

RELACIÓN ENTRE CRECIMIENTO DE GRANO Y MIGRACIÓN DE BORDES DE GRANO EN FE-3%SI.

C. L. Di Prinzio* y C. Oldani**

*-Facultad de Matemática Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba.
Ciudad Universitaria. (5000) Córdoba

**-CIMM-INTI. Av Velez Sarfield 1561,(cc 885).(5000) Córdoba

Se compararon resultados experimentales de migración en bordes de grano (BG) en bicristales de Fe-3%Si, realizados por Lejsek y col (1993), con los de crecimiento de grano (CG) en muestras policristalinas del mismo material, realizados por Foster y col (1963). Para ello se utilizó un algoritmo computacional sobre CG desarrollado por Ceppi y Nasello (1985). La muestra policristalina poseía una textura cúbica, con sus granos desorientados alrededor del eje $\langle 001 \rangle$ y el valor característico del CG denominado k fue de $5.5 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{seg}$ para la temperatura de tratamiento de 1200C . Los bicristales estudiados tenían una desorientación de $\langle 001 \rangle / 36.9^\circ$ y los valores característicos de $M\gamma$ (M movilidad y γ energía de BG) fueron medidos entre 1100C y 950C . Extrapolando a temperatura de 1200C se puede encontrar en promedio $M\gamma = 3 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{seg}$ para BG asimétricos. Según el modelo computacional ambos parámetros se relacionan como $k = 0.2 M\gamma$, lo cual evaluando los parámetros dados arroja una coincidencia muy notable. Este resultado positivo permite estudiar bicristales en diferentes situaciones experimentales y poder trasladar sus conclusiones satisfactoriamente a muestras policristalinas.

INTRODUCCIÓN

Muchas propiedades físicas y químicas de los aceros policristalinos de bajo contenido de carbono y con silicio dependen del tamaño y crecimiento de grano. El crecimiento de grano o el movimiento de los bordes de grano (BG), en dichos materiales, son procesos muy complicados que dependen de muchos parámetros físicos. El estudio del movimiento de BG individuales permite controlar algunos de estos parámetros y determinar su influencia. La vinculación entre los resultados experimentales en bicristales y policristales permite un mayor entendimiento del crecimiento de grano, para dichos materiales.

Existen trabajos computacionales⁽¹⁾⁽²⁾ que simulan crecimiento de grano en diferentes situaciones físicas en policristales mediante la utilización de parámetros físicos de BG individuales. Ceppi y Nasello⁽³⁾ desarrollaron un algoritmo para simular migración de BG, y lo aplicaron al estudio de crecimiento de grano en muestras policristalina bidimensionales. En este trabajo se encontró una relación entre el producto $M\gamma$ (M movilidad y γ la energía superficial del BG) y la velocidad de crecimiento de grano.

Foster y col⁽⁴⁾, estudiaron el crecimiento de grano en muestras policristalinas delgadas de Fe-3%Si de bajo contenido de carbono. La muestra estaba texturada y los granos estaban desorientados entre si mediante rotaciones alrededor del eje cristalino $\langle 100 \rangle$

Los autores determinaron la velocidad de crecimiento del diámetro medio $\frac{\partial D}{\partial t}$ en función

de la inversa del radio de los grano. $\left(\frac{1}{r}\right)$.

Encontraron que dicha relación es lineal y la pendiente tiene el valor aproximado de $5.5 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{seg}$, a 1200°C , el cual es característico del crecimiento de grano y no de las características geométricas de la muestra o propiedades de las superficies.

Por otro lado, Lejcek y col.⁽⁵⁾ analizaron el movimiento de BG en bicristales tipo tilt $\Sigma = 5$, $\langle 100 \rangle / 36.9^\circ$ de Fe-3%Si para diferentes inclinaciones del BG. Las muestras fueron estudiadas a diferentes temperaturas entre 950C y 1100C , y los BG fueron de dos tipos: simétricos y asimétricos. En la figura 1 se muestra el esquema de un bicristal usado por los autores con las coordenadas utilizadas. La coordenada $a^2(t)$ evoluciona en el tiempo t siguiendo la ecuación:

$$a^2(t) = 2fM\gamma t$$

y f es un factor de magnificación

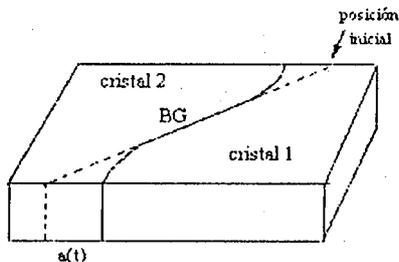


Figura 1: Esquema de la muestra bicristalina empleada en ref 5.

De la relación anterior entre $a(t)$ y t , los autores obtuvieron los valores del producto $M\gamma$ para cada BG estudiado, considerando los mismos libres de efectos de la inclinación del BG.

En este trabajo utilizaremos el algoritmo de Ceppi y Nasello (3) para relacionar los valores experimentales de BG obtenidos por Lejcek y col. en bicristales y Foster y col.(4), en policristales en Fe-3%Si. Para ello adaptaremos los resultados experimentales para hacer posible dicha comparación. Si los valores característicos del crecimiento de grano calculados y medidos son comparables, podemos especular con estudiar la migración en BG individuales y sus dependencias con diferentes parámetros físicos y extrapolarlas a crecimientos de grano en policristales, donde los procesos físicos son más complicados.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PREVIOS:

La velocidad de crecimiento de grano puede estar caracterizarse por k , la variación del radio medio cuadrático en el tiempo, expresado como:

$$2r \frac{\partial r}{\partial t} = k$$

Según Ceppi y Nasello (3), se puede relacionar el producto $M\gamma$ con k mediante:

$$k = 0.2 M\gamma$$

Foster y col. (4) en sus experiencias midió el valor de k , para diferentes muestras y con diferentes espesores. En los experimentos de Foster, los BG eran en general asimétricos y la muestra estaba a 1200°C y texturada.

Lejcek y col. (5) obtuvo valores de $M\gamma$ para BG asimétricos pero con temperaturas menores de 1100°C . Las muestras bicristalinas tenían el

eje de desorientación cristalino igual al de la textura de la muestra policristalina de Foster.

En la figura 2 se muestran los valores de $\ln(M\gamma)$ para los BG asimétricos en función de $\frac{1000}{T}$, donde T representa la temperatura.

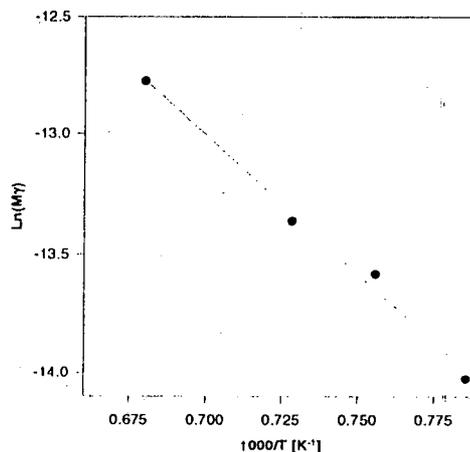


Figura 2: Valores de los $\ln(M\gamma)$ en función de $\frac{1000}{T}$ para BG asimétricos.

Utilizando la figura 2, extrapolando el valor de $M\gamma$ para la temperatura de 1200°C se obtiene $3 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{seg}$.

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN:

Calculando el valor de k , para el valor de $M\gamma$ extrapolado, utilizando la ecuación de Ceppi y Nasello, se obtiene $0.6 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{seg}$, el cual coincide con el obtenido por Foster.

Debemos aclarar sin embargo que los resultados de migración en bicristales utilizados fueron realizados para un ángulo de desorientación cristalina fija y los autores no incluyeron en su análisis factores como la inclinación del BG, que según se discute en otros trabajos⁽⁶⁾⁽⁷⁾ es muy importante.

Los valores característicos del crecimiento de grano en muestras policristalinas en este tipo de aceros y textura son muy escasos. No hay demasiados datos sobre la textura de dichas muestras, ángulos más probables de desorientación, la forma de los granos y tipos de BG.

A pesar de estos aspectos, el presente resultado preliminar permite decir que existe una conexión muy importante entre estudiar

migración de BG en bicristales en Fe-3%Si en diferentes situaciones experimentales y el crecimiento de grano en muestras policristalinas del mismo material.

AGRADECIMIENTOS:

Este trabajo fue posible gracias a la los aportes económicos dados por CONICET, CONICOR SECyT-UNC y fundación Antorchas.

REFERENCIAS

1. Abbruzzese, G., Lucke K. Acta Metall. 34,905,(1986).
2. Helckelmann I., Abbruzzese G. y Lucke K., «Grain Growth in Polycrystalline Materials Pt1, editors: Abbruzzese G. y Brozzo P., Materials Science Forum, vol 94-96, (1992).
3. Ceppi E. A. y Nasello O. B., Computer Simulation of microstructural Evolution, by D. Srolovitz, The Metall. Society, Inc, pag:13, (1985).
4. Foster K., Kramer J.J., Wiener, G.W of the Metall. Soc.Of AIME, vol 227, pag 185, (1963).
5. Lejcek, P., Paidar, V., Adamek, J. y Kadeckova S., Interface Science, vol 1, pag 187, (1993)
6. Di Prinzio C. L., Kreigel Gonzalez B. J. y Nasello O.B. (1995), Scripta Metall 33(12),1889,(1995).
7. Di Prinzio C. L., Kreigel Gonzalez B. J. y Nasello O.B. Acta Metall. and Mater., 43(6), (1995).