



ELTE TTK

DINAMIKUS NANO- ÉS MIKROKEMÉNYSÉG MÉRÉSE

Olar Alex

2018

Tartalomjegyzék

| | |
|---|---|
| I. Elméleti összefoglaló, mérési eszközök | 2 |
| II. Kiértékelés | 2 |

I. Elméleti összefoglaló, mérési eszközök

A mérés során egy keménységmérő eszközt ismertünk meg, amely Vickers-fejjel végezte el a méréseket. Ezek során tiszta anyagok (Ni, Cu, Al, Ag) keménységét mértük meg, valamint Al, Mg különböző ötvözeit vizsgáltuk. Feladatunk volt még a plasztikus instabilitás kvalitatív vizsgálata is a kiértékelés utolsó részében.

II. Kiértékelés

A Vickers-fej mellett a minta keménysége az alkalmazott erő és a hatékony felület hányadosa, $HV = \frac{F}{A}$. A mérés során dinamikus mérést végzünk, hiszen egy $F-h$, azaz erő-benyomódás görbét vizsgálunk. A görbe alatti terület lehetőséget ad a disszipált energia kiszámítására, valamint a görbéből folyáshatárra, Young-modulusra és a mért anyagok egyéb rugalmas tulajdonságaira következtethetünk.

A maximális erőhöz tartozó benyomódás h_{max} szükséges a további számolásokhoz. A szükséges korrigált mélységet az alábbi egyenlet adja:

$$h_c = h_m - 0.75 \frac{F_m}{\frac{dF}{dh}|_{h_m}}$$

, amit azért kell alkalmazni, mert a statikus és dinamikus esetben a benyomódás eltér és a következő korrekció szükséges annak visszanyeréséhez.

A kiértékelés során a terheletlen szakaszra egyenest illesztettünk és annak meredekségét használtuk $\frac{dF_m}{dh}|_{h_m}$ kiszámításához. Míg F_{max} -ot az adatsorból meghatározva a hozzá tartozó h_{max} -al automatikusan adott volt. Így:

| Anyag | $h_{max}[\mu]$ | $F_{max}[mN]$ |
|---------------|----------------|---------------|
| Mg | 3.481 | 0.191 |
| Al | 5.186 | 0.191 |
| Cu | 2.233 | 0.192 |
| Ni | 1.604 | 0.192 |
| Ag | 3.298 | 0.191 |
| acél | 2.364 | 0.191 |
| Al - 0.47% Mg | 4.156 | 0.192 |
| Al - 0.93% Mg | 4.056 | 0.191 |
| Al - 1.25% Mg | 3.743 | 0.192 |
| Al - 2.7% Mg | 3.416 | 0.191 |
| Al - 4.5% Mg | 2.878 | 0.191 |
| Al - 7.3% Mg | 2.484 | 0.192 |

h_{max} hibáját $0.05 \mu m$ -re becsültem, mivel ez sokkal nagyobb volt, mint h_c -nek az illesztésből származó hibája, így $\delta h_c = \delta h_{max}$.

| Anyag | $h_c[\mu m]$ | $\Delta h_C[\mu m]$ |
|---------------|--------------|---------------------|
| Mg | 3.48 | 0.05 |
| Al | 5.19 | 0.05 |
| Cu | 2.24 | 0.05 |
| Ni | 1.61 | 0.05 |
| Ag | 3.30 | 0.05 |
| acél | 2.36 | 0.05 |
| Al - 0.47% Mg | 4.16 | 0.05 |
| Al - 0.93% Mg | 4.06 | 0.05 |
| Al - 1.25% Mg | 3.75 | 0.05 |
| Al - 2.7% Mg | 3.42 | 0.05 |
| Al - 4.5% Mg | 2.88 | 0.05 |
| Al - 7.3% Mg | 2.48 | 0.05 |

Jól látható, hogy a korrekció olyan kicsi, hogy a benyomódás csak nagyon kis mértéken belül változott.

A Vickers-fej tulajdonsága, hogy az érintkező felület pedig:

$$A = 24.5h_c^2$$

A felületek kiszámolva h_c -ből:

| Anyag | $A[\mu m^2]$ | $\Delta A[\mu m^2]$ |
|---------------|--------------|---------------------|
| Mg | 297.045 | 0.0001 |
| Al | 659.159 | 0.0001 |
| Cu | 122.16 | 0.0001 |
| Ni | 63.024 | 0.0001 |
| Ag | 266.478 | 0.0001 |
| acél | 137.393 | 0.0002 |
| Al - 0.47% Mg | 423.219 | 0.0001 |
| Al - 0.93% Mg | 403.038 | 0.0001 |
| Al - 1.25% Mg | 343.334 | 0.0001 |
| Al - 2.7% Mg | 285.921 | 0.0001 |
| Al - 4.5% Mg | 203.027 | 0.0001 |
| Al - 7.3% Mg | 151.155 | 0.0001 |

A redukált modulus E_r egyből számolható a korábbiak ismeretében, ugyanis:

$$E_r = \frac{\sqrt{p} \frac{dF}{dh} |_{h_m}}{2\beta\sqrt{A}}$$

Ahol $\beta = 1.012$, és a fentebbre azért van szükség egyáltalán, mivel maga a mérőfej is rugalmas anyag, így deformálódik. Azonban innen, a mért anyag Poisson-számának ismeretében már származtatható annak Young-modulusa.

$$\frac{1}{E_r} = \frac{1 - \nu^2}{E} + \frac{1 - \nu_i^2}{E_i}$$

Ahol $E_i = 1070 GPa$ a fej Young-modulusa, $\nu_i = 0.17$ szintén a fejre jellemző Poisson-szám.

Ebből a megfelelő ν paraméteret helyettesítve már egyből az anyagok Young-modulusát számoltam:

| Anyag | $E[GPa]$ | $\Delta E[GPa]$ |
|---------------|----------|-----------------|
| Mg | 59.421 | 0.71 |
| Al | 38.284 | 0.247 |
| Cu | 108.596 | 1.243 |
| Ni | 146.456 | 1.61 |
| Ag | 72.55 | 0.997 |
| acél | 59.323 | 0.674 |
| Al - 0.47% Mg | 54.592 | 1.384 |
| Al - 0.93% Mg | 33.18 | 0.272 |
| Al - 1.25% Mg | 65.824 | 1.149 |
| Al - 2.7% Mg | 76.486 | 1.275 |
| Al - 4.5% Mg | 81.084 | 0.744 |
| Al - 7.3% Mg | 59.394 | 0.363 |

A továbbiakban az *Al*, *Mg* ötvözetek keménységének meghatározása volt a cél. Erre:

$$HV = HV_0 + Bc^m$$

ahol m kitevő modelfüggő. Ezen kívül még vizsgálnunk kellett a plasztikus instabilitást, melyhez alacsony sebességű benyomásnál az $F - h$ görbe 'fogazottságát' kell figyelmesebben megvizsgálnunk.

A keménységet $\frac{F}{A}$ -ból származtatva az összes anyagra:

| Anyag | $HV[MPa]$ | $\Delta HV[MPa]$ |
|---------------|-----------|------------------|
| Mg | 643.526 | 4.77 |
| Al | 290.238 | 2.149 |
| Cu | 1568.648 | 11.579 |
| Ni | 3041.951 | 22.48 |
| Ag | 717.532 | 5.307 |
| acél | 1412.266 | 12.865 |
| Al - 0.47% Mg | 452.789 | 3.343 |
| Al - 0.93% Mg | 473.894 | 3.509 |
| Al - 1.25% Mg | 559.97 | 4.129 |
| Al - 2.7% Mg | 670.051 | 4.951 |
| Al - 4.5% Mg | 944.04 | 6.978 |
| Al - 7.3% Mg | 1266.943 | 9.357 |