

ACEROS

El acero es en la actualidad la más importante de las aleaciones metálicas conocidas, no habiendo existido en ninguna época otro material que tanto haya contribuido al progreso de la humanidad.

Se puede decir de una manera general que bajo la denominación de acero se agrupan todas las aleaciones de hierro forjables.

La extraordinaria difusión del acero, se debe a sus notables propiedades a la existencia de numerosos yacimientos de minerales de hierro, y al desarrollo de procedimientos de fabricación relativamente simple.

Ningún otro metal ni aleación posee sus notables propiedades, que lo hacen insustituible para muchas aplicaciones.

Una de las propiedades más importantes de los aceros es su gran plasticidad y maleabilidad a elevada temperatura, que permite transformar su forma o dimensiones por laminado o martillado en caliente con gran facilidad. Además los aceros son dúctiles y por trabajo en frío se pueden laminar o estirar en forma de chapas, flejes, alambres o hilos de muy pequeño espesor o diámetro.

Otra de las propiedades más valiosas de los aceros, es la facultad de adquirir con el temple una dureza extraordinaria.

Hasta mediados del siglo XIX no se conocían más que dos clases de aleaciones de hierro forjables: el llamado hierro dulce (0,40 a 0,20% de carbono), que se emplea para fabricar máquinas, verjas, vehículos, etc., y herramientas. Ambos materiales se diferenciaban sin dificultad porque el hierro era muy blando y el acero, en cambio, era duro.

En la actualidad, en cambio, hay muchos tipos de aceros de las más diversas composiciones y propiedades, y cualquier acerería moderna fabrica más de cien clases diferentes, dependiendo principalmente sus características y propiedades de la composición y de los tratamientos térmicos que se les da.

En otras palabras el acero no es más que una aleación a base de hierro (Fe) y principalmente de carbono además de otros elementos de aleación como el manganeso, silicio, azufre, fósforo y en ocasiones especiales níquel, cromo, molibdeno, tungsteno y vanadio. El contenido de su principal elemento de aleación (carbono) va desde 0.03 hasta 1.7 o llegando en algunos casos excepcionales hasta 2.5%.

Es común hablar del acero como una aleación de hierro-carbono, mas sin embargo lo correcto seria decir que el acero es una aleación Hierro-Carburo de Hierro, ya que el carbono salvo algunas excepciones no existe en estado libre en el acero. Por tanto siempre que hablemos de carbono en los aceros, tenemos que acordarnos que se encuentra en forma de carburo de hierro y que los componentes fundamentales del acero son el hierro y el carburo de hierro, siendo la cantidad y la forma de distribución de este ultimo lo que le da el toque final a la personalidad de un acero ordinario.

Clasificación general de los aceros

Es interesante conocer una clasificación general que agrupe todas las calidades de todos los aceros que sea clara y simple. Los aceros se clasifican teniendo en cuenta sus propiedades y utilización en tres grandes grupos.

1.- Aceros de construcción .

- Aceros que se usan en bruto de forja o laminación, sin tratamiento

1. Aceros al carbono que se usan en bruto de laminación para construcciones metálicas y para piezas de maquinaria en general.

2. Aceros de baja aleación y alto límite elástico para grandes construcciones metálicas, puentes, torres, etc.

3. Aceros de fácil mecanización para emplear en tornos automáticos, etc.

b) Aceros que se usan después del tratamiento.

- Aceros al carbono.
- Aceros de gran resistencia .
- Aceros de cementación.
- Aceros de nitruración.
- Aceros para muelles.
- Aceros resistentes al desgaste.
- Aceros de propiedades eléctricas especiales.
- Aceros Maraging.

2. Aceros de herramientas.

- Aceros al carbono.
- Aceros rápidos .
- Aceros para trabajos en caliente.
- Aceros indeformables.
- Aceros de corte no rápidos.

3. Aceros inoxidables y resistentes al calor.

- Aceros martensíticos de 13 a 18 % de cromo.
- Aceros ferríticos de 16 a 30 % de cromo.
- Aceros cromo-níquel del grupo 18/8.
- Aceros cromo-níquel austeníticos de alta aleación.
- Aceros para válvulas.
- Aceros con elevada resistencia a la fluencia en caliente (creep).
- Aceros inoxidables endurecibles por precipitación.

Nomenclatura.

Antiguas denominaciones.

Hierro. Recibían esa denominación las aleaciones de hierro y carbono muy tenaces que se obtenían en estado pastoso en hornos bajos primitivos o en hornos de pudelar y que no se endurecían con el temple. Su contenido en carbono era generalmente inferior a 0.20 % .

Acero. Se denominaban así las aleaciones de hierro forjables que se obtenían en estado líquido por fusión en crisoles, de barras de hierro cementadas y que adquirirían gran dureza al temple. Generalmente tenían de 0,7 a 1,4 % de carbono.

Se denominan fundiciones, las aleaciones de hierro frágiles no forjables, cuyo contenido de carbono variaba de 2,5 a 4 %.

Denominaciones adoptadas a partir del descubrimiento de Bessemer.

A partir del año 1855, en que el procedimiento Bessemer comenzó a adquirir gran desarrollo, surgieron dudas al interpretar las denominaciones clásicas.

Al fabricarse en el convertidor toda clase de aceros de 0,1 a 0,7 % de carbono, la definición del hierro hubo que modificarla, pues desde entonces se comenzó ya a fabricar en estado líquido el material que hasta entonces se conocía con el nombre de hierro.

Como consecuencia de todo ello, y al ver que la obtención en estado pastoso o líquido no limitaba bien las calidades, se generalizaron las denominaciones siguientes.

Hierro, aleaciones hierro-carbono forjables, obtenidas en estado pastoso o en estado líquido que no se endurecían al templear y cuyo contenido en carbono era inferior a 0,25 % aproximadamente.

Aceros, aleaciones hierro-carbono forjables, obtenidas en estado líquido con más de 0,25 % de carbono aproximadamente, que se endurecen con el temple. Fundiciones, aleaciones hierro-carbono no forjables.

Modernas denominaciones.

Las denominaciones que mayor aceptación tienen en la actualidad son:

Hierro.- Esta denominación se refiere exclusivamente al cuerpo simple hierro, con símbolo Fe y una pureza garantizada por un porcentaje de carbono menor de 0,03 % aproximadamente.

Acero.-Toda aleación de hierro-carbono forjable.

Aceros ordinarios.-Son los aceros que no contienen elementos aleados y cuyas características dependen principalmente del carbono que contienen.

Aceros especiales.-Son los que deben sus propiedades más importantes, principalmente, a uno o varios elementos aleados que llevan distintos del carbono.

Fundición.-Toda aleación de hierro-carbono no forjable. Esta definición, resulta imperfecta, pues hoy en día se fabrican algunas fundiciones especiales que también son forjables.

Temple y revenido.

El temple de los aceros al carbono se hace normalmente calentando a temperaturas variables de 800° a 925°, siempre superiores en agua para alcanzar, si es posible, velocidades de enfriamiento superiores a las críticas de temple. El temple en aceite de los aceros al carbono se realiza en muy pocas ocasiones. El revenido se suele hacer calentar las piezas templadas a temperaturas variables de 550° a 650° y luego enfriando al aire.

Aceros Aleados

Se da el nombre de aceros aleados a los aceros que además de los cinco elementos : carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre, contienen también cantidades relativamente importantes de otros elementos como el cromo, níquel, molibdeno, etc., que sirven para mejorar alguna de sus características fundamentales.

Los elementos de aleación que más frecuentemente suelen utilizarse para la fabricación de aceros aleados son: níquel, manganeso, cromo, vanadio, wolframio, molibdeno, cobalto, silicio, cobre, titanio, zirconio, plomo, selenio, niobio, aluminio y boro.

Utilizando aceros aleados es posible fabricar piezas de gran espesor, con resistencias muy elevadas en el interior de las mismas. Hay aceros inoxidable que sirven para fabricar elementos decorativos, piezas de máquinas y herramientas, que resisten perfectamente a la acción de los agentes corrosivos. Se pueden construir herramientas que realicen trabajos muy forzados y que a pesar de calentarse no pierdan dureza. Es posible preparar troqueles de formas muy complicadas que no se deformen ni agrieten en el temple, etc.

Clasificación de los aceros aleados de acuerdo con su utilización, con la importancia que en ellos tiene la templabilidad u otras características especiales.

Clasificación de los aceros aleados por su estructura microscópica.

Se suelen usar las denominaciones de aceros perlíticos, martensíticos, austeníticos, ferríticos y con carburos, según sea la estructura con que suelen quedar normalmente los aceros, cuando después de un calentamiento a elevada temperatura son enfriados al aire.

A continuación indicaremos las particularidades de cada una de estas diferentes clases de aceros .

1.º Aceros perlíticos.– Además de los aceros al carbono, pertenecen también a este grupo los aceros de baja y media aleación. Se caracterizan porque en el enfriamiento al aire desde elevada temperatura (750°–900°). El temple de estos aceros suele hacerse con enfriamiento en agua o en aceite, según el espesor.

2.º Aceros martensíticos .– Aceros clásicos de este grupo son los llamados aceros de temple al aire, como los cromo–níquel (C= 0,35 %; Cr = 1 %; Ni = 4 %), o cromo–níquel–molibdeno empleados para la construcción de engranes, y los aceros al cromo inoxidable de C = 0,30 %; Cr =13 %. En estos aceros en el enfriamiento al aire desde elevada temperatura (1.050°–800°), la austenita se transforma en la zona de 20°–350°.

3.º Aceros austeníticos.– Los aceros más importantes de este grupo son los aceros cromo–níquel inoxidable y también el acero de 12 % de manganeso. En estos aceros al ser enfriados desde elevada temperatura, la mayor parte de la austenita queda sin transformar.

4.º Aceros ferríticos .– Reciben este nombre ciertos aceros cuya estructura es normalmente ferrítica. Entre los aceros de esta clase, se encuentran los aceros inoxidable al cromo de bajo contenido en carbono y elevado contenido de cromo generalmente superior al 16 % y ciertos aceros al silicio de más de 3 % de este elemento, empleados para usos eléctricos.

5.º Aceros con carburos.– Estos aceros suelen ser de elevado contenido en elementos de aleación y su porcentaje de carbono suele ser generalmente superior a .60%, aunque en ocasiones hay también aceros con carburos hasta de .30% de carbono. Se caracterizan por presentar lo mismo en estado recocido, que en cualquier otro estado de tratamiento, un porcentaje de carburos en su estructura muy superior a lo que suele observar en los aceros al carbono.

El porcentaje de carburos con que quedan estos aceros después de un calentamiento de austenización a elevada temperatura, varía con la temperatura alcanzada en el calentamiento y con la velocidad de enfriamiento. Con velocidades lentas de enfriamiento (recocido) aparecen mas carburos que con enfriamientos rápidos (temple).

Hay algunos aceros de este grupo que a veces suelen ser llamados aceros ledeburíticos. Esto es debido a que en el proceso de solidificación y enfriamiento, se solidifica en algunas zonas un eutéctico que presenta un a

estructura ledeburítica, análoga a la de las fundiciones. Los carburos correspondientes al eutéctico son muy groseros y no pueden ser afinados por tratamiento termico, siendo la forja el unico metodo util que puede emplearse para romperlos.

Influencia que ejercen en las características y propiedades de los aceros los elementos de aleación.

Níquel

El níquel fue uno de los primeros metales que se utilizo como elemento de aleación para la fabricación de aceros especiales. Este elemento se comenzó a emplear en los ultimos años del pasado siglo XIX, observándose que adicionando a los aceros al carbono cantidades variables de 2 a 5%, se aumentaba su resistencia y limite de elasticidad, sin disminuir la tenacidad.

El níquel es un elemento de extraordinaria importancia en la fabricación de aceros inoxidables y resistentes a altas temperaturas. Estos aceros son austeníticos a al temperatura ambiente y no admiten el temple. La aleación hierro-níquel con menos de .10% de carbono y 36% de níquel tiene una dilatación termica muy baja, casi nula, entre 0° y 100° y recibe el nombre de invar. Los aceros más utilizados al níquel son los siguientes:

- 1°. Aceros al níquel con 2, 3, y 5%, muy empleados a principios de siglo y que actualmente se emplean mucho menos que en aquella epoca. Con .10% a .25% de carbono se utilizan para cementacion, y con .25 a 40% de carbono para piezas de gran resistencia.
- 2°. Aceros cromo-níquel y cromo-níquel-molibdeno con porcentajes de níquel variables desde 1 a 5%; con bajos porcentajes de carbono se emplean para cementacion y con porcentajes de .25 a 40% de carbono se emplean para piezas de gran resistencia. En estos aceros los porcentajes de estos elementos aleados suelen estar en la relación aproximada de 1% de cromo y 3% de níquel.
- 3°. Aceros de media aleación níquel-molibdeno y níquel-manganeso. Se suelen emplear para piezas de gran resistencia y para piezas cementadas con porcentajes de carbono variables de 0.25 a 0.40% en el primer caso y de 0.10 a 0.25% en el segundo, variando el contenido en níquel de 1 a 2%, el de manganeso de 1 a 1.5% y el del molibdeno de 0.15 a 0.40%.
- 4°. Aceros inoxidables y resistentes al calor cromo-níqueles, con 8 a 25% de níquel que son de estructura austenítica.
- 5°. Otros aceros de menor importancia son los aceros cromo-níqueles para estampación en caliente.

Cromo

Es uno de los elementos especiales mas empleados para la fabricación de aceros aleados, usándose indistintamente en los aceros de construcción, en los de herramientas, en los inoxidables y en los de resistencia en caliente. Se emplea en cantidades diversas desde 0,30 a 30 %, según los casos, y sirve para aumentar la dureza y la resistencia a la tracción de los aceros, mejora la templabilidad, impide la deformaciones en el temple, aumenta la resistencia al desgaste, la inoxidabilidad, etc.

Los aceros con cromo son:

- 1.° Aceros de construcción, de gran resistencia mecánica con 0,50 a 1,50 % de cromo y 0,30 a 0,45 % de carbono, aleados según los casos, con níquel y molibdeno para piezas de gran espesor, con resistencias variables de 70 a 150 kg/mm².
- 2.° Aceros de cementación con 0,50 a 1,50 % de cromo y 0,10 a 1,25 % de carbono, aleados con níquel y

molibdeno.

3.º Aceros de nitruración cromo–aluminio–molibdeno.

4.º Aceros para muelles cromo–vanadio y cromo–silicio.

5.º Aceros para herramientas, con 0,30 a 1,50 % de cromo y 0,70 a 1,50 % de carbono. En ellos el cromo mejora la penetración de temple, la resistencia al desgaste, permite el temple en aceite y evita deformaciones y grietas.

6.º Aceros indeformables con 5 y 12 % cromo.

7.º Aceros rápidos y de trabajos en caliente.

8.º Aceros inoxidable martensíticos con 12 y 17 % de cromo, aceros austeníticos con 14 a 25 % y aceros inoxidable férricos con 27 % de cromo.

Molibdeno.

Es un elemento de uso relativamente reciente. Mejora notablemente algunas propiedades de los aceros.

Este elemento mejora notablemente la resiste a la tracción, la templabilidad y la resistencia al creep de los aceros.

El molibdeno aumenta también la resistencia de los aceros en caliente y reemplaza al wolframio en la fabricación de los aceros rápidos, pudiéndose emplear para las mismas aplicaciones aproximadamente una parte de molibdeno por cada dos de wolframio.

Los aceros al molibdeno más utilizados son:

1.º Aceros manganeso–molibdeno, cromo–molibdeno y cromo–níquel–molibdeno de bajo contenido en carbono para cementación, y de 0,15 a 0,40 % de carbono para piezas de gran resistencia.

2.º Aceros rápidos con 6 a 10 % de molibdeno; son de utilización relativamente parecida a los aceros rápidos al wolframio, pero en ellos el wolframio es sustituido por el molibdeno.

3.º Aceros de 0,50 a 6 % de molibdeno que se emplean principalmente para construcciones metálicas, tuberías e instalaciones en refinerías de petróleo, en las que llegan a calentarse de 100° a 300° y deben resistir bien el efecto de esos calentamientos relativamente moderados.

Wolframio (tungsteno).

El wolframio es un elemento muy utilizado para la fabricación de aceros de herramientas, empleándose en especial en los aceros rápidos, aceros para herramientas de corte y aceros para trabajos en caliente. Sirve para mantener la dureza de los aceros a elevada temperatura y evitan que se desafilen o ablanden las herramientas, aunque lleguen a calentarse a 500° ó 600°. También se usa para la fabricación de aceros para imanes.

Los aceros de wolframio más utilizados son:

1.º Los aceros rápidos con 18 % de wolframio y cantidades variables de cromo, vanadio y molibdeno y 0,70 % aproximadamente de carbono.

- 2.º Aceros para trabajos en caliente con 9 a 15 % de wolframio y 0,30 a 0,40 % de carbono.
- 3.º Aceros para la fabricación de herramientas varias que se emplean para trabajos de corte.
- 4.º Aceros para imanes con 6 % de wolframio.
- 5.º Aceros inoxidables cromo-níquel con wolframio, de gran resistencia mecánica a elevada temperatura.

Vanadio.

Se emplea principalmente para la fabricación de aceros de herramientas, tiende a afinar el grano y a disminuir la templabilidad. Es un elemento desoxidante muy fuerte y tiende a formar carburos.

El vanadio tiene una tendencia muy fuerte a formar carburos. Una característica de los aceros con vanadio, es su gran resistencia al ablandamiento por revenido.

Los aceros con vanadio más utilizados son:

- 1.º Aceros rápidos que suelen contener de 0,50 a 1% de vanadio,
- 2.º Aceros de herramientas de diversas clases. Para troqueles indeformables, etc., que suelen contener de 0,10 a 0,30 % de vanadio.
- 3.º Aceros para muelles cromo-vanadio.

Manganeso.

El manganeso aparece prácticamente en todos los aceros, debido, principalmente, a que se añade como elemento de adición para neutralizar la perniciosa influencia del azufre y del oxígeno, que suelen contener los aceros cuando se encuentran en estado líquido. Si los aceros no tuvieran manganeso, no se podrían laminar ni forjar. El manganeso actúa también como desoxidante y evita, que en la solidificación del acero se desprendan gases que den lugar a porosidades perjudiciales en el material.

Empleando el manganeso en porcentajes superiores a 11 %, hace austenítico al acero.

Los aceros al manganeso de uso más frecuente son:

- 1.º Aceros al manganeso de gran resistencia, en los que al emplearse el manganeso en cantidades variables de 0,80 a 1,60 %, con contenidos en carbono de 0,30 a 0,50 %, se consigue mejorar la templabilidad y obtener excelentes combinaciones de características mecánicas aun en piezas de cierto espesor.
- 2.º Aceros indeformables al manganeso con 1 a 3 % de Mn y 1 % de Ca.
- 3.º Aceros austeníticos al manganeso con 12 % de Mn y 1% de carbono, que a la temperatura ambiente son austeníticos y tienen gran resistencia al desgaste, empleándose, principalmente, para cruzamientos de vías, mordazas de máquinas trituradoras, excavadoras, etc.

Silicio.

Este elemento aparece en todos los aceros, porque se añade intencionalmente durante el proceso de fabricación. Es un desoxidante más enérgico que el manganeso y se emplea como elemento desoxidante complementario del manganeso con objeto de evitar que aparezcan en el acero poros y otros defectos internos.

Cobalto.

El cobalto se emplea casi exclusivamente en los aceros rápidos de más alta calidad. Este elemento, al ser incorporado a los aceros, se combina con la ferrita, aumentando su dureza y resistencia.

Aluminio.

El aluminio se emplea como elemento de aleación en los aceros de nitruración, que suelen contener 1 % aproximadamente de aluminio. El aluminio es un elemento desoxidante muy enérgico y es frecuente añadir 300gramos por tonelada de acero para desoxidarlo y afinar el grano.

Titanio.

Se suelen añadir pequeñas cantidades de titanio a algunos aceros muy especiales para desoxidar y afinar el grano. El titanio tiene gran tendencia a formar carburos y a combinarse con el nitrógeno.

Cobre.

El cobre se suele emplear para mejorar la resistencia a la corrosión de ciertos aceros de 0,15 a 0,30 % de carbono, que se usan para grandes construcciones metálicas.

Boro.

El boro es un elemento de aleación que ha comenzado a ser empleado muy recientemente. Se ha visto que cantidades pequeñísimas de boro mejoran notablemente la templabilidad. Su eficacia para mejorar la templabilidad es extraordinaria.

ACEROS DE GRAN RESISTENCIA.

A este grupo de aceros de gran resistencia pertenecen una serie de aceros aleados, que se usan para la construcción de piezas de máquinas.

Aceros que pertenecen a este grupo.

En general, los aceros de este grupo tienen de 0,25 a 0,45 % de carbono, y como elementos de aleación se usan, principalmente, el cromo, el níquel y el molibdeno.

En la actualidad se fabrican diversos tipos de aceros al níquel, al cromo-níquel, cromo-molibdeno, manganeso-molibdeno, cromo-níquel-molibdeno, etc. La suma de los elementos de aleación no suele pasar del 5 %.

El uso de los aceros de gran resistencia se inició en los primeros años de nuestro siglo.

En cambio, desde los años de la segunda guerra, se ha marcado una tendencia a emplear esos aceros ricos y clásicos sólo para los casos de mucha responsabilidad, y a emplear, en cambio, para la mayoría de las aplicaciones aceros de triple aleación y bajo contenido en elemento de aleación.

ACEROS DE SEDIMENTACIÓN.

Reciben el nombre de aceros de cementación, un grupo de aceros de bajo contenido en carbono (variable generalmente de 0,50 a 0,25 %), que se utilizan para la fabricación de ciertas piezas de máquinas y motores al choque.

PRINCIPALES CLASES DE ACEROS DE CEMENTACIÓN.

Excepcionalmente cuando no interesa conseguir una gran tenacidad en el núcleo central se llegan a emplear, a veces, aceros hasta de 0,40 % de carbono.

Los aceros de cementación, de acuerdo con los elementos de aleación que contienen, se pueden clasificar en tres grupos: 1.º Aceros al carbono; 2.º Aceros de media aleación; y 3.º Aceros de alta aleación.

ACEROS DE NITRURACIÓN.

El contenido en carbono de los aceros de nitruración 0,250 y 0,50 %. En la nitruración las mayores durezas se consiguen con los aceros que contienen 1 % de aluminio aproximadamente. Con los aceros de 3 % de cromo.

Para realizarse la nitruración a temperaturas muy próximas a los 500° los aceros de nitruración contienen porcentajes de molibdeno, variables de 0,20 a 1 %.

Características mecánicas. La resistencia del núcleo central de las piezas nitruradas suelen variar de 75 a 130 kg/mm², en algunas ocasiones hasta 150 kg/mm².

La dureza superficial es variable y depende de la composición. Las piezas nitruradas tienen una excepcional resistencia a la fatiga con poca sensibilidad a la influencia de las entallas. Esto es debido a ciertos esfuerzos de comprensión que se desarrollan en la superficie de las piezas, como consecuencia del aumento de volumen que experimentan después de la nitruración.

Ventajas de la nitruración.

Las propiedades más notables de las piezas nitruradas son:

Gran dureza.– Después de la nitruración, se consiguen durezas elevadísimas que no se obtienen por otros procedimientos de endurecimiento superficial. Cuando interesa que la capa dura sea de gran tenacidad, conviene utilizar aceros, que después de la nitruración queden con durezas relativamente bajas (650 a 850 Vickers), porque las capas nitruradas de máxima dureza tienen menor tenacidad.

Gran resistencia a la corrosión.– Los aceros, después de la nitruración, resisten mejor la acción corrosiva del agua dulce, agua salada, vapor o atmósfera húmeda que los aceros ordinarios, y por eso, este proceso es muy utilizado para las piezas que deben sufrir la acción de ciertos agentes corrosivos.

Ausencia de deformaciones.– Como en el tratamiento de nitruración no es necesario enfriar las piezas rápidamente desde alta temperatura en agua o aceite, se evitan los graves inconvenientes de los enfriamientos rápidos, que pueden dar origen a deformaciones importantes.

Endurecimientos exclusivos de determinadas superficies de las piezas. Durante la nitruración se pueden proteger perfectamente las superficies de las piezas que no se desea endurecer.

Retención de las durezas a temperaturas elevadas.– Las capas nitruradas conservan gran dureza hasta los 500°, especialmente cuando la duración del calentamiento no es muy prolongada. Las diversas nitruradas mantienen a temperaturas elevadas durezas superiores a las que se consiguen con otros procedimientos de endurecimiento de la capa periférica, como la cementación, temple superficial, etc., ya que la capa dura obtenida por estos métodos, pierde dureza muy rápidamente a partir de los 220°.

ACEROS PARA LA FABRICACIÓN DE CHAPAS MAGNÉTICA.

En la actualidad, son muchos, cada día más numerosos, los materiales que se usan en máquinas, instalaciones o aparatos eléctricos, y también son más complejas las características y propiedades que a los mismos se les exige.

Los aceros o aleaciones que se fabrican especialmente para cumplir especificaciones de carácter eléctrico, pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- 1.º Aceros para la fabricación de chapa magnética.
- 2.º Aceros o aleaciones de alta permeabilidad.
- 3.º Aceros o aleaciones magnéticas.
- 4.º Aceros o aleaciones para imanes.

Aceros para la fabricación de chapa magnética.

Estos aceros se emplean generalmente en forma de chapa o fleje para la fabricación de núcleos o piezas de máquinas eléctricas y transformadores, que están sometidos a la acción de campos magnéticos que cambian rápidamente de valor.

En la actualidad, el material más empleado es el acero de bajo contenido con 2 a 4,5 % de silicio, también se emplea en algunos casos, aunque muy limitados, otros materiales como el hierro dulce de calidad corriente, el hierro Armeo, el acero moldeado, la fundición, etc.

Definiciones de ciertas propiedades magnéticas.

Permeabilidad magnética.– Es la facultad que tienen algunos materiales de facilitar el paso a través de ellos del flujo creado por un campo magnético exterior.

Pérdidas por histéresis.– Se conoce con el nombre de histéresis magnética la propiedad que tienen los materiales magnéticos de presentar cierta inercia molecular o resistencia al cambio de orientación de sus moléculas, al variar la intensidad y el sentido de un campo magnético exterior que actúa sobre ellos.

Pérdidas por corriente de Foucault.– Las corrientes de Foucault son corrientes que circulan en el interior de los materiales magnéticos, como resultado de fuerzas electromotrices inducidas en los mismos, por efecto de las variaciones de flujo que experimentan cuando están sometidos a la acción de campos magnéticos de intensidad variable.

Las pérdidas de energía debidas a la existencia de esas corrientes se llaman pérdidas por corrientes de Foucault.

Las pérdidas totales de las chapas magnéticas son la suma de las pérdidas por histéresis y de las pérdidas por corrientes de Foucault.

Resistividad.– Es un valor inverso de la conductibilidad eléctrica y representa la resistencia eléctrica que opone un cubo cuyas aristas tienen la unidad de longitud de un material determinado, al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Inducción.– Es el flujo magnético por unidad de superficie que atraviesa un material bajo la influencia de un campo magnético exterior.

Saturación.– Es el máximo valor que puede alcanzar la inducción en un material.

Modificación magnética.– Recibe este nombre o simplemente se llama modificación, a la variación de propiedades magnéticas que experimentan los materiales con el transcurso del tiempo, por efecto del fenómeno de envejecimiento a temperaturas variables, que son los que se suelen alcanzar durante el trabajo en los transformadores y máquinas eléctricas.

Principales propiedades que deben poseer los aceros para chapa magnética.

Para que un material sea útil para la fabricación de chapas para núcleo de máquinas eléctricas y transformadores debe cumplir determinadas especificaciones magnéticas, mecánicas y estructurales. Es interesante que tenga alta permeabilidad y que las pérdidas por histéresis y por corrientes de Foucault, y sean pequeñas. Conviene que pueda laminarse sin dificultad, que tenga buena aptitud al corte, ya que la mayoría de las piezas destinadas a estos usos se hacen por troquelado, y finalmente, que no sea frágil y tenga suficiente resistencia y tenacidad para que, cuando se usa en máquinas móviles, pueda resistir los esfuerzos a que está sometido. Debe poseer una buena permeabilidad para que al estar sometido a la influencia de campos magnéticos exteriores, favorezca el paso a través de él de la mayor cantidad de flujo magnético posible.

Resumiendo, se puede decir que los materiales destinados a la fabricación de los núcleos para máquinas eléctricas o transformadores, deben poseer las siguientes propiedades:

- Pérdidas magnéticas totales (vatios por libra o por kilogramo) pequeñas, para que sea elevado el rendimiento eléctrico del conjunto de que forma parte.
- Elevada permeabilidad magnética con objeto de favorecer el paso y la concentración del flujo magnético.
- Pérdidas por histéresis muy pequeñas, lo que exige gran tamaño de grano.
- Pequeñas pérdidas por corrientes parásitas o de Foucault, para lo que conviene que la resistividad sea elevada.
- Un alto valor de saturación.
- No deben sufrir el fenómeno de envejecimiento.

Acero moldeado.

Las características magnéticas del acero moldeado con 0,10 a 0,30 % de carbono son superiores a las de la fundición. Su máxima permeabilidad es de 700 a 1.500 para 7.000 gauss. Su saturación es muy elevada, 21.000 gauss, muy próxima de la del hierro puro. La resistividad es bastante baja, de 15×10^{-6} ohmios. Se usa en máquinas pesadas y alternadores homopolares de alta frecuencia.

Aceros al silicio.

En los comienzos de este siglo fabricó Hadfield en Inglaterra las primeras chapas de acero aleado con silicio para usos eléctricos, que permitieron mejorar notablemente el rendimiento de los transformadores y máquinas eléctricas.

El silicio y el aluminio son los elementos de aleación que más aumentan la resistividad del acero, y como consecuencia disminuyen extraordinariamente las pérdidas, ya que al ser elevada la resistividad del material hay dificultad para que se produzcan las corrientes inducidas y disminuyen por lo tanto las pérdidas por corrientes de Foucault.

El silicio en porcentajes a 2,5 % hace que los aceros sean ferríticos. Esta circunstancia es favorable ya que estos aceros son de grano grosero con tendencia a que el grano aumente en los sucesivos calentamientos a que se somete el material, lo cual es una ventaja ya que con ello se reducen las pérdidas por histéresis.

En la actualidad las chapas y flejes que se emplean en transformadores y máquinas eléctricas son fabricadas casi exclusivamente con aceros aleados con silicio.

Los aceros de alto contenido en silicio son bastante frágiles, su laminación es difícil y aparecen grietas en los bordes de las chapas.

Características mecánicas.

Los aceros de alto contenido en silicio se emplean exclusivamente en transformadores, en los que las chapas no están expuestas a esfuerzos dinámicos de ninguna clase. En los casos en que no son necesarias las más elevadas características magnéticas, se prefieren emplear aceros de 2,5 y 3,5 % de silicio que son de más fácil fabricación, y de precio algo más bajo que el de los anteriores.

Principales aplicaciones de los aceros al silicio.

Las aplicaciones más frecuentes de las diferentes clases de aceros al silicio son:

Acero de 0,50 % de silicio.– Se emplea para pequeños motores de potencia fraccionaria de mediana calidad. Para la fabricación de polos estacionarios y otros circuitos donde se requiere alta permeabilidad.

Acero de 1 % de silicio.– Muy usado para máquinas relativas, para pequeños motores eléctricos y para muchos tipos de motores y generadores. Para pequeños transformadores de trabajo intermitente, reactores, reguladores de tensión, etc.

Acero de 2 % de silicio.– Motores y generadores de buen rendimiento, pequeños transformadores, reactancias y otros aparatos donde se admiten pequeñas pérdidas en el núcleo.

Acero de 3,5 % de silicio.– Motores y generadores de alto rendimiento, transformadores de trabajo intermitente, reactancias y contadores eléctricos.

Acero de 1 a 5 % de silicio.– Para la fabricación de toda clase de transformadores de alta potencia y motores generadores de alto rendimiento. Transformadores de radio y otras aplicaciones.

Aceros amagnéticos.

Para determinadas aplicaciones industriales, interesa emplear materiales metálicos amagnéticos con permeabilidad parecida a la del aire que es la unidad. Para ese fin suelen ser muy empleados metales y aleaciones no férricas, pero en ocasiones en que además es necesario que las piezas tengan elevadas características mecánicas, gran resistencia, tenacidad, etc., se emplean ciertas aleaciones férricas amagnéticas.

Posteriormente para numerosos usos se han empleado los diferentes tipos de aceros austeníticos que no son magnéticos, empleándose uno u otro tipo según los casos.

Las clases más utilizadas son las siguientes:

Aceros cromo–níquel inoxidable austenítico del tipo 18–8.

Aceros al manganeso de 12 % de manganeso.

Aceros cromo–níquel de alta aleación austenítico 14–14, 20–12 y 25–20.

En todos los casos para conseguir los mejores resultados conviene someter a las piezas a un tratamiento

térmico de austenización que generalmente consiste en calentamiento a 1.050° –1.150° con enfriamiento al agua, aceite o al aire, según el espesor.

Aceros para herramienta.

Clasificación:

Cualquier acero utilizado como herramienta puede clasificarse técnicamente como acero para herramienta, sin embargo, el termino suele limitarse a aceros especiales de alta calidad utilizados para corte o formado.

Hay varios aspectos tomados en cuenta para clasificar los aceros para herramienta.

El método de identificación y clasificación adoptado por la AISI (American Iron and Steel Institute) toma en cuenta los siguientes aspectos:

- El medio de templado que se use.
- El contenido de la aleación
- La aplicación de la herramienta (trabajo en caliente, trabajo en frío, moldes, resistentes al impacto, etc.)

Según este método los aceros para herramienta que mas se utilizan se han agrupado en siete grupos y cada grupo o subgrupo se le ha asignado una letra del alfabeto como se muestra en la tabla siguiente.

Selección de un acero para herramienta:

Resulta difícil seleccionar un acero para herramienta adecuado, destinado a una aplicación dada. Lo mejor es correlacionar las características metalúrgicas de los aceros con los requisitos de funcionamiento de la herramienta.

En la mayoría de los casos, la selección no se limita a un solo tipo o a una serie particular para resolver en forma funcional un problema concreto de herramienta.

La mayoría de las aplicaciones de los aceros para herramienta puede dividirse en los siguientes tipos de operación:

- I.– Corte V.– Extrusión
- II.– Cizallado VI.– Laminado
- III.– Formado VII.– Golpeado
- IV.– Estirado

Una herramienta de corte puede tener un solo borde de corte en continuo contacto con la pieza (como en un torno), o tener dos o mas bordes de corte que hacen corte continuo (como una broca o un machuelo), o tener cierto numero de bordes de corte, haciendo cada uno cortes breves cortes y funcionando parte del tiempo como un cortador de fresado. Cuando la principal función del acero es cortar, aquel debe tener alta dureza así como buena resistencia al calor y al desgaste.

Las herramientas cizalladoras que se emplean en cizallas, punzones o matrices, requieren alta resistencia al desgaste y tenacidad regular. Estas características deben ponderarse adecuadamente dependiendo del diseño de la herramienta, del espesor del material que se cortara y de la temperatura de la operación de cizallamiento.

Las herramientas de formado se caracterizan por estampar su forma a la pieza que se fabrica, lo cual se puede hacer forzando el metal sólido dentro de la impresión de la herramienta caliente o fría empleando un troquel de forjado en caliente o troquel de forjado en frío. Este grupo también incluye dados para piezas fundidas, donde el metal fundido o semifundido se fuerza bajo presión dentro del troquel. Las herramientas de formado deben tener alta tenacidad y gran resistencia en general.

Los dados para estirado y extrusión se caracterizan por un resbalamiento sustancial entre el metal que se forma y la herramienta. Los dados de estirado intenso, requieren gran resistencia en general y alta resistencia al desgaste. La tenacidad para soportar las presiones hacia fuera y la resistencia al desgaste es lo más importante en troqueles para extrusión en frío, mientras que los troqueles para extrusión en caliente requieren además alta dureza al rojo.

Los dados para laminado de roscas deben ser suficientemente duros a fin de soportar las fuerzas que forman el hilo y deben tener suficiente resistencia al desgaste y tenacidad para ajustarse a los esfuerzos desarrollados.

Las herramientas de golpeado por otra parte incluyen todas las formas de herramienta que soportan grandes cargas aplicadas por impacto. La característica más importante de estas herramientas es la alta tenacidad.

Del análisis anterior, es evidente que, para la mayoría de las aplicaciones, la dureza, la tenacidad, la resistencia al desgaste y la dureza al rojo son los factores más importantes al escoger aceros para herramientas. En aplicaciones individuales deben considerarse seriamente muchos otros factores, entre los cuales se incluyen la deformación permisible en la forma considerada; la cantidad de descarbonización superficial que puede tolerarse, la templabilidad que puede obtenerse, los requisitos del tratamiento térmico, incluyendo temperaturas, atmósfera, el equipo y la maquinabilidad.

En la siguiente tabla aparecen las propiedades comparativas de la mayoría de los aceros para herramientas