

# Keménységmérési eljárások lágy anyagok méréséhez

Kovács Zoltán Miklós\*

## Alapok, eljárások

Martens állította fel 1900 körül a következő definíciót: „A keménység az az ellenállás, amit egy test fejt ki egy másik (kemény) test behatolásával szemben.”

Ez az egyszerű, de pontos megfogalmazás épp oly találó ma is, mint száz évvel ezelőtt. A technikai keménység egy mechanikai mennyiség, amely jellemzi az anyagot, az anyag állapotát.

A keménység nem mérhető közvetlenül, egyéb elsődleges, jól mérhető mennyiségekből metódus szerinti számítással meghatározott érték. Ilyen jellemzők lehetnek:

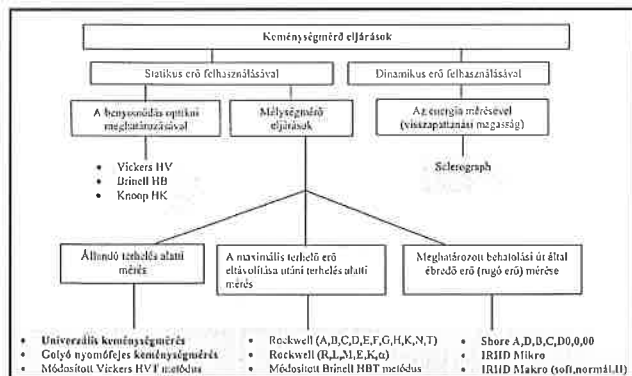
- a mérő terhelés értéke és a behatoló test benyomódását jellemző geometriai adat (pl.: a benyomódás mélysége, a lenyomat mérete),
- egyéb anyagjellemzők, pl. karcolási ellenállás.

A keménységértékek csak akkor összehasonlíthatóak, ha azonos metódussal lettek meghatározva. A keménység számszerű értéke csak a következők ismeretében határozható meg:

- a keménységérték definíciója (keménységi skála),
- a behatoló test alakja, méretei és anyaga,
- a terhelő erő nagysága, típusa (pl. rugó által adott), a terhelés időtartama,
- a próbatest anyag- és felületi minősége.

A keménységmérő eljárás megválasztásának legfontosabb szempontjai:

- gazdasági tényezők,
- a próbatest előkészítési ideje,
- az eszközök és gépek hozzáférhetősége,
- a próbatest anyaga és várható keménysége,
- a próbatest formája, méretei, súlya és megközelíthetősége,
- a sorozatok nagysága,
- a várható szórás.



## Keménységmérés műanyagban és gumin

A keménységmérő metódusokat összefoglaló ábrán látható vizsgálati eljárások elviekben mind felhasználhatóak lágy anyagok vizsgálatára is, de a gyakorlatban mégis csak a vastag betűvel jelöltek terjedtek el a műanyagok és gumik vizsgálatához. Jól látható, hogy ezek mindegyike a mélységmérő eljárások közül kerülnek ki. Ez egyrészt azazal magyarázható, hogy a műanyagok felületén gyakran nehéz optikailag meghatározni a benyomódás geometriai méreteit a kis kontraszt miatt. Másrészt lényeges jellemzője ezeknek az anyagoknak, hogy geometriai változásaik gyakran erősen időfüggők, az alkalmazott mérési metódus épp ezért a benyomódási mélység mérése előtt általában a terhelést fenntartja egy megadott ideig.

\* Senselektro Kft.

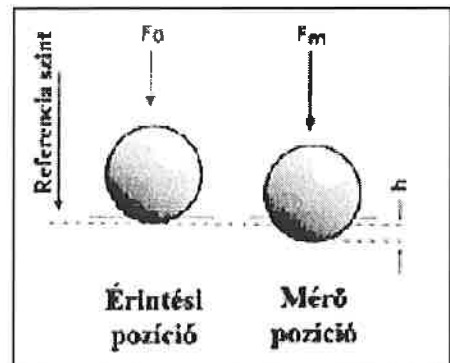
## Az eljárások rövid bemutatása

### Keménységmérés golyó behatoló testtel (MSZ EN ISO 2039-1 szerint)

Mérőegység: jelölése H. A golyó h benyomódásának mélységét méri, és korrigálja a nyomóerő görbületével, majd ebből meghatározzák a golyónyom felületét.

Definíció: A H keménység értéke a terhelő erő és a golyónyom felületének a hányadosa.

Példa a vizsgálati eredmény jelölésére: H 132/60 = 20 N/mm<sup>2</sup>, ahol 132 a teljes terhelőerő N-ban, 60 a terhelés időtartama s-ban, 20 a keménység számértéke.



Az eljárás előnyei:

- A metódus jól alkalmazható rossz környezeti körülmények között is.
- A lenyomat relatív nagy felülete miatt alkalmas inhomogén és/vagy anizotrop anyagok vizsgálatára is.
- Jól alkalmazható nagyméretű félkész vagy készgyártmányok vizsgálatára is.
- A keménységmérő egyszerű és robusztus felépítése miatt ellenálló a sérülésekkel szemben.
- A mérés könnyen automatizálható és lehetővé teszi az on-line adatfeldolgozást, így alkalmas gyártásközi minőség-ellenőrzésre.

Az eljárás hátrányai:

- A kisméretű próbatestek vizsgálata korlátozott, mivel a benyomódás tengelyének a vizsgált test szélétől legalább 10 mm távolságra kell lennie.
- A felhasználás keménységben is behatárolt, a legkisebb érték H49/30 = 8,5 N/mm<sup>2</sup> (lágy PVC).
- Nem szabványosított a keménységmérő közvetlen ellenőrzése hitelesítő etalonnal.

### Az IRHD keménység mérése lágy gumikon

Mérőegység: Nemzetközi gumi keménység érték (International Rubber Hardness Degree) IRHD.

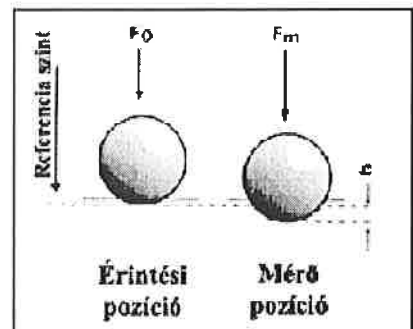
A golyó terhelés alatti benyomódási mélységét méri mm-ben.

Definíció: Táblázatból a terhelés alatti benyomódási mélység alapján kiválasztott számérték.

Példa a vizsgálati eredmény jelölésére: 43 IRHD Mikro

Az IRHD-eljárás előnyei:

- A terhelés súllyal történik, így időben állandó, nem úgy, mint pl. rugóerő terhelés esetén.
- A benyomódási mélység változása az adatfelvétel alatt kicsi, mivel a terhelés időtartama viszonylag hosszú.
- A mérés ismételhetsége domború vagy homorú felületeken jobb, mint a Shore A metódussal.



– Az IRHD makro keménység értékei megegyeznek az IRHD mikro értékekkel a hasonló rugalmasságú anyagoknál, illetve a Shore A skála értékeivel is a nagyon elasztikus anyagok esetén.

– Szemben a Shore A értékekkel, az anyag IRHD keménysége és fizikai jellemzői közti összefüggés jobb.

– Az IRHD mikro eljárás használható a kisméretű próbatesteken is (pl. O gyűrűk).

– A helyi keménységkülönbségek kimérhetők az IRHD mikro eljárással.

Az IRHD-eljárás hátrányai:

– Az IRHD makro eljárással a viszonylag vastag próbatestet mérhetők.

– A súlyterhelés miatt a mérés érzékeny a külső rázkódásra. Ezt megfelelő csillapítással mérsékelni lehet.

– A kis terhelő erők miatt az IRHD eljárás használata a laboratóriumokra korlátozódik.

– Nem szabványosított a keménységmérő közvetlen ellenőrzése hitelesítő etalonnal.

### A Rockwell-keménység mérése (R, L, M, E, K, α)

Mérőegység: Rockwell-keménység HR.

A golyó maradó benyomódási mélységét (h) mérik mm-ben.

Definíció: A Rockwell-keménység értéke = egy konstans – h / 0,002

Példa a vizsgálati eredmény jelölésére: 70 HRM

A Rockwell-eljárás előnyei:

– Sokféle anyag (széles keménységtartomány) mérésére alkalmas.

– A metódus jól alkalmazható rossz környezeti körülmények között is.

– Elviekben fémek keménységének mérésére is alkalmas.

– Az egyetlen szabványosított golyó nyomófejes keménységmérő eljárás, amely kizárólag a maradó deformációt méri.

A Rockwell-eljárás hátrányai:

– A különböző Rockwell-skálák szerint mért eredmények nem összehasonlíthatók.

– Az eljárás eredményei kevéssé összehasonlíthatók más metódusokéval.

### A Shore-féle keménységmérés

Mérőegység: Shore A vagy D keménység

A terhelés alatt mért h behatolási mélység értéke mm-ben.

Behatoló test: kúpos végű acéltű.

Definíció: A Shore A és D keménységérték =  $100 - h / 0,025$

Leggyakrabban a Shore A és D skálákat szokták használni, a B, C, D0, 0 és 00 skálák kevésbé használatosak.

A vizsgálati eredmény jelölése:

Pl.: 75 Shore A 15, ahol 75 a keménység számértéke, 15 a terhelés időtartama s-ban

Az eljárás előnyei:

– Az elasztikus anyagok keménységmérésének világszerte legkedveltebb módszere

– A kisméretű teszterek, egyszerű felépítésük miatt olcsók.

– A teszterek kezelése egyszerű. Használható laboratóriumban mérőállvánnyal, beállított terhelő erővel és terepen, kézzel megadva a mérőterhelést.

– Az eljárással mért értékek függetlenek a gravitációtól, így lehetséges a függőleges és a „fej feletti” mérés.

– Az eljárás ismételhetősége és összehasonlíthatósága jó. Ismételhetősége 2 Shore (azonos megfigyelő és eszköz) összehasonlíthatósága 3 Shore (eltérő megfigyelő és eszköz). (Állványon mért értékek.)

– A mérés könnyen automatizálható és lehetővé teszi az on-line adatfeldolgozást, így alkalmas gyártásközi minőség-ellenőrzésre.

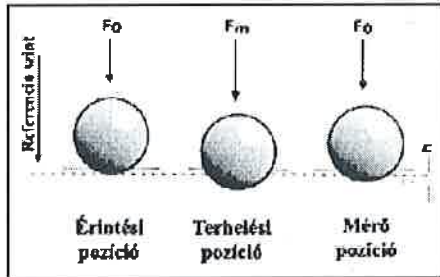
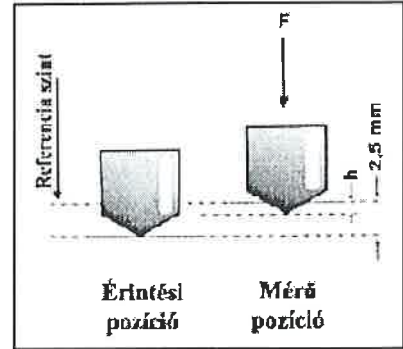
Az eljárás hátrányai:

– A teszt nem kivitelezhető olyan kis méretű alkatrészekben, mint pl. egy O gyűrű.

– A durva, tört felületen való mérés nagy szórást ad.

– Használata nem ajánlott 2 mm-nél vékonyabb darabokon.

– A nem mérőállványon végzett mérés eredményét szubjektív hiba is befolyásolhatja.



## Összefoglaló táblázat

Eljárás	Rövidítés	Behatoló test	Előterhelés	Teljes terhelés	Mérési tartomány	Szabvány
<b>Golyó nyomófejes keménységmérés</b>						
Golyó nyomófejes keménységmérés	H	Golyó, Ø 5 mm	9,8 N	49 – 961 N	0,15 mm ≤ h ≤ 0,35 mm	MSZ EN ISO 2039-1
<b>Golyó nyomófejes keménységmérés lágy anyagokon</b>						
IRHD Mikro	IRHD Mikro	Golyó, Ø 0,4 mm	0,235 N	0,1533 N	35 ≤ Mikro IRHD ≤ 98	ISO 48, DIN 53519-2, ASTM D1415
IRHD Makro H	IRHD H	Golyó, Ø 1,0 mm	8,3 N	5,7 ± 0,03 N	85 ≤ IRHD H ≤ 100	ISO 48
IRHD Makro „normál” N	IRHD normal	Golyó, Ø 2,5 mm	8,3 N	5,7 ± 0,03 N	30 ≤ IRHD N ≤ 100	DIN 53519-1, ISO 48, ASTM 1415
IRHD Makro „sól” L	IRHD L	Golyó, Ø 5 mm	8,3 N	5,7 ± 0,03 N	10 ≤ IRHD L ≤ 35	DIN 53519-1, ISO 48, ASTM D1415
<b>Rockwell-eljárás</b>						
Rockwell R	HRR	Golyó, Ø 12,7 mm; (1/2 inch)	98,07 N	588,4 N	0 ≤ HRR ≤ 115	ASTM D 785
Rockwell L	HRL	Golyó, Ø 6,35 mm; (1/4 inch)	98,07 N	588,4 N	0 ≤ HRL ≤ 115	ASTM D 785
Rockwell M	HRM	Golyó, Ø 6,35 mm; (1/4 inch)	98,07 N	980,7 N	0 ≤ HRM ≤ 115	ASTM D 785
Rockwell E	HRE	Golyó, Ø 3,175 mm; (1/8 inch)	98,07 N	980,7 N	0 ≤ HRE ≤ 115	ASTM D 785
Rockwell K	HRK	Golyó, Ø 3,175 mm; (1/8 inch)	98,07 N	1471,0 N	0 ≤ HRK ≤ 115	ASTM D 785
Rockwell α	HRa	Golyó, Ø 12,7 mm; (1/2 inch)	98,07 N	588,4 N	-100 ≤ HRa ≤ 120	ASTM D 785
<b>SHORE-ELJÁRÁS</b>						
Shore A	Shore A	Csonka kúp, csúcscső 35°	12,5 N	8,065 N	10 ≤ Shore A ≤ 90	MSZ EN ISO 868, DIN 53505, ASTM D 2240
Shore D	Shore D	Kúp, csúcscső 30°	50 N	44,5 N	30 ≤ Shore D ≤ 90	MSZ EN ISO 868, DIN 53505, ASTM D 2240
Shore B	Shore B	Kúp, csúcscső 30°	1 kg	8,065 N	10 ≤ Shore B ≤ 90	ASTM D 2240
Shore C	Shore C	Csonka kúp, csúcscső 35°	5 kg	44,5 N	10 ≤ Shore C ≤ 90	ASTM D 2240
Shore D0	Shore D0	Golyó, Ø 3/32 inch	5 kg	44,5 N	10 ≤ Shore D0 ≤ 90	ASTM D 2240
Shore 0	Shore 0	Golyó, Ø 3/32 inch	1 kg	8,065 N	10 ≤ Shore 0 ≤ 90	ASTM D 2240
Shore 00	Shore 00	Golyó, Ø 3/32 inch	0,4 kg	1,10853 N	10 ≤ Shore 00 ≤ 90	ASTM D 2240