

# 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 <sup>3</sup> )
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 přídatkem 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.