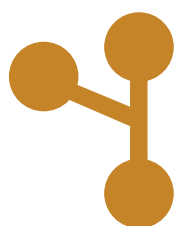


REVISTA TÉCNICO - CIENTÍFICA



robotica®

automação
controlo
instrumentação

**ARTIGO CIENTÍFICO**

- Mind Controlled ArmBot

VOZES DE MERCADO

- EPLAN Data Portal integrado no EPLAN eSTOCK
- *Software* para a resiliência: o papel da automação na indústria de hoje e de amanhã

INSTRUMENTAÇÃO

- Medição da viscosidade

AUTOMAÇÃO E CONTROLO

- Redes de comunicação de dados (4.ª Parte)

ELETRÓNICA INDUSTRIAL

- Eletrónica (25.ª Parte)

PORTUGAL 3D

- Fatores que influenciam o rigor dimensional nos processos de fabrico por arranque de apara (2.ª Parte)

ROBÓTICA 360°

- Introdução à Robótica Industrial (2.ª Parte)

MESA REDONDA SOBRE A ROBÓTICA E O HOMEM

- Robótica: passado, presente e perspetivas para o futuro
- Como está a evoluir a relação Homem-Robot?
- Acredita que os robots poderão substituir o Homem em quase tudo?
- Como acha que esta relação entre Homem e Robot irá evoluir no futuro?

PUB



EPL
MECATRÓNICA & ROBÓTICA

40°
Aniversário



EPSON

ROBÔS com garantia de 40 meses*

epl-si.com













*Não dispensa a consulta de condições de venda em vigor. Consulte a EPL para saber mais.

Medição da viscosidade

1. INTRODUÇÃO

O conceito de viscosidade está associado aos materiais fluidos. Os fluidos são substâncias que se deformam e se adaptam à geometria do recipiente que as contém; podem ser transvazados de um recipiente para outro, adaptando-se à forma geométrica do novo recipiente, escoando ou fluindo. Os fluidos podem ser mais ou menos consistentes ou espessos. A viscosidade é a característica dos fluidos que mostra a capacidade em deslizarem sobre si próprios ou em fluírem, quando em contacto com outros meios. Quantifica-se esta capacidade utilizando sensores. A viscosidade é um dos parâmetros que, juntamente com a compressibilidade, estabelece a distinção entre os fluidos reais e os fluidos perfeitos, sendo estes últimos incompressíveis e com viscosidade nula, significando que o movimento das suas partículas se efectua sem fricção. De entre os tipos de fluidos existem normalmente duas grandes classes: a dos líquidos, que podem ser contidos num recipiente aberto superiormente, e a dos gases, que para serem confinados necessitam de um recipiente fechado (com excepção da atmosfera e de outras grandes extensões).

Unidades

A viscosidade dinâmica é a força tangencial necessária para manter uma diferença de velocidade de 1 m s^{-1} entre duas lâminas de fluido de 1 m^2 de área, colocadas à distância de 1 m , uma da outra.

No SI (Sistema Internacional de Unidades), a unidade de viscosidade dinâmica ou absoluta, μ , chama-se poiseuille¹, sendo o seu símbolo Pl, e a viscosidade cinética, ν , exprime-se em $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$.

É usual o recurso às antigas unidades do sistema CGS (Centímetro, Grama e Segundo):

- Para a viscosidade dinâmica, μ , poise (P).
Tem-se $1 \text{ P} = 1 \text{ dyn s cm}^{-2}$. A partir da definição de viscosidade podem obter-se as relações $1 \text{ Pa s} = 10 \text{ P}$.
- Para a viscosidade cinética, ν , stokes² (St).
Tem-se $1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$.

É frequente aparecerem os submúltiplos cP (centipoise) e cSt (centistokes).

Influência da temperatura e da pressão

A viscosidade de um fluido depende da temperatura e da pressão, variando, também, com o decorrer do tempo. A variação da viscosidade com a pressão é muito pouco significativa, podendo esta normalmente ser ignorada. No entanto, a variação da viscosidade com a temperatura é bastante apreciável. Na Figura 1 representam-se duas curvas de variação típica da viscosidade em função da temperatura, uma para gases e outra para

líquidos. Chama-se a atenção para o decréscimo da viscosidade dos líquidos com o aumento de temperatura.

A diminuição da viscosidade de um fluido líquido com a subida de temperatura deve-se ao aumento da energia cinética que, para temperaturas mais elevadas, origina a quebra das ligações intermoleculares entre camadas adjacentes do líquido. Este fenómeno é bem conhecido dos utilizadores de óleos de lubrificação.

Para um fluido gasoso, a viscosidade resulta do salto de moléculas de uma camada do gás para a outra. A subida de temperatura provoca um aumento do número de colisões entre as moléculas, diminuindo a sua capacidade de se difundirem na direção devida, aumentando a viscosidade do gás.

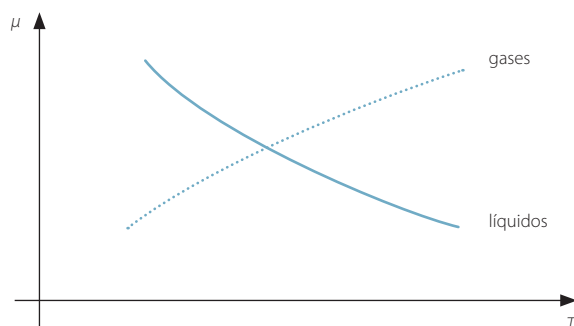


Figura 1. Variação da viscosidade μ com a temperatura T : fluidos líquidos (a cheio) e fluidos gasosos (a pontilhado).

Variação com o tempo

A viscosidade de um fluido pode variar com o decorrer do tempo. Os fluidos em que a viscosidade aumenta com o tempo chamam-se reopéticos e aqueles em que a viscosidade diminui com o tempo designam-se por tixotrópicos.

A variação da viscosidade com o tempo deve ser sempre tida em conta e, embora não exista uma regra geral precisa, esta tem tendência a aumentar com o passar do tempo.

2. MÉTODOS INDUSTRIAIS DE MEDIDA

Os princípios utilizados para a medição da viscosidade em linha, tanto em tubagens como em reactores químicos são baseados na diferença de pressão e na amplitude de vibração.

2.1. Viscosímetro de pressão diferencial

O viscosímetro de pressão diferencial é constituído por um tubo, de secção circular, através do qual passa o fluido sob medida (ver a Figura 2). Se o escoamento se efectuar em regime laminar, a diferença de pressão aos terminais do tubo é proporcional ao caudal que o atravessa, podendo-se aplicar a equação de Hagen-Poiseuille³.

¹ Jean Léonard Marie Poiseuille, físico francês, 1797 - 1869.

² Sir George Gabriel Stokes, físico e matemático irlandês, 1819 - 1903.

³ Gotthilf Heinrich Ludwig Hagen, engenheiro civil germânico com importantes contributos na dinâmica dos fluidos, 1797 - 1884.

“

O conceito de viscosidade está associado aos materiais fluidos. Os fluidos são substâncias que se deformam e se adaptam à geometria do recipiente que as contém; podem ser transvazados de um recipiente para outro, adaptando-se à forma geométrica do novo recipiente, escorrendo ou fluindo. Os fluidos podem ser mais ou menos consistentes ou espessos.

Recorde-se que se o escoamento de um fluido, através de uma tubagem de secção circular, se efectuar em regime laminar, o número de Reynolds é $R_e < 2000$, e em regime turbulento, $R_e > 7000$.

Neste viscosímetro é necessário conhecer-se o caudal do fluido, que é normalmente controlado, para um valor constante, por meio de uma bomba volumétrica. Em princípio, o dispositivo calcula a viscosidade absoluta, à temperatura a que se encontra o fluido, medindo uma pressão diferencial. Para um tubo circular com as tomadas de pressão colocadas à distância ℓ , a expressão para a viscosidade é

$$\mu = \frac{(p_1 - p_2) R^4 \pi}{8 \ell q} \quad (1)$$

em que:

μ – viscosidade do fluido;

p_1 – pressão absoluta do fluido a montante;

p_2 – pressão absoluta do fluido a jusante;

R – raio do tubo;

ℓ – distância entre as tomadas de pressão;

q – caudal de fluido através do tubo.

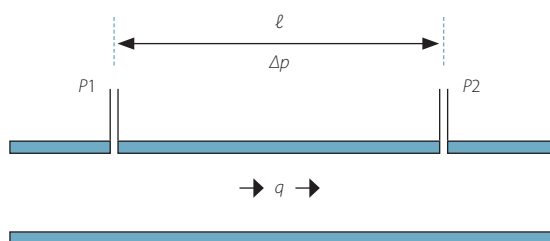


Figura 2. Viscosímetro por diferença de pressão.

2.2. Viscosímetro de vibração

O viscosímetro de vibração encontra-se representado na Figura 3. É constituído por um corpo metálico que, no exemplo apresentado, é ligado ao processo por meio de uma ligação roscada, e.g. NPT ¾ (19,05 mm = ¾"). O elemento sensor do dispositivo é constituído por um varão de aço inoxidável, com a forma de um U, com os extremos dobrados, designado na figura por sonda. Esta, encontra-se ligada ao corpo do sensor por meio de duas juntas flexíveis (nodos), estando a zona exterior, junto da curva do U, em contacto com o fluido do qual

PUB



Conetividade fácil e segura, onde estiver.

Cosy+

Gateway para acesso remoto



Fácil
configuração



Adequado
para qualquer
situação



Alto nível
de segurança

FFONSECA
SOLUÇÕES DE VANGUARDA

ffonseca.com/hms

se pretende medir a viscosidade (processo). A sonda é posta a vibrar, habitualmente com uma frequência de 120 Hz, por meio de uma bobina de excitação que atua num dos seus extremos dobrados. Esta vibração é transmitida ao outro extremo dobrado da sonda, com uma frequência dependente da resistência (viscosidade) que o fluido do processo possa oferecer ao movimento de vibração.

O detector que mede a variação da frequência da vibração, transforma-a numa corrente de saída entre 4 mA e 20 mA. Existem várias configurações geométricas para o sensor, consoante os fabricantes, o tipo de fluido e a respectiva viscosidade e temperatura. O intervalo de medição está compreendido entre os 0 Pl e os 50 Pl, podendo o sensor trabalhar com fluidos pressurizados até aos 6 MPa e temperaturas até aos 200 °C.

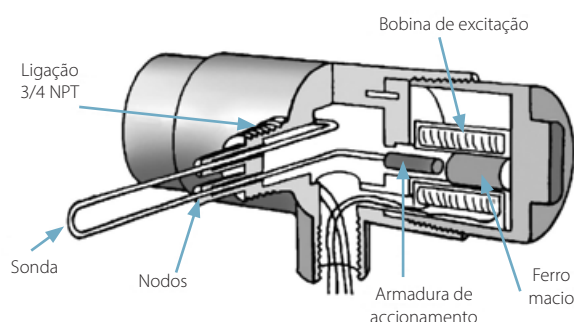


Figura 3. Viscosímetro de vibração.

2.3. Viscosímetro rotacional

Existem três tipos de viscosímetro rotacional: o viscosímetro de cilindros concêntricos, o viscosímetro de cone e o viscosímetro de disco ou de prato.

Viscosímetro de cilindros concêntricos

É constituído por dois cilindros concêntricos, como se mostra na Figura 4. O fluido do qual se pretende medir a viscosidade é colocado no espaço compreendido entre os dois cilindros. O cilindro interior está ligado, por meio de uma mola, a um eixo fixo. O cilindro interior é posto a rodar a uma velocidade angular, ω , constante, sendo sujeito, devido à viscosidade do fluido, a um binário resistente que é medido pelo seu deslocamento angular relativamente ao eixo fixo. O espaço entre os cilindros deve ser muito menor do que a dimensão dos raios destes, para que não seja necessário entrar em conta com a variação,



O detector que mede a variação da frequência da vibração, transforma-a numa corrente de saída entre 4 mA e 20 mA. Existem várias configurações geométricas para o sensor, consoante os fabricantes, o tipo de fluido e a respectiva viscosidade e temperatura. O intervalo de medição está compreendido entre os 0 Pl e os 50 Pl, podendo o sensor trabalhar com fluidos pressurizados até aos 6 MPa e temperaturas até aos 200 °C.

nesse espaço, da tensão de corte do fluido. O binário resistente é proporcional à viscosidade do fluido. Algumas das normas que estabelecem os procedimentos a serem seguidos para a determinação da viscosidade dinâmica, utilizando viscosímetros rotacionais, são: a ASTM D-2196-18e1, "Standard Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational Viscometer", 2018, a ISO 3219, "Plastics - Polymers/resins in the liquid state or as emulsions or dispersions - Determination of viscosity using a rotational viscometer with defined shear rate", 1993, e a DIN 53019-1, "Viscometry - Measurement of viscosities and flow curves by means of rotational viscometers - Part 1: Principles and measuring geometry", 2008.

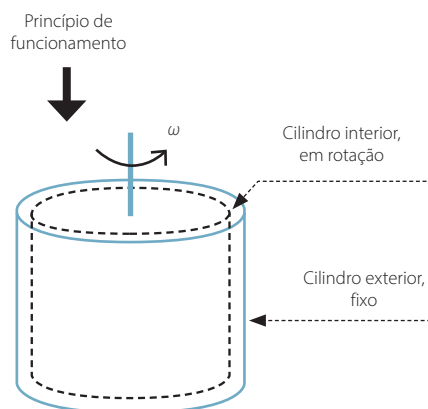


Figura 4. Viscosímetro rotacional de cilindros concêntricos.

Viscosímetro de cone

Coloca-se um cone a rodar, a velocidade constante, num reservatório cilíndrico contendo o fluido sob medida. O cone funciona habitualmente com o eixo na vertical e o seu vértice para baixo, conforme se pode observar na Figura 5 (a). Devido ao movimento de rotação do cone, o fluido é forçado a mover-se de baixo para cima, criando um binário resistente à referida rotação do cone. Uma vez que os espaços existentes entre o cone e o reservatório cilíndrico são pequenos, a quantidade de fluido necessária ao funcionamento do viscosímetro é diminuta. Contudo, para fluidos de baixa viscosidade, existe a forte possibilidade destes serem projectados para o exterior do reservatório cilíndrico. O valor recomendado para o ângulo do cone é de $\alpha = 1^\circ$, contudo, são aceitáveis valores até $\alpha = 4^\circ$. O valor do parâmetro R do cone varia, normalmente, entre os 10 mm e os 100 mm. Existe uma variante deste tipo de viscosímetro em que o cone é truncado no seu vértice (ver a Figura 5 (b)), com a vantagem de evitar a abrasão entre a ponta do cone e a base do reservatório cilíndrico e de eliminar o atrito entre ambos. O espaçamento a entre o vértice truncado do cone e a base do reservatório cilíndrico varia entre os 50 μm e os 210 μm . As normas anteriormente referidas indicam, também, os procedimentos a adoptar.

Viscosímetro de disco

Constitui uma outra variante do viscosímetro de rotação (ver a Figura 5 (c)), em que o elemento primário tem a forma de um disco, liso ou com veios espiralados sobre a superfície.

“

O valor recomendado para o ângulo do cone é de $\alpha = 1^\circ$, contudo, são aceitáveis valores até $\alpha = 4^\circ$. O valor do parâmetro R do cone varia, normalmente, entre os 10 mm e os 100 mm. Existe uma variante deste tipo de viscosímetro em que o cone é truncado no seu vértice (ver a Figura 5 (b)), com a vantagem de evitar a abrasão entre a ponta do cone e a base do reservatório cilíndrico e de eliminar o atrito entre ambos.

Para o correcto funcionamento do viscosímetro deve ter-se $H \ll R$, o que conduz a valores de H entre os 0,5 mm e os 3 mm. O disco é posto a rodar a velocidade constante, medindo-se, também neste caso, o binário resistente produzido, que é proporcional à viscosidade do fluido. Utilizam-se as mesmas normas que para os anteriores métodos.

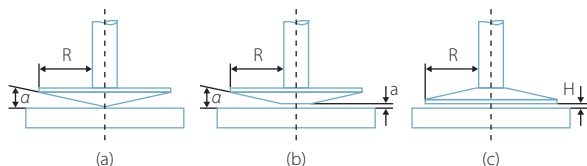


Figura 5. Esquema de funcionamento de um viscosímetro: de cone (a), de cone truncado (b) e de disco (c).

Na Figura 6 mostra-se a instalação de um destes viscosímetros na tubagem de um processo industrial. Consoante os casos, a tubagem do processo poderá ser a principal ou uma derivação. Em qualquer dos casos, o viscosímetro deverá ser instalado na vertical e o caudal deverá ser ascendente. Tratando-se de um viscosímetro de cone, o vértice deverá ficar apontado para baixo, em sentido contrário ao do caudal.

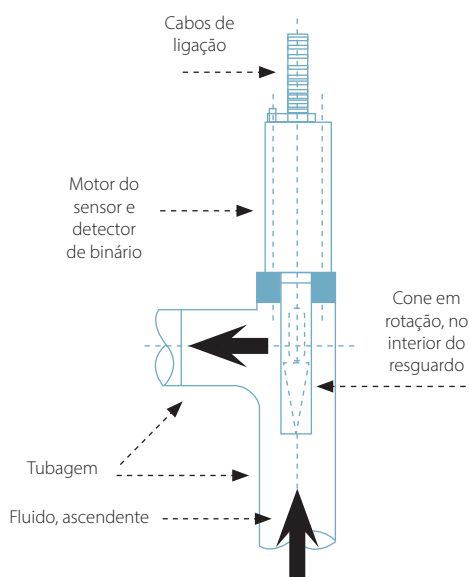


Figura 6. Viscosímetro rotacional.

PUB



THE POWER OF ANALYTICS

Gestão de Energia - Processo & Análise de Produção - Gestão de Equipamentos

SIMPLES, RÁPIDO E INTELIGENTE



Zona Industrial da Mota, Rua 7 Lote 6A • 3830-527 Ilhavo • Portugal
+ 351 234 397 210 • prosistav@prosistav.pt
www.prosistav.pt