

19.A Mágneses erőtér – Anyagok viselkedése mágneses térben

Mutassa be az elemi mágnesek és a domének segítségével az anyagok viselkedését mágneses erőtérben!

Értelmezze a diamágneses, a paramágneses és a ferromágneses anyagok fogalmát, gyakorlati jellemzőit!

Mutassa be a mágnesezési görbét, s értelmezze a mágneses permeabilitást!

Hasonlítsa össze a keménymágneses és a lágymágneses anyagokat!

Értelmezze a hiszterézist, s mutassa be gyakorlati szerepét!

Anyagok viselkedése mágneses térben

A mágneses permeabilitás

Mint az elektromos tér esetében, a mágneses térben ható erő nagysága (azaz a mágneses indukció értéke) is függ a teret kitöltő anyag minőségétől. Ezt jellemző mennyiség a mágneses permeabilitás, ami a mágneses indukció és a térerősség között létesít kapcsolatot.

$$B = \mu \cdot H$$

A mágneses permeabilitás két tényezője

A μ két tényezőre bontható:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

1. μ_0 a vákuum mágneses permeabilitása, értéke:

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$$

2. μ_r a relatív permeabilitás, amely megmutatja, hogy az indukció hányszor lesz nagyobb, ha a teret vákuum helyett valamilyen anyag tölti ki.

Vákuum esetén $\mu_r = 1$; levegő, fa, víz, papír stb. esetén $\mu_r \approx 1$.

Állandó mágnes

Azokat az anyagokat, amelyeknél a külső mágneses tér megszűnése után is fennmarad a rendezett állapot, állandó mágneseknek nevezzük.

Az anyagok viselkedése mágneses térben

Az anyagot felépítő atomok mágneses tulajdonsággal rendelkeznek, amelyet az atomban mozgó elektromos töltések okoznak.

Domén

A két tér általában nem azonos erősségű és nem azonos irányú, ezért a legtöbb atomnak, illetve a belőlük felépülő molekuláknak van saját mágneses tere. Ezeket együttesen doméneknek nevezzük.

A domének elhelyezkedése az anyagban

Az anyagban a domének a hőmozgás következtében rendszertelenül helyezkednek el, ezért egymás hatását lerontják. Ennek okán, noha a test sok elemi mágnessel rendelkezik, kifelé nem mutat mágnesességet.

A domének saját mágneses tere

Külső mágneses tér hatására viszont a domének megfelelő irányba rendeződnek, ami hatására a test mágnessé válik. Ezen rendeződés után a domének saját mágneses tere megnöveli a külső tér értékét, azaz a mágneses indukció a sokszorosára μ_r -szeresére növekszik. Bizonyos anyagok (pl. vas) esetén a külső tér megszűnése után visszaáll a rendezetlen állapot.

Egy atom teljes mágneses tulajdonságának két része

Egy atom teljes mágneses tulajdonsága két részből tevődik össze:

- elektronjai keringéséből és
- az elektronok tengely körüli forgásából, amelyet spinnek is nevezünk.

Az anyagok osztályozása a relatív permeabilitás szerint

A relatív permeabilitás alapján az anyagokat három csoportba sorolhatjuk.

Diamágnesek

Diamágnesek: azok az anyagok, amelyekben nincsenek domének, mivel az elektronok keringéséből és spinjéből származó mágneses hatások kompenzálják egymást. Ezért $\mu_r < 1$ diamágnesek pl.:

- arany,
- ezüst,
- réz,
- kén,
- víz,
- nemesgázok.

Paramágnesek

Paramágnesek: ezek atomjai elemi mágneseket alkotnak, $\mu_r > 1$ Paramágneses anyagok pl.:

- mangán,
- alumínium,
- ón,
- platina.

Ferromágnesek

Ferromágnesek $\mu_r \gg 1$ ezek az anyagok képesek a legnagyobb mértékben megnövelni a külső tér indukcióértékét. Ide sorolandók:

- vas,
- nikkel,
- kobalt és
- ezek ötvözetei.

Curie

Megjegyzendő, hogy a ferromágneses tulajdonság csak a Curie (küri) hőmérsékleti pont alatt érvényesül. Ez a vas esetén 768 °C.

A mágneses indukció megváltoztatása

Mint látható, a paramágneses anyagok kis-, a ferromágnesek nagymértékben képesek megnövelni a térerősség hatására létrejövő mágneses indukciót. A mágneses térbe helyezett diamágneses anyag viszont csökkenti a tér mágneses indukcióértékét.

A mágneses térerősség és az indukció közötti kapcsolat

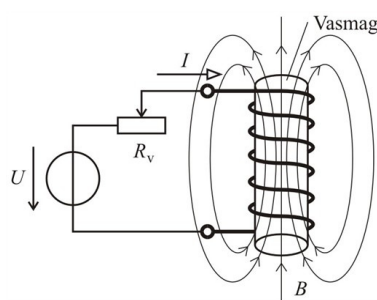
Vizsgáljuk meg egy egyszerű áramkör segítségével, hogy milyen kapcsolat van a mágneses térerősség és az indukció között!

Egy feszültséggenerátorra kapcsoljunk sorosan egy változtatható értékű ellenállást és egy tekercset!

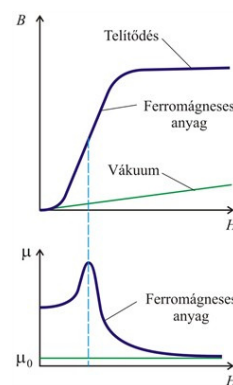
Az anyag telítődése

Ferromágneses anyagok görbéje az egyenestől eltérő, mivel az indukció egy bizonyos térerősség felett nem nő tovább az anyag telítődése miatt. A telítődés azt jelenti, hogy a vasmag nem képes nagyobb fluxus vezetésére. A telítődés anyagtól függően 0,3-2 T értéknél alakul ki.

Mivel ferromágneses anyagokban a permeabilitás nem állandó, így az indukció értékét nem a $B = \mu \cdot H$ összefüggéssel hanem az anyagra vonatkozó mágnesezési görbéből kell meghatározni.



Mágnesezés



Mágnesezési és permeabilitás görbék

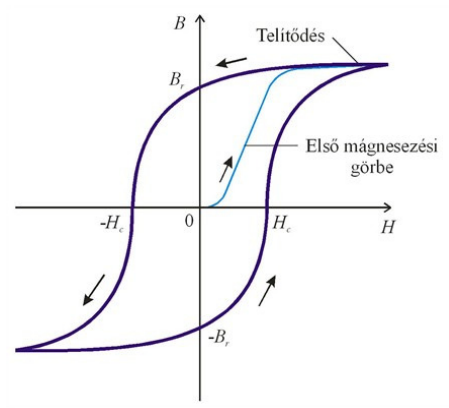
Mágnesezési görbe

Ha a tekercs belsejébe egy vasmagot helyezünk, és a tekercs áramát folyamatosan növeljük (az ellenállás értékének csökkentésével), akkor a tekercsben egyre nagyobb lesz a térerősség, így folyamatosan nő a hatására kialakuló mágneses indukció is. Ha a térerősség és az indukció viszonyát egy koordináta rendszerben ábrázoljuk, akkor a mágneses térbe helyezett anyag (a vasmag) mágnesezési görbéjét kapjuk.

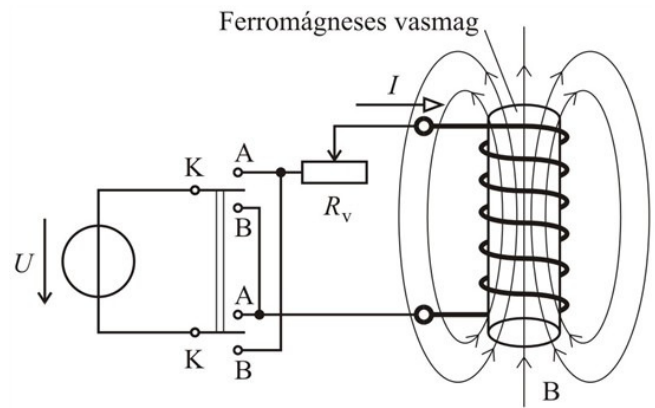
A légtüres tér mágnesezési görbéje egy egyenes a $B = \mu_0 \cdot H$ összefüggés alapján, ahol a μ_0 az egyenes meredeksége.

A hiszterézis görbe

Megfigyelhető, hogy amennyiben az anyagot egyszer már felmágnesztük, a kiindulási pontba (0 pont) még egyszer nem jutunk vissza.



A hiszterézis görbe



A hiszterézis görbe felvétele

A hiszterézis görbe

Ha a mágnesezési görbe felvételére alkalmas kapcsolást az ábra szerint egy váltókapcsolóval kiegészítjük, akkor alkalmas lesz egy teljes mágnesezési görbe vagy más néven a hiszterézis görbe felvételére.

1. A kapcsolók A vagy B állása esetén a generátor U feszültsége miatt I gerjesztő áram indul meg az áramkörben.
2. A gerjesztő áram értékét az R_v potenciométer segítségével folyamatosan növelhetjük, ami a $\Theta = N \cdot I$ összefüggés alapján (ahol N a menetszám) a gerjesztés növekedéséhez vezet.
3. Ha nő a gerjesztés, akkor a $H = \frac{\Theta}{l}$ szerint (ahol l a tekercs hossza és állandó nagyságú) nő a térerősség, ami a

$B = \mu \cdot H$ miatt az indukció folyamatos növekedését okozza.

4. A gerjesztő áram értékének növelése mindaddig folytatódhat, amíg az anyag telítésbe nem megy át. Ezek után további pozitív változtatás már indukció növekedést nem okozna, ez már csak veszteség lenne.

A koercitív erő

Azt a térerősséget, amely az anyagban a mágneses indukciót nullára csökkenti, koercitív erőnek nevezzük és H_c -vel jelöljük.

A remanens indukció megszüntetése

A remanens indukció csak ellentétes irányú és meghatározott nagyságú térerősséggel szüntethető meg. Ehhez a lemágnesező folyamathoz a kapcsolók ellentétes állására, és ezáltal ellentétes irányú folyamatosan növekvő áramra van szükség.

Az anyag újra felmágnesezése

Az áram további növelésével újból felmágnesezhetjük az anyagot, de most pontosan ellentétes pólusú lesz az előzőhöz képest, amely ismét csak a tér irányának megváltoztatásával szüntethető meg. Az így kapott görbét teljes mágnesezési vagy hiszterézis görbének nevezzük.

Remanens indukció

A telítésig felmágnesezett ferromágneses anyagban a térerősséget folyamatosan csökkentve az indukció nem a görbe szerint csökken. $H = 0$ nulla esetén is jelentős indukcióval rendelkezik az anyag. Ezt maradandó vagy más néven remanens indukciónak nevezzük, és B_r -rel jelöljük

Mágneses anyagok felosztása

Hiszterézis veszteség

Az anyagok átmágnesezéséhez energiára van szükség, amely az anyag felmelegedését okozza. Az erre fordított energiát hiszterézis veszteségnek nevezzük.

A keménymágneses anyagok

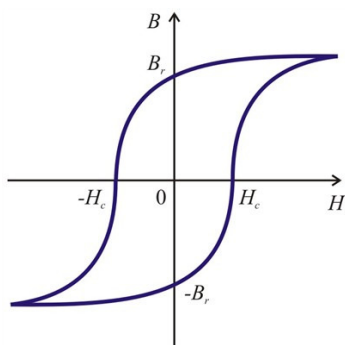
Az anyagokat a H_c érték szerint két nagy csoportra osztjuk.

1. Azokat az anyagokat, amelyeknél a koercitív erő H_c értéke $10^3 \dots 10^5 \frac{A}{m}$ között van, keménymágneses anyagoknak nevezzük.

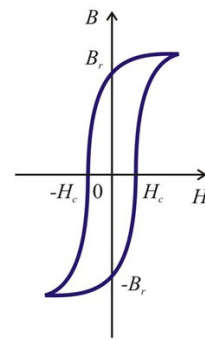
A keménymágneses anyagok hiszterézis görbéje széles. Ilyenek az állandó mágnesek, amelyeket különböző berendezésekben, motorokban, műszerekben, hangszórókban mágneses tér előállítására használnak.

A természetes öregedés

Az állandó mágnesek remanenciája nem állandó, mivel a természetes öregedés, a túl magas hőmérséklet, illetve az erőteljes mechanikai hatás mind-mind a B_r -t csökkentő tényező.



Keménymágnes hiszterézis görbéje



Lágymágnes hiszterézis görbéje

A lágymágneses anyagok

A lágymágneses anyagok csoportjába azok az anyagok tartoznak, amelyeknél a koercitív erő H_c értéke kisebb, mint

$$10^3 \frac{A}{m}.$$

Emiatt a lágymágneses anyagok hiszterézis görbéje keskeny. A lágymágneses anyagok közé tartozik a lágyvas, a transzformátorlemez, ezek mind ferromágneses anyagok. Felhasználásuk:

- indukció növelésére,
- fluxus vezetésére, összegyűjtésére, valamint
- mágneses és elektromos árnyékolásra történhet.

A lágymágnesek hiszterézis vesztesége

A hiszterézis veszteség függ az anyag H_c értékétől, és a tér váltakozásának frekvenciájától. A lágymágnesek hiszterézis vesztesége kicsi.