



MERANIE NAPÄTIA V OCEĽOVÝCH LANÁCH POMOCOU MAGNETOELASTICKÉHO DYNAMOMETRA DYNAMAG

Peter Fabo¹, Pavel Obluk²

Kľúčové slová: magnetoelastický efekt, mechanické napätie, dynamometer, nedeštruktívne meranie

Abstrakt:

Magnetoelastický dynamometer DynaMag je zariadenie pre bezkontaktné a nedeštruktívne meranie mechanického napätia v oceľových lanách. Meracia metóda využíva meranie zmien materiálových charakteristík feromagnetických látok pri ich mechanickom zaťažení. Ako snímací prvok systému sú použité priamo oceľové laná. Zariadenie umožňuje dlhodobý monitoring v náročných terénnych podmienkach, napr. pri aplikáciách v stavebníctve (zemné kotvy, mosty, predpäté železobetónové konštrukcie).

1. Úvod

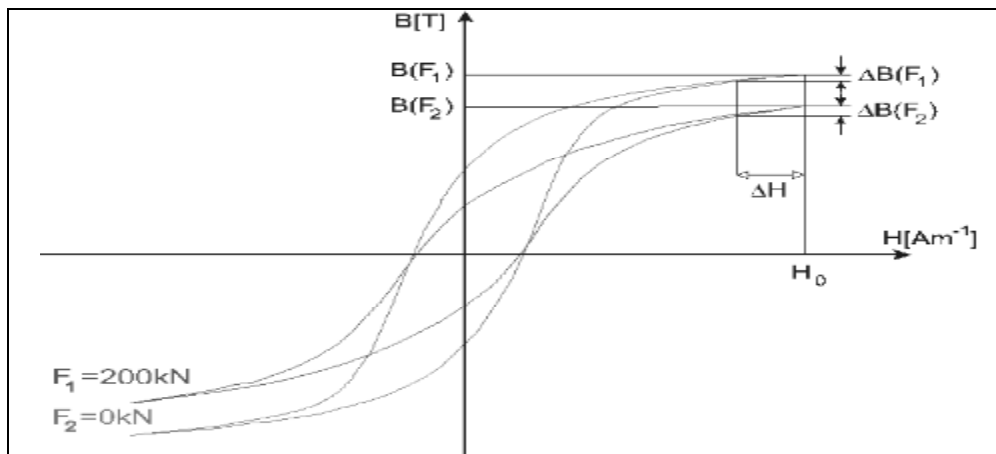
Magnetoelastický dynamometer DynaMag je určený pre bezkontaktné a nedeštruktívne meranie mechanického napätia a síl v nízkouhlíkatých oceľových lanách, káblach a tyčiach. Meracia metóda je založená na magnetoelastickom jave, t.j. zmenách magnetických vlastností feromagnetických látok pri ich mechanickom zaťažení. Meranie je realizované pomocou senzora tvoreného koaxiálnym transformátorom, ktorého jadrom je mechanicky zaťažené merané lano. Meracia metóda je priama, požadovaný údaj o mechanickom zaťažení poskytuje priamo meraný prvok. Sensory sú robustné a odolné voči vonkajším vplyvom, metódu je možné používať aj v ťažkých stavebných a terénnych podmienkach.

2. Fyzikálny princíp metódy

Pri mechanickom zaťažení feromagnetického materiálu – tlaku, ťahu, torzie – dochádza k deformácii tvaru jeho magnetickej hysteréznej slučky. Technicky môžeme veľkosť zmeny hysteréznej slučky určiť meraním celkovej permeability alebo inkrementálnej permeability materiálu vo zvolenom pracovnom bode. Na permeabilitu materiálu majú vplyv aj iné parametre, akými sú napr. chemické zloženie, metalurgické spracovanie, teplota, magnetická minulosť a iné, tieto je potrebné v meracom procese vhodným spôsobom korigovať alebo eliminovať. Z realizačného hľadiska je výhodnejšie meranie inkrementálnej permeability, pretože vyžaduje len unipolárne premagnetovávanie meraného prvku, čím sa znižujú hysterézne straty a následne ohrev meraného prvku. Stanovenie pracovného bodu pre meranie inkrementálnej permeability μ_r závisí od konkrétnych vlastností zvoleného materiálu, zo súboru rozsiahlych experimentálnych meraní vyplýva, že vhodným pracovným bodom, v ktorom je závislosť permeability od sily približne lineárna, je pri nízkouhlíkatých oceľoch bod, v ktorom μ_r dosahuje približne hodnotu 4 až 6. Pri vyšších hodnotách μ_r je meranie zaťažené hysterézou a driftom v dôsledku nestability minoritných hysteréznych slučiek, pri nižších hodnotách μ_r klesá citlivosť merania v dôsledku znižovania množstva a plochy doménových stien, ktoré zodpovedajú za magnetoelastický jav.

¹ RNDr. Peter Fabo, PhD., Fakulta matematiky a informatiky Univerzity Komenského, Mlynská dolina, 842 25 Bratislava, Slovensko, Tel.: +421 32 64 94 002, Fax: +421 32 64 94 002, e-mail: peter.fabo@dynamag.com

² RNDr. Pavel Obluk, INSET s.r.o., Rudná 21, 700 30 Ostrava, Česká republika, Tel.: +420 596 123 565, Fax: +420 596 115 832, e-mail: obluk.pavel@inset.com



Obr. 1 Hysterézná slučka a zmena jej tvaru

3. Konštrukcia meracej aparátury a snímača

Snímače pozostáva z koaxiálneho transformátora tvoreného primárnou a sekundárnou cievkou. Súčasťou snímača je elektronická identifikačná jednotka, ktorá obsahuje kalibračné údaje snímača, unikátne identifikačné číslo a presný teplomer. Pri návrhu snímača bol kladený dôraz na jeho environmentálnu odolnosť, vnútorný priestor snímača je vyplnený pružnou polyuretánovou hmotou, ktorá zaručuje odolnosť snímača do tlaku 10 bar.

Štandardná rada snímačov pokrýva laná od štandardného priemeru 15.6 mm (monostrand) až do priemeru lán 110 mm, v minulosti boli použité unikátne snímače pre laná s priemerom 240 mm. Meracia aparátura umožňuje merať magnetický tok snímačom do rozsahu 100 mWb s rozlíšením 1 μWb .

Štandardná 4-kanálová aparátura je koncipovaná ako doplnkové zariadenie s akumulátorovým napájaním k prenosnému počítaču. S počítačom komunikuje prostredníctvom RS232 alebo USB, súčasťou aparátury je aj solid-state disk pre zber dát bez pripojeného počítača. Aparáturu je možné napájať aj z externého zdroja 24V alebo autoadaptéra.



Obr. 2 Ukážka snímača

4. Výhody a obmedzenia meracej metódy

4.1. Výhody

K hlavným výhodám použitia meracieho systému DynaMag patrí:

- Jednoduchý princíp.
- Bezkontaktná a nedeštruktívna metóda.
- Vysoká presnosť a dlhodobá spoľahlivosť.
- Vysoká odolnosť a neobmedzená životnosť snímačov.
- Snímač nie je možné preťažiť.

4.2. Obmedzenia

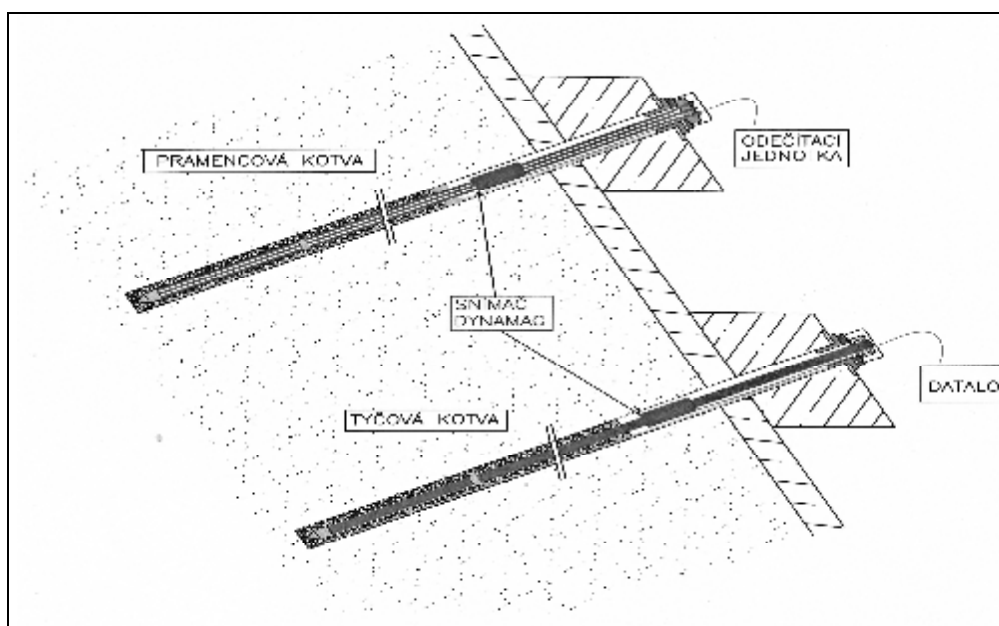
Možnosti použitia metódy majú tieto obmedzenia:

- Použiteľné iba pre feromagnetické materiály (nie je teda možné merať časti konštrukcie zhotovené z hliníka, medi, niektorých typov nerezových ocelí apod.).
- Pre nové materiály vyžaduje laboratórnu kalibráciu.
- Nepriame meranie kotevných síl.

4.3. Oblasti použitia

Hlavné oblasti použitia metódy sú tieto::

- Zemné kotvy.
- Predpäté nosníky a dosky.
- Predpäté betónové konštrukcie.
- Mosty.



Obr. 3 Schéma umiestnenia snímača na zemnej kotve

Literatúra:

- [1] Praščák, M., Fabo, P.: Advanced method of the electromagnetic sensors calibration. In: Advance in Electrical and Electronic Engineering – Vol. 3, No. 2 (2004) Žilina, pp. 247-248.
- [2] Fabo, P., Blažek, P., Tkáč, J., Obluk, P., Turčák, J.: Měření vývoje sil v kotvách pomocí magnetoelastického dynamometru Dynamag. In Sborník příspěvků 15. mezinárodního semináře Zpevnování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí 2010, Ostrava, pp. 115-117.
- [3] Fabo, P., Tic, J.: Magnetoelastický dynamometr Dynamag, In Sborník příspěvků 37. konference Zakládání staveb 2009, Brno, pp. 150-153.

Recenzia/Review: doc. Ing. Jozef Krešák, PhD.