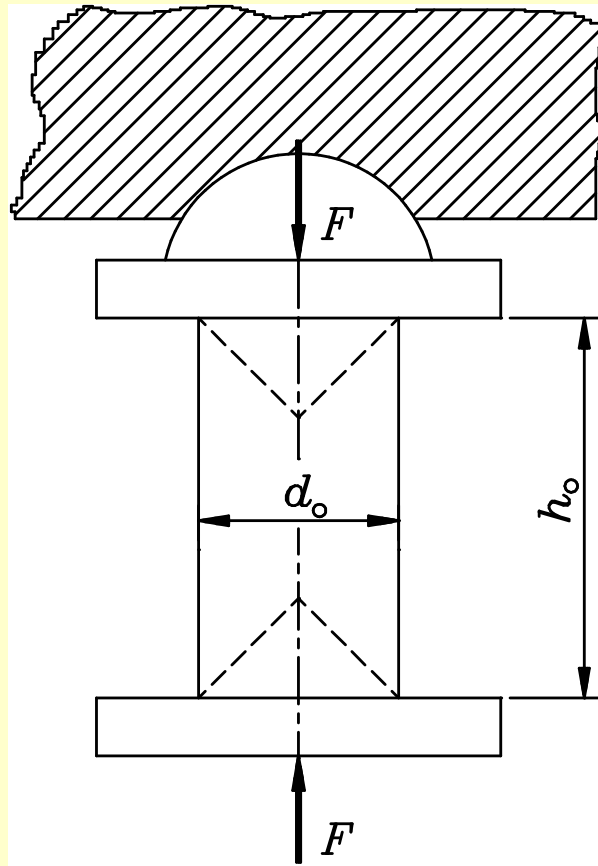


Mechanikai tulajdonságok

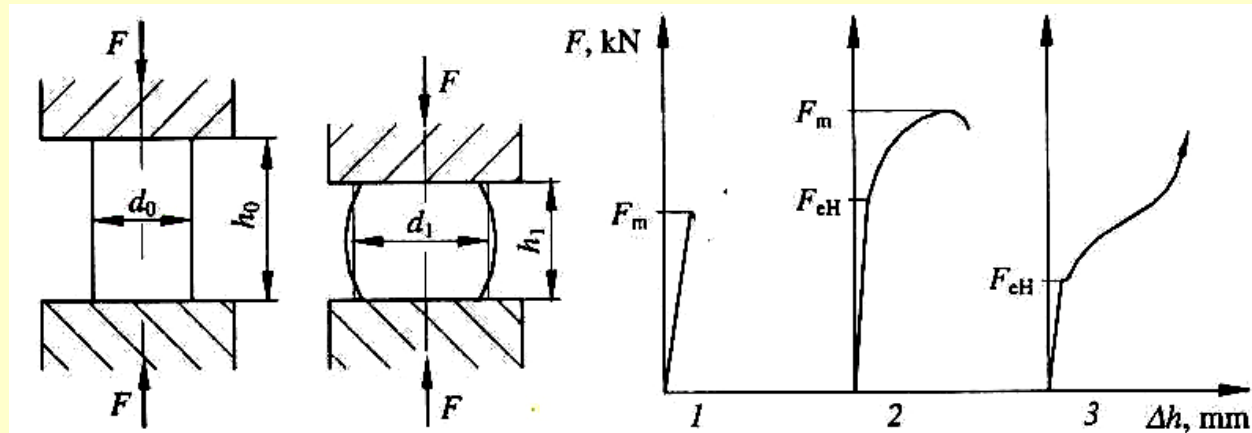
Statikus igénybevétel

**Nyomó igénybevétellel szembeni
ellenállásának meghatározása**

Nyomó igénybevétel megvalósítása (nyomóvizsgálat)



Az anyagok viselkedése nyomó igénybevétel során



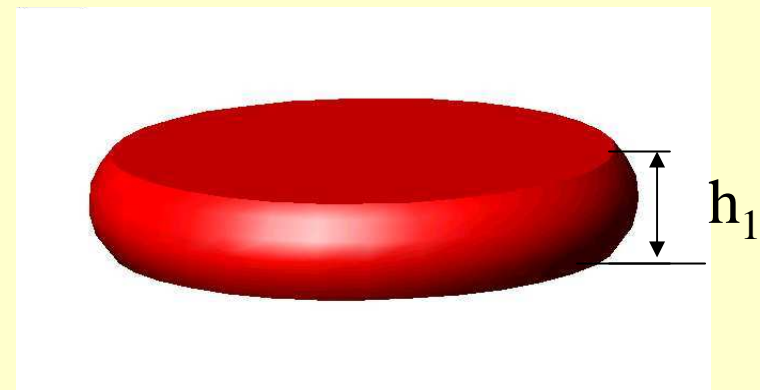
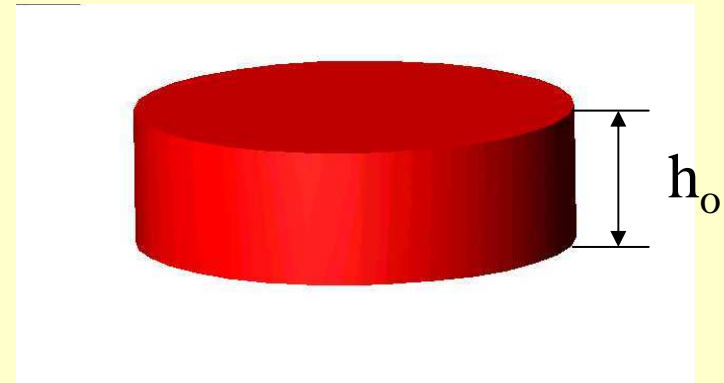
- A **rideg anyag** rugalmas alakváltozás után általában 45° -os síkok mentén eltörik. Meghatározható a nyomószilárdság vagy törő szilárdság. Jele: R_v
- A **szívós, és képlékeny anyagok** nyomóvizsgálat során "hordósodnak", bizonyos alakváltozás után felületükön repedések jelennek meg, egyértelmű törést nem mutatnak.

A nyomóvizsgálat alkalmazása

- A nyomóvizsgálatot ezért elsősorban **rideg anyagok** vizsgálatára alkalmazzuk.
- A rideg anyagok , mint például az öntöttvas, a beton vagy a kerámiák jóval ellenállóbbak nyomó igénybevétellel szemben, ezért ezen a területen alkalmazzák azokat.
- A nyomószilárdság: $R_v = \frac{F_v}{S_o}$ [N / mm²]

A szívós, képlékeny anyagok (zömítővizsgálat)

- Zömítés az első repedés megjelenéséig - mérőszáma:
 $(h_0 - h_1) / h_0 \times 100\%$
- Minél nagyobb a repedés megjelenéséig tapasztalható magasság csökkenés, annál jobb az alakíthatóság



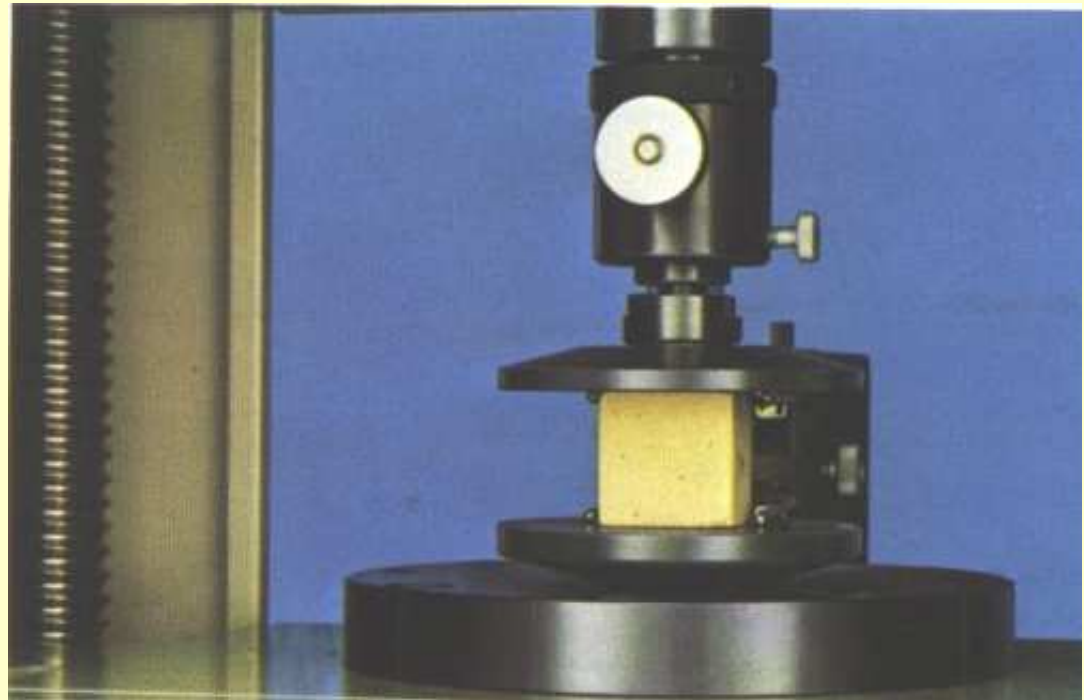
Példák a nyomóvizsgálatra

- Kő, korrozív környezetben



Példák a nyomóvizsgálatra

- Szivacs



Példák a nyomóvizsgálatra

- PET palack

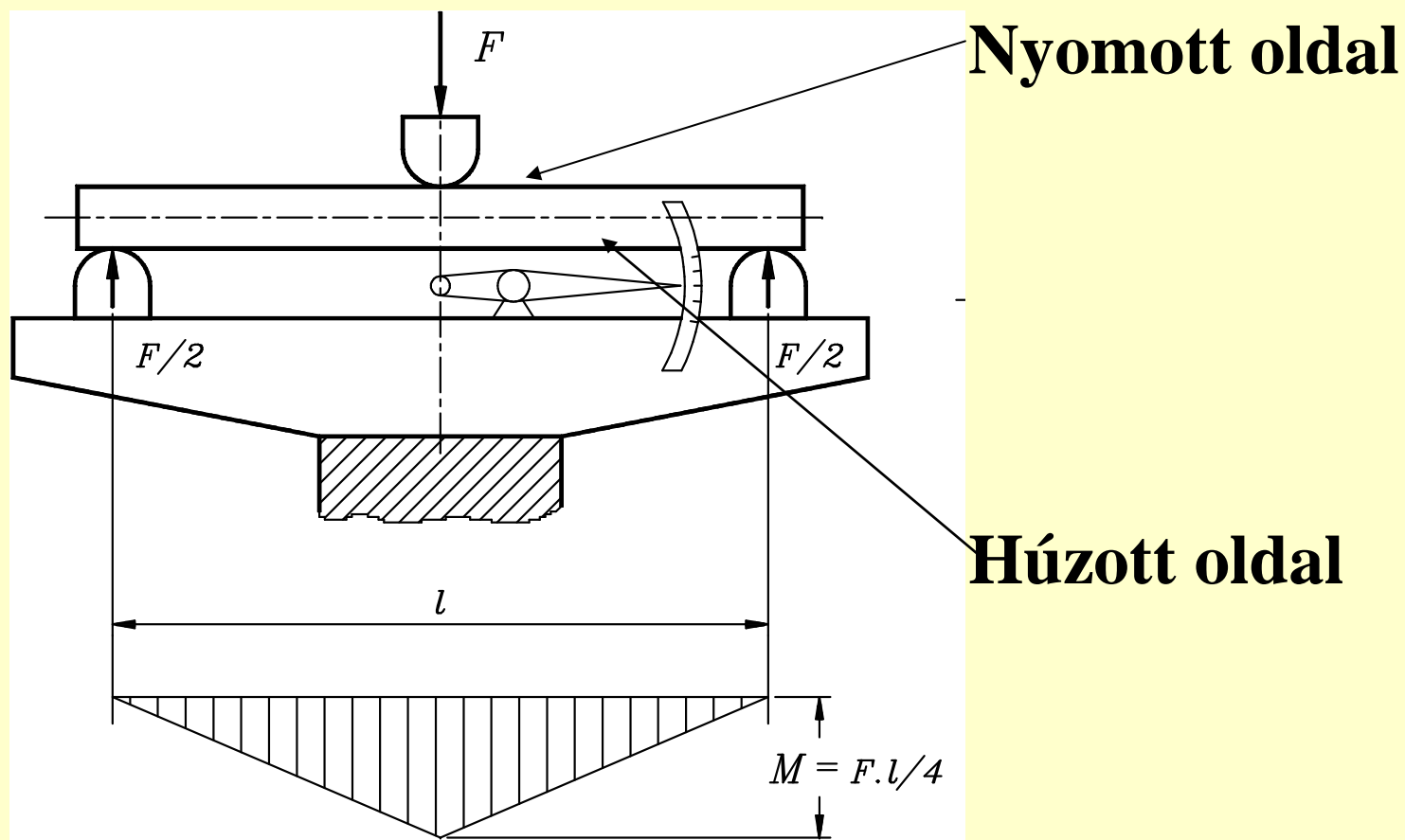


Mechanikai tulajdonságok

Statikus igénybevétel

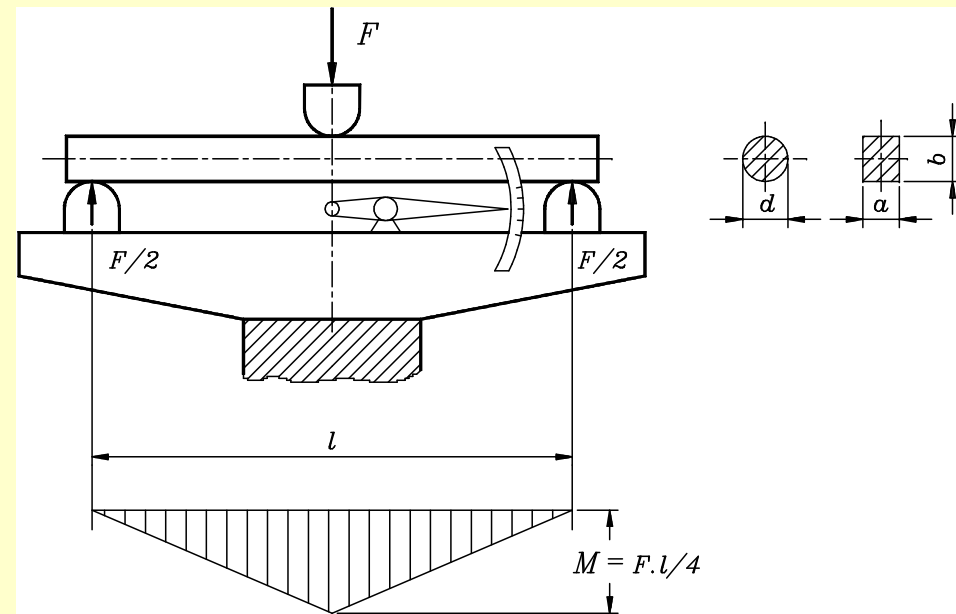
**Hajlító igénybevétellel szembeni
ellenállásának meghatározása**

Hajlító vizsgálat



Hajlító vizsgálat

elsősorban **rideg anyagok**
pl. öntöttvas
teherbírásának a
meghatározására
használják, mivel a
szívós anyagok a
terhelés során jelentős
maradó alakváltozást
szenvednek és ez a
kiértékelést megghiúsítja.



Meghatározható mérőszám

Hajlító szilárdság

Jele: R_{mh}

Mértékegysége: N/mm^2

ahol M a maximális
hajlítónyomaték

a K a keresztmetszeti tényező,
ami

kör keresztmetszet esetén

négyszög keresztmetszetre

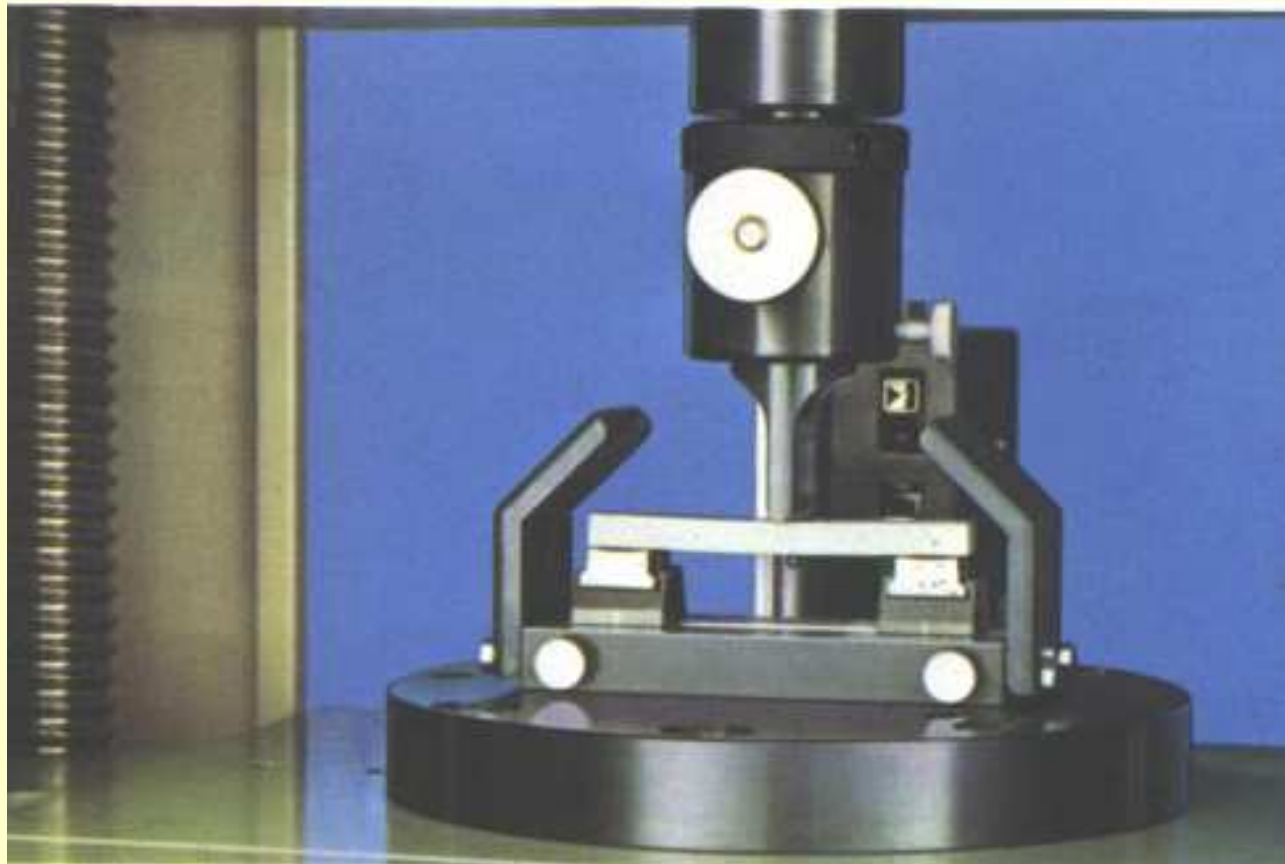
$$R_{mh} = \frac{M}{K}$$

$$M = \frac{F \cdot l}{4}$$

$$K = \frac{d^3 \cdot \pi}{32}$$

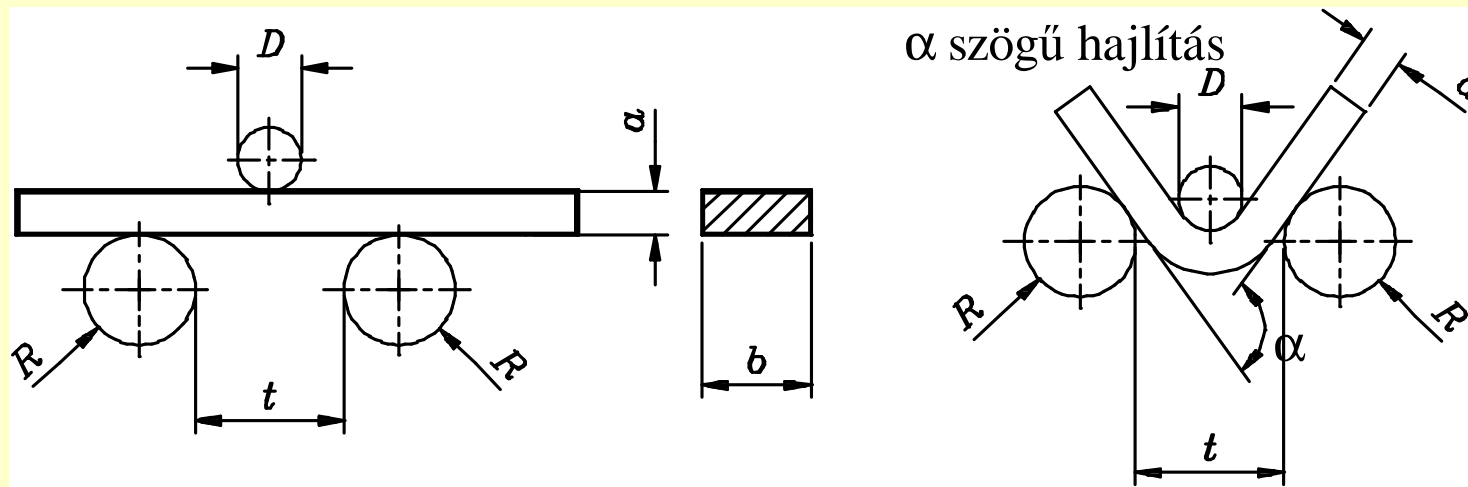
$$K = \frac{a \cdot b^2}{6}$$

Hajlító vizsgálat

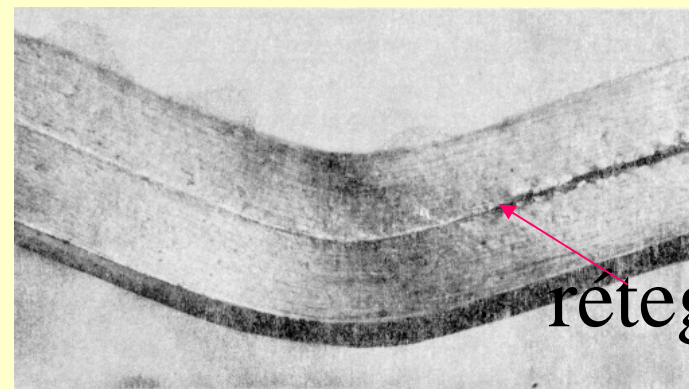


Technológiai hajlító vizsgálat

A szívós, képlékeny anyagok hidegalakíthatóságának vizsgálata



Adott szögig,
vagy a húzott
oldalra repedés
megjelenéséig



Technológiai hajlítóvizsgálat



Keménység

Az anyagok egyik legfontosabb tulajdonsága a keménységük. A fémek és ötvözetek keménységmérése nagyon elterjedt.

A keménység alatt a fémnek azt az ellenállását értjük, amelyet a fém egy nála keményebb test behatolásával szemben kifejt.

Miért olyan elterjedt a keménységmérés?

- ☞ a mérés gyors, egyszerű
- ☞ a darabon " roncsolásmentesen " elvégezhető
- ☞ az eredményekből kísérletileg meghatározott összefüggések alapján egyéb anyagjellemzőkre is következtethetünk
- ☞ a technológiai folyamatba beilleszthető

A mérések elve

A meghatározásból következően az, hogy egy szabványos anyagú, alakú és méretű kemény testet (benyomó szerszám) meghatározott ideig ható terheléssel a mérendő anyag felületébe nyomunk, és vagy a terhelő erő és a lenyomat felületének hányadosával, (HB, HV) vagy a benyomódás mélységéből képzett számmal (HR) jellemezzük a keménységet. A terhelést lassan adjuk rá a benyomó szerszámra, ezért a módszereket **statikus keménység méréseknek** nevezzük.

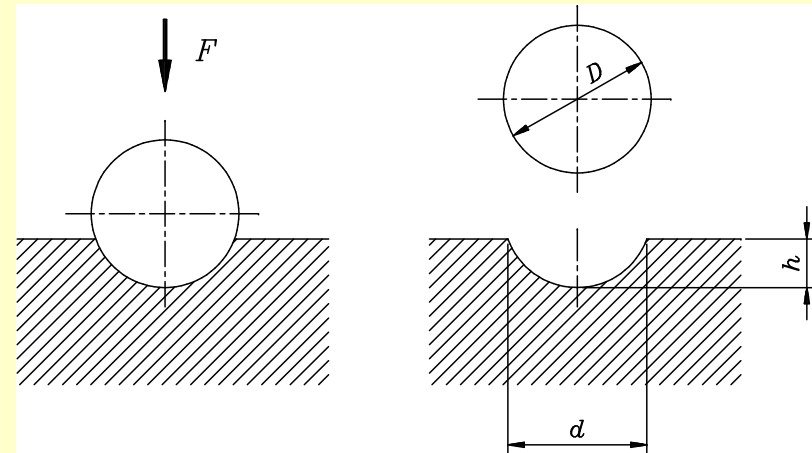
Megjegyzés

- A különböző, néha eltérő fizikai hatásokon alapuló eljárások mérőszámai csak korlátozott módon, bizonyos megszorítások figyelembevételével hasonlíthatók össze.
- Alapvetően megállapítható, hogy minden eljárásnak megvan a maga elsődleges és leggyakrabban használt területe.

Brinell keménységmérés

MSZ EN ISO 6506-1(mérés)-2 (ellenőrzés, kalibrálás)

- A mérés során D átmérőjű keményfém golyót F terhelő erővel belenyomunk a darabon legtöbbször köszörüléssel előkészített sík felületbe. Ezáltal d átmérőjű, h mélységű gömbsüveg alakú lenyomat képződik.



A Brinell keménység értelmezése

- Brinell keménységen az F terhelő erő és a lenyomat felületének hányadosát értjük.

- Jele: HB.

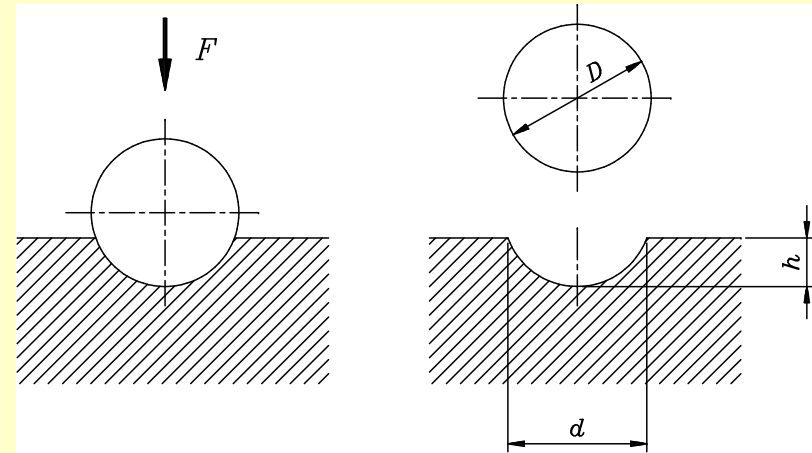
A gömbsüveg felülete $D\pi h$.

Ezzel a keménység

számértéke:

$$HB = \frac{F}{D \cdot \pi \cdot h}$$

- A keménység mértékegység nélküli szám!



$$HB = \frac{0,102 \cdot F}{A} = \frac{0,102 \cdot 2F}{D\pi(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Mi kell megválasztani és hogyan?

- **A golyó**
 - A mérésnél használt golyó **keményfém** (wolfram karbid) (régebben edzett acél) **átmérője D 10; 5; 2,5; 2 és 1 mm**
 - **méretét**
 - a mérendő anyag vastagságának, és
 - a mérési körülményeknek (keménységmérő gép) megfelelően választjuk meg.

Mi kell megválasztani és hogyan? 2

- **A terhelő erő**

- A mérendő anyag és a golyóátmérő függvényében választhatjuk meg, úgy, hogy lenyomat d mérete $0,25$ és $0,6D$ közé essen. :

$$F = 9,81.K .D^2 \text{ [N]}.$$

K a terhelési tényező (a mérendő anyag keménységétől függ!

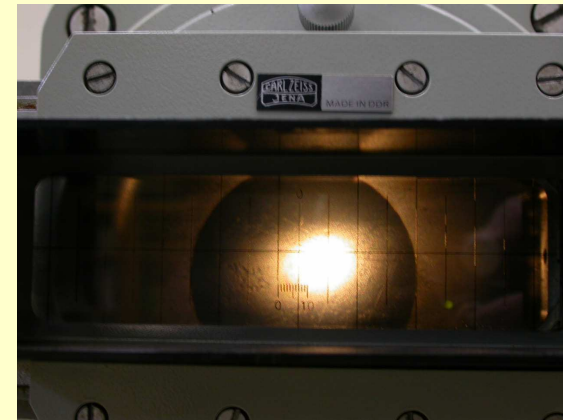
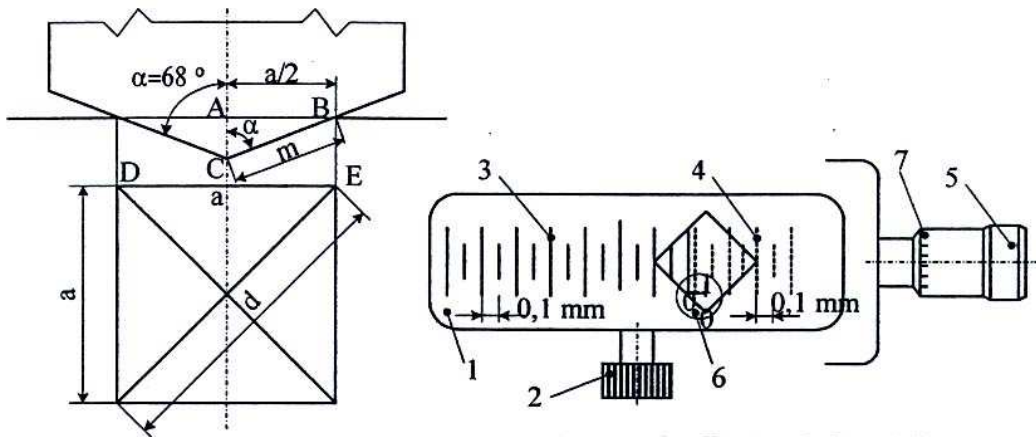
K terhelési tényező

Golyóátmérő D mm	Terhelés F. [N] ($F = K \times D^2$, kp)				
	K = 30	K = 10	K = 5	K = 2,5	K = 1
10	29430 (3000)	9800 (1000)	4900 (500)	2450 (250)	980 (100)
5	7355 (750)	2450 (250)	1225 (125)	613 (62,5)	245 (25)
2,5	1840 (187,5)	613 (62,5)	306,5 (31,2)	153,2 (15,6)	61,6 (6,2)
2	1176 (120)	392 (40)	196 (20)	98 (10)	39,2 (4)
1	294 (30)	98 (10)	49 (5)	24,5 (2,5)	9,8 (1)
Vizsgálható anyagok	acél, nagyszilárdságú ötvözetek, öntöttvas	réz, nikkel és ötvözeteik	aluminium, magnézium és ötvözeteik	csapágyötvözetek	ón, ólom
HB-keménység	96...450	32...200	16...100	8...50	3,2...20

A mérés elvégzése

- A vizsgálandó felületet fémesre tisztítjuk (köszörülés)
- a lenyomatok a darab szélétől és egymástól legalább $2,5d - 3d$ távolságra legyenek.
- A terhelés megszüntetése után a lenyomat két egymásra merőleges átmérőjét (d) mérjük a keménységmérő gépre szerelt mérőberendezés segítségével $0,001\text{mm}$ pontossággal. Lásd. A Vickers eljárásnál
- A két érték átlagának, és a terhelő erőnek a függvényében a keménységet táblázatból keressük ki.

A lenyomat méretének meghatározása



A mérés jegyzőkönyvezése

- A HB keménység mérőszáma kismértékben függ a terhelő erőtől és a golyóátmérőjétől !
- Ezért a mért érték mellett fel kell tüntetni a golyóátmérőt, a terhelő erőt és a terhelés idejét, ha az nem $D=10$ mm $F= 3000$ kp azaz 29430 N és 30 másodperc.

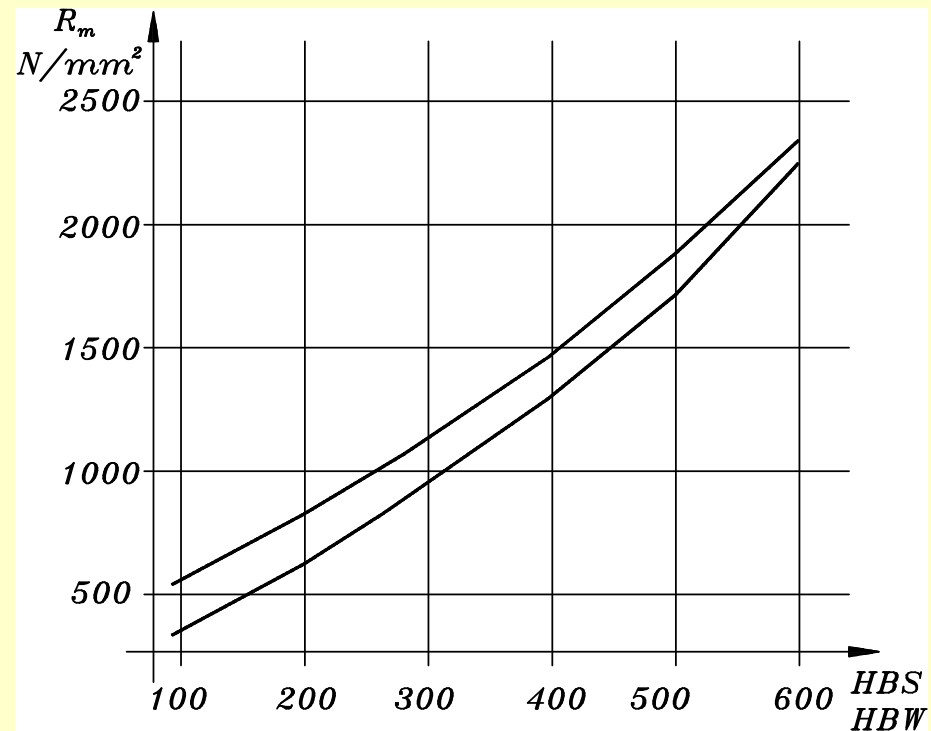
Pl. $185\text{HB}_{2,5/187,5/20}$. A mérés $D=2,5$ mm golyóval, $187,5$ kp azaz 1840 N terheléssel 20 másodperc terhelési idővel történt, és a darab keménysége 185 HB

Alkalmazási területe, korlátok

- Elsősorban öntöttvasak, könnyű-és színesfémek, kisebb keménységű, lágyított normalizált acélok mérésére használják
- A Brinell keménységmérés acél golyó esetén 450 HB-nél keményfém esetén 650 HB-nél keményebb anyagok mérésére nem alkalmas, mert a golyó esetleges deformációja a mérést meghamisítja.
- Nem alkalmas vékony lemezek mérésére, (túl nagy a benyomódás)

Összefüggés a HB és az R_m között

- Az összefüggés **közelítő**, célszerű a vasalapú ötvözetek keménységi értékek összehasonlítására szolgáló szabvány használata! (MSZ 15191-2)

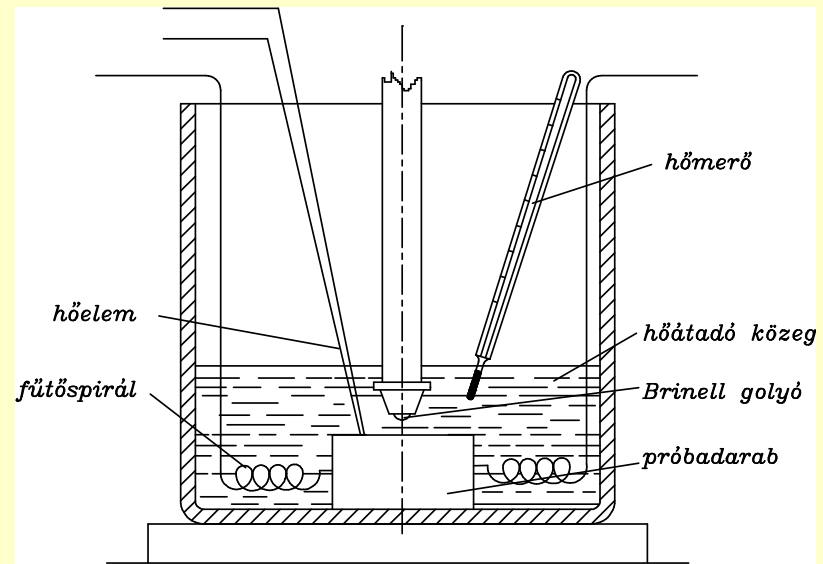


Egyéb alkalmazások

- **Vizsgálat növelt hőmérsékleten**
- **műanyagok keménységvizsgálata**
- **faanyagok keménységvizsgálata**

Vizsgálat növelt hőmérsékleten

- **A magasabb hőmérsékleten üzemelő alkatrészek pl. melegalakító szerszámok, kokillák, belsőégésű motorok dugattyúi keménységének meghatározását teszi lehetővé**



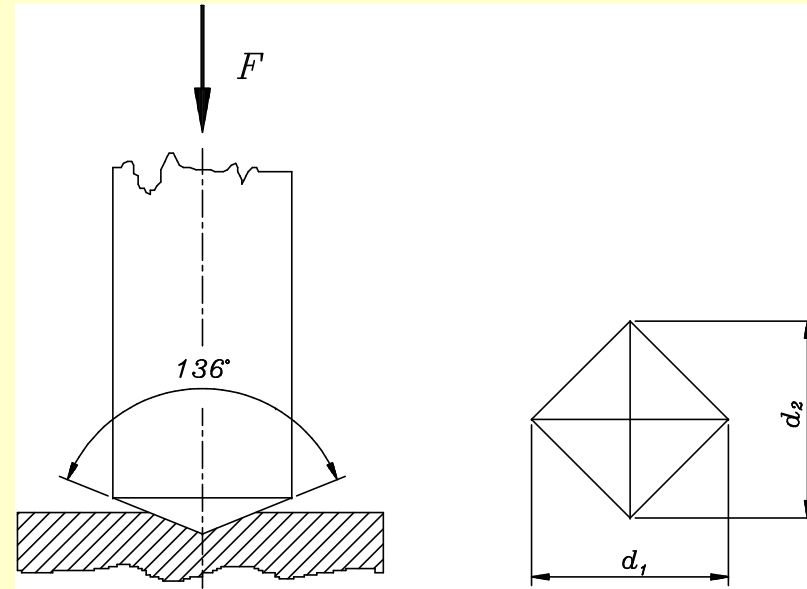
Műanyagok keménységvizsgálata

- A nem porózus műanyagok mérésére alkalmas
- $D=5$ mm
- $F= 49; 132,4; 358; \text{ és } 961$ N
- a lenyomat átmérője helyett a golyó benyomódás maradó mélységét mérik, ezért 9,81 N előterheléssel nullázzák a mérőórát
- A terhelés időtartama 30 s

Vickers keménységmérés

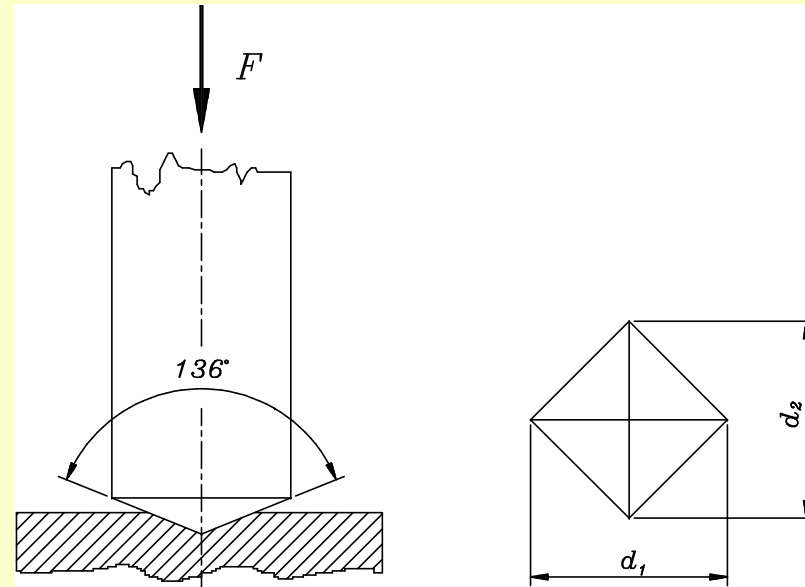
MSZ EN ISO 6507-1(mérési elv)-2 ellenőrzés,
kalibrálás

A Vickers
keménységmérés
során 136°
csúcsszögű négyzet
alapú gyémánt gúlát
nyomunk F
terheléssel a
próbadarab
felületébe



Vickers keménység mérőszáma

- A Vickers keménység a Brinellhez hasonlóan a terhelő erő és a lenyomat felületének hányadosa. A lenyomat felületének meghatározásához a terhelés megszűntetése után a négyzet alakú lenyomat átlóit (d) mérjük.



$$HV = 0,102 \cdot 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

Mi kell megválasztani és hogyan?

- **terhelés**

A **terhelő erő** 9,8 - 980 N azaz 1 - 100 kp között választható az anyagminőség és a vastagság függvényében.

Megjegyzés: A terhelés változtatásával a lenyomat felülete közel arányosan változik, ezért a **Vickers keménység bizonyos határon belül a terhelő erőtől független**

A mérés elvégzése

- A vizsgálandó felületet fémesre tisztítjuk (köszörülés)
- a lenyomatok a darab szélétől és egymástól legalább $2,5d - 3d$ távolságra legyenek.
- A terhelés megszüntetése után a lenyomat két egymásra merőleges átlóját (d) mérjük a keménységmérő gépre szerelt mérőberendezés segítségével $0,001\text{mm}$ pontossággal. A két érték átlagának, és a terhelő erőnek a függvényében a keménységet táblázatból keressük ki.

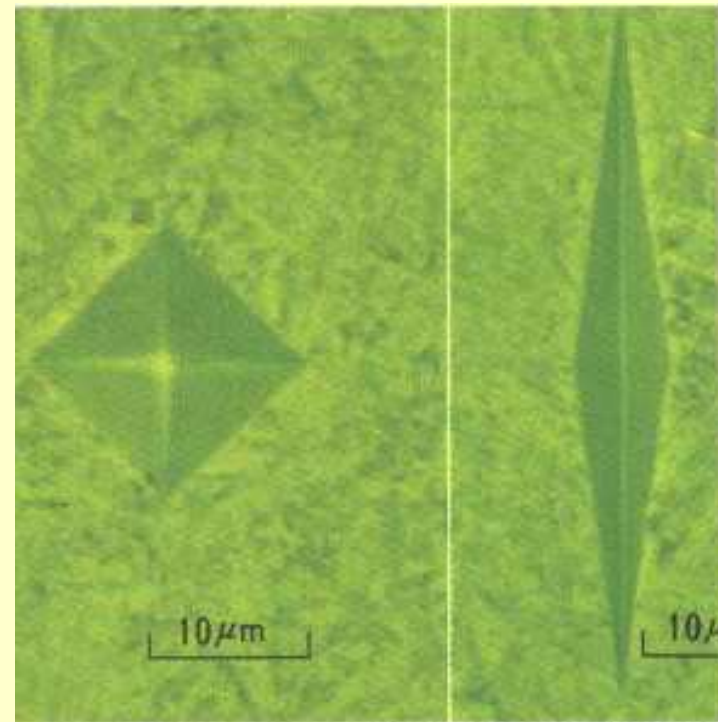
Kisterhelésű keménységmérés Vickers szerint

- Különféle felületi hőkezelések után az edzett darabok felületi kérgében, vagy vékony lemezeken, bevonatokon stb. kis **terheléssel (5 - 19,62 N azaz 0,5-2 kp)** is végezhetünk Vickers keménységmérést. A mért értéknél mindig fel kell tüntetni a terhelés nagyságát pl. 783 HV 1,0
- A **darabot a méréshez csiszolással és polírozással kell előkészíteni.**
- A lenyomatot **0,2 μm pontossággal kell mérni.**



Kisterhelésű keménységmérés Knoop szerint

- A gyémánt benyomó szerszám, élszöge egyik irányban 130° , a másik irányban $172^\circ 30'$. A benyomódás felülnézetben rombusz. Ez a **Knoop féle módszer**. A terhelés $0,98- 49 \text{ N}$ azaz $0,1- 5 \text{ kp}$ között változhat. A keménységet a terhelő erő és a lenyomat felületének hányadosa adja.

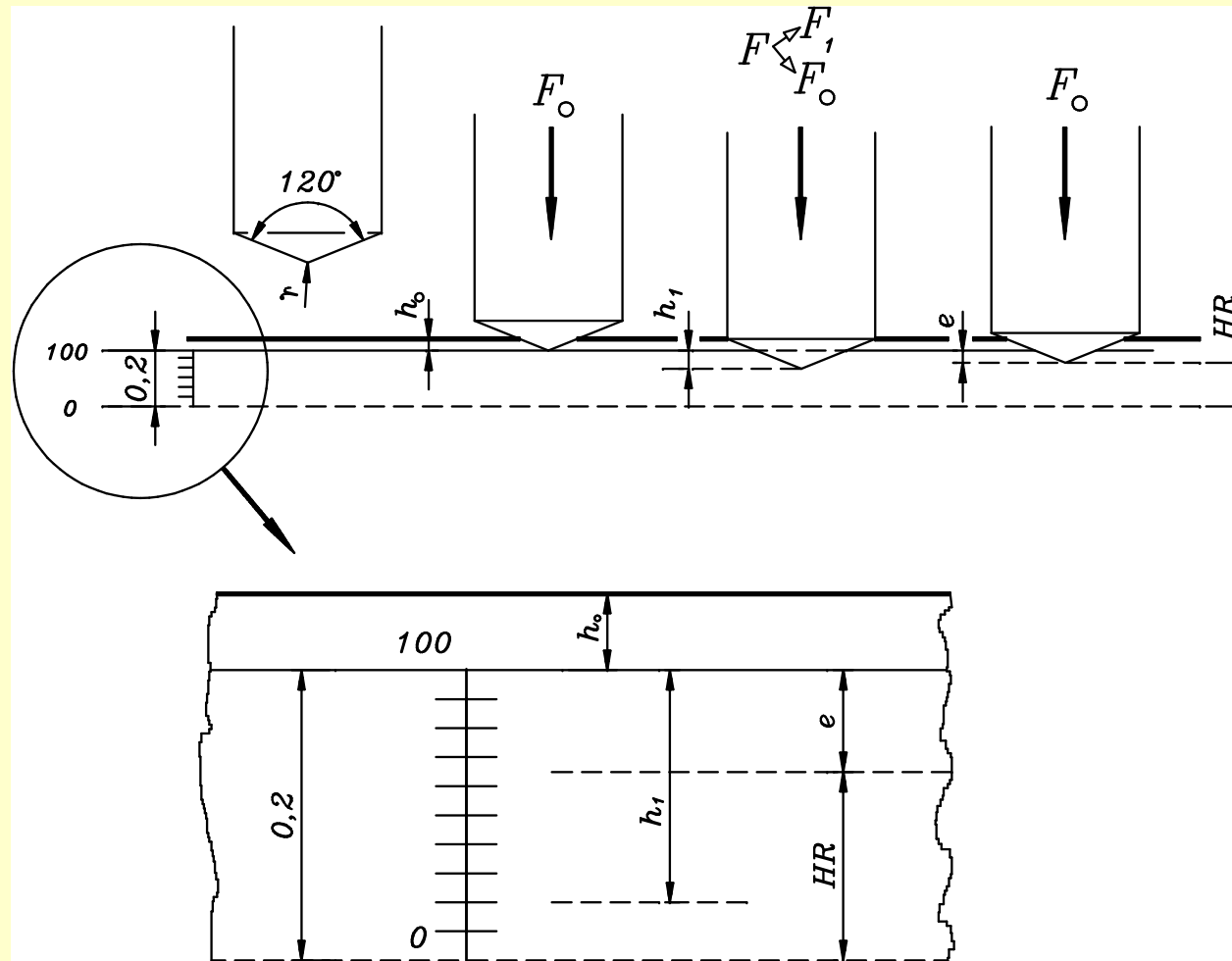


Rockwell keménységmérés

(MSZ EN ISO 6508-1 (mérési elv) -2 ellenőrzés, kalibrálás)

- A mérés különbözik az eddig ismertetett HB és HV módszerektől, mivel a különböző benyomó szerszámokkal létrehozott lenyomat mélységéből következtet a keménységre

A Rockwell keménységmérés elve



Rockwell keménységmérési eljárások

Módszer	Benyomó szerszám
HRA	120 ° csúcsszögű gyémánt kúp
HRB	1,59 mm (1/16 ") átmérőjű keményfém (wolframkarbid) golyó
HRC	120 ° csúcsszögű gyémánt kúp

Rockwell eljárások

(terhelés, alkalmazási terület)

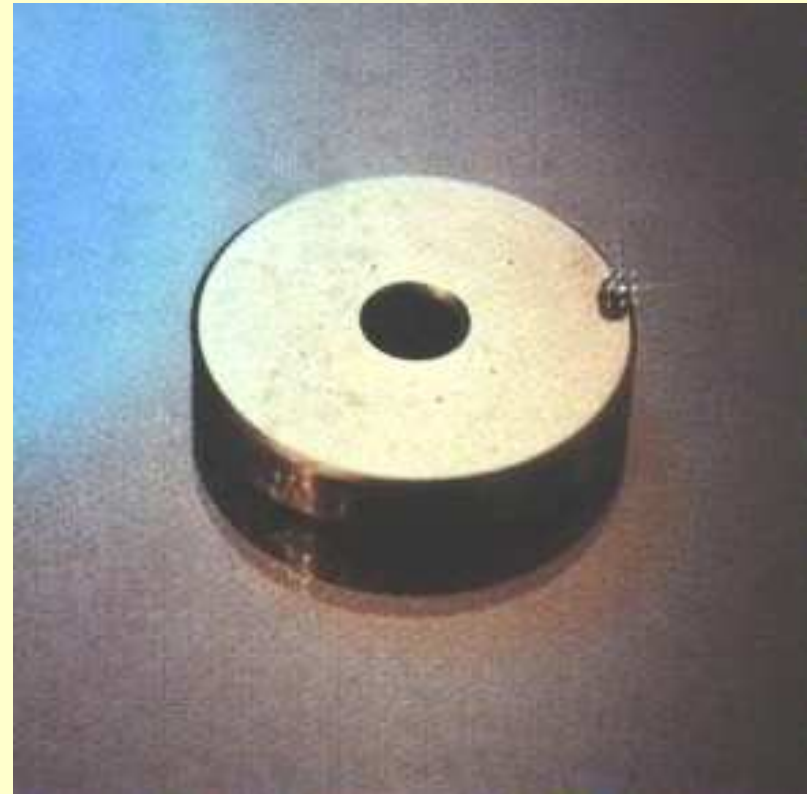
Mérés jele	Terhelés [N]			Keménység- számítás összefüggései	Főbb felhasználási területek
	elő	fő	összes		
HRA	98	490	588	$100 - \frac{e}{0,002}$	lágycélok, gyengén ötvözött acélok
HRB	98	883	980	$130 - \frac{e}{0,002}$	lágycélok, gyengén ötvözött acélok
HRC	98	1373	1471	$100 - \frac{e}{0,002}$	Szerszámacélok, kemény, edzett acélok
HRN és HRT	29	118	147 (15 kp)	$100 - \frac{e}{0,001}$	Vékony, felületi, valamint ké- regedezett rétegek, melyeket normál HRC magas terhelőe- reje tönkretenne.
	29	265	294 (30 kp)		
	29	412	441 (45kp)		

Keménységmérő gépek



A keménységmérő gépek kalibrálása, hitelesítése

- A keménységmérő gépek ellenőrzésére ismert keménységű **etalonokat** használnak. A gépeket legalább évente egyszer az arra feljogosított szervezettel (OMH stb.) hitelesíteni kell.



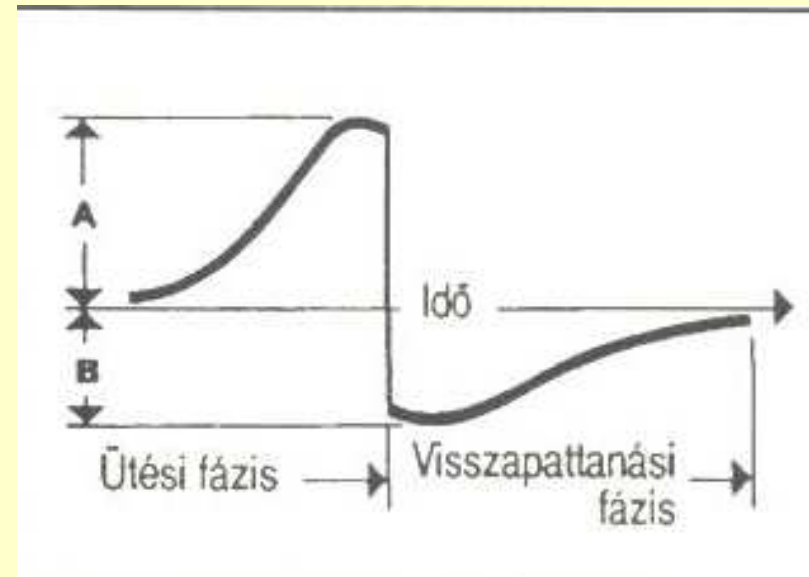
Hordozható keménységmérő EQUOTIP

- Az első szabványosított dinamikus keménységmérés



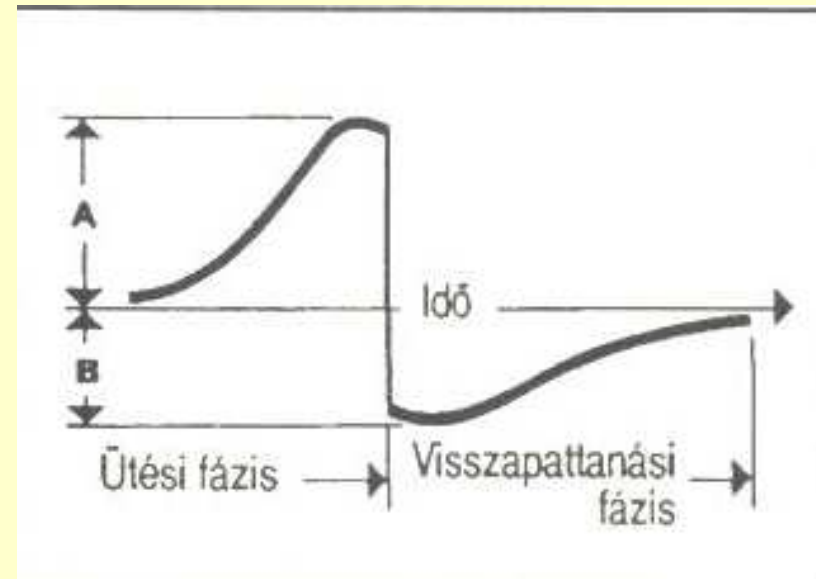
A vizsgálat elve

- A mérőfejet ráállítva a mérendő tárgy felületére és megnyomva az indító gombot az ütőtest becsapódik és visszapattan.
- A készülék **méri** a tárgy felülete felett 1 mm-re mind a **becsapódási(A)**, mind a **visszapattanási (B) sebességet**.



A keménység mérőszáma

$$HL = \frac{B}{A} 1000$$



A különböző anyagok keménységi értékei

