



Magyarkúti József

**Anyagvizsgálatok – Roncsolásos
vizsgálati módszerek 2 –
keménységvizsgálatok**

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

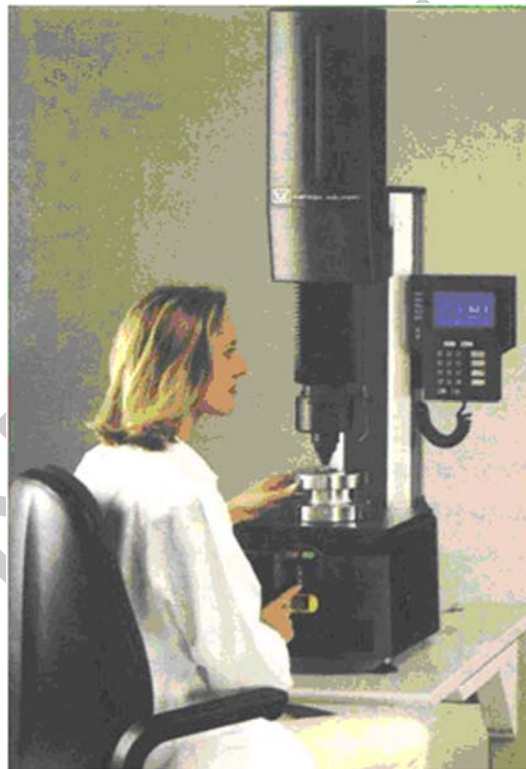
Mérőtermi feladatok

A követelménymodul száma: 0275-06 A tartomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-003-25

ANYAGVIZSGÁLATOK, RONCSOLÁSOS VIZSGÁLATI MÓDSZEREK 2. KEMÉNYSÉGVIZSGÁLATOK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Általános gépészeti technológiai feladatok között nagyon gyakori feladat, hogy a felhasznált alkatrészek szilárdsági jellemzőinek ellenőrzésére van szükség. Ennek az egyik legmegbízhatóbb és egyszerű módja valamely keménységvizsgálat elvégzése.



1. ábra. Keménységvizsgálat

Ahhoz, hogy egy adott alkatrészen a keménységvizsgálatot megfelelő pontossággal önállóan tudja elkészíteni, többek között tudnia kell választ adni az alábbi kérdésekre.

1. Mi a keménység fogalma?
2. Hogyan csoportosítjuk az egyes keménységmérő eljárásokat?
3. Mi jellemzi a Brinell eljárás szerinti keménységmérést?
4. Mi jellemzi a Vickers-féle keménységmérést?

5. Mi jellemzi a Rockwell-féle keménységmérést?
6. Mi jellemzi a Poldi-féle keménységmérést?
7. Mi jellemzi a Shore keménységmérést?

Mielőtt a kérdések megválaszolását elkezdené, tanulmányozza át a szakmai információtartalmat

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

1. Keménység fogalma és az eljárások csoportosítása

A keménység azzal az ellenállással jellemezhető, amit a szilárd anyagok kifejtnek a beléjük hatoló, illetve velük kölcsönhatásba kerülő keményebb vizsgálószerszámmal szemben.

A gyakorlatban bevált keménységmérő módszerek négy jellegzetes csoportba sorolhatók:

1. **Szűrő keménységmérés:** a vizsgálandó anyagnál jóval keményebb, ún. szűrőszerszámot nyomnak alkalmasan megválasztott terheléssel az anyagba, és a létrejövő lenyomat területéből vagy a benyomódás mélységéből származtatják a keménységi mérőszámot. Ide tartoznak a következő eljárások:
 - a) Brinell,
 - b) Vickers,
 - c) Rockwell,
 - d) Poldi kalapáccsal történő keménységmérés
2. **Ejtő keménységmérés:** a vizsgálandó anyagra ejtett mérőtest visszapattanási magasságából határozható meg az ütközés rugalmas energiájával összefüggő keménységi mérőszám. Ide tartozik a Shore-eljárás.
3. **Rezgő keménységmérés:** a vizsgálandó anyagra szorított rezgőfej rezgésben tartásához szükséges energia méréséből fejezhető ki az anyag csillapítóképességével összefüggő keménységi mérőszám.
4. **Karc keménységmérés:** különböző anyagokkal megkarcoljuk az anyagot, ha jelet hagy, akkor keményebb mint amit karcoltunk

Ezen kívül megkülönböztetünk:

- **statikus** (lassú, nyomásszerű terheléssel járó)
- **dinamikus** (gyors, ütésszerű terheléssel járó) keménységmérési eljárásokat is.

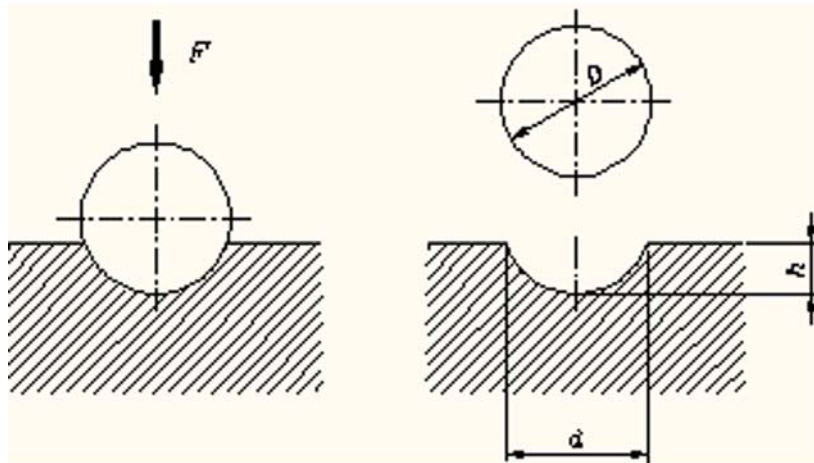
A statikus terhelésű eljárásokhoz tartoznak a Brinell-, a Vickers- és a Rockwell-eljárások.

A dinamikushoz sorolják a Poldi- és a Shore-féle módszereket.

A legjelentősebbek tehát a szűrő módszerek (Brinell, Vickers, Rockwell), melyek annyira elterjedtek, hogy az újabb típusú, hordozható, elektronikát is alkalmazó (ezért gyakran más alapelvi) mérőberendezéseket is ezekre skálázzák.

2. Keménységmérés Brinell eljárással:

Az eljárás elve: meghatározott erővel egy acélgolyót nyomnak a felületbe, meghatározott ideig. A terhelés megszüntetése után lemérik a lenyomat átmérőjét, és ebből következtetnek a keménységre.



2. ábra. Brinell vizsgálat elve

A keménység mérőszáma: Brinell keménység, Jele: HB

Brinell keménységen az F terhelő erő és a lenyomat felületének hányadosát értjük. A keménység mértékegység nélküli szám!

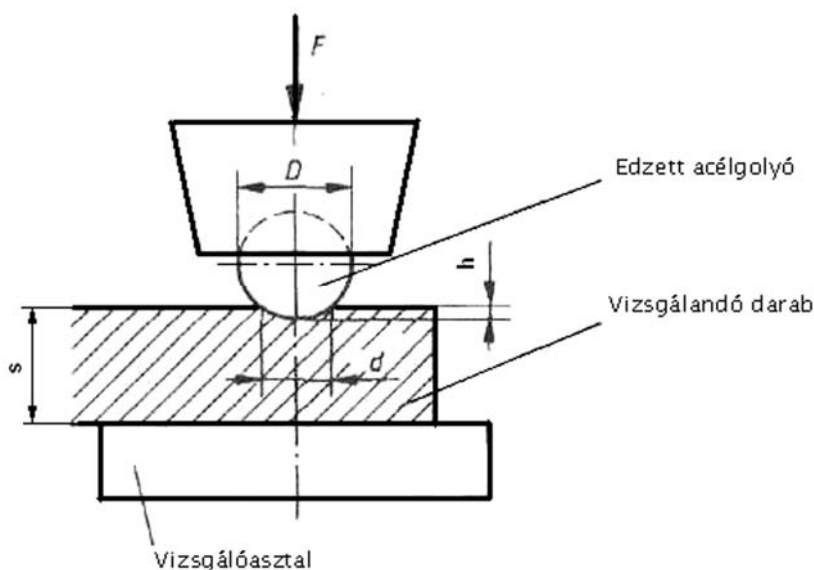
A keménység meghatározása:

A keménységet a terhelés és a létrejött gömbsüveglenyomat területének hányadosaként definiálják:

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

Ahol:

- F – a terhelő erő (N)
- D – a golyóátmérő (mm)
- d – a lenyomatátmérő. Két egymásra merőleges átmérőt kell lemérni, majd ezek számtani közepét venni. (mm)
- A – a benyomódás, gömbsüveg felülete, (mm²)



3. ábra. Brinell mérés részei

A lenyomat átmérőjének megállapításához rendszerint a keménységmérő gépbe épített mikroszkópos mérőműszert kell alkalmazni.

A lenyomat közepe a munkadarab szélétől legalább $2,5d$ távolságra legyen vasötvözeteknél és rézötvözeteknél, míg könnyűfémeknél ez a távolság legalább $3d$ legyen.

Szúrószerszáma: edzett, polírozott acélgolyó.

A golyó átmérője a vizsgálendő lemez vastagságától függően:

- 10 mm, csak 6 mm lemezvastagság felett;
- 5 mm, 6 és 3 mm lemezvastagság között;
- 2,5; 2 vagy 1 mm, 2 mm alatti lemezvastagság esetén.

A vizsgálendő anyag vastagsága tehát legalább tízszerese legyen a várható benyomódás mélységének ($s/h > 10$).

A terhelő erő: a különböző keménységű anyagoknál terhelőerőt a lenyomat átmérőjének függvényében kell meghatározni.

A vizsgálendő anyagfajtához igazodva a terhelés, amelyet kg-ban kell érteni, ha a D golyóátmérőt mm-ben helyettesítjük (ha N-ban határozzák meg a terhelőerő értékét, akkor még meg kell szorozni 9,81-el)

- $1D^2$ (ón, ólom),
- $2,5D^2$ (ón-antimon, ólom-antimon ötvözetek, azaz csapágyfémek),
- $5D^2$ (Al- és Cu-ötvözetek),
- $10D^2$ (Cu- és Ni-ötvözetek),
- $30D^2$ (vasötvözetek).

A golyó átmérőjének és az alkalmazandó terhelésnek a megválasztásakor tekintettel kell lenni arra is, hogy a benyomódás átmérője 0,25...0,6D között maradjon.

A vizsgálati időtartamot a várható keménységtől (anyagminőségtől) függően célszerű megválasztani:

- 10... 15 s, ha $HB > 100$ (vasötvözetek);
- 30 ± 3 s, ha $100 > HB > 35$ (Ni- és Cu ötvözetek);
- 120 ± 5 s, ha $35 > HB > 0$ (Al- és Zn-Ötvözelek);
- 180 ± 10 s, ha $10 > HB$ (Pb-és Sn-ötvözetek).

A Brinell keménység szabványos megadása:

Brinell-keménységet – ha a golyó átmérője 10 mm, a vizsgálati terhelés 30 000 N és a terhelési idő 10... 15 s – a keménység számértékével és HB jellel kell jelölni (pl. 255 HB).

Egyéb esetben a HB jelet ki kell egészíteni a vizsgálat jellemzőit meghatározó számértékekkel (egymástól törtvonallal elválasztva), a következő sorrendben:

- golyóátmérő, mm;
- vizsgálati terhelés, N;
- terhelési idő, s;

pl. 185 HB 5/750/20 jelentése

- 5 mm-es golyóátmérő,
- 750 N vizsgálati terhelés,
- 20 s terhelési idő.

A mérőgépek kialakítása:

Hagyományos mérőgép:



4. ábra. Hagyományos Brinell mérőgép

Modern kijelzős mérőgép:



5. ábra. Modern mérőgép

A mérés folyamata:

- Fémtisztta felület előállítása,
- A terhelőerő és a hozzátartozó golyó megválasztása,
- Szabványban előírt idejű terhelés,
- A lenyomat "d" átmérőjének meghatározása két egymásra merőleges mérés átlagából.
- A HB keménység meghatározása számítással, vagy táblázat segítségével, gyakorlatban táblázat használata az elterjedt.

Brinell- keménységmérés alkalmazása, és hátránya:

A módszer 450 HB-nél kisebb keménységek mérésére alkalmazható a golyó deformálódása (a mérés torzítása) nélkül. Alakváltozás (deformálódás) esetén a golyót cserélni kell.

Lehetőség van nagyobb keménységű (pl. keménységű) golyók alkalmazására is, de ez esetben már ún. módosított Brinell-keménységmérésről van szó, melynek jelölési módja HBW.

Speciális igényű (pl. 20 °C-hoz képest meleg – 40...900 °C-os – állapotú) keménység-meghatározás esetén is keménységű golyó használható.

Brinell- keménységmérés hátránya, hogy az eredményt a vizsgálat körülményei jelentősen befolyásolják.

A fontosabb befolyásoló tényezők:

- a golyó átmérője
- a terhelőerő nagysága
- a golyóátmérő és a vizsgálat anyag vastagságának viszonya
- a golyó benyomódásának mértéke
- a benyomódás ideje
- a lenyomatok távolsága

A Brinell keménységmérés nem használható vékony és nagy keménységű anyagokhoz.

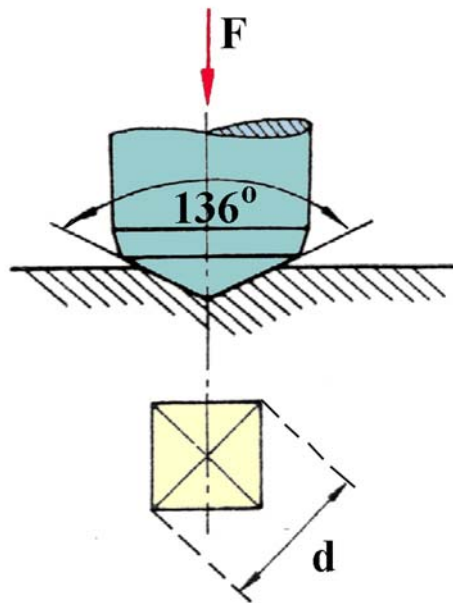
3. Vickers módszer:

A Vickers- féle eljárást a Brinell keménységmérés hátrányainak kiküszöbölésére vezették be, amely a Brinellhez hasonló elvi alapokon van felépítve, azzal a különbséggel, hogy acélgolyó helyett gyémántgúlát alkalmaznak.

A vizsgálat elve:

A vizsgálat hasonló a Brinell eljáráshoz, azaz a lenyomat átlójából következtetnek a keménységre.

Szúrószerszám 136°-os csúcsszögű négyzet alapú gyémántgúla.



6. ábra. Vickers mérés elve

A felület előkészítésére igen nagy gondot kell fordítani, mert a keménységet sokszor aránylag kis terhelés mellett, csekély benyomódásból kell megállapítani. Amennyiben a megmunkált barázdák a leolvasást zavarják, úgy a felületet tükrösíteni kell.



7. ábra. A lenyomat mikroszkopikus képe

A vizsgálati terhelés vasötvözetek estén 30 kg, könnyűfémek estében 10 kg. Ezekről eltérő terhelés is alkalmazható 5.. 100 kg, ül. 1...100 kg határértékek között.

A terhelés szabványosan előírt **időtartama** vasötvözetekre és színesfémekre 10... 15 s, könnyűfémeknél 30 s, igen lágy anyagokra 180 s is lehet.

A vizsgálandó darab vastagsága a lenyomat átlóinak legalább 1,5-szerese legyen. A hátapon a vizsgálat után semmiféle alakváltozási nyomnak nem szabad lenni.

A lenyomatot úgy kell elhelyezni, hogy annak középpontja a munkadarab szélétől vagy a két lenyomat közepe egymástól legalább 2,5-szerese legyen a lenyomat átlóinak. A sérült szűrőszerszámot azonnal cserélni kell.

Vickers keménységmérés alkalmazása:

Mivel a gyémánt a legkeményebb ismert anyag, így univerzálisan minden anyag keménysége mérhető vele.

A keménység definíciója:

$$HV = \frac{0,102 \cdot F}{A} = \frac{0,189 \cdot F}{d^2}$$

Ahol:

- F – a terhelő erő (N);
- A – a lenyomat felülete (mm²);
- d – a négyszöglenyomat két átlójának számtani közepe (mm²).

A benyomódás átlóját célszerűen a keménységmérő gépbe épített mérőmikroszkóppal szokták mérni.

A Vickers-keménységet – mint mértékegység nélküli számot – a következőképpen kell megadni:

pl. 650 HV 300/20

- 650 Vickers-keménység,
- 300 N terheléssel mérve,
- 20 s terhelési idő alatt.

A Vickers-keménységet – ha a terhelő 294 N és a terhelési idő 10... 15 s – akkor ezeket nem szükséges kiírni. (pl. 640 HV).

Vickers eljárások fajtái: (terhelőerőtől függően)

- Makro-Vickers eljárás,
- Mikro-Vickers eljárás,
- Mikro-Vickers eljárás módosított gúla alakkal.

Makro-Vickers eljárás

Az alkalmazott terhelő erő a várható keménységet figyelembe véve:

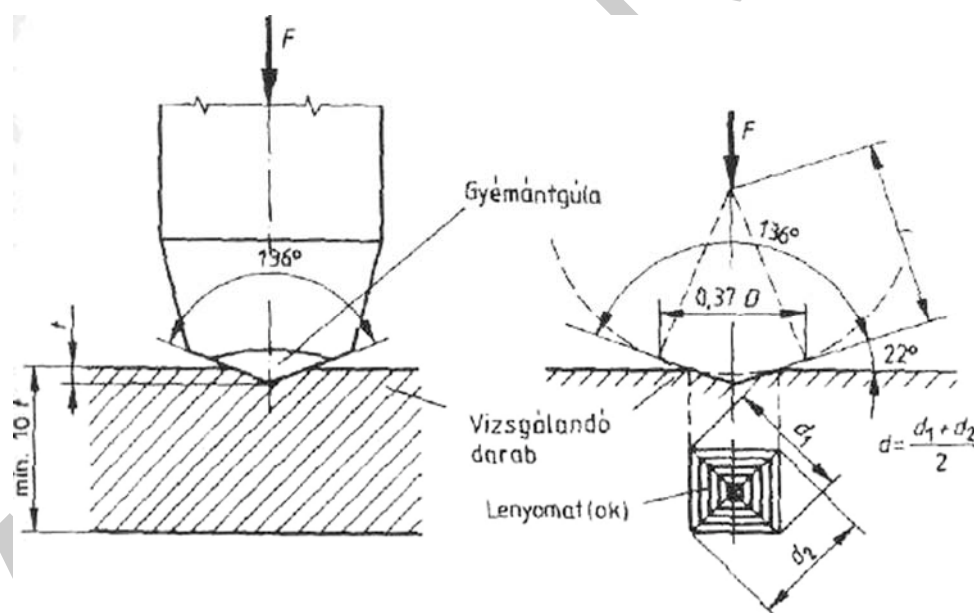
- 49-980 N, vas és acélok,
- 24,5-490 N, réz és ötvözetek,
- 9,8-980 N, alumínium és ötvözetek mérésére.

Mikro-Vickers eljárás

Egyes szövetelem fázisok, ún. mikrokeménységének mérésére, vékony rétegek, ill. munkadarabok helyi keménységének meghatározására 10 N-nál kisebb (0,01-5 N) terhelésekkel történő mérések.

A mikro keménység értékét szokás HVM jellel megkülönböztetni a makrokeménység-értékektől.

Gyakran alkalmazzák a mikrokeménység-mérést a metallográfiában, a szövetszerkezet tulajdonságainak meghatározása során.



8. ábra. Mikrokeménység mérés

Mikro-Vickers eljárás módosított gúla alakkal:

Szűrő szerszáma: nyújtott rombusz alapú gyémántgúla.



9. ábra. Módosított gúlaalak lenyomata

Alkalmazása heterogén szövetszerkezet jobb vizsgálhatóságára. Elég lemérni a benyomódás hosszabbik átlóját, és ebből a keménység táblázat segítségével is megállapítható.

A mérés gépei:



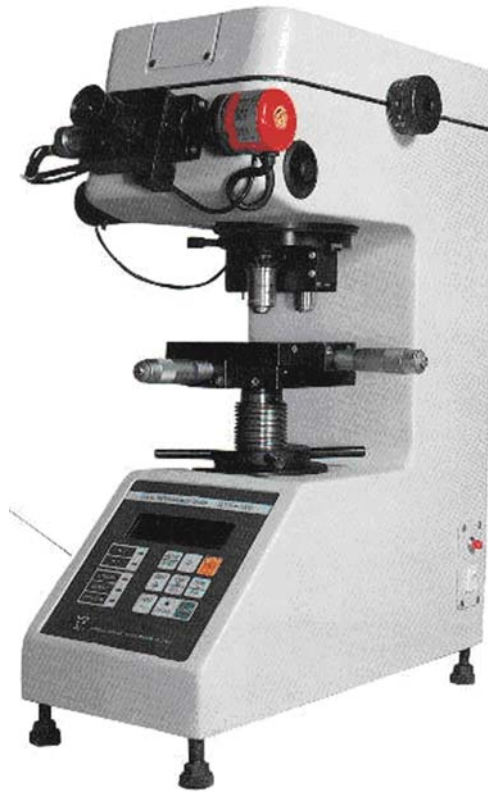
10. ábra. Vickers mérőgép

Korszerű gépeknél a Vickers és a Brinell keménységmérés rendszerint egy gépen végezhető. A leolvasás cserélhető lencserendszer segítségével két különböző nagyításban történhet.



11. ábra. Korszerű mérőgép

Digitális Vickers mérőgép:



12. ábra. Digitális mérőgép

4. A Rockwell-féle keménységmérési módszer:

A vizsgálat elve:

A keménység a benyomódás mélységéből származtatható.

A benyomódás mélységét nem a munkadarab felszínétől mérjük, hanem egy kisebb ún. előterheléssel létrehozott kis benyomódástól. Az előterhelés azért kell, hogy a szúrószerszám megbízhatóan érintkezzék a munkadarab anyagával.

Az előterhelést követően nullázzuk a benyomódási mélységmérő műszert, és a 3...6 s-ig ható főterheléssel mélyebbre nyomjuk a szúrószerszámot. Ezután a főterhelést megszüntetve és az előterhelést meghagyva leolvassuk, hogy a főterhelés mekkora benyomódási mélységet hozott létre 0,002 mm-es egységekben.

A vizsgálandó darab vagy réteg vastagsága legalább a benyomódás értékének 8-szorosa legyen. Ajánlatos a lenyomatokat úgy készíteni, hogy a középpontjuk a munkadarab szélétől 2,5-szeres, míg egymástól 4-szeres lenyomat-átmérőnyire legyen.

Mivel lágyabb anyagoknál a szúró szerszám mélyebbre képes hatolni, ezért a nagyobb szám – ellentétben az előzőekben ismertetett módszerekkel – kisebb keménységet jelentene. Ennek elkerülése érdekében a benyomódás egységeiben kifejezett értéket egy állandó számból kivonjuk.

Szűrőszerszáma lehet:

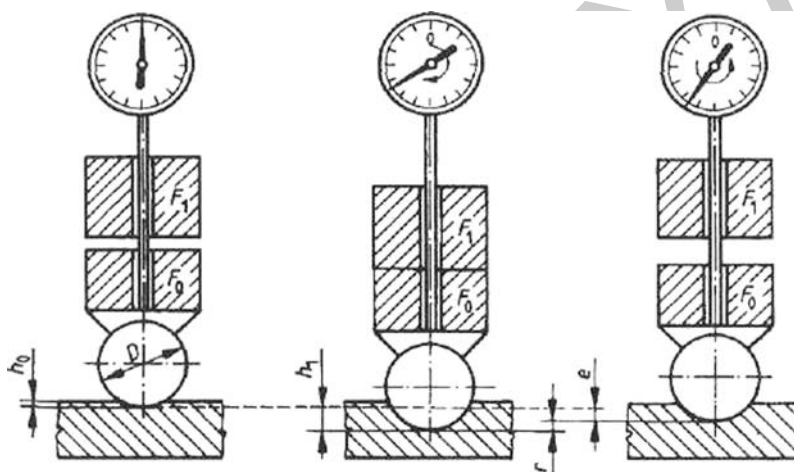
- 1,59 mm átmérőjű edzett acélgolyó, (HRB)
- 120°-os gyémánt kúp, (HRC, HRA)

A Rockwell mérés típusai:

1. típus:

HRB keménység 1/16" (1,5875 ± 0,0035 mm) átmérőjű, 850 HV-nél nagyobb keménységű acélgolyóval mérhető 100 N elő- és 900 N főterheléssel. A 0,002 mm-es egységekben mért – főterhelés hatására létrejött – benyomódás (e) alapján a keménység:

$$HRB = 130 - \frac{e}{0,002}$$



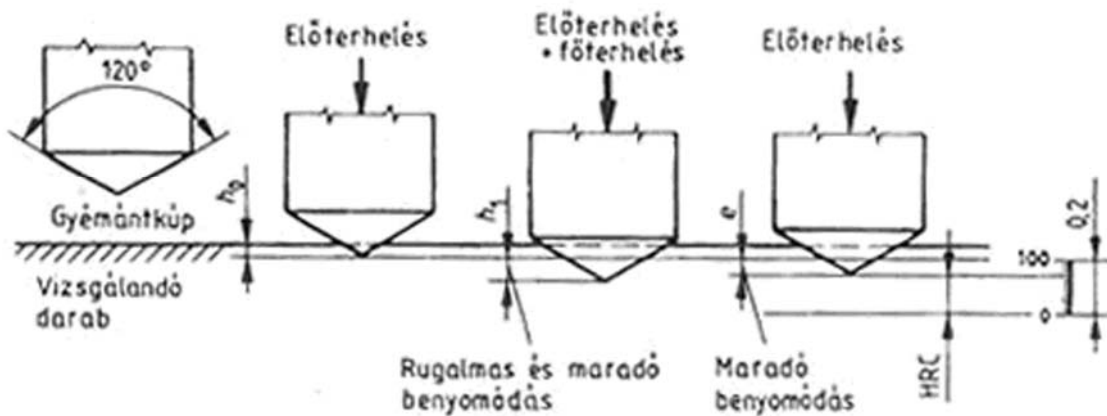
13. ábra. HRB eljárás elve

2. típus:

HRC, illetve. HRA keménység 120° ± 0,5°-os csúcsszögű gyémántkúppal mérhető 98 N elő- és 1373 N, ill. 490 N főterheléssel.

A HRA keménység elsősorban ott alkalmazandó, ahol az említett munkadarab-vastagsági előírás nem teljesíthető, vagy vékony rétegeket kell vizsgálni. A keménység az előzővel majdnem egyező formulával határozható meg:

$$HRC = 100 - \frac{e}{0,002}$$



14. ábra. HRC eljárás elve

A Rockwell keménység szabványos jelölése:

A Rockwell-féle keménység jelzőszáma egy kétjegyű szám, mögötte az alkalmazott vizsgálati módszerrel.

- PL.:50 HRC, vagy 70 HRB

A Rockwell keménységvizsgálat jellemzői:

- Sem a HRB, sem a HRC, ill. HRA keménységmérés során nincs szükség számolásra, a készülékbe épített mérőórás műszer a műveletet automatikusan elvégzi.
- A gyors, de kisebb pontosságú HRB, ill. HRC és HRA módszer a lassabb (gondosabb felületelkészítést igénylő, hosszabb terhelési idejű), de pontosabb HB, ill. HV módszer helyettesítésére alkalmas, elsősorban gyors ellenőrző és minősítő vizsgálatok esetében.
- A módszer gyorsaságát elsősorban az adja, hogy a benyomódás létesítése és a leolvasás ugyanabban a helyzetben történik, s így kb. 5...10 másodpercet igényel egy-egy mérés. Nagyon vékony darabok és rétegek 30 N-os előterhelés mellett 120, 270 vagy 420 N főterheléssel vizsgálhatók, mind HRB, mind HRC esetében.
- A HRB-t csak max, 200 HB keménységű anyagon, HRC-t viszont ennél keményebekben érdemes mérni.

A keménységi értékek összehasonlítása:

Az alábbi táblázatban az ismertetett keménységmérési módszerekkel meghatározható értékek egymásnak való megfeleltetése látható vasötvözetek esetén.

- A Brinell-keménységek 10 mm átmérőjű acélgolyóra,
- a Vickers-keménységek 50 N-nál nem kisebb terhelésre vonatkoznak.
- A Brinell- és a Vickers-keménységek között fennáll, hogy $HB = 0,95 HV$.

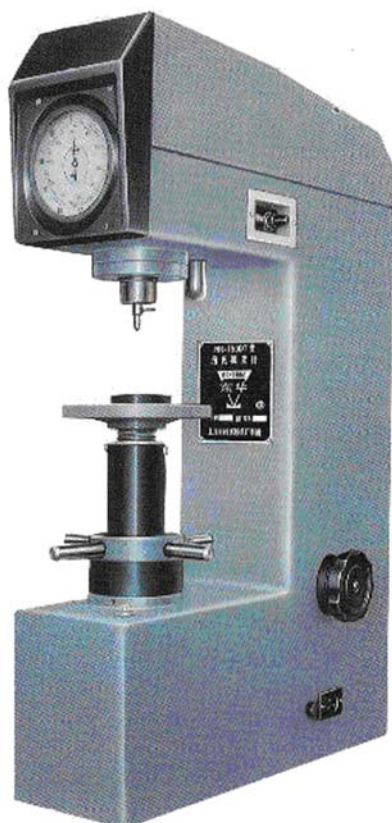
HB	HV	HRB	HRC	HB	HV	HRB	HRC	HB	HV	HRB	HRC
76,0	80	–	–	233	245	–	21,3	(485)	510	–	49,8
80,7	85	41,0	–	238	250	99,5	22,2	(494)	520	–	50,5
85,5	90	48,0	–	242	255	–	23,1	(504)	530	–	51,1
90,2	95	52,0	–	247	260	(101)	24,0	(513)	540	–	51,7
95,0	100	56,2	–	252	265	–	24,8	(523)	550	–	52,3
98,8	105	–	–	257	270	(102)	25,6	(532)	560	–	53,0
105	110	62,3	–	261	275	–	26,4	(542)	570	–	53,6
109	115	–	–	266	280	(104)	27,1	(551)	580	–	54,1
114	120	66,7	–	271	285	–	27,8	(561)	590	–	54,7
119	125	–	–	276	290	(105)	28,5	(570)	600	–	55,2
124	130	71,2	–	280	295	–	29,2	(580)	610	–	55,7
128	135	–	–	285	300	–	29,8	(589)	620	–	56,3
133	140	75,0	–	295	310	–	31,0	(599)	630	–	56,8
138	145	–	–	304	320	–	32,2	(608)	640	–	57,3
143	150	78,7	–	314	330	–	33,3	(618)	650	–	57,8
147	155	–	–	323	340	–	34,4		660	–	58,3
152	160	81,7	–	333	350	–	35,5		670	–	58,8
156	165	–	–	342	360	–	36,6		680	–	59,2
162	170	85,0	–	352	370	–	37,7		690	–	59,7
166	175	–	–	361	380	–	38,8		700	–	60,1
171	180	87,1	–	371	390	–	39,8		720	–	61,0
176	185	–	–	380	400	–	40,8		740	–	61,8
181	190	89,5	–	390	410	–	41,8		760	–	62,5
185	195	–	–	399	420	–	42,7		780	–	63,3
190	200	91,5	–	409	430	–	43,6		800	–	64,0
195	205	92,5	–	418	440	–	44,5		820	–	64,7
199	210	93,5	–	428	450	–	45,3		840	–	65,3
204	215	94,0	–	437	460	–	46,1		860	–	65,9
209	220	95,0	–	447	470	–	46,9		880	–	66,4
214	225	96,0	–	(456)	480	–	47,7		900	–	67,0
219	230	96,7	–	(466)	490	–	48,4		920	–	67,5
223	235	–	–	(475)	500	–	49,1		940	–	68,0
228	240	98,1	20,3								

15. ábra. Keménységtáblák összehasonlítása

A mérés menete:

- Csiszolt felület előállítása,
- Az alkalmazott módszer kiválasztása,
- Előterhelés,
- Mérőóra nullázása,
- Főterhelés,
- Tehermentesítés,
- Az eredmény leolvasása.

A mérés gépei:



16. ábra. Rockwell mérés gépe

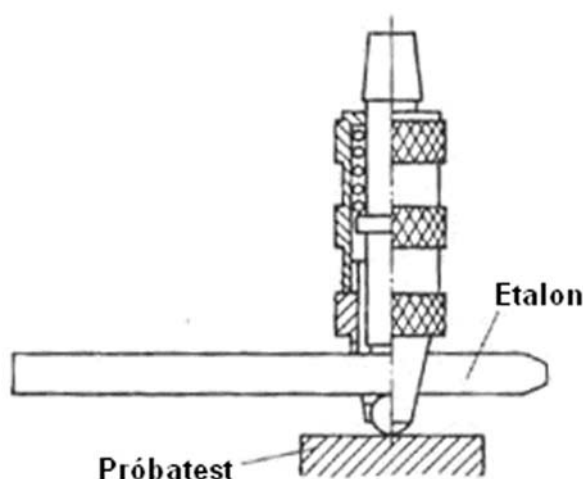


17. ábra. Rockwell mérőgép

5. Dinamikus keménységmérés Poldi kalapáccsal:

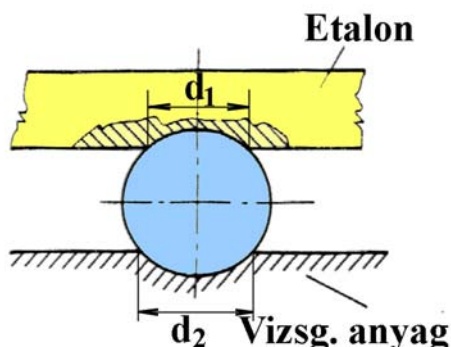
A vizsgálat elve:

A Poldi-féle kalapács használatakor, amelynek vázlatát az alábbi ábra mutatja,



18. ábra. Poldi kalapács

- A $D = 10$ mm átmérőjű edzett acélgolyót az ütőtüskére mért erő, határozott ütéssel a vizsgálandó anyagba nyomjuk.
- Az ütés erejének, ill. energiájának ismerete nem szükséges, mert ugyanaz az ütés egy másik lenyomatot is létrehoz az ismert keménységű összehasonlító etalonpálcán.
- A munkadarabon és a pálcán keletkezett lenyomatok átmérőit – két, egymásra merőleges irányban, mérőlupéval kell leolvasni, tizedmilliméter pontossággal.
- Egy-egy ilyen négyzetszelvényű pálcán kb. 20-20 lenyomat hozható létre minden oldalon, azaz kb. 80 lenyomat összesen.



19. ábra. Poldi mérés elve

Ha d_1 az ismert HB_1 keménységű etalonpálcán létrehozott lenyomat átmérője és d_2 az ismeretlen HB_2 keménységű anyagon keletkezetté, akkor a keresett keménység:

$$HB_2 = HB_1 \cdot \frac{D - \sqrt{D^2 - d_1^2}}{D - \sqrt{D^2 - d_2^2}}$$

A gyakorlatban itt is táblázatot alkalmaznak a keménység meghatározására.

A Poldi-kalapács mint kéziszerszám kezelhető, így nincs helyhez kötve az eljárás végrehajtása.

A vizsgált tárgy felületére a vizsgáló szerszám merőleges legyen.

Jellemzők		A golyónyom átmérője a vizsgált darabon, mm																					
		1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,7
A golyónyom átmérője a próbafelületen, mm	2,6					127 358	114 321	103 289	93 261	84 237	77 216	70 197	62 175	55 155	49 138	44 123	39 110	35 99					
	2,7						124 349	112 314	101 285	92 259	84 236	76 215	70 197	62 176	56 156	50 140	44 125	40 113	36 101				
	2,8							121 341	110 309	100 281	91 256	83 234	76 215	70 197	63 177	56 158	50 142	45 128	41 115	37 104			
	2,9								119 335	108 304	98 277	90 254	83 233	76 214	70 197	63 177	56 159	51 144	46 129	42 117	38 106	34 96	
	3,0								128 361	117 328	106 299	97 274	89 252	82 232	76 214	70 197	63 178	57 160	51 145	46 131	42 119	38 108	35 97

20. ábra. Poldi keménységmérés táblázata

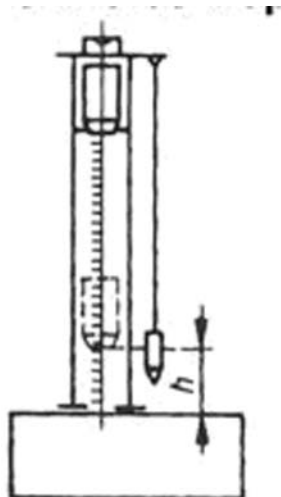
6. A Shore mérés:

A mérési eljárás fajtái, elve:

A Shore-féle keménységmérést **szkleroszkóppal** vagy **duroszkóppal** végzik.

A szkleroszkópos mérés elve:

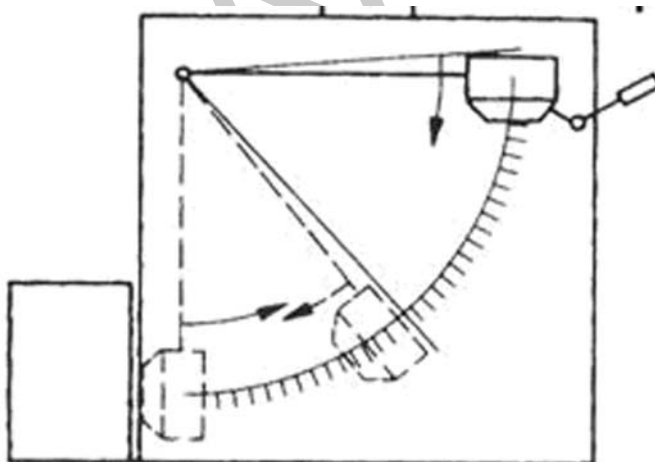
a keménység és a rugalmasság között egyenes arányosság áll fenn, ezért egy lekerekített gyémántcsúcsos, adott tömegű (2,5 g; 20 g) ejtőkalapácsot meghatározott h magasságból ($10'' = 256$ mm-ről; $4,5'' = 112$ mm-re) pontosan függőlegesen a mérendő tárgyra ejtenek. A kalapács visszapattanási magasságát függőleges vagy kör alakú skálán kell leolvasni.



21. ábra. Shore mérés

Duroszkóp esetében a golyó alakú gyémántbetét egy ingakalapács fejére van erősítve. Az ejtőkalapács meghatározott magasságból a munkadarabra sújt, majd a visszapattanása során egy elforduló mutatót vonszol magával, mely a kilendülés szélső pontján marad.

A mutató előtt elhelyezett skálán leolvasható érték az illető anyag duroszkóppal mért Shore-keménysége.



22. ábra. Duroszkóp

Összefoglalás

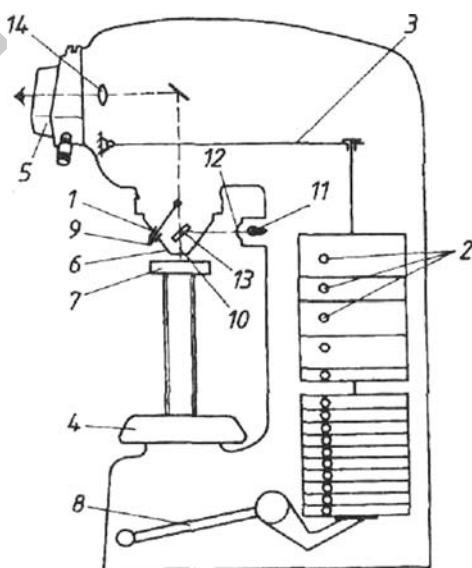
A keménységvizsgálatokkal könnyen és gyorsan tudnak az anyagok szilárdsági jellemzőire következtetni, ezért az ipari gyakorlatban nagyon gyakori anyagvizsgáló eljárások. A Brinell és a Vickers eljárás pontos de lassú, míg a Rockwell eljárás gyors, de pontatlanabb módszer.

TANULÁSI RÁNYÍTÓ

1. Először foglalkozzon a „Szakmai információ tartalom” áttanulmányozásával!
2. Válaszolja meg az „Esetfelvetés–munkahelyzet” fejezetben található kérdéseket! Ha segítségre szorul, sűgőként használja újból a „Szakmai információ tartalmat”!
3. Ezután a szakmai ismereteinek ellenőrzése céljából oldja meg az „Önellenőrző feladatok” fejezetben található elméleti feladatsort! Hasonlítsa össze az Ön és a „Megoldások” fejezetben megadott feladatmegoldásokat! Ha eltérést tapasztal, újból használja a „Szakmai információ tartalmat”!
5. Végezzen az oktatója által kijelölt anyagokon a következő méréseket!

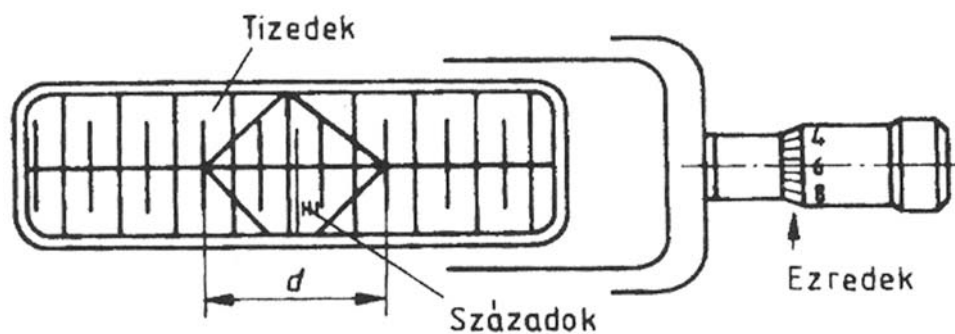
Binell, illetve Vickers mérés:

- A vizsgálandó tárgy felülete fémtiszta, sima és sík legyen olyan mértékben, hogy rajta a lenyomat átmérőjének pontos leolvasása lehetővé váljék.
- Hőbehatás vagy hidegalakítás az előkészítés során nem megengedett, azaz a felület-előkészítés során az anyag keménysége nem változhat.
- A vizsgálandó anyagot tiszta, idegen anyagoktól és különféle (pl. reve, rozsdá, olaj) szennyeződésektől mentes merev alapra kell helyezni.
- Biztosítani kell, hogy a vizsgálat alatt a munkadarab el ne mozdulhasson. Szűkség esetén ajánlatos megfelelő alátétekről vagy befogószerkezetekről gondoskodni. A vizsgálati felületet a szűrészerszám mozgásirányára pontosan merőlegesen kell beállítani.
- A szűrészerszámot a felületbe lőkésmentesen, minden rezgés nélkül, egyenletesen és folyamatosan növekvő terheléssel kell belenyomni, és a terhelés állandóságát meghatározott ideig lehetővé kell tenni.



23. ábra

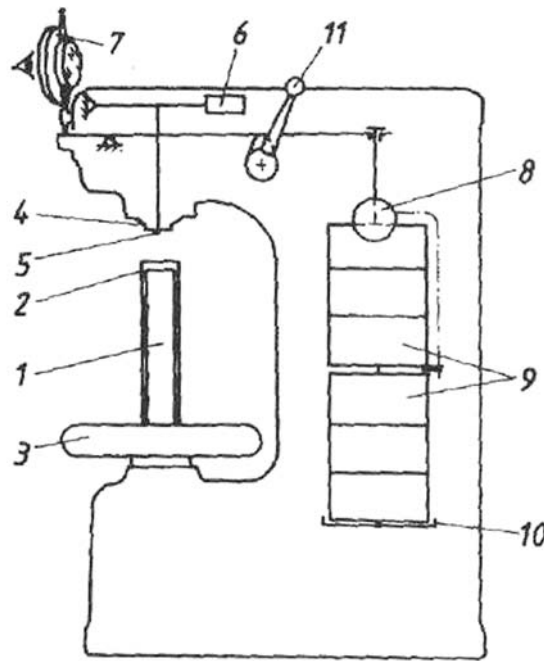
- Az ábrán Brinell- és Vickers-keménységmérő gép oldalnézeti vázlata látható. A billenthető mérőfejbe (i) Brinell-méréshez acél- vagy keménységgyémántgolyót, Vickers-méréshez gyémántgolyót szerelünk.
- A gép oldalán található nyomógombokkal (2) állítható be a szükséges terhelés, amelyet egy karrendszer (3) közvetít a szűrőszerszámon keresztül a munkadarabra.
- A kézikerékkel (4) addig süllyesztjük vagy emeljük a munkadarabot, míg a vizsgálandó felület képe élesen meg nem jelenik a matt ernyőn (5).
- A rögzítőkúp (6) leszorítja a munkadarabot az asztalra (7).
- A reteszelőkar (8) felengedésével bebillen a szűrőszerszám (9) az objektív (10) pozíciójába, és a golyó vagy a gúla a vizsgálati anyagba hatol.
- A terhelési idő letelte – a kar mozgásának megállása – után a kar lenyomásával lehet az objektívet a szűrőszerszám helyére billenteni. Ekkor az izzólámpa (11) a kondenzorlencsén (12), Ül. az adott irányból tükröként ható üveglapon (13) és az objektíven keresztül megvilágítja a létrejött lenyomatot és környékét.
- A fény a munkadarab felületéről visszaverődve – az objektíven képet alkotva – ebből az irányból áteresztő üveglapon átjutva az okulárra (14), majd a matt ernyőre vetül.
- A megfelelő mértékű nagyítással a mattüvegen létrehozott kép teszi lehetővé a lenyomat méretének leolvasását az alábbi ábra szerint.



24. ábra

- Ezen beépített mérőmikroszkóp mérőskálája forgatható, így azzal tetszőleges irányban lehet mérni. A csavarral az egyik osztásvonalat a lenyomat bal szélére állítjuk, majd a mikrométercsavarral egy másik osztásvonalat a lenyomat jobb szélére állítunk.
- A lenyomat képével lefedett osztások száma adja a tizedeket. A századokat a mérőskálán, az ezredeket a mikrométercsavaron olvassuk le.
- A keménységet nem kell számítani, mert az táblázatokból kiolvasható.
- Brinell-keménység mérésekor a terhelésnek, a golyó átmérőjének és a lenyomat lemért átmérőjének függvényében; míg Vickers-keménység mérésekor a terhelésnek és a lenyomat átlójának függvényében találjuk meg a keménység értékét a géphez mellélt táblázatokban.

Rockwell mérés:



25. ábra

- Az ábra e Rockwell-keménységmérő gép vázlatát mutatja. A menetes orsó (/) végén van elhelyezve a munkadarabot alátámasztó cserélhető asztal (2). Az orsó a kézikerekkel (3) emelhető vagy süllyeszthető.
- A rögzítőkúp (4) szorítja le a munkadarabot az asztalra. A mérőfejben (5) van az acélgolyó vagy a gyémántkúp befoglalva.
- Az orsó emelése és a felső súly (6) létesíti az előterhelést. Ilyenkor – ahogyan az ábra alsó része mutatja – a mérőóra (7) számlapján a kismutató a pontra, a nagymutató közel nullára mutat.
- A mérőórát – a számlap elfordításával – úgy állítjuk be, hogy a nagymutató pontosan a belső HRC –skála nulla, ill. a külső HRB–skála harmincas osztására mutasson.
- A gép oldalán lévő forgatógomb révén lehet a kívánt terhelést beállítani, azaz a megfelelő súlyokat (9) leakasztani a tartóról (70).
- A kézikar (11) leengedésével kezdeményezhető a mérés, vagyis ekkor kerül a főterhelés is a szűrőszerszámra.
- Néhány másodperc elteltével – miután a mutató megáll – a kézikart felemeljük kiinduló helyzetébe, levéve a főterhelést.
- A mért értéket közvetlenül leolvassuk a mérőóra számlapjáról. Leolvasás után a kézikereket lesüllyesztjük, és ezáltal az előterhelést is megszüntetjük.

Minden felületen legalább három helyen mérjük keménységet, és ezek számtani középértékét tekintjük mértékadó keménységnek.

A keménységmérő gépekhez adnak etalont is, melyre ráírják a tényleges keménység értékét. A gép ellenőrzésekor ezt a keménységet mérve a pontosság kielégítő.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Csoportosítsa a keménységmérő eljárásokat:

2. feladat

Egészítse ki az alábbi, tulajdonságra vonatkozó mondatot!

A vizsgálandó anyagnál jóval keményebb, ún. szúrószerszámot nyomnak alkalmasan megválasztott terheléssel az anyagba, és a létrejövő lenyomat _____ vagy a benyomódás _____ / származtatják a keménységi mérőszámot.

3. feladat

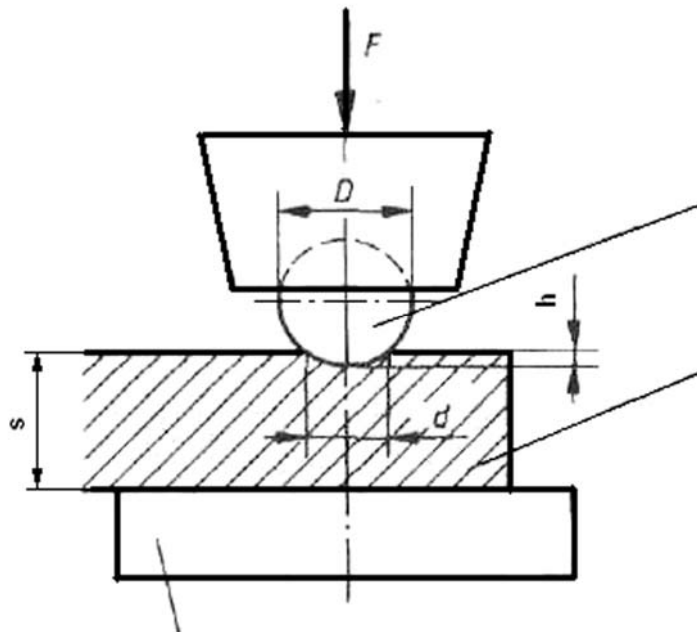
Az alábbi állítások mindegyike külön-külön igaz vagy hamis. Írjon a kipontozott helyre az igaznak tartott állítás esetében egy I, a hamisnak tartott állítás esetében egy H betűt!

- A) A Brinell és a Rockwell eljárás is szúró keménységmérő eljárás,
- B) A Shore eljárás karcoló keménységmérő eljárások csoportjába tartozik,
- C) A Vickers eljárás szúrószerszáma 120⁰-os gyémánt kúp.
- D) A Brinell és a Vickers eljárás lassú, de pontosabb, mint a Rockwell eljárás.

4. feladat

Írja be az ábrába a Brinell vizsgálat adott jelöléseinek megnevezését!

- Edzett acélgolyó,
- Vizsgáló asztal,
- Vizsgálandó darab.



26. ábra

5. feladat

Ismertesse a Rockwell mérés menetét!

Blank area for writing the answer to the 5th task.

6. feladat

Egészítse ki az alábbi, Vickers keménység mérésre vonatkozó mondatot!

A mikro keménység értékét szokás _____ jellel megkülönböztetni a makrokeménység-értékektől.

7. feladat

Az alábbi állítások mindegyike külön-külön igaz vagy hamis. Írjon a kipontozott helyre az igaznak tartott állítás esetében egy I, a hamisnak tartott állítás esetében egy H betűt!

..... A).A HRC-t csak max, 200 HB keménységű anyagon, HRB-t viszont ennél keményebbeken érdemes mérni.

..... B) A Poldi kalapácsnál az ütés erejének, ill. energiájának ismerete nem szükséges, mert ugyanaz az ütés egy másik lenyomatot is létrehoz az ismert keménységű összehasonlító etalonpálcán.

..... C) Poldi-kalapács mint kéziszerszám kezelhető, így nincs helyhez kötve az eljárás végrehajtása.

..... D) A duroszkóp esetében a golyó alakú gyémántbetét egy ingakalapács fejére van erősítve. Az ejtőkalapács meghatározott magasságból a munkadarabra sújt, majd a visszapattanása során egy elforduló mutatót vonszol magával, mely a kilendülés szélső pontján marad.

8. feladat

Ismertesse a szkleroszkópos mérés elvét!

9. feladat

Melyik a Poldi kalapács szúrószerszáma? A helyes választ húzza alá!

A), 1, 59 mm-es edzett acélgolyó,

B), 10 mm-es edzett acélgolyó.

C), 120°-os gyémánt kúp,

D) 136°-os gyémánt gúla.

10. feladat

Melyik ismert anyaggal tudjuk lemérni az összes anyag keménységét? A helyes választ húzza alá!

A), edzett acél,

B), ónbronz,

C), gyémánt.

D), üveg.

11. feladat

Határozza meg, hogy 68 HRC mekkora Vickers keménységnek felel meg! A választ írja a pontozott vonalra!

Táblázat alapján 68 HRC megfelel HV-nek.

MEGOLDÁSOK

1. feladat

1. Szúró keménységmérés:

- a) Brinell,
- b) Vickers,
- c) Rockwell,
- d) Poldi kalapáccsal történő keménységmérés

2. Ejtő keménységmérés: Ide tartozik a Shore-eljárás.

3. Rezgő keménységmérés:

4. Karc keménységmérés:

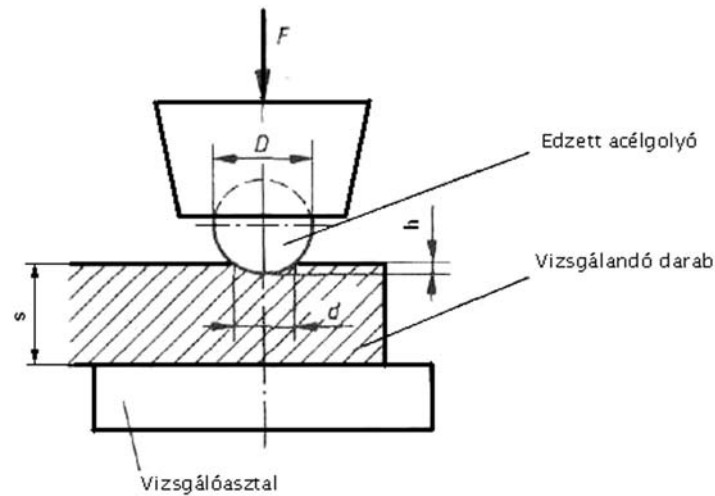
2. feladat

A vizsgálandó anyagnál jóval keményebb, ún. szúrószerszámot nyomnak alkalmasan megválasztott terheléssel az anyagba, és a létrejövő lenyomat *területéből* vagy a benyomódás *mélységéből* származtatják a keménységi mérőszámot.

3. feladat

- A) I
- B) H
- C) H
- D) I

4. feladat



27. ábra

5. feladat

1. Csiszolt felület előállítása,
2. Az alkalmazott módszer kiválasztása,
3. Előterhelés,
4. Mérőóra nullázása,
5. Főterhelés,
6. Tehermentesítés,
7. Az eredmény leolvasása.

6. feladat

A mikro keménység értékét szokás *HVM* jellel megkülönböztetni a makrokeménység-értékektől..

7. feladat

- A) H
- B) I
- C) I
- D) I

8. feladat

A keménység és a rugalmasság között egyenes arányosság áll fenn, ezért egy lekerekített gyémántcsúcsos, adott tömegű (2,5 g; 20 g) ejtőkalapácsot meghatározott h magasságból ($10'' = 256 \text{ mm}$ -ről; $4,5'' = 112 \text{ mm}$ -re) pontosan függőlegesen a mérendő tárgyra ejtenek. A kalapács visszapattanási magasságát függőleges vagy kör alakú skálán kell leolvasni.

9. feladat

- A), 1, 59 mm-es edzett acélgolyó,
- B), 10 mm-es edzett acélgolyó.
- C), 120°-os gyémánt kúp,
- D) 136°-os gyémánt gúla.

10. feladat

- A), edzett acél,
- B), ónbronz,
- C), gyémánt.
- D), üveg.

11. feladat

Táblázat alapján 68 HRC megfelel 940 HV-nek.

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Dr. Márton Tibor, Plósz Antal, Vincze István: Anyag- és gyártásismeret a fémipari szakképesítések számára Képzőművészeti Kiadó 2007

Nádasdy Ferenc: Alapmérések anyagvizsgálatok TM-21005/2 Nemzeti Tankönyvkiadó-Tankönyvmester Kiadó, 2001

Dr. Harmath József: Mérési gyakorlatok 59078 KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda, 1999.

Dr. Czinege Imre, – Dr. Kisfaludy Antal – Kovács Ágoston – Dr. Vojnich Pál – Dr. Verő Balázs: Anyagvizsgálat Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskola Főigazgatója megbízásából Kiadja a Műszaki könyvkiadó 1984

AJÁNLOTT IRODALOM

Fenyvessy Tibor–Fuchs Rudolf–Plósz Antal Műszaki táblázatok, Budapest, 2007

A(z) 0275–06 modul 003–as szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 521 01 0000 00 00	Gépgyártástechnológiai technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
50 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató