

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1979

04.79.09

R6

061.3:

620.179.1

C76

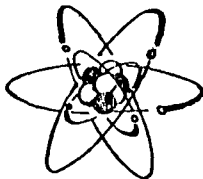
1979

NACIONES UNIDAS



PROGRAMA DE LAS N. N. U. U.
PARA EL DESARROLLO

REPUBLICA ARGENTINA



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
C. N. E. A.

ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS



O. E. A.

I CONFERENCIA REGIONAL SOBRE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

CENTRO CULTURAL GRAL SAN MARTIN
11 al 15 de Junio de 1979

EMISION ACUSTICA EN LA DEFORMACION PLASTICA DE METALES HCP.

MINTZER, Sergio Rubén
(CNEA, Argentina)

BUENOS AIRES
Argentina

EMISION ACUSTICA EN LA DEFORMACION PLASTICA DE METALES HCP

S. Mintzer^{*} - R. Volpi^{**}

Introducción

El conocimiento de las respuestas de Emisión Acústica que se obtienen en el ensayo de probetas policristalinas, es de valor práctico cuando se desea evaluar integridad estructural.

En este trabajo se estudia las diferencias en la Emisión Acústica generada en la deformación plástica de metales HCP. Se tiene en cuenta dos tipos de procesos : movimiento de dislocaciones y deslizamiento de borde de grano.

Procedimientos Experimentales

Los ensayos de deformación y Emisión Acústica (E.A.) se efectuaron a temperatura ambiente en metales HCP con distintos puntos de fusión (T_f). Los materiales utilizados fueron : Titanio, Circonio, Zinc-0,4% Aluminio y Cadmio de temperaturas homólogas (T/T_m con : $T=293^\circ K$) de : 0,14; 0,13; 0,43 y 0,5 respectivamente.

La aleación : Zn-0,4% Al fué preparada con Zn y Al de 99,9% de pureza, el Aluminio se agregó a fin de obtener a la temperatura de ensayo, granos finos y estables. A los lingotes obtenidos se les dió primero una reducción en espesor del 60% a $250^\circ C$ y luego fueron laminadas en frío. Posteriormente se recocieron entre : $140^\circ C$ - $300^\circ C$. Las probetas de : Cd (pureza : 99,9%), Ti (impurezas : O:0,3%; N:0,02%; C:0,08%; Fe:0,25%) y Zr de pureza comercial se prepararon por laminado y subsiguiente recocido.

Las determinaciones de tamaño de grano se efectuaron por el método de las intercepciones lineales.

Los ensayos de deformación se realizaron en una máquina Instron modelo T.T.M. a una velocidad de deformación de : $5 \cdot 10^{-4} \text{ seg}^{-1}$. Las dimensiones de las probetas fué en todos los casos : $65 \times 1 \times 7 \text{ mm}$.

Resultados Experimentales

En las Figs. 1(a), 1(b), 1(c) y 1(d) se representa gráficamente en escala logarítmica la tensión aplicada a una deformación plástica de 0,2% y el Número de Cuentas de E.A. acumulados por unidad de volumen a dos niveles de deformación (0,2% y 1%) en función del tamaño del grano para los materiales considerados.

En los policristales con altas T.H. (Cd y Zn-0,4% Al) la curva tensión vs. tamaño de grano presenta dos etapas. En la región de grano fino resulta ablandamiento debido a la influencia creciente del deslizamiento de borde de grano a medida que el tamaño de grano disminuye. En la región de grano grueso se observa el comportamiento usual, el policristal presenta mayor resistencia a la deformación a medida que decrece el tamaño de grano.

Entre los policristales de bajas T.H. (Ti y Zr) y los de alta T.H. (Cd y Zn-0,4% Al) no solo existe diferencia en la forma de las curvas sino también en los niveles de Emisión Acústica.

En las Figs. 2(a) y 2(b) se representa intersección : $\sigma_0(\epsilon)$, y en la Fig. 3 la pendiente $K(\epsilon)$, de la relación de Hall-Petch, para Cd y Ti.

La Fig. 4 es una micrografía óptica de una probeta deformada de Zn-0,4% Al en la región de grano fino, claramente se observa deslizamiento en bordes de granos. En la Fig. 5 se representa tensión (σ) vs. deformación (ϵ) y rapidez de Emisión

* - División Ciencia de Materiales. Centro Atómico Bariloche (C.N.E.A.)

** - Gerencia de Desarrollo. Centro Atómico Constituyentes (C.N.E.A.)

Acústica ($\partial N/\partial \epsilon$) vs. deformación para el mismo material y en dicha región.

Discusión

Al comparar el Número de Cuentas de E.A. acumulados a un dado tamaño de grano y deformación (0,2% o 1%) en la región de grano grueso en metales de altas T.H. (Figs. 1(a) o 1(b) con las correspondientes de metales de baja T.H. (Figs. 1(c) o 1(d) se observa que existe una marcada diferencia, resultando mayor (aproximadamente en un orden de magnitud) en los de alta T.H. Las diferencias observadas se pueden explicar al considerar las características de la deformación plástica en metales HCP de altas y bajas T.H.

En las Figs. 1(a) y 2(b) se observa que entre Cd (alta T.H.) y Ti (baja T.H.) existe una marcada diferencia en los valores de la "tensión de fricción" $\sigma_0(\epsilon)$ que para bajas deformaciones y salvo un factor de proporcionalidad común representa la resistencia intrínseca de la red al movimiento de dislocaciones. El mayor valor de σ_0 observado en Ti puede atribuirse a la acción de fuerzas de Peierl-Nabarro, elevadas en planos prismáticos; también puede contribuir una mayor densidad inicial de dislocaciones, introducidas en el tratamiento termomecánico, es sabido que Cd presenta recuperación de defectos.

En Cd el mecanismo controlante de la deformación a bajas temperaturas es la intersección de dislocaciones con la foresta (1); en nuestro caso, a temperatura ambiente por el proceso de recuperación dinámica este mecanismo resulta de menor importancia (2).

En la Fig. 3 también se observa una diferencia considerable en el coeficiente: $K(\epsilon)$ de Hall-Petch para Cd y Ti, siendo mayor en Ti. Teniendo en cuenta que: $K/\sqrt{\phi}$ mide la resistencia extra al flujo plástico resultante de la presencia de los bordes de grano y que la magnitud de $K(\epsilon)$ depende de la intensidad con que las dislocaciones están ancladas por impurezas (o precipitados) (3), dicha diferencia puede atribuirse a la presencia de impurezas intersticiales en Ti (O, N, C) que introducen distorsiones asimétricas de la red en sus inmediaciones (4).

El efecto conjunto de fuerzas de Peierl-Nabarro elevadas, presencia de impurezas intersticiales y mayor densidad inicial de dislocaciones en los metales de bajas T.H. (Ti y Zr), tienden a restringir la movilidad y generación de grupos de dislocaciones, produciendo de este modo una disminución en la amplitud de los pulsos de Emisión Acústica respecto a los metales de altas T.H. (Cd y Zn-0,4% Al).

En la región de grano fino en los metales de altas T.H.: Figs. 1(a) y 1(b) la deformación se efectúa por movimiento de dislocaciones y por deslizamiento de bordes de grano (Fig. 4).

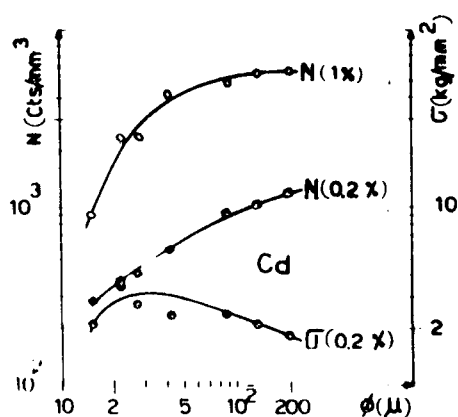
La competición entre los procesos de: deslizamiento de borde de grano, movimiento de dislocaciones y recuperación dinámica puede apreciarse en forma cualitativa en la Fig. 5 para Zn-0,4% Al; a bajas deformaciones plásticas se observa una zona en donde existe un pronunciado aumento de la tensión con la deformación (movimiento y acumulación de grupos de dislocaciones). Esta zona va acompañada con una relativamente intensa actividad acústica (para ese tamaño de grano). A mayores deformaciones el material continúa deformando con escaso endurecimiento (deslizamiento de borde de grano y movimiento de dislocaciones). Luego del aumento y decaimiento inicial de la rapidez de Emisión Acústica, esta permanece prácticamente constante hasta cerca de fractura, esto último sugiere que la generación de dislocaciones prácticamente está compensada por el proceso de recuperación dinámica.

Agradecimientos

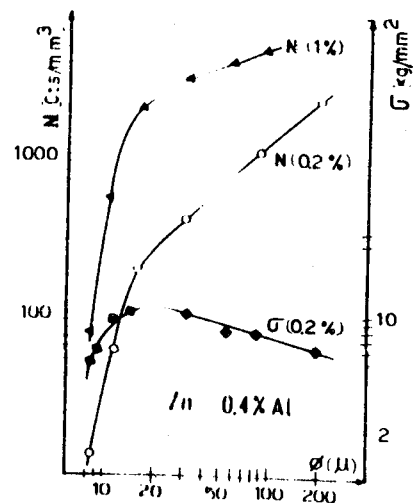
A los Dres. R. Pascual y M. Ahlers por sus comentarios. Al SECIT (Secretaría de Ciencia y Técnica) e INEND (Instituto de Ensayos No Destructivos) por el apoyo financiero brindado.

Referencias

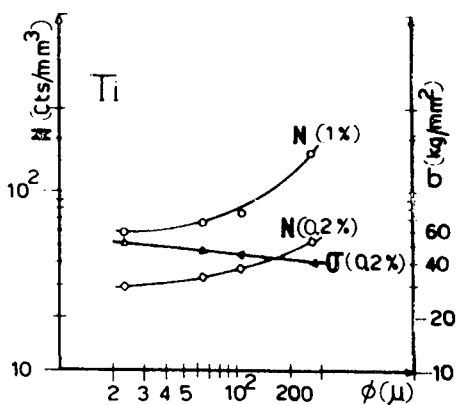
- 1.- R. Pascual-E. Perez : Scripta Met. : 1976, 10, 77-
- 2.- S. Mintzer-R. Pascual-R. Volpi : Scripta Met. : 1978, 12, 531-
- 3.- R. Armstrong-I. Codd-R. Douthwaite-N. Petch : Phil. Mag. : 1962, 45
- 4.- R. Fleischer : Acta Met. : 1963, 203



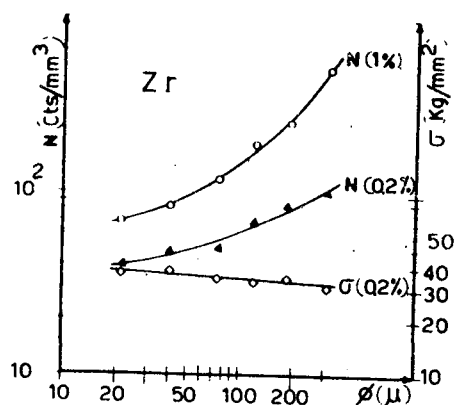
(a)



(b)



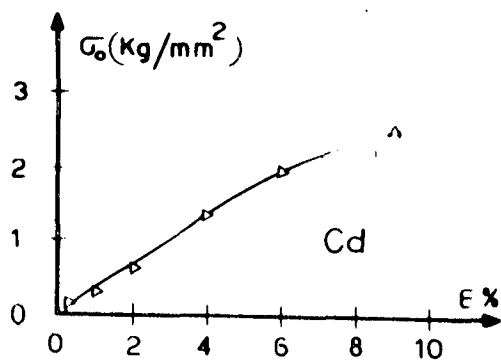
(c)



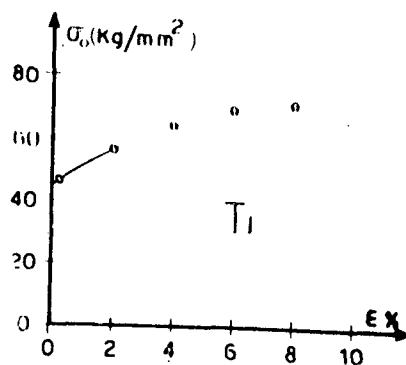
(d)

Fig. 1

Dependencia con el tamaño de grano (ϕ) de la tensión aplicada a una deformación plástica de 0,2% y del Número de Cuentas de E.A. acumuladas por unidad de volumen para : (a) Cd; (b) Zn-0,4% Al; (c) Ti; (d) Zr.



(a)



(b)

Fig. 2

Variación de la "tensión de fricción" σ_0 con la deformación para : (a) Cd; (b) Ti.

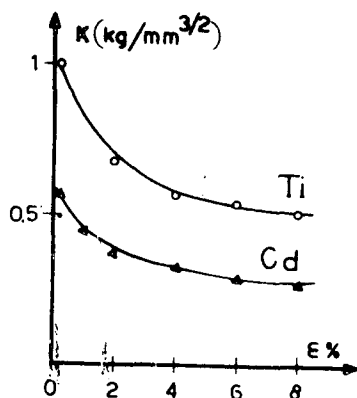


Fig. 3

Variación con la deformación de la pendiente de Hall-Petch para Cd y Ti.



Fig. 4

Deslizamiento de borde de grano en probeta deformada de Zn-0,4% Al. Región de grano fino ($\times 750$).

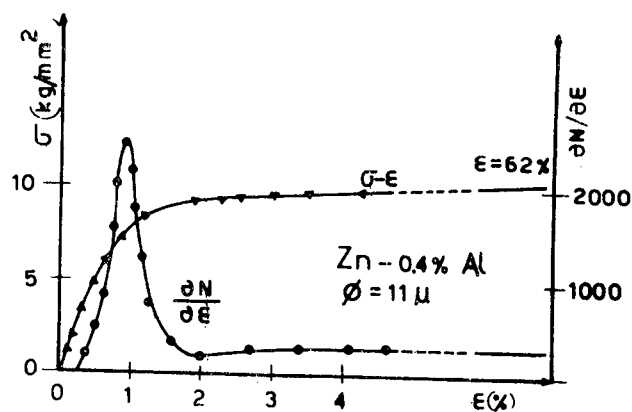


Fig. 5

Tensión aplicada (σ) y rapidez de E.A. ($\partial N / \partial \epsilon$) vs. deformación para Zn-0,4% Al en la región de grano fino ($\phi = 11 \mu$).