

Indice.

- [**1. Introducción.**](#)
- [**2. Historia de los materiales y su clasificación.**](#)
- [**3. Tipos de materiales.**](#)
- [**4. Enlaces existentes para su configuración.**](#)
- [**5. Estructuras cristalinas.**](#)
- [**6. Aceros.**](#)
- [**7. Microestructura de los aceros.**](#)
- [**8. Cementita y otros \(microfotografias\)**](#)
- [**9. Tipos de hornos.**](#)
- [**10. Conclusiones**](#)
- [**11. Bibliografía.**](#)

1. Introducción.

En el presente trabajo vamos a ver a grandes rasgos algunos conceptos que integran la materia de Tecnología de los Materiales, los cuales nos servirán para poder tener en claro algunas ideas que nos servirán para tener una comprensión más clara de dicha materia, así mismo nos permitirá familiarizarnos con la industria del acero sus tratamientos y aplicaciones a la industria y a la vida diaria, algunos de los conceptos que trataremos serán: Historia de los materiales y su evolución a través de los años, veremos que esto ha ejercido cierta influencia en las sociedades de todo el mundo, veremos la clasificación de los materiales como son los metales, cerámicos y los plásticos, así también veremos las propiedades físicas y químicas de dichos materiales y el como conocerlas nos permite trabajar de una manera más eficiente con ellos también veremos las estructuras cristalinas, el como conocer la estructura interna de los materiales nos permite darles un mejor uso y que puedan servir de mejor aprovechamiento, así también los tratamientos térmicos que dichos materiales pueden recibir con el objeto de darles una mayor durabilidad y mejor aplicaciones a la industria, otro aspecto que trataremos será los aceros y como su uso y aplicaciones a lo largo del tiempo ha evolucionado y mejorado, algo que no podría faltar son los enlaces químicos y como conocerlos nos da ideas sobre el uso y aplicación de los materiales, anexaremos también un pequeño laboratorio de máquinas que su uso es las famosas pruebas de tensión, dureza, fatiga e impacto, las cuales nos permiten checar la calidad de los materiales de una manera cualitativa y cuantitativa veremos la gráfica de Hierro Carburo de Hierro, la cual es usada en los procesos de fundición del acero, dicha gráfica es de singular uso, ya que en ella se pueden observar todos los procesos de fundición del acero y de cómo este se trabaja, agregaremos también algunas microfotografías de las estructuras de la austenita, ferrita y otras, en ellas se puede observar los granos y también que distingue a una de la otra, es decir la micro estructura de los aceros, a lo largo de este curso se prodrán ver muchos conceptos que en su totalidad nos permiten asimilar como la industria de los materiales ha progresado y que aun los ingenieros hoy en día trabajan con el único fin de descubrir nuevos materiales y reinventar los ya conocidos con el fin de mejorar la economía y poder aprovechar de manera óptima los recursos que se tienen a la mano, a lo largo de las últimas décadas este ha sido el quehacer de la industria, no tan solo en los materiales sino en todas sus ramas, la evolución de la industria y los nuevos tiempos traen mayores necesidades y es responsabilidad nuestra la optimización de los procesos industriales. Todas las industrias hoy buscan mejorar los procesos y poder reusar las mermas, todo como una cultura de reciclaje y mejora de la industria, la economía y el bienestar de la comunidad en conjunto; este trabajo tratará de darnos esas ideas para ser más conscientes y además para mejorar nuestro conocimiento de la ciencia y la tecnología de los materiales, debido a que no podemos quedarnos ausentes de los cambios que en nuestra industria se generan momento a momento, es de gran importancia el conocimiento de dichas tecnologías, aunque estas no estén presentes en nuestra vida de manera constante; esperamos que este material sea de provecho y utilidad para de uno u otro modo mejorar nuestra cultura de la industria y del uso adecuado y consciente de la materia prima, que de uno u otro modo debemos de ser cuidadosos en el uso que pretendamos darle a este recurso, los cambios día con día son irremediables y somos víctimas de ellos y tenemos que caminar de la mano y a la par con ellos para poder sobrevivir económicamente, como economía nacional y como una economía individual, vera en este trabajo cada uno de los conceptos básicos que ayudan a saber y conocer más de los materiales, ojalá a medida que lo lea pueda disfrutar de él y hacer un uso correcto, el material es introductorio y no pretende ser un estudio detallado de los conceptos. Antes bien proporciona ideas y conceptos claros de esta ciencia y tecnología de los materiales, para el aprendiz nuevo y deseoso de buscar.

2. Historia de los materiales y su clasificación

Los materiales son las sustancias que componen cualquier cosa o producto. Desde el comienzo de la civilización, los materiales junto con la energía han sido utilizados por el hombre para mejorar su nivel de vida. Como los productos están fabricados a base de materiales, estos se encuentran en cualquier parte alrededor nuestro. Los más comúnmente encontrados son madera, hormigón, ladrillo, acero, plástico, vidrio, caucho, aluminio, cobre y papel. Existen muchos más tipos de materiales y uno solo tiene que mirar a su alrededor para darse cuenta de ello. Debido al progreso de los

programas de [investigación](#) y [desarrollo](#) , se están creando continuamente nuevos materiales.

La [producción](#) de nuevos materiales y el procesado de estos hasta convertirlos en [productos](#) acabados , constituyen una parte importante de nuestra [economía](#) actual. Los ingenieros diseñan la mayoría de los productos facturados y los procesos necesarios para su fabricación . Puesto que la [producción](#) necesita materiales , los ingenieros deben conocer de la estructura interna y [propiedad](#) de los materiales , de modo que sean capaces de seleccionar el mas adecuado para cada aplicación y también capaces de desarrollar los mejores [métodos](#) de procesado.

Los ingenieros especializados en [investigación](#) trabajan para crear nuevos materiales o para modificar las propiedades de los ya existentes . Los ingenieros de [diseño](#) usan los materiales ya existentes , los modificados o los nuevos para diseñar o crear nuevos productos y [sistemas](#) . Algunas veces el problema surge de modo inverso : los ingenieros de [diseño](#) tienen dificultades en un diseño y requieren que sea creado un nuevo material por parte de los científicos investigadores e ingenieros.

La búsqueda de nuevos materiales progresó continuamente . Por ejemplo los ingenieros mecánicos buscan materiales para altas temperaturas , de modo que los [motores](#) de reacción puedan funcionar mas eficientemente . Los ingenieros eléctricos procura encontrar nuevos materiales para conseguir que los dispositivos electrónicos puedan operar a mayores velocidades y temperaturas .

3. Tipos de materiales

Por conveniencia la mayoría de los materiales de la ingeniería están divididos en tres [grupos](#) principales materiales metálicos , poliméricos , y cerámicos

Materiales metálicos .

Estos materiales son sustancias inorgánicas que están compuestas de uno o mas elementos metálicos , pudiendo contener también algunos elementos no metálicos , ejemplo de elementos metálicos son hierro [cobre](#) , [aluminio](#) , níquel y titanio mientras que como elementos no metálicos podríamos mencionar al [carbono](#).

Los materiales de [cerámica](#) , como los ladrillos , el [vidrio](#) la loza , los ailantes y los abrasivos , tienen escasas conductividad tanto eléctrica como térmica y aunque pueden tener buena [resistencia](#) y dureza son deficientes en ductilidad , conformabilidad y [resistencia](#) al impacto..

[Polímeros](#) , en estos se incluyen el caucho (el hule) , los [plásticos](#) y muchos tipos de adhesivos . Se producen creando grandes estructuras moleculares apartir de moléculas orgánicas obtenidas del petróleo o productos agrícolas .

Fases componentes de un sólido desde su estructura intermolecular

Una sustancia pura como [el agua](#) puede existir en las fases sólido, líquido y [gas](#), dependiendo de las condiciones de [temperatura](#) y [presión](#). Un ejemplo familiar para todos de dos fases de una sustancia pura en [equilibrio](#) es un vaso de [agua](#) con cubos de hielo. En este caso [el agua](#), sólida y líquida, da lugar a dos fases distintas separadas por una fase límite, la superficie de los cubos de hielo. Durante la ebullición del [agua](#), el agua líquida y el agua vapor son dos fases en [equilibrio](#). Una representación de las fases acuosas que existen bajo diferentes condiciones de [presión](#) y [temperatura](#) se [muestra](#) en la

En el [diagrama](#) de fases presión-temperatura (PT) del agua existe un punto triple a baja presión (4579 torr) y baja temperatura (0,0098 °C) donde las fases sólida, líquida y gaseosa coexisten. Las fases líquida y gaseosa existen a lo largo de la línea de vaporización y las fases líquida y sólida a lo largo de la línea de congelación, como se [muestra](#) en la Figura 8.1. Estas líneas son líneas de equilibrio entre dos fases.

El [diagrama](#) de fases en equilibrio (PT) se puede construir también para otras sustancias puras. Por ejemplo, el [diagrama](#) de fases de equilibrio PT del hierro puro se muestra en la Figura 8.2. Una diferencia fundamental de este [diagrama](#) de fases es que tiene tres fases sólidas distintas y separadas: Fe alfa (~, Fe gamma (y) y Fe delta (~).

El hierro ~ y <5 tiene estructuras cristalinas BBC, mientras el hierro y tiene una estructura FCC. Las fases límite en [el estado](#) sólido tienen las mismas propiedades que entre líquido y sólido. Por ejemplo, bajo condiciones de equilibrio, el hierro ~ y y puede existir a una temperatura de 910 °C y una [atmósfera](#) de presión. Por encima de 910 °C sólo existe la fase y, y por debajo de 910 °C sólo existe la fase ~ Hay también tres puntos triple en el [diagrama](#) PT del hierro donde las tres fases diferentes coexisten: (1) líquido, vapor Fe <5; (2) vapor, Fe <5 y Fe y; y (3) vapor, Fe y y Fe ~.enlaces existente para su configuración

4. Enlaces existentes para su configuración.

Enlaces metálicos

En [metales](#) en [estado](#) sólido , los átomos se encuentran empaquetados relativamente muy juntos en una ordenación sistemática o estructura cristalina . Por ejemplo la disposición de los átomos de cobre en el cobre cristalino consiste que los átomos están tan juntos que sus electrones externos de valencia son atraídos por los núcleos de sus numerosos vecinos . En el caso del cobre sólido cada [átomo](#) está rodeado por otros 12 átomos más próximos . Los electrones de valencia no están por lo tanto asociados férreamente a un núcleo en particular y así es posible que se extiendan entre los átomos en forma de una nube

electrónica de carga de baja densidad o gas electrónico. Los átomos en un enlace metálico sólido se mantienen juntos por enlace metálico para lograr un estado de más baja energía (o más estable) . Para el enlace metálico no hay restricciones sobre pares electrónicos como en el enlace covalente o sobre la neutralidad de carga como en el enlace iónico . En el enlace metálico los electrones de valencia más externos de los átomos son compartidos por muchos átomos circundantes y de este modo , en general , el enlace metálico no resulta direccional Fuerzas de van der Waals

Excepto en un gas muy dispersado las moléculas ejercen atracciones y repulsiones entre sí . Estas proceden fundamentalmente de interacciones dipolo-dipolo . Las moléculas no polares se atraen entre sí mediante interacciones débiles dipolo-dipolo llamadas fuerzas de London que surgen como consecuencia de dipolos inducidos en una molécula por otra. En este caso los electrones de una molécula son débilmente atraídos hacia el núcleo de otra pero entonces los electrones de esta son repelidos por los electrones de la primera. El resultado es una distribución desigual de la densidad electrónica y , en consecuencia , un dipolo incluido . Las diferentes interacciones dipolo-dipolo (atractivas y repulsivas) se denominan conjuntamente fuerzas de van der Waals . La distancia entre las moléculas juega un importante papel en la intensidad de dichas fuerzas . Se llama radio de van der Waals a la distancia a la que la fuerza atractiva es máxima . Cuando dos átomos se aproxima a distancias más cortas que el radio de van der Waals , se desarrollan fuerzas repulsivas entre los núcleos y las capas electrónicas . Cuando la distancia entre dos moléculas es mayor al radio de van der Waals las fuerzas atractivas entre las moléculas disminuyen.

Enlace iónico

Los enlaces iónicos se pueden formar entre elementos muy electropositivos (metálicos) y elementos muy electronegativos (no metales) . En el proceso de ionización los electrones son transferidos desde los átomos de los elementos electropositivos a los átomos de los elementos electronegativos , produciendo cationes cargados positivamente y aniones cargados negativamente . Las fuerzas de enlace son debidas a la fuerza de atracción electrostática o culombiana entre iones con carga opuesta . Los enlaces iónicos se forman entre iones opuestamente cargados por que se produce una disminución neta de la energía potencial para los iones enlazados

Enlace covalente

Un segundo tipo de enlace atómico primario es el enlace covalente . Mientras el enlace iónico involucra átomos muy electropositivos y electronegativos , el enlace covalente se forma entre átomos con pequeñas diferencias de electronegatividad y ubicados muy próximos en la tabla periódica . En el enlace covalente los átomos generalmente comparten sus electrones externos s y p como otros átomos , de modo que cada átomo alcanza la configuración de gas noble. En un enlace covalente sencillo cada uno de los átomos contribuye con un electrón a la formación del par de electrones de enlace , y las energías de los dos átomos asociadas con el enlace covalente son menores (mas estables) como consecuencia de la interacción de los electrones . En el enlace covalente , se pueden formar enlaces múltiples de pares de electrones por un átomo consigo mismo o con otros átomos.

Redes cristalográficas existentes

Sistemas cristalográficos

Los cristalógrafos han demostrado que son necesarias solo siete tipos diferentes de celda unidad para crear todas las redes puntuales . La mayor parte de estos siete sistemas cristalinos presentan variaciones de la celda unida básica . A. J. Bravais mostró que catorce celdas unidad estándar podían describir todas las estructuras reticulares posibles . Hay cuatro tipos de celdas unidad :

- Sencilla
- Centrada en el cuerpo
- Centrada en las caras
- Centrada en la base

En el sistema cúbico hay tres tipos de celdas unidad : cúbica sencilla , cúbica centrada en el cuerpo y cúbica centrada en las caras. En el sistema ortorrómbico están representados los cuatro tipos . En el sistema tetragonal hay solo dos: sencilla y centrada en el cuerpo. En el sistema monoclínico tiene celdas unidad sencilla y centrada en la base , y los sistemas romboédrico hexagonal y triclínico, tienen solo una celda unidad .

Estructuras cristalográficas

La mayoría de los metales elementales alrededor del 90 % cristalizan en tres estructuras cristalinas densamente enpaquetadas : cúbica centrada en el cuerpo (BCC) , cúbica centrada en las caras (FCC) y hexagonal compacta (HCP) . La estructura HCP es una modificación más densa de la estructura cristalina hexagonal sencilla . La mayor parte de los metales cristalizados en esas estructuras densamente enpaquetadas debido a que se libera energía a medida que los átomos se aproximan y se enlazan cada vez más estrechamente entre sí . De este modo , dichas estructuras densamente enpaquetadas se encuentran en disposiciones u ordenamientos de energía cada vez más baja y estable Examinemos ahora

detalladamente la disposición de los átomos en las celdas unidad de las tres principales estructuras cristalinas . Aunque solo sea una aproximación consideremos a los átomos de estas estructuras como esferas rígidas. La distancia entre los átomos en las estructuras cristalinas puede ser determinado experimentalmente por [análisis de rayos X](#). Por ejemplo , la distancia interatómica entre dos átomos de aluminio en un fragmento de aluminio puro a 20 $^{\circ}$ C es 0.2862 nm.

Se considera que el radio del aluminio en el aluminio metal es la mitad de la distancia interatómica , o 0.143 nm.

Planos cristalinos

Dirección en la celda

A menudo , es necesario referirnos a posiciones específicas en las [redes](#) cristalinas . Esto es especialmente importante para metales y [aleaciones](#) con propiedades que varían con la orientación cristalográfica . Para cristales cúbicos los indices de las direcciones cristalográficas son los componentes vectoriales de las direcciones resueltos a lo largo de cada eje coordenado y reducido a los enteros mas pequeños .

Para indicar en un diagrama la [dirección](#) en una celda cúbica unitaria dibujamos un vector de dirección desde el origen (que es normalmente una esquina de la celda cúbica) hasta que sale la superficie del cubo .Las coordenadas de posición de la celda unidad donde el vector de posición sale de la superficie del cubo despues de ser convertidas a enteros son los indices de dirección .Los indices de dirección se encierran entre corchetes sin separación por comas.

Planos en una celda unitaria

Las superficies cristalinas en celdillas unidad HCP pueden ser identificadas comúnmente utilizando cuatro indices en lugar de tres. Los indices para los planos cristalinos HCP ,llamados indices Miller-Bravais, son designados por las letras h , k , i , l y encerrados entre parentesis (h k l) . estos indices hexagonales de 4 indices estan basados en un sistema coordenado de 4 ejes .

Existen 3 ejes basicos , a_1 , a_2 , a_3 , que forman 120° entre si. El cuarto eje o eje c es el eje vertical y esta localizado en el centro de la celdilla unidad . La unidad a de medida a lo largo de los ejes a_1 a_2 a_3 es la distancia entre los átomos a lo largo de estos ejes .la unidad de medida a lo largo del eje es la altura de la celdilla unidad . Los reciprocos de las intersecciones que un plano cristalino determina con los ejes , a_1 , a_2 , a_3 proporciona los indices h , k e i mientras el reciproco de la intersección con el eje c da el índice l

Notación para planos

Los planos basales de la celdilla unidad HCP son muy importantes para esta celdilla unidad puesto que el plano basal de la celdilla HCP es paralelo a los ejes , a_1 , a_2 , a_3 las intersecciones de este plano con estos ejes serán todas de [valor](#) infinito . Así , $a_1 = \infty$, $a_2 = \infty$ $a_3 = \infty$ El eje c , sin embargo , es unico puesto que el plano basal superior intersecciona con el eje c a una distancia unidad . Tomando los reciprocos de estas intersecciones tenemos los indices de Miller-Bravais para el plano Basal HCP. Así , H =0 K=0 l = 0 y L=1. El plano basal es , por tanto un plano cero-cero-cero-uno o plano (0001) .

Importancia del indice de Miller

A veces es necesario referirnos a planos reticulares específicos de átomos dentro de una estructura cristalina o puede ser interesante conocer la orientación cristalográfica de un plano o [grupo](#) de planos en [una red](#) cristalina. Para identificar planos cristalinos en estructuras cristalinas cúbicas se usa la notación de Miller . Los indices de Miller de un plano cristalino estan definidos como los reciprocos de las intersecciones , que el plano determina con los ejes x , y , z de los tres lados no paralelos del cubo unitario .Las aristas de una celda cúbica unitaria presentan longitudes unitarias y las intersecciones de los planos de una [red](#) se miden en base a estas longitudes unitarias .El [procedimiento](#) de determinación de los indices de Miller para un plano de un cristal cúbico es el siguiente:

- Escoger un plano que no pase por el origen en (0,0,0)
- Determinar las interacciones del plano en base a los ejes x,y,z cristalográficos para un cubo unitario , estas interacciones pueden ser fraccionarias
- Construir los reciprocos de estas intersecciones

Despejar fracciones y determinar el conjunto mas pequeño de números enteros que estén en la misma razón que las intersecciones. Esos números enteros son los índices de Miller de un plano cristalográfico y se encierran entre paréntesis sin usar comas. La notación (h k l) se usa para indicar índices de Miller en sentido general , donde h ,k, y l son los indices de Miller para un plano de un cristal cúbico de ejes x,y,z respectivamente.

5. Estructuras cristalinas

La primera clasificación que se puede hacer de materiales en estado sólido, es en [función](#) de cómo es la disposición de los átomos o iones que lo forman. Si estos átomos o iones se colocan ordenadamente

siguiendo un [modelo](#) que se repite en las tres direcciones del espacio, se dice que el material es cristalino. Si los átomos o iones se disponen de un modo totalmente aleatorio, sin seguir ningún tipo de secuencia de ordenamiento, estaríamos ante un material no cristalino ó amorfico. En el siguiente esquema se indican los materiales sólidos cristalinos y los no cristalinos.

En el caso de los materiales cristalinos, existe un ordenamiento atómico (o iónico) de largo alcance que puede ser estudiado con mayor o menor dificultad. Ahora bien, realmente ¿necesitamos estudiar los materiales a nivel atómico?

Para responder a esta cuestión, podemos estudiar las principales propiedades de dos materiales tan conocidos como son el grafito (Fig.1) y el diamante (Fig.2). El grafito es uno de los materiales más blandos (tiene un índice de dureza entre 1y 2 en la [escala](#) Mohs), es opaco (suele tener [color](#) negro), es un buen lubricante en estado sólido y conduce bien la [electricidad](#). Por contra, el diamante es el material más duro que existe (10 en la [escala](#) Mohs), es transparente, muy abrasivo y un buen aislante eléctrico.

Como vemos, son dos materiales cuyas principales propiedades son antagónicas. Pero, si pensamos en sus componentes, nos damos cuenta que tanto uno como el otro están formados únicamente por [carbono](#). Entonces, ¿a que se debe que tengan propiedades tan dispares?. La respuesta está en el diferente modo que tienen los átomos de carbono de enlazarse y ordenarse cuando forman grafito y cuando forman diamante; es decir, el grafito y el diamante tienen distintas estructuras cristalinas.

Ruina Universal de [Ensayos](#): capacidad máxima de 120kN (12 t), con cuatro escalas, se realizan [ensayos](#) de tensión, compresión, flexión y corte.

Durómetro Universal Digital: durezas Rockwell, Brinell y Vickers.

Péndulo de Impacto: ensayos según [métodos](#) Charpy e Izod, capacidad máxima 300J. Para metales.

Péndulo de Impacto para Plásticos: capacidad máxima aproximada 8J.

Cámara Climática: ensayos con temperatura y humedad variable.

Máquina de Fatiga por Flexión Rotativa: capacidad máxima de 270kg*cm.

6. Aceros.

No se conoce con exactitud la fecha en que se descubrió la técnica de fundir mineral de hierro para producir el metal para ser utilizado. Los primeros utensilios de hierro descubiertos por los arqueólogos en [Egipto](#) datan del año 3.000 a.c., y se sabe que antes de esa época se empleaban adornos de hierro; los griegos ya conocían hacia el 1.000 a.c. la técnica de cierta complejidad para endurecer [armas](#) de hierro mediante tratamiento térmico.

Las [aleaciones](#) producidas por los primeros artesanos del hierro (y, de hecho, todas las aleaciones de hierro fabricadas hasta el siglo XIV d.c.) se clasifican en la actualidad como hierro forjado. Para producir esas aleaciones se calentaba una masa de mineral de hierro y carbón vegetal en un horno o forja con tiro forzado. Ese tratamiento reducía el mineral a una masa esponjosa de hierro metálico lleno de una escoria formada por impurezas metálicas y cenizas de carbón vegetal. Esta esponja de hierro se retiraba mientras permanecía incandescente y se golpeaba con pesados martillos para expulsar la escoria y dejar el hierro. El hierro producido en esas condiciones solía contener un 3% de partículas de escoria y un 0,1% de otras impurezas. En ocasiones esta técnica de fabricación producía accidentalmente auténtico acero en lugar de hierro forjado. Los artesanos del hierro aprendieron a fabricar acero calentando hierro forjado y carbón vegetal en recipientes de arcilla durante varios días, con lo que el hierro absorbía suficiente carbono para convertirse en acero.

Después del siglo XIV se aumentó el tamaño de los hornos utilizados para la fundición y se incrementó el tiro para forzar el paso de los [gases](#) de [combustión](#) por la carga o mezcla de materias primas. En estos hornos de mayor tamaño el mineral de hierro de la parte superior del horno se reducía a hierro metálico y a continuación absorbía más carbono como resultado de los [gases](#) que lo atravesaban. El [producto](#) de estos hornos era el llamado arrabio, una aleación que funde a una temperatura menor que el acero o el hierro forjado. El arrabio se refinaba después para fabricar acero.

La producción moderna de arrabio emplea altos hornos que son [modelos](#) perfeccionados de los usados antiguamente. El [proceso](#) de refinado del arrabio para la producción de acero mediante chorros de [aire](#) se debe al inventor británico Henry Bessemer, que en 1855 desarrolló el horno o convertidor que lleva su nombre. Desde la década de 1960 funcionan varios minihornos que emplean [electricidad](#) para producir acero a partir de chatarra.

Las aleaciones de hierro y carbono -aceros y fundiciones- son las aleaciones metálicas más importantes de la civilización actual. Por su [volumen](#), la producción de fundición y de acero supera en más de diez veces la producción de todos los demás metales juntos.

Corrientemente se da el nombre de acero y fundición, a las aleaciones hierro - carbono (si tienen más del 2% de C son fundiciones y si tienen menos del 2% de C son aceros).

El hierro forma [soluciones](#) con muchos elementos: con los metales, [soluciones](#) por sustitución, con el carbono, nitrógeno e hidrógeno, soluciones por inserción.

La solubilidad del carbono en el hierro depende de la forma cristalográfica en que se encuentra el hierro. La solubilidad del carbono en el hierro (cúbica de cuerpo centrado) es menor que el 0,02% y en el hierro (cúbica de caras centradas) es hasta el 2%.

Se distinguen tres [grupos](#) de aceros al carbono: eutectoides, que contienen cerca de un 0,8% de C, cuya estructura está constituida únicamente por perlita; Hipoeutectoides, que contienen menos del 0,8% de C, con estructura formada por ferrita y perlita; e Hipereutectoides, que contienen del 0,8 al 2% de C y cuya estructura consta de perlita y cementita.

7. Microestructuras De Los Aceros

Los constituyentes metálicos que pueden presentarse en los aceros al carbono son: ferrita, cementita, perlita, sorbita, troostita, martensita, bainita, y rara vez austenita, aunque nunca como único constituyente. También pueden estar presentes constituyentes no metálicos como óxidos, silicatos, sulfuros y aluminatos. El [análisis](#) de las microestructuras de los aceros al carbono recocidos y fundiciones blancas deben realizarse en base al diagrama metaestable Hierro-carburo de hierro o Cementita.

Diagrama Fe-C

Las microestructuras que presenta el diagrama de equilibrio para los aceros al carbono son:

FERRITA (Hierro a)

Es una solución sólida de carbono en hierro alfa, su solubilidad a la temperatura [ambiente](#) es del orden de 0.008% de carbono, por esto se considera como hierro puro, la máxima solubilidad de carbono en el hierro alfa es de 0,02% a 723 °C.

Microestructura del acero al carbono, cristales blancos de ferrita

La ferrita es la fase más blanda y dúctil de los aceros, cristaliza en la [red](#) cúbica centrada en el cuerpo, tiene una dureza de 90 Brinell y una resistencia a la tracción de 28 kg/mm², llegando hasta un alargamiento del 40%. La ferrita se observa al [microscopio](#) como granos poligonales claros.

En los aceos, la ferrita puede aparecer como cristales mezclados con los de perlita, en los aceros de menos de 0.6%C, figura 6; formando [una red](#) o malla que limita los granos de perlita, en los aceros de 0.6 a 0.85%C en forma de agujas o bandas circulares orientados en la dirección de los planos cristalográficos de la austenita como en los aceros en bruto de colada o en aceros que han sido sobrecalentados. Este tipo de estructura se denomina Widmanstatten.

La ferrita también aparece como elemento eutectoide de la perlita formando láminas paralelas separadas por otras láminas de cementita, en la estructura globular de los aceros de [herramientas](#) aparece formando la [matriz](#) que rodea los glóbulos de cementita, figura 9, en los aceros hipoeutectoides templados, puede aparecer mezclada con la martensita cuando el temple no ha sido bien efectuado.

8. Cementita

Es el carburo de hierro de fórmula Fe₃C, contiene 6.67 %C y 93.33 % de hierro, es el microconstituyente más duro y frágil de los aceros al carbono, alcanzando una dureza Brinell de 700 (68 Rc) y cristaliza en la red ortorómica.

Microestructura del acero 1%C, red blanca de cementita

En las probetas atacadas con [ácidos](#) se observa de un blanco brillante y aparece como cementita primaria o proeutéctica en los aceros con más de 0.9%C formando una red que envuelve los granos de perlita, formando parte de la perlita como láminas paralelas separadas por otras láminas de ferrita, se presenta en forma de glóbulos o granos dispersos en una [matriz](#) de ferrita, cuando los aceros de alto carbono se han sometido a un recocido de globulización, en los aceros hipoeutectoides que no han sido bien templados.

Perlita

Es el microconstituyente eutectoide formado por capas alternadas de ferrita y cementita, compuesta por el 88 % de ferrita y 12 % de cementita, contiene el 0.8 %C. Tiene una dureza de 250 Brinell, resistencia a la tracción de 80 kg/mm² y un alargamiento del 15%; el nombre de perlita se debe a las irisaciones que adquiere al iluminarla, parecidas a las perlas. La perlita aparece en general en el enfriamiento lento de la austenita y por la transformación isotérmica de la austenita en el rango de 650 a 723°C.

Microestructura del acero al carbono, cristales oscuros de perlita

Si el enfriamiento es rápido (100-200°C/seg.), la estructura es poco definida y se denomina Sorbita, si la perlita laminar se somete a un recocido a temperatura próxima a 723°C, la cementita adopta la forma de glóbulos incrustados en la masa de ferrita, denominándose perlita globular.

Austenita

Es el constituyente más denso de los aceros y está formado por una solución sólida por inserción de carbono en hierro gamma. La cantidad de carbono disuelto, varía de 0.8 al 2 % C que es la máxima solubilidad a la temperatura de 1130 °C. La austenita no es estable a la temperatura [ambiente](#) pero existen algunos aceros al cromo-níquel denominados austeníticos cuya estructura es austenita a temperatura ambiente.

La austenita está formada por cristales cúbicos centrados en las caras, con una dureza de 300 Brinell, una resistencia a la tracción de 100 kg/mm² y un alargamiento del 30 %, no es magnética.

Microestructura de la austenita

La austenita no puede atarcarse con nital, se disuelve con agua regia en glicerina apareciendo como granos poligonales frecuentemente maclados, puede aparecer junto con la martensita en los aceros templados.

Martensita

Es el constituyente de los aceros templados, está conformado por una solución sólida sobresaturada de carbono o carburo de hierro en ferrita y se obtiene por enfriamiento rápido de los aceros desde su estado austenítico a altas temperaturas.

El contenido de carbono suele variar desde muy poco carbono hasta el 1% de carbono, sus propiedades físicas varían con su contenido en carbono hasta un máximo de 0.7 %C.

Microestructura de la martensita

La martensita tiene una dureza de 50 a 68 Rc, resistencia a la tracción de 170 a 250 kg/mm² y un alargamiento del 0.5 al 2.5 %, muy frágil y presenta un aspecto acicular formando grupos en zigzag con ángulos de 60 grados.

Los aceros templados suelen quedar demasiado duros y frágiles, inconveniente que se corrige por medio del revenido que consiste en calentar el acero a una temperatura inferior a la crítica inferior (727°C), dependiendo de la dureza que se desee obtener, enfriándolo luego al [aire](#) o en cualquier medio.

Troostita

Es un agregado muy fino de cementita y ferrita, se produce por un enfriamiento de la austenita con una [velocidad](#) de enfriamiento ligeramente inferior a la crítica de temple o por transformación isotérmica de la austenita en el rango de temperatura de 500 a 6000C, o por revenido a 4000C.

Sus propiedades físicas son intermedias entre la martensita y la sorbita, tiene una dureza de 400 a 500 Brinell, una resistencia a la tracción de 140 a 175 kg/mm² y un alargamiento del 5 al 10%. Es un constituyente nodular oscuro con estructura radial apreciable a unos 1000X y aparece generalmente acompañando a la martensita y a la austenita

Sorbita

Es también un agregado fino de cementita y ferrita. Se obtiene por enfriamiento de la austenita con una [velocidad](#) de enfriamiento bastante inferior a la crítica de temple o por transformación isotérmica de la austenita en la zona de 600 a 650%, o por revenido a la temperatura de 600%. Su dureza es de 250 a 400 Brinell, su resistencia a la tracción es de 88 a 140 kg/mm², con un alargamiento del 10 al 20%.

Con pocos aumentos aparece en forma muy difusa como manchas, pero con 1000X toma la forma de nódulos blancos muy finos sobre fondo oscuro, figura 16; de hecho tanto la troostita como la sorbita pueden considerarse como perlita de grano muy fino.

Bainita

Es el constituyente que se obtiene en la transformación isotérmica de la austenita cuando la temperatura del baño de enfriamiento es de 250 a 500°C. Se diferencian dos tipos de estructuras: la bainita superior de aspecto arborescente formada a 500-580°C, compuesta por una matriz ferrítica contenido carburos. Bainita inferior, formada a 250-4000C tiene un aspecto acicular similar a la martensita y constituida por agujas alargadas de ferrita que contienen delgadas placas de carburos.

La bainita tiene una dureza variable de 40 a 60 Rc comprendida entre las correspondientes a la perlita y a la martensita.

Los constituyentes que pueden presentarse en los aceros aleados son los mismos de los aceros al carbono, aunque la austenita puede ser único constituyente y además pueden aparecer otros carburos simples y dobles o complejos.

La determinación del tamaño de grano austenítico o ferrítico, puede hacerse por la norma ASTM o por comparación de la microfotografía de la probeta a 100X, con las retículas patrón numeradas desde el 1 para el grano más grueso hasta el 8 para el grano más fino.

En el sistema ASTM el grosor del grano austenítico se indica con un número convencional n, de acuerdo con la fórmula:

$$\log G = (n-1) \log 2$$

Donde G es el número de granos por pulgada cuadrada sobre una [imagen](#) obtenida a 100 aumentos; este [método](#) se aplica a metales que han recristalizado completamente, n es el número de tamaño de grano de uno a ocho.

Forma, tamaño y [distribución](#) de los cristales o granos en la microestructura del acero para comparación a 100X

Cualquier proceso de producción de acero a partir del Arrabio consiste en quemar el exceso de carbono y otras impurezas presentes en el hierro.

Una dificultad para la fabricación del acero es su elevado punto de [fusión](#), 1.400°C aproximadamente, que

impide utilizar combustibles y hornos convencionales.

Para superar esta dificultad, se han desarrollado 3 importantes tipos de hornos para el refinamiento del Acero, en cada uno de estos procesos el [oxígeno](#) se combina con las impurezas y el carbono en el metal fundido. El [oxígeno](#) puede introducirse directamente mediante presión dentro o sobre la carga a través del oxígeno en el aire, o en forma de óxidos de hierro o herrumbre en la chatarra. Esto oxidará algunas impurezas, las que se perderán como gases, mientras otras impurezas reaccionarán con la piedra caliza fundida para formar una escoria que será colada posteriormente.

9. Tipos de hornos

Horno de hogar abierto o crisol

El horno de hogar abierto semeja un horno enorme, y se le denomina de esta manera porque contiene en el hogar (fondo) una especie de piscina larga y poco profunda (6m de ancho, por 15 m de largo, por 1 m de profundidad, aproximadamente).

El horno se carga en un 30% a un 40% con chatarra y piedra caliza, empleando aire pre-calentado, combustible líquido y gas para la [combustión](#), largas lenguas de fuego pasan sobre los materiales, fundiéndolos. Al mismo [tiempo](#), se quema (o se oxida) el exceso de carbono y otras impurezas como el fósforo, silicio y manganeso.

Este proceso puede acelerarse introduciendo tubos refrigerados por agua (lanzas), los que suministran un grueso flujo de oxígeno sobre la carga.

Periódicamente, se revisan muestras de la masa fundida en el [laboratorio](#) para verificar la composición empleando un instrumento denominado espectrómetro. También se determinan los niveles de carbono. Si se está fabricando acero de aleación, se agregarán los elementos de aleación deseados. Cuando las lecturas de composición son correctas, el horno se cuela y el acero fundido se vierte en una olla de colada. El proceso completo demora de cinco a ocho horas, mientras que el Horno de Oxígeno Básico produce la misma cantidad de acero en 45 minutos aproximadamente. Debido a esto, este horno ha sido virtualmente reemplazado por el de Oxígeno Básico.

Horno De [Oxígeno](#) Basico

Es un horno en forma de pera que puede producir una cantidad aproximadamente de 300 toneladas de acero en alrededor de 45 minutos.

El horno se inclina desde su posición vertical y se carga con chatarra de acero fría (cerca de un 25%) y luego con hierro derretido, después de ser devuelto a su posición vertical, se hace descender hacia la carga una lanza de oxígeno refrigerada por agua y se fuerza sobre ella un flujo de oxígeno puro a alta velocidad durante 20 minutos. Este actúa como fuente de [calor](#) y para la oxidación de las impurezas.

Tan pronto como el chorro de oxígeno comienza, se agrega la cal y otros materiales fundentes. La reacción [química](#) resultante desarrolla una temperatura aproximada de 1.650° C. El oxígeno se combina con el exceso de carbono acabando como gas y se combina también con las impurezas para quemarlas rápidamente. Su residuo es absorbido por la capa flotante de escoria.

Después de haberse completado la inyección de oxígeno, se analiza el contenido de carbono y la composición [química](#) de diversas muestras de la masa fundida.

Cuando la composición es correcta, el horno se inclina para verter el acero fundido en una olla de colada. Aunque se pueden producir algunos aceros de aleación con este proceso, el ciclo de tiempo aumenta considerablemente, eliminando así su ventaja principal. Consecuentemente, el proceso de oxígeno básico, como el del hogar abierto, se emplea generalmente para producir altos tonelajes de acero con un bajo nivel de carbono, que son los de mayor [consumo](#). Estos aceros con bajo nivel de carbono se utilizan para barras, perfiles y planchas gruesas y delgadas.

Horno De Arco Electrico

Es el más versátil de todos los hornos para fabricar acero. No solamente puede proporcionar altas temperaturas, hasta 1.930°C, sino que también puede controlarse eléctricamente con un alto grado de precisión.

Debido a que no se emplea combustible alguno, no se introduce ningún tipo de impurezas. El resultado es un acero más limpio.

Consecuentemente, puede producir todo tipo de aceros, desde aceros con regular contenido de carbono hasta aceros de alta aleación, tales como aceros para [herramientas](#), aceros inoxidables y aceros especiales para los cuales se emplea principalmente. Otras ventaja sobre el Horno de Oxígeno Básico es que puede operar con grandes cargas de chatarra y sin hierro fundido.

El Horno de Arco Eléctrico se carga con chatarra de acero cuidadosamente seleccionada. El arrabio fundido se emplea raramente. Si la carga de chatarra es muy baja en carbono, se agrega coque (el cual es casi puro carbono) o electrodos de carbono de desecho, para aumentar así su nivel.

Al aplicarse la [corriente eléctrica](#), la formación del arco entre los electrodos gigantes produce un [calor](#) intenso. Cuando la carga se ha derretido completamente, se agregan dentro del horno cantidades medidas de los elementos de aleación requeridos.

La masa fundida resultante se calienta, permitiendo que se quemen las impurezas y que los elementos de aleación se mezclen completamente.

Para acelerar la remoción del carbono, el oxígeno gaseoso se introduce generalmente en forma directa dentro de acero fundido por medio de un tubo o lanza. El oxígeno quema el exceso de carbono y algunas de las impurezas, mientras otras se desprenden como escoria por la acción de varios fundentes.

Cuando la composición química de la masa fundida cumple con las especificaciones, el horno se inclina para verter el acero fundido dentro de una olla de colada.

Este horno puede producir una hornada de acero en un período de dos a seis horas, dependiendo del horno individual.

Cromado

Es una técnica de protección contra la [corrosión](#) que tiene muchas variantes y se puede aplicar al acero, aluminio, magnesio, y zinc. Esto resulta en la formación de óxidos metálicos en la superficie de la pieza de trabajo que reacciona para formar cromatos metálicos. El cromado de aluminio y magnesio mejora la resistencia a la [corrosión](#) considerablemente. Con el acero es mucho menos permanente.

Galvanizado

Es una técnica para protección contra la corrosión que se aplica solo a aceros suaves, hierro fundido y aleaciones de acero en donde las piezas de trabajo son sumergidas en zinc líquido a una temperatura de 500°C. Se forma en la superficie de la pieza de trabajo una aleación de zinc/hierro dándole a la pieza una capa adherente de zinc.

Antes del galvanizado, la superficie del metal debe encontrarse en un estado moderado de limpieza. Esto se cumple generalmente por la limpieza ácida o blasteado ligero.

Las capas galvanizadas son de aproximadamente 0.005 pulgadas de grosor y pueden dar una protección por 10 o 20 años.

Nitrurizado

Es un proceso para endurecimiento de superficies utilizado solo en ciertos tipos de aceros, que resulta en una de las superficies más duras alcanzables por tratamientos con calor. El proceso consiste en mantener las piezas de trabajo en una [atmósfera](#) de amoniaco a 500°C por un máximo de 100 horas. Bajo estas condiciones el nitrógeno atómico se combina con el hierro en la superficie para formar nitrato de hierro. El nitrógeno lentamente se difunde en la superficie siempre y cuando se mantenga la temperatura adecuada. Por lo que el grosor de la superficie endurecida resultante depende de la duración del tratamiento por calor.

10. Conclusiones

Es sin duda impresionante la manera en la que han evolucionado los materiales y lo importante que es conocer sus propiedades no tan solo físicas o mecánicas sino también a otro nivel como bien podría ser a nivel atómico ya que de esto depende en buena parte el comprender como habrá de comportarse un material en ciertas condiciones y de esa manera conjeturar algunas [características](#) como su dureza o su resistencia a algunos esfuerzos, la verdad este curso de Materiales ha resultado de mucho provecho para cada uno de nosotros los alumnos de ingeniería, hemos aprendido como conocer a los materiales por sus propiedades así como por su tipo, sus estructuras internas y externas, que nos llevamos del curso?, [conocimiento](#) provechoso y una mayor [conciencia](#) de los materiales y su aprovechamiento a lo largo de este curso y a lo largo de la historia, conocer nuestro entorno es sumamente importante y poder aprovecharlo y modificarlo nos dará mayor comodidad y también una mayor economía en base al aprovechamiento que de él obtengamos, podemos sin lugar a dudas decir que los materiales forman una parte importante de la [sociedad](#) actual, a donde usted mire encontrara diversos materiales en sus miles de formas y modificaciones que el [hombre](#), el ingeniero ha hecho con el único propósito de sacar mayor ventaja y poder adaptar su medio a las circunstancias requeridas en su momento, la [sociedad](#) cambia y con ella sus necesidades de toda índole, la industria evoluciona constantemente al igual que la [ciencia](#), gracias a estos cambios podemos ir adelante y no ser víctima de la estática, hay cambios, hay dinámica, pero esto exige cambios, tan necesarios y grandes como se deseen, quizás hasta se requiera cambios sociales, cambios de [actitud](#) y quizás hasta cambios de estructuras económicas y gubernamentales. La industria a mejorado y progresado a pasos acelerados durante las últimas tres décadas, el uso de los aceros y toda clase de metales se ha hecho mucho más común en las [sociedades](#), la industrialización a exigido el uso de más y mejores materiales para su [desarrollo](#), hoy tenemos cubierta la mayoría de esas necesidades, pero falta mucho por recorrer, realmente no sabemos hacia dónde la sociedad con sus [industrias](#), su [ciencia](#) y su tecnología vayan, lo que si sabemos es que tenemos que ser conscientes de los cambios y prepararnos para ellos, el afrontarlos adecuadamente, marcará la diferencia entre las economías fuertes, las débiles y las que deben perecer a causa de la mediocridad y la falta de [actitud](#) adecuada, podemos mirar hacia veinte años atrás y ver cuántos cambios al día de hoy se han dado y como las industrias exitosas los afrontaron y como otros hoy ni su recuerdo queda; una actitud y las [acciones](#) adecuadas han permitido el desarrollo de tecnologías nuevas y en gran medida mucho mejores que las de hace tan solo diez o cinco años, el progreso nos arrastra y es mejor remar en el sentido que el se desarrolla para ser mejores, también no

podemos estar a expensas de casar tecnologías, tenemos la obligación de desarrollarlas y sacar adelante a nuestro país, su economía, no basta saber manejar la tecnología, sino ser padres de ella y poder sacarle el máximo de provecho, hoy es tiempo de contribuir y de mejorar, de lo contrario el resago nos atrapara y pagaremos caro una mala actitud, que en mucho pudimos corregir y que no estuvimos dispuestos. Ojalá esto sirva para visualizar, que un buen salario es bueno, pero aportar a este país alguna idea, algún proyecto, algún invento; es todavía mucho mejor, el tiempo cambia, nosotros debemos hacerlo para bien de la comunidad y no tan solo para provecho personal, ojalá pronto podamos reconocer la falta de una buena actitud y ser protagonistas en la tecnología, ser ser maestros y no aprendices.

11. Bibliografía.

Fundamentos de la ciencia de los materiales

William F. Smith 2da. Edición

Mc-Graw-Hill

http://www.cmpl.ipn.mx/Area_Tecnica/Glosario.htm

- www.monografias.com
- www.estructurascristalinas.com