

Posouzení magneticky měkkých materiálů pomocí hysterezních smyček

Úkol měření:

1. Změřte statickou hysterezní smyčku vybraných magnetických materiálů. Stanovte remanentní magnetickou indukci B_r , koercivitu H_c , nasycenou indukci B_m a odpovídající maximální hodnotu magnetického pole H_m .
2. Změřte křivku prvotní magnetizace vzorků.
3. Vypočítejte a vynesete do grafů závislosti $\mu_r = f(H)$, stanovte $\mu_{r\text{poč.}}$ a $\mu_{r\text{max.}}$.
4. Naleznete pomocné body B_c a H_r na hysterezních smyčkách (viz obr. 1), vypočítejte energii hysterezních ztrát vzorků. Pro výpočet použijte program instalovaný na počítačové síti v laboratoři.

Tabulky naměřených hodnot:

Vzorek	H_m	B_m	H_r	B_r	$\mu_{r\text{poč.}}$	$\mu_{r\text{max.}}$	H_c	B_c	w_h
	(A/m)	(T)	(A/m)	(T)	(-)	(-)	(A/m)	(T)	(J/m ³)
16420	2750	1,34	900	0,88	328,5	702,3	425	1,14	2126
2C	2650	1,40	400	0,60	372,4	1242,0	175	0,80	938
2002.1	2825	1,04	1350	0,80	65,2	497,7	675	0,88	2789
2002.2	-	-	-	-	100,0	-	-	-	-

Hodnoty jsou vypočítané takto (často je použito např. grafické odečítání úhlů v grafech):

$\mu_{r\text{poč.}} = \frac{\text{tg}\beta}{\mu_0}$ kde $\text{tg}\beta$ je strmost tečny v počátku ($H = 0$), pod kterým začíná „stoupat“ křivka prvotní magnetizace.

$\mu_{r\text{max.}} = \frac{\text{tg}\alpha}{\mu_0}$ kde $\text{tg}\alpha$ je strmost tečny z vedené z počátku do bodu, kde se křivka prvotní magnetizace mění z konvexní na konkávní.

Aby bylo možno porovnat i materiálové vlastnosti, uvádím složení daných slitin:

Vzorek č.	Složení vzorků
16420	Ocel- 0.1% C, 0.7% Cr, 3.5% Ni
2 C	Ocel- 3% Si
2002.1	Nástrojová ocel- 2% C, 12% Cr
2002.2	dtto, temperovaná při 940 °C po dobu 1 hodiny a zakalená v oleji

Grafy:

U každého referátu z naší skupiny je přiložen jeden graf pro jedno měření z permeamtru (z celkových čtyřech).

Závěr:

U materiálu 2002.2 nebylo možné stanovit základní vlastnosti daného magnetického materiálu, jelikož tyto parametry se stanovují z maximální hysterezní smyčky, čehož zde nebylo dosaženo (při zvyšování intenzity magnetického pole by ještě docházelo ke změně pozice bodů B_r a H_c).

Nějaké odchylky u naměřené křivky prvotní magnetizace mohly vzniknout např. tím, že nebylo dosaženo úplného odmagnetování, čímž se mohlo stát, že ve vzorku zůstal nějaká remanentní indukčnost (při $H=0$ by B nebylo úplně nulové \rightarrow možný posun křivky a vzniká chyba u stanovení odečítaných hodnot).

Za použití počítačové aplikace (která v podstatě počítá plochu hysterezní smyčky) jsme stanovili měrné hysterezní ztráty. Největší měrné hysterezní ztráty vykazovala dle našeho měření nástrojová ocel (2% C, 12% Cr). Nejmenší ztráty naopak ocel se 3% křemíku. Tento údaj lze považovat za relativně správný, neboť s přídavkem Si se dělají např. transformátorové plechy, atd. (zvýšení rezistivity \rightarrow omezení vířivých proudů ; Dotace Si způsobuje také růst permeability a sytné indukce). Při našem měření jsme se ale ztrátám vířivými proudy nevěnovali (plochu smyčky ovlivňují jen minimálně), jelikož jsme měřili hysterezní smyčku „statickou“ – tzn. perioda magnetování vzorku byla kolem 0,5 minuty.