

TK25  
B4

I.7 PROPIEDADES MAGNETICAS DE LA MATERIA

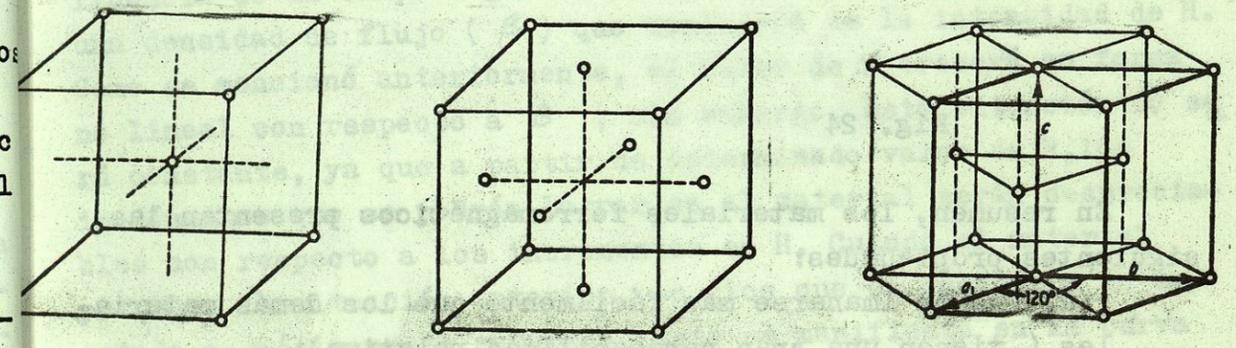
Existen tres clase de materiales magnéticos: FERROMAGNETICOS, PARAMAGNETICOS y DIAMAGNETICOS. Se definen de la siguiente manera: un material ferromagnético es aquél que tiene una permeabilidad ( artículo 1.8) que varía con la fuerza magnetizante ( campo magnético) y que es considerablemente mayor que la permeabilidad del vacío, ejemplos de éstos son el hierro, el cobalto y el níquel; una materia paramagnética es aquella que tiene una permeabilidad que es ligeramente mayor que la del vacío y aproximadamente independiente de la fuerza magnetizante, ejemplos de estos materiales son el oxígeno, el aluminio y el plomo. Por último, una materia diamagnética, como el carbono, bismuto, cinc o cobre, es aquella que tiene una permeabilidad menor que la del vacío.

En este curso se tratará principalmente con los materiales ferromagnéticos, ya que son los que presentan propiedades magnéticas intensas.

1.7.1 Cristales y Dominios Magnéticos.- En el estado sólido, los átomos acusan cierta permanencia de posiciones que da lugar a la formación de cristales. Los átomos no están fijos en sus posiciones, sino que vibran en ellas en un equilibrio dinámico. Al agruparse los átomos en el espacio en forma ordenada se puede decir que se establece una RED ESPACIAL. Un cristal está constituido de una serie de celdillas elementales de simetría igual a la del cristal. Existen 14 tipos de redes espaciales, siendo tres las que definen a la mayoría de los metales sólidos: 1) red cúbica de cuerpo centrado ( bcc), 2) red cúbica de cara centrada ( fcc), 3) red hexagonal compacta (cph); véase: van Vlack, L.H., MATERIALES PARA INGENIERIA, Ed. CECOSA, México, 1977, pp 85 y el tema " Comportamiento Magnético". La Fig. 23 ilustra los tres tipos de redes mencionadas. El hierro corresponde a la red bcc, a la temperatura ambiente.

Los electrones de la mayor parte de los iones metálicos que forman la estructura reticular de un metal están apareados; la

mitad rota en un sentido y la otra mitad, en el contrario. El ión resulta, por lo tanto, magnéticamente neutro. Los iones de los materiales ferromagnéticos constituyen una excepción. En particular, los de hierro tienen un exceso de dos electrones no compensados, y la imanación de una muestra de hierro se debe casi por entero al alineamiento de los momentos magnéticos de estos electrones. Cuando una muestra de hierro está magnéticamente SATURADA, todos los electrones no compensados están rotando con sus ejes en la dirección del campo magnético.



a) bcc

b) fcc

c) cph

Fig. 23 Redes espaciales.

Si existiese únicamente el efecto antes descrito, el hierro sería paramagnético, pero no ferromagnético. El ferromagnetismo es el resultado de una interacción cooperadora, autoalineadora y espontánea entre números de átomos de hierro relativamente grandes. Se forman entonces pequeñas regiones, denominadas DOMINIOS, en cada una de las cuales, y como resultado de interacciones moleculares, los momentos magnéticos moleculares son todos paralelos entre sí. En otras palabras: cada dominio está IMANADO ESPONTANEAMENTE A SATURACION, aún en ausencia de campo exterior. Un cristal contiene gran cantidad de dominios, y éstos a su vez contienen una cantidad relativamente grande de átomos ( alrededor de  $10^{15}$  átomos). La Fig. 24 muestra la orientación aleatoria de los dominios en una muestra no magnetizada, y la Fig. 24b indica la acción de un fuerte campo magnético sobre la orientación de dichos dominios.

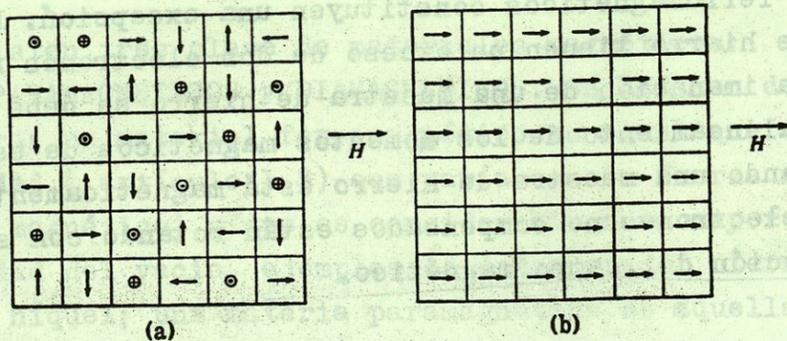


Fig. 24

En resumen, los materiales ferromagnéticos presentan las siguientes propiedades:

a) Pueden imanarse más fácilmente que los demás materiales ( tienen una gran permeabilidad relativa):

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

b) Tienen una inducción magnética intrínseca ( $\beta$ ) muy elevada.

c) Tienen una relación no lineal entre el campo magnético ( $H$ ) y la densidad de flujo ( $\beta$ ) que aquél produce.

d) Un aumento en el campo magnético les origina un incremento en la densidad de flujo diferente al producido por una disminución igual de campo magnético.

e) Conservan imanación al suprimirse el campo magnético aplicado.

f) Tienden a oponerse a variar su estado de imanación o desimanación ( fenómeno de HISTERESIS o inercia magnética).

La permeabilidad de una sustancia ferromagnética disminuye al aumentar la temperatura. La temperatura a la cual la permeabilidad relativa de una sustancia es prácticamente la unidad es

conocida por TEMPERATURA DE CURIE. Por encima de su temperatura de Curie, el hierro es paramagnético ( 1 043 °K).

### 1.8 CURVA DE IMANACION

Al someter una muestra de material ferromagnético a la influencia de un campo magnético ( $H$ ), Fig. 25, se inducirá en ella una densidad de flujo ( $\beta$ ) que dependerá de la intensidad de  $H$ . Como se mencionó anteriormente, el valor de  $H$  crecerá en forma no lineal con respecto a  $\beta$ , sin embargo, esta situación no será constante, ya que a partir de determinado valor de  $H$ , los incrementos que se podrán lograr en el material serán despreciables con respecto a los incrementos en  $H$ . Cuando el material presente la situación anterior, se dice que se encuentra en un estado magnéticamente saturado. Este se manifiesta en la curva de imanación como la porción recta final de la misma.

A la relación gráfica que expresa el comportamiento de la densidad de flujo con respecto al campo magnético se le llama CURVA DE IMANACION DEL MATERIAL.

A la relación matemática entre la densidad de flujo ( $\beta$ ) existente en un medio determinado y el campo magnético ( $H$ ) que la induce, se le conoce como PERMEABILIDAD del medio ( $\mu$ ).

$$\beta = \mu H$$

1.11

La permeabilidad es la propiedad de un medio específico que manifiesta la facilidad con que se pueden establecer en él las líneas de flujo magnético. La permeabilidad del espacio libre ( vacío) varía de acuerdo al sistema de unidades utilizado ( Tabla I). En la práctica, la permeabilidad de todos los materiales no magnéticos ( paramagnéticos y diamagnéticos) como el cobre, el aluminio, la lana, el vidrio y el aire, es la misma que la del espacio libre. A la permeabilidad definida por la