

Matematicko-fyzikálny časopis

Václav Veselý; Václav Petržílka

Ladička s nulovým teplotním koeficientem frekvence

Matematicko-fyzikálny časopis, Vol. 3 (1953), No. 1-2, 49--52

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/126834>

Terms of use:

© Mathematical Institute of the Slovak Academy of Sciences, 1953

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

LADIČKA S NULOVÝM TEPLOTNÍM KOEFIICIENTEM FREKVENCE

V. VESELÝ a V. PETRŽÍLKA, Praha

Úkolem této práce bylo ověřit správnost dále uvedených předpokladů, případně nalézt systematickými měřeními materiál, který by měl v určitém teplotním rozmezí nulový TK — teplotní koeficient frekvence. Řešením tohoto problému se zabývala již celá řada pracovníků, jako A. K a r o l u s [1], H. H. H a g l a n d [2], B. E i s e n h o u r [3], S. E. M i c h a e l s [4], kteří však většinou přistupovali k problému s jiné stránky. Pouze v jedné z těchto prací [1] je problém řešen podobným způsobem. Autor uvádí přibližné složení slitiny, která má mít uvedené vlastnosti.

Z P e t r ž í l k o v y práce [5] plyne pro teploturní koeficient ohybových kmitů $(TK)_0$ [str. 13, rovnice (33)] vztah

$$(TK)_0 = \frac{1}{a} \frac{\partial a}{\partial T} - 2 \frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial T} - \frac{1}{2} \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T} + \frac{1}{2} \frac{1}{E} \frac{\partial E}{\partial T}, \quad (1)$$

kde a je tloušťka, L délka tyče, T teplota a ρ hustota tyče. Uvažujeme-li tyč z isotropního materiálu, je teploturní koeficient délkové roztažnosti ve všech směrech stejný a tudíž platí

$$\alpha = \frac{1}{a} \frac{\partial a}{\partial T} = \frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial T}. \quad (2)$$

Mimo to pro změnu hustoty ρ s teplotou T platí podle rovnice (40) na str. 15 uvedené práce vztah

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T} = -3\alpha. \quad (3)$$

Označíme-li β teplotní koeficient modulu elasticity E , můžeme položit

$$\beta = \frac{1}{E} \frac{\partial E}{\partial T}. \quad (4)$$

Dosadíme-li do rovnice (1) podle rovnic (2), (3), (4), dostaneme:

$$(TK)_0 = \frac{1}{2} \alpha + \frac{1}{2} \beta. \quad (5)$$

Položíme-li si otázku, zda je možno realizovat tyče s nulovým $(TK)_0$ frekvence, plyne z rovnice (5), že je možno toho dosáhnout, jestliže

$$(TK)_0 = \frac{1}{2} \alpha + \frac{1}{2} \beta = 0. \quad (6)$$

Z této podmínky plyne, že pro požadavek nezávislosti frekvence ohybových kmitů na teplotě je třeba volit materiál, pro nějž

$$\alpha = -\beta. \quad (7)$$

Tuto rovnici je možno splnit, neboť u používaných kovů je α kladný a β záporný. Jde nyní o to, nalézt materiál, jehož dilatační koeficient α je v absolutní hodnotě přibližně roven jeho temperaturnímu koeficientu modulu elasticity β . Rovnice (1) byla sice odvozena se zanedbáním členů vyšších řádů, stačí však k odvození podmínky (6).

Aplikujeme-li rovnici na invar, který má $\alpha \doteq 0$, kdežto $\beta < 0$, dostáváme pro jeho $(TK)_{0,i}$ vztah

$$(TK)_{0,i} = \frac{1}{2} \beta < 0. \quad (8)$$

Uvažujeme-li elinvar, který má $\alpha > 0$, avšak $\beta \doteq 0$, dostáváme pro jeho $(TK)_{0,e}$ vztah:

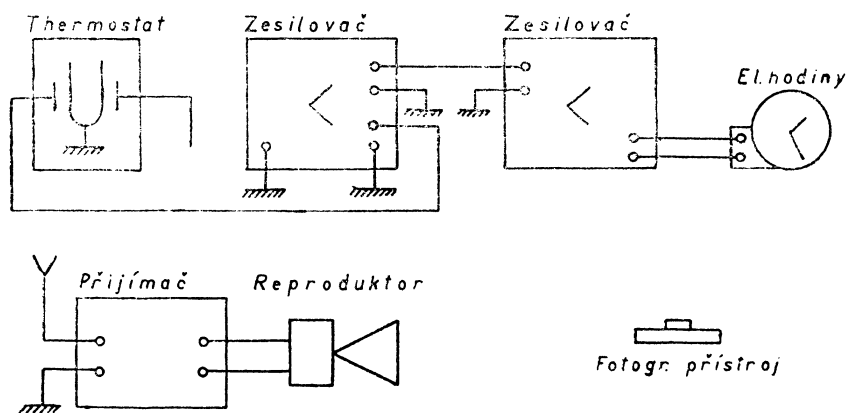
$$(TK)_{0,e} = \frac{1}{2} \alpha < 0. \quad (9)$$

Existují tedy dvě slitiny, elinvar a invar, z nichž jedna má kladný a druhá záporný teplotní koeficient frekvence. Musí proto existovat slitina, která bude mít složení mezi invarem a elinvarem, a pro kterou bude v jistém teplotním rozmezí platit podle (7), že $\alpha = -\beta$, čili její $(TK)_0 = 0$. Význam, který by tato slitina měla pro techniku nízkofrekvenčních standartů, není jistě třeba zdůrazňovat.

Úkolem práce bylo nyní potvrdit uvedená tvrzení experimentálně. Bylo k tomu účelu použito ladiček z invaru a elinvaru, které lze považovat za tyče kmitající v ohybových kmitech. Aby konstanty materiálu nebyly ovlivňovány magnetisací, bylo upuštěno od obvyklého elektromagnetického buzení ladiček [6], které bylo nahrazeno buzením elektrostatickým, jak je popsal ve své práci K. M í š e k [7].

Měřicí aparatura byla principiálně sestavena takto: zesílené nízkofrekvenční napětí z ladičky o frekvenci asi 400 c/s bylo přiváděno do synchronního motorku s počítadlem obrátek. Stav počítadla byl odečten na počátku měření a na konci měření, při čemž byla přesně stanovena doba, po kterou se měření konalo. Z počtu obrátek synchronního motoru a z časového intervalu, po který měření probíhalo, byla stanovena frekvence, jak je dále na konkrétním příkladě popsáno.

Skutečné uspořádání je znázorněno v obrázku: Nízkofrekvenčním napětím byly napájeny elektrické hodiny se synchronním motorkem. Podle časového znamení čs. rozhlasu byl ofotografován údaj hodin hnaných zkoušenou ladičkou na příklad přesně v 9 hod. a přesně ve 12 hod. Tím byl zachycen stav měřicích hodin na počátku a na konci měření a zároveň určena přesně doba trvání měření. Připustíme-li chybu odečtení $\pm 0,2$ sek. (včetně nepřesnosti signálu), je celková chyba určení času při 3hodinovém měření menší než $\pm 0,0005$ %, při měření 24hodinovém menší než $\pm 0,0001$ %. Z toho plyne, že při měření trvajícím 3 hodiny je možno změřit frekvenci 400 c/s s přesností $\pm 0,002$ c/s. Ladička byla uložena v termostatu s vodním pláštěm, ve kterém byla udržována teplota s přesností větší než $0,05$ °C.



Teplota byla měněna v mezích od 20 °C do 50 °C. Byla proměřena celá řada různých vzorků a shora uvedené předpoklady o TK invaru a elinvaru byly potvrzeny. Pro elinvar byl naměřen TK pro frekvenci $+ 3,4 \cdot 10^{-4}$ grad $^{-1}$, pro invar $- 1,7 \cdot 10^{-4}$ grad $^{-1}$. V práci bude pokračováno dále se slitinami, které mají složení mezi inwarem a elinwarem.

Popsaná měření byla provedena na vzorcích materiálu, které daly k dispozici Spojené ocelárny, n. p. v Kladně a Výzkumný ústav kovů v Panenských Břežanech. Oběma závodům patří za umožnění této práce náš upřímný dík.

LITERATÚRA

- [1] Karolus A., *A mechanical oscillator of constant frequency*, U. S. Patent 1,763853.
- [2] Hagland H. H., *Tuning forks*, U. S. Patent 1,715324.
- [3] Eisenhour B., *Compensated Tuning Fork*, U. S. Patent 1,880923.
- [4] Michaels S. E., *Tuning Fork*, U. S. Patent 2,247960.
- [5] Petržílka V., Kotler A., *Věstník královské české společnosti nauk*, roč. 1947, čís. IX (1948).

[6] G o r e l i k, *Kolebania i volny*, Gos. izd. tech. teoretič. lit., Moskva 1950.

[7] M í š e k K., *Čas. pro přest. mat. a fys.*, roč. 2 (1953), č. 2.

Došlo do redakcie 10. IV. 1953

КАМЕРТОН С НУЛЕВЫМ ТЕПЛОВЫМ КОЭФИЦИЕНТОМ ЧАСТОТЫ

ВЕСЕЛИ В. — ПЕТРЖИЛКА В.

Выводы

В работе рассмотрены условия, при которых температурный коэффициент частоты камертона равен нулю. Сделан вывод, что температурный коэффициент теплового расширения материала камертона равняется его температурному коэффициенту модуля упругости с обратным знаком. Зависимость температурного коэффициента частоты камертона от приведенных констант вещества, в работе опытным путем подтверждена.