

DYNAMIC IDENTIFICATION OF BAR CONNECTION BEHAVIOUR DYNAMICKÁ IDENTIFIKACE VLASTNOSTÍ SPOJŮ TYČÍ

Beneš J., Veselý E., Šebková H., Gabriel D.

This paper describes the identification of the bar connections transfer behaviour solved by the method of a single propagating pulse analysis. As an example there is given the solution of the transfer properties of two connected bars. The influence of axial prestress and contact interface medium was investigated. The results improved strong dependency of transfer characteristics on above mentioned parameters.

Práce se věnuje dynamické identifikaci přenosových vlastností spojů tyčí. Studium této problematiky je důležité jak v oblasti přenosu velkých energetických pulsů (např. spoje vrtacích tyčí využívajících rázu), tak i v oblasti velmi malých pulsů (vlnovody využívané v ultrazvukové defektoskopii či akustické emisi).

Pro kvantitativní popis vlastností zkoumaných spojů využíváme jejich experimentálně stanovených přenosových charakteristik. Pro tyto účely je vhodné využít metodu analýzy šíření osamělého pulsu, popisovanou např. v Beneš a kol. (1992) nebo Humen a kol. (1993). Aplikace této metody ve výzkumu vlastností spojů je podmíněna fyzikální možností realizovat osamělé pulsy. To znamená, že je možné navodit situaci, kdy napěťový puls zatěžuje spoj, část se ho odrazí a část prochází. Všechny tři pulsy je možné odlišit - separovat a všechny jsou úplné, tj. začínají i končí s dostatečnou přesností na nulové hladině napětí. Bilanční rovnice pro hybnost a energii před a po průchodu pulsu spojem mohou potvrdit kvalitu předpokladu existence osamělých pulsů.

Dále budeme předpokládat, že platí zákon superposice. Při výzkumu nelineárních soustav oprávněnost tohoto předpokladu zajistíme použitím testovacích pulsů velmi malé intensity, dovolující linearisaci úlohy v určitém malém rozsahu testovacích parametrů. Za těchto předpokladů můžeme aplikovat Fourierovu transformaci (FFT) a platí vztahy:

$$g_i(t_n) = \sum_{k=0}^{N-1} G_i(f_k) e^{i(2\pi n k/N)}, \quad \text{kde} \quad G_i(f_k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} g_i(t_n) e^{-i(2\pi n k/N)}$$

Indexem $i = 1, 2, 3$ jsou označeny veličiny platné pro vstupní, odražený a prošlý puls. $G_i(f_k)$ jsou amplitudová spektra funkcí $g_i(t_n)$ (v komplexním tvaru), definovaná pro frekvence f_k , $k = 0, 1, \dots, N-1$. "Funkci" $G_i(f_k)$ můžeme také popsat její absolutní hodnotou $|G(f_k)|$ a fázovým úhlem Θ .

$$G_i(f_k) e^{i(2\pi n k/N)} = G_i(f_k) e^{i(2\pi n k/N + \Theta_i(f_k))},$$

$$\tan \Theta_i(f_k) = \bar{G}_i(f_k) / G_i(f_k).$$

kde $\bar{G}_1(f_k)$ a $\tilde{G}_1(f_k)$ je reálná a imaginární část komplexní funkce $G_1(f_k)$.

Přenosové charakteristiky

$$H_{21}(f_k) = \frac{G_2(f_k)}{G_1(f_k)} = \frac{|G_2(f_k)|}{|G_1(f_k)|} e^{j(\Theta_2(f_k) - \Theta_1(f_k))}$$

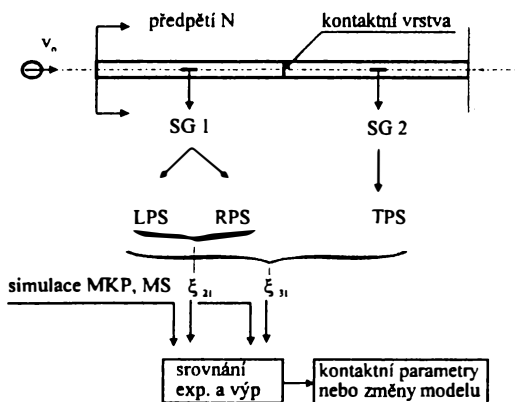
a

$$H_{31}(f_k) = \frac{G_3(f_k)}{G_1(f_k)} = \frac{|G_3(f_k)|}{|G_1(f_k)|} e^{j(\Theta_3(f_k) - \Theta_1(f_k))} ,$$

definují odrazné a průchodné vlastnosti spoje tyčí.

Naším cílem bylo zjistit vliv předpětí ve spoji tyčí na přenos napětových pulsů malé intensity. Rovněž byl zkoumán vliv použití různých kontaktních médií - vaselin - vyplňujících kontaktní prostor.

Schéma úlohy je znázorněno na obr. 1.



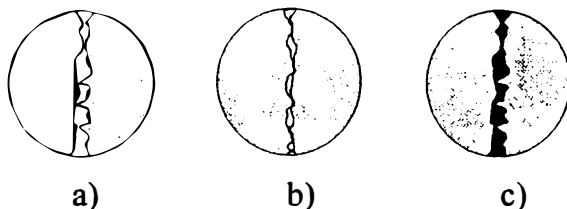
obr. 1

Tyče jsou předepínány osovou silou N . Ta vytvoří v kontaktní ploše normálové napětí $\sigma = N/A$, kde A je obsah kontaktní plochy. Rázem na čelo tyče malou kuličkou je do soustavy vnesen zatěžovací puls. Jeho šíření je registrováno dvojicemi tenzometrů SG1 a SG2. Po separaci zatěžovacího a odraženého pulsu ze signálu SG1 jsou vyhodnocena jednotlivá spektra $G_1(f_k)$ - (LPS), $G_2(f_k)$ - (RPS) a $G_3(f_k)$ - TPS. Z těchto spekter následně vyhodnotíme amplitudovou část přenosových charakteristik ξ_{21} a ξ_{31} jako:

$$\xi_{21} = \frac{|G_2(f_k)|}{|G_1(f_k)|} \text{ a } \xi_{31} = \frac{|G_3(f_k)|}{|G_1(f_k)|}$$

Tyto součinitele charakterizují odrazné a transmisní vlastnosti kontaktní oblasti. Byl vyšetřován vliv obrobení kontaktní plochy, vliv kontaktního media a vliv normálového předpětí v kontaktní vrstvě.

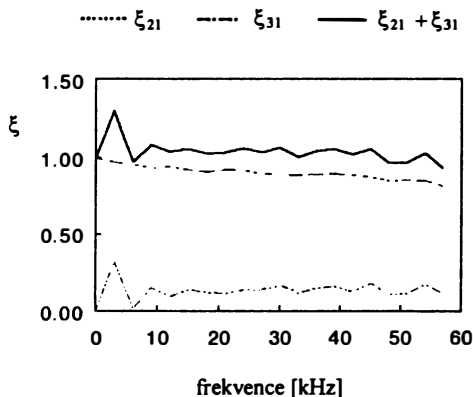
Na obr. 2 je schematicky znázorněna styková oblast v mikroměřítku.



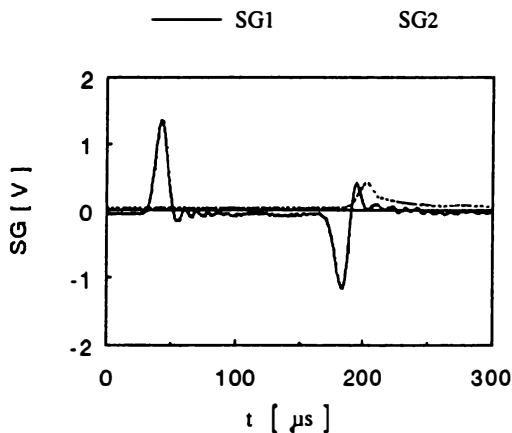
obr. 2

Drsnost povrchu vede k tomu, že stykové plochy jsou v mikroměřítku v kontaktu jen v jednotlivých "bodečkách" (obr.2a). S narůstajícím přitlakem v kontaktní ploše se zvětšuje skutečná plocha, ve které se povrchy dotýkají a i zbylé části se vzájemně přibližují (obr.2b). Je zřejmé, že tlaková vlna, která dopadne na kontaktní oblast při malém přitlaku, se bude chovat tak, jako by dopadla na volný povrch a odrazí se z velké části jako vlna tahová - viz. obr.3a, signál z tenzometru SG1. Jen velmi malá část energie prochází, jak je patrné z průběhu signálu SG2. Samozřejmě záleží i na amplitudě posuvů této vlny. V případě posuvů, které svou velikostí převyšují tloušťku kontaktní oblasti, může dojít k vymezení prázdného prostoru a ke zvětšení efektivní kontaktní plochy. Jestliže kontaktní plochy vůči sobě přitlačíme, zvětšíme efektivní stykovou plochu (obr.2b). Větší část energie nyní spojem projde a pouze menší část energie se od spoje odrazí. Průběhy mají velmi podobný charakter průběhům naznačeným v obr.3b. Tento obrázek však znázorňuje průchod vlny stykem s velmi malým přitlakem, kde prostor v kontaktu je vyplněn speciální vazelinou impedančně přizpůsobenou materiálu těles v kontaktu, která zaručuje velmi dobrý průchod napěťové vlny kontaktní vrstvou (obr.2c). Na obr.4 jsou přenosové charakteristiky odpovídající měřením uvedeným na obr. 3b.

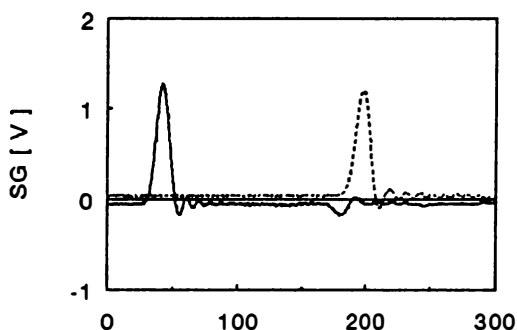
Měření ukázala, že použití normálního přitlaku $p = 20 \text{ MPa}$ pro hladce soustružené povrchy čel tyčí má stejný účinek jako aplikace speciální, "zvukově průzračné" vazeliny v



obr.4



obr.3a



obr.3b

kontaktní s prakticky nulovým přitlakem. Výsledky tohoto výzkumu se uplatní při vyšetřování vlastností zvukovodů používaných v metodách ultrazvukové defektoskopie a akustické emise.

Literatura:

Beneš, J., Šebková, H. a Veselý, E.: Stanovení dynamických charakteristik tyčí a řetězů, Strojnický časopis, 43, 1992, č.3 (203-214).

Humen, V. a Potěšil, A.: Pulse method used to identify material properties in linear viscoelastic media, Int. J. Impact Engineering, Vol.13, No1, 1993 (85-98)

Josef Beneš, Ing., CSc., Eduard Veselý, Ing., CSc., Helena Šebková, Ing., CSc.

Ústav termomechaniky AV ČR

Dolejšková 5, 182 00 Praha 8, telefon: +422 858 8279, fax: +422 858 4695

Dušan Gabriel, student

ČVUT, strojní fakulta, Technická 4, 160 00 Praha 6