

Viejas amigas que llegaron para quedarse

Ricardo Aristizábal Sierra

Ingeniero Metalúrgico, magíster en Ingeniería, doctor en Ingeniería de Materiales
Profesor Titular Departamento de Ingeniería de Materiales

Ximena Ospina Arrubla

Estudiante de Ingeniería de Materiales, joven investigadora
Grupo de Investigaciones Pirometalúrgicas y de Materiales —Gipimme—
Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia



Imágenes del proceso de fabricación de una aleación férrea en el Laboratorio de Fundición de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia (Grupo de investigaciones Gipimme).



Todos hemos escuchado la palabra *hierro* y tenemos una idea de qué es. Nuestras definiciones dependen del contexto, la formación académica o la edad. Por ejemplo, para algunos el hierro es un mineral, para otros es un nutriente esencial, para Lucio, de 4 años, el hierro es frío y se puede cortar con fuego... Nosotros, investigadores del Grupo de Investigaciones Pirometalúrgicas y de Materiales —Gipimme—, estudiamos el hierro por su importancia como material estructural y sus múltiples aplicaciones. Aquí te explicaremos lo que hacemos.

E

l hierro es un elemento químico que se utiliza para la producción y fabricación de diferentes componentes en una gran variedad de aplicaciones, en especial aquellas de carácter estructural, es decir, donde los componentes están sometidos a algún esfuerzo, o en otras palabras cargan (o pueden cargar durante su funcionamiento) un peso, como por ejemplo las vigas y columnas de un puente o edificio.

El uso del hierro se remonta miles de años atrás. Su descubrimiento marcó un hito tan importante que los historiadores llaman a este periodo la Edad del Hierro (aproximadamente entre 750 a. C.-100 a. C.) por el avance tecnológico que representó su uso y su influencia en el desarrollo de la civilización humana. En la actualidad, el hierro se utiliza, entre otras aplicaciones, como la base para la fabricación de varios tipos de materiales, el más destacado de ellos es el acero, que ha sido el material estructural más importante para la humanidad desde que en 1856 sir Henry Bessemer ideó una manera de producirlo con buena calidad en cantidades suficientes. A pesar de que el acero es el material a base de hierro más conocido y utilizado, no es el único; existe también otra familia de materiales estructurales de gran importancia fabricados con hierro llamados hierros fundidos, o simplemente fundiciones, las cuales se parecen más, en algunos aspectos, a los primeros hierros que utilizó la humanidad. Al conjunto de los aceros y las fundiciones se les conoce comúnmente como aleaciones férreas (o ferrosas).

Pero ¿qué es lo que hace a las aleaciones férreas tan atractivas como materiales estructurales? La respuesta simple es su versatilidad, dado que proporcionan un rango bastante amplio de reacción a la aplicación de esfuerzos, existiendo aquellas que son muy resistentes a la aplicación de cargas, es decir, que necesitan esfuerzos muy altos para



El hierro no solo es un material estructural esencial, sino también una fuente de inspiración que ha impulsado el desarrollo de la civilización humana a lo largo de miles de años. Foto: Dirección de comunicaciones.

fallar, hasta aquellas que con esfuerzos (cargas) bajos se deforman fácilmente. Un ejemplo del primero puede ser la cadena de una grúa o los dientes de una retroexcavadora, mientras que la carrocería de un auto podría ser un ejemplo de lo segundo. Esta versatilidad no ha sido equiparada por ningún otro material desarrollado hasta ahora por la humanidad a un costo económicamente viable para su aplicación masiva.

Los primeros humanos que utilizaron el hierro vieron estas características como algo divino o mágico. Las primeras piezas de hierro se fabricaron con material sacado de meteoritos, es decir, material que literalmente cayó del cielo, por lo cual no era descabellada esta idea. Hoy en día tenemos otras explicaciones; sabemos, por ejemplo, que las propiedades de un material dependen de su estructura a diferentes niveles, desde el muy pequeño en la escala de los ángstrom, relacionado con el ordenamiento atómico de los materiales, hasta el muy grande en la escala de milímetros, o mayor, relacionado, por ejemplo, con la presencia de defectos como poros o grietas. Este conocimiento nos permite no solo comprender mejor la naturaleza de las aleaciones férreas —y de muchos otros materiales—, sino manipularlas para que tengan ciertas características de acuerdo con el uso que se les quiera dar.

En la Antigüedad también se manipulaban las propiedades del hierro, aunque de manera empírica, es decir, se sabía que ciertos procesos generaban cambios en su comportamiento o propiedades, pero se desconocía el origen de estos cambios. Un ejemplo podría ser el endurecimiento durante la forja antigua con carbón, cuyo principio conocemos ahora y se explica por la disolución durante el proceso de átomos de carbono en el material, fenómeno conocido actualmente como endurecimiento por

solución sólida. También, desde la Antigüedad se sabe que si el hierro calentado al rojo vivo se enfría rápidamente se hace más duro y fuerte, lo cual se explica hoy mediante, entre otras cosas, el cambio en el ordenamiento de los átomos de la red cristalina que genera el enfriamiento rápido desde una temperatura alta, proceso conocido actualmente como temple.

Estas antiguas estrategias se siguen utilizando todavía, aunque de manera mucho más sofisticada. Las propiedades de las aleaciones férreas se mejoran mediante la adición de otros elementos químicos en el material, que incluyen no solo al carbono, sino muchos otros como el cromo, para mejorar la resistencia a la oxidación, el manganeso para endurecer el material, el vanadio y el niobio para controlar la estructura a escala micrométrica, el tungsteno para mantener la resistencia a temperaturas altas, entre otros. También se usan los tratamientos térmicos —el más antiguo de ellos es el temple, que ya se mencionó— que consisten en una serie ordenada de calentamientos y enfriamientos controlados que se le realizan al material para cambiar sus propiedades.

En el grupo Gipimme se han venido desarrollando diferentes proyectos durante los últimos años para mejorar las propiedades de las aleaciones férreas. Para este propósito se ha utilizado un tipo especial de tratamiento tér-





mico conocido como tratamiento isotérmico de baja temperatura o austemperado, que consiste en calentar el material al rojo vivo (entre 800 y 900 °C) y luego enfriarlo rápidamente a temperaturas entre 250 y 300 °C y dejarlo allí durante un tiempo que puede variar desde una hasta ocho horas. Al aplicar este tratamiento térmico el material se hace mucho más fuerte y duro, sin sacrificar otras propiedades que se ven a veces afectadas por el temple tradicional, como lo es la tenacidad, es decir, la capacidad que tiene el material para resistir la propagación de grietas. Esto sucede porque la estructura del material cambia en un rango que puede ir desde las micras hasta los nanómetros, lo que significa que la estructura del material se hace más fina, permitiendo aumentar su desempeño.

En Gipimme hemos aplicado el tratamiento isotérmico a diferentes fundiciones y aceros con altas concentraciones de silicio (aproximadamente 2 %). Para este propósito, el grupo de investigación fabrica sus propios materiales en el Laboratorio de Fundición de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, en donde puede controlar de manera precisa la composición química de las aleaciones que quiere evaluar. Luego de fabricadas las aleaciones, se realizan estudios teóricos y experimentales para determinar las condiciones de tratamiento térmico más adecuadas para desarrollar las estructuras de-



seadas a diferentes escalas, desde la micrométrica hasta la nanométrica. Finalmente, se caracterizan estas estructuras y se determinan las propiedades mecánicas de los materiales desarrollados.

Los materiales estudiados en el grupo incluyen hierros grises austemperados, hierros nodulares austemperados, aceros carboaustemperados y aceros nanobainíticos para la fabricación de piezas fundidas. En todos los casos se han logrado mejoras significativas en la resistencia mecánica, dureza y resistencia al desgaste de los materiales desarrollados. Estos resultados hacen pensar en posibles aplicaciones para diferentes industrias, como, por ejemplo, la agrícola, la minera y la del transporte, en donde se requieren cada vez materiales de mejor desempeño a costos razonables. El propósito del grupo de investigación es continuar explorando esta línea de estudio, contribuyendo a la mejora de nuestras viejas amigas, las aleaciones férricas, que llegaron hace miles de años para quedarse con nosotros. **X**

Glosario

Ángstrom: Diezmilmillonésima parte de un metro.

Micra: Millonésima parte de un metro.

Nanómetro: Milmillonésima parte de un metro.

Los autores quieren expresar su agradecimiento al CODI de la Universidad de Antioquia por la financiación del proyecto PRG2017-16229, titulado «Desarrollo de hierros nodulares nanoestructurados de alta resistencia mecánica y alta resistencia al desgaste».