



THE OWN FREQUENCY AND DEFORMATION STATE OF METALLIC BODY

VLASTNÁ FREKVENCIA A DEFORMAČNÝ STAV KOVOVÉHO TELESA

Puškár A.

In the paper is describe the dependence between $\epsilon_{a,p}$ and $\delta E/E$ by very simple equation. The application this equation give opportunity to use these equation for calculation $\epsilon_{a,p}$ during loading by monitoring the own frequency of resonant system. These equation was applied at evaluation modulus defect for steels ČSN 120260 and titanium alloys T 110 during fatigue testing at different ramps of loading.

Kovové teleso v rezonancii s ultrazvukovou sústavou (napr. 20,2 kHz) má východiskovú frekvenciu a táto je spojená s elastickými vlastnosťami, predovšetkým však s modulom pružnosti.

V práci [1] je uvedený vzťah medzi amplitúdou celkovej deformácie $\epsilon_{a,c}$ a amplitúdou plastickej deformácie $\epsilon_{a,p}$ v tvare

$$\epsilon_{a,p} = \epsilon_{a,c} (\delta E/E) , \quad (1)$$

kde $\delta E/E$ je defekt modulu pružnosti, definovaný podľa Masona [2] v tvare

$$\delta E/E = (E_{d0} - E_{dx}) / E_{d0} , \quad (2)$$

kde E_{d0} a E_{dx} je modul pružnosti východiskového materiálu a modul pružnosti po zatažovaní materiálu, ktorý je funkciou aplikovanej napäťovej amplitúdy alebo amplitúdy plastickej deformácie a počtu cyklov zatažovania a pod.

Veľkosť $\delta E/E$ pri experimentoch môžeme kvantifikovať bod po bode a teda priebežne, alebo určíme jeho veľkosť na počiatku a na

konci namáhania, napr. presným meraním frekvencie rezonančnej sústavy pri opakovanom spôsobe zaťažovania. Rezonančná frekvencia sa v dôsledku zmien deformačného stavu vzorky rozšľahuje a mení svoju rezonančnú frekvenciu, čo dokumentuje zmenu modulu pružnosti, pretože $E = \rho v^2$, kde ρ je merná hmotnosť a v rýchlosť šírenia zvuku v materiáli. Túto určíme z rovnice $v = \lambda f$, kde λ je vlnová dĺžka kmitov v danom materiáli a f je frekvencia kmitov, teda $E \approx f^2$.

Potom defekt modulu pružnosti je daný rovnicou

$$\Delta E/E = |f_{r0}^2 - f_{rx}^2| / f_{r0}^2, \quad (3)$$

kde f_{r0} , f_{rx} je rezonančná frekvencia východiskového materiálu a rezonančná frekvencia materiálu po opakovanom namáhaní.

To vedie k experimentu pre určenie ϵ_{sp} , resp. $\Delta E/E$ v závislosti od počtu cyklov zaťažovania N tak, že budeme priebežne monitorovať zmenu frekvencie vzorky v závislosti od počtu cyklov.

V experimentoch sme použili oceľ 12060 s obsahom uhlíka 0,49 hm.%, po normalizačnom žíhaní, s rozmerom zrna 0,01 mm. Titánová zliatina T 110 bola po žíhaní a precipitačnom vytvrdzovaní.

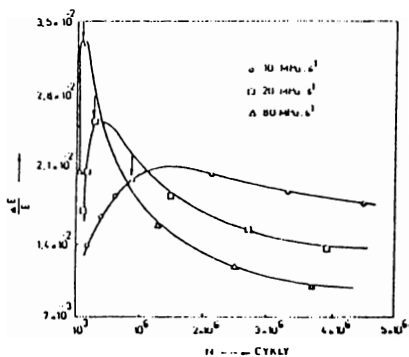
Najprv boli určené statické mechanické charakteristiky a veľkosť dynamického modulu pružnosti. Potom boli vzorky postupne pripajené ku zariadeniu pre zisťovanie komplexnej akustickej únavy KAUP [3]. Vzorky boli zaťažované symetrickým roztahovaním a stláčaním ($R = -1$), s frekvenciou okolo 20,2 kHz, pri chladení vzoriek pretekajúcou vodou s teplotou 15 °C. Zariadenie umožňuje v procese opakovaného zaťažovania monitorovať a udržiavať konštantnú veľkosť amplitúdy výchylky voľného konca vzorky. Boli vybrané hladiny napätia, pre každý materiál iná, tak aby porušenie únnavým lomom nastalo v reálnom čase ($\approx 10^7$ cyklov). Tieto hladiny boli dosiahnuté za zvolený čas tak,

že sa použili rozličné rýchlosti narastania amplitúdy napätia, pred vlastným únavovým zaťažením. Konkrétne hodnoty týchto rámp zaťažovania sú na obrázkoch (obr.1 a obr.2) pričom najvyššie hodnoty týchto rámp sú rampy obvyklé pri skúškach únavy.

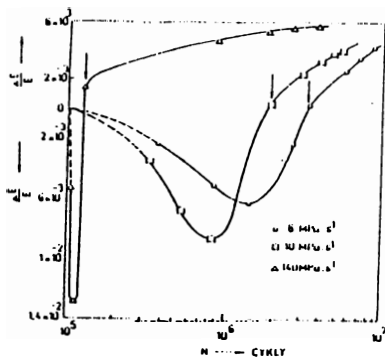
Z v ý s l e d k o v meraní vyplýva, že pre rozdielne skúšané materiály sú závislosti defektu modulu pružnosti od počtu cyklov zaťažovania rozdielne, čo možno dať do súvisu s pozorovaniami [4], že sa analogicky mení závislosť amplitúdy plastickej deformácie od počtu cyklov zaťažovania.

Pre oceľ 12060 a pre amplitúdu napätia $\sigma_a=310$ MPa vidieť (obr.1), že so vzrastom rampy zaťažovania vzrastá defekt modulu pružnosti, až do ukončenia rampy zaťažovania, označenej šípkami. Potom nasleduje postupný pokles. Keď zohľadníme platnosť rovnice 1, pozorujeme spočiatku zmäkčovanie, predovšetkým počas rampy zaťažovania, a následne spevňovania, v priebehu ďalšieho zaťažovania.

Pre T 110 a pre amplitúdu napätia $\sigma_a=970$ MPa vidíme z obr.2, že spočiatku zaznamenáme pokles defektu modulu pružnosti, až do ukončenia rampy zaťažovania, pri ďalšom postupnom vzraсте až do únavového porušenia. Po prepočte na amplitúdu plastickej deformácie zisťujeme, že najprv začína spevňovanie a neskôr sa uplatní zmäkčovanie.



Obr.1 Závislosť $\Delta E/E$ od N pre
ocel 12060, pri $\sigma_m = 310$ MPa.



Obr.2 Závislosť $\Delta E/E$ od N pre
T 110, $\sigma_m = 970$ MPa

Literatúra

- [1] Puškár, A.: Ultrasonics (London), May, 1982, p.118.
- [2] Mason, W.P.: Physical Acoustics and Properties of Solids, Princeton New Jersey, D. van Nostrand Co, 1958.
- [3] Puškár, A.: Zariadenie pre komplexné skúšky akustickej únavy, CS 3362/90.
- [4] Klesnil, M. - Lukáš, P.: Únava kovových materiálov při mechanickém namáhání, Academia Praha, 1975.

Prof. Ing. Anton Puškár, DrSc.,

Strojnícka fakulta, Vysoká škola dopravy a spojov,

Veľký diel, 010 26 Žilina, Slovensko

tel. 512 (linka 120)