



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

212053

(11) (B1)

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>

G 01 R 35/00

(22) Přihlášeno 24 05 79

(21) (PV 3567-79)

(40) Zveřejněno 31 03 80

(45) Vydáno

(75)

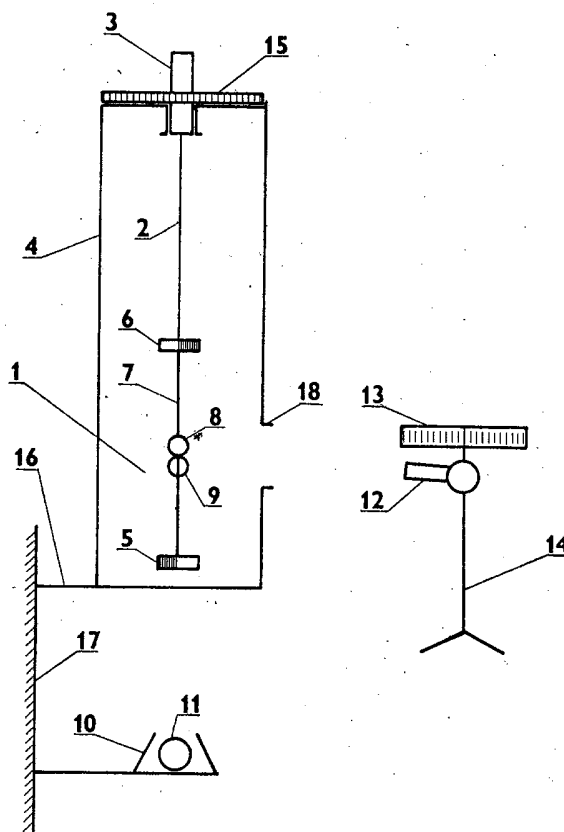
Autor vynálezu

PEŠINA BOHUMIL, PRAHA

(54) Způsob stanovení astaze magnetometru a zařízení k jeho provádění

## ANOTACE

Předmětem vynálezu je způsob stanovení astaze magnetometru a zařízení k jeho provádění. Náleží do oboru geofyziky. Řeší problém stanovení stupně astaze astatického magnetometru bez rozměrných, nákladných a prostorově náročných Helmholtzových cívek. Podstata způsobu podle vynálezu spočívá v tom, že na reziduální magnetický moment astatického ústrojí se působí ve dvou různých směrech homogenním geomagnetickým polem až se astatické ústrojí vychýlí z ustálené polohy a rozdíl výchylek se kompenzuje nehomogenním magnetickým polem. Podstatou zařízení podle vynálezu jsou zrcátka, upevněná v planoparalelním uspořádání mezi permanentními magnety na vertikálním stěžni magnetometru, zavěšeném pomocí vlákna v otočné hlavici. Zrcátka jsou zabudována v tubusu, ve kterém je upraven průzor, a orientována do různých směrů. Pod vertikálním stěžněm je upevněna kalibrační cívka. Vynálezu lze využít v oboru magnetometrické analýzy látek, především v oboru geofyziky.



Vynález se týká jednak způsobu stanovení astaze magnetometru, jednak zařízení k jeho provádění, které je součástí astatického magnetometru s permanentními magnety, spojenými vertikálním stěžněm, a zavěšenými na vlákně ukotveném v otočné hlavici.

Astatický magnetometr je laboratorní přístroj pro měření magnetizace feromagnetických těles, např. horninových vzorků, a to na základě silových účinků nehomogenního magnetického pole vyvozaného za těmito tělesy. Astatické ústrojí magnetometru tvoří dva permanentní magnety upevněné v horizontální poloze na volně zavěšeném vertikálním stěžni a orientované antiparalelně, takže jejich magnetické momenty se kompenzují.

Proměřované těleso, např. horninový vzorek, silovými účinky svého nehomogenního magnetického pole vychýlí astatické ústrojí z rovnovážné polohy a výchylka je mírou jeho magnetizace. Je adekvátní mírou tehdy, jsou-li magnetické momenty permanentních magnetů přesně kompenzovány, a je-li homogenní geomagnetické pole, které na ně působí, konstantní. I po přesně provedené kompenzaci utkví totiž v astatickém ústrojí nekompenzovatelný reziduální magnetický moment, na nějž působí homogenní geomagnetické pole, výsledkem tohoto působení je šumová výchylka astatického ústrojí, která buď zvětšuje, nebo zmenšuje měrnou výchylku. Homogenní geomagnetické pole je časově proměnné, ať již v pravidelných variacích nebo v nepravidelných, takže šumová výchylka obsahuje také časově proměnnou složku, která je zdrojem chyb při měření vzorků. Primárním zdrojem chyb je však reziduální magnetický moment, jehož velikost se také pozvolna mění. Poměr magnetických momentů jednoho magnetu a reziduálního magnetického momentu astatického ústrojí je tzv. stupeň astaze. Jeho měřením se získají informace o změnách přesnosti magnetometru a zejména směrné údaje pro seřizování a korekci astatického ústrojí.

Dosud se stupeň astaze astatického magnetometru stanovuje pomocí Helmholtzových cívek. Poněvadž stupeň astaze má dvě složky, používá se dvojice Helholtzových cívek uspořádaných kolmo na sebe a souměrně k astatickému magnetometru. Cívky vyvozuji ve svém středu homogenní magnetické pole, rovnoběžné s osou cívek a úměrné stejnosměrnému proudu protékajícímu cívkami. Poměrem přírůstku homogenního magnetického pole vyvozeného cívkami k přírůstku šumové výchylky astatického ústrojí je určena velikost stupně astaze.

Nevýhodou dosavadního způsobu stanovení astaze je relativně nákladné a příliš rozměrné zařízení. Používané Helmholtzovy

cívky bývají velké průměrně dva metry a jejich kostra je vzhledem k vysokým nárokům na přesnost a tuhost složitá. Cívky vyžadují zdroj stejnosměrného proudu a elektrické obvody pro jeho regulaci a měření. Dosavadní zařízení pro stanovení stupně astaze vyžaduje neúměrně velký prostor, není přenosné a musí být stabilně instalováno. Zaujímá-li vlastní astatický magnetometr přibližně 0,5 m<sup>3</sup> pracovního prostoru, Helmholtzovy cívky vyžadují až 8 m<sup>3</sup> prostoru a podstatně omezují manipulaci při měření vzorků, neboť magnetometr je uprostřed cívek obtížně přístupný. Výrobní náklady cívek jsou srovnatelné s cenou astatického magnetometru.

Uvedené nevýhody odstraňuje způsob stanovení astaze magnetometru podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že na reziduální magnetický moment ustáleného astatického ústrojí magnetometru se působí homogenním geomagnetickým polem alespoň ve dvou různých směrech, až se astatické ústrojí vychýlí z ustálené polohy, přitom se porovnává velikost výchylek a jejich rozdíl se kompenzuje měrným nehomogenním magnetickým polem, působícím na astatické ústrojí.

Způsob stanovení astaze je realizovatelný pomocí zařízení, které je součástí astatického magnetometru vybaveného permanentními magnety, spojenými vertikálním stěžněm zavěšeným na vlákně ukotveném v otočné hlavici pomocí zařízení podle vynálezu, jehož podstatou je, že otočná hlavice je uložena uvnitř kruhového úhloměru a na vertikálním stěžni je upevněno v planparalelním uspořádání nejméně prvé a druhé zrcátko, každé z nich je orientované jiným směrem, přičemž pod vertikálním stěžněm je uspořádána kalibrační cívka.

Výhodou způsobu stanovení astaze podle vynálezu je zmenšení rozměrů a hmotnosti zařízení k jeho provádění až na prostorově zanedbatelné minimum. Odpadají dvoumetrové stabilně zabudované Helmholtzovy cívky, které jsou nahrazeny maximálně pěticentimetrovou kalibrační cívkou, nezaujímající větší prostor než proměřovaný vzorek. Z toho vyplývají nízké výrobní náklady zařízení, které jsou menší než desetina ceny Helmholtzových cívek. Výrazně zmenšené nároky na zábor laboratorních prostor a přístupnost i ve stísněných podmínkách laboratoří činí astatický magnetometr se zařízením podle vynálezu konkurenci schopným přístrojem vůči značně složitějším a finančně méně příznivým magnetometrům. Zařízení podle vynálezu umožňuje průběžné a nenáročné sledování přesnosti magnetometrů kontrolou stupně astaze jak v laboratořích, tak při výrobě přístrojů.

Příklad zařízení k provádění způsobu stanovení astaze magnetometru podle vynále-

zu je schematicky znázorněn na přiloženém výkresu, a to zabudované v astatickém magnetometru, zobrazeném v podélném řezu.

V tubusu 4, opatřeném průzorem 18 a ustaveném na konzole 16 zabudované v pilíři 17, je na vlákně 2 ukotveném v otočné hlavici 3 spojené s kruhovým úhloměrem 15 zavěšen vertikální stěžeň 7. Na vertikálním stěžni 7 je v horizontální poloze upevněn první permanentní magnet 6 a pod ním ve stejné poloze druhý permanentní magnet 5. První a druhý permanentní magnet 5, 6 jsou vzájemně orientovány tak, že jejich magnetické momenty se kompenzují. Mezi prvním a druhým permanentním magnetem 5, 6 je na vertikálním stěžni 7 upevněno prvé zrcátko 8 a planoparalelně k němu, o  $180^\circ$  kolem podélné osy vertikálního stěžně 7 obrácené druhé zrcátko 9. Prvé a druhé zrcátko 8, 9, první a druhý permanentní magnet 5, 6 a vertikální stěžeň 7 na vlákně 2 tvoří astatické ústrojí 1. Pod tubusem 4 je v pilíři 17 zabudována upínka 10 pro kalibrační cívku 11. Před průzorem 18 je instalován stojan 14 se světelnou lampou 12 a měrnou stupnicí 13.

Stanovení astaze magnetometru způsobem podle vynálezu a s použitím zařízení podle vynálezu bylo provedeno následovně: Astatické ústrojí 1 bylo otočnou hlavici 3 nastaveno do počáteční polohy, ve které první a druhý permanentní magnet 5, 6 zaujímají polohu kolmo ke směru homogenního geomagnetického pole.

Měrná stupnice 13 se posunula tak, aby světelné paprsky vycházející ze světelné lampy 12 a odrážející se od prvního zrcátka 8 dopadaly na její nulovou hodnotu. Otočná hlavice 3 byla otočena o  $180^\circ$  nastavených podle kruhového úhloměru 15. Světelné paprsky vycházející ze světelné lampy 12 byly odrazeny od druhého zrcátka 9, které je opačně planoparalelní s prvním zrcátkem 8, a dopadly na měrnou stupnici 13, ale mimo její nulovou hodnotu. Do upínky 10 byla vložena kalibrační cívka 11 a zaveden do ní stejnosměrný proud. Kalibrační cívka 11 vybudila měrné nehomogenní magnetické pole, které vychýlilo astatické ústrojí 1. Výchylka astatického ústrojí 1 byla kompenzována velikostí stejnosměrného proudu protékajícího kalibrační cívkou 11 tak, že světelné paprsky vycházející ze světelné lampy 12 dopadly opět na nulu měrné stupnice 13 a astatické ústrojí 1 zaujalo polohu přesně opačnou vzhledem ke své počáteční poloze. Přitom bylo zjištěno, že měrné nehomogenní magnetické pole kalibrační cívky 11 mělo hodnotu  $h_1 = 0,008 \text{ Az/m}$  podle velikosti stejnosměrného proudu, který protékal kalibrační cívkou 11. Stupeň astaze  $S_1$  byl vypočítán ze vztahu  $S_1 = -2H/h_1 = -4\,000$ , kde  $H$  je horizontální složka geo-

magnetického pole, jejíž obecně známá velikost činí  $16 \text{ Az/m}$ .

Vztah pro výpočet stupně astaze  $S_1 = -2H/h_1$  byl odvozen ze vztahu pro stupeň astaze  $S_1$ , který je vyjádřen poměrem  $S_1 = M/m_1$  a z rovnováhy mechanických momentů, působících na astatické ústrojí 1. Vyjádřené obecnou rovnicí

$$Mh + k\beta = H(m_1 \sin \alpha + m_2 \cos \alpha),$$

kde  $M$  je magnetický moment druhého permanentního magnetu 5,  $m_1$  je složka reziduálního magnetického momentu rovnoběžná s druhým permanentním magnetem 5,  $m_2$  je horizontální složka reziduálního magnetického momentu kolmá ke složce  $m_1$ ,  $h$  je měrné nehomogenní magnetické pole kalibrační cívky 11,  $H$  je horizontální složka homogenního geomagnetického pole,  $k$  je směrná konstanta vlákně 2,  $\beta$  je úhel zkrutu vlákně 2,  $\alpha$  je úhel, který svírá druhý permanentní magnet 5 se směrem homogenního geomagnetického pole.

Vztah pro rovnováhu mechanických momentů, které působí na astatické ústrojí 1, když úhel  $\alpha = 90^\circ$  a měrné nehomogenní magnetické pole  $h = 0$ , byl vyjádřen pro počáteční polohu astatického ústrojí 1 první rovnicí

$$k\beta = Hm_1$$

a pro opačnou polohu astatického ústrojí 1, když úhel  $\alpha = 270^\circ$  a měrné nehomogenní magnetické pole  $h = h_1$  druhou rovnicí

$$Mh_1 + k\beta = -Hm_1.$$

Sloučením obou rovnic byl eliminován úhel zkrutu  $\beta$  a použitím vztahu pro stupeň astaze byl odvozen vztah pro stupeň astaze  $S_1$ , vyjádřený pomocí měrného nehomogenního magnetického pole  $h_1$  kalibrační cívky 11

$$S_1 = -2H/h_1.$$

Záporné znaménko v rovnici vyjadřuje, že silové působení měrného nehomogenního magnetického pole  $h_1$  má opačný smysl vzhledem k silovému působení homogenního geomagnetického pole  $H$  na astatické ústrojí 1. Činitel 2 v rovnici vyjadřuje, že homogenní geomagnetické pole, které působí na astatické ústrojí 1 v opačné poloze, má dvojnásobnou velikost vzhledem k homogennímu geomagnetickému poli, které působí na astatické ústrojí 1 v počáteční poloze. Záporný stupeň astaze  $S_1$  vyjadřuje, že reziduální magnetický moment  $m_1$  má opačný smysl vzhledem k magnetickému momentu druhého permanentního magnetu 5. Pro stupeň astaze  $S_2$  platí vztah

$$S_2 = M/m_2.$$

Při stanovení stupně astaze  $S_2$  bylo astatické ústrojí 1 nastaveno otočnou hlavici 3 do počáteční polohy, ve které permanentní magnety 5, 6 zaujímají polohu rovnoběžnou se směrem homogenního geomagnetického

pole. Způsob stanovení stupně astaze  $S_2$  byl dále identický se způsobem stanovení stupně astaze  $S_1$ , přičemž měrné nehomogenní magnetické pole kalibrační cívky 11 bylo označeno  $h_2$ . Stupeň astaze  $S_2$  byl pak vypočítán z poměru  $S_2 = -2H/h_2$ , který byl odvozen obdobně jako vztah pro výpočet stupně astaze  $S_1$ .

Využití způsobu a zařízení podle vynálezu přichází v úvahu v laboratořích, kde se provádí magnetometrická analýza látek pro analytické účely, tj. kde se zjišťuje jejich magnetická susceptibilita, hystereze a nukleární magnetická rezonance. Především však v laboratořích geofyzikálních.

#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob stanovení astaze magnetometru, vyznačený tím, že se na reziduální magnetický moment ustáleného astatického ústrojí magnetometru působí homogenním geomagnetickým polem alespoň ve dvou různých směrech, až se astatické ústrojí vychýlí z ustálené polohy, přitom se porovnává velikost výchylek a jejich rozdíl se kompenzuje měrným nehomogenním magnetickým polem, působícím na astatické ústrojí.
2. Zařízení k provádění způsobu podle bodu

1, které je součástí astatického magnetometru s permanentními magnety spojenými vertikálním stěžněm, zavěšeným na vlákně ukotveném v otočné hlavici, vyznačené tím, že otočná hlavice (3) je uložena uvnitř kruhového úhloměru (15) a na vertikálním stěžni (7) je upevněno v planparalelním uspořádání nejméně prvé a druhé zrcátko (8,9), každé z nich je orientované jiným směrem, přičemž pod vertikálním stěžněm (7) je uspořádána kalibrační cívka (11).

