

**FIRST REPORT ON A NEW STRENGTH CRITERION OF A
WORKABLE MATERIAL****PRVNÍ SDĚLENÍ O NOVÉM KRITÉRII PEVNOSTI
TVÁRNÉHO MATERIÁLU**

Jan Fuxa

An effect of the states of stress upon the workable material coherence failure - the strength criterion - is presented in High's diagrams - see figures 1 and 2. This limiting curves were calculated using Fuxa's procedure [10] together with his original methodology [2, 4, 7, 8, 9]. The figures were elaborated for the 17347 steel (CSN standard). A quasi static torsion straining of hollow cylindrical specimens upon indoor temperature was applied. These theoretic results needs an experimental verification.

Ve kterékoli základní učebnici pružnosti a pevnosti - kupříkladu [1] - se vždy nachází kapitola pojednávající o vlivu napěťových stavů na porušení materiálu při pozvolně rostoucím (kvazistatickém) zatížení. Dosáhne-li toto zatížení mezní hodnotu, vyvolá v nebezpečném bodě materiálu porušení jeho soudržnosti. Vede-li zatížení k víceosému namáhání materiálu, bývá situace většinou vysvětlována na tzv. Haighově experimentu, s užitím Haighova zobrazení dvojosého napěťového stavu.

V kartézském souřadném systému jsou na osy x , y vynášena hlavní napětí σ_1 , σ_2 , experimentálně určená v nebezpečném bodě materiálu. Dvojosá napjatost tohoto nebezpečného bodu v materiálu je tudíž znázorněna určitým bodem v Haighově zobrazení. Roste-li zatížení součásti, zvyšují se hodnoty napětí σ_1 , σ_2 v nebezpečném bodě materiálu. Při jistém zatížení dosáhnou napětí σ_1 , σ_2 mezních hodnot a materiál se poruší. Uzavřená čára spojující takovéto mezní body, změřené při různém poměru σ_1/σ_2 , se nazývá (Haighova) mezní čára a rozděluje rovinu σ_1 , σ_2 na dvě oblasti.

Materiál kvazistaticky, monotónně namáhaný uvnitř oblasti vymezené Haighovou mezní čarou nemůže být porušen, zatímco týž materiál namáhaný vně této Haighovy mezní čáry, bude porušen.

V případě trojosého napětového stavu se Haighova mezní čára mění v Haighovu mezní plochu a „bezpečná oblast“ je touto mezní plochou uzavřena. Haighovo zobrazení se mění z rovinného na prostorové.

Některé technologie - jako třískové obrábění, lomové dobývání nerostů atp. - využívají oblast vně Haighovy mezní čáry (plochy) - aby došlo k porušení materiálu. Jiné činnosti - jako tvárnění kovů nebo konstruování strojních či stavebních součástí - volí zatížení polotovarů či součástí tak, aby kterýkoli bod polotovaru (součástí) byl namáhán uvnitř Haighovy mezní čáry (plochy) - aby k porušení materiálu nedošlo.

Experimentální stanovení Haighovy mezní plochy je pracné, přístrojově náročné, finančně nákladné. Z tohoto důvodu jsou navrhována kritéria pevnosti (pevnostní hypotézy), jejichž cílem je aproximovat tvar Haighovy mezní plochy.

Dosud se v pevnostních výpočtech často používají v podstatě historická kritéria pevnosti Rankina, Saint-Vénanta, Guesta, Mohra, Beltramiho, nebo poněkud novější HMM, Sinesova atp. Společným nedostatkem těchto kritérií pevnosti je skutečnost, že nerespektují způsob, jakým k porušení dochází. Vlastnosti materiálu popisují nejvýše hodnotami Yangova modulu, Poissonova čísla, napětí na mezi pevnosti v tahu či tlaku, aniž berou v úvahu případné plastické deformace před porušením soudržnosti materiálu, aniž berou v úvahu tvar konstituční rovnice (závislosti napětí - deformace) vlastního materiálu.

Zdá se, že by mělo být navrženo nové kritérium pevnosti, které by alespoň zčásti uvažilo základní poznatky fyziky kovů, k nimž náleží: existence skluzových rovin a směrů skluzu, polykrystalická stavba kovových materiálů, výskyt hranic zrn polykrystalických materiálů, způsob deformování těchto zrn atp.

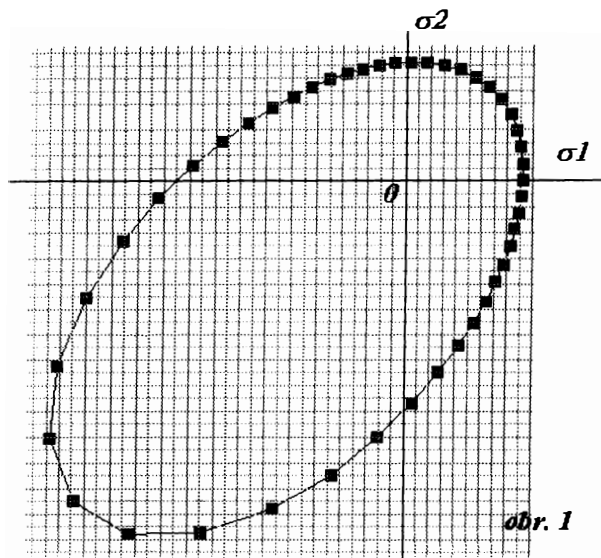
Nelze reálně očekávat, že se v dohledné době podaří vypracovat takové pevnostní kritérium, které by zahrnovalo všechny vlivy fyzikou kovů popsané. Jedná se spíše o hledání formálního (fenomenologického) kritéria, zaměřeného na vlivy podstatné.

Graficky znázorněné výsledky jedné varianty [10] takového kritéria pevnosti jsou uvedeny v tomto článku.

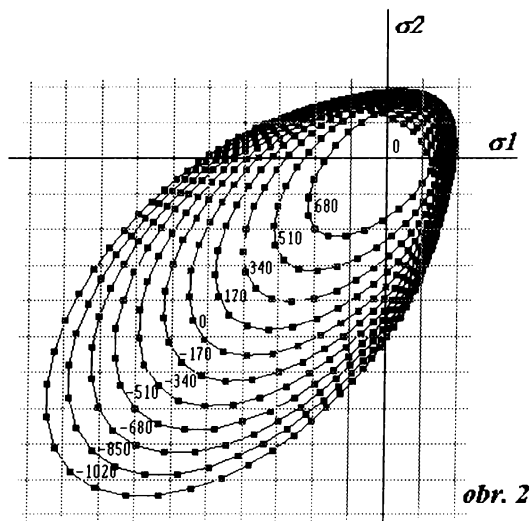
Zprvu byly hledány parametry, které by se měly v kritériální rovnici vyskytovat. Mimo jiné byly zvažovány tyto parametry: smyková a normálová napětí na rovině skluzu, intenzita normálových a smykových napětí, intenzita deformací a intenzita deformačních rychlostí, střední (smykové, normálové) napětí, měrná energie (deviátoru, kulového tenzoru) napětového stavu, konstituční rovnice materiálu, mezní (intenzita) deformace atp.

Základní mechanické vlastnosti materiálu byly popsány konstituční rovnicí [8], získané vyhodnocením záznamů kroucení dutých válcových vzorků,

zkoušených na torzním plastometru. K tomuto účelu byla použita speciální metodika [2, 4, 9]. Základní představu o vlivu složek tenzoru napětí na porušení pevnosti poskytly diagramy mezní plasticity [3]. Výsledky jsou znázorněny v obrázcích 1 a 2.



Na obrázku 1 je znázorněn vypočtený tvar Haighovy mezní čáry oceli 17 347 dle ČSN, namáhané kvazistaticky při pokojové teplotě. Hlavní napětí σ_1 , σ_2 jsou vynášena na osy x, y, přímky rastru jsou kresleny po 100 [MPa]. Mezní čára byla počítána podle původní teorie [10]. Analytický tvar konstituční rovnice byl počítán podle metodiky [9], využita byla dřívější autorova měření [2, 4] na torzním plastometru VÚHŽ. Duté válcové zkušební vzorky měly rozměry aktivní části: $\phi 8.8 / \phi 6 * 3.2$ [mm]. K popisu mechanických vlastností materiálu bylo dále použito Staňkovo měření [5] na tahové zkoušce, provedené na analogické oceli. Výsledky uvedené v obr. 1 nebyly experimentálně ověřovány.



Obrázek 2 opět znázorňuje Haighovy mezní čáry, počítané ze shodného pevnostního kritéria a pro shodný materiál jako v obr. 1, tentokrát však pro 3 - osý napěťový stav. Na osy x, y jsou opět vynášena hlavní napětí σ_1 , σ_2 , přímky rastru jsou kresleny po 500 MPa. Soustava mezních čar vznikla řezy Haighovy mezní plochy rovinami $\sigma_3 = \text{konstanta}$. Tyto konstanty byly pro výpočet voleny: + 680, + 510, + 340, + 170, 0, - 170, - 340, - 510, - 680, - 850 a - 1020 [MPa].

Závěry

1) Na obrázcích 1 a 2 je v Haighově zobrazení znázorněno kritérium pevnosti tvárného materiálu. Jedná se o vykreslení funkční závislosti mezi hlavními napětími σ_1 , σ_2 , σ_3 v okamžiku porušení materiálu. Tyto výsledky jsou teoretické a budou experimentálně ověřeny [6].

2) Mezní Haighovy čáry z obrázku 1 a 2 jsou počítány podle autorova originálního postupu [10], respektují konstituční rovnici zkoumaného materiálu; pro její stanovení jsou využity původní postupy [2, 4, 7, 8, 9] a kroucení dutých, válcových zkušebních vzorků. V obrázcích 1 a 2 jsou zakresleny Haighovy mezní křivky oceli 17 347 dle ČSN, namáhané kvazistaticky při pokojové teplotě.

3) Po zamýšleném experimentálním ověření popisovaného kritéria pevnosti lze očekávat jeho využitelnost například ve strojnictví, stavebnictví a hutnictví. V pevnostních výpočtech, triskovém obrábění, tvárnění kovů, ve výpočtech mezní

únosnosti ocelových konstrukcí a při zpřesněném popisu mechanických vlastností zejména nově vyvíjených a (zkoušených) materiálů.

Literatura

- [1] - Hájek, E., Reif, P., Valenta, F.: Pružnost a pevnost I, SNTL/ALFA, Praha 1988
- [2] - Fuxa, J.: Příspěvek ke kvantitativnímu určení mezních stavů proporcionálně zatěžovaných materiálů, kandidátská disertační práce, Dobrá, únor 1986
- [3] - Kolmogorov, V. P.: Naprjaženija, děformacii, razrušenie, Metallurgija, Moskva 1970
- [4] Fuxa, J.: Determination of selected material characteristics by a torsion test, in: An international symposium on the plasticity and resistance to metal deformation, sborník, Herceg - Novi, April 1986
- [5] Staněk, P.: Teorie mezní plastičnosti kovových materiálů a možnosti její praktické aplikace, in.: Tvařitelnost oceli za tepla, III. díl, sborník DT Ostrava, září 1974
- [6] - Fuxa, J.: Možnosti návrhu experimentálního zařízení pro simulaci víceosých napětových stavů v únavě materiálu, in: fakultní grant katedry 339, část 3, VŠB, prosinec 1992, s. 31 - 70
- [7] - Fuxa, J.: Stanovení (mezní) intenzity deformace torzního testu, in: EAN 93, 31. konference o experimentální analýze napětí, květen 1993, Měřín, s. 99 - 102
- [8] - Fuxa, J.: Stanovení napětového stavu torzního testu, in: EAN 94, 32. konference o experimentální analýze napětí, květen/červen 1994, Janov nad Nisou, s. 46 - 49
- [9] - Fuxa, J.: Metoda vyhodnocení torzního testu, in: Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava, číslo 2, rok 1994, ročník XL, řada strojní, s. 51 - 62
- [10] - Fuxa, J.: Kritérium pevnosti tvárného materiálu, in: Mezinárodní vědecká konference VŠB - TU Ostrava, sekce 17/3, září 1995, Ostrava, - v tisku

Doc. Ing. Jan Fuxa, CSc. tel.: (069) 699 4412, fax: (069) 691 6490
katedra pružnosti a pevnosti strojní fakulty
VŠB - Technická univerzita Ostrava
Třída 17. listopadu
708 33 Ostrava - Poruba