

UN METODO DE PREPARACION Y ANALISIS METALOGRAFICO DE FUNDICIONES CON CARBONO LIBRE

Carlos E. Arroyave P.
Universidad de Antioquia
Ingeniería Metalúrgica

RESUMEN

La facilidad con que se altera la microestructura de las fundiciones ferrosas que poseen grafito libre durante su preparación metalográfica, obliga a trabajarlas con cuidados y métodos especiales. Con el ánimo de contribuir a la optimización de las técnicas empleadas en el medio, se expone un procedimiento encontrado adecuado para la obtención de buenos resultados, en tiempos relativamente cortos.

1. INTRODUCCION

La presencia de carbono libre, como grafito, en las fundiciones ferrosas, hace que los cuidados durante la preparación metalográfica de sus muestras, sean mucho mayores que en la práctica corriente.

Lo anterior, debido principalmente a la baja dureza y alta friabilidad del grafito embebido en la matriz metálica, las cuales permiten su fácil deformación y desprendimiento, disfrazando o alterando las características morfológicas de la estructura.

Un mal procedimiento en la preparación de la muestra, puede producir graves daños, entre los cuales vale la pena resaltar la aparición de láminas más delgadas de lo esperado predecible, debido al desprendimiento de los bordes y llenado del espacio con material aledaño, o contrariamente, láminas más gruesas de lo real por dispersión del grafito.

La práctica metalográfica común, ya ha sido establecida en diferentes textos clásicos. Partiendo de que se conoce esta práctica, se presentan a continuación una serie de pasos y cuidados, conducentes a la obtención de resultados adecuados en el trabajo de las fundiciones.

Lo expuesto, es fruto de análisis y confrontación con la literatura pertinente (ver bibliografía al final) y experiencias obtenidas en nuestros laboratorios.

2. PREPARACION

- 2.1 **Corte.** Se debe evitar cualquier calentamiento exagerado de la probeta, como que llegue a producir su quemado.
- 2.2 **Montaje.** Cuando sea necesario, debe hacerse en frío, utilizando una resina adecuada (v. gr. Resina epóxica).

2.3 Desbaste.

- 2.3.1 **Desbaste grueso.** Preferiblemente se debe usar un disco con papel abrasivo de carburo de silicio No. 80 o 120, húmedo, sobre el cual la probeta se mueva radialmente, utilizando bajas revoluciones (v.gr. 500 R.P.M.) y el menor tiempo posible.

Después del corte y/o montaje, antes del desbaste, se debe realizar limpieza ultrasónica o, en su defecto, un cuidadoso y abundante lavado con agua jabonosa y un posterior enjuague en etanol y secado con soplo de aire uniforme. Esto mismo deberá hacerse luego, cada vez que se vaya a cambiar de papel o paño.

- 2.3.2 **Desbaste fino.** Pasar por la serie de papeles abrasivos de carburo de silicio Nos. 240, 320 400 y 600, siempre nuevos, aplicando una presión media. Sobre los dos primeros papeles se debe trabajar en húmedo, con la cantidad de kerosene justa (el exceso produce desbaste ineficiente y el defecto no permite la adecuada remoción de partículas). En los otros dos papeles se trabaja en seco, teniendo presente que la labor en el último, debe prolongarse un poco más, posteriormente hayan desaparecido las huellas del papel anterior, para así asegurar el desprendimiento de la capa deformada previamente, disminuyendo la posibilidad de aparición de defectos de trabajo durante el ataque.

Si el grafito es muy grueso, seguidamente del papel 600 se puede usar papel 2/0 u 800 para terminar la subetapa.

Al final, se mira al microscopio; si se trabajó correctamente, se observarán las partículas de grafito bien conservadas, en una matriz rayada paralelamente, como producto del último papel.

2.4 Pulido

- 2.4.1 **Pulido grueso.** Se hace sobre un paño sin pilosidad, por ejemplo seda, girando a 250-500 R.P.M., durante 1 a 2 minutos, utilizando como abrasivo pasta o polvo de diamante de 3 μ m, suspendido en un aceite ligero, tal como kerosene. Alternativa inferior es el uso de una suspensión de Al^2O^3 .

Como refrigerante se utiliza aceite ligero, en cantidad tal que humedezca, pero no empape el paño.

La probeta se mueve, haciendo un recorrido diametral corto sobre el centro del disco, con presión media.

- 2.4.2 **Pulido fino.** Es el paso más crítico en la preparación de estos materiales. Debe efectuarse sobre un paño denso de pelo corto, tipo velvetín, por ejemplo "Microcloth" de Buehler, con polvo o pasta de diamante de 0.25 μm como abrasivo y kerosene como refrigerante, sosteniendo la probeta contra el paño con presión media, durante uno o dos minutos, con movimiento diametral corto en torno al centro del disco, el cual deberá girar a 250-500 R.P.M. Sólo se pule hasta que desaparezcan las rayas; si después del ataque surgen estas, se hace un pulido final breve que elimine los defectos y el ataque previo.

Después del pulido, se frota, empapa y enjuaga con algodón en etanol, se drena y se seca al chorro de aire moderadamente caliente. En este punto del proceso, se debe evitar cualquier contacto de la probeta con agua.

- 2.5 **Ataque.** Antes de atacar, la probeta debe estar completamente limpia, lo cual se comprueba sumergiéndola en alcohol, extrayendo y observando si hubo humectación completa o no.

El ataque se hace utilizando alguno de los siguientes reactivos, recién preparados, según el material o características para analizar;

- 2.5.1 **V-2A.** 40ml HC + 80 ml agua destilada + 80 g. Cloruro Férrico. Para macroataque, se aplica con pincel.
- 2.5.2 **Picral.** 4% Acido Pírico + 96% Etanol. Para análisis general de materiales perlíticos, aplicando por frotamiento durante 2 a 10 segundos.
- 2.5.3 **Nital 5.** 5% Acido Nítrico + 95% Etanol. Para análisis general de materiales ferríticos, aplicando por frotamiento durante 2 a 15 segundos.
- 2.5.4 **Reactivo Murakami.** 10 g Hidróxido de Potasio + 10 g Ferrocianuro de Potasio + 100 ml agua. Para distinguir fosfuros y carburos, se aplica durante 2 a 3 minutos, sumergiéndolo en la solución a 80 c.

Después del ataque, la probeta debe secarse lo más pronto posible, siguiendo estos pasos: lavado en baño ultrasónico o en chorro de agua fuerte, más enjuague abundante en agua jabonosa, enjuague en agua tibia, enjuague en alcohol de alta calidad (preferiblemente metanol), enjuague en acetona de alta pureza y secado con soplo de aire uniforme, moderadamente caliente.

3. ANALISIS

Para analizar el grafito, porosidades, grietas, otras inclusiones no metálicas y defectos de preparación, la probeta se debe observar sin ataque, solamente pulida; las características restantes se determinarán con ataque.

Cuando la observación sea de tipo exploratorio, deberá comenzarse a bajos aumentos, e ir aumentando progresivamente.

3.1 **Análisis de grafito.** Para efectuar una caracterización completa, deben analizarse forma, tipo, distribución, tamaño y número de partículas de grafito por unidad de área.

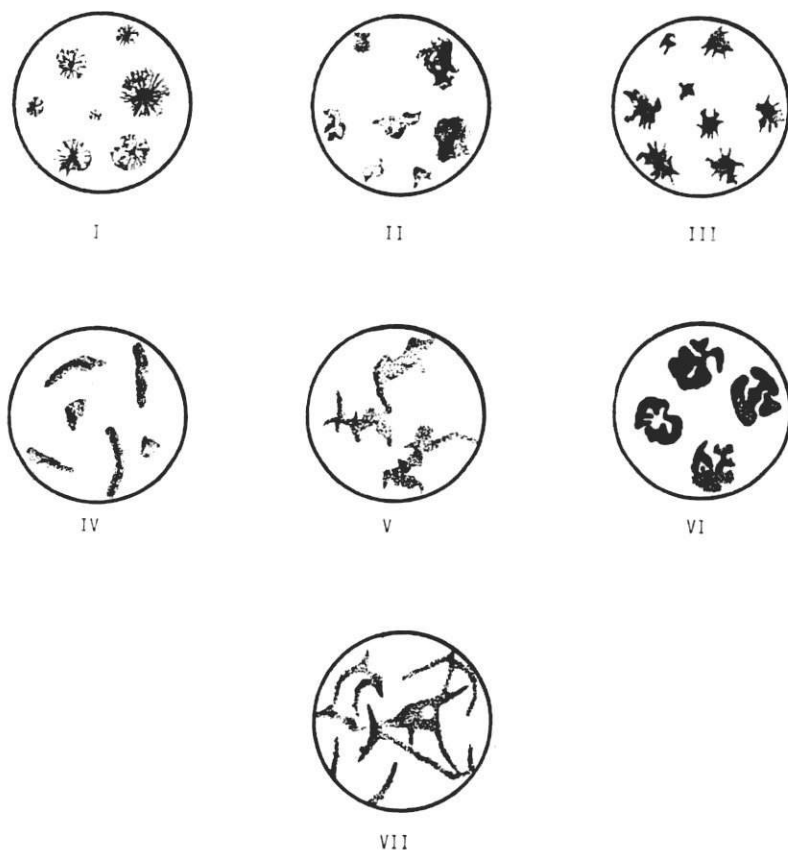


FIGURA 1. Las siete formas del grafito según la norma ASTM A-247

3.1.1 **Forma.** Con base en las especificaciones ASTM A-247 (ver fig. 1), deberá clasificarse el grafito presente, teniendo en cuenta el promedio de las partículas y que cuando hay dos o más formas en cantidades importantes, se reporta el por-

centaje de cada una. Para ello, se usa cualquier aumento que muestre claramente la forma del grafito y en cuya imagen se aprecie un número suficiente de partículas, por ejemplo 50, de tal manera que se pueda hablar de proporciones.

3.1.2 **Tipo.** Cuando el grafito sea laminar (forma VII), se clasificará según su tipo (fig.2), con las mismas consideraciones del numeral anterior.

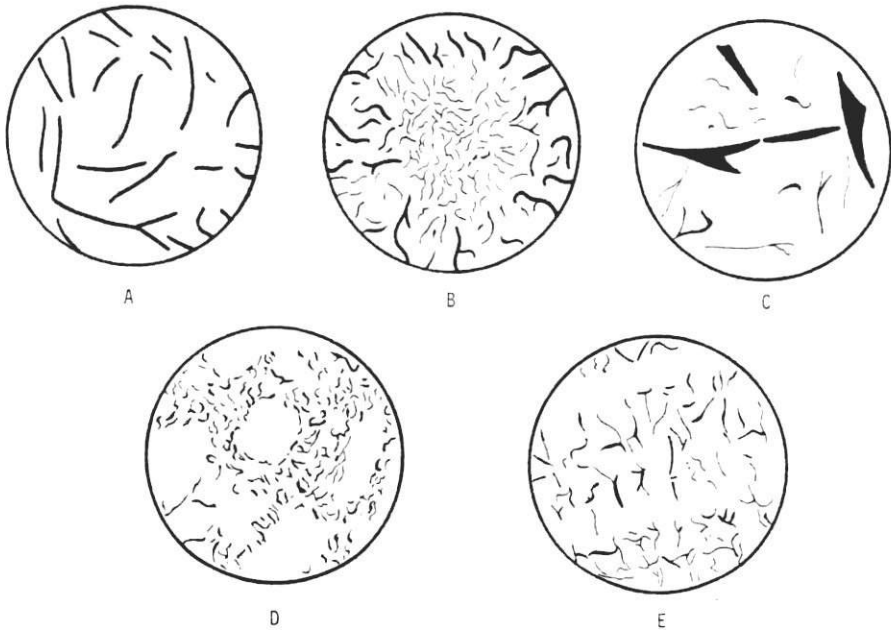


FIGURA 2. Tipos de láminas de grafito según la norma ASTM A-247

3.1.3 **Distribución.** De acuerdo al análisis de varias zonas de la muestra, se deberá determinar si hay homogeneidad o no en la cantidad, forma y tipo de grafito que se observa en los diferentes puntos.

3.1.4 **Tamaño.** Se debe comparar con las cartas de la ASTM o medir con ocular micrométrico, mirando a 100 aumentos y comparar con la tabla 1. Se reporta la mezcla de tamaños con porcentaje de área grafitica total.

TAMAÑO	DIMENSION MAXIMA 100 X, mm
1	128
2	64
3	32
4	16
5	8
6	4
7	2
8	1

TABLA 1. Tamaño de las partículas de grafito

- 3.1.5 **Número de partículas por unidad de área.** Se determinará contando sobre un cuadro de 1 mm^2 , a 100 aumentos, es decir, sobre una imagen de $100 \times 100 \text{ mm}$. No se tienen en cuenta las partículas de tamaño inferior a $1/5$ del promedio, y las del límite se cuentan si su porción interna es superior a ese $1/5$.

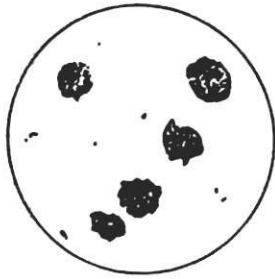
Con los hierros nodulares se simplifica la labor si se compara con el patrón fig. 3).

Cuando la imagen del microscopio muestra menos de 25 partículas de grafito por mm^2 o más de 300, deberán usarse otros aumentos y hacer las correcciones del caso. Así, usando 50 aumentos, el resultado se deberá multiplicar por 0.25; si se mira a 400 aumentos, se multiplicará por 16.

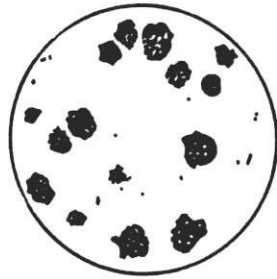
Actualmente, en E.E.U.U. y Europa, se están usando instrumentos computarizados tales como el 'Quantimet' y el 'Analiseur des Textures' para cuantificar rápidamente estas fases.

- 3.2 **Análisis de la matriz.** En ésta se pueden encontrar constituyentes como: ferrita, perlita, martensita revenida, bainita, esferoidita (cementita esférica dispersa en ferrita), cementita primaria (áreas irregulares y redondeadas, más brillantes, sin límites de grano, con tendencia a formar patrones interdendríticos y a situarse en los antiguos límites de la austenita). Sin embargo, los materiales más usados son del tipo ferrítico-perlítico; esto hace que la determinación del contenido de perlita, sea práctica corriente e importante.

Uno de los métodos más fáciles y confiables (se puede hablar de un 95% de confiabilidad) es el denominado por 'conteo de puntos'. Consiste en delinear con un marcador sobre una fotomicrografía de $20.32 \times 25.40 \text{ cm}$ (8×10 '), tomada a 100 aumentos aproximadamente, las áreas correspondientes al constituyente perlítico. Sobre la fotografía se coloca una plantilla transparente, de acetato, de iguales dimensiones, fijada con clips, sobre la cual previamente se haya trazado un rectángulo de $19.05 \times 24.13 \text{ cm}$. (7.5×9.5 ') y dentro de él una cuadrícula de líneas co-



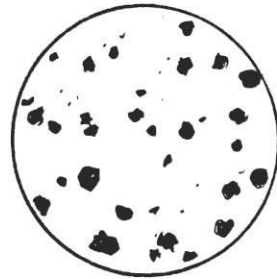
(1) 25 nódulos por mm²



(2) 50 nódulos por mm²



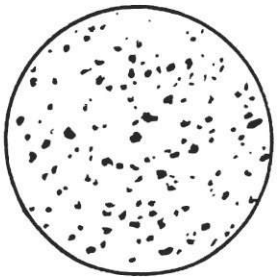
(3) 75 nódulos por mm²



(4) 100 nódulos por mm²



(5) 150 nódulos por mm²



(6) 300 nódulos por mm²

FIGURA 3. Número de nódulos por mm². 100 aumentos

menzando a 0.32 cm. (1/8') de cada lado, espaciadas entre sí 0.64 cm. (1/4'). Luego se cuentan y marcan (de forma que se puedan borrar más tarde) los puntos de la cuadrícula que caen sobre las áreas delineadas (sólo se cuentan los puntos correspondientes a intersecciones completas; no se incluyen las intersecciones de los lados del rectángulo).

Se calcula el porcentaje de perlita en el material:

$$\% \text{ de perlita} = \frac{\text{No. de puntos sobre la perlita}}{1.140} \times 100$$

Para calcular el porcentaje respecto a la matriz, habrá que tener en cuenta el porcentaje de grafito:

$$\% \text{ de perlita} = \frac{\text{No. de puntos sobre la perlita}}{1.140 - \text{No. de puntos sobre el grafito}} \times 100$$

Otro constituyente que comúnmente se trata de analizar en las fundiciones, es la esteadita; para ello, lo más frecuentemente usado es el ataque con el reactivo de Murakami.

4. ALGUNAS ANOTACIONES RESPECTO A LAS FOTOMICROGRAFIAS

Además de cuidados elementales, como el evitar las vibraciones y usar lentes bien limpios, debe tenerse en cuenta que es preferible usar luz de lámpara de tungsteno, lo cual a su vez implica el uso de filtros de color, de los cuales el verde es el más adecuado si se usa una película para blanco y negro como la ortocromática, cuyo grano es muy fino (alto poder de resolución) y el contraste es moderado.

Deberá tenerse en cuenta también, que los aumentos totales de la fotomicrografía deben determinarse midiendo exactamente la imagen con alguna escala micrométrica, o mediante calibración con patrones adecuados, pero nunca por simple estimación con base en combinación de lentes.

Un buen papel puede ser de contraste medio, acabado brillante y peso sencillo. Además, su procesamiento será más adecuado si los baños utilizados no se usan para procesar películas.

BIBLIOGRAFIA

1. "Measurement of the Pearlite Content in Ductile Iron Microstructures". AFS Trans., Vol 80, 1972. p.p. 219-230.
2. "Preparing Cast Iron Microspecimens". BCIRA Broad Sheet 123, 1975.
3. W. U. Ahmed. and L. J. Gawlick. Modern Casting, Ja 83. p.p. 20-21.
4. A.S.M. Metals Handbook. 9th. ed., Vol 1 "Properties and selection: Irons and steels". American Society for Metals, Metals Park, U.S.A., 1978. p.p. 3-56
5. S.A. Nelson. "Linear Measurements by light optical microscopy". Trans. 32nd. Annual technical conference American Society for Quality Control, My 8-10, 1978, Palmer House, Chicago.
6. J. A. Nelson, and D. Albrecht. "The Basis of Metallography". Buehler Bull, Evanston, U.S.A.
7. "Problem prevention is the name of the game". Machine and Tool Blue Book, Hitchcack Publishing Co., My 79.
8. F. R. Charvant, P. C. Warren, and E. D. Albrecht. "Linde Alumina Abrasives for Metallagraphic Polishing". Reprinted from Metallographic Specimen Preparation, edited by J. C. McCall and W. M. Muller, Plenum Publishing Co., New York, 1974.
9. R. Cura. "Microstructure Standars for Malleable Iron". Malleable Research and Development Foundation, Xull. 64, Dayton, U.S.A., 1967. 32 p.p.
10. A.S.M. Metals Handbook. 8th. ed., Vol 8. "Metallography, Structures and Phase Diagrams". American Society for Metals, Metals Park, U.S.A., 1973. 466 p.
11. A.S.T.M. Standard Method for evaluating the Microstructure of Graphit in Iron Castings. A 247-67
12. A.S.T.M. Standard Method of preparation of micrographs of Metals and Alloys. E 2-62.
13. A.S.T.M. Standard Method of preparation of Metallographic Specimens. E 3-62
14. The Ductile Iron Process. Compendium V. Miller and Company, Chicago, U.S.A., 1976. 418 p.