



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	$h_{max}[\mu]$	$F_{max}[mN]$
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 - 1.45% Mg	3.481	0.191
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	$h_c[\mu m]$	$\Delta h_C[\mu m]$
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 - 1.45% Mg	3.48	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	$A[\mu m^2]$	$\Delta A[\mu m^2]$
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 - 1.45% Mg	297.045	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	$E[GPa]$	$\Delta E[GPa]$
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 - 1.45% Mg	59.421	0.71
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	$HV[MPa]$	$\Delta HV[MPa]$
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 - 1.45% Mg	643.526	4.77
Al - 2.7% Mg	670.051	4.951
Al - 4.5% Mg	944.04	6.978
Al - 7.3% Mg	1266.943	9.357