo vai ser menor. Bóias feitas de material mais denso não vão atingir posições tão altas no rotâmetro e daí a taxa de caudal ser maior.

Características estáticas

As características estáticas definem um determinado medidor e têm a particularidade do sinal de entrada, I (input), não variar com o tempo.



Os rotâmetros têm a sua exactidão e repetibilidade tabelada em valores de percentagens de fsd (full scale deflection).

Relembrando sucintamente os conceitos, sabemos que a exactidão representa a concordância entre o valor obtido experimentalmente e o valor verdadeiro. A percentagem de fsd é a relação entre o erro absoluto máximo e a banda de entrada. A repetibilidade representa a proximidade dos valores obtidos para um dado grupo de medições do mesmo sinal de entrada, quando se utilizam as mesmas condições de operação e equipamentos.

Assim temos para a generalidade dos rotâmetros os seguintes valores:

- Exactidão: acima de $\pm 1\%$ de fsd
- Repetibilidade: acima de $\pm 0,25\%$ de fsd

Os valores da exactidão são função do comprimento da escala e do material do tubo. Um rotâmetro de tubo de vidro tem sempre uma maior exactidão do que um rotâmetro de tubo de plástico. Como sabemos, existem vários tamanhos possíveis para a escala do rotâmetro. Quanto maior for a escala, normalmente são mais as suas divisões, permitindo assim uma leitura mais exacta e mais fácil.

LINEARIDADE

Sabemos que o caudal é função da altura do fluido no rotâmetro. A curva do caudal versus altura é praticamente linear. Há, no entanto, que ter cuidado, pois quando a bóia se aproxima do extremo, quer superior, quer inferior do rotâmetro a relação de Q com h deixa de ser linear, com um desvio de aproximadamente 5%. Estes desvios devem-se aos efeitos de entrada e de saída, em que há perdas de energia por causa da não existência de continuidade da conduta nestas zonas. Assim, para evitar estas imprecisões, devemos escolher o rotâmetro adequado à quantidade de caudal que pretendemos medir: para caudais maiores, deve-se usar um rotâmetro maior, e para caudais menores o rotâmetro deve ser menor. Evita-se assim, que a bóia esteja num dos extremos do rotâmetro.

Gama de medida

Os rotâmetros podem ser usados numa vasta gama de caudais bem como para medir diversos tipos de correntes. Nas secções relativas aos [fabricantes](#), [construção/materiais](#) e [outros](#) temos diversos exemplos de utilização deste tipo de medidores em diferentes gamas de medida e condições de operação.

Calibração

A maioria dos rotâmetros possuem uma escala que pode ou não ser lida directamente. Como as leituras do rotâmetro são afectadas pela densidade do fluido é necessário fazer as correcções necessárias aquando da mudança da densidade deste. Também é preciso fazer correcções quando alteramos a pressão, a temperatura ou a gravidade específica de um gás.

Estas correcções podem ser calculadas através do uso de várias fórmulas. Existem de facto, várias fórmulas disponíveis para calcular o caudal de um fluido através de um rotâmetro que não está calibrado. Estas equações geram factores de correcção que correlacionam caudais de outros fluidos a uma calibração já conhecida. São algumas as indústrias que levam a cabo extensas experiências de modo a determinar a exactidão destas fórmulas matemáticas. Os melhores resultados obtidos estimam caudais com $\pm 5\%$ de exactidão.



Se se desejar uma melhor exactidão convém calibrar o rotâmetro com o actual fluido às condições de pressão e temperatura em causa. Estas indústrias podem ainda calibrar os rotâmetros para diferentes gases e/ou condições através de técnicas especializadas para o efeito, e a um custo reduzido. Para tal só é necessário especificar o gás, a temperatura e pressão de operação, bem como a quantidade de caudal a que se destina e o modelo do rotâmetro.

Ao longo dos anos foi construída uma extensa “biblioteca” de tabelas de correlação de caudais, bem como curvas para dezenas de gases a numerosas condições de operação. Ao encomendar-se um rotâmetro podemos também encomendar estas tabelas. Convém ter em atenção que nos rotâmetros calibrados nas condições padrão e com uma válvula na entrada, as leituras no tubo estão correctas desde que se assegure que a pressão à saída é semelhante à pressão atmosférica. Quando a válvula está à saída, as leituras são correctas se a pressão do gás no interior é igual à pressão para a qual o tubo foi calibrado.

Seleccção

Existem vários modelos de rotâmetros que diferem entre si pelas suas características adaptadas a um vasto e distinto conjunto de condições de operação. O rotâmetro deve ser escolhido tendo em conta as especificações do cliente.



Existem uma série de factores que vão influenciar a selecção de um determinado rotâmetro, dos quais se destacam os mais importantes:

- *Taxa de caudal* - tenho que escolher o comprimento do tubo do rotâmetro de acordo com a quantidade de caudal que pretendo medir.
- *Exactidão/repetibilidade* - devemos ter em atenção os valores de exactidão e repetibilidade adequados ao objectivo a que se destina o rotâmetro.
- *Não corrosivo* - O rotâmetro seleccionado deve ser minimamente resistente a um fluido mais corrosivo.
- *As perdas de pressão devem ser mínimas*- se tal não acontecer a eficiência da medição é bastante mais reduzida.
- *Preço* - este é o parâmetro que mais pesa no processo de selecção de um rotâmetro. O ideal seria encontrar a relação óptima entre qualidade e preço, mas muitas das vezes nem sempre tal é possível. Um rotâmetro que satisfaça todos os factores acima mencionados pode ser recusado se o seu preço for elevado.

Custos e fabricantes

Existem várias tabelas de preços para os rotâmetros. Estes dependem do modelo, da marca, do tamanho e material do tubo, do material da bóia e da quantidade de caudal a que se destina medir. Tendo em conta todos estes factores o preço varia de 64 a 245 dólares. Os preços mais elevados correspondem a tubos maiores.



www.omega.com



www.koboldusa.com

www.foxboro.com

www.khrone.com

Vantagens e desvantagens

VANTAGENS

- Podem ser utilizados para medir caudais quer de líquidos, quer de gases
- Medição exacta para valores mais baixos de caudal
- Capazes de medir caudais a baixas pressões
- As perdas de pressão são mínimas
- As fugas de entrada e/ou saída são nulas ou praticamente inexistentes
- Indicação local do valor do caudal, sem necessidade de aparelhos auxiliares
- Simples na sua concepção
- Capacidade de resistência à corrosão e ao desgaste
- Fácil de calibrar
- Facilmente se lê o valor do caudal
- Variedade de modelos que podem ser aplicados às mais diversas situações
- Vários tamanhos e formas da bóia à escolha de acordo com o caudal que se pretende medir e de que fluido
- Componentes essenciais do rotâmetro são facilmente removíveis e substituíveis
- Fácil montagem e limpeza
- Preços atractivos
- Fornece boa exactidão e segurança



DESVANTAGENS

- Precisão afectada pelos depósitos interiores
- Custo elevado para grandes caudais
- Fragilidade do tubo de medida
- Bolhas de ar no interior do tubo podem causar erros de leitura