

Método e dispositivo para cálculo de compressibilidade de líquidos em sistema com volume constante

Method and device to calculate compressibility of liquid in a system with constant volume

Julio Jorge de Almeida Abdala

abdjulio@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil

Nezia de Rosso

neziarosso@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil

Cezar Otaviano Ribeiro Negrão

negrao@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil

Recebido: 31 ago. 2018.

Aprovado: 13 set. 2018.

Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



RESUMO

A presente patente de invenção refere-se a um método em conjunto com um dispositivo para cálculo da compressibilidade de fluidos em estado líquido. O dispositivo é compreendido por um transdutor de pressão, uma válvula e um corpo de aço em formato cilíndrico. O interior do cilindro forma uma câmara de isolamento de fluido, o qual possibilita a consideração de volume de fluido constante. A alimentação do dispositivo é realizada através de um orifício localizado na tampa. O método é baseado na equação da conservação de massa, a qual é aplicada ao volume de fluido contido no interior do dispositivo. Para o cálculo da compressibilidade considera-se a definição de compressibilidade isotérmica do fluido e a massa específica fixa na entrada do sistema. Durante os ensaios o fluido é bombeado para o sistema a uma vazão conhecida (Q), e uma variação da pressão em relação ao tempo (dP/dt) é observada. Com o conhecimento da variação da pressão, da vazão volumétrica imposta pela bomba e o volume de fluido no interior do sistema, torna-se possível calcular a compressibilidade do fluido.

PALAVRAS-CHAVE: Compressibilidade. Dispositivo. Método.

ABSTRACT

The present invention relates to a method and a device used to calculate compressibility of liquid. The device is composed by a pressure transducer, a valve and a cylindrical steel body. The inner part of the cylinder forms a fluid isolation chamber, which allows the consideration of constant fluid volume. One can pump liquid into the device through a thin hole localate in the cap of the device. The method is based on the mass conservation equation, which is applied to the volume of fluid contained in the device. To calculate of the compressibility, it is considered the definition of isothermal compressibility of the fluid and the fixed density at the inlet of system. During the tests the fluid is pumped into the system at a known flow rate (Q), and a pressure variation with respect to time (dP / dt) is observed. With knowledge of the pressure variation, the volumetric flow rate imposed by the pump and the volume of fluid inside the system, it becomes possible to calculate the compressibility of the fluid.

KEYWORDS: Compressibility. Device. Method.

INTRODUÇÃO

A definição mais elementar para fluidos diz que uma substância que não tenha forma própria e é capaz de assumir o formato do recipiente no qual está contida é caracterizada por fluido. São denominados fluidos, portanto, os líquidos e os gases, sendo que estes ainda se distinguem dos primeiros por ocuparem todo o recipiente, enquanto os líquidos apresentam uma superfície livre. Pode-se dizer também que fluido é uma substância que se deforma continuamente quando submetida a uma força tangencial qualquer.

As propriedades físicas dos fluidos são definidas como massa específica, peso específico, volume específico, densidade relativa, pressão, tensão superficial, viscosidade, elasticidade e compressibilidade. A compressibilidade é um parâmetro de extrema importância no processamento de fluidos, indicando numericamente a capacidade de um corpo ou substância em reduzir seu volume quando submetido ao aumento de pressão. A compressibilidade isotérmica de um fluido é dada pela **Equação 1**.

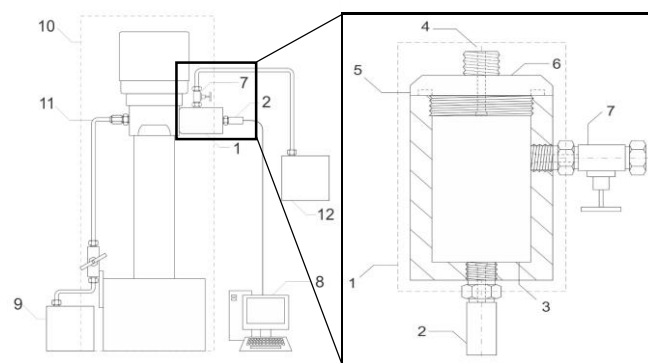
$$\alpha = \frac{1}{\rho} \left(\frac{d\rho}{dP} \right)_T$$

onde (α) é a compressibilidade, (ρ) é massa específica e (P) é pressão.

MÉTODOS

Para a realização dos testes de compressibilidade, assim como demonstra a Figura 1, o dispositivo (1) deve ser acoplado a uma bomba (10), cujo objetivo principal, é bombear fluido o sistema esteja completamente preenchido e isento de bolhas de ar em seu interior, após, ocorre o fechamento da válvula (7), e em seguida, o fluido continua sendo bombeado a uma vazão constante. A aquisição dos dados de pressão é realizada através de um transdutor de pressão (2), sendo estes enviados instantaneamente para um sistema de aquisição de dados (8).

Figura 1 – Esquema de montagem do sistema e vista ampliada em corte lateral do dispositivo (1), compreendidos por um transdutor de pressão (2), câmara de armazenamento (3), conexão rosca com orifício de alimentação (4), anel de vedação (5), tampa (6), válvula de saída (7), sistema de aquisição de dados (8), reservatório de fluidos de entrada (9), bomba (10), válvula de entrada (11), e reservatório de saída (12).



Fonte: Autoria própria (2018).

Como forma de medir a compressibilidade dos fluidos, conforme demonstra a **Figura 1**, o dispositivo (1) teve seu corpo desenvolvido com o formato cilíndrico com a finalidade de garantir a não formação de bolhas em seu interior.

O método para realização do cálculo da compressibilidade do fluido é baseado na equação da conservação da massa, aplicada a um volume (V), como demonstra a **Equação 2**.

$$\text{Equação 2} \\ V \frac{d\rho/\rho_e}{dt} = Q,$$

onde (Q) é a vazão volumétrica de fluido na entrada do dispositivo, (ρ) e (ρ_e) são, a massa específica do fluido no interior do sistema e na entrada do sistema respectivamente e ($d\rho/dt$) é a derivada da massa específica em relação ao tempo. Ao considerar as massas específicas sendo praticamente idênticas juntamente com a definição de compressibilidade isotérmica do fluido, igualando os dois lados da **equação 1** a (dP/dt), e usando a regra da cadeia, obtém-se a **equação 3**.

$$\text{Equação 3} \\ \alpha \frac{dP}{dt} = \frac{d\rho/\rho}{dt}$$

Aplicando a **Equação 3** na **Equação 2** tem-se:

$$\text{Equação 4} \\ V\alpha \frac{dP}{dt} = Q,$$

sendo então possível reescrever a **equação 4** como:

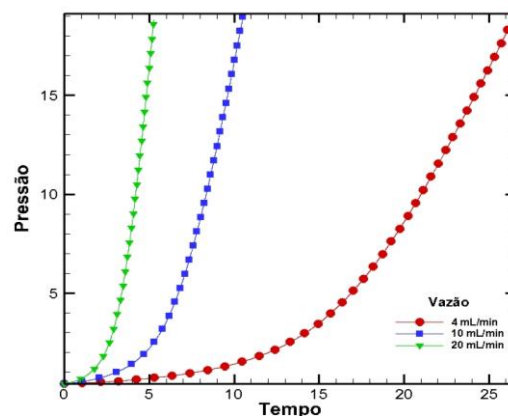
$$\text{Equação 5} \\ \alpha = \frac{Q}{V \left(\frac{dP}{dt} \right)_T},$$

em que (P) e (t) são, pressão e tempo respectivamente. A medida que o fluido é bombeado para o sistema com uma vazão conhecida, há uma variação da pressão em relação ao tempo. Conhecendo a variação de pressão, a vazão volumétrica imposta pela bomba, e o volume de fluido no interior do sistema, é possível calcular a compressibilidade do fluido pela **equação 5**.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados testes com água, utilizando diferentes valores de vazão e mantendo seu volume constante, com isto, como demonstrado na **Figura 2**, ao impor maior vazão sobre o sistema ocorre o aumento da pressão, fazendo com que o mesmo responda de forma instantânea, tornando sua curva mais acentuada em relação às menores vazões impostas ao sistema.

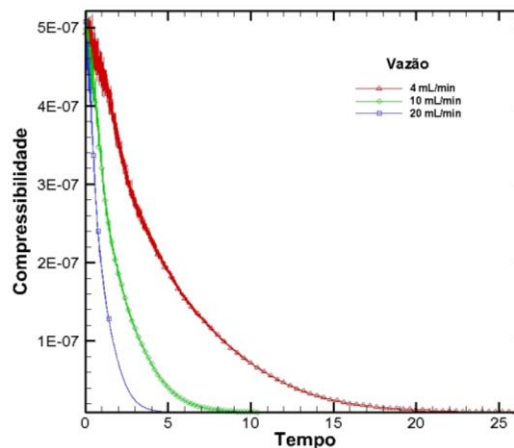
Figura 2 – Pressão X Tempo



FONTE: Autoria própria (2018) – (Software Tecplot 360 EX 2016 R2).

Em relação à compressibilidade, ao analisar a **Figura 3**, é possível notar que com maiores vazões o fluido se comprime mais rapidamente.

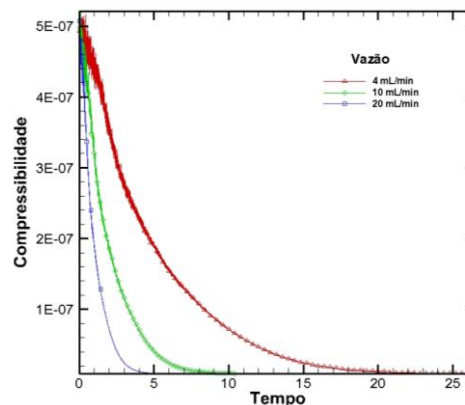
Figura 3 – Compressibilidade X Tempo



FONTE: Autoria própria (2018) – (Software Tecplot 360 EX 2016 R2).

Por fim, a **Figura 4** demonstra que mesmo com vazões diferentes impostas ao sistema, a curva de compressibilidade é a mesma para todos os casos, desde que os testes sejam realizados com o mesmo volume de fluido no interior do sistema.

Figura 4 – Compressibilidade X Pressão



FONTE: Autoria própria (2018) – (Software Tecplot 360 EX 2016 R2).

Também foi observado durante os experimentos, que a menor variação de temperatura pode resultar em erros de medição, bem como a presença de bolhas no interior do dispositivo alteram significativamente os resultados finais dos testes. Isto se dá pelo fato de que estas bolhas alteram a compressibilidade da solução, o que leva a erros de medição.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseando-se nos testes realizados, os resultados se mostraram satisfatórios. Com isto, espera-se que o padrão seja repetido para outros fluidos, visto que o sistema se encontra termicamente isolado e controlado de forma a garantir a não formação de bolhas de ar em seu interior.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao apoio financeiro da UTFPR, e aos orientadores Nezia de Rosso e Cezar Otaviano Ribeiro Negrão, juntamente com toda a equipe do CERNN (Centro de Pesquisas em Reologia e Fluidos Não Newtonianos).

REFERÊNCIAS

BARBOSA NETO, A. M.; FONSECA, L. A. A. P.; RYLO, E. C.; BANNWART, A. C.; "Análise do fator de compressibilidade no equilíbrio líquido-vapor de fluidos de petróleo utilizando o simulador PVTpetro", p. 641-646 . In: **Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica [Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n.3].** ISSN Impresso: 2446-8711. São Paulo: Blucher, 2015.

GATSKI, B. T.; BONNET, J. P.; **Compressibility, Turbulence and High Speed Flow**, Ed. 2. Oxford: Elsevier Inc., 2013.