



Soldabilidad de los hierros fundidos

Los hierros fundidos son una larga familia de aleaciones ferrosas con un amplio rango de composiciones químicas y microestructurales. Los mismos van desde los hierros fácilmente soldables, hasta los técnicamente insoldables.

La aplicación de los procedimientos de soldadura en los hierros fundidos está enmarcada en tres aspectos básicos:

- 1- Reparación de piezas con defectos de fundición.**
- 2- Reparación de piezas con grietas o desgastes producidos en servicio.**
- 3- Fabricación de piezas disímiles con aceros al carbono, aleaciones de níquel o con aceros inoxidable.**



En el primer caso, se pueden encontrar frecuentemente piezas con defectos producto del proceso de la fundición, tales como poros, picaduras, socavaduras, etc. A este grupo pertenecen también los defectos que aparecen después del mecanizado y los errores que puede causar el mismo.

En el segundo caso están las piezas que, por motivo de su funcionamiento, se han fisurado o desgastado; y en el tercer caso, cuando se presentan exigencias técnicas de diseño que imponen una heterogeneidad de características de la pieza que solo se puede resolver mediante una unión de la fundición con otra aleación diferente.

Características fisicoquímicas de los hierros fundidos

Los hierros fundidos poseen un contenido de carbono que excede el 2% y de silicio superior al 0,5%; en ellos el carbono puede estar en diferentes formas:

- 1- Formando copos de grafito eutécticos.
- 2- Nódulos de grafito causados por modificaciones de este durante la solidificación.
- 3- Carburo de hierro perlítico.
- 4- Carburo de hierro eutéctico.
- 5- Retenido en fase sólida como martensita.

En dependencia de la forma en que se encuentre el carbono, los hierros fundidos se dividen en **gris, blanco, maleable o nodular (dúctil)**.

Hierro fundido gris:

Es el más común de los hierros fundidos, contiene el grafito en estado libre, lo cual proporciona a su fractura un color gris característico. La presencia de silicio y las bajas velocidades de enfriamiento posibilitan la salida del carbono de la matriz, en forma de grafito.

Todos estos materiales presentan baja plasticidad y ductilidad debido a la forma alargada de los grafitos, lo cual constituye puntos de tensión durante la aplicación de cargas.

En estos materiales, el carbono en estado de combinación es menor a 0,8%, estando el resto del carbono en estado de grafito.

Fundición blanca:

En este tipo de hierro fundido, el carbono ocupa la fase intermetálica de carburo de hierro Fe_3C (cementita), el cual es un constituyente de extrema dureza.

Su estructura consiste en una matriz perlítica con los carburos incrustados.

La fundición retiene una gran cantidad del carburo de hierro, lo cual la hace más dura y brillante que la fundición gris, aun cuando la composición dé igual en el análisis químico (la fundición blanca usualmente tiene menos silicio).

Su estructura es de grano fino y de una apariencia blanca característica cuando se fractura.

El hierro blanco es raramente usado en la fundición, excepto para piezas tales como troqueles, rodillos y moldes. Usualmente, la fundición blanca es el primer paso para lograr la fundición maleable y otros materiales de mayor uso.

Fundición maleable:

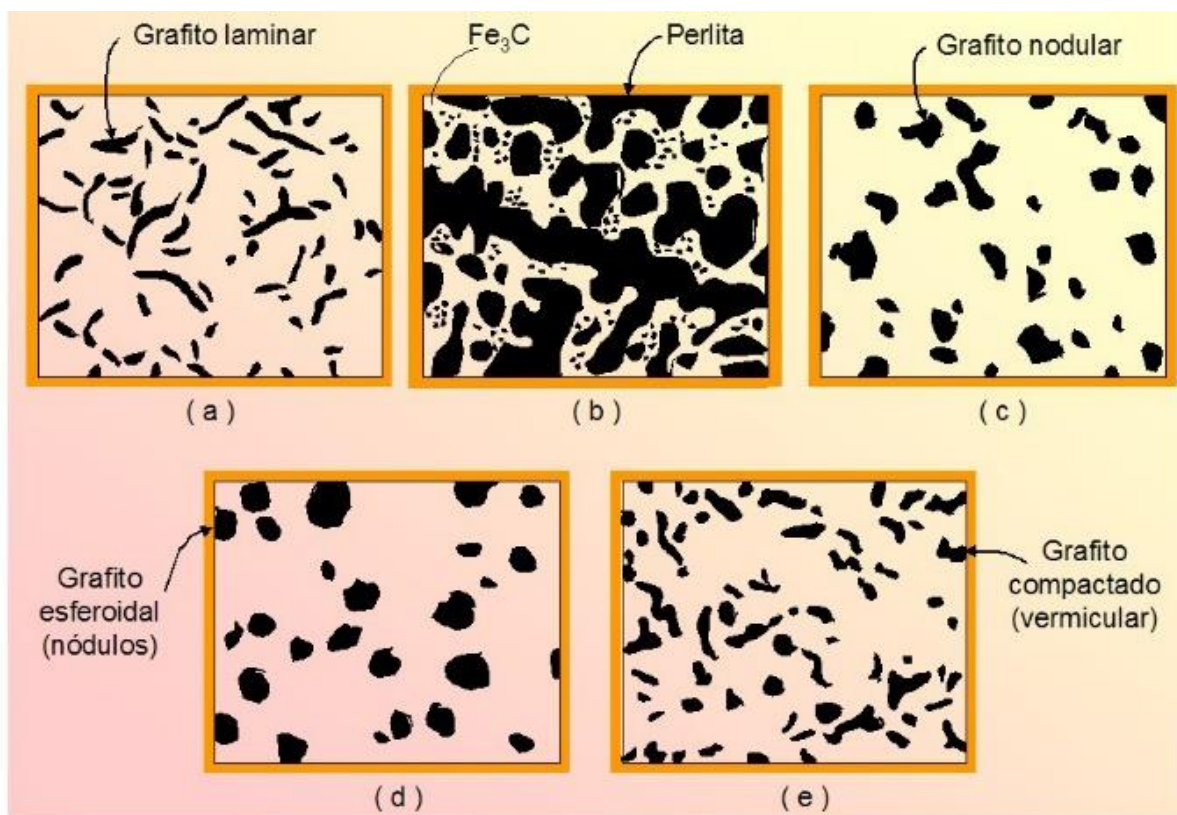
No es otra que la fundición blanca a la cual se le da un tratamiento térmico consistente en un recocido en el cual puede estar de 2 a 3 días, para transformar la cementita en ferrita y grafito libre.

Este tratamiento térmico aumenta la resistencia y ductilidad. La fundición maleable es más tenaz que la blanca o la gris y puede ser doblada o torcida en una cantidad apreciable.

Fundición dúctil:

Esta fundición es conocida también como nodular o esferoidal, debido a que los copos de grafito presentan esta forma, lo cual reduce el efecto de entalla y aumenta la resistencia, la tenacidad y la ductilidad de la fundición, inclusive comparada con el acero, pero a menor costo.

La diferencia esencial entre la composición química de la fundición gris y la dúctil es el contenido de magnesio y cerio en esta última (elementos de tierras raras), los cuales constituyen los centros de nucleación, para que el grafito tome forma esferoidal.



En la siguiente tabla se muestran las composiciones químicas de principales hierros fundidos:

Tipo	Especificación ASTM	C %	Si %	Mn %	S %	P %	Otros
Blanco		1,8-3,6	0,5-1,9	0,25-0,8	0,06-0,02	0,06-0,18	
Gris	A48, A159, A278, A319.	2,5-4	1-3	0,25-1	0,02-0,25	0,05-1	
Maleable	A47, A197, A220, A338, A602.	2-2,6	1,1-1,6	0,2-1	0,04-0,18	0,18 máximo	
Dúctil	A536, A395, A476.	3, 2-4	1,8-2,8	0,1-0,8	0,03 máximo	0,1 máximo	0,03 Mg
Especiales							
Blanca de alto Cr	A532	2,3-3,6	0,8-1	0,5-1,5	0,06	0,1	1,4-28 Cr 1,7-7 Ni 0,5-3,5 Mo
Gris Austenítico	A436	3	1-2,8	0,05-1,5	0,12 máximo		28-32 Ni 1,5-6 Cr 0,5-7,5 Cu
Alto Silicio	A518	0,7-1	14,2-14,8	1,5			0,5 Cr 0,5 Mo 0,5 Cu
Austenítico dúctil	A439, A571.	2,4-3	1-6	0,7-2,5		0,08	18-36 Ni 0,2-5,5 Cr

Principales problemas de soldabilidad:

Cualquiera que sea el tipo de fundición, el obstáculo común que presentan para su soldadura es el elevado contenido de carbono, ya sea en forma libre o combinado.

El metal al ser sometido al régimen térmico de soldadura funde tanto la matriz como el grafito. Al estar la temperatura por encima de la temperatura de transformación, da lugar a una austenita rica en carbono que, al enfriarse, se transformará total o parcialmente en martensita. También en la ZIT junto a la línea de fusión el problema se agrava debido a la rápida velocidad de enfriamiento que

no da tiempo al carbono a salir de la matriz, combinándose este y formando la cementita (Fe_3C).

También las propiedades fisicoquímicas de las fundiciones pueden dar lugar al agrietamiento, debido a que al producirse el calentamiento local, producto de la soldadura, esa zona caliente tiende a dilatarse produciendo en la más fría tensiones de contracción que son absorbidas debido a que el material está caliente y posee propiedades elásticas a esta temperatura; sin embargo, cuando comienza el enfriamiento, la contracción genera en la zona más fría tensiones de tracción que provocarán el surgimiento de grietas producto de que los hierros fundidos presentan plasticidad nula.

Existen otros problemas secundarios que también influyen en la soldabilidad de los hierros fundidos y que se pueden presentar en la zona fundida, como son la formación de poros debido al abundante contenido de carbono, que se puede combinar formando CO y CO_2 , gases que, debido a las altas velocidades de solidificación, quedan atrapados dentro del baño de soldadura.

Otro problema es la formación de una película refractaria de óxidos de Si y Mn producto del proceso metalúrgico en el cual quedan disueltos dichos óxidos en el metal y al estar presentes en los lugares a soldar, constituyen capas refractarias que dificultan la solidificación.

En la reparación de piezas de hierro fundido que hayan estado trabajando durante largos períodos de tiempo en medios tales como aceite, petróleo, agua de mar o altas temperaturas, aparecerán problemas en su soldabilidad debido a esta causa.

Las piezas que hayan estado cierto tiempo en contacto con los líquidos antes mencionados poseen la capacidad de impregnarse de ellos, por lo cual, cuando la pieza es sometida al proceso de soldadura, estos líquidos pueden salir en forma de gases, formando poros o evitando la fusión del metal base.

Con respecto a las piezas que han estado mucho tiempo a altas temperaturas, los hierros fundidos poseen la propiedad de aumentar su volumen, lo cual adiciona tensiones internas que van a afectar su soldabilidad.

Estos materiales se sueldan generalmente con materiales de aporte de acero al carbono, base Ni, base Cu y de hierro fundido.

La utilización de electrodos de base níquel o cobre van a hacer que el metal depositado sea dúctil y absorba las tensiones de la unión, lo cual disminuye el tensionamiento en el metal base y, por lo tanto, el agrietamiento.

La selección del metal de aporte debe realizarse teniendo en cuenta la composición y estructura del metal base, el grado de embridamiento de la unión y las propiedades requeridas en la misma.

Existen diferentes técnicas y procedimientos que permiten obtener una unión soldada sana en uniones de hierro fundidos, pero debido a su extensión, no aparecerán explicadas en este tema.

Teniendo en cuenta la importancia del precalentamiento para la soldadura del hierro fundido, se abordan a continuación algunos de los criterios fundamentales para su uso.

Es muy frecuente en la soldadura de hierro fundido usar precalentamiento, sobre todo si las piezas se encuentran embridadas.

Para obtener una soldadura y una zona de fusión más dúctil y suave, es necesario darle a la pieza un precalentamiento antes de la soldadura, y un enfriamiento muy lento.

Este precalentamiento reduce el efecto que el calentamiento localizado puede producir en las secciones relacionadas con el tensionamiento; sin embargo, un exceso de este puede causar que se alcancen temperaturas elevadas en el metal base, lo cual provocará (al enfriarse) la formación de carburo de hierro a lo largo de la línea de fusión.

Es por esto que los hierros fundidos requieren de una cuidadosa selección de la temperatura de precalentamiento, si se quiere que la zona de soldadura tenga las mismas propiedades que la zona no afectada por el calor del metal base.

Aunque la temperatura de precalentamiento para el hierro gris y dúctil es tomada usualmente más alta que la temperatura M_s , con vistas a prevenir la transformación martensítica en la ZAT, esta se toma mucho más alta para los hierros dúctiles.

Si las secciones son gruesas, el rango a tener en cuenta está entre 609 y 634 °C, debido a la pérdida de calor que producen las grandes masas de metal.

Temperaturas mayores de 856 °C son tomadas para hierros con alta aleación. Cuando se suelda hierro dúctil, la selección de la temperatura de precalentamiento más compleja, el precalentamiento no siempre es beneficioso o necesario, la temperatura debe ser menor de 134 – 162 °C, sobre todo en los casos en que están presentes altas tensiones térmicas.

Temperaturas superiores a 300 °C pueden formar carburos en la línea de fusión, no obstante, el precalentamiento a esta temperatura es necesario para soldadura de alta tasa de deposición horaria o para la soldadura de secciones gruesas.

Temperaturas altas, entre 467 y 690 °C, se pueden aplicar con vistas a compensar el efecto de enfriamiento causado por el decrecimiento del carbono en el metal líquido.

Cuando se produce la esferoidización del hierro fundido en la zona de fusión, en este caso el calor aportado reduce al mínimo la formación continua de carburos.

La temperatura 'entre pasadas' no debe exceder en 25 °C la temperatura de precalentamiento, para prevenir la formación adicional de martensita.