

| | |
|-----------------------|-------------|
| Biblioteca | |
| ARCHIVO PUBLICACIONES | |
| Nº 1 | AÑO 1980 |

04.80.30

379

DEPENDENCIA DE LAS SEÑALES DE EMISION ACUSTICA DEL TAMAÑO DE GRANO Y TEMPERATURA HOMOLOGA EN LA DEFORMACION PLASTICA DE METALES.

S.Mintzer* - R.Pascual** - R.Volpi***

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

**National Research Council,Physics Division.Ottawa.Canada

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

Introducción

Uno de los resultados significativos de la Emisión Acústica (E.A) es que debido a su gran sensibilidad se puede detectar y localizar la presencia de defectos microscópicos activos en estructuras sometidas a un estado complejo de tensiones, como ser recipientes de presión (1,2).

Esencialmente, los metales que se utilizan con propositos estructurales son policristalinos, de modo que el conocimiento de las respuestas de E.A. que se obtienen en el ensayo de probetas policristalinas es de valor práctico cuando se desea evaluar integridad estructural.

En este trabajo se estudia la influencia del tamaño de grano y temperatura homologa en las señales de E.A. Se tiene en cuenta dos tipos de procesos:deslizamiento de borde de grano y movimiento de dislocaciones.

Procedimientos Experimentales

Debido a que el deslizamiento de borde de grano presenta una fuerte dependencia de la temperatura homologa (T.H) los ensayos se efectuaron a temperatura ambiente en metales y aleaciones con un amplio rango de puentes de fusión (T_M). Los materiales escogidos fueron: Zirconio, Cobre, Zinc-0,4%, Aluminio y Cadmio con temperaturas homologas (T/T_M) con $T=293^{\circ}K$ de: 0,13, 0.22, 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 laminados en frio, hasta obtener laminas de 1mm de espesor. Luego se recocieron entre: $150^{\circ}C-300^{\circ}C$. Las probetas de Cu y Cd (pureza:99,9%) y de Zr (pureza comercial) se prepararon por laminado en frío y subsiguiente recocido. La reducción en el espesor fue de 80% aproximadamente en todos los casos. Un adecuado rango de tamaños de granos se obtuvo por recocido en vacío.

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

El equipo de E.A. consta esencialmente de: un transductor piezoeléctrico (PZT5) utilizado para detectar los pulsos de emisión, las señales obtenidas son preamplificadas, filtradas y luego enviadas a un amplificador secundario.El registro de las señales se efectua mediante un contador. La ganancia total del sistema es de 80db.

Los ensayos de deformación se efectuaron en una máquina Instron modelo TTM a una velocidad de deformación de: $5.10^{-4} \text{ seg}^{-1}$.

Las dimensiones de las probetas fueron en todos los casos: 65x1x7 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 pulsos acumulados por unidad de volumen, a dos niveles de deformación en función del tamaño de grano, para los materiales considerados.

Para 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 normal, el policristal presenta mayor resistencia a la deformación a medida que decrece el tamaño de grano. En correspondencia, las elongaciones totales que se obtienen en la primera región son superiores a las que resultan en la región de grano grueso.

La fig.2 es una micrografía óptica de la superficie de una probeta deformada de Zn-0.4% Al grano fino (8μ), claramente se observa deslizamiento de borde de grano.

La emisión Acústica aumenta en forma monótona con el tamaño de grano, pero la rapidez de aumento es diferente en ambos rangos de tamaño de grano, siendo mayor en la región de grano fino. Este efecto se puede apreciar mejor en Zn-0.4%.Al., un cambio notable de la emisión acústica con el tamaño de grano va asociado con el máximo de la curva tensión vs. tamaño de grano.

También se observa que en la región de tamaños de grano más fino, en donde el deslizamiento de borde de grano es importante, la contribución al número de pulsos acumulados, es pequeña.

Para los materiales con bajas T.H (Zr y Cu), para el rango de tamaños de grano considerados el deslizamiento por borde de grano no influye a la temperatura de ensayo, este va reflejado en el hecho de que la tensión de fluencia disminuye a medida que aumenta el tamaño de grano. A su vez la E.A acumulada a una dada deformación aumenta con el tamaño de grano, la rapidez de aumento es mayor en la región de grano grueso.

En la fig.3 se representa tensión y rapidez de emisión vs. deformación para Cu y Cd policristalino con tamaño de grano similar. Cu (baja T.H) presenta un pico pronunciado a bajas deformaciones ($\sim 0.4\%$) la rapidez de emisión decae rápidamente a mayores deformaciones. En Cd. (alta T.H) la rapidez de E.A aumenta hasta una deformación de $\sim 6\%$, disminuyendo luego en forma mas suave que en el caso Cu.

Discusión

Se considerará en primer lugar el rango de tamaños de grano en el cual la tensión a una dada deformación, disminuye a medida que aumenta el tamaño de grano. Esto es aplicable en la región de grano grueso en los materiales con T.H altas y todo el rango considerado para los materiales de T.H bajas.

El tamaño de grano tiene el efecto de limitar el camino libre medio de las dislocaciones. Si se aplica la misma deformación en dos policristales que difieren solo en sus tamaños de grano y debido a que el camino libre medio inicial es aproximadamente igual al tamaño de grano, menos segmentos de dislocación deberían moverse en el mayor tamaño de grano, a fin de poder acomodar la deformación plástica impuesta. Esto es aplicable a bajas deformaciones. Como consecuencia mayor rapidez de E.A podría esperarse para el de menor tamaño de grano.

Por otro lado, se sabe ⁽³⁾ que la amplitud de los pulsos de E.A generados por el movimiento de dislocaciones, aumenta con el camino libre medio. En consecuencia, a medida que aumenta el tamaño de grano la distribución de amplitudes de los pulsos acumulados hasta una cierta deformación, se desplazará hacia las mayores amplitudes. Solo una fracción de la totalidad de pulsos generados se puede detectar (aquellos con amplitudes mayores que el nivel de ruido del sistema de detección). Esta fracción aumentará con el tamaño de grano, pero como se vió anteriormente el número total de pulsos generados disminuirá. La dependencia de la E.A del tamaño de grano es función del balance entre ambos procesos. Como experimentalmente se halló que la E.A aumenta con el tamaño de grano se concluye que al menos para el rango de tamaños de granos estudiado, el aumento de la amplitud de los pulsos a medida que crece el camino libre medio es predominante.

La dependencia de las amplitudes de E.A con el camino libre medio, puede observarse en forma cualitativa en la fig.3. Para Cu policristalino la rapidez de E.A crece en forma pronunciada a muy bajas deformaciones, pero disminuye rápidamente a medida

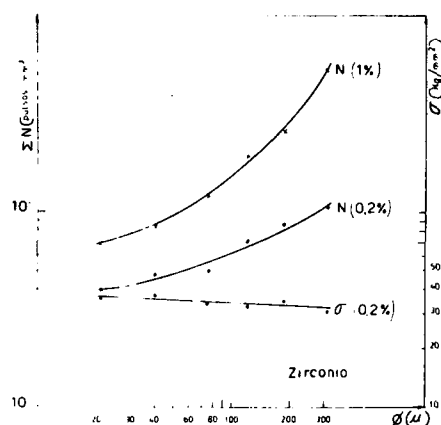
que el camino libre medio decrece debido a endurecimiento por deformación. Este comportamiento es aplicable a policristales con bajas T.H. En cambio para Cd debido a su alta T.H presenta recuperación dinámica o sea eliminación parcial de las dislocaciones generadas por combinación y aniquilación de dislocaciones de signo opuesto y rearrreglo de dislocaciones del mismo signo en subgranos. El proceso va reflejado en el bajo coeficiente de endurecimiento de la curva tensión - deformación (fig.3). En este caso el camino libre medio de las dislocaciones presenta una dependencia suave con la deformación y la rapidez de E.A decrece en forma apreciable a altas deformaciones.

En la región de grano fino para los materiales de altas T.H. existe contribución por deslizamiento de borde de grano y movimiento de dislocaciones en la deformación plástica. La mayor rapidez de la E.A con el tamaño de grano observada en esta región puede interpretarse considerando que a medida que el tamaño de grano aumenta, no solo la amplitud de los pulsos aumenta (como en el rango de tamaños de granos gruesos) también una fracción creciente de la deformación plástica es debida a movimiento de dislocaciones.

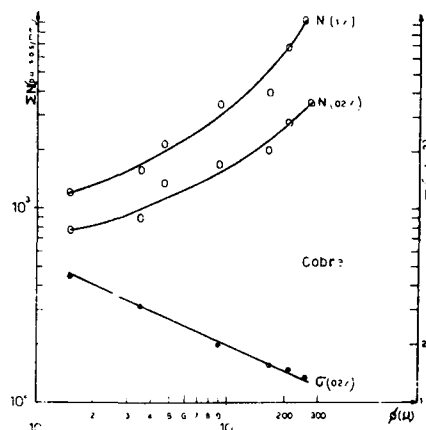
La fig. 4 representa el número total de pulsos de E.A (no se incluye la contribución por fractura) y la variación de la tensión de fluencia, en la deformación de Cu en las etapas de: recuperación, recristalización y crecimiento de grano (para recocidos isocronos a las temperaturas indicadas). Estas tres etapas tienen importancia puesto que determinan el comportamiento mecánico de un material. Se observa que prácticamente no se detecta E.A en la etapa de recuperación y aumenta rápidamente en las otras. Por monitoreo continuo de las señales de E.A, en estructuras sometidas a tensión y variaciones de temperatura, es posible utilizar la E.A para indicar la presencia de una nueva etapa.

Referencias

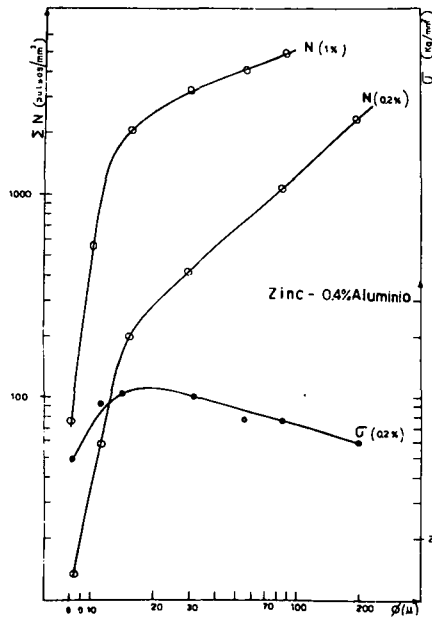
1. D.O.Harris-H.L.Dunegan: Non Destructive Testing: 1974,137
2. Acoustic Emission, ASTM Spec.Tech.Publ. 505,1972
3. K.Malen-L.Bolin: Phys. Status Solidi (b): 61,1974,637



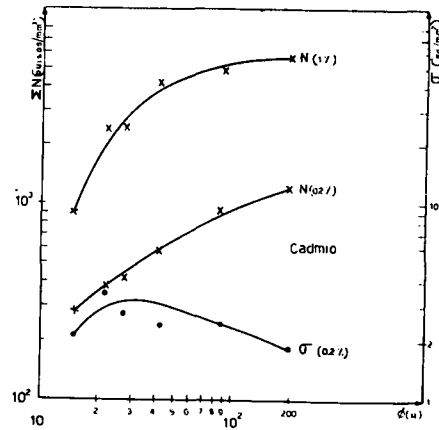
(a)



(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 pulsos de E.A. acumulados, para: (a) Zr, (b) Cu, (c) Zn-0.4% Al, (d) Cd.



Fig. 2

Deslizamiento de borde de grano en Zn-0.4% Al deformado Tamaño de grano = 8 μ (x 750)

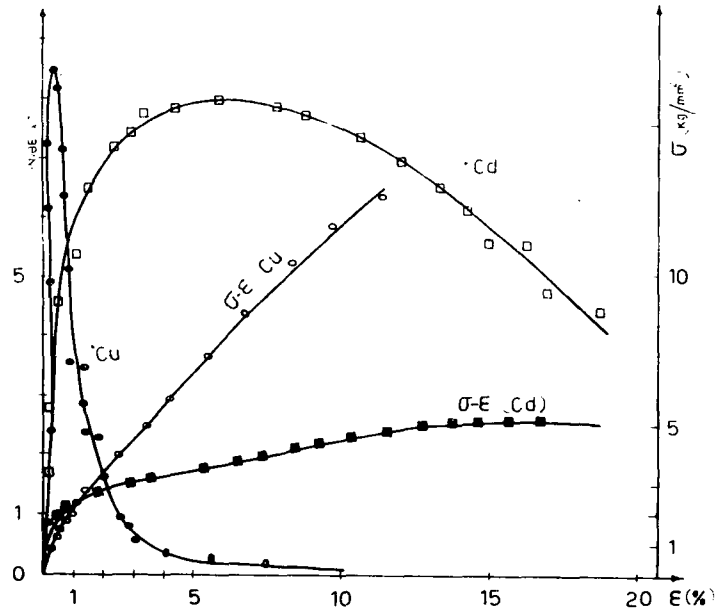


Fig. 3

Curvas tensión - deformación y rapidez de emisión acústica - deformación, para Cu y Cd policristalinos (tamaño de grano = 200μ)

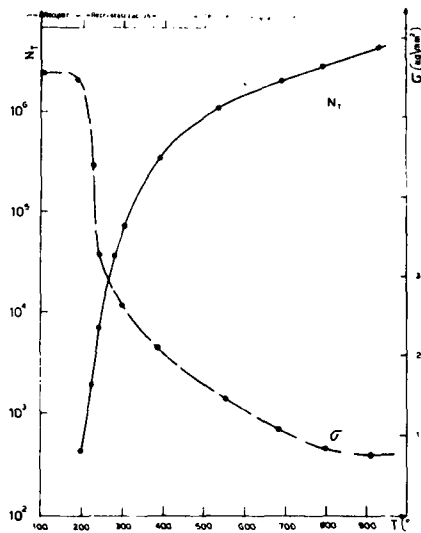


Fig. 4

Variación de la tensión y el número total de pulsos de E.A en las etapas de: recuperación, recristalización y crecimiento de grano.