

PIEZOREZISTIVNÍ SNÍMAČ PRO DYNAMICKÁ MĚŘENÍ TAHU PŘÍZE

Ing. Gunnar Künzel, ing. Karel Pospíšil, CSc., ing. Pavel Roček
VÚB Ústí nad Orlicí VÚST A.S. Popova Praha

Důležitou veličinou textilních procesů je osová tahová síla, vznikající v textilních materiálech. Sílu F/N/ nazýváme také podle nové textilní normy napínací silou. V textilní terminologii se často vyskytuje pojem napětí niti a v rozporu s fyzikou se udává též v N /dříve v pondzech/. Měříme však vždy sílu v N /zprostředkovaně přes deformaci ϵ / a ne napětí /Pa/. Důsledkem síly je protažení materiálu - deformace - vyjádřená absolutním a relativním podélným prodloužením v %.

V konkrétních textilních procesech není síla statickou veličinou, ale je periodickou nebo neperiodickou funkcí času

$$F(t) = F_3 + F_5(t) \quad /1/$$

Litovolnou periodickou funkcí, vyhovující Dirichletovým podmínkám, lze rozvést ve Fourierovu řadu

$$F(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\Omega t + b_k \sin k\Omega t) \quad /2/$$

Veličiny a_k , b_k představují sudé a liché koeficienty Fourierova rozvoje a lze je vyjádřit známými integrálními vztahy. Znázorňují amplitudové diskrétní spektrum. Z hlediska tvarového zkreslení je vhodné znát i fázové spektrum φ_k . Pro periodu $T \rightarrow \infty$ obdržíme spojitě spektrum neperiodického signálu. Při spektrální analýze neperiodických signálů lze užít Fourierovy transformace.

Dosavadní úvahy a experimentální analýza naměřených průběhů tahu příze v reálných případech jsou spolu s viskoelastickými vlastnostmi příze rozhodující pro návrh a konstrukci miniaturního snímače, umožňujícího přesněji než dosud snímat impulsové děje v přízi.

Současné snímače tahu příze /1,2/ mají tyto hlavní nedostatky: nizké vlastní frekvence; důsledkem je velká dynamická chyba měření, velké tlutí měřicího elementu, velké

tření přize o vodící elementy /až 20 % chyba měření/, velké rozptyly. Další chyby vznikají použitím konkrétního fyzikálního principu /hystereze, nelinearita, nedostatečná stabilita nulové úrovně aj./.

V rámci řešení TÚ č.12/82 ČSRP byl pro potřeby textilního průmyslu na základě několikaletých zkušeností ve VÚST A.S.Popova ve spolupráci s VÚB v Ústí nad Orlicí autory navržen nový princip snímače založený na piezorezistivním jevu /3/. Veškerá technologická zařízení pro realizaci jsou ve VÚST k dispozici. /Přihláška vynálezu je v patentovém řízení./

Na jednostranně vetknutý křemíkový nosník trojúhelníkového tvaru /konstantní tloušťky/ jsou difuzně planární technologii zhotoveny difuzní otvory, zapojené do Wheatstonova můstku. /podrobněji lit.4,5,6/ Textilní materiál prochází přes safírová vodící očka a přes vodící drážku na konci nosníku. Takže textilní materiál je nosník natáhnán na chyt. Výstupní signál z můstku je zpracováván navazující aparaturou /zesílení, přepínání rozsahů, příp. A/D převod, pařet špičkových hodnot apod/. /3/ Křemíkový nosník je jen pomocí pájky AuSi /1,2/ pozlacenou koverovou základnu. ze stěny jsou ry ultrazvukovou kompresí na pozlacenou kupřetitivovou svorkovnici, nalepenou na základnu. Celá technologie nsformačního měřicího členu navržena tak, že je možno tyto Si-nosníky sériově vyrábět v k.p.Tesla Rožnov. Statické vlastnosti snímače jsou dány vztahy

$$U_x = \frac{I}{2} (\Delta R_L - \Delta R_T)$$

$$\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_L = G \frac{l_0}{b_0 h^2} \left(1 - \frac{l_{m1}}{l_0}\right) \pi_L \cdot F \quad /3/$$

$$\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_T = G \frac{l_0}{b_0 h^2} \left(1 - \frac{l_{m2}}{l_0}\right) \pi_T \cdot F$$

I /mA/ jmenovité napájení, /V/ výst. napětí můstku
 $\Delta R/R_{L,T}$ - relativní změny odporu v podélném a příčném směru

l_0, b_0, h - délka, šířka a tloušťka nosníku

$\pi_{L,T}$ - piezorezist. koef. podélném a příčném směru

Pro danou geometrii vedení příže platí ještě další vztahy /1/.

Řešení tření - lze snížit kombinací těchto možností

-vhodnou geometrií vedení příže a volbou materiálů vodičů
příže $10^{\circ} \leq \alpha \leq 30^{\circ}$

-použitím otěru vzdorných povlaků nikl+diamant+tepelné zprac.

-aplikace suchomazných filmů /kluzných vrstev/ - Epraxon ,
 OS_2 , PTFE, grafit apod.

-mazací oleje

Dynamické vlastnosti snímače jsou dány řešením vlnové rovnice

$$\text{vlnových kmitů} \quad \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{E J_z}{\rho S} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad \frac{1}{2} = \frac{1}{2} b h^3, S = b h \quad /4/$$

y/x, t/ - výchylka v místě x-od vetknutí

E /N $\cdot$ m 2 / - Modul pružnosti křemíku

ρ /kg $\cdot$ m 3 / - hustota křemíku

Řešení hledáme ve tvaru y/x, t/=y/x/e $^{i\omega t}$. Pro vlastní frekvenci platí vztah

$$f_n = 0,453 k_n \frac{h}{l^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \text{ [Hz]} \quad k_1 = 0,597 \quad /5/$$

Možnosti řešení tlumení. reálnému materiálu jsou vlivem

vnitřního tření a odporu vzduchu kmity nosníku tlumeny, což

by bylo možné respektovat zavedením dalšího členu do vlnové

rovnice. Vhodnější je však zjišťovat koeficient tlumení experi-

mentálně a hledat konstrukční cesty k jeho zvýšení. Úvahu

přicházejí tyto možnosti:

-vytvoření vibroizolační vrstvy na nosníku /Antivibrin, Tlumenex/

-pórovité tlumicí vložky /Politan aj./

elektrické tlumení pomocí pasivních nebo aktivních obvodů

Řešení tlumení je dosud především experimentálního výzkumu

/ideální hodnota $f = 0,5-0,707/$.

Základní technické parametry snímače

rozměry: délka nosníku 16mm

šířka nosníku 3mm /v místě vetknutí/

tloušťka 1mm

rozsah 0-1 N, 0-2 N, 0-5 N

Výstupní napětí - dle potřeb registrace

při jmenovité síle 1N

vlastní frekvence 10 kHz

nabíjecí proud 10 mA

impedance 1500 - 1800 Ω

nelinearita	hystereze	$\leq \pm 0,25 \%$
dlouhodobá stabilita nuly		$< 0,5 \%$ / 8 hod.

Použití Přetahů pro měření a registraci časového průběhu tahu v textilních materiálech při jejich zpracování v textilních procesech: snování, předení, tkaní, šlechtování apod. nebo pro měření tahu v tenkých kovových a skleněných vláknech regulaci jejich navíjení a odvíjení. Dále je možno využít křemíkový snímač pro modelový výzkum dynamických náhání mechanických soustav.

Literatura:

- /1/ Künzel, G.: Analytický a experimentální výzkum silových impulsů v nitích, sborník 18.konf. EAN 1980
-str. 229
- /2/ Künzel, G.: Kapacitní snímač tahu příze, 20. konf. EAN 1982
1.díl, str. 80
- /3/ Řešení úborového TÚ č- 12/82 GRBP Mr.Kr.: Miniaturní snímač pro dynamická měření textilních
- /4/ Mason, W.P., Thurston, R.N.: Use of piezoresist. materials displacement. Force and Torque
29, 1957 10, str. 1096
- /5/ Pospíšil Piezoelektr. polovodičích a jeho využití
ice, Správa VÚST č. 86017/75
- /6/ Pospíšil, K., Vanek, F.: Polovodičové snímače mechanických veličin, Strojnický časopis 34, 1983/6, str. 743