

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

04.79.11  
(93)

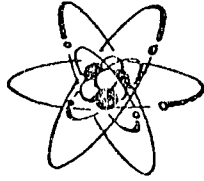
RG  
061.3:  
620.179.1  
C76  
1979

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

### DEPENDENCIA DE LA EMISION ACUSTICA CON LA VELOCIDAD DE DEFORMACION

MINTZER, Sergio Rubén  
(CNEA, Argentina)

BUENOS AIRES  
Argentina

# DEPENDENCIA DE LA EMISION ACUSTICA CON LA VELOCIDAD DE DEFORMACION PLASTICA

S. Mintzer\*

## Introducción

En deformación plástica, es un hecho conocido que cambios en la velocidad de deformación de un material alteran el nivel de carga en la curva de tracción. En general este transitorio se desvía de la dependencia logarítmica de la tensión con la velocidad de deformación que establece la teoría. No existe acuerdo en la literatura sobre la naturaleza de este transitorio; en monocristales y en etapa de endurecimiento lineal algunos autores (1,2,3) lo atribuyen a un cambio en la densidad de dislocaciones móviles, otros (4) consideran que se debe a endurecimiento del material y otros que se debe a una influencia de la máquina de deformación. Puesto que la Emisión Acústica puede detectar movimiento de dislocaciones, es interesante considerar la dependencia de la Emisión Acústica con la velocidad de deformación.

## Procedimientos Experimentales

Los ensayos de deformación por tracción y Emisión Acústica (E.A.) se efectuaron en la etapa de fácil deslizamiento de monocristales de Cobre. Los cristales utilizados de sección transversal y de dimensiones : 10x1x35 mm fueron crecidos por la técnica de Bridgman usando Cobre de pureza 99.99%. La orientación de los cristales fué la misma en todos los casos y de modo que presentaran una extensa zona de fácil deslizamiento. Los cristales fueron sometidos al mismo tratamiento térmico : recocidos en vacío ( $<10^{-4}$  Torr) durante 100 horas en forma cíclica entre 900°C-1050°C.

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

Los ensayos se efectuaron en una máquina de deformación Instron modelo T.T.M., a temperatura ambiente y a diferentes velocidades de deformación plástica, en el rango :  $2,4 \cdot 10^{-5} \text{seg}^{-1}$  -  $2,4 \cdot 10^{-3} \text{seg}^{-1}$ .

## Resultados Experimentales

La Fig. 1 muestra la relación entre el número de Cuentas de Emisión Acústica acumuladas por unidad de volumen (N) vs. Deformación Plástica Resuelta ( $a_p$ ) a las diferentes velocidades de deformación consideradas. También se representa en la misma figura : Tensión Resuelta ( $\sigma$ ) vs. Deformación Plástica a dos velocidades de deformación ( $2,4 \cdot 10^{-5} \text{seg}^{-1}$  y  $9,5 \cdot 10^{-5} \text{seg}^{-1}$  respectivamente). Se observa en el rango de velocidades considerados un pronunciado aumento de la actividad acústica con la velocidad de deformación. En forma paralela, también aumenta la tensión de fluencia de los cristales con la velocidad de deformación.

En las Figs. 2(a) y 2(b) se representa en gráficas semilog. la Emisión Acústica acumulada al cabo de una deformación plástica de : 1% y 3% respectivamente, en función de la velocidad de deformación plástica ( $\dot{a}_p$ ).

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

### Discusión

Por estudio previo (5) sobre longitud de líneas de deslizamiento en monocristales, en etapa de fácil deslizamiento, se sabe que la longitud de las mismas es constante. También que es independiente de la velocidad de deformación (6). En consecuencia se puede admitir en primera aproximación que el camino libre medio de las dislocaciones ( $\Delta x$ ) es constante ( $\Delta x = \text{cte}$ ) (7).

En dicho caso, la ecuación básica de la deformación plástica:  $a = b \cdot \Delta x \cdot n$   $b =$  vector de Burger, establece que el número total de dislocaciones ( $n$ )<sup>p</sup> que se han movido al cabo de una cierta deformación plástica ( $a_p$ ) es independiente de la velocidad de deformación.

De acuerdo a ello y teniendo en cuenta, en deformación plástica la relación: movimiento de dislocaciones  $\rightarrow$  Emisión Acústica se podría esperar que el número de cuentas de E.A. (N), al cabo de una cierta deformación, en etapa de fácil deslizamiento, también sea independiente de la velocidad de deformación. Esto no se observa experimentalmente en monocristales de Cobre, en dicha etapa: Figs. 1, 2a ( $a_p = 1\%$ ), y 2b ( $a_p = 3\%$ ).

Una de las posibles contribuciones a dicha diferencia surge si se tiene en cuenta que los tiempos que invierten las dislocaciones en sobrepasar los obstáculos se reducen a fin de poder acomodar el aumento impuesto en la velocidad de deformación. Para ello es necesario que aumente la tensión efectiva ( $\sigma_{ef}$ ) que tiene en cuenta la interacción de las dislocaciones con obstáculos de corto alcance y es dependiente de la temperatura y velocidad de deformación.  $\sigma_{ef}(a_p, T)$  está determinada por la diferencia entre la tensión de fluencia ( $\sigma$ ) y la tensión interna del material ( $\sigma_i$ ). En la Fig. 1 se observa claramente el aumento de la tensión de fluencia ( $\sigma$ ) con ello de  $\sigma_{ef}$  con la velocidad de deformación.

Cálculos efectuados sobre amplitudes de pulsos de Emisión Acústica producidos por movimiento de dislocaciones (8) indican que los mecanismos con amplitudes de pulso más elevadas corresponden a movimiento cooperativo de grupos de dislocaciones. Para tales grupos se considera (9) una dependencia del tipo potencial de la velocidad de las dislocaciones con la tensión efectiva. En consecuencia se puede esperar por este lado un aumento de la actividad acústica con la velocidad de deformación, debido al desplazamiento de la distribución de amplitudes de pulsos de Emisión Acústica, hacia las mayores amplitudes por efecto del aumento de la velocidad de las dislocaciones.

Es probable que exista una dependencia análoga de la E.A. con la velocidad de propagación de fisuras en los materiales.

Otra contribución al aumento observado de la E.A. con la velocidad de deformación, proviene de considerar que al aumentar la tensión efectiva, puede cambiar el número y distribución de fuentes de dislocaciones.

A su vez la observación metalográfica en Cobre indica que a medida que aumenta la velocidad de deformación la distribución de bandas de deslizamiento en la superficie de los cristales es más uniforme y el espaciado entre las mismas disminuye, en cambio a las velocidades de deformación menores la deformación es más heterogénea; la misma deformación está concentrada en un menor número de bandas (clustering de líneas de deslizamiento).

En consecuencia la E.A. está también indicando un cambio en el proceso de deformación con la velocidad de deformación.

### Agradecimientos

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

Referencias

- 1.- G. Shoek-B. Wielke : Scripta Met. : 1976, 10, 771
- 2.- B. Wielke-G. Shoek : Phys. Status Solidi ; 1976, 38A, 539-
- 3.- B. Wielke : Acta Met. : 1978, 103
- 4.- Z. Basinski-P. Jackson-M. Duesbery : Phil. Mag. : 1977, 36, 259-
- 5.- A. Seeger-H. Kronmuller-S. Mader-H. Trauble : Phil. Mag. : 1961, 6, 639-
- 6.- A. Garner-T. Alden : Phil. Mag. : 1974, 323
- 7.- T. Suzuki : "Dislocation Dynamics". McGraw Hill, N.Y. : 1968, 551-
- 8.- A publicarse
- 9.- R. Arsenault-T. Kuo : Metallurgical Transactions : 1978, 9A, 459-

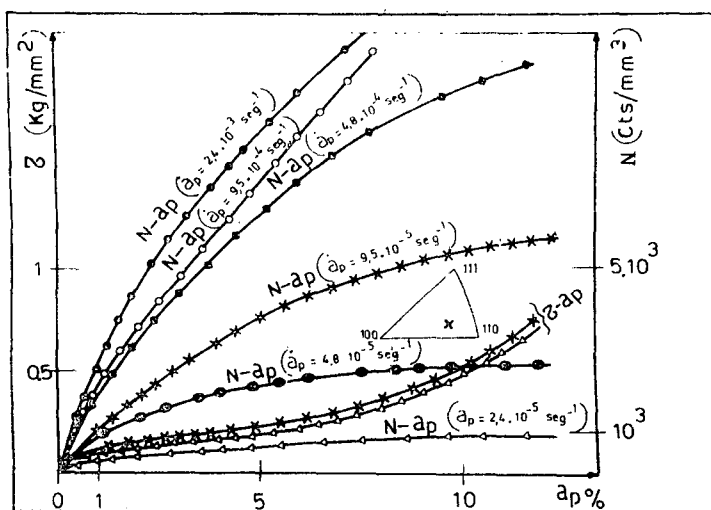
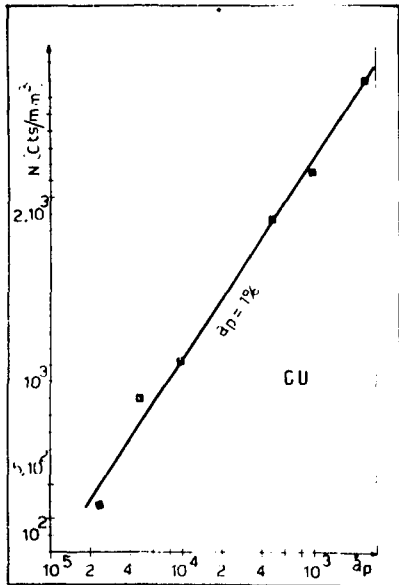
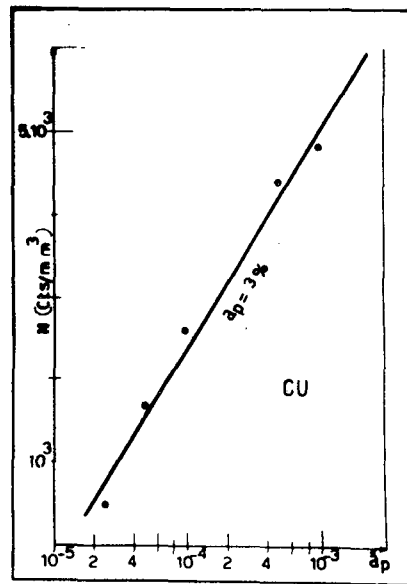


Fig. 1

Variación con la velocidad de deformación ( $\dot{a}_p$ ) de la E.A. acumulada (N) y tensión resuelta aplicada (Z) vs. deformación plástica ( $a_p$ ) en etapa de fácil deslizamiento.



(a)



(b)

Fig. 2

E.A. acumulada ( $N$ ) vs. velocidad de deformación plástica ( $\dot{\epsilon}_p$ ) al cabo de una deformación plástica de : (a) 1%; (b) 3%.