

“EL CICLO DE HISTÉRESIS EN MATERIALES FERROMAGNÉTICOS”

Los materiales ferromagnéticos poseen pequeñas zonas que tienen un momento magnético diferente de cero, a estas zonas se les llama dominios magnéticos, y su momento magnético es el resultado de la suma de los campos magnéticos debidos a los movimientos de traslación y rotación de los electrones que están presentes en tales dominios. Normalmente, los momentos magnéticos de los dominios están orientados de forma aleatoria; de tal forma que, la suma de los momentos magnéticos de los dominios que están presentes en una porción de material ferromagnético, es igual o muy cercana a cero ya que se van cancelando entre sí. Por otra parte, los dominios magnéticos tienen formas irregulares y áreas muy pequeñas, si supusiéramos que todos los dominios son circulares, dichos círculos tendrían radios que irían de 1 micrómetro hasta unas décimas de milímetro, dependiendo de la composición del material ferromagnético y de los campos magnéticos externos a que fue sometido (historia magnética). En la figura siguiente se tiene una representación de los dominios magnéticos presentes en una porción de material ferromagnético y se indica, con una flecha, la orientación de sus correspondientes momentos magnéticos.

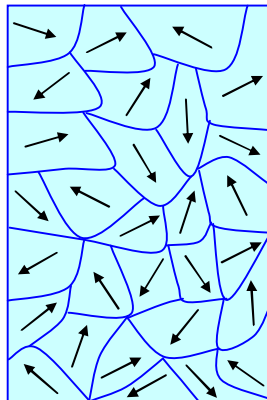


Figura 1. Dominios magnéticos de una porción de material ferromagnético.

Cuando un material ferromagnético se coloca bajo la influencia de un campo magnético externo (CME), sus dominios magnéticos tienden a alinearse con las líneas de fuerza de dicho campo y tal alineación depende de la intensidad del CME (H), como se muestra en las figuras siguientes, donde las líneas del CME se indican con flechas más grandes.

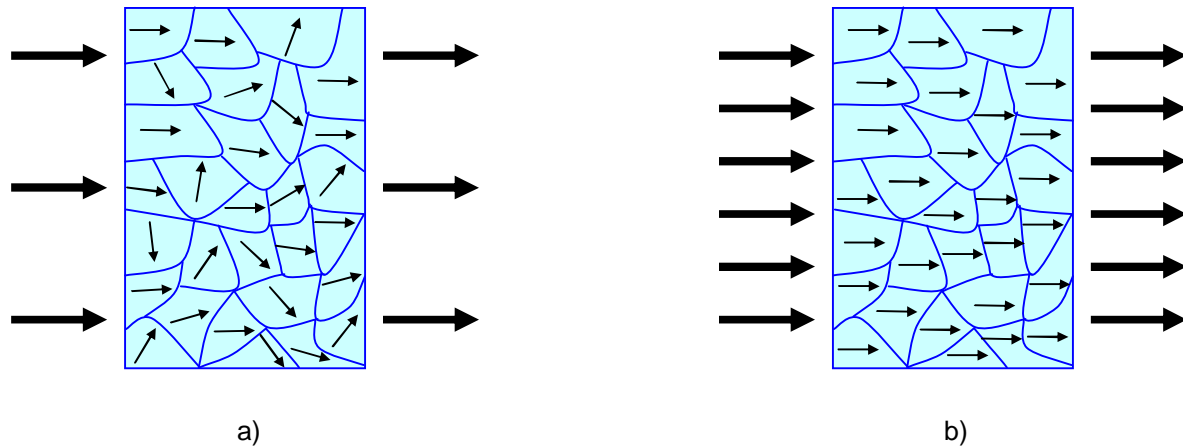
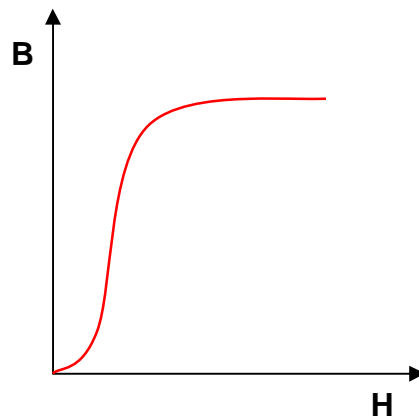


Figura 2. Comportamiento de los dominios magnéticos de un material bajo la acción de campos magnéticos débil (a) y fuerte (b).

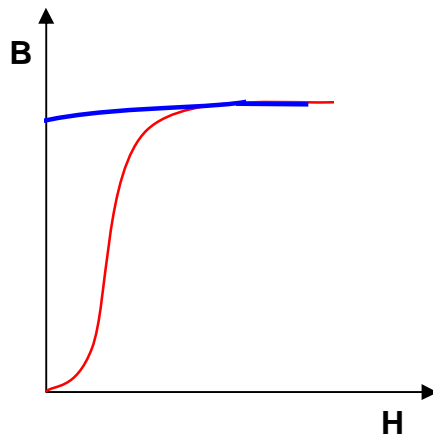
Como se observa en las figuras anteriores, mientras mayor sea la H , mayor es la cantidad de dominios magnéticos que se alinean; lo cual, implica un aumento en el campo magnético resultante teniéndose entonces un campo magnético inducido (CMI).

Tomando en cuenta lo anterior, si inicialmente un material ferromagnético, cuyos dominios están orientados aleatoriamente, se coloca dentro de un CME generado por un solenoide, se puede graficar H , contra la intensidad del CMI (B), obteniéndose una gráfica como la siguiente:



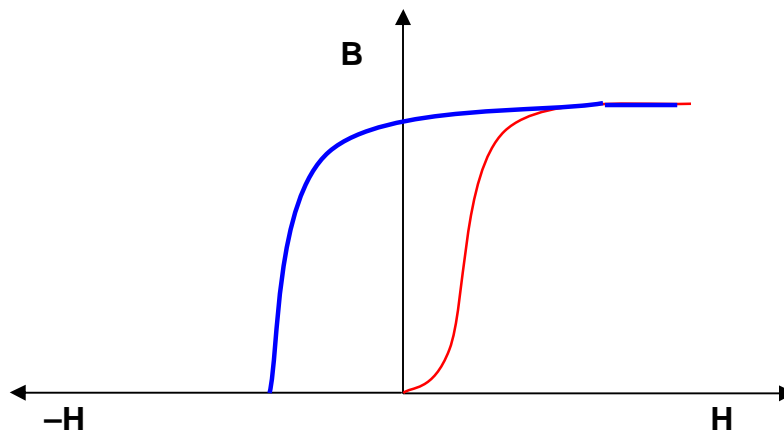
Gráfica 1. Curva de primera saturación.

Como se observa, al aumentar H , aumenta B , hasta el llegar al punto en el cual la alineación de los dominios es la máxima posible; tal que, aunque H aumente más, B ya no aumenta, a esta curva se le conoce como curva de primera saturación; sin embargo, si a partir de este punto, se empieza a disminuir la H , se tendría la gráfica siguiente:



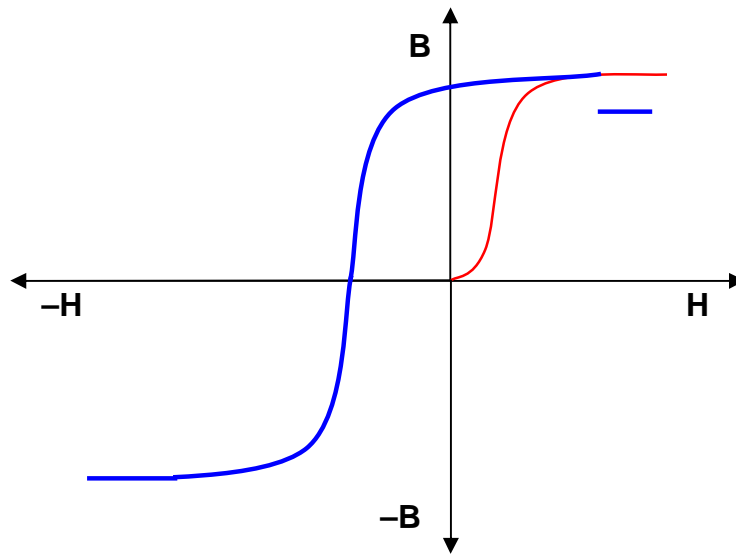
Gráfica 2.

Como se observa, al ir disminuyendo la H , disminuye también B , pero no por el mismo camino en que fue aumentando, esto implica que aun cuando la H llegue al valor de cero, existirá un campo magnético inducido; es decir, se mantienen alineados la mayor parte de los dominios magnéticos, se dice entonces que el material quedó magnetizado. Si ahora se aplica un campo magnético externo $-H$, opuesto al anterior; esto es, cambiando el sentido de la corriente en el solenoide, los dominios irán orientándose en sentido contrario, disminuyendo con ello la magnetización del material, de tal forma que se obtendría una gráfica como la siguiente:



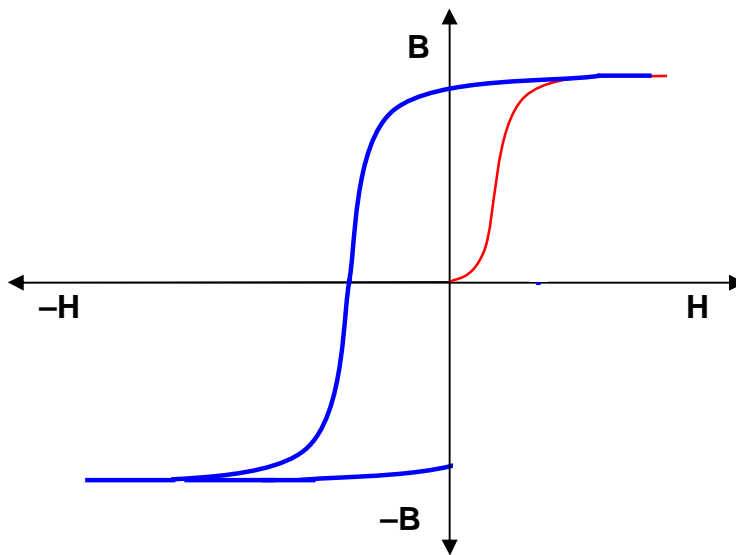
Gráfica 3.

Como se observa, al ir aumentando $-H$, disminuye B , hasta llegar a cero (el valor de $-H$ para el cual B se hace cero, se le llama campo coercitivo); ahora bien si se continúa aumentando $-H$, el material se irá magnetizando pero con campo contrario al de su primera magnetización, obteniéndose una gráfica como la siguiente, donde la intensidad del campo magnético inducido se denota con $-B$.



Gráfica 4.

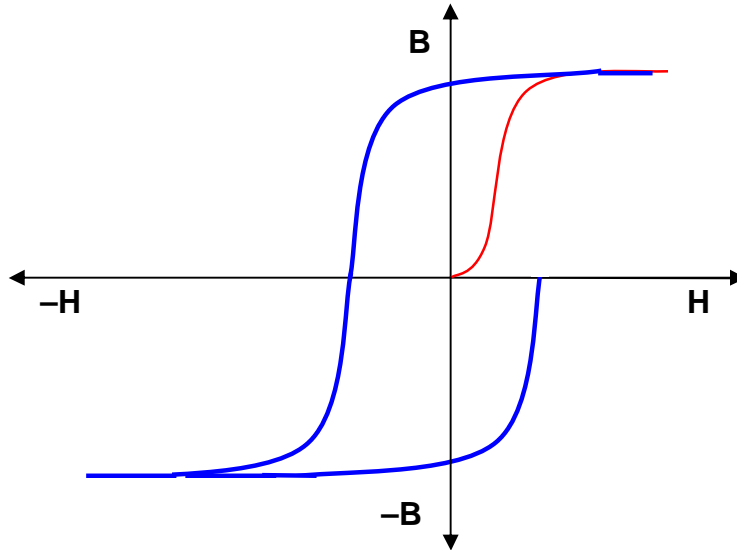
Como se observa al ir aumentando $-H$, aumenta $-B$, hasta llegar a un punto de máxima saturación, donde los dominios están alineados en el sentido contrario a como se alinearon en la curva de primera saturación. Ahora, si se disminuye el valor de $-H$ hasta el valor de cero, se obtiene una gráfica como la siguiente:



Gráfica 5.

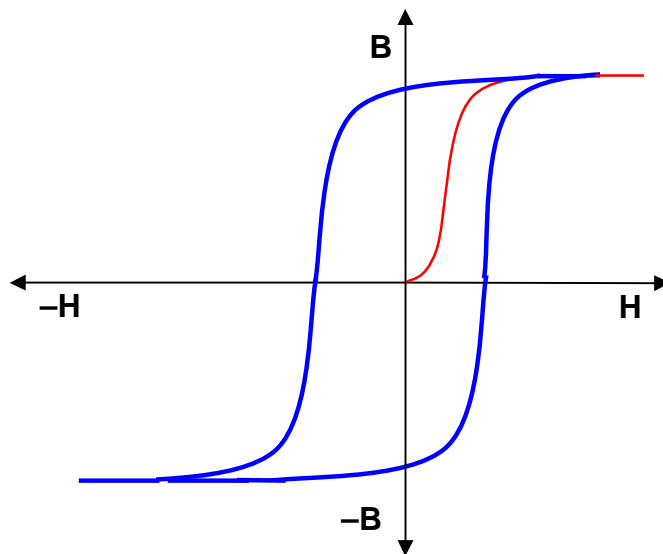
Como se observa al ir disminuyendo $-H$, disminuye también $-B$, pero no por el mismo camino en que fue aumentando, esto implica que aun cuando la $-H$ es cero, permanece un campo magnético inducido de intensidad $-B$; es decir, se mantienen alineados la mayor parte de los dominios

magnéticos, se dice entonces que el material quedó magnetizado (ahora en sentido opuesto a la primera vez). Si ahora se aplica un campo magnético externo opuesto (H); esto es, cambiando nuevamente el sentido de la corriente en el solenoide, los dominios irán orientándose en sentido contrario, disminuyendo con ello la magnetización del material, de tal forma que se obtendría una gráfica como la siguiente:



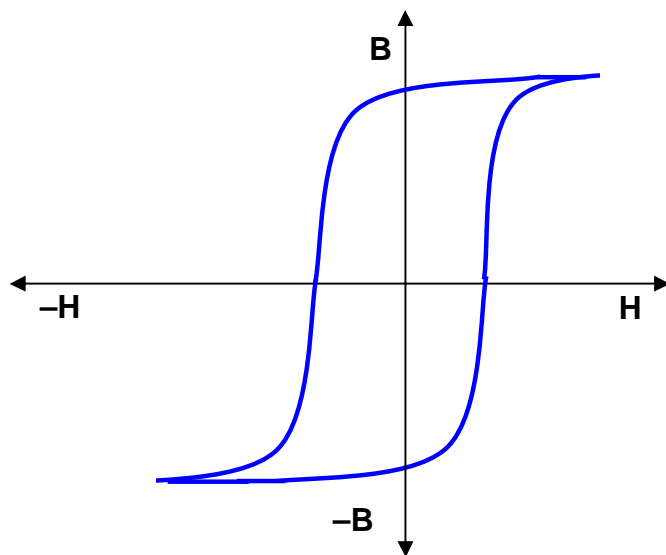
Gráfica 6.

Como se observa, al ir aumentando H , disminuye $-B$, hasta llegar a cero; ahora bien si se continúa aumentando H , el material se irá magnetizando, obteniéndose una gráfica como la siguiente



Gráfica 7.

Como se observa, al ir aumentando H , aumenta B hasta el llegar al punto en el cual la alineación de los dominios es la máxima posible; es decir, se llega nuevamente a la máxima saturación que se alcanzó en la curva de la figura 1, completando así el ciclo de histéresis del material. Específicamente, se le llama ciclo de histéresis a ciclo que forman todas las curvas excepto la de primera saturación; es decir el ciclo de histéresis en el caso descrito anteriormente, se muestra en la gráfica siguiente:



Gráfica 8.

El ciclo de histéresis de un material ferromagnético puede ser angosto o ancho dependiendo de la composición del material. Los materiales con ciclo de histéresis angosto, se les llama materiales ferromagnéticos blandos y a los que tienen un ciclo de histéresis grueso se les llama materiales ferromagnéticos duros.

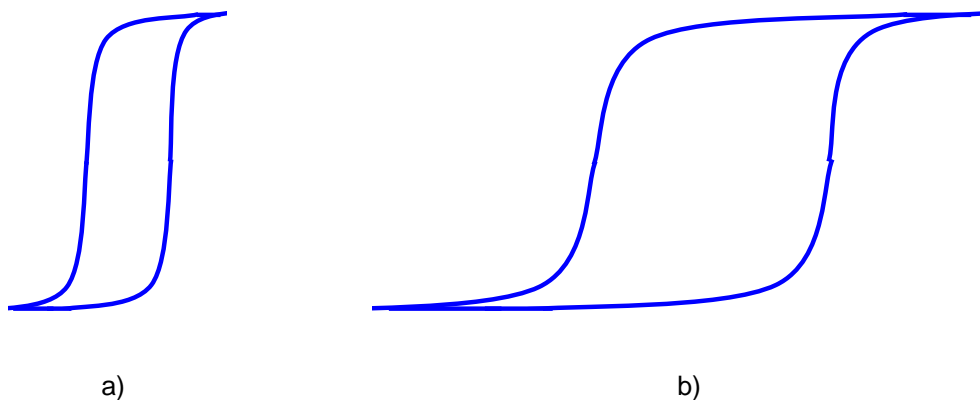


Figura 3. Ciclo de histéresis de un material ferromagnético blando (a) y de un material ferromagnético duro (b).

Los materiales ferromagnéticos duros se magnetizan al aplicar un campo magnético grande y para desmagnetizarlos se requieren también de campos magnéticos grandes; por ello, se emplean en la fabricación de dispositivos de almacenamiento de información como los discos duros de una computadora, cintas magnéticas, las tarjetas de crédito, los boletos del metro, etc.

BIBLIOGRAFÍA:

- Smith, William F.; Hashemi, Javad *Ciencia e Ingeniería de Ingeniería de Materiales*, 3ª edición; McGraw-Hill: España, 2004.
- Smith, William F.; Hashemi, Javad *Fundamentos de Ciencia e Ingeniería de Materiales*, 4ª edición; McGraw-Hill: España, 2006.
- Shackelford, James F. *Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros*, 6ª edición; Pearson Prentice-Hall: España, 2005.