



INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2005

NÁRODNÍ KONFERENCE

s mezinárodní účastí

Svratka, Česká republika, 9. - 12. května 2005

STRENGTH CRITERION AND TESTING MACHINE

J. Fuxa, R. Kubala, F. Fojtík, Z. Poruba *

Summary: *The paper deals with a static and fatigue strength criterion based on the theory of the reference normal and shear stresses – see Fuxa, J. (2003) and Fuxa, J. (2004). The simplest relationship of the static reference strength criterion is described by equation (1). The initialization of the fatigue failure is described by equation (3) where the true tensile strength and the endurance limit are taken into account. The quality of such approximation is clear from fig's 1, 2, 3 and 4 (data are borrowed from Bannantine, J.A. & Comer, J.J. & Handrock, J.L. (1990)). The special testing machine fit for fatigue testing is also discussed.*

1. Úvod

Kritérium referenčních napětí, užitá k posouzení statické pevnosti tvárných materiálů, bylo popsáno v práci Fuxa, J. (2003). Vhodnost tohoto kritéria byla ověřena s užitím experimentálních dat uvedených v knize Kolmogorov, V. P. (1977), označovaných jako *diagramy mezní plasticity* materiálu. Ke transformaci na Haighův diagram bylo užito *kritérium referenčních napětí* ve tvaru:

$$\tau_R = A_0 - B \cdot \sigma_R, \quad (1)$$

změřených hodnot diagramu mezní plasticity (uspořádaných dvojic: mezní intenzita deformace a koeficient napět'ového stavu), *konstituční rovnice* daného materiálu a lineární závislost mezi intenzitou napětí a referenčním smykovým napětím.

2. Wöhlerovy křivky

Experimentální data pro hodnocení přiléhavosti jednotlivých aproximací byla vybrána z knihy Bannantine, J.A. & Comer, J.J. & Handrock, J.L. (1990). Oceli v obr. 1, 2, 3 a 4 jsou označovány symboly *A*, *B*, *C* a *D*, jejich skutečné hodnoty napětí na mezi pevnosti v tahu jsou: 108 ksi (744,7 MPa), 225 ksi (1551,4 MPa), 270 ksi (1861,7 MPa) a 320 ksi (2206,4 MPa).

Je hodnocena Basquinova aproximace:

* Prof. Ing. Jan Fuxa, CSc., Ing. Rostislav Kubala, CSc., Ing. František Fojtík, Ing. Zdeněk Poruba: *všichni* Katedra pružnosti a pevnosti, SF VŠB-TU Ostrava; 17. listopadu 15; 708 33 Ostrava – Poruba; tel.: +420.597 324 412, fax: +420.596 916 490; e-mail: jan.fuxa@vsb.cz

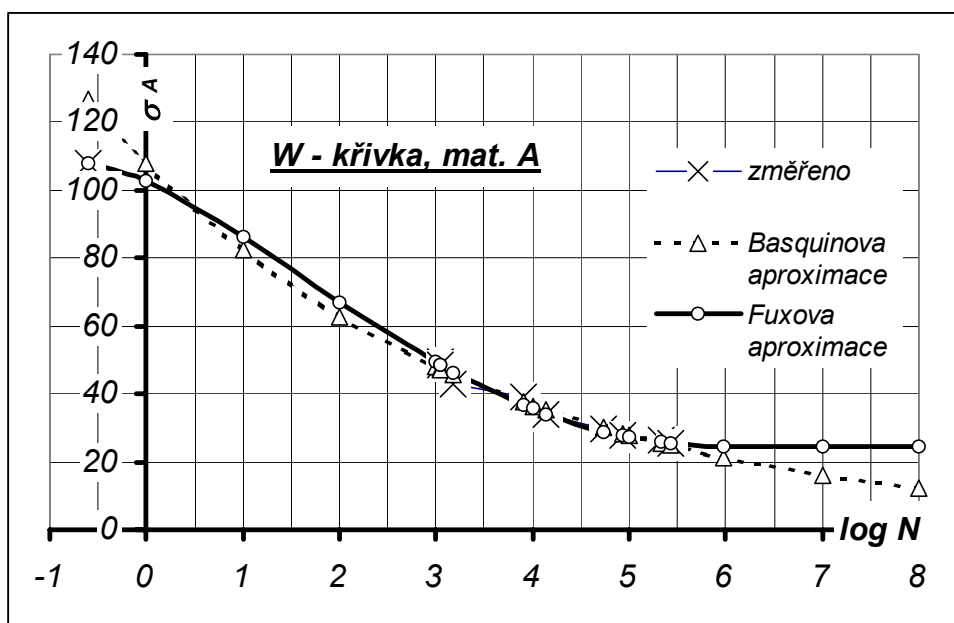
$$\sigma_{AB} = \sigma_f' \cdot (2 \cdot N)^b \quad (2)$$

a nově navržená aproximace – viz příspěvek Fuxa, J. & Kubala, R. & Frydrýšek, K. (2004):

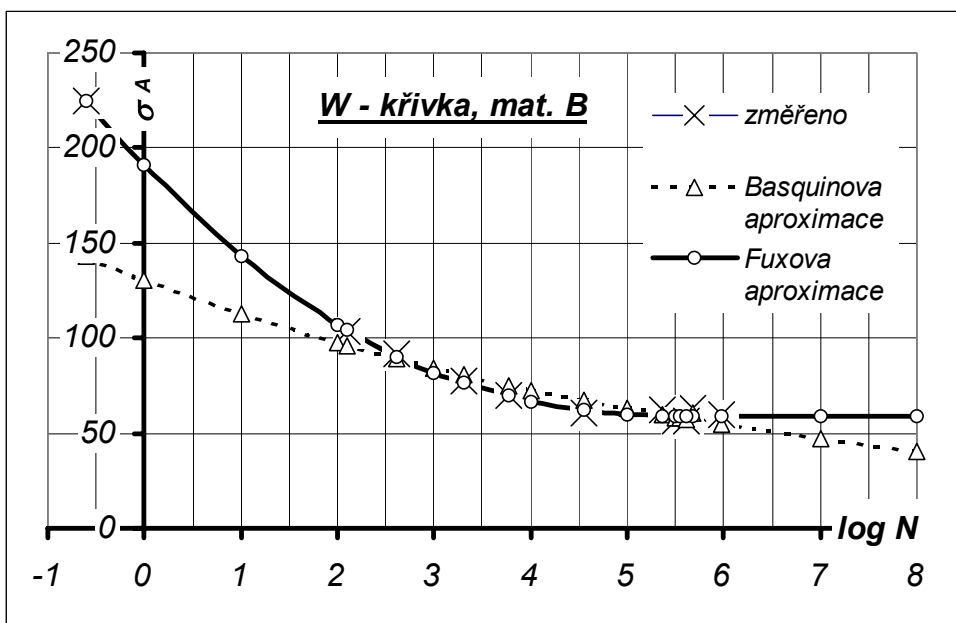
$$\sigma_{AF} = (\sigma_f + \sigma_c) / 2 + (\sigma_f - \sigma_c) / 2 \cdot \cos \{ \pi \cdot [\log(4 \cdot N) / \log(4 \cdot N_c)]^a \}, \quad (3)$$

kde σ_f' a b značí konstanty *Basquinovy* aproximace, σ_f je skutečná hodnota napětí na mezi pevnosti v tahu, σ_c je mez únavy, N_c je počet cyklů do iniciace trhliny na mezi únavy, a je konstanta navrhované aproximace. V obou aproximacích značí N počet cyklů do iniciace porušení při amplitudě napětí σ_A .

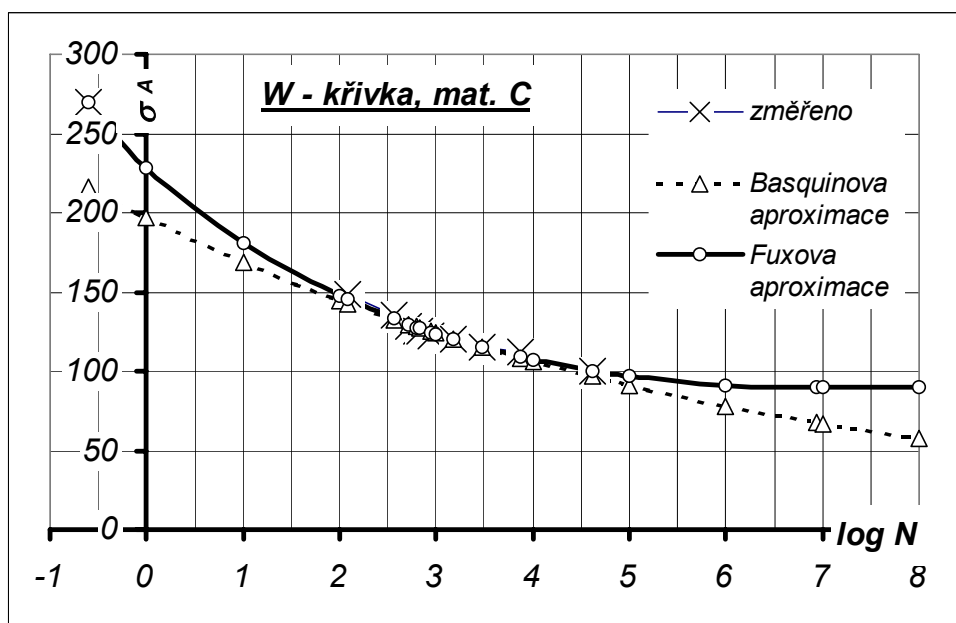
Výsledky aproximací jsou zakresleny v obr. 1 až 4. Je z nich zřejmé, že aproximační vztah (3) vhodně popisuje chování vybraných (*A, B, C, D*) typů ocelí při souměrném cyklickém namáhání tahem / tlakem. Aproximační křivky procházejí body na mezi pevnosti v tahu a také body na mezi únavy (σ_c, N_c).



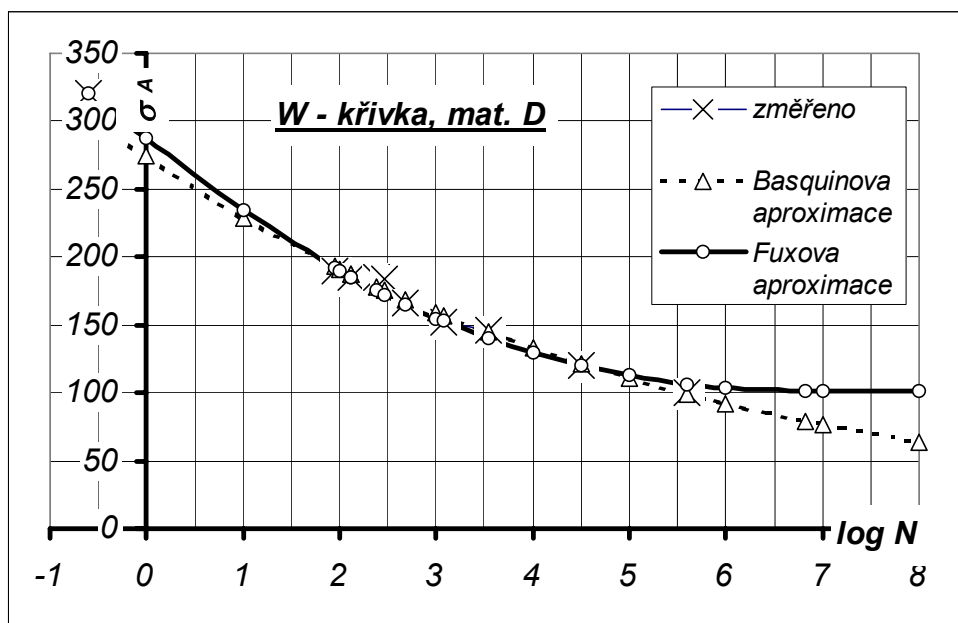
Obr. 1 W – křivka materiálu A



Obr. 2 W křivka materiálu B



Obr. 3 W – křivka materiálu C



Obr. 4 W – křivka materiálu D

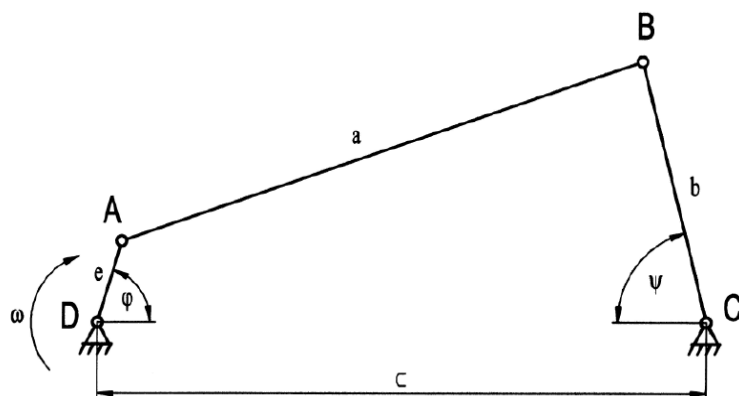
3. Idea sdruženého kritéria pevnosti

Lze očekávat, že hodnověrné kritérium pevnosti, platné jak pro statické víceosé, tak i pro únavové víceosé namáhání, bude vycházet z referenčního kritéria pevnosti a že pak statické referenční kritérium pevnosti bude „obálkou“ kritérií únavových pevností. To se současně odráží v potřebě vhodného zkušebního zařízení, které umožní hospodárné zkoušení v podmínkách definovaných napěťových stavů.

V současnosti je obvyklé stanovovat W – křivky na elektro-hydraulických zkušebních strojích pracujících v oblasti tahových / tlakových napětí. V případě souměrného střídavého cyklu se jedná o superpozici dvou půlcyklů, z nichž jeden probíhá jako mívivý tah – se středním tahovým napětím, zatímco druhý půlcyklus probíhá jako mívivý tlak – se středním tlakovým napětím. Domníváme se, že vhodnějším způsobem namáhání je střídavé nebo mívivé kroucení, neboť v tomto případě je střední napětí stále nulové. Také z tohoto důvodu jsme přikročili k rekonstrukci mechanického zkušebního stroje SCHENCK PWXN.

4. Zkušební zařízení

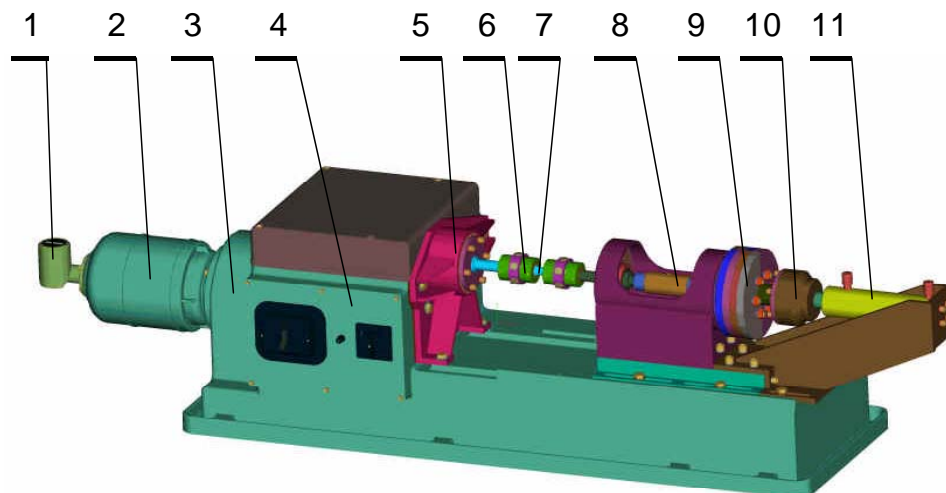
Kinematické schéma základního mechanismu stroje je znázorněno na obr. 5. Rameno AD nastavitelné délky e rotuje, poháněné asynchronním elektromotorem. Páka CB pak koná kyvný pohyb. S pákou CB je v kloubu C pevně spojena hřídel, s níž je pevně spojena jedna část zkrcovaného zkušební vzorku (viz také položka 7 v obr. 6). Druhá část vzorku je pevně spojena s hřídelí 8 setrvačníku 9 , jehož hmotový moment setrvačnosti spolu s úhlovým zrychlením páky CB určuje hodnotu krouticího momentu, jímž je namáhán zkušební vzorek mezikruhového průřezu.



Obr. 5 – Převodový mechanismus zkušebního stroje

Vlastní uspořádání rekonstruovaného zkušebního stroje je zřejmé z obr. 6. Čítač otáček 1 je spojen s hřídelí asynchronního elektromotoru 2 , uchyceného v tělese 3 zkušebního stroje. Elektromotor 2 pohání čtyřkloubový mechanismus (z obr. 5), který je umístěn ve skříni 4 . Upínací hlava 5 slouží k uložení hřídele páky CB (z obr.5) a současně k zachycení osových sil. Kleštiny 6 upínají dutý zkušební vzorek 7 . Na hřídeli 8 je upevněn skládaný setrvačník 9 . Spojka 10 přenáší případnou osovou sílu, vyvozovanou hydraulickým válcem 11 .

Uváděné zkušební zařízení je doplňováno o další přípravy, které slouží k vyvozování odlišných napěťových stavů.



Obr. 6 – uspořádání zkušebního stroje

5. Závěr

Pevnostní kritérium referenčních napětí (1) a aproximace (3) spolu s upravovaným zkušebním zařízením (obr.6) slouží k řešení sdruženého kritéria statické a únavové pevnosti.

6. Poděkování

Autoři děkují Grantové agentuře České republiky za finanční podporu, která v projektu č. 101/04/0475 umožňuje vyvíjet konjugované kritérium pevnosti a upravit zkušební zařízení.

7. Literatura

- Bannantine, J.A. & Comer, J.J. & Handrock, J.L. (1990) *Fundamentals of Metal Fatigue Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Fuxa, J. (2004) Strength criterion fit for quasi-isotropic statically loaded materials, in: *Proc. Fracture Damage of Structural Parts* (Z.Bůžek & B.Strnadel eds), VSB-TU, Ostrava, pp.207-213, ISBN 80-248-0615-0
- Fuxa, J. & Kubala, R. & Frydrýšek, K. (2004) Fatigue strength criterion fit for proportional loaded material, in: *Proc. National Conference with International Participation ENGINEERING MECHANICS 2004* (I.Zolotarev & A.Povyžilová eds), Institute of Thermomechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, pp.97-98, ISBN 80-85918-88-9
- Fuxa, J. (2003) Fracture strain diagram and strength criterion, in: *Proc. National Conference with International Participation ENGINEERING MECHANICS 2003* (J.Náprstek & C. Fischer eds), Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, pp.94-95, ISBN 80-86246-18-3
- Kolmogorov, V. P. (1977) *Plastičnost i razrušenije*. Metallurgija. Moskva.