

**ESTUDIO DE PARÁMETROS DE MORFOLOGÍA NODULAR EN FUNDICIÓN DE
HIERRO CON GRAFITO ESFEROIDAL DE MATRIZ FERRÍTICA, MEDIANTE
TOMOGRAFÍA COMPUTADA DE RAYOS X**

J.C. Toledo⁽¹⁾, F.V. Díaz^{(1,2)*}, M.E. Peralta⁽³⁾, D.O. Fernandino⁽⁴⁾

⁽¹⁾ *Departamento de Ingeniería Electromecánica, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional
Rafaela, Acuña 49, Rafaela, Argentina*

⁽²⁾ *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina*

⁽³⁾ *Departamento de Validación de Equipos y Componentes, Instituto Nacional de Tecnología Industrial-
Centro Litoral, Ruta Nacional N° 34 km 227.6, Rafaela, Argentina.*

⁽⁴⁾ *División Metalurgia-INTEMA, Universidad Nacional de Mar del Plata-CONICET, Av. Colón 10850, Mar
del Plata, Argentina*

*Correo Electrónico: felipe.diaz@frra.utn.edu.ar

1. RESUMEN

La fundición de hierro con grafito esférico (FE) es un material colado cuya microestructura está compuesta típicamente por una distribución aleatoria uniforme de nódulos de grafito (casi esféricos) inmersos en una matriz metálica. Debido a su excelente rango de resistencia mecánica y ductilidad, sumado a una buena colabilidad y maquinabilidad, este material ha sido cada vez más investigado y aplicado en la industria durante varias décadas. Las propiedades mecánicas de FE dependen en gran medida de la forma, el tamaño y la distribución de los nódulos de grafito [1]. En consecuencia, la microestructura de la FE ha sido, y es evaluada, principalmente con métodos 2D, resultando en un análisis morfológico bidimensional [2]. Más recientemente, se han propuesto estudios de morfología nodular a partir de enfoques tridimensionales (3D). Dentro de estos últimos, se destaca la tomografía computada de rayos X (TC), la cual posibilita evaluar, con elevada resolución, las características morfológicas de dichos nódulos y, además, el número de los mismos por unidad de volumen, la distribución del tamaño real, las distancias a vecinos más cercanos y la estructura de distribución espacial.

En cuanto a las características morfológicas de dichos nódulos, los parámetros esféricidad (S_G) y compacidad (C) son muy importantes para la determinación de la calidad de los mismos. Muy recientemente, a partir del uso de TC, el vínculo entre estos parámetros fue estudiado por Díaz et al. [3], con el fin de establecer categorías de calidad para los nódulos de una muestra de FE grado 60-40-18 totalmente ferrítica. En dicho trabajo, donde se evalúan 9238 nódulos, se identifica a C como un muy buen parámetro geométrico a fin de clasificar adecuadamente la calidad de dichos nódulos.

En el presente trabajo se llevó a cabo un estudio exhaustivo de una subpoblación de 1910 nódulos de grafito de alta calidad, pertenecientes a la muestra de FE mencionada más arriba, empleando TC. Para tal fin, se exploró la complementariedad de los parámetros S_G y C , como así también las correspondientes distribuciones de los mismos en función del tamaño de los nódulos y, además, la tendencia al agrupamiento de los mismos. La mencionada muestra fue tomografiada usando un equipo Phoenix V |tome| x S 240 (General Electric), empleando un voltaje de aceleración de 80 kV y una corriente de filamento de 90 μ A. La

morfología 3D de los nódulos y su distribución espacial fue analizada usando Volume Graphics VGSTUDIO MAX 3.0, el cual es un software comúnmente utilizado en la industria. La Fig. 1 muestra el resultado del análisis sobre la muestra de FE evaluada. La Fig. 1a presenta una micrografía óptica atacada con reactivo Nital 2%, la Fig. 2b presenta, a modo de ejemplo, la imagen de la región de interés (ROI) considerada en los análisis, mientras que la Fig. 1c presenta una imagen 3D de la subpoblación de nódulos evaluada. Los resultados obtenidos en este trabajo muestran una concentración de nódulos en el rango de diámetros de 30 a 70 μm , cuyos valores de S_G y C se hallan entre 65-70% y 50-63%, respectivamente. Esta concentración corresponde al 75% de los nódulos de alta calidad de la subpoblación evaluada. Al mismo tiempo, se destaca la existencia de tendencias opuestas entre ambos parámetros: a medida que crece S_G el conteo de nódulos pequeños aumenta y el de nódulos grandes disminuye, mientras que el comportamiento de C es inverso. Esta complementariedad estaría justificando el uso combinado de dichos parámetros para la caracterización eficaz de nódulos de grafito.

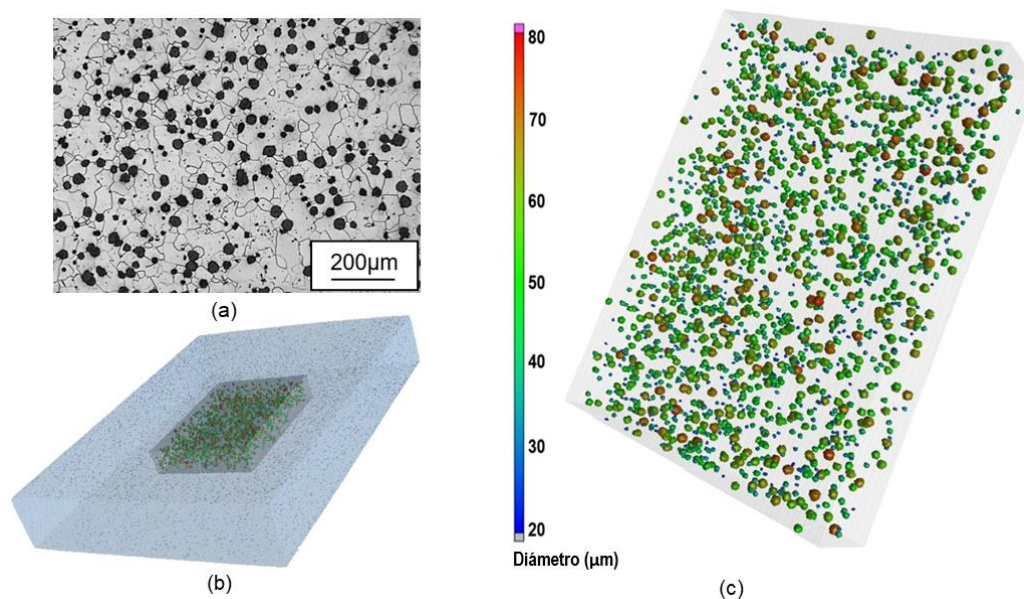


Figura 1. (a) Micrografía óptica de la microestructura de la FE analizada, atacada con reactivo Nital 2% (b) Imagen de la región de interés (ROI) evaluada. El tamaño del ROI es 2.6 x 2.1 x 0.5 mm. Nódulos genéricos. (c) Distribución espacial de la subpoblación evaluada.

Al analizar la zona de concentración de nódulos, se detectó que los valores de C son más diversos que los de S_G , por lo tanto, el parámetro S_G no alcanzaría, por sí solo, para determinar la calidad de un nódulo (un valor de S_G está asociado a un rango de valores de C). El nódulo de mayor calidad, para un determinado valor de S_G , será entonces aquel que tenga el valor de C más elevado.

Finalmente, los resultados obtenidos en este trabajo no solo justifican el uso combinado de ambos parámetros para la caracterización geométrica de los nódulos de grafito, sino que, además, proporcionan nuevas perspectivas acerca de la evaluación de la morfología de dichos nódulos y su distribución en la matriz metálica.

2. REFERENCIAS

1. Salomonsson, K. and Jarfors, A.E.W., Three-dimensional microstructural characterization of cast iron alloys for numerical analyses. Materials Science Forum, 2018. 925: p. 427-435.
2. ASTM E2567: Standard Test Method for Determining Nodularity and Nodule Count in Ductile Iron Using Image Analysis.
3. Díaz, F.V., Peralta M.E. and Fernandino D.O., Study of sphericity and compactness parameters in spheroidal graphite iron using X-ray micro-computed tomography and image processing. Journal of Nondestructive Evaluation, 2021. 40(11): p. 1-10.

3. TOPICO:

SAM: 16. Caracterización de materiales por métodos ópticos, acústicos y otros

4. TIPO DE PRESENTACIÓN SOLICITADA: P (poster)