FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2003. március 21-22.

MÉRNÖKI MÓDSZEREK ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK BIZTONSÁGA BEMETSZETT PRÓBATEST HAJLÍTÁSA ESETÉN

Köves Tibor, Tóth László

ABSTRACT

Dominant ratio of the engineering structures, machine parts have local stress, strain concentrators. The reliability and safety of these elements are determined by the local behaviour of materials at different loading conditions. Stress raisers generally termed **notches** require special attention as their presence reduces the resistance of a component to fatigue failure and brittle fracture which both of them are very dangerous because they always occur at nominal stress level below the yield stress. The relationship between the load and the elastic-plastic notch tip strains and stresses is often approximated by the Neuber rule [2] or the Equivalent Strain Energy Density (ESED) equation [3] instead of the expensive sophisticated numerical modelling. But the reliability of these methods depends mainly on the material and the geometry, so the research of the applicability criteria is relevant and the aim of this work.

BEVEZETÉS

A mérnöki szerkezetek döntő többsége, gépalkatrészek, nagy valószínűséggel tartalmaznak valamilyen feszültséggyűjtő helyet, melyeknek jelenléte sorsdöntő lehet a szerkezet különböző terhelésekkel szembeni ellenállásának és így megbízhatóságának szempontjából. E kritikus helyek (bemetszések) mindig fokozott figyelmet igényelnek, mert csökkentik az alkatrészek ellenállását a fáradásos törésmenetel és a fáradásos töréssel szemben. Mindkettő nagyon veszélyes, mert a törésmenetel megtörténik akkor is, ha a névleges feszültség a folyási határ alatt van. A kapcsolatot a bemetszés csúcsában a terhelés és a rugalmas-képlékeny feszültségek és alakváltozások között gyakran közelítik a Neuber módszerrel [2], vagy az egyenértékű alakváltozási energiasűrűségek (ESED) egyenlőségével [3], a költséges és modern numerikus modellezés helyett. Ezen módszerek megbízhatósága azonban függ az anyagtól, a geometriától. Az alkalmazhatósági kritérium kutatásában segít ez a munka.

1. SZÁMÍTÁS MENETE - KÖVETKEZTETÉSEK HÚZÁS ESETÉRE

Az első analízisben hengeres, U alakú beszúrással rendelkező próbatestet vizsgáltam, 400 MPa névleges húzóterhelés esetén. A próbatestek külső átmérője egységesen 8 mm, a beszúrásnál 6 mm. A

beszúrások radiusza 0.1-1.5 mm-ig 0.2 mm-es lpsekben vltozik. Teht 8 klnbz geometria s e mellett 6 klnbz anyagot, azaz sszesen hzsra 48 szmtst vgeztem.

A VEM analzis utn meghatroztam a bemetszs cscsban a feszltsgeket NEUBER s GLINKA mdszerrel.

A NEUBER - fle modell szerint *kismrtk kplkeny alakvltozs* esetén a repeds cscsnl a kls terhels hatásra kialakul energiamezt - j kzeltssel - csak a kplkeny znt krlvev nagy rugalmas tr befolysolja. Ez lehetv teszi azt, hogy az alakvltozsi energik egyenlsge alapjn rugalmas-kplkeny alakvltozs-, s feszltsgmezt szmthassunk kzrlag a rugalmas mezk s a rugalmas-kplkeny anyagegyenlet alapjn.

A NEUBER ltal javasolt modell alapja, a rugalmas s kplkeny esetre vonatkoz *teljes alakvltozsi energiasrsgek* egyenlsge:

$$\sigma^{rug} \cdot \epsilon^{rug} = \sigma^N \cdot \epsilon^N \tag{1}$$

ahol:

- $\sigma^{rug}, \epsilon^{rug}$ - feszltsg s alakvltozs rugalmas esetben,
- σ^N, ϵ^N - feszltsg s alakvltozs kplkeny esetben (NEUBER szerint).

A GLINKA ltal javasolt modell az *alakvltozsi energiasrsgek* egyenlsgn alapszik:

$$\int_0^{\epsilon^{rug}} \sigma^{rug} \cdot d\epsilon = \int_0^{\epsilon^G} \sigma^G \cdot d\epsilon \tag{2}$$

ahol:

- σ^G, ϵ^G - feszltsg s alakvltozs kplkeny esetben (GLINKA szerint).

A kt mdszer geometriai interpretcija az 1. brn lthat.

1. bra. NEUBER s GLINKA mdszernek geometriai interpretcija

Az egyenletek bal oldalt, minden geometrira meghatroztam, miutn rugalmas anyagra elvgeztem a VEM szmtst. A mrnki mdszerekkel szmthatk a feszltsgek (1) s (2) alapjn,

valamint az anyagegyenletek felhasználásával. Ezeket összehasonlítva a VEM eredményekkel a következőket állapítottam meg húzás esetén:

- A mérnöki módszerek eredményesen alkalmazhatók a "pontos" feszültségállapot leírására húzás esetén.
- Minél nagyobb K_t (azaz a bemetszés zavaró hatása), annál pontosabb a mérnöki módszer (K_t - feszültséggyűjtési tényező kisképlékeny-rugalmas esetben).
- A mérnöki módszerek az alacsonyabb feszültségtartományban (amíg a képlékeny zóna mérete kicsi) mutatnak jó egyezést a VEM-rel.
- A mérnöki módszerekkel a feszültségállapot egy nagyságrenddel nagyobb pontossággal számítható, mint az alakváltozásállapot.

2. ANALÍZIS HAJLÍTÁSRA, MEGÁLLAPÍTÁSOK

Ebben az esetben a próbatest négyzet keresztmetszetű volt, szintén U alakú bemetszéssel, amit a 2. ábra szemléltet:

2. ábra. Próbatest geometriája hajlításnál

A geometriai adatok, anyagparaméterek, és a terhelés nagysága, valamint a terhelési lépések megegyeznek a húzásnál alkalmazottakkal.

Minden esetben meghatározva az NEUBER és GLINKA-féle feszültségeket, meghatároztam az egyes esetekre azt a névleges feszültséget, melynél az adott módszer hibája elérte az 5%-ot. Ezek a feszültségek az alkalmazhatósági határok. Ezeket a határpontokat térben ábrázolva megkaptam azt a határfelületet, vagy más néven alkalmazhatósági felületet, amely alatt elegendő pontossággal (hiba < 5%) lehet a mérnöki módszert alkalmazni, felette pedig VEM használata szükséges az előírt pontosság eléréséhez. A koordinátatengelyeken rendre a $\sigma_{névl}$ - névleges feszültség, K_t - feszültségkoncentrációs tényező, n - keményedési kitevő található.

A 3. és 4. ábra az alkalmazhatósági felületeket mutatja. Az ábrákon $\sigma_{névl} = 400$ MPa-nál látható vízszintes felületrész azt jelenti, hogy az adott módszer hibája azon a tartományon nem érte el az 5%-ot.

3. ábra

4. ábra

Alkalmazhatósági felületek hajlításra

3 - NEUBER módszer, 4 - GLINKA módszer esetén

HIVATKOZÁSOK

- [1] R. E. Peterson, *Stress concentration factors*, John Wiley and Sons, New York, USA (1974).
- [2] H. Neuber *Theory of stress concentration for shear-strained prismatical bodies with arbitrary nonlinear stress-strain law*, Journal of Applied Mechanics 26, No.4 (1961) 544-550.
- [3] G.Glinka, W. Ott, H. Nowack *Elastoplastic plane strain analysis of stresses and strains at the notch root*, Journal of Engineering Materials and Technology, vol 110(1988) 195-204.
- [4] T. H. Topper, R. M. Wetzell, J. Morrow *Neuber's rule applied to fatigue of notched specimens*, Journal of Materials 4, No.1 (1969) 200-209.
- [5] Hutchinson, J. W. *Singular behavior at the end of a tensile crack in a hardening material*, Journal of Mechanics and Physics of Solids, Vol. 16, No.1 (1968) 13-31.
- [6] L. Tóth, S. Dadvandipour *Comparison of engineering methods used for evaluation of small elastoplastic deformation at notches*, GÉP IL. évfolyam 4-5. szám (1998) 62-64.

Köves Tibor¹, Tóth László²

¹doktorandusz hallgató, ²egyetemi tanár

¹²Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet, 3519 Miskolcnapolca, Bay Zoltán tér 1.

Tel: ¹⁴+3646560120

Fax: ¹⁻⁴+3646369438,

E-mail: ¹kovest@alpha.bzlogi.hu, ²TLaszIo@bzlogi.hu