

DETERMINACION DEL MODULO DE YOUNG EN CINTAS DE VIDRIOS METALICOS

J.Moya, F.Audebert¹, H.Sirkin².

*Grupo de Sólidos Amorfos, Departamento de Física, Facultad de Ingeniería,
Universidad de Buenos Aires, Paseo Colón 850, 1063 Buenos Aires.*

J.Marengo.

*Instituto Ensayos No Destructivos, Comisión Nacional de Energía Atómica,
Av. Libertador 8250, 1429 Buenos Aires.*

Los vidrios metálicos se caracterizan por poseer una combinación de propiedades muy importante desde el punto de vista de su aplicación tecnológica. Debido a la geometría particular de las muestras (espesores entre 15 y 50 μm .) condicionada por el enfriamiento rápido, para la caracterización de sus propiedades mecánicas se requiere el diseño de equipos especiales o la adaptación de máquinas y técnicas convencionales. Por tal motivo se ha diseñado y construido un equipo para la determinación del Módulo de Young mediante la medición de la frecuencia de resonancia a flexión, en modo Libre-Libre. Se utilizan probetas de largo entre 1 y 5 cm., extraídas de cintas amorfas obtenidas por la técnica de "Melt Spinning". La excitación puede ser sonora o magnética y la detección es óptica por infrarrojo, con transducción lineal. Se presentan las características del equipo y primeras mediciones sobre vidrios de FeNiB.

INTRODUCCION

Un vidrio metálico es una aleación metálica con una estructura atómica desordenada, es decir, no posee un patrón de organización tridimensional, tal que permita definir una celda unitaria. Pero presenta, como en los líquidos, un ordenamiento de corto alcance.

En estos materiales puede obtenerse una combinación de propiedades tales como una fuerte resistencia a la corrosión, valores de dureza alrededor de los 1000 Vickers y tensiones de rotura en tracción superiores a la de los aceros de alta resistencia, con un comportamiento esencialmente elástico y muy alta resistencia a la fatiga.

Teniendo en cuenta sus propiedades y las técnicas de enfriamiento rápido desde el estado líquido, que permiten producir amorfos en forma de recubrimientos, polvos, cintas y alambres, los Vidrios Metálicos poseen un gran potencial de aplicaciones, convirtiéndose en un interesante desafío de transferencia tecnológica.

El enfriamiento rápido desde el estado líquido presupone un flujo térmico elevado, lo cual hace que al menos una de las dimensiones del material sea muy pequeña, del orden de decenas de μm . Debido a la forma particular de las muestras, para la determinación

de las propiedades mecánicas en muchos casos es necesaria la utilización de técnicas y/o equipos no convencionales.

Para la determinación del Módulo de Young (E) de vidrios metálicos con forma de cintas, los métodos más utilizados hasta el momento [1] han sido, el ensayo de tracción, (el de menor precisión), la técnica de pulsos-ecos con frecuencias del orden de los KHz. y el método de la lámina vibrante, que permite determinar la frecuencia de resonancia flexural de muestras sustentadas en modo Empotrado-Libre.

Mediante la técnica de Resonancia en Flexión, con modo de sustentación Libre-Libre, empleando sistemas de excitación y respuesta sin contacto directo con las probetas, se obtiene alta precisión en los valores de resonancia, debido a que no se cargan las muestras variando dichos valores.

EXPERIENCIAS Y RESULTADOS

El equipo utilizado [2], se basa en la técnica de resonancia en flexión, en modo Libre-Libre, con excitación y respuesta sin contacto directo con la muestra. Las características del mismo pueden describirse según los sistemas componentes:

A) Sistema de sustentación

Permite la utilización de probetas en forma de cintas con espesores de 10^{-1} a 10^{-2} mm. y largos entre 1 y 5 cm., que apoyan sobre dos filos de cuchillas. El

¹ Becario UBA

² Investigador CONICET

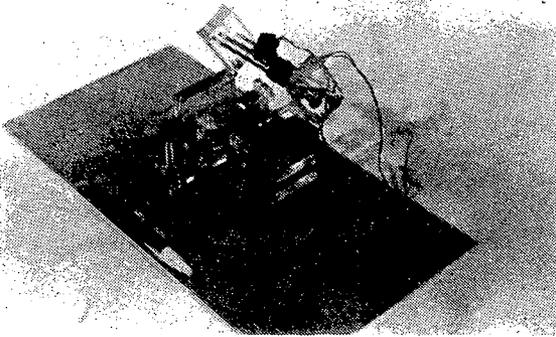


Fig. 1: Fotografía del equipo; puede verse el sistema de sustentación de las probetas

El sistema se muestra en la fotografía reproducida en la fig.1.

B) Sistema de sustentación

Está compuesto por un oscilador de frecuencia variable en pasos muy finos, un amplificador y un transductor acústico de baja potencia, pudiéndose reemplazar este último por una bobina en el caso de materiales ferromagnéticos (Ver fig.2).

C) Sistema de detección

Utiliza un transductor óptico compuesto por un fotodiodo emisor de infrarrojo (9500A) y un fototransistor receptor de infrarrojo. Ambos pueden ser alimentados por una sola pila de 1,5 Volt. Las frecuencias pueden ser leídas en un frecuencímetro digital, con buena repetibilidad, para una apreciación de $\pm 0,1\text{Hz}$. (Ver fig.2).

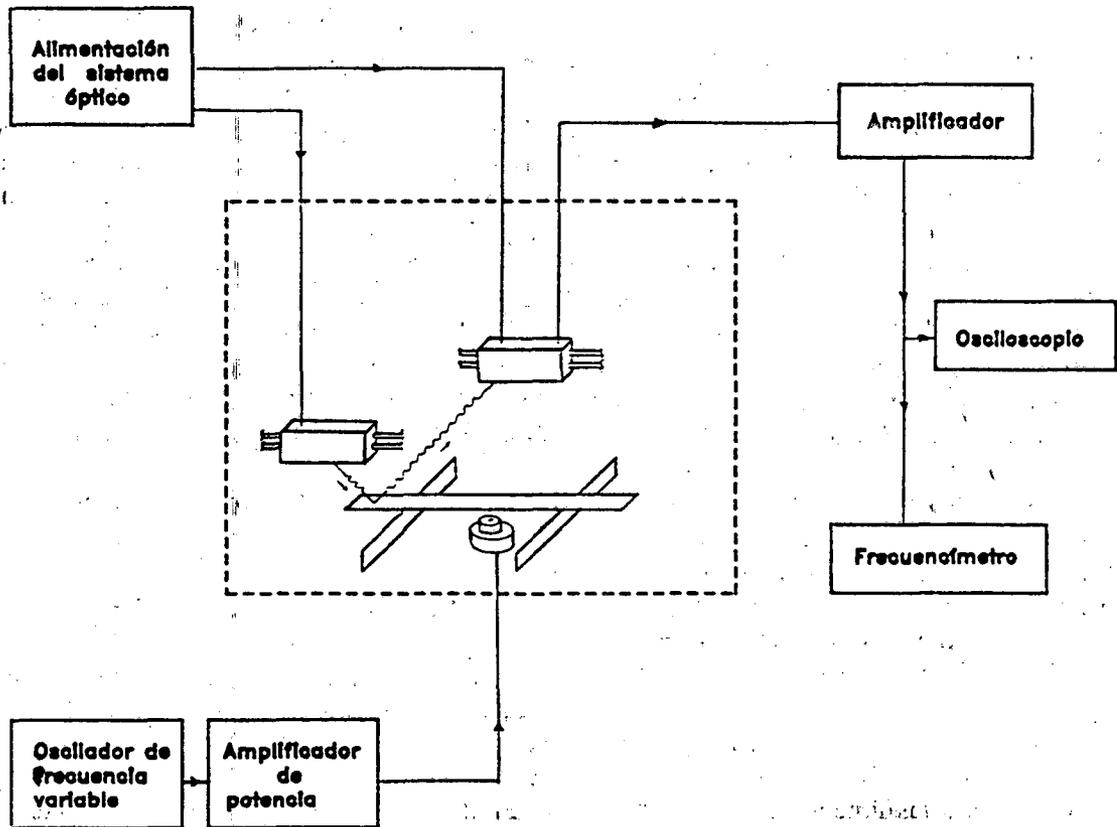


Figura 2: Diagrama en bloques

MEDICIONES SOBRE UN ACERO DE BAJO CARBONO:

Como prueba de confiabilidad en la precisión del equipo, se realizó una serie de mediciones sobre probetas extraídas de un fleje de acero de bajo carbono, laminado y recocido, obteniéndose los siguientes resultados:

Probeta	Dimensiones		Frecuencia	Módulo
Nº	L (mm)	c (mm)	(Hz)	E (GPa)
1	45,76	0,124	300,5	191,8±3,5
2	45,00	0,116	290,9	192,1±3,5
3	41,48	0,152	446,5	190,3±3,0
4	42,02	0,145	414,5	189,8±3,0
5	42,32	0,145	409,0	190,1±3,0
6	41,82	0,152	440,0	190,9±3,0

En este caso se adoptó como valor de densidad: $\rho = 7.87 \text{ gr cm}^{-3}$.

Para cada muestra se realizaron varias mediciones de la frecuencia de resonancia, obteniéndose total repetibilidad con una apreciación de $\pm 0,1 \text{ Hz}$.

MEDICIONES SOBRE VIDRIOS METALICOS:

La bibliografía no es muy amplia en cuanto a las constantes elásticas de los vidrios metálicos y, respecto de los valores del Módulo de Young para un mismo vidrio suele haber gran discrepancia de un autor a otro. Esto se debe seguramente a los distintos grados de precisión de las técnicas utilizadas y a la insuficiente preparación de las probetas, para encuadrarlas dentro de las hipótesis de la teoría correspondiente.

Por tal motivo se realizaron mediciones sobre cintas del vidrio metálico Fe44,1 Ni38,6 B17,3 con diferentes grados de pulido, obteniéndose los siguientes resultados:

TIPO DE PREPARACION	E [GPa]
Sin Pulir	71,9±8
Pulido A	88,6±6
Pulido B	143,2±9

PULIDO A: Pulido de un solo lado hasta esmeril 000.

PULIDO B: Pulido de ambos lados hasta esmeril 000.

La densidad del material amorfo fue asumida como un 1% menor que la del correspondiente material cristalino, diferencia típica entre ambos estados

[3].

La densidad del material cristalino fue medida por la técnica de inmersión, efectuándose una serie de mediciones en distintos fluidos (aire, tolueno y cloroformo).

El valor medio para el Fe44,1 Ni38,6 B17,3 cristalino fue $\rho = 7.696 \text{ gr cm}^{-3}$, adoptándose para el correspondiente vidrio metálico una densidad $\rho = 7.619 \text{ gr cm}^{-3}$.

En todos los casos, para el cálculo del Módulo de Young, se utilizó la ecuación de Pickett [4] para barras de sección rectangular en resonancia flexural:

$$E = 0,9642 \cdot \frac{\rho L^4 f^2}{c^2} \text{ Tpi} \cdot 10^{-6} \text{ [GPa]}$$

Siendo:

ρ [gr./cm³.] : densidad.

L [mm.] : longitud de la cinta.

c [mm.] : espesor de la cinta.

f [Hz.] : frecuencia fundamental de vibración.

Tpi=F(c/L,s): factor de corrección de Pickett.

s : relación de Poisson.

La precisión de esta ecuación disminuye con el aumento de la relación: c/L; estimándose [5] un error del 1% para c/L ~ 0,4. En nuestros casos se cumple que c/L << 0,4 haciéndose Tpi ~ 1.

CONCLUSIONES

a) La técnica utilizada, de muy alta precisión, se fundamenta en la suspensión libre de las muestras en sus puntos nodales y en el contacto directo, tanto para la excitación como para la detección. De esta forma no se cargan las muestras variando sus valores reales de resonancia, lo que induciría errores de difícil evaluación.

b) La repetibilidad obtenida en la determinación del Módulo de Young sobre los flejes de acero, indica el buen grado de precisión del equipo desarrollado.

c) Las mediciones sobre las cintas de vidrios metálicos reflejan la importancia de la preparación de las probetas de estos materiales; dado el pequeño espesor de las mismas (5 a 40 μm .) tiene gran influencia el grado de rugosidad superficial.

d) Este equipo también puede utilizarse para la determinación del Módulo de Elasticidad (E) de materiales tradicionales, sobre probetas con forma de pequeños flejes, tubos o alambres.

REFERENCIAS:

- [1] "Les Amorphes Metalliques", Les Editions de Physique, Centre National de la Recherche Scientifique, France, (1983).
- [2] F.Audebert, J.Marengo, J.Moya y H.Sirkin, Proc. III Congreso de Ensayos No Destructivos para America Latina y el Caribe, Nov. 1990, (Aceptado, 23/7/90).
- [3] S.H.Whang, D.E. Polk and B.C.Giessen, Proc. 4th. Int. Conf. on Rapidly Quenched Metals, (Sendai 1981), 1365.
- [4] S.Spinner and W.E.Tefft, Proc. ASTM 61, (1961), 1221.
- [5] S.Spinner, T.W.Reichard and W.E.Tefft, Journal of Research, Nat. Bureau of Standards, Vol. 64A, Nº:2, (1960), 147-155.