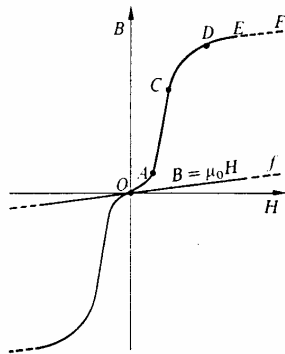


MATERIALI FERROMAGNETICI

I materiali ferromagnetici presentano rispetto alle sostanze dia e paramagnetiche notevoli anomalie. Abbiamo già detto che la permeabilità di un materiale riassume in se le caratteristiche magnetiche del materiale stesso. Infatti da essa dipende, a parità di campo magnetizzante, il valore assunto dall' induzione. La relazione $\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}$ sarà rappresentabile nel piano cartesiano da una retta finché μ resta costante. Ora, mentre per i dia e para la μ risulta costante, cioè indipendente dal campo magnetico, per i ferromagnetici essa non lo è mai. In tal caso la relazione che lega B ad H è rappresentata da una curva e non da una retta e prende il nome di **CURVA DI PRIMA MAGNETIZZAZIONE**; tale curva ha l' andamento :



Il primo tratto (OA) detto **ginocchio inferiore** mostra che il materiale ha un piccolo valore di μ_r (ordine delle centinaia); il tratto (AC) ha andamento circa rettilineo con $\mu_r > 1000$; il tratto (CD) è detto **ginocchio superiore** e si raccorda col tratto DE detto di **saturazione** cioè in cui il materiale è in **stato di saturazione** caratterizzato da una permeabilità magnetica di basso valore (da qualche centinaio a qualche decina di unità).

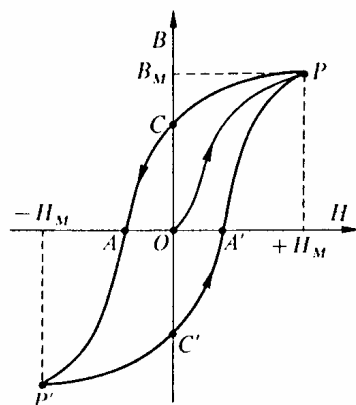
NB: per ogni materiale ferromagnetico esiste la relativa curva di magnetizzazione !!!

Si può poi osservare che il fenomeno della saturazione è tipico dei materiali ferromagnetici; infatti tale fenomeno non è presente nei dia e para perché la curva di magnetizzazione è una retta. D' altra parte nei materiali magnetici (ferromagnetici perché magnetico è sinonimo di ferromagnetico) si raggiungerà veramente lo stato di saturazione solo quando il campo presenta un' intensità tale da costringere tutte le molecole ad orientarsi nella direzione del campo stesso (valori elevatissimi, in pratica non raggiungibili) . Oltre questo valore, al crescere del campo magnetico l' induzione del materiale incrementerà con la legge del vuoto:

$$B_o = \mu_o H_o.$$

Un materiale magnetico (ferromagnetico) segue la curva di magnetizzazione solo quando esso inizialmente è allo stato di completa smagnetizzazione e il campo magnetizzante viene fatto incrementare, partendo dal valore 0 , sempre nello stesso verso (cioè il campo non deve mai calare). Quando invece un materiale ferromagnetico è soggetto a variazioni qualsiasi di campo magnetico (un incremento, poi un decremento etc.), il corrispettivo valore di B non può essere più calcolato con la curva di prima magnetizzazione poiché il materiale non segue più questa curva.

Precisamente se suppongo che il campo vari ciclicamente (periodicamente) fra due valori uguali ma di segno opposto cioè se il campo inverte continuamente direzione nel materiale raggiungendo però sempre la stessa intensità, allora la curva che esprime la relazione tra B ed H sarà :



Tale curva chiusa prende il nome di **CICLO DI ISTERESI**, che il materiale percorre in un solo e ben determinato verso. Infatti, se dopo aver portato lo stato magnetico del materiale (inizialmente smagnetizzato) da O in P mediante un campo magnetico che dal valore zero è passato a $+H_M$ si farà ritornare il campo al valore zero, si trova che lo stato magnetico non è più rappresentato dai punti che stanno su PO ma da punti che stanno su un tratto di curva PC più alto (fenomeno dell'isteresi magnetica).

Se poi il campo viene invertito fino a raggiungere il valore $-H_M$ allora il materiale percorrerà un altro tratto di curva differente da quella di magnetizzazione, precisamente l'arco CAP'. Annullando il campo e facendo tornare poi a $+H_M$ il materiale descrive il tratto P' C' A' P. In conclusione, variando il campo da $+H_M$ a $-H_M$ e poi di nuovo a $+H_M$ il materiale descrive una curva chiusa detta **CICLO DI ISTERESI**.

Del ciclo interessano i seguenti punti :

Il punto P o P' perché rappresenta il valore massimo raggiunto dal campo e quindi dall'induzione.

Il punto C e C' che determina l' **INDUZIONE RESIDUA B_r** per $H=0$; cioè rappresenta lo stato magnetico entro il materiale quando questo viene lasciato a sé stesso dopo essere stato magnetizzato.

Ciò è dovuto al fenomeno dell' *isteresi magnetica*, cioè al fatto che le molecole rimangono parzialmente orientate anche dopo la soppressione del campo magnetizzante.

Infine, il punto corrispondente al valore del campo che annulla l'induzione nel materiale (A e A'), è detto **COERCITIVO** ed è indicato con H_c .

Và ancora ricordato che la forma assunta dalla curva di magnetizzazione e da quella del ciclo di isteresi è fortemente dipendente dalle caratteristiche fisico-chimiche del materiale.

Anche la temperatura influisce sulle caratteristiche magnetiche di questi materiali, tanto è vero che al disopra di un certo ben determinato valore, detto **PUNTO DI CURIE** il materiale perde tutte le sue proprietà magnetiche per comportarsi come paramagnetico. Esso però ritorna magnetico non appena la temperatura scende sotto il punto di Curie riacquistando le stesse proprietà che aveva in partenza. Per il ferro questa temperatura è di $770\text{ }^\circ\text{C}$.