

A importância da viscosidade de bulk para a medição de parâmetros acústicos em líquidos.

Monique Kort-Kamp Figueiredo^{1*} (PG), Rodrigo P. B. Costa-Felix¹ (PQ), André V. Alvarenga¹ (PQ), Luis E. Maggi (PG)¹, Gilberto A. Romeiro(PQ)².

mkfigueiredo@inmetro.gov.br

1-Laboratório de Ultra-som - Diavi/Dimci/Inmetro, Duque de Caxias, RJ; 2 - Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, s/nº, Campos do valonguinho - Centro - Niterói - RJ.

Palavras Chave: Viscosidade de bulk, viscosidade de shear, líquidos.

Introdução

Existe um grande potencial para aplicações de instrumentos de medição de propriedades físicas de líquidos em indústrias químicas, petroquímicas, alimentícias, etc., utilizando a propagação de ondas acústicas na faixa de ultrassom. Essas propriedades podem ser obtidas através da medição de parâmetros acústicos, tais como: velocidade de propagação, impedância característica, atenuação (absorção em líquidos homogêneos) e espalhamento. A medição desses parâmetros envolve: a geração do ultrassom, os fenômenos ocorridos durante a propagação, a recepção das ondas depois de interagirem com o meio. A partir desses parâmetros, podem-se calcular a densidade, a viscosidade, o grau de homogeneização de uma mistura, a concentração de partículas em suspensão num líquido, etc.[1]

De acordo com a teoria clássica, a atenuação de uma onda acústica num líquido homogêneo, monoatômico, é relacionada de forma simples à sua viscosidade. Neste trabalho, pretende-se explorar a importância do uso da viscosidade de bulk para que possa validar a comparação com a medição experimental.

Resultados e Discussão

De um modo geral, o mecanismo mais importante de absorção em meios líquidos está associado a perdas viscosas que resultam do movimento relativo entre partículas do meio. [1]

No caso de perdas viscosas, quando os fenômenos de condução e radiação de calor são desprezíveis, o coeficiente de absorção, conhecido como absorção clássica, é dado por:

$$\alpha_c = \frac{2}{3} \frac{\omega^2}{\rho_A c_A^3} \eta \quad (1)$$

Onde ω é a frequência angular da onda acústica, ρ_A é a densidade do meio na ausência da onda acústica, c_A é a velocidade de propagação acústica, e η a viscosidade dinâmica shear.

Porém o coeficiente de absorção medido experimentalmente nem sempre é igual ao coeficiente de absorção clássica, porque a equação (1) baseia-se na hipótese de Stokes na qual a viscosidade volumétrica (bulk viscosity) é igual a zero, isto é, $\eta_b=0$. A diferença na absorção experimental é atribuída à relaxação, ou seja, à

conversão da energia da onda acústica em energia interna de rotação ou de vibração das moléculas [2].

A diferença entre os coeficientes de absorção experimental e absorção clássica, chamada de coeficiente de absorção em excesso, é explicada pela introdução da viscosidade volumétrica. Assim, o coeficiente de absorção experimental η_{exp} , devido às duas viscosidades, é dado pela seguinte equação:

$$\alpha_{exp} = \frac{2}{3} \frac{\omega^2}{\rho_0 c_a^3} \left(\frac{4}{3} \eta + \eta_\beta \right) \quad (2)$$

Desta forma realizou-se a medição experimental da atenuação e comparou-se com os dois modelos teóricos citados acima e pode-se notar como mostra a tabela 1 que a atenuação experimental pode ser validada se considerar o excesso de absorção dado pela introdução da viscosidade de bulk. E que a atenuação clássica é quase a metade do valor da atenuação experimental.

Tabela 1: Resultado da comparação entre a atenuação experimental com a atenuação usando o modelo teórico clássico e com a atenuação usando o modelo teórico experimental (considerando a viscosidade de bulk).

f [MHz]	Atenuação experimental [dB/cm]	Teórico Bulk [dB/cm]	Teórico Clássico [dB/cm]
1,00	0,55	0,51	0,23
2,00	1,92	2,00	0,92
2,25	2,67	2,64	1,21
2,50	3,11	3,13	1,45
3,00	4,36	4,40	1,96
3,50	5,73	6,03	2,49
4,00	7,07	7,79	2,95
4,50	8,88	8,98	3,59
5,00	10,48	10,65	4,66

Conclusões

Sendo assim pode-se concluir que a viscosidade de bulk é essencial para a medição de parâmetros acústicos como a atenuação em líquidos.

[1] Kinsler, L. E., Frey, A. R., Coppens, A. B., Sanders, J. V. Fundamentals of Acoustics. John Wiley & Sons, ed. 4, 2000.

[2] Ristic, V. M. Principles of Acoustic Devices, John Wiley & Sons, New York, USA, 1983.