

Lekcja 42 i 43

Temat: Materiały magnetyczne.

1. Podział materiałów ze względu na przenikalność magnetyczną względną:

a) materiały diamagnetyczne ($\mu_r < 1$) o właściwościach:

- magnetyzują się w niewielkim stopniu,
- magnetyzują się w kierunku przeciwnym do kierunku działania zewnętrznego pola magnetycznego,
- stan namagnesowania jest proporcjonalny do zewnętrznego pola magnetycznego i nie jest zależny od temperatury.

Zaliczamy do nich: gazy szlachetne, miedź, srebro, cynk, bizmut, złoto, węgiel, rtęć, ołów, siarka, itp.)

b) materiały paramagnetyczne ($\mu_r > 1$) o właściwościach:

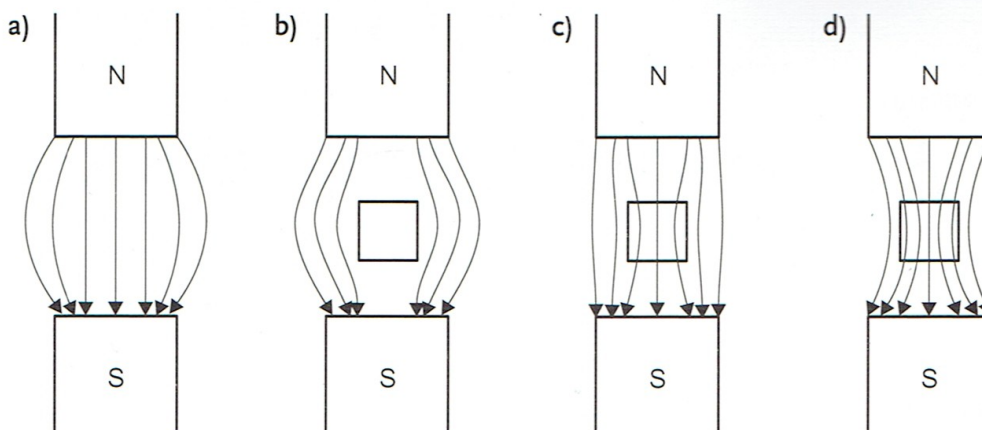
- magnetyzują się w niewielkim stopniu,
- magnetyzują się w kierunku zgodnym z kierunkiem działania zewnętrznego pola magnetycznego,
- stan namagnesowania jest zazwyczaj proporcjonalny do zewnętrznego pola magnetycznego oraz odwrotnie proporcjonalny do temperatury bezwzględnej.

Zaliczamy do nich: metale alkaliczne, platyna, magnez, aluminium, cyna, wanad, wolfram, itp.

c) materiały ferromagnetyczne ($\mu_r \gg 1$) o właściwościach:

- magnetyzują się w bardzo dużym stopniu,
- magnetyzują się w kierunku zgodnym z kierunkiem działania zewnętrznego pola magnetycznego,
- przy okresowej zmianie kierunku pola magnetycznego wykazują właściwość histerezy magnetycznej, czyli zachowują stan namagnesowania po zaniku zewnętrznego pola namagnesowania,
- magnetyzacja jest proporcjonalna do zewnętrznego pola magnetycznego oraz odwrotnie proporcjonalna do różnicy temperatury bezwzględnej i temperatury Curie ($T - T_c$).

Zaliczamy do nich: żelazo, nikiel, kobalt.



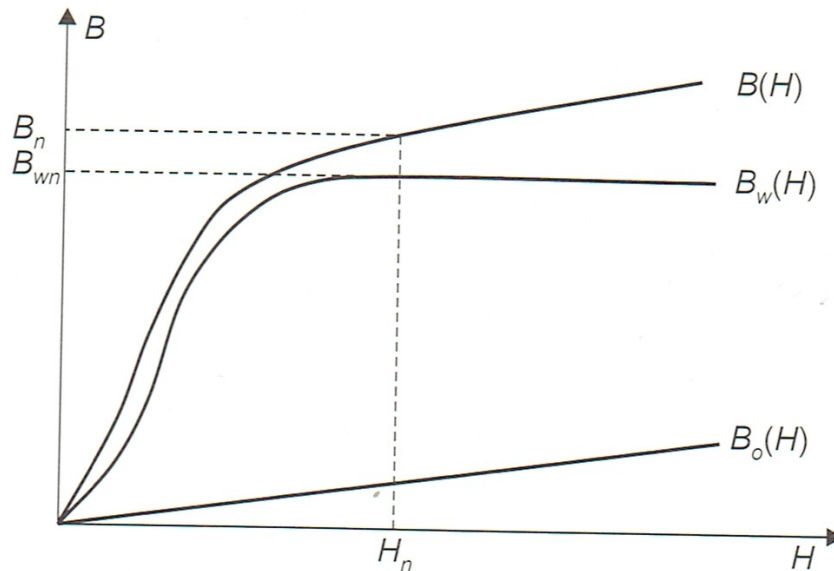
Zachowanie materiałów w zewnętrznym polu magnetycznym: a) bez materiału, b) diamagnetyk, c) paramagnetyk, d) ferromagnetyk.

2. Temperatura Curie – punkt Curie to temperatura, w której dany ferromagnetyk traci swoje właściwości magnetyczne i staje się paramagnetykiem.

3. Pierwotna krzywa magnesowania przedstawia zależność indukcji magnetycznej B od natężenia zewnętrznego pola magnetycznego H .

Należy zaznaczyć, że indukcja magnetyczna B w materiale ma dwie składowe: B_0 (indukcja magnetyczna w próżni) i B_w (indukcja magnetyczna właściwa zależna od stanu namagnesowania):

$$B = B_0 + B_w$$

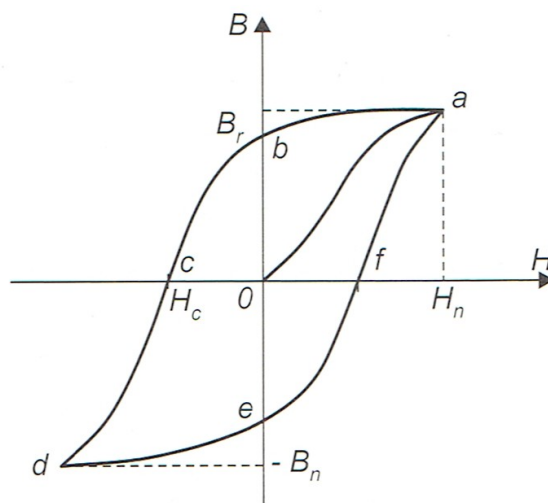


Pierwotną krzywą magnesowania uzyskuje się podczas magnesowania materiału ferromagnetycznego po raz pierwszy lub po jego rozmagnesowaniu.

4. Sposoby rozmagnesowania ferromagnetyków:

- przez podgrzanie powyżej temperatury Curie i powolne schładzanie bez obecności pola magnetycznego,
- przez magnesowanie w przemiennym polu magnetycznym początkowo do indukcji nasycenia, a następnie przez kolejne magnesowanie z coraz mniejszą amplitudą.

5. Pętla histerezy magnetycznej to wykres opisujący zjawisko histerezy, które polega na tym, że zmiana parametrów układu, wywołana zmianami czynników zewnętrznych, zależy od poprzednich wartości parametrów układu przed wystąpieniem danych czynników układu.



Gdzie:

B_r – indukcja pozostałości magnetycznej (remanencja),

B_n – indukcja magnetyczna nasycenia,

H_r – natężenie powściąągające (koercji),

H_n – natężenie pola nasycenia.

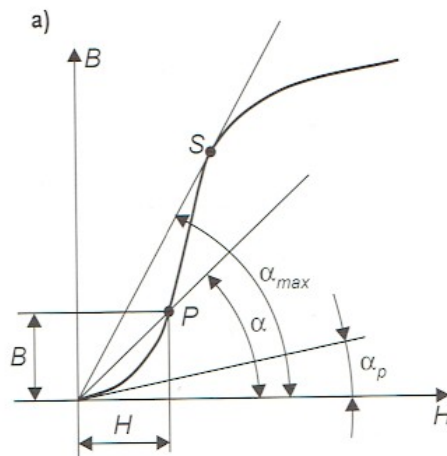
6. Graniczna pętla histerezy to pętla histerezy przy $H = H_n$ (natężenie pola magnetycznego jest równe natężeniu pola nasycenia), po przekroczeniu którego pętla histerezy nie zmienia kształtu oraz wartości i powierzchni, wydłuża się natomiast bezhisterezyowy odcinek krzywej.

7. Komutacyjna (naturalna) krzywa magnesowania to krzywa łącząca wierzchołki obiegów histerezy, odpowiadające zwiększającym się stopniowo wartościom H . Pokrywa się ona z pierwotną krzywą magnesowania.

8. Przenikalność magnetyczną materiałów ferromagnetycznych dzielimy na:

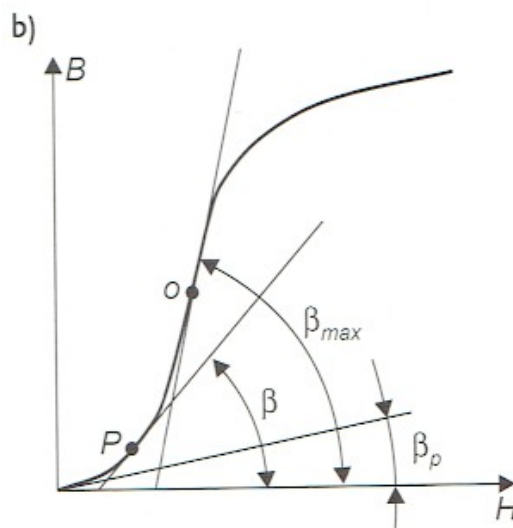
- a) normalną (statyczną) będącą tangensem kąta nachylenia α prostej poprowadzonej z początku układu współrzędnych oraz punktu pracy P:

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha = \frac{B}{H}$$



- b) dynamiczną (różniczkową) będącą tangensem kąta nachylenia β stycznej do krzywej magnesowania w punkcie pracy P:

$$\mu = \operatorname{tg} \beta = \frac{\Delta B}{\Delta H}$$



9. Straty mocy w ferromagnetykach to straty magnetyczne powstałe tylko w rdzeniu obwodu magnetycznego, wyrażone wzorem:

$$\Delta P_{Fe} = \Delta P_h + \Delta P_w$$

gdzie:

a) ΔP_h to straty mocy wynikające z histerezy i wyrażamy je wzorem:

$$\Delta P_h = k_h * \frac{f}{f_{50}} \left(\frac{B_m}{B_1} \right)^2 \left[\frac{W}{kg} \right]$$

gdzie:

k_h – współczynnik proporcjonalności (stała materiałowa) odczytywany z tablic parametrów materiałów ferromagnetycznych,

f – częstotliwość prądu magnesującego [Hz],

f_{50} – częstotliwość przemysłowa 50 Hz [Hz],

B_m – amplituda zmiennej indukcji magnetycznej [T],

B_1 – indukcja magnetyczna jednostkowa – 1 [T].

b) ΔP_w – to straty mocy wynikające z przepływu prądów wirowych i wyrażamy je wzorem:

$$\Delta P_w = k_w * \left(\frac{\delta}{\delta_{0,5}} * \frac{f}{f_{50}} * \frac{B_m}{B_1} \right)^2 \left[\frac{W}{kg} \right]$$

gdzie:

k_w – współczynnik proporcjonalności (stała materiałowa) odczytywany z tablic parametrów materiałów ferromagnetycznych,

δ – grubość użytych blach ferromagnetycznych,

$\delta_{0,5}$ – standardowa grubość blach ferromagnetycznych.

10. Podział materiałów ferromagnetycznych:

a) ze względu na szerokość pętli histerezy, dzieli się na:

- materiały magnetyczne miękkie (wąska pętla histerezy),
- materiały magnetyczne twarde (szeroka pętla histerezy),

b) ze względu na wykorzystany materiał:

- materiały magnetyczne metaliczne,
- materiały magnetyczne niemetaliczne (ferryty).