

CARACTER FRACTAL EN FRONTERAS DE GRANO DE ZINC PURO

Amelia Martín Rodríguez¹, Raquel Varela Zarragoitia¹, Guillermo del Rosario² y Eduardo Fernández Martín³

¹Dpto. de Física, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (ISPJAE)

²Centro de Investigaciones Metalúrgicas

³Facultad de Matemática, Universidad de La Habana

RESUMEN

Diversas estructuras adquieren características irregulares al ser sometidas a acciones que las desordenen respecto a un estado inicial conocido. Si estas irregularidades son fractales, la dimensión fractal de la estructura, su evolución con el cambio de las condiciones a las que se encuentra la muestra, pueden dar información de valor sobre sus propiedades. En el caso de muestras metálicas se han empezado a hacer estudios para caracterizar las fronteras de grano como fractales. En este trabajo se reportan resultados de determinación en el caso de Zn puro sometido a tratamiento térmico y se indica un método apropiado para realizar el estudio.

ABSTRACT

Different structures in nature acquire certain irregularities when submitted to actions which brings them to states more disordered than initial state. If these cases are fractals, structure's fractal dimension, its evolution in time when the target conditions are changed, might offer some kind of interesting information about their properties. Metallic targets have been studied to show fractal properties of grain boundaries. This paper reports fractal dimension determination in the case of pure Zinc and discuss one possible method of doing this task.

INTRODUCCION

La aparición de irregularidades en estructuras diversas sometidas a acciones que aumenten su desorden respecto a un estado inicial ha motivado el interés en la introducción de nociones fractales en la descripción de las mismas. La geometría fractal es adecuada para la descripción de microestructuras complejas y ha sido empleada en algunos estudios de fracturas, rugosidad de superficies e irregularidades en fronteras de granos de materiales metálicos. Se ha reportado que la generación de frontera de grano rugosa puede ser un método efectivo para mejorar algunas propiedades de compuestos, demostrándose incluso que hay correspondencia entre la dimensión fractal de las fronteras de grano y las propiedades de resistencia a la fractura y a la fluidez bajo carga.

La generación de fronteras de grano irregulares y su caracterización fractal es por ello interesante, pero ha sido poco abordada por otros autores.

Se reportan criterios que no han sido suficientemente probados, lo cual indica que deben hacerse reiteradas comprobaciones de los resultados, haciendo tratamientos diversos a las

muestras. De ahí que ha tenido interés para nosotros realizar las determinaciones que reportamos aquí.

La dimensión fractal es una de las magnitudes que permite caracterizar cuantitativamente un objeto irregular de propiedades fractales. Es un concepto genérico por lo que en cada caso debe escogerse un método de determinación de la misma y valorar cuidadosamente si se cumple la propiedad de autosimilaridad en la estructura para poder afirmar que la magnitud calculada es una D_f . No hay una manera única de determinar la dimensión de una estructura irregular.

Para un grano tridimensional, se ha estimado que la dimensión 3D (ver I)

$$D = D_e + 1$$

$$P(\varepsilon) = a\varepsilon^{1-D_f}$$

se puede calcular a partir de esta última ecuación en la que P es el perímetro del grano, a una constante, D la dimensión fractal de la superficie, ε es la unidad de medida de longitud. Así se estima la dimensión fractal de la superficie.

De hecho se emplea la ecuación equivalente :

$$N(\epsilon) = a\epsilon^{-D}$$

en la que N cuenta el número de lados del polígono mediante el cual se aproxima el perímetro del grano.

El gráfico logarítmico de la misma da el valor de D como la pendiente de la línea ajustada por mínimos cuadrados.

En este trabajo se seleccionaron y trataron muestras de Zn puro. Consta de dos partes:

1. Observaciones de comprobación de autosimilaridad de las estructuras
2. Determinación de dimensión fractal de fronteras de grano irregulares

MEDICIONES

La autosimilaridad de los fractales es la propiedad de que el todo sea estadísticamente igual a las partes y se cumple estrictamente en los fractales matemáticos, aquellos generados por procesos iterativos. En las estructuras reales, irregulares, presuntamente fractales, la autosimilaridad o invarianza de escala como propiedad de simetría se cumple sólo en un rango de variaciones. Hasta ahora en los estudios de fractales ha sido útil aprovechar las propiedades fractales aun cuando el objeto de estudio sólo sea invariante de escala unas pocas veces.

En este caso las observaciones de autosimilaridad de las estructuras microscópicas en las muestras se realizaron mediante microscopía óptica y electrónica de barrido. Los valores de los aumentos se variaron entre 100X y 5000X.

Se empleó un microscopio metalográfico Neophot y diversos SEM.

Varias muestras fueron deformadas por compresión entre un 29 y un 35%, con carga de 860 kgf por probeta y velocidad de aplicación de la carga de 4mm/min. Otras muestras no fueron deformadas para ser empleadas como testigos.

Las muestras deformadas fueron tratadas durante 15 min hasta temperaturas de 623 °C y 423 °C.

Las muestras deformadas y recalentadas hasta 623 °C presentan fronteras de grano lisas y granos grandes. Las muestras calentadas hasta 423 °C tienen granos de menor tamaño con fronteras más irregulares.

Un método posible para determinar la dimensión fractal de las fronteras de los granos es aproximando dicha frontera con polígonos de lado cada vez menor, denominado el método del yardstick.

Se desarrolló un software en Delphi 3 como herramienta para : a) fronterizar el grano, b) dibujar y contar yardsticks con longitudes entre diez y cien píxeles a intervalos de cinco píxeles, c) dibujar la curva, d) ajustar la mejor recta.



Figura 1. Zn puro tratado térmicamente.

CONCLUSIONES

1. Las muestras tratadas presentan fronteras de grano con irregularidades más acusadas en algunos de los granos en los casos en que la temperatura llegó a 423 °C. En casos de granos de frontera irregular a los que se midió la dimensión fractal los valores de esta son de 1,..... lo que es consistente con el resultado reportado por otros autores.
2. Encontramos que las irregularidades no aparecen por igual en todos los granos de las zonas de las muestras examinadas y por tanto la generación no es general.

REFERENCIAS

1. B. MANDELBROT (1983): "The Fractal Geometry of Nature", Freeman, New York.
2. TANAKA, M. (1992): Journal of Materials Science 27, 1992.
3. STREITENBERGER, P. *et al.* (1995): **Scripta Metallurgica et Materialia**, 33(4)