

FONDOS DE FRICCIÓN INTERNA DE ALTA TEMPERATURA

E. Póvolo, O. A. Lambri

*Departamento de Ciencias de Materiales, Comisión Nacional de Energía Atómica,
Av. Libertador 8250 Buenos Aires y Departamento de Física Facultad de Ciencias exactas y Naturales,
Pabellón I, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires.*

F.M. Saavedra

*Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura,
Universidad Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250, 2000 Rosario.*

Se corrobora la validez o no de las ecuaciones constitutivas más comunes de los fondos de fricción interna de alta temperatura (HTIFB), a frecuencias bajas y medidas. Todas las ecuaciones proponen una dependencia excepcional con la recíproca de la temperatura absoluta, más un factor pre-exponencial que en general puede depender de la temperatura y de la frecuencia. Debido al dominio del factor exponencial es sumamente incierto obtener información del factor pre-exponencial mediante las técnicas experimentales usuales⁷. Se presenta un péndulo de momento de inercia variable, operando a bajas frecuencias (0.3 a 20Hz), que permite realizar variaciones diferenciales del momento de inercia del sistema oscilante. Mediante este procedimiento se estudian las expresiones de los HTIFB, para un monocristal de Mg y un policristal de Zr_{y,4}. Este trabajo presenta un nuevo péndulo de medición de fricción interna, a frecuencias medidas (30 a 150Hz) con momento de inercia variable. Asimismo se realizaron mediciones de fricción interna tanto a frecuencias bajas como a frecuencias medias en dos especímenes de Zr_{y,4} de pureza nuclear de distinto tamaño de grano. Se encontró que tanto a frecuencias bajas como a frecuencias medias no se satisfacen las ecuaciones constitutivas de los HTIFB.

I. INTRODUCCION

En el intervalo de altas temperaturas las curvas de fricción interna (F) aumentan monótonamente con el aumento en temperatura. Este fenómeno es conocido como el "fondo de fricción interna de alta temperatura", HTIFB. Nowick y Berry¹ asumen que los HTIFB pueden ser descriptos por una expresión de tipo

$$F = A \exp(-B/kT) \quad (1)$$

donde A y B son parámetros empíricos cuyos valores son obtenidos de la intersección y la pendiente de un diagrama semilogarítmico de F vs 1/T. B es generalmente llamada la entalpía de activación aparente, T es la temperatura absoluta y K es la constante de Boltzmann. Woigard, Aimrault y de Fouquet² proponen la siguiente expresión

$$F = \frac{A}{\omega T} \exp(-\Delta H_c / kT) \quad (2)$$

donde ω es la frecuencia angular, A es relativa a la estructura de dislocaciones y ΔH_c es la entalpía de autodifusión. Schoeck, Bisogni y Shyne³ consideran el HTIFB producido por la relajación causada por el movimiento de una dislocación en un medio viscoso y derivan la expresión

$$F = \frac{A}{\omega^n} \exp(-n \Delta H_0 / kT) \quad (3)$$

donde n y ΔH_0 son constantes en un limitado intervalo de temperatura, ΔH_0 es la verdadera entalpía de activación que controla el mecanismo de dislocaciones y usualmente es mayor que la entalpía aparente de B. Otras expresiones son también del tipo⁴

$$F = \frac{A}{\omega} \exp(-B / kT) \quad (4)$$

o también⁵

$$F = \frac{A}{T} \exp(-B / kT) \quad (5)$$

Además, Gadaud, Woigard, Mazot, Demey y de Fouquet⁶ han propuesto la expresión

$$F = \frac{A}{-\beta T + \gamma} \exp(-B / kT) \quad (6)$$

Todas las ecuaciones anteriores pueden ser escritas en forma general como

$$F = A(\omega, T) \exp(-B / kT) \quad (7)$$

donde A es función de ω y T y B es una constante. El

término dominante en la expresión (7) es el exponencial. Con los péndulos tradicionales de medición de fricción interna el estudio de la contribución del término $A(\omega, T)$ tiene serias limitaciones.

En este tipo de trabajo se presenta un nuevo péndulo de momento de inercia variable apto para trabajar en frecuencias medias ($\cong 100\text{Hz}$), asimismo se realizaron mediciones experimentales de FI en dos especímenes policristalinos de Zry-4 con el péndulo antes mencionado y con el péndulo de momento de inercia variable a baja frecuencia⁷.

II. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

a) Nuevo péndulo con método de inercia variable.

En la Fig. 1 se representa esquemáticamente este nuevo péndulo. Es básicamente un péndulo de torsión invertido convencional al que se le ha incorporado un servomecanismo que permite variar el momento de inercia del sistema oscilante en dos valores discretos. Accionando el motor "M" en un sentido, los tensores "H" se enrollaran en el eje de la corona "L" y levantará a la base de apoyo "B" que en su camino ascendente levantará el electroimán "E" hasta desvincularlo del sistema oscilante solidario a la probeta "S", fija por las mordazas "G". Por una rotación del motor en el otro sentido la base de apoyo bajará hasta dejar apoyado el electroimán en la plataforma "N" y seguirá bajando hasta dejarlo completamente libre como se muestra en la figura. Entonces por accionar en uno u otro sentido el motor M, el electroimán E estará solidario o no al sistema oscilante cambiando de este modo el momento de inercia en un 15% aproximadamente. En las mediciones de fricción interna con el electroimán apoyado en la plataforma N éste es activado con una tensión de 10VCC y una corriente de 3A, para eliminar rozamientos, entre el electroimán y la plataforma, que producirán efectos de amortiguamiento ajenos a la probeta a medir. La contribución de los alambres de alimentación (0.05mm de sección) del electroimán fue cuidadosamente estudiada, verificándose que estos no afectan a los valores de amortiguamiento clásico en metales. La excitación del péndulo se realiza mediante el torque producido por un imán permanente "I", solidario al sistema oscilante, que se encuentra ubicado en el núcleo de una bobina Helmholtz "C". "V" es el tubo que aísla al sistema permitiendo trabajar en alto vacío hasta 10^{-4} Torr. El equipo está preparado para trabajar en altas temperaturas hasta 1100C, y bajas temperaturas, hasta -100C. Esto se logra colocando en la zona de la probeta S, un horno eléctrico o un termo calefaccionado respectivamente.

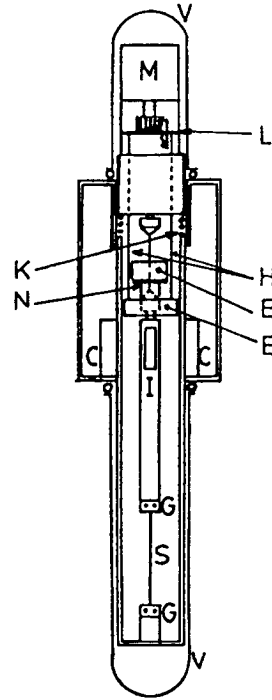


Fig. 1: Esquema del péndulo.

b) Especímenes medidos

Las probetas ensayadas fueron especímenes de Zry-4 policristalino de pureza nuclear, de distinto tamaño de grano, en forma de alambre de 1mm de diámetro y 100mm de longitud y 10mm para el péndulo de frecuencia media.

III. RESULTADOS

En la Tabla 1 se resumen los resultados de los estudios de las derivadas parciales realizado en⁸ para cada una de las expresiones anteriormente presentadas.

cc. N°	$(\partial \ln F / \partial \ln \omega)_T$	$(\partial \ln F / \partial (1/T))_\omega$	$\alpha = \frac{(\partial \ln F / \partial (1/T))_\omega}{(\partial \ln F / \partial \ln \omega)_T}$
(1)	0	$-B/k = \text{cte}$	
(2)	-1	$-\Delta H_c / k = \text{cte}$	$\alpha + T = B/k = \text{cte}$
(3)	-n	$-n \Delta H_0 / k$	
(4)	-1	$-B/k$	$\alpha = B/k$
(5)	0	$-B/k$	
(6)	$\beta T - \gamma$	$-\beta T^2 \ln \omega - \alpha$	$\alpha T + T^2 \ln \omega = \frac{\gamma}{\beta} \alpha - \frac{B}{\beta k}$

Tabla I

En las Figs. 2 a 6 se representan las curvas correspondientes a los datos de la tabla 1. Se observa claramente que las condiciones que tienen que cumplir las derivadas parciales de ser válidas las expresiones propuestas para los HTIFB no son satisfechas.

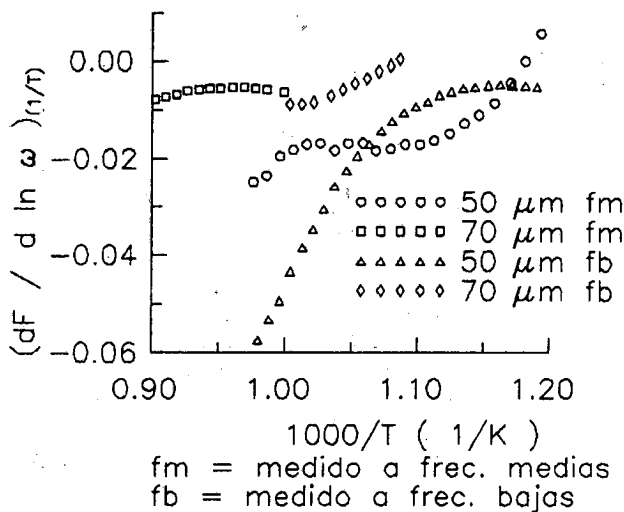


Fig. 2: fm = medido a frec. medias; fb = medido a frec. bajas

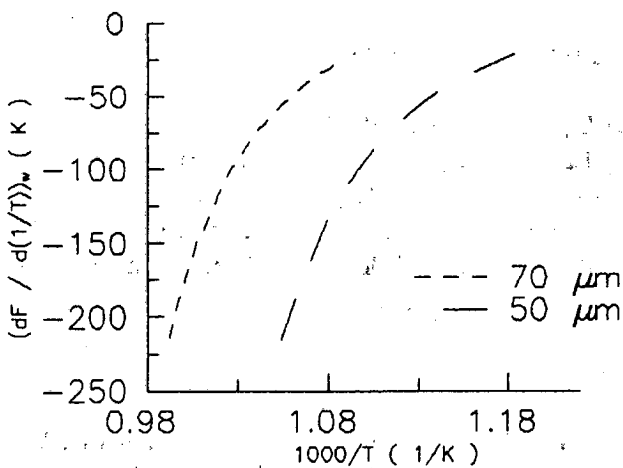


Fig. 3: fm = medido a frec. medias; fb = medido a frec. bajas

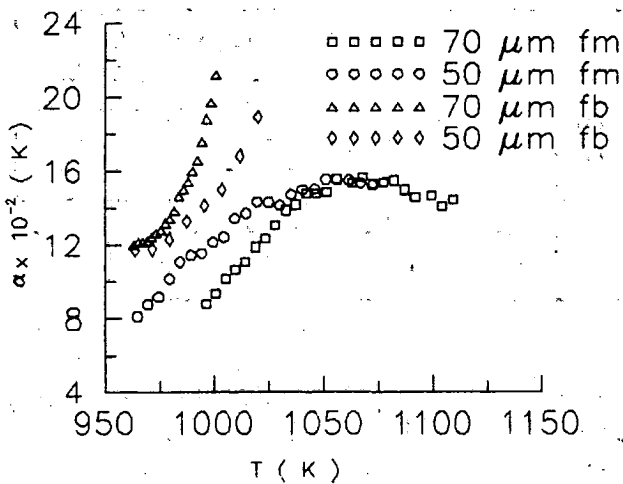


Fig. 4: fm = medido a frec. medias; fb = medido a frec. bajas

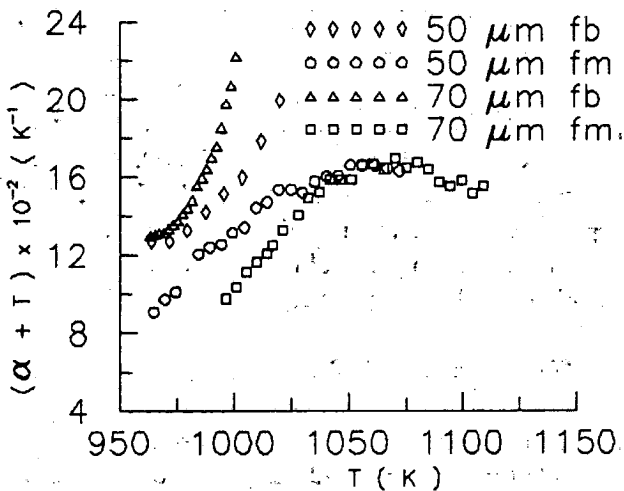


Fig. 5: fm = medido a frec. medias; fb = medido a frec. bajas

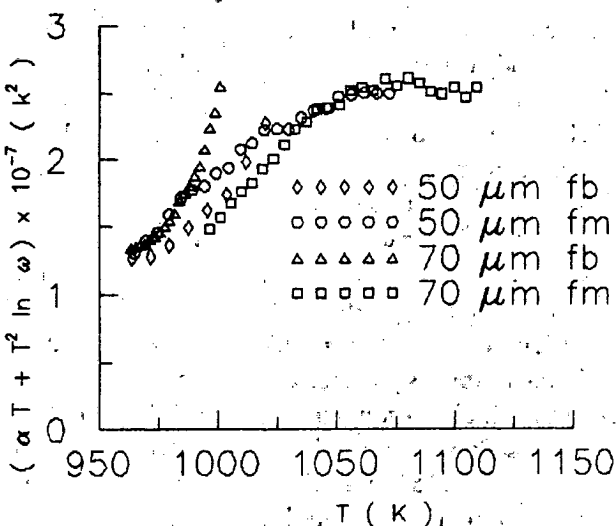


Fig. 6: fm = medido a frec. medias; fb = medido a frec. bajas

IV. CONCLUSIONES

Un nuevo péndulo para la medición de FI ha sido presentado. A través de éste procedimiento, empleando las variaciones diferenciales del momento de inercia, es posible obtener información sumamente precisa acerca de la dependencia con la frecuencia y las temperaturas de las magnitudes intervinientes en los modelos físicos. Se han realizado además mediciones en dos especímenes de Zry-4 que muestran que las ecuaciones constitutivas de los HTIFB no son válidas.

REFERENCIAS

1. A.S. Nowick and B.S. Berry, An. Rel. in Crys. Sol.

Pergamon Press, New York, (1972).

2. J. Woirgard, J.P. Amirault and J. de Fouquet. ICIFUAS 5, Sprng. Vrlg (1975) Vol I, pág 392.
3. G. Schoeck, E.A. Bisogni and J. Shyne, Acta Metall **12**, 1466 (1964).
4. G. Welsch, T.E. Mitchell and R. Gibala. Phys. Stat. Sol. (A) **15**, 225 (1973).
5. A. Riviere, J. P. Amirault and J. Woirgard, II Nuovo Cim. **338**, 398 (1976).
6. P. Gaudaud y col., J. de Physique, Supp. au **12**, 48 (1987) C8-101.
7. F. Povolo, B. Molinas and O. A. Lambri, II Nuovo Cim. **14 D**, (2), 279 (1992).
8. F. Povolo and O.A.Lambri Mater Trans. JIM, **33** (10), in press.