



30th Conference of Experimental Stress Analysis
30. konference o experimentální analýze napětí
2. - 5. 6. 1992 ČVUT Praha Czechoslovakia

HIGHFREQUENCY CYCLIC LOADING, THE METHOD TO DETERMINING OF
 ΔK_{th} AND $da/dN = f(\Delta K)$

METODIKA STANOVENIA ΔK_{th} A $da/dN = f(\Delta K)$ PRI VYSOKOFREKVEN-
ČNOM CYKLICKOM ZAŤAŽOVANÍ

Bokúvka, O., Palček, P., Várkony, L., Puškár, A.

The method to determining of ΔK_{th} and $da/dN=f(\Delta K)$ used in the region of highfrequency cyclic loading (frequency 20 kHz, temperature 20 ± 5 °C, push-pull loading, $P=-1$) is stated in this work. The basic procedures and reproducibility results are proofed on the construction steels used in the field of transportation.

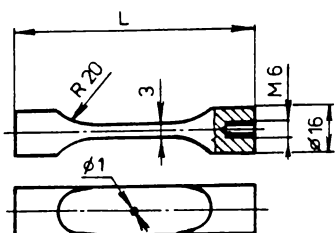
Keywords: fatigue, cracks propagation, methods, steels

Únavové porušovanie je dominantným porušovaním súčiastok a konštrukcií. Únavové trhliny rastú, šíria sa z defektov rôzneho charakteru a rozsahu, dochádza k degradácii vlastností konštrukčného materiálu až po záverečný lom. Využitím zákonitostí lomovej mechaniky je možné určiť podmienky nešírenia (prípadne je šírenie únavovej trhliny veľmi pomalé, $da/dN < 10^{-10}$ m/cyklos), alebo je šírenie kontrolovateľné (Parisov zákon, $da/dN=A \cdot \Delta K^m$), t.j. experimentálne je nutné stanoviť základnú prahovú hodnotu rozkmitu súčiniteľa intenzity napätia ΔK_{th} , resp. závislosť $da/dN=f(\Delta K)$.

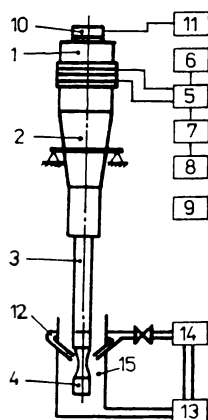
Základné metódy, postupy experimentálneho stanovenia ΔK_{th}

a závislosti $da/dN=f(\Delta K)$ sú dostatočne rozpracované pri nízko-frekvenčnom cyklickom zaťažovaní /1,2,3/. Vysokofrekvenčné cyklické zaťažovanie vzhľadom na svoje špecifiká vyžaduje odlišné metódy a prístupy /1,4,5,6/.

Vysokofrekvenčné cyklické zaťažovanie konštrukčných materiálov je s použitím skúšobných vzoriek (tvar a rozmery napr. pre bežné ocele viď obr.1) realizované v laboratóriách únavových skú-



Obr.1



Obr.2

šok, VŠOS Žilina, na skúšobnom zariadení - obr.2. Skúšobné zariadenie je zostavené z piezoelektrického meniča (1), kužeľového koncentrátora (2), stupňovitého koncentrátora (3), skúšobnej vzorky (4), ultrazvukového generátora (5), automat.vyrovnávača frekvencie (6), merača frekvencie (7), tlačiarne (8), digitálnych stopiek (9), snímača amplitúdy výchylky (10), multivoltmetra (11), chladiacich trysiek (12), termostatu (13), čerpadla (14) a zbernej nádoby (15).

K stanoveniu ΔK_{th} a závislosti $da/dN=f(\Delta K)$ sa používa metodika postupného znižovania ΔK (o 10 %, v oblasti blízkej hodnotám prahovým potom o 5 % ΔK) až do zastavenia únavovej trhliny (brzdíaci efekt spôsobený vytvorením vlastnej plastickej zóny). vzhľadom na frekvenciu 20 kHz je možné stanoviť ΔK_{th} pre veľmi malé hodnoty šírenia, 10^{-13} až 10^{-14} m/cyklus. Z primár-

neho defektu (viď skúšobná vzorka obr.1) sa šíri únavová trhlina, pričom vychádza hladina ΔK odpovedá, je volená $\Delta K=0,5 \div 0,6 K_{IC}$. V priebehu rastu únavovej trhliny sa vynodnocuje rýchlosť šírenia na danej zaťažovacej hladine; kontroluje sa požiadavka, aby trhlina pri svojom raste prekročila plasticke zónu, vytvorenú predchádzajúcou vyššou hladinou ΔK . Veľkosť ΔK (pre centrálnne umiestnený prim.defekt, viď vzorka obr.1) je kalkulo- vaná zo vzťahu $\Delta K = \Delta \sigma \cdot (W \cdot t g \pi \cdot a / W)^{1/2}$.

Konkrétne registrácia rastu únavovej trhliny pri vysokofrekven- čnom cyklickom zaťažovaní je založená na poznatku, že sústava

(piezokeramický menič, koncentrátor, vzorka, obr.2) naladená na rezonančnú východiskovú frekvenciu sa v dôsledku zmeny počiatočných podmienok, napr. rastom trhliny z prim.defektu zmení, dôjde k jej poklesu. Zmena, zníženie frekvencie je tým väčšie, čím sú zmeny počiatočných podmienok väčšie (rast trhliny, zmenšovanie prierezu).

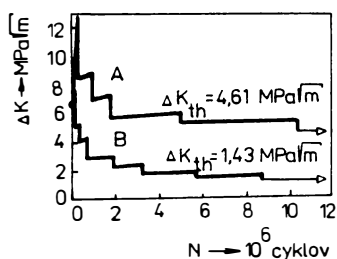
Tab.1

oceľ	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Al
1	0,26	0,96	0,35	0,019	0,02	0,07	-	0,02	0,05	-	0,017
2	0,52	0,80	0,40	0,040	0,04	0,30	0,05	0,30	0,30	0,05	-
3	0,52	0,60	1,44	0,020	0,024	0,57	-	-	-	-	-
4	0,54	0,61	1,41	0,019	0,004	0,57	-	-	-	-	-
5	0,78	1,25	0,7	0,015	0,022	1,1	-	-	-	-	-
6	0,55	0,75	0,15	max.	max.		-	-	-	-	-
	0,8	1,4	0,5	0,05	0,05						

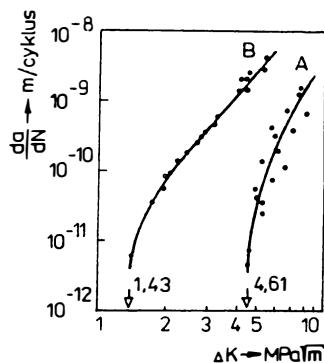
Tab.2

oceľ	R _m MPa	Re(R _{p0,2}) MPa	A ₅ %	Z %	KCU2 J.cm ⁻²	ΔK_{th} MPa.m ^{1/2}
1	560	330	30	-	-	4,61
2	841	554	18,6	48,3	42,2	4,47
3	1452	1358	14	45,9	52,3	3,66
4	1531,6	1424	10,2	40,9	48,3	2,89
5	1097	-	min.6	-	-	3,035
6	935	-	min.8	-	-	3,74

Zariadenie pre vysokofrekvenčné únavové skúšky vrátane základných metód a postupov stanovenia ΔK_{th} a $da/dN=f(\Delta K_a)$, (pri pôsobení rôznych externých a interných faktorov) je využívané k určovaniu vyššie uvedených materiálových charakteristík u čsl. a zahraničných konštrukčných ocelí. Ako príklad sú uvedené pre ocele používané v železničnej doprave (chemické zloženie a mechanické charakteristiky viď tab.1, tab.2, pričom oceľ ozn.1 je oceľ pre nápravu, 2-celistvé kolesá, 3,4-listové perá a 5, 6 pre koľajnice) experimentálne získané hodnoty ΔK_{th} (vrátane postupu stanovenia ΔK_{th} v oceli pre nápravu, pričom A je pôvodný stav, B stav po tepelnej transformácii laserom, obr.3) a závislosť $da/dN=f(\Delta K)$, obr.4 rovnako pre nápravovú oceľ,



Obr. 3



Obr. 4

A - pôvodný stav, B - ovplyvnenie laserom.

Literatúra:

- /1/ Blom, A.F.: An assessment of different experimental techniques for determination of the threshold stress intensity factor ΔK_{th} , in Proc. Int. Conf. on Exper. Mechanics, Honolulu, Hawaii, 1982.
- /2/ Allen, R.J., Booth, G.S., Jutla, I.: A review of fatigue crack growth characterization by LEFM, part I-principles and methods of data generation, Fatigue Fract. Engng. Mater. Struct., Vol. 11, No. 1, 1988.
- /3/ Klesnil, M., Lukáš, P.: Únava kovových materiálov pri mech. namáhaní, Academia ČSAV, Prana, 1975.
- /4/ Bokůvka, O., Puškár, A.: Fatigue crack propagation at kHz loading frequency in Proc. 8th Congress on Material Testing, Budapest, Hungary, 1982.
- /5/ Stanzl, S.E.: Fatigue testing of Ultrasonic frequencies, Jour. of the Society of Environ. Engng., 1986.
- /6/ Roth, L.R.: Ultrasonic fatigue testing, ASM, Metals Handbook, Vol. 8, Mech. testing., Metals Park, Ohio, 1985.

Otakar Bokůvka, Doc. Ing. CSc., Peter Palček, Doc. Ing. CSc., Ladislav Várkony, Ing. CSc., Anton Puškár, Prof. Ing. DrSc, dr. h.c., Vysoká škola dopravy a spojov, Katedra materiálov a technológie, 010 26 Žilina, č. t. 530 17, Fax: 089-52241