

CAMBIOS DE LA ATENUACION ULTRASONICA EN PETROLEO CON DIFERENTES VISCOSIDADES

J.C. Suárez, E. González, O. Alfonso, C. Cruz

Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear (CEADEN)

EMAIL: mano@ceaden.edu.cu

RESUMEN

En el presente trabajo se recogen los cambios de la atenuación ultrasónica de 2MHz en muestras de petróleo con diferentes viscosidades. Los resultados obtenidos demuestran que este parámetro puede ser utilizado para caracterizar la viscosidad cinemática de medios muy viscosos.

ABSTRACT

In this paper the changes of the absorption (attenuation) of sound for 2 MHz was observed in petroleum with different kinematic viscosity. Experimental results showed that this parameter should measure the kinematic viscosity in highly viscous liquids.

INTRODUCCION

La viscosidad es uno de los parámetros físicos macroscópicos fundamentales que caracteriza a un fluido y está relacionado directamente con los procesos microscópicos disipativos de intercambio del momento lineal de las partículas que lo constituyen, describiendo de esta forma los procesos de fricción internos que conllevan a una disipación irreversible de la energía del fluido. Es por ello su importancia práctica en todo lo concerniente al almacenamiento, transporte y utilización de los fluidos, en particular de los combustibles líquidos.

Existen en la actualidad una gama bastante extensa de métodos para la medición de la viscosidad de los medios transparentes y opacos, entre los que se destacan por su uso generalizado [1] los siguientes:

- Método Stock
- Método Rotacional
- Método de Oscilaciones de Torque
- Método del Capilar.

La viscosidad es uno de los parámetros de calidad importante a controlar en productos y procesos de algunas industrias en la actualidad. Es fundamental llevar a cabo el control de este parámetro mediante mediciones on-line [2].

El presente trabajo recoge los primeros resultados experimentales de los cambios observados en la atenuación ultrasónica en muestras de petróleo con distintas viscosidades.

MATERIALES Y METODOS

Es conocido desde los años 50 [3] que al propagarse el sonido en un medio elástico existe pérdida de energía producto de la viscosidad del medio, esto se traduce en una disminución de la amplitud de las oscilaciones con el incremento de la distancia de acuerdo a la ley conocida $e^{-\alpha X}$, es decir:

$$A = A_0 e^{-\alpha X} \quad (1)$$

donde A_0 es la amplitud de las oscilaciones en el punto $X = 0$. Si es conocida los valores de A de una onda plana que se trasmite en un medio entre los puntos X_1 y X_2 el coeficiente de absorción (atenuación) ultrasónica (α) se puede hallar de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{1}{(x_2 - x_1)} \ln \frac{A_1}{A_2}, [\alpha] = 1/m \quad (2)$$

por su parte de la solución de la ecuación de Stokes para la propagación de una onda plana en un medio elástico se obtiene que:

$$\alpha = \frac{8\pi^2 \nu f^2}{3c^3} \quad (3)$$

donde, ν - Viscosidad cinemática (m^2 / s).

f – Frecuencia de la onda (Hz).

C – Velocidad del sonido (m / s).

Si tenemos en cuenta la disipación de energía por conductividad térmica se le suma a la ecuación (3) la absorción ultrasónica en un medio conductor del calor formándose la atenuación ultrasónica Stokes-Kirchhoff

$$\alpha = \frac{2\pi^2 f^2}{c^3} \left[\frac{4}{3} \nu + \lambda \left(\frac{1}{C_v} - \frac{1}{C_p} \right) \right] \quad (4)$$

donde, λ - conductividad térmica del medio ($W / m \cdot K$).

C_v y C_p – capacidades calóricas a volumen y presión constante ($J / kg \cdot K$)

Es necesario además tener en cuenta que la propagación del sonido en un medio provoca un proceso de expansión y compresión que trae aparejado consigo una tensión viscosa que puede ser representada por una absorción de relajamiento α_{rel} :

$$\alpha_{rel} = \frac{8\pi^2 v^* f^2}{3c^3} \quad (5)$$

donde, V^* - viscosidad cinemática volumétrica

Tomando en cuenta las expresiones (3), (4) y (5) la absorción del sonido quedaría de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{2\pi^2 f^2}{c^3} \left[\frac{4}{3}(v + v^*) + \lambda \left(\frac{1}{C_v} - \frac{1}{C_p} \right) \right] \quad (6)$$

Sin embargo, es conocido que la influencia de la viscosidad ordinaria y volumétrica varía de líquido en líquido, en general se plantea que la disipación de energía por conductividad térmica puede despreciarse en comparación con estos dos parámetros y que para el caso de un medio viscoso (caso que nos ocupa) la absorción del sonido viene determinado por la viscosidad ordinaria y no por la volumétrica donde sí se debe tener en cuenta en el caso del agua y determinante para el caso de la glicerina.

Teniendo en cuenta las ecuaciones (2) y (3), se montó un set experimental constituido por un sensor ultrasónico de 2 MHz acoplado a un bloque electrónico que garantiza la emisión y recepción de las ondas planas ultrasónicas que atravesaron el medio puesto en análisis. Al sensor se le acopló un reflector a la distancia de 2 cm del cristal.

Las señales recibidas de la electrónica acoplada al sensor se analizaron en un osciloscopio digital, pudiéndose determinar las amplitudes de los ecos 1 y 2 de la señal ultrasónica que atraviesa el líquido.

El experimento realizado permitió analizar el coeficiente de absorción ultrasónico en muestras de petróleo de crudo cubano mezcladas en distintos porcentajes con combustible diesel y a distintas temperaturas a través de un baño con un control ($\pm 0.5^\circ\text{C}$) de la muestra en cuestión.

La viscosidad real tomada de referencia para las muestras preparadas se midió con un viscosímetro de Höppler de esfera descendente según metodología establecida, los resultados de dichas mediciones pueden ser observados en Fig.1.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los resultados obtenidos en crudo y mezclas con diesel hasta 10 % en volumen demuestran que la atenuación ultrasónica presenta un comportamiento lineal en escala logarítmica con respecto a la viscosidad cinemática del medio (ver Fig. 2), lo que no se corresponde con (3), de igual forma sucede con respecto al porcentaje de diesel en la mezcla crudo puro más diesel (ver Fig. 3). Como puede observarse en esta figura para temperaturas de la mezcla entre 50 y 60 °C la atenuación ultrasónica varía poco en mezclas con 6 a 8 % de diesel, sin embargo la viscosidad cinemática hallada según viscosímetro Höppler cambia linealmente según el porcentaje de diesel en la mezcla (ver Fig. 4).

Por otro lado la viscosidad cinemática calculada a partir de la medición de la atenuación ultrasónica y la velocidad del sonido en el medio según (3) tiene un comportamiento similar a la reportada por el viscosímetro Höppler (ver Fig. 5 y 6) con respecto a la temperatura.

En general la viscosidad cinemática ultrasónica según (3) hallada apartir de las mediciones experimentales de la transmisión del sonido a través del medio cambia linealmente en escala logarítmica con respecto a la medida según viscosímetro Höppler (ver Fig.7).

CONCLUSIONES

Los experimentos realizados con crudo puro y mezclas con diesel hasta 10% en volumen permiten afirmar que la atenuación ultrasónica puede ser utilizada como parámetro para caracterizar la viscosidad de un medio como el petróleo, además de medir el porciento de diesel presente en mezclas de crudo con diesel.

LITERATURA

- [1] Tieplo- y massoobmien tieplotexnicheskij eksperiment, en ruso, Moscú, Energoizdat, 1982, p. 456-460.
- [2] Victor Chang, Alexander Zambrano, et al. "A sensor for on line measurement of the viscosity of non-Newtonian fluids using a neural network approach". Sensors and Actuators A 46-47 (1995), p 332-336.
- [3] O.I Babikov. "Ultrasonics and its Industrial Applications" Translated from Russian, Consultants Bureau, New York, 1960.







