

ESTRUCTURAS CRISTALINAS

Los metales al solidificar observan estructuras cristalinas, que es un arreglo geométrico de átomos o moléculas. Si recordamos el esquema de la estructura atómica, para explicar como pueden unirse entre sí varios átomos del mismo o de diferentes elementos para la formación de una molécula o un cristal, decimos que esta unión se debe a las fuerzas eléctricas y magnéticas de los componentes.

Estas fuerzas de atracción que mantiene unidos a los átomos o moléculas en un sólido se deben a los siguientes enlaces: Iónico; Covalente; Metálico; Fuerzas de Van Der Waals.

SISTEMAS CRISTALINOS.- Los átomos al solidificar toman posiciones relativamente fijas para formar cristales y lo hacen de modo que quedan en contacto unos con otros, en la forma más estable, ordenándose a lo largo de tres dimensiones, pudiendo imaginarnos que forman una red que llena todo el espacio ocupado por el cristal. Esta red tridimensional de líneas imaginarias que conecta a los átomos se le llama red espacial y la unidad más pequeña que presenta la misma simetría del cristal se conoce como celdilla unitaria. Cada uno de los metales tiene una celdilla unitaria específica y se define por sus parámetros a, b, c, en los ejes x, y, z con los ángulos

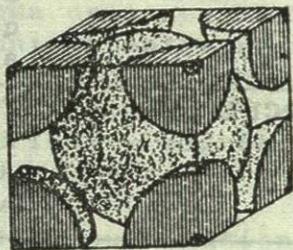
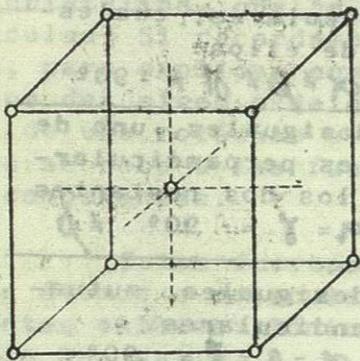
Existen 14 tipos de redes espaciales clasificadas en siete sistemas cristalinos; como se indica en la tabla.

La mayoría de los metales de uso común, cristalizan en los sistemas cúbicos o en el hexagonal y los tipos de red espacial que se encuentran convenientemente son: cúbica centrada en el cuerpo (b.c.c.); cúbica centrada en las caras (f.c.c.) y hexagonal compacta (c.p.h.).

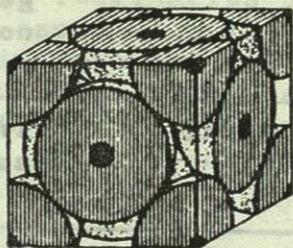
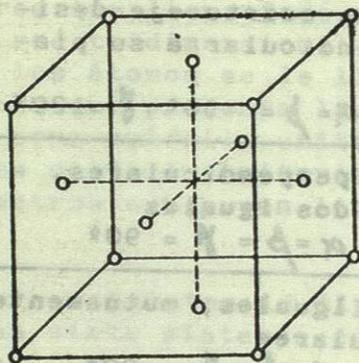
CUBICA CENTRADA EN EL CUERPO.- Este tipo de red espacial se presenta en el cromo, tungsteno, hierro

TRICLINICO.	Tres ejes desiguales, sin ser perpendiculares, cualesquiera dos de ellos. $a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
MONOCLINICO	Tres ejes desiguales, uno de los cuales es perpendicular a otros de los dos restantes $a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$
ORTORROMBICO	Tres ejes desiguales, mutuamente perpendiculares. $a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
ROMBOEDRAL (TRIGONAL)	Tres ejes iguales, no a ángulos rectos $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
HEXAGONAL	Tres ejes iguales coplanares a 120° y un cuarto eje desigual perpendicular a su plano $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$
TETRAGONAL	Tres ejes perpendiculares, solamente dos iguales $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
CUBICO	Tres ejes iguales, mutuamente perpendiculares $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

alfa (α) y hierro delta (δ), molibdeno, vanadio, sodio. La celdilla unitaria de la cúbica centrada en el cuerpo contiene dos átomos.



CUBICA CENTRADA EN LAS CARAS.— Aluminio, Oro, Plata, Platino, Cobre, Hierro gamma (γ) son algunos de los metales que cristalizan en este tipo de red. contiene esta celdilla cuatro átomos.



HEXAGONAL COMPACTA.— La celdilla unitaria c.p.h., contiene dos átomos. El magnesio, berilio, cinc, cadmio y hafnio son ejemplos de metales que cristalizan en este tipo de red espacial.

POLIMORFISMO.— Es la propiedad de un material en el estado sólido de existir en más de un tipo de red espacial. Si este cambio de red es reversible, se le llamarán alotrópico. Este fenómeno es un cambio de fase dentro del estado sólido. El caso más co

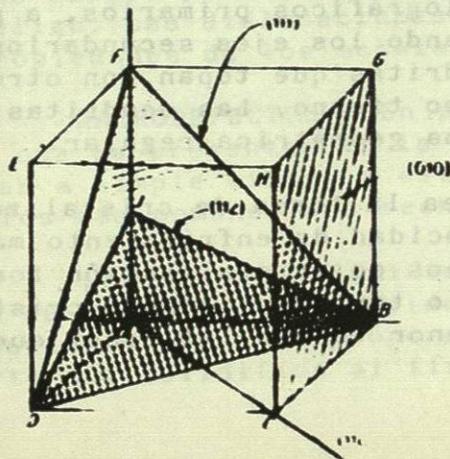
mojado es el del hierro delta (b.c.c.) a hierro gamma (f.c.c.) y luego a hierro alfa (b.c.c.). Cuando menos quince metales presentan esta propiedad.

La transformación de una variedad alotrópica en otra tiene lugar al pasar por determinadas temperaturas, por analogía con lo que sucede en los cambios de estado, se les llama también puntos críticos. El cobalto a 1159° C cambia de c.p.h. a f.c.c.

PLANOS ATOMICOS.— Los planos sobre los cuales están ordenados los átomos se les llama plano cristalográfico o plano atómico.

La relación que existe entre un conjunto de planos con los ejes de las celdillas unitarias se les conoce con el nombre de Indices de Miller. Un extremo de la celdilla unitaria es el origen de las coordenadas espaciales y cualquier conjunto de planos se identifica con los recíprocos de las intercepciones con las coordenadas. La unidad de las coordenadas es el parámetro de la red del cristal. Si el plano es paralelo al eje, lo intercepta en el infinito.

Cuando los índices de Miller para un plano son fracciones, estas deben convertirse a enteros. Los planos paralelos tienen los mismos índices. Los parentesis alrededor de los índices de miller representan un conjunto de planos paralelos, las llaves forman una familia de planos de la misma forma.



DETERMINACION DE LOS INDICES DE MILLER:
EL PLANO (010), EL PLANO (111) Y EL PLANO (112).

CRISTALIZACION.- La cristalización es la transición del estado líquido al sólido y se presenta en 2 pasos:

1.- Formación de núcleos y 2.- Crecimiento del cristal.

Cuando un metal está en estado líquido, la energía cinética es muy grande, aunque las fuerzas de atracción tratan de formar agrupaciones atómicas, son rápidamente destruidas, apenas se forman, por los choques que se originan entre ellos y los átomos libres. Al bajar la temperatura la energía cinética es menor y la energía desarrollada en los choques son las agrupaciones y por lo tanto la viscosidad del líquido, hasta equilibrar la energía cinética en la fuerza de atracción. Al no destruirse las agrupaciones por los átomos que chocan con ellos, estos átomos libres se adhieren a ellos y contribuyen a su desarrollo progresivo.

Estas agrupaciones iniciales forman los núcleos con los que se inicia el estado sólido y da origen a la solidificación total del metal.

El crecimiento de estos núcleos da lugar a la formación de granos cristalinos. La solidificación se desarrolla alrededor de un esqueleto dendrítico o de forma de árbol, agrupándose los átomos, con su red apropiada y a partir de cada núcleo, a lo largo de uno de los ejes cristalográficos primarios, a partir de este se siguen formando los ejes secundarios etc, hasta formar estas dendritas que topan con otras que se van formando al mismo tiempo, Las dendritas no se desarrollan de una forma geométrica regular.

Cualquiera que sea la forma de cristalización, entre mayor sea la velocidad de enfriamiento mayor será el número de núcleos de cristalización formados y no destruidos y por lo tanto los granos cristalinos resultantes serán de menor tamaño, al tener que repa-

arse la misma cantidad de materia en mayor número de granos cristalinos. Es geoméricamente imposible que en las superficies de contacto de cristales o granos coincidan sus respectivas redes espaciales, por lo que entre los granos quedan ciertos espacios irregulares.

Esto da lugar a una estructura amorfa intergranular en la frontera del grano, en la que los átomos están espaciados irregularmente, con una concentración de impurezas atómicas en esa área.

IMPERFECCIONES CRISTALINAS.- Por lo anterior es obvio que la mayoría de los materiales al solidificarse presentan imperfecciones a escala atómica. Los principales son vacancias, intersticios y dislocaciones

Las vacancias son sitios atómicos vacíos y es característico de los metales a todas las temperaturas arriba del cero absoluto.

Los intersticios se presentan en las aleaciones con metales que tienen átomos con diferencia de diámetros atómicos muy elevados. Los intersticios hacen que se distorsione la red, también se producen al elevarse la temperatura, o por radiación con partículas nucleares, por deformación plástica y por irradiación.

La dislocación se define como una región distorsionada situada entre dos partes sustancialmente perfectas de un cristal. Existen varios tipos de dislocación los más simples son los de borde y la de tornillo o de hélice. Las dislocaciones sirven para explicar muchas propiedades de los metales.

MACRODEFECTOS.- En piezas coladas. Otros defectos que se presentan en la solidificación se pueden observar a simple vista, a estos se le llama macrodefectos y los más comunes son rechufes y porosidades.

Los metales líquidos al solidificarse disminuyen en su volumen. Si un molde se diseña adecuadamente con provisión para que proporcione el metal líquido a la parte que solidifica al final, la contracción de vo-

lúmen no es problema. En lingotes donde el metal se solidifica de fuera hacia adentro, la contracción o rechupe se presentará en la parte central, esta última sección se corta y se retira para trabajar el lingote.

Lo ideal en la solidificación sería que el metal se enfriase primero del fondo del molde y que el enfriamiento subiera hasta llegar a la parte superior, como esto no es posible, entonces, para reducir la formación de los rechupes se deben evitar los cambios bruscos de espesores y evitar la combinación de secciones gruesas y delgadas.

Los poros se presentan cuando los gases quedan atrapados en las piezas de fundiciones, generalmente son más abundantes y de pequeño tamaño. Se presentan debido a que los gases son más solubles en el líquido que en el sólido, y no se liberan durante la solidificación. Se presentan porosidades también, ya que algunas veces el metal líquido reacciona con sustancias, como humedad que tiene el molde. Se evitan si la arena de moldeo no se compacta demasiado y se le hacen las ventilaciones adecuadas al molde.

También en las piezas coladas se pueden producir grietas debido al enfriamiento no uniforme de la pieza, es decir, por secciones en el molde de diferentes espesores.

TAMAÑO DE GRANO.— En una pieza colada el tamaño de grano se determina por relaciones entre la rapidez de enfriamiento y la formación de núcleos. Si el número de núcleos que se forman es elevado, la pieza tendrá granos finos, si se forman pocos núcleos la pieza será de grano grueso. Si la pieza se enfría rápidamente, este será el factor importante para la nucleación y por lo tanto para el tamaño de grano.

Otros factores que permiten formar piezas de grano fino son:

A).— La formación de óxidos insolubles en el acero como el óxido de aluminio y de titanio.

B).— La agitación de la colada durante la solidificación, que parte los cristales antes de que crezcan mucho.

Los materiales de grano fino tienen mejor tenacidad y resistencia al golpe, son duros y de mayor resistencia que los de grano grueso. En un lingote, los granos serán de grano fino en las partes exteriores y tenderán a agrandarse en la dirección de enfriamiento, que es al centro.