

CAPITULO III

METALOGRAFIA .

GENERALIDADES.- Se entiende por metalografía, el estudio de la estructura microscópica de los metales y aleaciones, así como el desarrollo de las estructuras necesarias en la práctica y su interpretación por examen microscópico. Es de gran importancia, ya que muchas propiedades mecánicas de los materiales dependen de su estructura o sea del arreglo de los cristales o granos en el cuerpo metálico (estructura primaria) y del arreglo de los átomos dentro de estas unidades (estructura secundaria), por lo que muchas veces, materiales de la misma composición química, presentan diferentes propiedades físicas debido a los cambios de estructura, por lo tanto, en la obtención de un determinado metal y sobre todo de una aleación, hay que cuidar, no solo que tenga una proporción adecuada de elementos, sino que haya recibido el tratamiento apropiado adquiriendo determinadas características físicas apropiadas para el uso a que se le destina. Estos tratamientos pueden ser mecánicos (Cap. IV) o térmicos (Pag. 37).

CRISTALIZACION:- La cristalización empieza simultáneamente en muchos centros, empezando por la disposición ordenada de los átomos, en una red cristalina de tres dimensiones, la cual va creciendo por adiciones sucesivas de átomos, hasta adquirir la forma de cristales, los cuales si crecen libremente adquieren formas geométricas regulares al exterior, llamándoseles cris-
tales Idio-mórficos. pero si el crecimiento se lo estorban unos a otros, se forman cristales irregulares y de orientaciones diferentes que se llaman ALOTRIOMORFICOS.

Unos y otros reciben el nombre de granos cristalinos, o simplemente granos y según su tamaño, el material puede ser: de grano grueso, (grandes) de grano fino (pequeños); y microscópicos (muy finos). La forma cristalina se nota a veces también al exterior, en forma de dendritas, que son esqueletos cristalinos finamente desarrollados, de forma arborescente, de ramas entrecruzadas sin orientación determinada, con cristales de forma larga y estrecha, se presentan sobre todo en las soluciones sólidas. (Fig. 19).

Es una forma de solidificación, en la que, si hay impurezas, se reparten de una manera homogénea y se ponen de manifiesto en el ataque macográfico corrosivo, en forma de pequeños puntos oscuros semejantes a poros.

Los cristales de gran tamaño visibles a simple vista y formados primeramente, constituyen la estructura o cristalización primaria (Macroestructura).

Al proseguir el enfriamiento, se desdoblán en una infinidad de pequeños cristales, que forman en conjunto la estructura o cristalización secundaria, visible solo con el microscopio (Microestructura).

Tanto unos como otros presentan diferentes formas según su -- cristalización, pudiendo agruparse por sus características bajo -- siete sistemas cristalinos comunes a todas las substancias que -- cristalizan y que pueden resumirse en la forma siguiente:

- 1.- Cúbico o Regular.- Tres ejes iguales perpendiculares entre sí.
- 2.- Tetragonal.- Dos ejes iguales perpendiculares entre sí y -- un tercero desigual.
- 3.- Hexagonal.- Tres ejes iguales en ángulo de 120° y un cuar- to eje perpendicular a su plano.
- 4.- Romboédrico.- Tres ejes desiguales mutuamente perpendicula- res.
- 5.- Ortorómbico.- Tres ejes desiguales mutuamente perpendicula- res.
- 6.- Monoclínico.- Tres ejes desiguales, uno de ellos perpendi- cular a los otros dos.
- 7.- Triclínico.- Tres ejes desiguales no perpendiculares.

MACROESTRUCTURA.- Estructura primaria formada por los crista- les de gran tamaño, entre los que se hallan presentes las impure- zas del material. Estos cristales no tienen una orientación defi- nida, pero si se someten a tratamiento mecánico, se orientan en -- sentido paralelo al estirado, adquiriendo forma alargada como de- fibras, y mejorando las características mecánicas del material, -- sobre todo las resistencias a la flexión, al choque en sentido- -- perpendicular y a la tensión, con aumento correspondiente del % -- de alargamiento en sentido paralelo.

El estudio macroscópico recibe el nombre de Macrografía, la -- preparación de la muestra depende de la clase de datos requeridos, así, para conocer la velocidad de enfriamiento, el grado de crista- lización y la composición aproximada de una determinada aleación- así como si está bien obtenida, basta a menudo el examen de la -- muestra facturada, si además se desea comprobar los efectos de la segregación o heterogeneidad química, es necesario efectuar un pu- lido ligero y si además se quiere observar los resultados del tra- bajo mecánico y las fibras o juntas de los cristales, es necesa- rio un pulido casi semejante al de las muestras micrográficas y -- además un tratamiento con determinados reactivos especiales. Por- ejem: para el acero se emplean: el yodo, el ácido sulfúrico, reac- tivos a base de soluciones ácidas de cloruros de cobre y Magnésio, o de cloruros férrico, estánico y cúprico en alcohol.

El tratamiento se da por terminado cuando se ve aparecer com- pletamente el dibujo de los cristales o fibras (Fig. 19).

De esta manera se puede conocer la homogeneidad del material- antes de analizarlo y antes de las pruebas mecánicas, aparte de -- que es el único medio de saber si la estructura primaria persiste en forma de las dendritas de solidificación, o ha sido destruida- o modificada por tratamientos mecánicos.

También es de gran importancia al aplicar cualquier proceso -- de forjado por primera vez, para conocer la dirección en que de- ben dirigirse los esfuerzos, orientando las fibras en sentido per- pendicular a los esfuerzos de flexión o choque y paralelas a los- de tracción y para conocer despues del forjado, si la operación ha sido correcta o no.

MICROESTRUCTURA.- Cuando un metal puro se observa al micros- copio, se ve que consiste de gran número de granos de formas po- ligonales, separados por finas líneas, y que corresponden a los- cristales formados por la disposición de los átomos en una red -- tridimensional. Con la presencia de partículas extrañas, dichos- granos pueden presentar una serie de irregularidades, ya que los átomos extraños se acomodan entre los del elemento base, pudiendo ser átomos de aleación cuando se introducen a propósito y átomos parásitos o impurezas, cuando son ocasionales. La estructura se -- cundaria, formada por cristales muy finos, solo es visible con -- el microscopio bajo la técnica llamada "Micrografía", la cual per- mite estudiar las diferentes estructuras internas, (Fases) de -- las aleaciones, y comprobar los cambios y transformaciones que -- puedan experimentar bajo determinados tratamientos térmicos o me- cánicos, con el objeto de controlarlos para lograr una estructura determinada (Figs. 22 y 23).

La Microestructura de los metales y aleaciones puede obser- varse preparando una muestra apropiada y tratándola con un reac- tivo que ataque a un constituyente más que a otro. Para esto se- toma una pequeña sección del metal, la cual se incluye en un pol- vo de plástico termolábil formando una pastilla de forma de dis- co. en un aparato especial, quedando el metal en el centro, se pu- le ésta en una serie de esmeriles cada vez mas finos y finalmen- te con aluminio en polvo y lechada de cal, hasta obtener un aca- bado espejo, se trata con el reactivo, se lava y se seca para co- locarla en un microscopio especial llamado metalográfico, en el- cual se ilumina con luz incidente la superficie pulimentada y se observan las diferentes figuras producidas para cada constituyen- te, apareciendo áreas más oscuras o más claras, pudiendo en con- diciones apropiadas mostrar determinados colores. A menudo se -- adapta al aparato una cámara fotográfica, para la obtención de- microfotografías; las de metales no ferrosos se toman generalmen- te con un aumento de 15 a 100 diámetros, pero estructuras más fi- nas, como las de los aceros, necesitan un aumento hasta de 250 -- diámetros, y para trabajos especiales se usan aumentos hasta de- varios miles de diámetros. Cuando se desea la identificación de- ciertos compuestos metálicos, fases en aleaciones, estudios de -- tamaño de grano, etc, puede emplearse la luz polarizada.

REDES CRISTALINAS.- Se llaman también redes atómicas, consti- tuyen los centros fundamentales de los cristales de que se habló anteriormente, pueden considerarse como compuestas de átomos a -- rreglados según un patrón geométrico o célula elemental de forma regular que puede determinarse por medio de los rayos X, consis- te en un paralelepípedo cuyos ocho vértices están ocupados por -- átomos y cuyas aristas representan las dimensiones de la red.

La red mas sencilla es la cúbica simple, cuya porción elemen- tal es un cubo (Figs. 16 y 17), la cual corresponde a compuestos- regulares, como el cloruro de sodio. Los metales tienen estructu- ras mas complicadas. La forma de estos cubos es simplemente una- representación de agrupamientos de átomos y no una estructura de finida, algo así como se les da forma a los grupos de estrellas- que vemos en el cielo, es decir, que si consideramos un grupo de átomos con su núcleo y las capas de electrones girando alrededor de él como esferas (Fig. 16, 17 y 18) y unimos los centros de las

esferas exteriores resultarán las figuras que representan las redes cristalinas y que pueden ser; cubos, tetraedros o hexágonos. Hay 14 tipos posibles de redes cristalinas, que corresponden a los siete sistemas cristalinos mencionados anteriormente y de los cuales se han formado tres grupos típicos que son:

A.- Red cúbica centrada en las caras, (Fig. 16). Con un átomo en cada vértice de un cubo y otro en el centro de las caras, también se llama de paquete cerrado, porque resulta la asociación más íntima posible de las esferas (átomos), es decir, el más alto grado de concentración atómica y simetría encontrada en cualquier red, por esta razón los metales de este tipo (aluminio, cobre, plata, níquel y plomo), son dúctiles, fácilmente deformables y buenos conductores del calor y la electricidad.

B.- Red cúbica centrada en el espacio.- La célula unitaria es un cubo (Fig. 17), con un átomo en cada vértice y otro en el centro del cubo, presentan grandes vacíos o intersticios entre los átomos, por lo cual no tienen un plano de deslizamiento bien definido, sino que se deforman por movimientos a lo largo de varios planos, no permitiendo un alto grado de plasticidad, de tal modo que los metales de este tipo (hierro, molibdeno y tungsteno), tienen gran resistencia y ductilidad media.

C.- Red hexagonal compacta o de paquete hexagonal.- La porción o célula elemental tiene la forma de un prisma hexagonal, con átomos en cada una de las caras superior e inferior y en el centro geométrico de cada uno de los prismas triangulares alternados (Fig. 18), los planos superior e inferior exhiben la forma de un grupo hexagonal, formado por un átomo rodeado de otros seis. El deslizamiento se verifica dentro de planos específicos, pero no con la libertad del empaquetamiento cúbico. Los elementos hexagonales tales como Zinc, Cadmio y Magnesio, se aproximan en plasticidad a los del tipo A.

Otras.- Existen también redes tetragonales que se diferencian de las cúbicas, en que uno de los ejes de la porción elemental se encuentra alargado o acortado con respecto de los otros dos. A este tipo pertenece el Estaño con un tipo especial y el Manganeso con redes centradas en las caras. Los metales que cristalizan con una simetría más baja que las anteriores, tales como Ortorrómbico, Monoclínico o Triclínico, no presentan planos de deslizamiento o deformación, por lo cual son relativamente frágiles y de menor aplicación.

MODIFICACIONES ALOTROPICAS.- Las formas de cristalización de un metal de estructura cristalina diferente y con diferencias marcadas en su contenido de energía, se llaman Formas alotrópicas. Entre los metales hay cuando menos 15 que existen en varias formas alotrópicas y entre los de uso común tenemos: Cromo, Cobalto, Hierro, Manganeso, Estaño, Titanio, Tungsteno y Zirconio. También se le llama a esta propiedad "Polimorfismo". Son producidas generalmente por un cambio en la temperatura, al aumentar ésta, aumenta el tamaño de la red cristalina, hasta alcanzar una temperatura llamada de transición, a la cual se presenta un arreglo atómico más estable y con menos energía total. En general la transformación es reversible y cuando el metal se enfría, ocurre una recristalización reuniendo el metal su forma original, Por ej: el hierro del tipo A.

a los 906°C se transforma en el tipo B, hasta 1.041°C, en donde otra vez cambia al tipo A, hasta llegar a los 1,530°C, o sea la temperatura de fusión. También se pueden producir cambios en la estructura aumentando la presión.

DEFORMACION.- La deformación de los materiales metálicos como elementos estructurales, bajo un determinado esfuerzo, no es permanente dentro de cierto límite; conservando el material su elasticidad; después de este límite, se manifiesta una acción llamada inelástica, la cual constituye una de las principales causas de falla del material, entendiéndose por falla la ruptura bajo un esfuerzo determinado. La falla puede ocurrir de dos maneras: si la acción inelástica se hace cero dentro de un corto tiempo después de ser aplicada la carga, la falla se produce por deslizamiento de los cristales. En el examen microscópico se observan planos de finidos de deslizamiento, que algunas veces pueden verse a simple vista, es decir, que la acción parece tomar lugar siguiendo planos definidos de debilitamiento a lo largo de los cristales individuales, más bien que entre los mismos cristales. Este fenómeno puede o no ser perjudicial, según el uso del miembro estructural que lo halla experimentado. La resistencia que oponen los cuerpos a fallar por deslizamiento se llama Resistencia Elástica y corresponde con el valor de la última fuerza. Cuando el deslizamiento no es muy grande, se puede eliminar calentando el material a determinada temperatura (Recocido). Ciertos metales (Zinc), sufren un auto-recocido, es decir, que solo con el reposo eliminan la distorsión experimentada, (sin necesidad de calentar.)

Si la acción inelástica no se anula o se hace cero, dentro de un corto tiempo después de aplicada la carga, la falla se produce por arrastre lento de planos de movimiento y al observar al microscopio se nota una rotación de los cristales, debida a la deformación plástica en sus alrededores; esta deformación se asemeja al flujo lento de un material viscoso. El peligro de este fenómeno es que puede producir, aunque lentamente, suficiente deformación para causar la falla del material, aún cuando el esfuerzo aplicado no sea tan grande como el que causa el deslizamiento, ocurre sobre todo cerca del punto de fusión del material y aumenta con el aumento de la temperatura. Algunos metales como el plomo y el estaño fallan a la temperatura ordinaria. A esta deformación se deben el alargamiento y la reducción de área de los metales dúctiles antes de fracturarse.

Se ha observado que los cristales metálicos perfectos resisten como 10 veces más carga que los metales empleados en la práctica, esta diferencia se atribuye a imperfecciones de estructura y sobre todo de composición, debido a la presencia de impurezas, algunas de las cuales forman una película sobre los sitios de continuidad del grano, eliminando las fuerzas de cohesión entre éste y los granos adyacentes; es el caso de gases como el Oxígeno, Nitrógeno y el Hidrógeno cuya presencia es por esto sumamente perjudicial, llegando a notarse aún a simple vista la microporosidad producida por ellos. Sobre todo en las piezas vaciadas.

La deformación de los materiales bajo carga puede controlarse por medios químicos o medios físicos. En el 1er caso puede ser por adición de un segundo material, (aleaciones), el segundo puede