

FUNDICIONES FERROSAS

1.- Conceptos Generales

Las *Fundiciones*, son aleaciones de hierro y carbono conteniendo usualmente entre el (2,1 al 6) % de C, además contienen habitualmente: Si (0.5 - 4) %; Mn (0.3 - 2) %, P (0 - 1.5) % y S (< 2) %.

El carburo de hierro, al que conocemos por cementita (Fe_3C), tiende a transformarse en grafito, y éste fenómeno se facilita con la adición de silicio en porcentaje no menor al 1%, y con la lentitud de enfriamiento al solidificarse.



Éstas aleaciones funden a temperaturas entre los 1150 y los 1300 °C, que son más bajas que las de los aceros, recibiendo su nombre por causa de ésta facilidad para fundir y para su consiguiente moldeo en estado de fusión, que es la técnica adecuada de conformación para la fundición. Por su elevado contenido en C son frágiles y no se pueden conformar por deformación plástica ni en frío ni en caliente.

Su densidad oscila entre 7,0 y 7,2 g/ cm³ y su módulo de elasticidad está en torno a 100.000 Mpa. Su resistencia a tracción puede alcanzar los 300 Mpa y a compresión, entre 2 y 5 veces más que a tracción.

Se obtienen directamente por moldeo o colada y se fabrican en hornos de cubilote a partir de chatarra y arrabio a los que se añaden las cantidades precisas de ferroaleaciones (Fe-Si, Fe-Mn) para ajustar la composición química final del producto.

El moldeo consiste en verter el metal fundido en las cavidades de un molde, cuya forma adquiere tras la solidificación, experimentando en éste proceso alguna contracción. Es procedimiento adecuado para formas complicadas o grandes, o difíciles de conseguir por otro procedimiento de conformado, o que la propia naturaleza del material, por su escasa ductilidad o maleabilidad - como es el caso de la fundición gris o blanca. El moldeo se puede verificar en molde de arena prensada, o en coquilla - introduciendo el metal a presión elevada, adecuado para pequeñas piezas y en aleaciones de zinc, de aluminio o de magnesio, con bajas temperaturas de fusión, o mediante el procedimiento de moldeo de precisión - también conocido como de cera perdida, ya que el modelo previo se ejecuta en cera o en plástico de baja temperatura de fusión, que, al calentar, desaparece, originando el negativo del modelo. Esta técnica es de gran precisión dimensional, y es la idónea para pequeños detalles.

Las instalaciones necesarias para su obtención son más sencillas y económicas que las usadas en la fabricación de los aceros, y como las temperaturas de operación son también inferiores, las fundiciones son materiales más baratos que los aceros.

2.- Clasificación

En general las fundiciones ferrosas se clasifican en:

- *Fundición gris*
- *Fundición esferoidal o nodular*
- *Fundición blanca*
- *Fundición maleable*

2.1.- Fundición Gris

La *fundición gris* debe su nombre a la tonalidad de su fractura, el carbono transformado en grafito se presenta en escamas, en una matriz de ferrita o perlita. Con contenido 2,5 y 4% de C, y entre el 1 y 3% de Si, (que provoca la formación del grafito), siendo un metal de bajo costo. Su densidad es del orden de $7,2 \text{ g/cm}^3$, inferior a la de la fundición blanca.

Es frágil y poco resistente a la tracción (entre 173 y 276 Mpa) debido a que las escamas de grafito se constituyen en puntos de concentración de tensiones, pero, en cambio, es material muy apto para la compresión, (resiste entre 2 y 5 veces más que a tracción) siendo más dúctil ante éste esfuerzo.

Posee buenas cualidades para absorción de vibraciones (de aquí su empleo frecuente en bancadas para máquinas, bloques de motores, entre otros), buena resistencia al desgaste, y su fluidez a la temperatura de colada le permite una buena adaptación a moldes complicados, presentando una escasa contracción al enfriarse.



Foto 1.- Micrografía de una fundición gris con escamas de grafito embebidas en una matriz de ferrita- α

En general, las fundiciones grises son más tenaces que las blancas, pero menos duras que éstas. La fundición gris tiene una dureza de 140 a 250 Brinell(HB).

Se puede mecanizar fácilmente, porque la viruta se desprende mejor y por la presencia de grafito liberado que lubrica el paso de la viruta sobre el corte de la herramienta.

Las fundiciones grises resultan fáciles de mecanizar y debido al grafito presentan sus piezas una excelente resistencia a la corrosión, lo que las adecúa a la exposición a la intemperie, así como una buena resistencia al desgaste.

Además, la fundición gris es uno de los materiales metálicos más baratos. Se utiliza en bloque de motores, tambores de freno, cilindros y pistones de motores.

2.2.- Fundición Esferoidal o Nodular

La *fundición esferoidal o nodular*, se consigue añadiendo pequeñas cantidades de magnesio y cerio a la fundición gris en estado líquido. En este caso, el grafito no se segrega como escamas sino que forma esferoides (*Foto 2*) lo que confiere a la fundición propiedades mecánicas diferentes, alcanzando más resistencia y ductilidad que la fundición gris. Su resistencia a la tracción varía entre 144 y 828 Mpa, con ductilidad próxima al 18%, teniendo propiedades similares a las del acero, siendo material apto para engranajes, rodillos, etc. La matriz que engloba a las esferas de grafito es ferrita o perlita, según sea su tratamiento térmico.

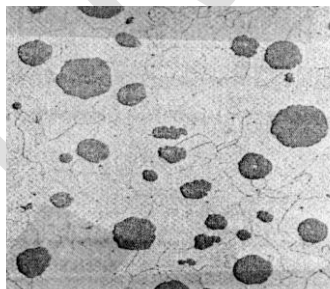


Foto 2.- Micrografía de fundición nodular o esferoidal, con esferoides de grafito embebidos en una matriz de ferrita-α

La fundición dúctil o esferoidal no es frágil y tiene propiedades mecánicas similares a las de los aceros. Presenta una mayor resistencia a la tracción que la fundición gris. Se suele utilizar para la fabricación de válvulas y engranajes de alta resistencia, cuerpos de bomba, cigüeñales y pistones.

2.3.- Fundición Blanca

La *fundición blanca* la escasa proporción de carbono (2,3 a 2,7) y la presencia de silicio en torno al 1%, junto a la rápida velocidad de enfriamiento, hace que no se forme grafito, sino que el carbono se presente en

forma de carburo - cementita, haciendo que su fractura sea blanquecina, lo que le da su nombre. La microestructura se puede observar en la Foto 3.

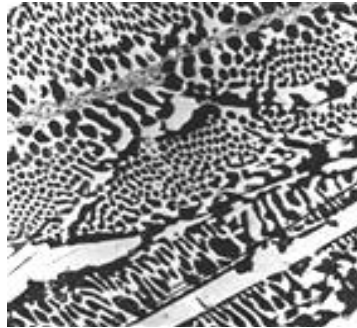


Foto 3.- Micrografía de una fundición blanca, las regiones claras son la cementita rodeadas por perlita

Su densidad es del orden de $7,7 \text{ g/cm}^3$. Dada la presencia de cementita, la fundición blanca es dura (entre 300 y 500 Brinell) y frágil, carente de ductilidad, por lo que no resulta mecanizable, empleándose en piezas moldeadas de gran resistencia al desgaste, como por ejemplo, los cilindros empleados para laminación, además se emplea básicamente para la obtención de fundición maleable.

2.4.- Fundición Maleable

La fundición maleable se obtiene a partir de la fundición blanca por calentamiento prolongado en atmósfera inerte (para prevenir la oxidación) a temperaturas entre 800 y 900 °C. En estas condiciones la cementita descompone para dar grafito en forma de racimos o rosetas dentro de la matriz ferrítica o perlítica. La microestructura se representa en la Foto 4 y es similar a la de la fundición esferoidal.

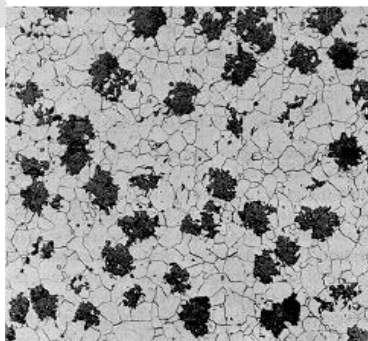


Foto 4.- Fotomicrografía de una fundición maleable, con el grafito oscuro en forma de rosetas embebidas en una matriz de ferrita-α

Se suele emplear en tubos de dirección y engranajes de transmisión, muelles tubulares y partes de válvulas.

3.- Ventajas e Inconvenientes de las Fundiciones frente a los Aceros

- a) Son más baratas que los aceros e incluso su fabricación es también más sencilla (con instalaciones menos costosas y temperaturas de fusión más bajas).
- b) Las fundiciones grises pueden resultar más fáciles de mecanizar que los aceros pero no las blancas.
- c) Se pueden fabricar tanto piezas de grandes dimensiones como de pequeñas y complicadas.
- d) Para muchos elementos de máquinas y motores son suficientes las características mecánicas de las fundiciones: Buena resistencia a tracción, a desgaste, a compresión y absorben bien las vibraciones.
- e) Su fabricación exige menos precauciones que la del acero.
- f) Como presentan temperaturas de fusión más bajas que los aceros pueden conseguirse fundiciones en estado líquido con gran fluidez y se facilita la fabricación de piezas de poco espesor, ya que presentan menos contracción que los aceros y además su fabricación no requiere el empleo de refractarios especiales.

4.- Síntesis

En el Cuadro1, se presenta una síntesis de cada tipo de fundición: características, resistencias máximas y algunas aplicaciones:

Tipos	Características	Resist. máx.	Ej. de aplicación
Fundición blanca	Todo el carbono está formando cementita; su fractura es blanca, brillante		bolas de molinos
Fundición gris	Una parte o todo el carbono se encuentra como grafito y éste aparece en forma de láminas. Su fractura es de color gris oscuro	35 kg/mm ²	Block de motor
Fundición nodular	El grafito se presenta en forma globular; también se la denomina	55 kg/mm ²	Tapa de motor; cigüeñal
Fundición maleable	Parte o todo el carbono aparece como grafito, pero precipitando éste en forma de copos. Su fractura, según la base metálica, es oscura o color acero.	50 kg/mm ²	Caja de embrague

Cuadro1.- Síntesis de los tipos de fundiciones y aspectos más relevantes