
OBJETIVO

Determinación de las velocidades del sonido para ondas longitudinales y transversales en cuerpos sólidos

RESUMEN

El sonido se propaga en los cuerpos sólidos tanto en forma de ondas longitudinales como transversales. Las velocidades de estas dos formas de ondas se diferencian fuertemente entre sí, porque mientras la velocidad del sonido longitudinal está determinada por el módulo de elasticidad del sólido, la velocidad del sonido transversal depende del módulo de cizalladura o de rigidez. Cuando se realiza medición de ambas velocidades del sonido se pueden determinar constantes elásticas del cuerpo sólido.

TAREAS

- Determinación de la velocidad del sonido para ondas longitudinales en poliacrílico a partir de los tiempos de recorrido de una señal de ultrasonido de 1 MHz.
- Medición de ondas de sonido transversales y longitudinales en un cuerpo sólido a través de una placa de lados paralelos orientada oblicuamente.
- Determinación de las velocidades del sonido para ondas longitudinales y transversales a partir de los ángulos límite de reflexión total.
- Determinación del módulo de elasticidad E , del de cizalladura G y del coeficiente de Poisson μ a partir de las dos velocidades del sonido.

EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Ecógrafo ultrasónico	1002580
2	Transductores de ultrasonido de 1 MHz	1002581
1	Equipo de ondas longitudinales y transversales	1002584
1	Placa de aluminio, en soporte de pruebas, con escala angular	1002585
1	Juego de 3 cilindros	1002588
1	Gel de acoplamiento para ultrasonido	1008575

FUNDAMENTOS GENERALES

El sonido se propaga en gases y líquidos exclusivamente en forma de ondas longitudinales. Así oscila la presión alrededor de un valor de equilibrio y produce zonas oscilantes de compresión y de depresión. Por los cuerpos sólidos el sonido también se propaga en forma de ondas transversales, en las cuales oscila la tensión de cizalladura. Estas ondas se pueden propagar en un cuerpo sólido, porque allí se encuentran las fuerzas de empuje elásticas necesarias para la transmisión.

Las ondas longitudinales y las transversales tienen diferentes velocidades de sonido. Éstas dependen de la densidad del medio ρ y de las constantes elásticas del cuerpo sólido. En este proceso, la velocidad del sonido de las ondas longitudinales:

$$(1) \quad c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\mu}{(1+\mu)(1-2\mu)}}$$

E : Módulo de elasticidad, μ : Coeficiente de Poisson

es mayor que la de las ondas transversales:

$$(2) \quad c_T = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

G : Módulo de cizalladura

2

Los módulos de elasticidad E y de cizalladura G de un cuerpo sólido están enlazados entre sí por medio del coeficiente de Poisson μ :

$$(3) \quad \frac{E}{G} = 2 \cdot (1 + \mu)$$

Es decir, que se pueden calcular las tres magnitudes cuando se conocen ambas velocidades de sonido c_L y c_T .

En el experimento se miden primero los tiempos de recorrido t para el paso de una señal de ultrasonido de 1 MHz a través de tres cilindros de poliacrílico de diferentes longitudes s y se llevan a un diagrama $s-t$ (ver Fig. 1). A partir de la pendiente de las rectas ajustadas a los puntos de medida se obtiene la velocidad del sonido longitudinal en poliacrílico.

A continuación se coloca una cubeta llena de agua en el paso de los rayos y se mide el tiempo de paso. Éste se acorta adicionalmente colocando una placa de lados paralelos de poliacrílico o de aluminio, porque el sonido se propaga más rápidamente en el material de la placa que en el agua. Se miden exactamente detrás de la cubeta de agua dos señales de ultrasonido separadas, las cuales se pueden atribuir a las diferencias de tiempo de recorrido para la velocidad del sonido de ondas transversales y longitudinales en el cuerpo sólido (ver Fig. 2). Si la placa se encuentra colocada oblicuamente en un ángulo α con respecto al rayo incidente, éste va a ser refractado en dos rayos parciales bajo los ángulos β_L y β_T , según la ley de Snell (ver Fig 3).

$$(4) \quad \frac{c}{\sin \alpha} = \frac{c_L}{\sin \beta_L} = \frac{c_T}{\sin \beta_T}$$

c : Velocidad del sonido en el agua

Como ambas velocidades del sonido c_L y c_T en el cuerpo sólido son mayores que la velocidad del sonido c en el agua, se observa el fenómeno de la reflexión total – separadamente para ondas longitudinales y transversales – en el cual las señales transmitidas desaparecen totalmente. A partir de los ángulos límites, α_L para las ondas longitudinales y α_T para las ondas transversales, se pueden calcular las correspondientes velocidades del sonido:

$$(5) \quad c_L = \frac{c}{\sin \alpha_L} \quad \text{y} \quad c_T = \frac{c}{\sin \alpha_T}$$

EVALUACIÓN

- Los puntos de medida obtenidos en la primera parte a partir de las mediciones de tiempos de recorrido, en un diagrama $s-t$ no se encuentran en una recta que pase por el origen, porque el tiempo de recorrido de la señal a través de la capa de adaptación y protección del convertidor de ultrasonido se mide sistemáticamente.
- A partir de las ecuaciones 1 a 3 se obtiene la ecuación de determinación del coeficiente de Poisson μ :

$$\mu = \frac{\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{c_L}{c_T}\right)^2 - 1}{\left(\frac{c_L}{c_T}\right)^2 - 1}$$

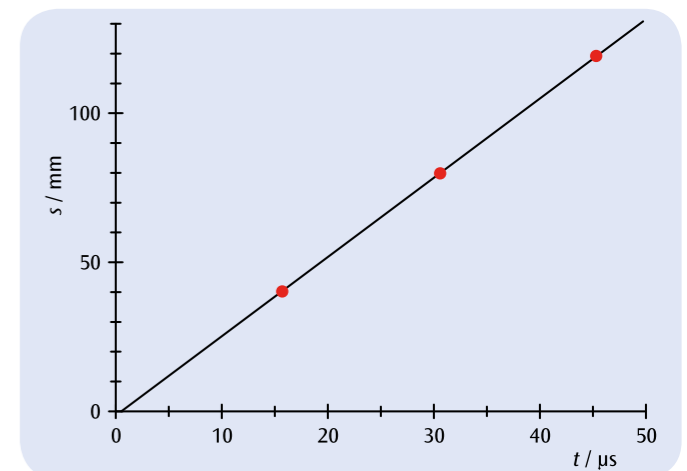


Fig. 1: Diagrama $s-t$ de la señal de ultrasonido en poliacrílico

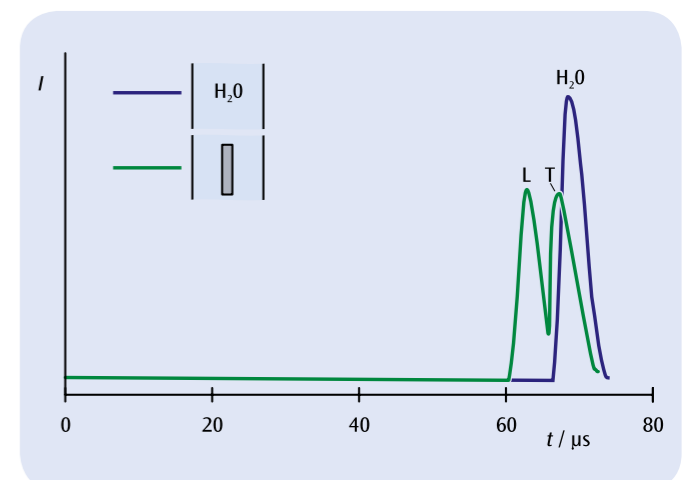


Fig. 2: Señal de ultrasonido después del paso por la cubeta de agua (azul: sin placa de lados paralelos, verde: con la placa de lados paralelos)

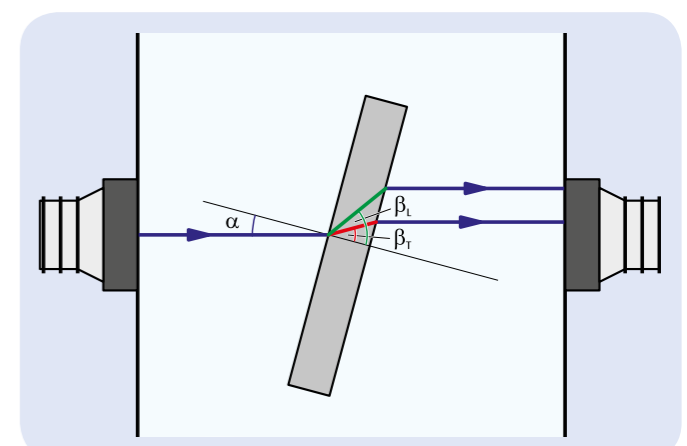


Fig. 3: Montaje de experimentación para la determinación de las velocidades del sonido transversal y longitudinal en un cuerpo sólido a partir de los ángulos de reflexión total