

CARACTERIZACIÓN DEL ENVEJECIMIENTO DEL ACERO 12Cr1MoV A PARTIR DE TÉCNICAS DE IMAGENOLÓGÍA

Frank de los Reyes Rodríguez, Eduardo Franco Fidalgo
Departamento de Manufactura y Materiales, Universidad de Oriente

En el presente trabajo se desarrolla un método de aplicación de las técnicas de imagenología para la cuantificación de las fases presentes en el acero 12Cr1MoV, empleado en las líneas principales de vapor de las unidades de 100 MW de las centrales termoeléctricas de Cuba, con lo cual se obtiene una medida del grado de envejecimiento del mismo.

En el método desarrollado se aplica las técnicas de la metalografía cuantitativa para la determinación de parámetros microestructurales, se lleva a cabo un proceso de preparación de la imagen metalográfica digital para someterla al análisis de los niveles binarios que determinan el comportamiento microestructural.

Palabras clave: metalografía, envejecimiento, imagenología.

In this work is developed a method for the application of imagenology techniques for the quantification of the phases present in 12Cr1MoV steel that is used in the main lines of steam from Cuba power plants, which gives a measure of the ageing degree of the same one.

In the developed method is applied the techniques of the quantitative metallography for the determination of microstructural parameters, is carried out a process for preparation of the metallographic digital image to subject it to the binary levels analysis which determine the microstructural behaviour.

Keywords: metallography, ageing, imagenology.

Introducción

La determinación del grado de envejecimiento /3/ de los aceros tiene importancia práctica significativa pues da una medida de la evolución microestructural del mismo en un tiempo determinado y cuan envejecido se encuentra el mismo para soportar los regímenes de explotación y por tanto puede ser empleado para la determinación de la vida remanente en componentes que trabajan a elevadas cargas y temperaturas /2/.

Actualmente todas las investigaciones que se desarrollan en el ámbito científico valoran los sistemas de integridad estructural a partir de los valores de velocidad de crecimiento de grietas para el material en estado nuevo. No se tiene referencia de investigaciones que valoren la influencia del grado de envejecimiento para el cálculo de vida útil /5/.

El presente trabajo constituye una de las tareas de la tesis doctoral del autor relacionada con la determinación de la influencia del grado de envejecimiento en la velocidad de propagación de las grietas en las líneas principales de vapor de las unidades de 100 MW de las centrales termoeléctricas del país, en la misma figura como novedad y aporte científico el desarrollo de una metodología para la determinación de la influencia del grado de envejecimiento en la velocidad de propagación de la grieta en el acero 12Cr1MoV simulando condiciones reales de explotación, para así determinar los coeficientes de corrección por envejecimiento en los cálculos de vida útil y el desarrollo de metodologías para la determinación del grado de envejecimiento en el acero 12Cr1MoV empleando el efecto Barkhausen y las técnicas de imagenología.

Además, el empleo de técnicas no destructivas como las propuestas, garantiza un control riguroso

del estado del material sin detener el régimen de explotación de equipos y agregados que trabajen a elevadas cargas y temperaturas.

Procedimiento teórico-experimental

Para la realización de este estudio se confeccionaron patrones de sistemas binarios verdaderos a muestras del acero analizado con diferentes grados de envejecimiento.

El sistema binario verdadero (SBV) /8/ corresponde al valor verdadero 1 ó cantidad de color negro que contenga una imagen digital después del proceso de binarización que no es más que la reducción de la información gráfica procedente de los 256 colores a un sistema de dos colores (blanco y negro) en la imagen digital.

Para la confección de patrones y toma de muestras digitales “in situ” se diseñó y construyó un dispositivo para efectuar el desbaste, pulido, ataque químico, (figura 1), así como la observación metalográfica del material de la línea principal de vapor (figura 2) e igualmente un dispositivo para acoplar la cámara digital para la toma de imágenes digitales metalográficas al microscopio óptico (figura 3).



Fig. 1 Dispositivo para el desbaste y pulido *in situ*.



Fig. 2 Dispositivo para la observación metalográfica.



Fig. 3 Dispositivo para la toma de imágenes metalográficas.

Para la confección de los patrones se utilizaron imágenes de tamaño (640 x 480) píxeles y resolución de 180 pix/pulg², en las cuales, para los estadíos de envejecimiento de (0, 50 000, 100 000, 126 000, 138 000) horas de explotación.

El acero 12Cr1MoV está constituido inicialmente por estructura ferrito-perlítica y carburos de grado 3, con el tiempo de explotación, la perlita disminuye y la matriz ferrítica aumenta, los carburos coalescen y se coagulan fundamentalmente por el límite de los granos de la ferrita /3/.

Para el análisis teórico desarrollado se tuvo en cuenta como sistema binario verdadero (color negro) los granos de perlita y límites de grano en la microestructura y como sistema binario falso la estructura cristalina ferrítica.

Un aspecto significativo a tener en cuenta es el método de ataque de la microestructura, el estudio nuestro se llevó a cabo empleando nital al 3 % con un tiempo de ataque de 6 seg, con tal régimen se garantiza la observación en detalles de la estructura cristalina ferrítica, la zona amorfa e interfase ferrita-perlita, no siendo así para el caso de los carburos que para los efectos no se toman en cuenta para el análisis debido que para el material que se analiza, el parámetro significativo

que describe el proceso de envejecimiento hasta las 100 000 horas es la disminución de la perlita y luego de las 100 000 horas el aumento del tamaño de grano /2/.

Para la obtención de los valores del sistema binario verdadero se utilizó un software de tratamiento de imágenes, con el cual es posible seleccionar campos verdaderos o falsos y posteriormente obtener los valores de la selección desarrollada.

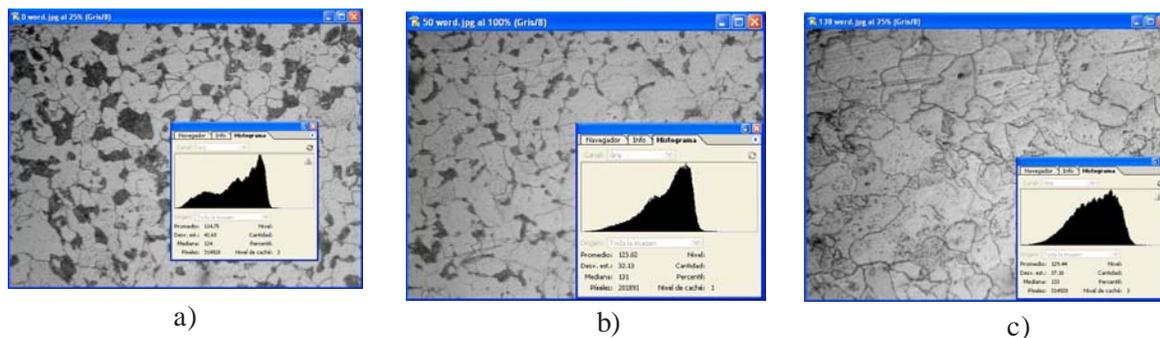


Fig. 4 Proceso de selección del campo binario verdadero en el acero 12Cr1MoV
a) 0 horas, b) 50 000 horas, c) 138 000 horas

Todos los procesos mencionados son ejecutados mediante un software elaborado titulado Softenv V1.0, el cual tiene como objetivo gobernar/llamar los software para el procesamiento de imágenes, datos y finalmente

publicar los resultados finales del análisis que en este caso sería inferir en un grado de envejecimiento de la muestra analizada. El esquema lógico de procesamiento se muestra en la figura 5:

Método empleado para el procesamiento estadístico de los datos obtenidos

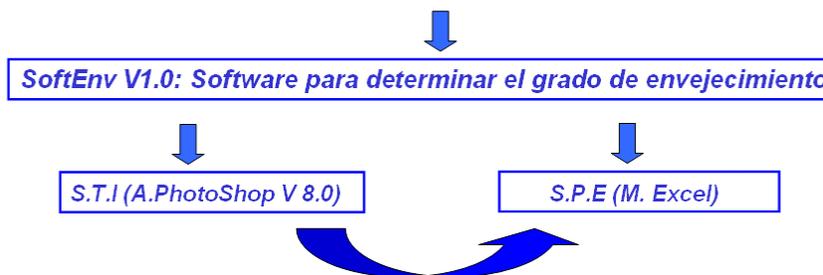


Fig. 5 Esquema de procesamiento para la cuantificación de fases en el acero 12Cr1MoV.

Los valores del sistema binario verdadero para las muestras analizadas se muestran en la tabla 1.

Con los valores del sistema binario se llevó a cabo un análisis estadístico empleando un modelo de ajuste exponencial con coeficiente de correlación de - 0,997 % en el cual se percibe una disminución del sistema binario verdadero hasta

las 100 000 horas con un ritmo superior al ritmo decreciente del sistema binario verdadero por encima de las 100 000 horas, atribuyendo este comportamiento a la desaparición de la perlita inicialmente y luego al incremento del tamaño de grano como resultado del proceso de envejecimiento.

Tabla 1: Sistema binario verdadero en función del grado de envejecimiento del acero 12Cr1MoV

Grado de envejecimiento	Nivel mínimo	Nivel medio	Nivel máximo
0 horas	580,25	502,97	425,69
50 000 horas	324,14	266,86	209,58
100 000 horas	145	140	135
126 000 horas	124	112,5	101
138 000 horas	110	102,5	95

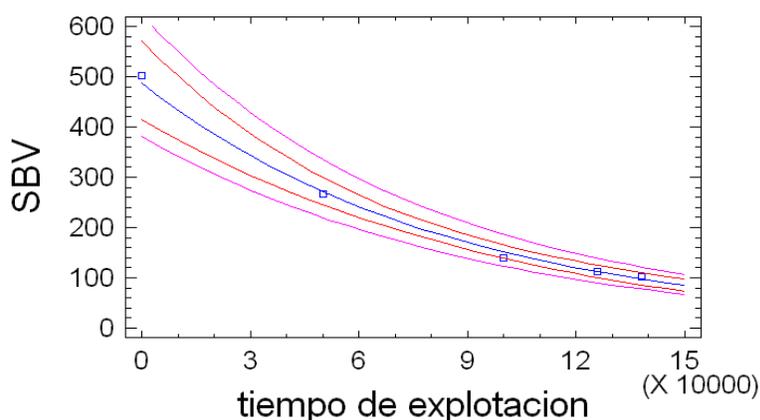


Fig. 6 Modelo estadístico de correlación entre el sistema binario verdadero y el grado de envejecimiento del acero 12Cr1MoV.

La expresión que relaciona el sistema binario verdadero con el tiempo de explotación se muestra a continuación:

$$SBV = \exp(6,18886 - 0,000011697 * t)$$

$$R^2 = -0,997$$

Finalmente el tiempo de explotación perteneciente a una línea principal de vapor será calculado a partir de la expresión:

$$t = \frac{\ln \left[\frac{e^{6,18886}}{SBV} \right]}{0,000011697}$$

La aplicación fundamental del método descrito radica en la posibilidad de determinación del grado de envejecimiento *in situ* del acero estudiado y por los ajustes estadísticos desarrollados conocer

los valores a estadíos intermedios y por extrapolación en muestras de aceros superenvejecidos.

Conclusiones

Con el presente trabajo se demuestra la factibilidad del método de imagenología para la determinación del grado de envejecimiento del acero 12Cr1MoV empleado en las líneas principales de vapor de unidades de 100 Mw de las centrales termoeléctricas del país.

El método es una aplicación extensiva de la metalografía cuantitativa en aleaciones ferrosas, con el cual se obtienen correlaciones decrecientes del sistema binario verdadero en función del tiempo de explotación.

Nomenclatura y simbología

- 12Cr1MoV: Acero aleado con cromo (0,9-1,2 %), molibdeno (0,25-0,35 %) y vanadio (0,15-0,30 %).
- SBV: Sistema Binario Verdadero (Adimensional).
- STI: Software para el tratamiento de imágenes.
- SPE: Software para el procesamiento estadístico.
- t : tiempo de explotación de la línea principal de vapor.

Bibliografía

1. _____ Norma de Empresa NEIB 1098-040, Determinación del grado microestructural de aceros termoenergéticos, 1ra Ed. EMCE, 2002.
2. _____ Norma de Mantenimiento NRBI 002 para labores de mantenimiento (RENTE) 2000.
3. Callister, Materials Science and Engineering, Soporte Magnético, USA , 1998.
4. De los Reyes Rodríguez, Frank, Estudios preliminares para la valoración del grado de Envejecimiento estructural del acero 12Cr1MoV, Memorias y Monografías de Excelencia de la Universidad de Oriente, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2006.
5. _____, Métodos para diagnosticar los niveles de dañado por envejecimiento en los materiales, Memorias y Monografías de Excelencia de la Universidad de Oriente, Cuba, 2006.
6. _____, Desarrollo del aseguramiento experimental básico para la determinación de la velocidad de crecimiento de grietas en el acero 12Cr1MoV. Tesis Presentada en Opción al Título Académico de Master en Ciencias Técnicas, Cuba, 2007.
7. González, U. C. y Wintz P., *Digital Image Processing*. Addison-Wesley Publishing Company, London. 431 p., 2007.
8. Oppenheim, A. V. & Schaffer, R. W., *Digital Signal Processing*, Prentice Hall Englewood Cliffs New Jersey, 2005.
9. Samuels, L. E., *Optical Microscopy of Carbon Steels*, ASM, 1980.
10. Stockham, T. G., "Image Processing in a Context of Visual Model", Proc. IEEE. vol. 60(7): 957-972, 2002.