

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2002. március 22-23.

MÉRNÖKI MÓDSZEREK ALKALMAZHATÓSÁGA FESZÜLTSGGYŰJTŐ HELYEK RUGALMAS-KÉPLÉKENY ALAKVÁLTOZÁS-, ÉS FESZÜLTSGMEZŐJÉNEK MEGHATÁROZÁSÁBAN

Köves Tibor, Bakosi József, Szávai Szabolcs, Tóth László, Soon-Bok Lee

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.

1. BEVEZETÉS

A mérnöki szerkezetek döntő többsége, geometriájukból adódóan, nagy valószínűséggel tartalmaznak valamilyen feszültséggyűjtő helyet, melyeknek jelenléte sorsdöntő lehet a szerkezet különböző terhelésekkel szembeni ellenállásának és így megbízhatóságának szempontjából. E kritikus helyek (éles sarkok, bemetszések, reteshornyok, stb.) mindig fokozott figyelmet igényelnek már a tervezés során.

Szükséges tehát a mérnök számára az, hogy a bemetszések környezetében kialakuló alakváltozás-, és feszültségmező kellő pontossággal meghatározható legyen az alkatrész geometriája, a terhelés és az anyagtulajdonságok ismeretében. Abban az esetben, ha méretezésnél a képlékeny alakváltozást nem engedjük meg és az adott feszültséggyűjtő hely geometriájára vonatkozó (K_t)

rugalmas alaktényezőket használjuk, jó kiindulási pont lehet R. E. PETERSON munkája [1]. Ekkor azonban tisztában kell lennünk azzal, hogy a tisztán rugalmas alakváltozás figyelembevétele jelentős túlméretezéshez vezethet. Ha viszont *kismértékű* képlékeny alakváltozást megengedünk, közelebb kerülhetünk a valósághoz. Természetesen itt csakis olyan mértékű képlékeny alakváltozásról lehet szó, amely az alkatrész jellemző méreteihez képest elhanyagolhatóan kis tartományra terjed ki. Ahhoz, hogy ezt figyelembe tudjuk venni elengedhetetlen a rugalmas-képlékeny alakváltozás-, és feszültségmező ismerete. Bár az elmúlt években rohamos fejlődésnek indultak a kontinuummechanika különböző numerikus módszerei is, nem szabad megfeledkeznünk a régi analitikus módszerekről sem, illetve az egyszerűsített modellszámításokról (pl. lineárisan rugalmas anyagmodell) mivel adott esetben ezekkel is kielégítő pontosságú eredményekhez juthatunk gyakran nagyságrendekkel rövidebb idő alatt, mint komplex modellek numerikus szimulációjával.

A közelítő módszerek azonban csak bizonyos határok között alkalmazhatóak. Használatuk során a felhasználónak jogos igénye, hogy ismerje a módszer pontosságát, hibáját az adott feladat esetén. Ennek érdekében a magyar - koreai kormányközi tudományos és technológiai együttműködés keretében a Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) és a Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet közös kutatást indított „Feszültséggyűjtési helyek lokális feszültségi és alakváltozási állapotainak hatása a mérnöki szerkezetek megbízhatóságában” címmel, melynek eredményeképpen, a Neuber [2] és a Glinka (ESED, Equivalent Strain Energy Density) [3] módszer esetén, támpontot kaphat az a tervezőmérnök, akinek a fentebb említett problémákkal kell szembenéznie. Az együttműködés során három módszert,

1. a jól ismert NEUBER-féle módszer
2. a GLINKA által javasolt ún. „*egyenértékű alakváltozási energia*” - módszer
3. és a végeelem-módszer

hasonlítottunk össze, mely lehetővé teszi, hogy a feszültséggyűjtő hely viselkedésére a három legjobban hatással lévő tényező, az anyag (*n* - keményedési kitevő), a bemetszés geometriája (*K_t*-feszültségkoncentrációs tényező) és a terhelés ($\sigma_{nominal}$ - névleges feszültség) függvényében még a számítások megkezdése előtt, adott pontossággal(!) meghatározható legyen az, hogy elegendő-e az egyszerűbb mérnöki módszerek valamelyikét elővenni vagy szükség van pontosabb numerikus analízisre.

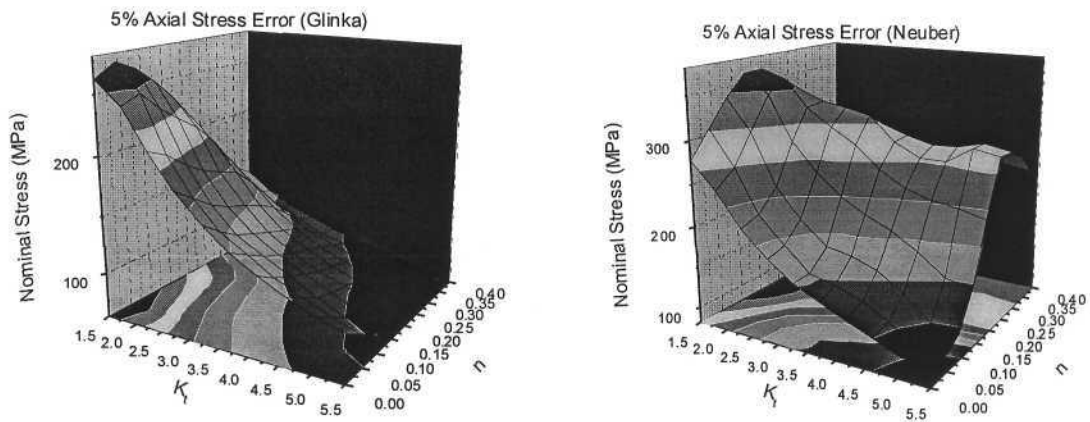
2. ALKALMAZHATÓSÁGI DIAGRAMOK, FELÜLETEK

Nyilvánvaló, hogy az említett két ún. mérnöki modell (NEUBER, GLINKA) pontossága nagyban függ a képlékeny alakváltozás mértékétől. Mivel - ahogy az már fentebb említésre került - a végeelem-módszer egy olyan eszköz, mellyel ma már kielégítő pontosságú eredmények nyerhetők a

bemetszések környezetének viselkedéséről, ezért a két mérnöki módszert rugalmas-képlékeny végeselemes számításokkal hasonlíthatjuk össze.

A számítássorozatok lefuttatása után a 6 különböző anyagra és a 8 különböző K_t -re vonatkozó tengelyirányú alakváltozások (ϵ_{zz}) és feszültségek (σ_{zz}) a bemetszés csúcsában kapott értékeit a terhelés növelésének függvényében ábrázolva megállapíthatók a mérnöki módszerek végeselem-módszertől való százalékos eltérései.

Ezek után egy adott megengedett alakváltozás-, ill. feszültségeltérés esetén egy olyan felület definiálható, melynek tengelyein rendre a feszültségkoncentrációs tényező (K), a keményedési kitevő (n) és a névleges feszültség ($\sigma_{nominal}$) helyezkedik el (1. ábra). Így a három legjobban befolyásoló tényező (az anyag (n), a bemetszés geometriája (K) és a terhelés ($\sigma_{nominal}$)) függvényében előre meghatározható az, hogy adott pontosság mellett elegendő-e az egyszerűbb mérnöki módszerek valamelyikét alkalmazni, vagy pontosabb numerikus analízisre (pl. VEM) van szükség.



1. ábra.

Alkalmazhatósági felületek

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A bevezetőben részletezett megfontolások, valamint a bemetszett hengeres próbatestekre elvégzett számítások alapján a következő megállapítások tehetők:

- 1. A két mérnöki modellel és a végeselemes számításokkal kapott eredményeket összehasonlítva kijelölhetők a mérnöki módszerek megbízható alkalmazhatósági tartományai a terhelés ($\sigma_{nominal}$), a feszültséggyűjtési tényező (K) és az anyagegyenlet (K, n) függvényében.

2. Mivel a NEUBER modell a teljes alakváltozási energiasűrűséget, GLINKA pedig az alakváltozási energiasűrűséget veszi figyelembe a bemetszés csúcsa körül kialakuló viszonyok jellemzésére, ezért az alakváltozás-különbségekre alapozott ún. *alkalmazhatósági tartomány* a két modellnél erősen különbözhet.

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, Bakosi József², Szávai Szabolcs³, Tóth László⁴, Soon-Bok Lee⁵

^{1,2}doktorandusz hallgató, ³tudományos munkatárs, ^{4,5}egyetemi tanár

¹⁻⁴ Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet, 3519 Miskolctapolca, Bay Zoltán tér 1.

⁵ Korean Advanced Institute of Science and Technology, 373-1Kusongdong Yusong-Gu, Taejeon 305-701 Korea

Tel: ¹⁻⁴+3646560120

Fax: ¹⁻⁴+3646369438,

E-mail: ¹kovest@alpha.bzlogi.hu, ²lebracus@yahoo.com, ³szavai@bzlogi.hu,

⁴TLaszlo@bzlogi.hu, ⁵sblee@kaist.ac.kr