

USING OF PC AND TORSION PLASTOMETER TO PLASTIC STRESS - STRAIN RELATIONSHIP DETERMINATION UNDER LARGE COLD STRAIN

VYUŽITÍ PC A TORZNÍHO PLASTOMETRU KE STANOVENÍ KONSTITUČNÍ ROVNICE MATERIÁLU PODROBENÉHO VELKÝM PLASTICKÝM DEFORMACÍM ZA STUDENA

Fuxa J.

Stress - strain relationship. Measure value of the torque $M_K(t)$ - fig.1. Dynamic ability of the plastometer. Angular velocity $\omega(t)$ - fig.2. Rotary jaws angular displacement $\varphi(t)$ - fig.3. Effective strain $S_e(\varphi, R)$ - fig.4. Effective strain rate $S_u(\varphi, R)$ - fig.5. Relative shear stress $\tau_{\rho 0}$ in cross-section - fig.6. Meshing effect - TAB.1. Measured and calculated values of the torque $M_K(\varphi)$, $M_{KVP}(\varphi)$ - fig.7. Stress - strain relationship $S_\sigma(S_\epsilon)$ - fig.8 - see equation (1).

Príspevek se zabývá výpočtem konstant konstituční rovnice ze zkoušky kroucením za studena. Jsou počítány parametry konstituční rovnice (S_σ - intenzita napětí, S_ϵ - intenzita deformace, K_1 , K_2 , m - hledané konstanty):

$$(1) \quad S_\sigma = K_1 + K_2 \cdot S_\epsilon^m,$$

aproximující odezvu tvárného materiálu na (velké) plastické deformace. Nejsou uvažovány vlivy deformační rychlosti a teploty.

Cílem je ověřit vhodnou metodu výpočtu, zejména s přihlédnutím k záměru autora zpřesnit kritérium pevnosti tvárných materiálů při víceosém namáhání [1], neboť se projevuje souvislost mezi mezními diagramy plastičnosti [2], Haighovými diagramy [3], napětíovými stavy a tvarem konstituční rovnice.

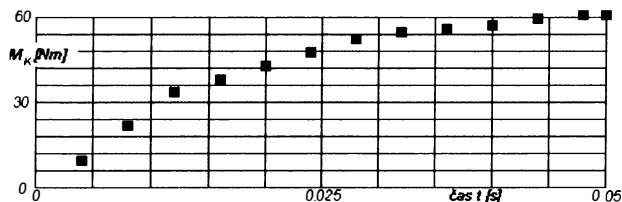
Tato práce využívá dřívější teoretické poznatky [4, 5, 6] pro vyhodnocení krutové zkoušky. Přednosti i nedostatky této zkoušky, ve srovnání s dalšími laboratorními zkouškami, jsou stručně vyloženy v [4, 7].

Zkouška krutem se uskutečňuje na torzním plastometru, popsaném v [4, 8]. Na tomto plastometru byla za studena deformována ocel 14 109 dle ČSN. Zkušební vzorek o rozměrech aktivní části $\phi 8.8 / \phi 6 / 3.2$ [mm] byl zkrucován při pokojové teplotě. Nastavené otáčky rotační čelisti $n_o = 500$ [ot/min] - ustálená hodnota po odeznění přechodového jevu „rozběh čelisti“. Změřená závislost kroutícího momentu M_K na čase t je znázorněna v obr.1.

Dynamika rozběhu rotační čelisti torzního plastometru byla v hlavních rysech popsána v [8]. K tomuto účelu byla využita pohybová rovnice:

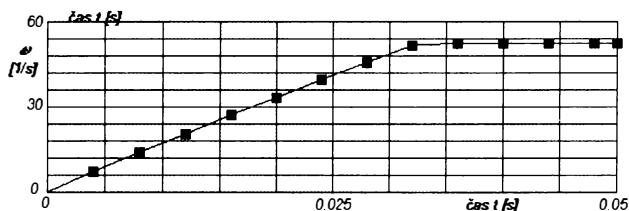
$$(2) \quad d\omega / dt = A_0 - B_0 \cdot \omega^c - 1 / J_0 \cdot M_K(t),$$

její konstanty byly určeny z experimentu (18 hodnot časů rozběhu rotační čelisti bez zatížení krouticím momentem, při odlišných hodnotách ustálených otáček n_0 a 4 rozběhů se zátěží - časově proměnným krouticím momentem M_K) a současně s využitím autorova programu „VĚSTEC03“, psaným pro PC.

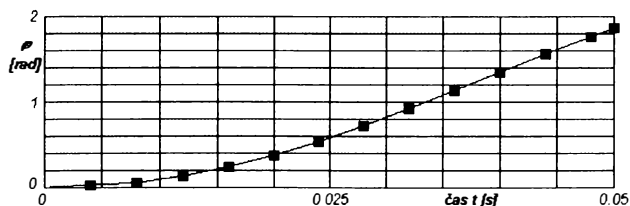


obr. 1

S využitím rovnice (2) a změřených hodnot $M_K(t)$ z obr.1 byly vypočteny závislosti úhlové rychlosti ω na čase t - viz obr.2 - a úhlu zkroucení φ rotační čelisti na čase t - viz obr.3:



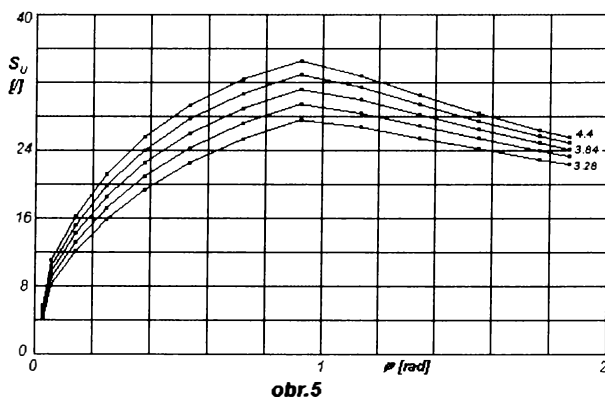
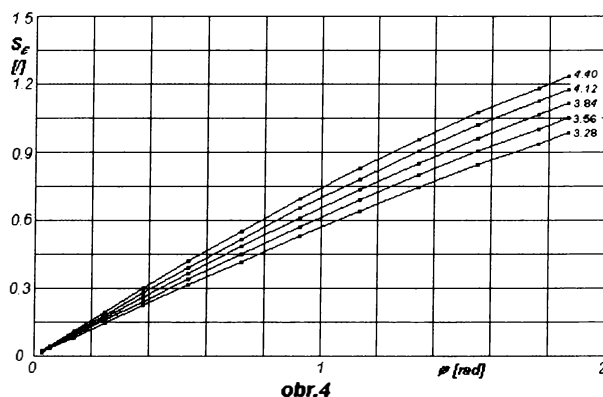
obr. 2



obr.3

V pracích [4, 6] je odvozena závislost intenzity deformace S_z a intenzity deformační rychlosti S_u na úhlu zkroucení φ , úhlové rychlosti ω a poloze R . Tyto závislosti

jsou znázorněny v obr. 4 - $S_e = f(\varphi, R)$ - a v obr. 5 - $S_u = f(\varphi, R)$. Číslo u jednotlivých křivek značí polohu bodu v němž jsou hodnoty počítány ($R = 3.28, 3.56, 3.84, 4.12$ a 4.4 [mm] od osy zkušební vzorku).

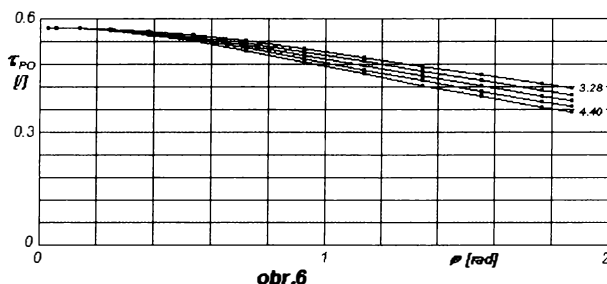


Během rozvoje plastické deformace dochází v obecném bodě krouceného vzorku ke změně směru hlavních os (směrů hlavních deformací i hlavních napětí). Z tohoto důvodu se rovněž mění hodnota smykového napětí v obecném bodě příčné roviny:

$$(3) \quad \tau = 2/3^{1/2} \cdot S_a(S_d) \cdot \{ [Z/2 + (Z^2/4 + 1)^{1/2}] \cdot [2 + Z^2/2 + (Z^2/4 + 1)^{1/2}]^{-1} \}$$

$$\dots Z = \varphi \cdot R / L \dots L = 3.2 \text{ [mm]}.$$

Poměrné smykové napětí, počítané jako podíl τ (z rovnice (3)) a intenzity napětí S_σ je vykresleno v obr.6:



Hodnoty znázorněné v obr.1, 4, 6 jsou vstupní data pro výpočet konstant K_1 , K_2 , m konstituční rovnice (1). Kvalita aproximace byla posuzována podle minimalizace výrazu:

$$(4) \quad K_{RITER} = \frac{\sum ABS(M_K(\varphi) - M_{KVYP}(\varphi))}{\sum M_K(\varphi)} \cdot 100\%,$$

v němž hodnoty $M_{KVYP}(\varphi)$ byly spočteny sumací příspěvků dílčích krouticích momentů jednotlivých mezikruhových ploch příčného řezu (při počtu **NIR** dělení vzorku v radiálním směru):

$$(5) \quad M_{KVYP} = \sum \{ \tau_{PO}(\varphi, R) \cdot S_\sigma(\varphi, R(i)) \cdot R(i) \cdot \pi \cdot (R(i+1)^2 - R(i)^2) \}.$$

Hodnota **KRITER** je střední poměrná odchylka a vyjadřuje míru shody / neshody (aproximované) konstituční rovnice (1) s odezvou testovaného materiálu.

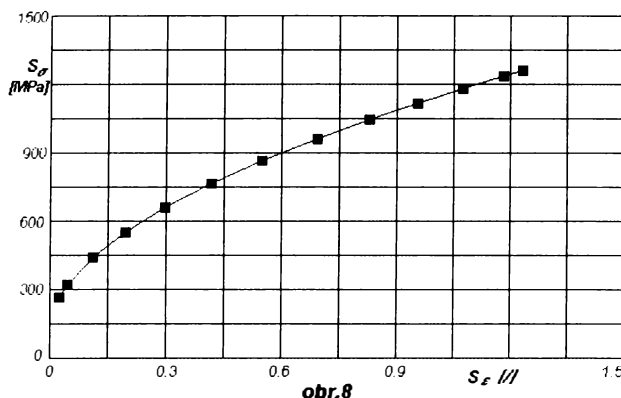
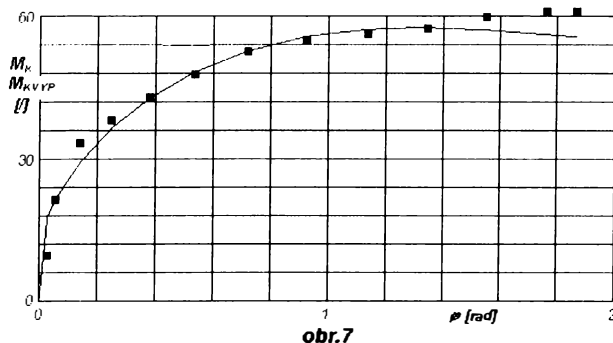
Numerické výpočty proběhly na PC s použitím původního programu. Vliv počtu dělení vzorku v radiálním směru **NIR** je patrný z tabulky 1:

TAB. 1

NIR [l]	1	2	3	4	5	6	7	8
KRITER [%]	5.38	5.17	5.04	4.94	4.93	4.90	4.88	4.85
K₁ [MPa]	188	134	125	127	123	125	126	127
K₂ [MPa]	997	1002	1009	1009	1010	1010	1011	1011
m [l]	0.67	0.55	0.54	0.56	0.53	0.53	0.53	0.54

Porovnání změřených M_K a vypočtených M_{KVYP} hodnot krouticích momentů je znázorněno v obr.7. Změřené hodnoty jsou značeny body, čára spojuje spočtené

hodnoty pro **NIR=5** (vzorek v radiálním směru dělen na 5 úseků). Vypočtená konstituční rovnice je zobrazena v obr.8.



Závěr

- 1) Byla vypracována metodika pro výpočet konstant **K1**, **K2**, **m** zvolené aproximační funkce (1).
- 2) Funkce (1) nahrazuje poměrně dobře napětovou odezvu materiálu na plastickou deformaci za studena. Střední poměrná odchylka podle rovnice (4) je menší než 5% - viz TAB.1, viz obr.7.
- 3) Přiléhavější shodu mezi změřenými **M_K** a dopočítávanými **M_{KVYP}** hodnotami lze očekávat další úpravou rovnice (1) tak, aby byly respektovány zejména vlivy měnící se deformační rychlosti.

Literatura:

- [1] Fuxa, J.: První sdělení o novém kritériu pevnosti tvárného materiálu, in: „33. konference experimentální analýza napětí“, Třešť, červen 1995. s. 71 - 75
- [2] Kolmogorov, V., P. a kol.: Plastičnost i razrušenie, Metallurgija, 1977
- [3] Fuxa, J.: Kritérium pevnosti tvárného materiálu, in: „Mezinárodní vědecká konference VŠB - TU Ostrava“, sekce 17/3 - Aplikovaná mechanika, září 1995, s. 20 - 25
- [4] Fuxa, J.: Příspěvek ke kvantitativnímu určení mezních stavů proporcionálně zatě-
žovaných materiálů, kandidátská disertační práce, Dobrá, únor 1986
- [5] Fuxa, J.: Detrmination of selected material characteristics by a torsion test, in:
„An international symposium on the plasticity and resistance to metal
deformation“, Herceg - Novi, April 1986
- [6] Fuxa, J.: Metoda vyhodnocení torzního testu, in: „Sborník vědeckých prací VŠB -
TU Ostrava“, č.2, rok 1994, ročník XL, řada strojní, s. 51 - 62
- [7] Fuxa, J.: Stanovení (mezní) intenzity deformace torzního testu, in: „31 konference
Experimentální analýza napětí“, Měřín, 1993, s. 99 - 103
- [8] Fuxa, J.: Vliv rozběhu rotační čelisti torzního plastometru na deformační paramet-
ry při zkoušce kroucením, in: konference „Inženýrská mechanika 96“,
Svratka, květen 1996 (v tisku)

Článek vznikl v rámci řešení grantu GAČR, reg. Č. 101 / 96 / 1477

Doc. Ing. Jan Fuxa, CSc.
katedra pružnosti a pevnosti
VŠB - Technická univerzita Ostrava
třída 17. Listopadu

Tel: (069) / 699 / 4412
Fax: (069) 691 6490

708 33 - OSTRAVA - Poruba