FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1998. március 20-21.

TÖRETFELÜLETEK KVANTITATÍV JELLEMZÉSE

Sárközi Gábor, Kovács Jenő, Gácsi Zoltán

The stereological parameters of fractures are functions of the applied stresses and the mechanical and structural properties of the material. The characterisation of 3D surfaces by means of consistent mathematical methods and the possibilities of the well-known microscopic techniques give new ways of scientific cognition of fracture processes. Our purpose is to develop relations between the parameters of fracture mechanics and the stereological character of the fracture surfaces. Recently we dealt with the profilometric characterisation of fracture surfaces of unalloyed steel probes. The probes had been broken with standard Charpy examination. The probes must be mounted to protect the profiles while polishing. Next we sectioned the surfaces. This paper deals with modes of polishing and mounting the probes in order to prepare them for evaluation by image analyser. Morphological transformations of the binary pictures are necessary to obtain the matrix of pixels appropriate for further investigations.

Töretfelületek profilometriás jellemzése

A töretfelületet a deformáció és a törési folyamatok eredményezik. A töret geometriai és az ezzel szorosan összefüggő mikroszerkezeti tulajdonságai kvantitatív információt hordozhatnak a törési folyamat végbemeneteléről. Az ezeket leíró matematikai összefüggéseknek és a vizsgálati technikáknak feltételezésektől és viszonyítási alapoktól menteseknek kell lenniük.

A töretfelület egy fontos geometriai jellemzője lehet érdekességének kvantitatív mérőszáma, a *töretfelületi érdekesség*. Ennek mérése technikailag többféleképpen valósítható meg, például a felület vertikális metszeteiből a metszősíkon adódó, szabálytalan alakú görbék, a *töretprofilok* vizsgálata alapján.

A töretfelületi érdekesség: $R_S = S/A$, ahol S a töret valódi területe, A pedig a topográfiai átlagsíkon képzett vetülete. A töretfelületi érdekesség értéke teljesen sík felület esetén egy, általános esetben egytől a végtelenig változhat. A fent említett töretprofilok érdekességét analóg módon értelmezhetjük: $R_L = \lambda/L$, ahol λ a profil valódi hossza, L a topográfiai átlagsíkon képzett vetületének hossza

Habár a profilérdekesség és a töretfelületi érdekesség jól meghatározott fizikai jelentéssel bírnak, valamint szükséges paraméterek a töret jellemzéséhez, önállóan nem definiálják a szabálytalan görbét vagy felületet. Felvehetők például olyan jellegzetesen különböző profilok, amelyek érdekessége megegyezik. A különbség a profil- illetve a felületelemek szög szerinti eloszlásában rejlik, amennyiben a hosszuk

összegének és a vetített hosszuknak aránya azonos. A szegmensek eloszlása egy választott iránnyal bezárt szögük alapján további információt hordozhat a törési folyamatokról, mivel ezt elsősorban a mikroszerkezet változásai és az ébredő feszültségeloszlás befolyásolhatják.

Egy közelítőleg sík lapokból álló, rideg, interkristallin töret felületelemeinek szög szerinti eloszlása a középérték körül kisebb ingadozással jelentkezik, míg egy gödröcskés, szívós töreten minden lehetséges irányban lesznek felületelemek, annak jellegéből fakadóan.

A Gokhale és Drury által 1992-ben kidolgozott módszer alapján kimutatható, hogy a töretfelület és a töretprofilok érdekessége egymástól nem független. Amennyiben Ψ jelöli a profil úgynevezett szerkezeti faktorát, amely a szükséges numerikus súlyozást és a profilelemek függőleges tengellyel bezárt szöge szerinti gyakoriságát tartalmazza [1,2], akkor a töretfelületi és a profilérdekesség kapcsolata:

$$R_s = \overline{R_L \Psi}$$

A töretfelületi érdekesség meghatározása ezek alapján az alábbi lépésekben hajtható végre:

- A síkmetszetek előállítás és a profilok szegmentálása.
- A profilérdekesség meghatározása a szegmenshosszak és a vetületi hosszak hányadosaként.
- A szegmensek szög szerinti eloszlását jellemző hisztogram felvétele.
- A profilok szerkezeti faktorának számítása.
- A felületi érdekesség számítása a profilérdekességek és szerkezeti faktorok szorzatának a vizsgált síkmetszeteken vett átlagaként.

A töretprofilok kiértékelésének módszere

Szabványos hajlító-ütő vizsgálat során 0,13; 0,37; 0,45; 0,60 karbontartalmú ötvözetlen acél próbadarabokat vizsgáltunk. A próbatestek kimunkálása a rúdanyagok 950°C-os normalizálását követően történt, így a darabok felületén nem maradt reve. A töretet a csiszolás és polírozás során történő károsodását elkerülendő különböző anyagokba ágyaztuk be. A beágyazóanyagokkal szemben támasztott követelmények:

- megfelelően nedvesítse a mintát, hogy behatoljon az üregekbe és polírozáskor ne váljon el a mintától,
- a darabbal közelítőleg azonos keménység, hogy polírozáskor se a beágyazó se a minta anyaga ne “kenődjön rá” a másikra, átlapolódások ne keletkezzenek,
- a próba átalakulási hőmérsékletétől alacsonyabb dermedési hőmérséklet,
- a mintadarabétól eltérő szín a fénymikroszkópos, vezetés és vákuumállóság a SEM vizsgálatához.

Beágyazóanyag	Tapasztalatok, problémák	Értékelés, magyarázat
Vezető fenolgyanta (sajtolás: 12000 psi)	az üregeket a nagy sajtolóerő miatt jól kitölti, legömbölyödés	elporlik a polírozás során, így mindig kissé jobban kopik
STRUERS műgyanta	a profil “legömbölyödik”, részben elválk a felülettől	eltérő keménység, rossz nedvesítés
Alumínium	elválk a felülettől, lyukak a profil mentén	rossz nedvesítés
Al - Al ₂ Cu eutektikum	elválk a felülettől, lyukak a profil	rossz nedvesítés még fémtiszta (12%)

(33,5%)	mentén	HCl) felületen is
Réz, valamint Cu - kb. 6% Sn ónbronz	rákenődik a felületre, viszont jól követi a profilt	eltérő keménység, jó nedvesítés; szelektív oldás szükséges
Cu - 37% Zn sárgaréz	jól követi a profilt, csekély mértékben töredezik	jó nedvesítés, eltérő hőtágulás, megmunkálásra érzékeny
Durakryl műgyanta + saját anyag reszeléke		nem különböztethető meg a minta a beágyazóanyagtól
Vezető műgyanta + SiC por (30..70 µm)	nem tölti ki az üregeket	a SiC elfedi az üregeket, így a gyanta nem sajtolódik bele

A profilok kiértékelése

A profilok Quantimet 570C képelemzővel történő vizsgálata során az alábbi megállapítható, hogy a beágyazóanyag helyes megválasztása - és gondos polírozás - esetén a próbadarab anyaga a beágyazó anyagtól jól elkülöníthető. Az ehhez rendelhető szűrkeségi szint kiválasztásával kapott bináris képből az annak eróziójával keletkezett kivonva egyetlen pixel szélességű vonalat kapunk, amely pontosan az általunk kiértékelni kívánt profil.

1. ábra - A "kivont" rácsok és az eredmény

A következő lépésben határozzuk meg a felvett 512x512 képpontos mátrixban a vonal pontjainak

koordinátáit! A képelemző szoftverével ez egyetlen lépésben elvégezhető, azonban a program objektumonként csak egy pontot vesz figyelembe. Egy objektumhoz tartoznak a lapjukon érintkező pontok, így az ugyancsak mért objektumterületekből meghatározható az adott objektumot alkotó pixelek száma.

Az objektumonként figyelembe vett (és a képelemző által elmentett) koordináta-pár lehet az objektum "középső" pontja (centruma), valamint lehet annak "első" pontja, amennyiben a detektálás valamely koordináta szerint történik. Így gyakorlatilag jelentős számú pont tűnik el a kiértékelő számára. A hiányzó pontok azonban x vagy y irányú lineáris változást takarnak, így próbálkozhatunk ezek utólagos pótlásával. Ekkor a nehézséget azon algoritmus megtalálása jelenti, amelynek alapján sorba rendezhetnénk a valóságban szabálytalan görbén fekvő, egymástól szabálytalan távolságban felvett pontokat. Tudniillik egy esetleges átlapolódás megghiúsítja a legígéretesebbnek tűnő rendezési elvet is.

A megoldást a bináris kép megfelelő átalakítása jelentheti. Amennyiben az objektumok méretét egyetlen pixelyire tudjuk csökkenteni (csak csúcsokon érintkezzenek), akkor - mivel objektumonként egy pontot detektálunk - az összeset figyelembe vesszük. Némi áldozat árán ezt is elérhetjük: vonjunk ki a bináris képből (vonal) egy megfelelően konstruált rácsot, azaz daraboljuk fel az objektumokat! Ekkor néhány pont ugyan eltűnik, ám ezek száma jóval alatta marad azokénak, amelyeket az eredetileg több pontnyi objektumokból pótlólagosan figyelembe veszünk. Kérdezhetjük:

- Mely rács esetén egyetlen pixel méretű az összes objektum?
- Mely rács esetén veszítjük el a lehető legkevesebb pontot?

A kivont rácsok típusa és az így nyert eredmény

Az 1. ábra az alkalmazott rácsokat és az ezzel nyert eredményt mutatja. Az 1 számú profil a kiindulási állapotot mutatja ($C60 T_R 1000x$). A 2, 3, 7 jelzésű rácsok esetén az objektumok továbbra is több négyzetpixel területűek. A 4, 5, 6 ábrák ígéretesebbek: profiltól függően alkalmazandók, annak átlapolódásaitól függően. Jelen esetben a legjobb eredményt az 5 számú rács biztosítja.

Mindezek után első közelítésben rendezési elvként szolgálhat a legközelebbi pontok összekötése, amivel a profilok kiértékelése elvégezhető.

Felhasznált irodalom

1. Gokhale, A. M. and Underwood, E. E.: "A General Method for Estimation of Fracture Surface Roughness: Part I. Theoretical Aspects", *Met. Trans. A, Vol. 21A*, 1990, p. 1193-1199.
2. Gokhale, A. M. and Drury, W. J.: "A General Method for Estimation of Fracture Surface Roughness: Part II. Practical Considerations", *Met. Trans. A, Vol. 21A*, 1990, p. 1201-1207.

Dr. Gácsi Zoltán, egyetemi docens; **Kovács Jenő**, doktorandusz;
Sárközi Gábor, egyetemi hallgató; Miskolci Egyetem, Fémtani Tanszék,
H-3515 Miskolc-Egyetemváros, Hungary
Tel.: 46/366-111, E-mail: qkosgabi@gold.uni-miskolc.hu