

Experimentální **A**nalýza **N**apětí **2005**

RECONSTRUCTION OF THE TORQUE TEST MACHINE AND ITS UTILIZATION FOR STRENGTH CRITERION SEARCHING

REKONSTRUKCE TORZNÍHO ZKUŠEBNÍHO STROJE A JEHO UŽITÍ PRO HLEDÁNÍ PEVNOSTNÍHO KRITÉRIA

Jan Fuxa, Rostislav Kubala, František Fojtík, Zdeněk Poruba¹

The testing machine SCHENCK type PWXN and its reconstruction. The current conception of the testing machine (see Fig. 1) enables to load the specimen by the cyclic bending moment and cyclic torque (the special jaws are necessary). The test evaluation is then limited only on counting of the number of the cycles until failure of the specimen. There is no possibility to control the testing process during the experiment – it is only possible to set the magnitude of the input torque amplitude.

It is necessary to add new features for a new research intention. The starting point is the analysis of the kinematics and dynamics parameters of the testing machine – namely the maximum and minimum values of the angular acceleration of the testing jaw and also maximum of the torque. Mentioned testing machine is designed for maximum torque 800 Nm - using an asynchronous motor (1435-RPM) for driving the testing jaw.

The “new” conception of the testing machine (see Figs. 2, 3) accepts some “old” parts such as the frame, asynchronous motor, the gear-box with control of the eccentricity - e by the worm gear and the four articulated mechanisms (see Fig. 2). The mass inertia of the fly wheel, magnitude of the eccentricity and the angular velocity of the jaw are responsible for magnitude of the loading torque. Hydraulics cylinder makes possible to load the specimen also by the axial force.

The testing machine under reconstruction enables to test materials namely to search fatigue strength criterion based on the reference normal and shear stresses [2, 3]. The initialization of the fatigue failure is described by equation (2) where the true tensile strength and the endurance limit are taken into account. The quality of such approximation is clear from Figs. 4, 5 (data are taken from [1]).

Keywords

Testing machine, fatigue, strength criterion

Klíčová slova

Zkušební stroj, únava materiálu, pevnostní kritérium

¹ Prof. Ing. Jan Fuxa, CSc., Ing. Rostislav Kubala, CSc., Ing. František Fojtík, Ing. Zdeněk Poruba, všichni: Katedra pružnosti a pevnosti, FS VŠB – TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba, tel.: +420-59-732-4412, e-mail: jan.fuxa@vsb.cz

Úvod

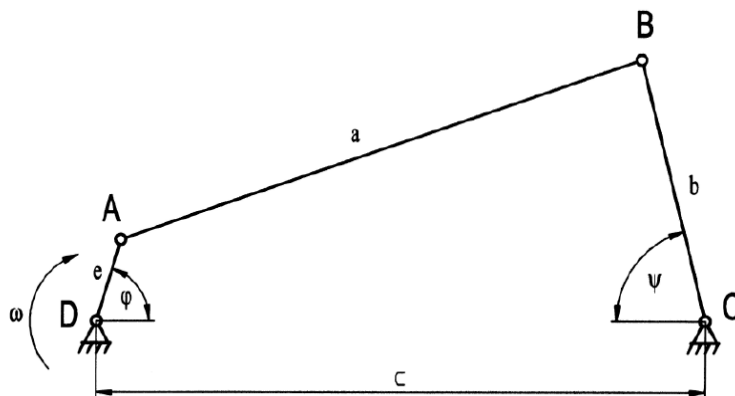
Zkušební stroj SCHENCK typ PWXN (obr. 1) umožňuje zatěžovat zkušební vzorky cyklickým ohybem, případně krutem, je – li vybaven speciálními přídavnými čelistmi. Lze však nastavit pouze hodnotu vstupní amplitudy zátěžného momentu. Vyhodnocení testu je omezeno jen na zjištění počtu cyklů do porušení zkušební vzorku. Vzhledem k výzkumným záměrům je nutno doplnit zkušební stroj o nové funkce, které výrazně rozšíří jeho uplatnění při únavovém zkoušení materiálu.



Obr. 1 Zkušební stroj SCHENCK PWXN před rekonstrukcí

Rekonstruovaný zkušební stroj

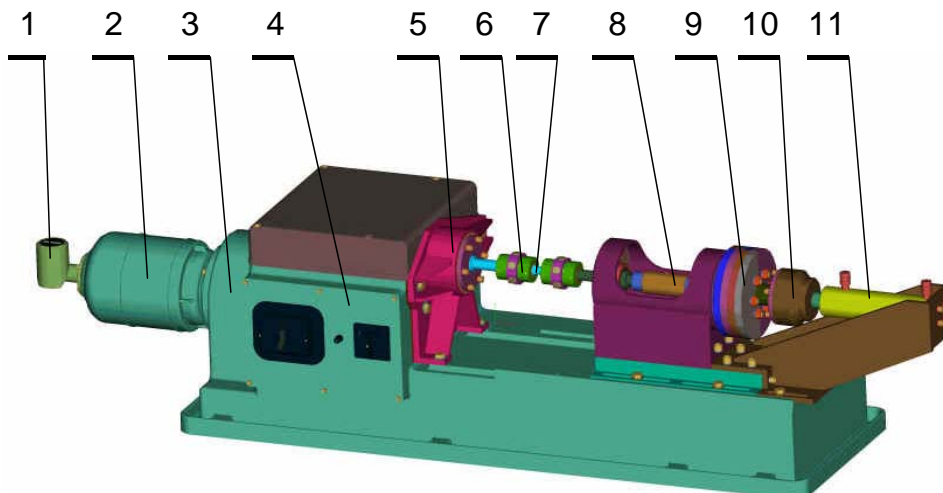
Kinematické schéma základního mechanismu stroje je znázorněno na obr. 2. Rameno AD nastavitelné délky e rotuje, poháněno asynchronním elektromotorem.



Páka CB pak koná kyvný pohyb. S pákou CB je v kloubu C pevně spojena hřídel, s níž je pevně spojena jedna část zkrucovaného zkušební vzorku (viz také pozice $\underline{7}$ v obr. 3). Druhá část vzorku je pevně spojena s hřídelí $\underline{8}$ setrvačníku $\underline{9}$, jehož

Obr. 2 Převodový mechanismus zkušební stroje

hmotový moment setrvačnosti spolu s úhlovým zrychlením páky CB určuje hodnotu kroutícího momentu, jímž je namáhán zkušební vzorek mezikruhového průřezu.



Obr. 3 Návrh rekonstrukce zkušebního stroje

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

Uváděné zkušební zařízení je doplňováno o další přípravky, které slouží k vyvozování odlišných napět'ových stavů.

Wöhlerovy křivky

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 míjivý tah – se středním tahovým napětím, zatímco druhý půlcyklus probíhá jako míjivý tlak – se středním tlakovým napětím. Domníváme se, že vhodnějším způsobem namáhání je střídavé nebo míjivé kroucení, neboť v tomto případě je střední napětí stále nulové. Také z tohoto důvodu jsme přikročili k rekonstrukci mechanického zkušebního stroje SCHENCK PWXN.

Experimentální data pro hodnocení přiléhavosti jednotlivých aproximací byla vybrána z knihy [1]. Oceli v obr. 4, 5 jsou označovány symboly A , B , jejich skutečné hodnoty napětí na mezi pevnosti v tahu jsou: 108 ksi (744,7 MPa), 225 ksi (1551,4 MPa).

Je hodnocena Basquinova aproximace:

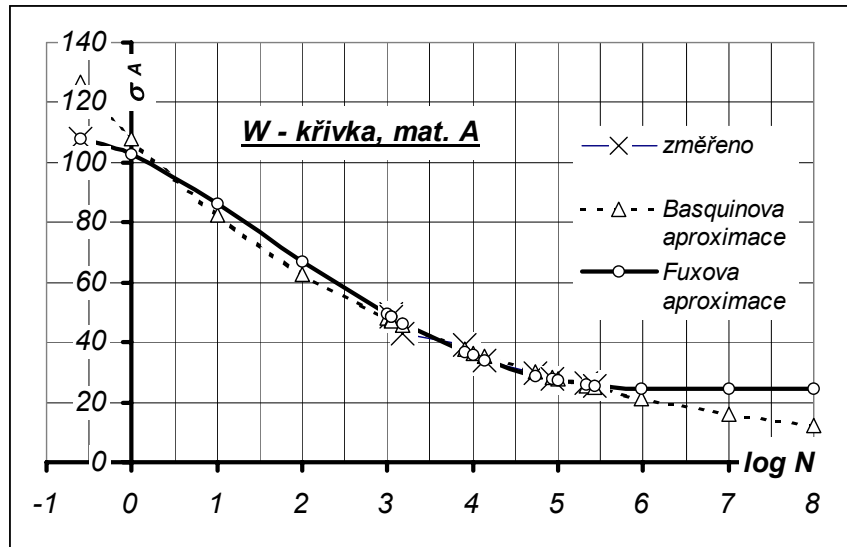
$$\sigma_{AB} = \sigma_f' \cdot (2 \cdot N)^b \quad (1)$$

a nově navržená aproximace – viz [3]:

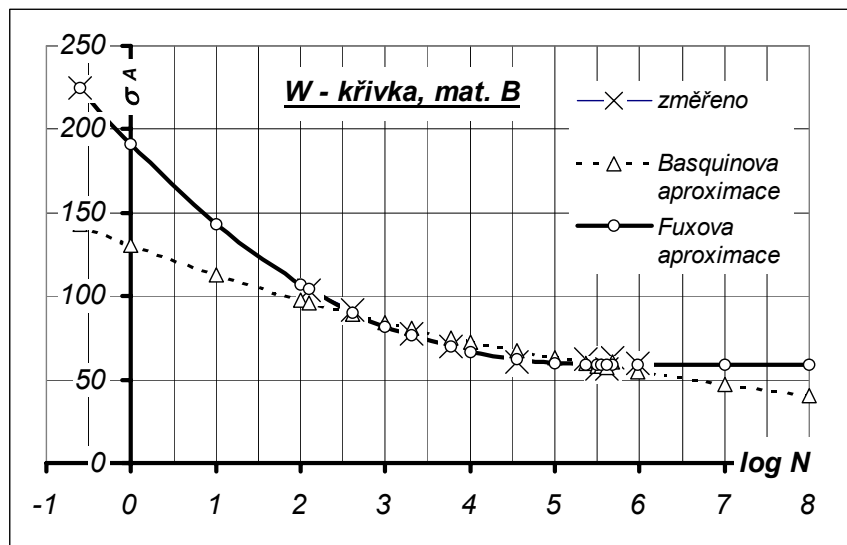
$$\sigma_{AF} = (\sigma_f + \sigma_C) / 2 + (\sigma_f - \sigma_C) / 2 \cdot \cos \{ \pi \cdot [\log(4 \cdot N) / \log(4 \cdot N_C)]^a \}, \quad (2)$$

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. 4 a 5. Je z nich zřejmé, že aproximační vztah (2) vhodně popisuje chování vybraných 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. 4 - W křivka materiálu A



Obr. 5 - W křivka materiálu B

Závěr

Pro ověřování konjugovaného kritéria pevnosti materiálu bude využit popsáný rekonstruovaný zkušební stroj, univerzální trhací stroj, aproximace [3] podle rovnice (2), statické kritérium pevnosti [2], počítačové modelování napěťově-deformačních stavů podle [4] a statistika uváděná v [5].

Poděkování

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

Literatura

- [1] Bannantine, J.A. & Comer, J.J. & Handrock, J.L.: *Fundamentals of Metal Fatigue Analysis*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990, 504
- [2] Fuxa, J.: *Strength criterion fit for quasi-isotropic statically loaded materials*, In: *Proc. Fracture Damage of Structural Parts* (Z.Bůžek & B.Strnadel eds), VŠB-TU, Ostrava, 2004, pp.207-213, ISBN 80-248-0615-0
- [3] Fuxa, J., Kubala, R., Frydrýšek, K.: *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
- [4] Frydrýšek, K.: *Torsion Test Modeling with Large Strain Effects*, In: *Sborník mezinárodní vědecké konference při příležitosti 50 let založení Fakulty strojní, sekce 8 (pružnost a pevnost)*, VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, 2000, ISBN 80-7078-802-X, s. 25-30.
- [5] Rojíček, J.: *Probability analysis of problems leading to systems of linear equations*, In: *Inženýrská Mechanika 2005*, Svratka, 9. - 12.května 2005, 7 stran, (v tisku).