

3. ANALISIS DE RESULTADOS

La acción selectiva de la disolución de la matriz en las fundiciones era de esperarse, puesto que el grafito es un material inerte, sin embargo, en este caso particular, en donde interesa ver es sólo el grafito se eligió un electrolito que disolviera por parejo la matriz sin discriminar entre fases o inclusiones no metálicas, como es el caso del electrolito III, que es normalmente usado para el pulido de aceros por el método de tampón (pulido in situ) (9). De otro modo la presencia de perlita o inclusiones hubiera dificultado la observación del grafito. En principio, cualquier electrolito para el pulido de aceros sirve para este fin, sin embargo, como estos electrolitos son generalmente ácidos, es muy difícil mantener intactas las inclusiones no metálicas, especialmente algunos sulfuros que son disueltos por el medio ácido.

Para poner en relieve las inclusiones no metálicas y

los carburos como la cementita, actúa mejor un electrolito neutro, que no ataque o disuelva las constituyentes presentes en la estructura, como es el caso de los electrolitos I y II, que no sólo no atacan las inclusiones, sino que discriminan entre la cementita y la ferrita en la perlita, disolviendo selectivamente la ferrita, como puede apreciarse en las fotografías 8 y 10, tomadas en el microscopio óptico. Los mayores aumentos y profundidad de campo que se logran con el microscopio electrónico de barrido, permiten apreciar en más detalle las inclusiones y las láminas de cementita aisladas, utilizando los electrolitos I y II como se observa en las fotomicrografías 11 a 16 (10). Esta es una de las grandes ventajas del microscopio electrónico de barrido en la observación de superficies irregulares y lo que lo hace un instrumento valioso e indispensable en la observación de fracturas, que es otra de las técnicas de observación de inclusiones, especialmente las pequeñas inclusiones nucleadoras de micro-hoyuelos (micro-voids) en las fracturas dúctiles. (13)

La disolución con los electrolitos I y II forma figuras de corrosión y picado alrededor de las inclusiones de

sulfuro (fotos 8 y 12). El picado profundo alrededor de determinadas inclusiones de sulfuro, se debe probablemente, a que se tratan de las llamadas inclusiones activas (3) que actúan como cátodos, atacándose fuertemente alrededor, donde es una zona bastante anódica, debido a la presencia de finas partículas de sulfuro que quedaron alrededor de la inclusión como resultado de un enfriamiento rápido.

Las figuras de corrosión indican el plano cristalográfico del grano atacado (11). En la foto 12 las picaduras de forma cuadrada indican que se trata de una cara del cubo, en el sistema cúbico de cuerpo centrado de la ferrita.

En la foto 17 se observa la acción selectiva del electrolito I en la disolución de las láminas de martensita según su orientación, y la foto 16 muestra una perlita de forma filiforme -que en un plano pulido tendría aspecto esferoidizado- en medio de una estructura que es normalmente laminar. En la foto 14 esta estructura filiforme está en el ángulo superior izquierdo. Esta perlita filiforme también se le llama degenerada (12), y ocurre debido a una transición de la forma laminar a

la filiforme por una reducción local en el porcentaje de cementita en la perlita que es normalmente del orden del 12 %.

Es interesante apreciar como en las fotos 1 a 4, un grafito que, según la Norma ASTM A 242-67, es nodular, en realidad tiene aspecto filiforme o vermicular, ésta puede ser una etapa de "degeneramiento" del grafito de su forma nodular hacia la forma laminar. Una etapa siguiente de la "degeneración" del grafito, sería el paso de "filiforme" a "vermicular" propiamente dicho, como se le llama al grafito que en una sección pulida presenta forma vermicular. Este grafito "vermicular" en la sección pulida, es en realidad de aspecto laminar o de plaquetas, como se puede apreciar en las fotos 5 y 6.

La poca profundidad de campo que tiene la microscopía óptica, dificulta la clara observación en relieve de la forma del grafito, apareciendo parte de la estructura fuera del foco. Con el microscopio electrónico, ésta observación hubiera sido mucho más interesante.

Un aspecto que no muestra el microscopio electrónico por sus características propias de funcionamiento, es

la transparencia u opacidad de los compuestos a la luz. En las fotos 9 y 10, se observa con el microscopio óptico, una inclusión de silicato, que tiene su superficie plana y pulida, pero que refleja la luz desde el fondo dándole un aspecto brillante, vítreo y de aparente ondulación en su superficie. En el mismo plano de esta inclusión de silicato de la foto 10, se observan láminas de cementita, en lo que originalmente eran granos de perlita sobre el plano pulido.

La ventaja del microscopio electrónico para la observación de inclusiones es bastante evidente y complementado con un sistema de análisis por dispersión de rayos X es posible identificar lo que se está observando, como el caso de la foto 13, donde a muy altos aumentos se aprecia perfectamente una inclusión de sulfuro que tiene en su punta una inclusión de silicato.

El método de disolución selectiva de los constituyentes, proporciona un medio por el cual pueden aislarse los constituyentes para su observación y análisis en tres dimensiones, dando una visión más clara de lo que se observa en el plano pulido, y es una herramienta valiosa en el control de los constituyentes estructurales,

que como el grafito en la fundición y las inclusiones en los aceros, determinan, según su forma geométrica, las propiedades mecánicas del material.