



Fakulta elektrotechnická

Katedra technologií a měření

ŘÍZENÍ JAKOSTI A TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA

10. přednáška – **Základní diagnostické metody**

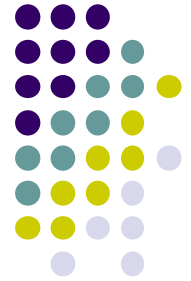


8 Základní diagnostické metody



8.1 Defektoskopické systémy (str. 134)

- defektoskopické systémy
- systémy, které zkoumají materiály nedestruktivními zkouškami a odhalují skryté vnitřní a povrchové vady



- typy zkoušek
- povrchové metody –
-
- detekují trhlinky a jiné necelistvosti na povrchu nebo v těsné blízkost pod povrchem materiálu
 - a) metody kapilární
 - b) metody odporové (elektrické)
 - c) metody elektromagnetické (vířivými proudy)
 - d) metody magnetické
 - e) metody teplotní (infračervené, termobarvy)



- vnitřní (objemové) metody
 - detekují trhlinky a jiné necelistvosti (póry, nehomogenita, strukturní defekty) uvnitř objektu
-
- a) metody ultrazvukové
 - b) metody prozařovací (rentgenové záření, záření gama, tok neutronů)



8.1.1 Odporová defektoskopie

- princip –
- založen na **porovnání vodivosti** testovaného materiálu s referenčním vzorkem o stejných vlastnostech jako má zkoumaný materiál
- zkoumaný materiál se musí **před měřením zbavit povrchových nečistot** (vliv na vodivost materiálů)



- přes **proudové elektrody** P_1 a P_2 je materiál připojen ke zdroji ss nebo stř. nf proudu (60 Hz – 5 kHz)
- **na napěťových elektrodách** N_1 a N_2 se měří napětí ΔU ,
- hodnota napětí ΔU – Ohmův zákon:
závisí na napájecím proudu, délce proud. čar, ploše materiálu, přes níž protéká proud a rezistivitě materiálu
- je-li v materiálu trhлина, vada:
- el. pole se deformuje, dráha siločar se prodlouží a při konstantním napájecím proudu se úbytek napětí mezi napěťovými elektrodami změní na $\Delta U'$



- měření se provádí **srovnávací metodou** (měříme testovaný i referenční vzorek)
- pro srovnání pak platí rovnice

$$\frac{\Delta U'}{\Delta U} = \frac{R'}{R}$$

kde R ... elektrický odpor materiálu bez vady

R' ... elektrický odpor materiálu s povrchovou vadou
(lomem)



- při použití střídavého napájení dochází k povrchovému jevu
- výhodou je, že vlivem povrchového jevu siločáry kopírují těsně povrch materiálu
- výskyt povrchového defektu můžeme snadno identifikovat, protože je vyšší poměr

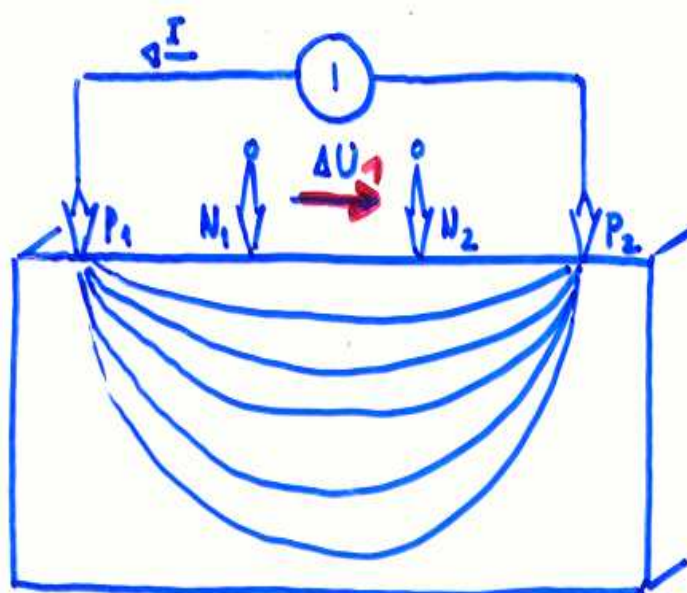
$$\frac{\Delta U'}{\Delta U}$$

Schéma zapojení

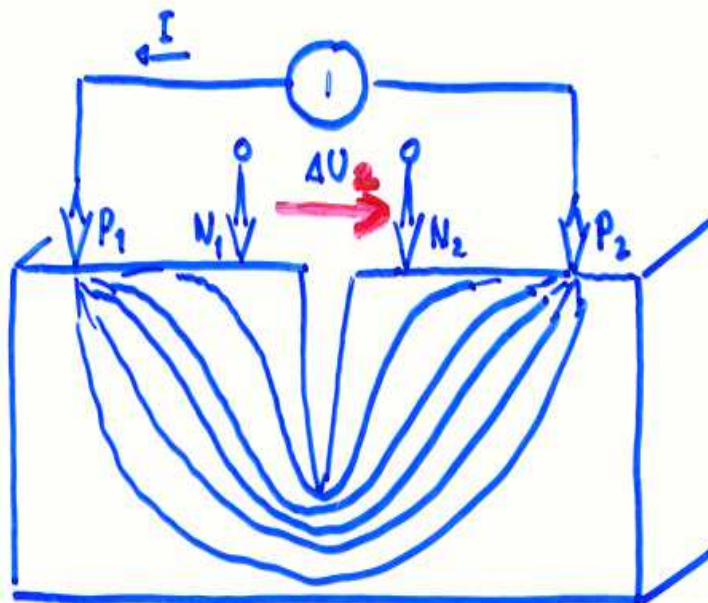


Metoda odporová (tzv. potenciometrická)

použitelná pro el. vod. materiály:



a)



b)

$$\Delta U_2 > \Delta U_1$$

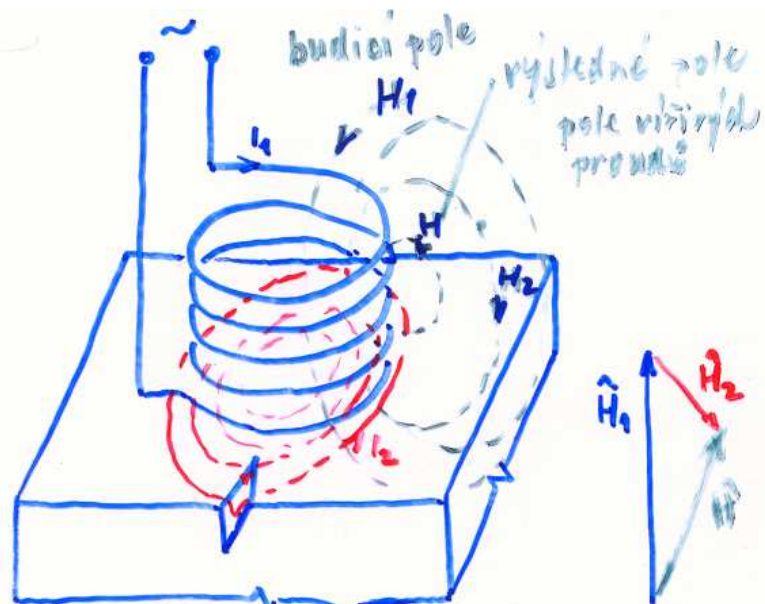
8.1.2 Elektromagnetická defektoskopie (str. 135)



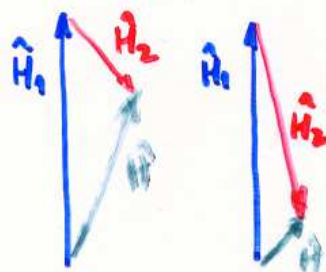
- princip –
- detekce povrchových poruch (omezení hloubkou vniku elektromag. pole do materiálu) za pomoci vířivých proudů v el. vodivém materiálu
- bezkontaktní metoda – před vlastním měřením není **nutná žádná úprava snímaného povrchu**



- budicí cívka je umístěna co nejbližší k objektu a je napájena st. el.proudem
- elmg. pole cívky H_1 indukuje v materiálu el. napětí u_i , které vytvoří vířivé proudy i_v kolmé k H_1
- tyto vířivé proudy i_v v testovaném materiálu vytvářejí vlastní elmg. pole H_2 , které působí proti poli budicí cívky H_1 testovacího zařízení
- vlivem nehomogenit v povrchu a pod povrchem materiálu dojde k prodloužení dráhy vířivých proudů (obtékání prasklin) – pokles proudové hustoty a snížení intenzity pole H_2 vyvolaného vířivými proudy



a) 1)



2)

3)

ad a)

1) geometr. uspořádní

2) s vadou

3) bez vady

Schéma zapojení

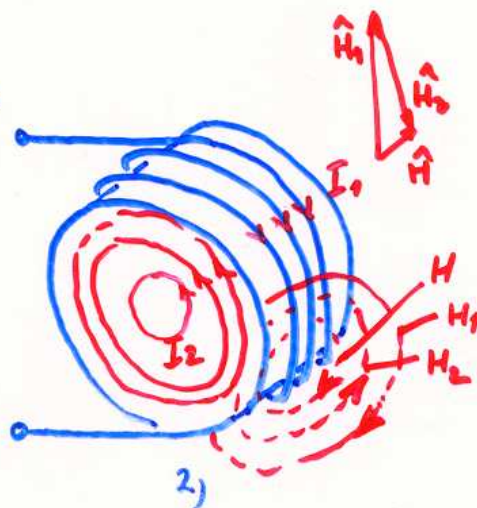


b) 1)

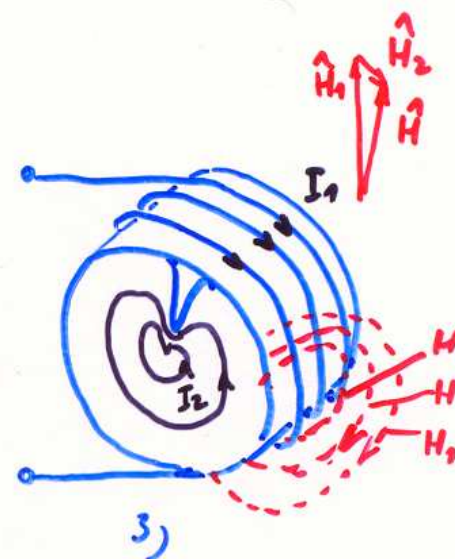
1) geom. uspořádní

2) bez vady

3) s vadou



2)



3)



- podle tvaru testovaného materiálu a uspořádání budicí cívky vzhledem ke vzorku –
dvě typy uspořádání:
 - a) **pro detekci poruch na větších plochách**, budicí cívka je přiložená kolmo k materiálu
 - b) **pro detekci na válcových materiálech**, materiál je vložen přímo do budicí cívky
- pro vlastní vyhodnocení defektoskopické metody slouží další přiložená cívka (tzv. snímací cívka) – měří výsledné **H** , a nebo se měří impedance budicí cívky

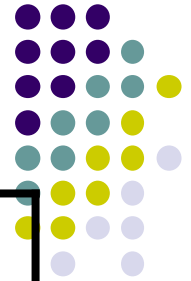
8.1.3 Magnetická defektoskopie, zařízení a magnetická měření

(část není ve skriptech)



magnetické veličiny

<i>Veličina</i>	<i>Značka</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Vztah</i>
mag.napětí	U_m	A	$U_m = \int_A^B \overline{H} d\overline{l}$
mag. tok	Φ	Wb	$\Phi = \int_S \overline{B} d\overline{S}$



reluktance (mag. odpor)	R_m	H^{-1}	$R_m = \int_l \frac{dl}{\mu_0 \mu_r S}$
permeance (mag. vodivost)	G_m	H	$G_m = \mu_0 \mu_r \frac{S}{l}$
intenzita mag. pole	H	$A.m^{-1}$	$H = \frac{1}{\mu_0 \mu_r} B$
koercitivní intenzita mag. pole	H_c	$A.m^{-1}$	



indukce mag. pole	B	T	$B = \mu_0 \mu_r H$
remanent. indukce mag. pole	B_r	T	

kde $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \dots$ permeabilita vakua (H.m^{-1})
 $\mu_r \dots$ relativní permeabilita (–)



- rozdělení látek podle relativní permeability:

a) **diamagnetické** materiály $\mu_r < 1$

b) **paramagnetické** materiály $\mu_r > 1$

c) **feromagnetické** materiály $\mu_r \gg 1$,

u těchto látek nejsou konstantní hodnoty R_m a G_m
(závisí na procházejícím mag. toku)



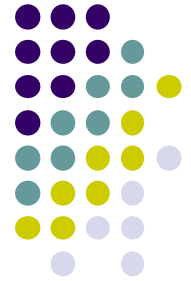
zákony v teorii magnetického pole

<i>Zákon</i>	<i>Vztah</i>
Hopkinsonův zákon	$U_m = R_m \Phi$
I. Kirchhoffův zákon	$\sum_{i=1}^n \pm \Phi_i = 0$
II. Kirchhoffův zákon	$\sum_{i=1}^n \pm U_i = \sum_{i=1}^n \pm N_i I_i$

princip magnetické defektoskopie



- Tj. detekce rozptylového magnetického toku v oblastech povrchových poruch ve **feromagnetických** materiálech
- pokud je porucha na povrchu nebo těsně nad ním, prochází rozptylové magnetické pole přes okolní prostředí
- pracuje na principu zvětšení R_m feromagnetického materiálu, je-li v něm porucha



- pro buzení mag. pole se používá **ss** nebo **st nf** proud (důvodem je omezení vířivých proudů a povrchového jevu)
- **stejnoseměrné buzení**: výhodou je možnost lokalizace vzdálenějších vad, nevýhodou je obtížné odmagnetování
- **metody a použití** magnetodefektoskopických metod jsou určeny:
 - podle způsobu magnetování
 - podle detekce rozptylových polí



- způsoby magnetování

- a) **podélné magnetování** (tzv. **pólové**) –
siločáry mg. toku prochází **ve směru podélné osy**
materiálu, testovaný materiál se vkládá přímo do cívky
jako jádro nebo jako část do mag. obvodu cívky;
(detekce příčné poruchy materiálu)
- b) **příčné magnetování** (tzv. **cirkulární**) –
siločáry jsou **kolmé k podélné ose materiálu**,
magnetování je způsobeno přímým průchodem el.
proudu materiálem;
(detekce podélné trhliny v materiálu)



- c) **kombinované magnetování** –
kombinací obou předešlých způsobů, časový průběh obou polí musí být rozdílný;
lze zajistit např. tím, že podélné mg. pole bude buzeno stejnosměrně

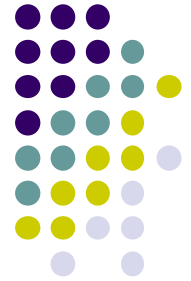


- metody detekce rozptylových mag. polí



- a) **prášková (polévací)** metoda – na povrch materiálu se nanese tekutina s feromag. práškem, který se na materiálu seskupí podle siločar, objeví se případné defekty
- b) **magnetografická** metoda – záznam mag. pole na magnetografický materiál (podobný princip jako u magnetofonové pásky)
- c) **elektroinduktivní** metoda – využití snímacích sond, ve kterých se indukují el.napětí
- d) **Hallova sonda**

magnetická měření



- *měření magnetických polí*

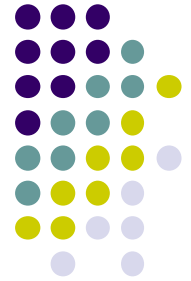
zjišťují se mg. veličiny Φ , B , H , U_m ;

při integrační metodě měření se používají měřicí cívky;
můžeme měřit mag.pole s_s i s_t

- *měření magnetických vlastností látek*

určují se magnetizační charakteristiky a
ztráty vzniklé magnetizací

1) měření magnetického stejnosměrného pole



- měření indukce homogenního magnetického stejnosměrného pole - dva způsoby:
 - a) měření balistickým galvanometrem
 - b) měření webermetrem (fluxmetrem)

Měřicí přístroj je připojen k měřicí cívce o známé konstantě, která se vkládá do mg.pole !

2. MĚŘENÍ MG. SS. POLÍ

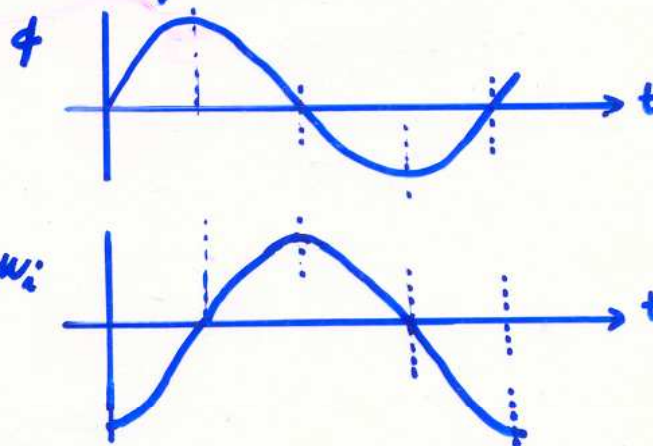
Integrační metody:

vychází z indukovaného napětí změnou mg. toku

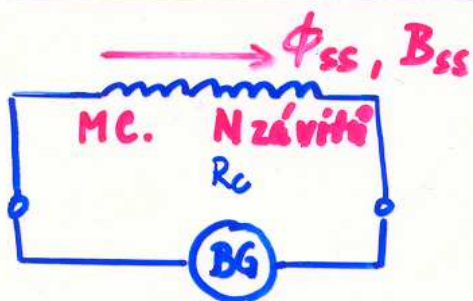
$$u_i = - \frac{d\phi}{dt}$$

pr. $\phi = \phi_m \sin \omega t$

$$u_i \approx -\cos \omega t$$



2.1. MĚŘENÍ B_x HOMOGEN. SS. POLE s BG

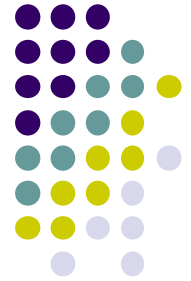


MC... měř. cívka s N závitů plochy S

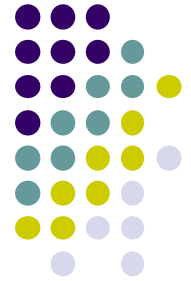
Pohybem cívky v poli se indukují napětí (vlození, vyjmutí, otočení)

$$u_i = -N \frac{d\phi}{dt} = -NS \frac{dB}{dt}$$

$$\text{Prúd. impuls } Q_i = \int_{t_1}^{t_2} i dt = \frac{1}{R_c} \int_{t_1}^{t_2} u dt = \frac{NS}{R_c} \int_{B_1}^{B_2} dB = K_{BG} \cdot \Delta B_{\max}$$



- *měření balistickým galvanometrem*
- **balistický galvanometr** = přístroj, který měří prošlý náboj při krátkodobém proud. nebo napětovém impulsu
- **Otočná cívka** má velký moment setrvačnosti M_J , je zavěšená na svislém torzním vlákně tak, že se může natáčet v mg. poli o indukci B
- natočení cívky se měří **opticky** pomocí zrcátka připevněného ke spoji vlákna s cívkou



- Vlastnosti analogových přístrojů :
- **Měřicí ústrojí:**
pevná a pohyblivá část, ukazovatel a stupnice
- Zjednodušení – model, soustředěné parametry,
- **Ustálený stav** – rovnováha 2 momentů, většinou moment pohybový M_P = moment direktivní M_d
- **Přechodový děj** – rovnováha 4 momentů:
$$M_J + M_b + M_d + M_P = 0$$



- pohybem měřicí cívky v mg. poli se indukují napětí (indukuje se vložením, příp. vyjmutím nebo otočením měřicí cívky)

$$u_i = -N \frac{d\Phi}{dt} = -NS \frac{dB}{dt}$$

- první maximální výchylka (amplituda kmitů systému) $\alpha_{1\max}$ je přímo úměrná náboji, který projde cívkou v krátkém časovém okamžiku – proudový impuls je dán vztahem:

$$Q_i = \int_{t_1}^{t_2} i dt = \frac{1}{R_C} \int_{t_1}^{t_2} u dt = \frac{NS}{R_C} \int_{B_1}^{B_2} dB = K_{BG} \alpha_{1\max} \Rightarrow$$

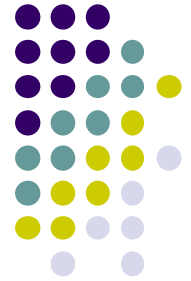
$$\Rightarrow B_X = \frac{K_{BG} \alpha_{1\max}}{NS} R_C$$

kde K_{BG} ... konstanta balistického galvanometru
(určuje se většinou experimentálně)

$\alpha_{1\max}$... 1. maximální výchylka balistického
galvanometru

BG měří impulzy proudové i napěťové.





- *měření webermetrem (fluxmetrem)*
- v zapojení je místo balistického galvanometru webermetr, přístroj, kterým se měří **pouze napěťový impuls**
- pohyblivá měřicí cívka o známé konstantě, připojená k webermetru, se vkládá do mg.pole
-
- **webermetr nemá direktivní moment**, tzn., že bez přídatného zařízení se ukazovatel nevrací na nulu !

$$\alpha_F = \alpha_2 - \alpha_1$$



- **napěťový impuls** je definován

$$Q_u = \int_{t_1}^{t_2} u dt = NS \int_{B_1}^{B_2} dB = K_F \alpha_F \Rightarrow B_X = \frac{K_F \alpha_F}{NS}$$

kde K_F ... konstanta webermetru

α_F ... výchylka webermetru



D Ě K U J I Z A P O Z O R N O S T

