



Rozovits Zoltán

Mechanikai, dinamikus, technológiai, metalográfiai vizsgálati módszerek

 **NSZFI**
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:
A próbagyártás technológiája

A követelménymodul száma: 0203-06 A tartomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-003-30

MECHANIKAI, DINAMIKUS, TECHNOLÓGIAI, METALLOGRÁFIAI VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Milyen anyagból készítsünk tengelyt, hidat, forgácsoló szerszámot és még sorolhatnánk, nehéz kérdések, hiszen napjainkban a mérnökök számára közel 80 ezer anyagféleség áll rendelkezésre és ez a szám egyre növekszik. Fémek, kerámiák, üvegek, polimerek, elastomerek, és a belőlük készült kompozitok, és általában nem csak egy jó megoldás van! A mérnökök általában helyesen választanak anyagot, (káresetek kb. 5%-át okozza rossz anyagválasztás).

A helyes anyagkiválasztáshoz ismerni kell az anyagok tulajdonságait, melyeket a legkülönbözőbb mérésekkel lehet korrektül meghatározni. Minden tulajdonsághoz más-más vizsgálati módszer tartozik.

Az anyagvizsgálat

- az anyagok összetételével, szerkezetével
- tulajdonságok meghatározásával
- legyárthatóság vizsgálatával
- a késztermék tönkremenetelének okainak feltárásával foglalkozik.

Továbbiakban anyagvizsgálati módszereket ismerhetünk meg ebben a tanulási útmutatóból a teljesség igénye nélkül.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

1. Mechanikai anyagvizsgálatok

Olyan fizikai tulajdonságok meghatározására szolgál, melyek különböző erők hatására jelentkeznek. Pl.: különböző szilárdságok, rugalmasság, szívósság, keménység stb..

Az anyagokra, szerkezetekre ható igénybevételek összetettek. A vizsgálatok során ezeket az összetett igénybevételeket jól definiálható alapesetekre, úgynevezett egyszerű igénybevételekre vezetjük vissza, és ezek összegzéseként értelmezzük a szerkezet terhelését. Ezen okok miatt igen fontos az anyagok egyszerű igénybevételekkel szembeni viselkedésének, terhelhetőségének ismerete.

Az egyszerű igénybevételek lehetnek

- húzás
- nyomás
- hajlítás
- csavarás
- nyírás.

Az igénybevétel számszerű értéke a felületegységre ható erő, a feszültség:

- a feszültség a felületelemre merőleges, normál (σ) feszültségről
- a feszültség a felület síkjában hat, csúsztató (τ) feszültségről beszélünk.

Mértékegysége [N/mm² vagy MPa, azaz MN/m²]

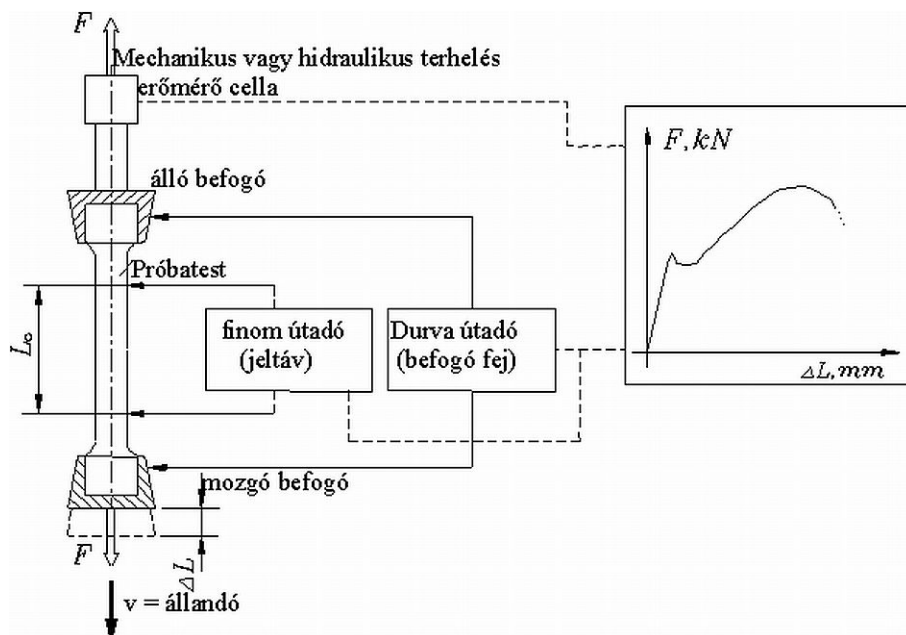
Jellege szerint lehet

- statikus, ha az igénybevétel időben állandó, vagy csak igen lassan, egyenletesen változik
- dinamikus, ha a terhelés időben változik, hirtelen, ütésszerű, lökésszerű pl. motorok indítása, ütközés stb.
- fárasztó, ha az igénybevétel időben változik és sokszor ismétlődik.

A szerkezeti anyagok mechanikai tulajdonságait a szilárdsági vizsgálatokkal határozhatjuk meg. A vizsgálatok az egyszerű igénybevételeket modellezik, és ebből határoznak meg mérőszámokat. A vizsgálatokat legtöbb esetben szobahőmérsékleten végezzük, de végezhetünk vizsgálatokat magasabb, vagy alacsonyabb hőmérsékleteken is. A vizsgálatokra vonatkozó előírásokat szabványokban rögzítik.

1. Szakítóvizsgálat

A szakítóvizsgálat célja, hogy fémes anyagok egytengelyű húzó igénybevétellel szembeni ellenállást meghatározza. A szakítóvizsgálat elve, hogy egy szabványosan kialakított próbatestet szakadásig terhelnek, és közben mérik a próbatest által felvett erőt az alakváltozás függvényében.



1. ábra: Szakítóvizsgálat elve



2. ábra: Korszerű szakítógép

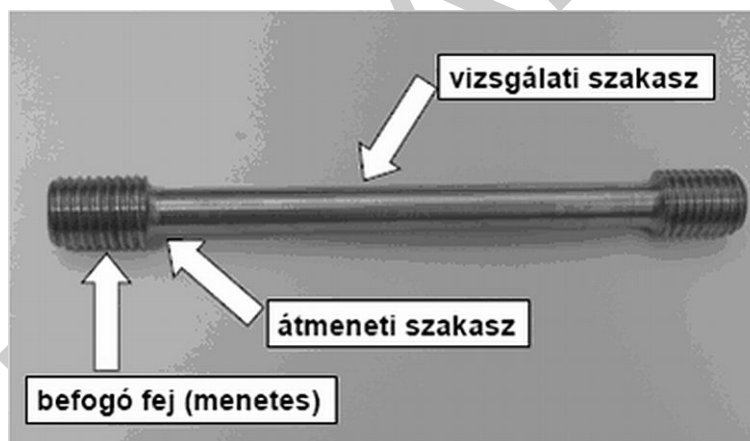
A próbatestek általában kör vagy négyszög keresztmetszetűek. A próbatest két végén fejrészt alakítanak ki, hogy azok a szakítógépbe könnyebben befoghatók legyenek, középső részén jelölik ki a mérési hosszt, Jele: L_0



3. ábra: Hengeres próbapálca

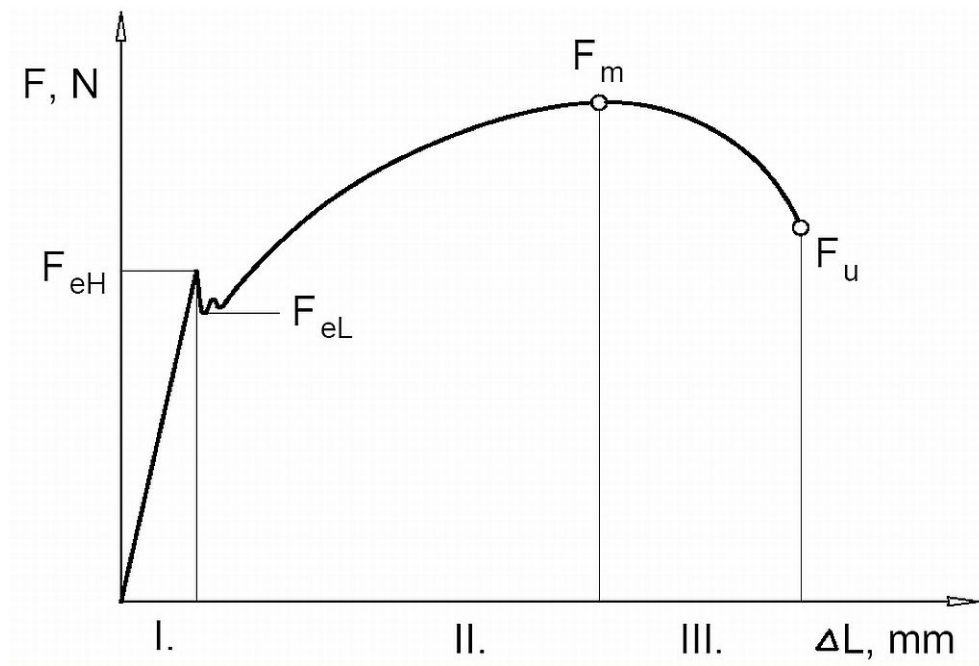
Körszelvényű próbatest mérési hosszúsága lehet: $L_0 = 5d_0$ vagy $L_0 = 10d_0$.

Hasáb alakú próbatesteknél használatos: $L_0 = 5,65\sqrt{S_0}$.



4. ábra: Hengeres próbapálca részei

A mérés értékelése: eredménye a szakítódiaagram, mely három elhatárolható részre osztható:



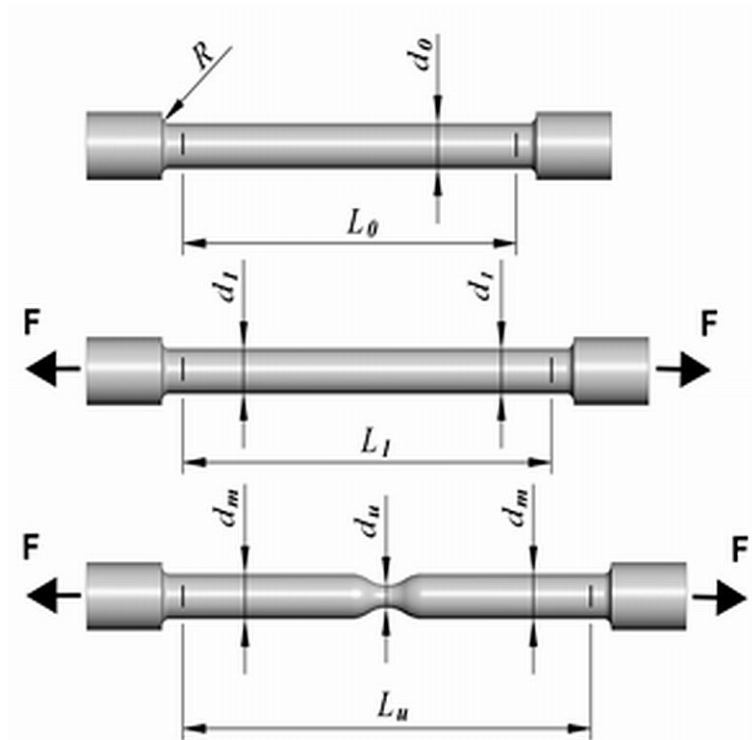
5. ábra: Lágyacél szakítódiagramja

I. Rugalmas alakváltozás

- ha a terhelést megszüntetjük, a próbatest visszanyeri eredeti méretét
- az alakváltozás rugalmas
- az alakváltozás és a feszültség egyenes arányos összefüggésben van

$\sigma = E \varepsilon$, ez a Hooke-törvénye, ahol

- ♦ σ – keletkező húzófeszültség
- ♦ E – az anyagra jellemző rugalmassági modulus (állandó), pl. acél 210GPa
- ♦ ε – a próbapálca fajlagos hosszváltozása
 - a próbapálca a hossza mentén egyenletesen nyúlik, átmérője mindenhol egyformán csökken



6. ábra: A próbapálcá alakváltozása a szakítás során

Folyási szakasz elválasztja az I.-es és a II.-es szakaszt:

- az F_{eH} erőnél kezdődik, folyáshatár, ez a jellemző a méretezések alapja
- a próbatest valamennyi kristallitjaiban megindul a maradó nyúlás alakváltozás, a terhelő erő megszüntetése esetén már nem nyeri vissza eredeti alakját
- a folyási szakaszban mérhető legkisebb erő az F_{eL}

II. Egyenletes alakváltozás szakasza

- ezen a szakaszon minden keresztmetszet nyúlik
- a próbatest anyaga a maradó alakváltozás hatására felkeményedik, ezért az alakváltozás növelése csak a terhelés növelésével érhető el
- a szakasz az F_m maximális erőig tart

III. Kontrakciós szakasz

- a próbatest alakváltozása egy meghatározott részre korlátozódik
- a próbatest a leggyengébb keresztmetszetben csökken csak
- ebben a keresztmetszetben repedések keletkeznek, amelyek összefüggő törésfelületté fejlődnek, és a próbatest F_u erőnél elszakad

A mérés értékelése a vizsgált anyagra jellemző adatok meghatározásával történik:

Szilárdsági jellemzők

- **Folyáshatár:** az a legkisebb feszültség, amelynél maradó alakváltozás keletkezik, hatására az anyag megfolyik. Az alkatrészeket olyan méretűre kell készíteni, hogy bennük sohase keletkezzen ekkora feszültség, hiszen a méretüket maradandóan megváltoztatná.
- **Szakítószilárdság:** az anyag által törés nélkül kibírt legnagyobb feszültség, az F_m legnagyobb terhelő erő hozza létre.

Alakváltozási jellemzők

- Százalékos (fajlagos) megnyúlás: a próbatest megnyúlását mutatja meg az eredeti hosszához viszonyítva.
- Kontrakció (fajlagos keresztmetszet csökkenés): a szakadás helyén a keresztmetszet (S_u) százalékosan mennyivel csökkent az eredeti keresztmetszethez (S_0) képest.

Feszültségi mérőszámok

Folyáshatár [MPa]

$$R_e = \frac{F_e}{S_0}$$

$$R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_0}, \quad R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0}$$

$$R_{p0,2} = \frac{F_{p0,2}}{S_0}$$

Szakítószilárdság [MPa]

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

Alakváltozási mérőszámok

Kontrakció

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} 100 [\%]$$

Szakadási nyúlás

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} 100 [\%]$$

7. ábra: Szilárdsági jellemzők meghatározása

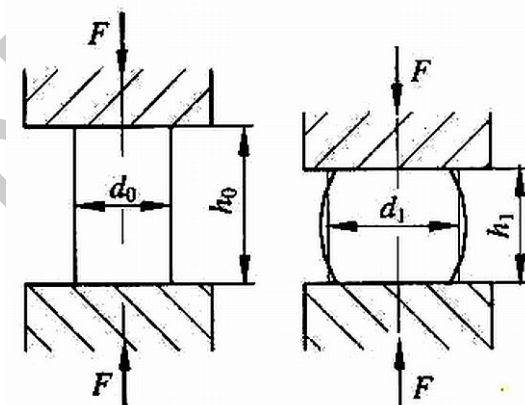
2. Nyomóvizsgálat

A rideg anyag rugalmas alakváltozás után általában 45 °-os síkok mentén eltörik. Meghatározható a nyomószilárdság vagy törőszilárdság. Jele: R_v . A vizsgálat során mért legnagyobb erő és az eredeti keresztmetszet hányadosa (S_0).



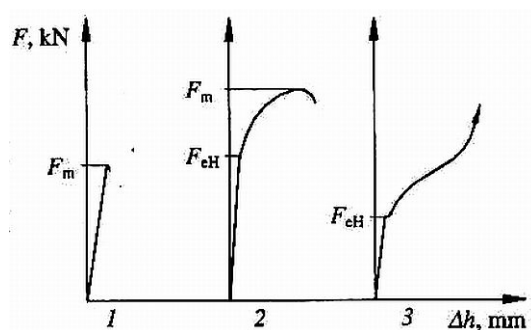
8. ábra: Nyomóvizsgálat

A szívós, és képlékeny anyagok nyomóvizsgálat során "hordósodnak", bizonyos alakváltozás után felületükön repedések jelennek meg, egyértelműtörést nem mutatnak. A nyomóvizsgálatot ezért elsősorban rideg anyagok vizsgálatára alkalmazzuk.



9. ábra: Jellemző méretek és terhelés hatása

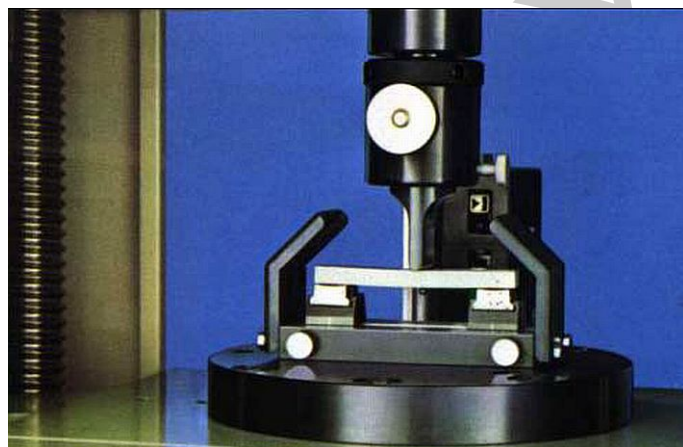
A rideg anyagok, mint például az öntöttvas, a beton vagy a kerámiák jóval ellenállóbbak nyomó-igénybevétellel szemben, ezért ezen a területen alkalmazzák azokat.



10. ábra: Öntöttvas, nemesített acél és lágyacél nyomódiagramja

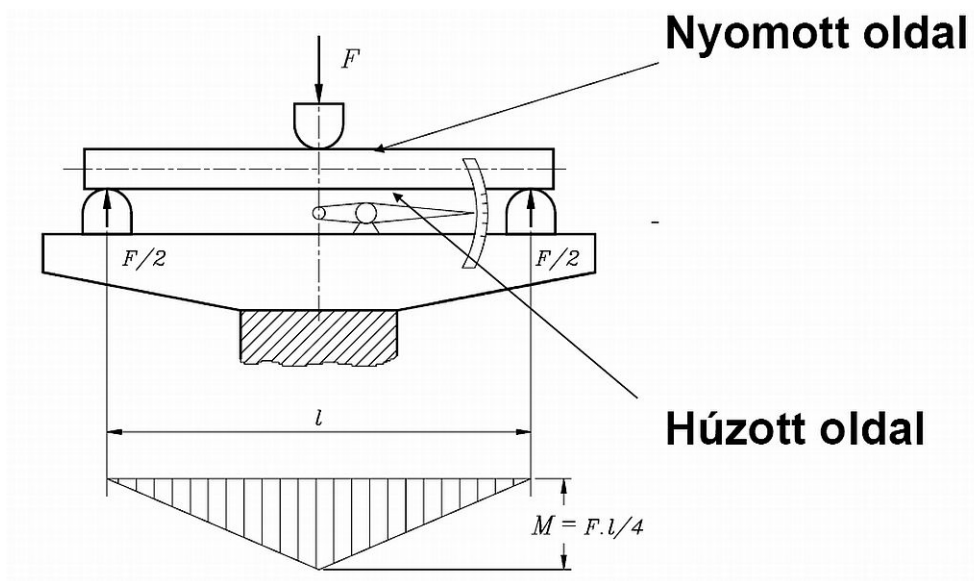
3. Hajlítóvizsgálat

Hajlítóvizsgálatot elsősorban a rideg anyagok pl. öntöttvas teherbírásának a meghatározására használják.



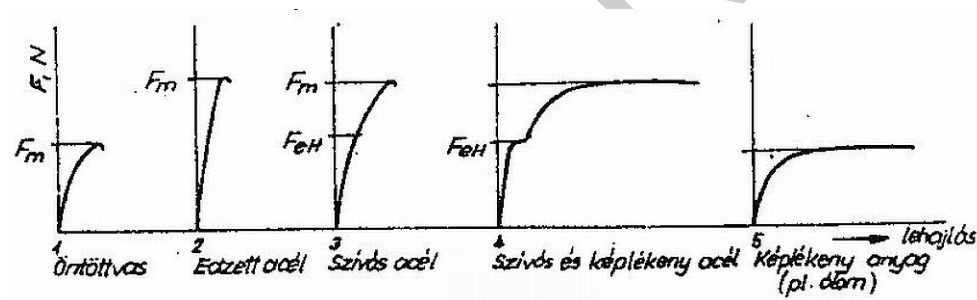
11. ábra: Hajlítás folyamata szakítógépen

A szívós anyagok a terhelés során jelentős maradó alakváltozást szenvednek, és ez a kiértékelést megnehezíti. A vizsgálatnál a hengeres, ritkábban hasáb alakú próbatestet kéttámaszú tartóként terheljük egy központosan ható erővel.



12. ábra: Hajlítóvizsgálat elvi elrendezése és jelölései

A terhelést törésig végezzük, miközben mérjük az erőt és a törésnél bekövetkező behajlást.

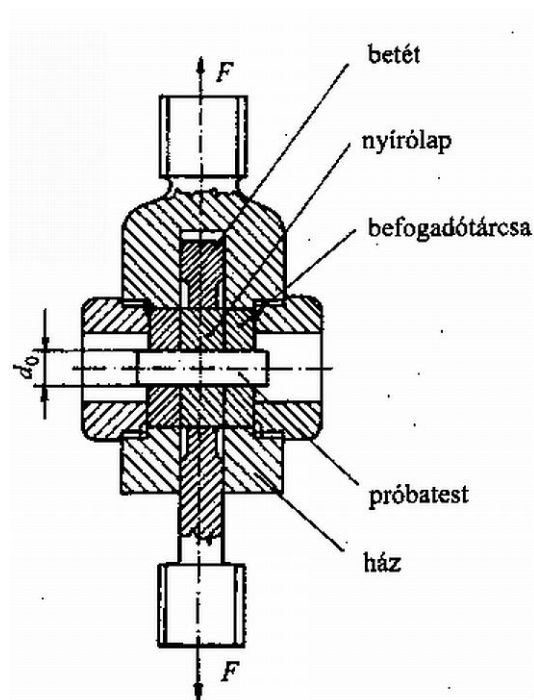


13. ábra: Különböző anyagok hajlító-diagramja

Értékelésként kiszámítható a hajlítószilárdság, mint szilárdsági jellemző.

4. Nyíróvizsgálat

Két, egy síkban ható erővel való terhelés esetén tiszta nyírás jöhetne létre, ha a szerszám vastagság nélküli lenne, mindig fellép a nyírás mellett hajlítás is, kettős nyírással kiküszöbölhető.

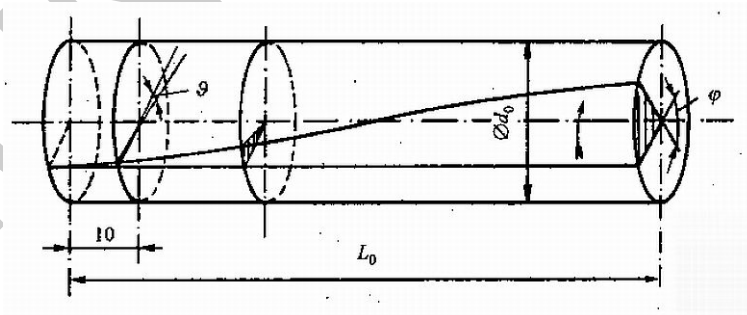


14. ábra: Nyíró befogófej próbatesttel szakítógéphez

Nyíróvizsgálattal az anyagok nyírószilárdságát határozzák meg, a maximális nyíró erő és a nyírt keresztmetszet ismeretében.

5. Csavaróvizsgálat

A csavaróvizsgálatot az egyik végén befogott kör keresztmetszetű próbatest elcsavarásával végezzük. Mérjük a töréshez tartozó csavaró nyomatékot, valamint a hozzá tartozó elcsavarodási szöget.



15. ábra: Csavaróvizsgálat elvi rajza és jelölései

Csavarószilárdságot csak a rideg anyagoknál tudunk megállapítani, mert a szívós anyagok nem törnek el, hanem többszörösen 360°-ban elcsavarhatók. Szilárdsági jellemzője a csavarószilárdság, mely számítással meghatározható a mért adatokból.

$$R_{mt} = T_m / K_p \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Ahol:

- T_m a töréshez tartozó csavaró nyomaték
- K_p a poláris keresztmetszeti tényező, kör keresztmetszet esetén $K_p = d^3 \pi / 16$

6. Keménységmérés

Valamely szerkezeti anyag ellenállását egy másik behatolásával szemben keménységnek nevezzük. A vizsgáló eljárástól függő mutatószámmal és mértékegységgel jellemezzük. A mérés legfontosabb előnyei:

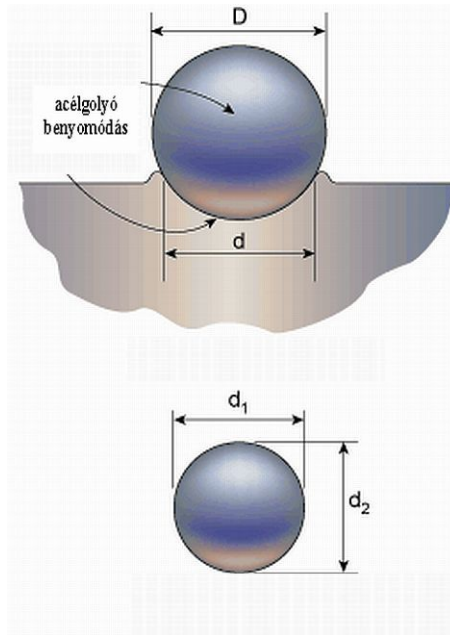
- a mérés gyors, egyszerű
- a darabon roncsolásmentesen elvégezhető
- az eredményekből kísérletileg meghatározott összefüggések alapján egyéb anyagjellemzőkre is következtethetünk
- a technológiai folyamatba beilleszthető

A terhelést lassan adjuk rá a benyomó szerszámmra, ezért a módszereket statikus keménység méréseknek nevezzük.

A mérések elve a meghatározásból következően az, hogy egy kemény testet (benyomó szerszám) meghatározott ideig ható terheléssel a mérendő anyag felületébe nyomunk, és vagy a terhelő erő és a lenyomat felületének hányadosával, vagy a benyomódás mélységéből képzett számmal jellemezzük a keménységet.

a) Brinell-féle keménységmérés:

A Brinell-féle keménységmérés során D átmérőjű (10; 5; 2,5; 2 és 1 mm) edzett acél, 850 HV a keménysége vagy keménységű golyót F terhelő erővel belenyomunk a munkadarab fémtisztára előkészített sík felületébe. Ezáltal d átmérőjű, h mélységű gömbsüveg alakú lenyomat képződik.



16. ábra: A mérés elve

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

Jele és számítása: $HB = F/A$

A keménységet mértékegység nélküli számnak tekintjük, amúgy N/mm^2 .



17. ábra: Lenyomat a munkadarabon

A mérésnél használt golyó nagyságát a mérendő anyag vastagságának, és a mérési körülményeknek megfelelően választjuk meg. A terhelést a mérendő anyag és a golyóátmérő figyelembevételével választhatjuk meg, hogy lenyomat mérete $0,25$ és $0,6D$ közé essen. Az F terhelési erő acélok, öntöttvasak, különböző anyagok esetén a szabvány tartalmazza.

A mérési helyet úgy kell megválasztani, hogy a lenyomatok a darab szélétől és egymástól legalább $2,5d$ – $3d$ távolságra legyenek.

A terhelés megszüntetése után a lenyomat két egymásra merőleges átmérőjét (d_1 , d_2) mérjük a keménységmérő gépre szerelt mérőberendezés segítségével, $0,001\text{mm}$ pontossággal. A két érték átlagának, a golyóátmérőnek és a terhelő erőnek a függvényében a keménységet táblázatból tudjuk ki keresni.



18. ábra: Leolvasás mikroszkóp segítségével

A legkorszerűbb gépek számítógéppel összeköthetők, így munkánk teljesen automatikus is lehet, adatrögzítéssel együtt.

A Brinell-féle keménységmérés 450HB -nél keményebb anyagok mérésére nem alkalmas, mert a golyó deformálódhat, ami a mérést meghamisítja. Ezért elsősorban öntöttvasak, könnyű- és színesfémek, kisebb keménységű, lágyított normalizált acélok mérésére használják.



19. ábra: Brinell-féle keménységmérő gép

A mért érték mellett fel kell tüntetni a golyóátmérőt, a terhelő erőt és a terhelés idejét, a különböző helyeken történt összehasonlíthatóság miatt.

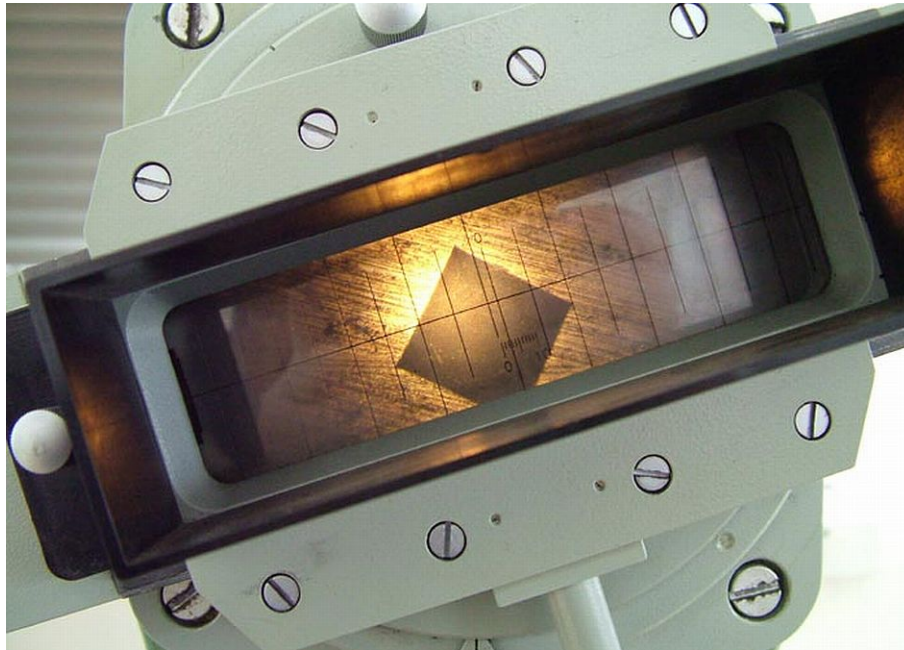
185HB 2,5/187,5/20

A munkadarab keménysége 185HB, a mérés $D=2,5$ mm golyóval, 187,5kp azaz 1840N terheléssel, 20s terhelési idővel történt.

b) Vickers-féle keménységmérés

A Vickers-féle keménységmérés a Brinell-féle mérés továbbfejlesztésének tekinthető, mivel kiküszöböli annak nagy hátrányát, hogy csak 450 HB-ig használható, és a mérés végrehajtásához nagy terhelő erő szükséges

A Vickers-féle keménységmérés során 136° csúcsszögű négyzet alapú gyémánt gúlát nyomunk F terheléssel a próbadarab felületébe. A terhelés megszűntetése után a négyzet alakú lenyomat átlóit (a) mérjük.



20. ábra: Lenyomat átlójának mérése

A Vickers-féle keménység az F terhelő erő és a lenyomat A felületének hányadosa.

A gyémánt gúla benyomásához a darab felületébe lényegesen kisebb erő szükséges. Az erő $9,8\text{--}980\text{N}$, azaz $1\text{--}100\text{kp}$ között választható, az anyagminőség és a vastagság függvényében. A lenyomat mélysége kicsi, ezért vékony anyagok, lemezek is mérhetők.

A mérés elvégzése azonos a Brinell-féle keménységmérésnél leírtakkal.



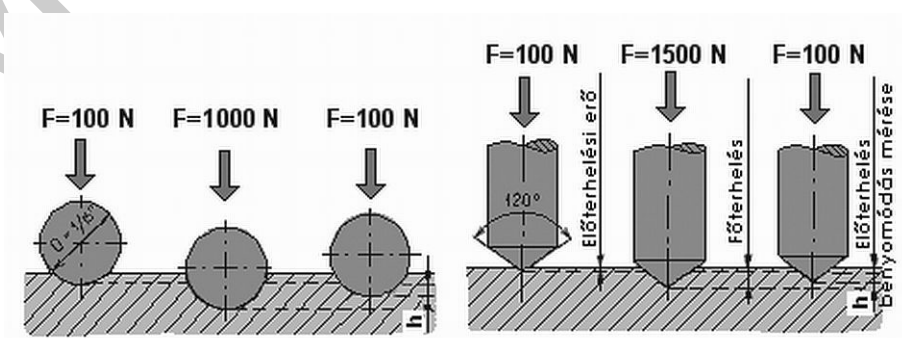
21. ábra: Korszerű automata, univerzális keménységmérő gép

A keménységet a lenyomat átlójának és a terhelő erőnek az ismeretében táblázatból keressük ki.

A Vickers-féle mérés csaknem minden anyag, lágy és kemény mérésére alkalmas.

c) Rockwell-féle keménységmérés

A Rockwell-féle keménységmérést a keménység gyors meghatározása érdekében dolgozták ki. A mérés különbözik az eddig ismertetett HB és HV módszertől.



22. ábra: A mérés elve

A Rockwell-féle mérés különböző benyomó szerszámokkal létrehozott lenyomat mélységéből következtet a keménységre. A Rockwell-féle keménységmérésnél a benyomó szerszám 1,59mm átmérőjű edzett acél golyó (HRB) vagy 120° csúcsszögű gyémánt kúp (HRA és HRC). A terhelést két fokozatban adjuk rá a szűrőszerszámra.



23. ábra: Rockwell-féle szűrőszerszámok

Az előterhelés (mindhárom esetben 98N, azaz 10kp) szerepe, hogy a szerszám megbízhatóan érintkezzen a darabbal. Így nem igényel nagymérvű felület előkészítést. A főterhelés:

- HRA esetében 490N (50kp)
- HRB esetében 883N (90kp)
- HRC esetében 1373N (140kp).



24. ábra: Hagyományos Rockwell-gép és kezelő felülete

A főterhelés megszüntetése után a lenyomat mélysége leolvasható a keménységmérő gépre szerelt mérőóráról.

e –a benyomódás maradó mélysége a főterhelés levétele után 0,002mm egységben kifejezve, melynek ismeretében meghatározható a keménység mérőszáma:

- HRA és HRC esetében =100–e
- HRB esetében =130–e

A három féle módszer közül a HRC a legelterjedtebb, kemény anyagok, elsősorban edzett acélok keménységének mérésére használják. A HRA keményfémek, kerámiák, a HRB pedig kisebb keménységű anyagok pl. acélok mérésére alkalmas.

d) Egyéb keménységmérések

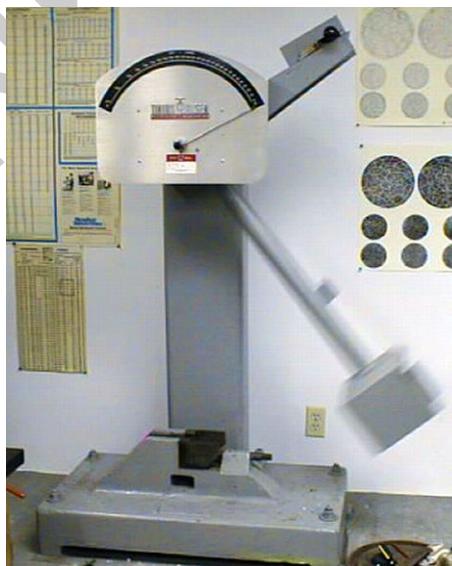
Az eddig ismertetett ún: „szúró keménységmérési” eljárásokon kívül léteznek olyan módszerek, ahol az anyag rugalmasságát használják fel mérésre, úgy, hogy az anyagra ejtenek egy mérő szerszámot, és a visszapattanás magasságából határozzák meg a mérőszámot.

A harmadik terület a roncsolásmentes módszerek, amikor az anyag keménységét mágneses, villamos, de leggyakrabban akusztikus úton ultrahang segítségével állapítják meg.

2. Dinamikus anyagvizsgálat

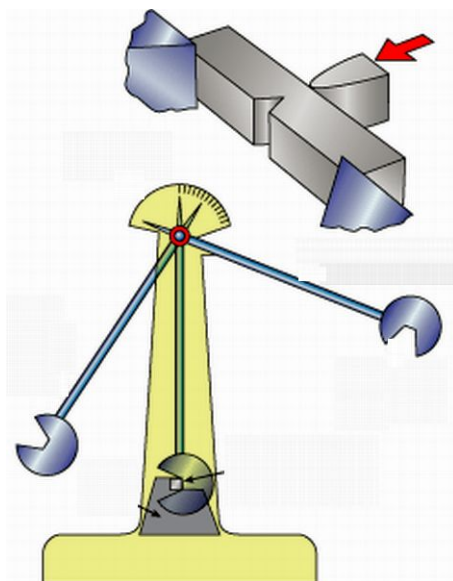
a. Ütőmunka-vizsgálat

Az ütvehajlító vizsgálat célja az anyag szívósságának a meghatározása. A vizsgálatot Charpy, Augustin Georges Albert (1865–1945) francia tudós vezette be, ezért Charpy ütővizsgálatnak nevezzük.



25. ábra: Akcióban a kalapács

A vizsgálatot ingás ütőművel végezzük, amelynek segítségével egyetlen ütéssel eltörünk egy alakosan bemetszett próbatestet.



26. ábra: A törés elvi felépítése

A próbatest 10x10x55 mm méretű és 2 mm mély V vagy U alakú bemetszéssel készül szabványos előírás alapján.

Elnevezés	U-bemetszésű próbatest			V-bemetszésű próbatest		
	Névleges méret	Tűrés		Névleges méret	Tűrés	
			ISO jel ¹⁾			ISO jel ¹⁾
Hossz	55 mm	$\pm 0,60$ mm	j _s 15	55 mm	$\pm 0,60$ mm	j _s 15
Vastagság	10 mm	$\pm 0,11$ mm	j _s 13	10 mm	$\pm 0,06$ mm	j _s 12
Szélesség						
– Szabványos próbatest	10 mm	$\pm 0,11$ mm	j _s 13	10 mm	$\pm 0,11$ mm	j _s 13
– 1. Kisméretű próbatest	–	–	–	7,5 mm	$\pm 0,11$ mm	j _s 13
– 2. Kisméretű próbatest	–	–	–	5 mm	$\pm 0,06$ mm	j _s 12
Bemetszési szög	–	–	–	45°	$\pm 2^\circ$	–
A próbatest vastagsága a bemetszés helyén	5 mm	$\pm 0,09$ mm	j _s 13	8 mm	$\pm 0,06$ mm	j _s 12
A bemetszés tövének lekerekítési sugara	1 mm	$\pm 0,07$ mm	j _s 12	0,25 mm	$\pm 0,025$ mm	–
A próbatest véglapjai és a bemetszés szimmetria síkja közötti távolság ²⁾	27,5 mm	$\pm 0,42$ mm	j _s 15	27,5 mm	$\pm 0,42$ mm	j _s 15
A próbatest hossz tengelye és a bemetszés szimmetria síkja által bezárt szög	90° $\pm$ 2°	–		90° $\pm$ 2°	–	
A próbatest szomszédos hosszanti oldalai közötti szög	90° $\pm$ 2°	–		90° $\pm$ 2°	–	

27. ábra: Szabványos próbapálca méretek

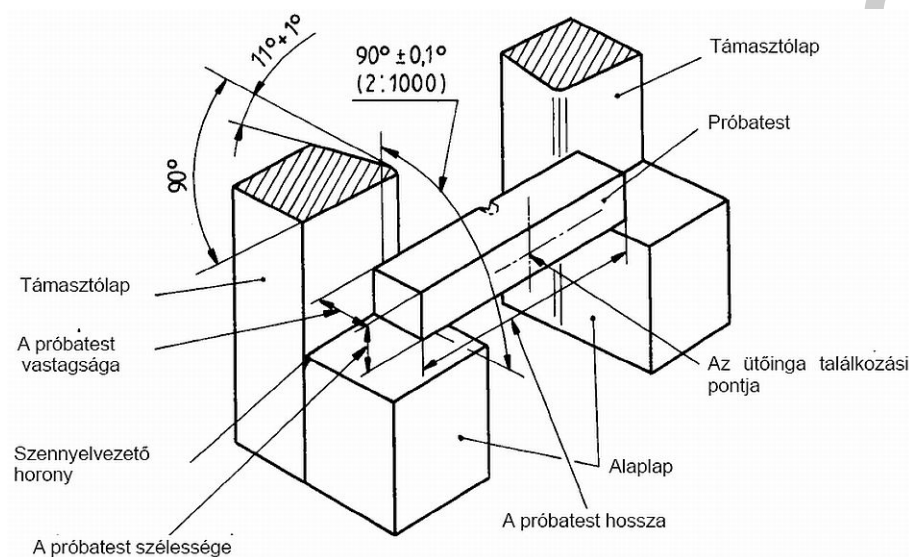
- az inga kiindulási helyzetében G_{h_0} helyzeti energiával rendelkezik
- az alsó holtpontjában elhelyezett próbatest eltörik
- tovább lendülő inga helyzeti energiája G_{h_1}

A kísérlet során a próbatestben elnyelt munka a K ütőmunka a kettő energia különbsége.

Meghatározása a következő összefüggéssel lehet:

$$K = G (h_o - h_1) [J].$$

Az ütőmunka függ a bemetszés alakjától, hiszen a bemetszés megszabja a próbatest feszültségi állapotát. Ezért az ütőmunkát V alakú bemetszéssel ellátott próbatesteken KV-val illetve U alakú esetén KU-val jelöljük.



28. ábra: Próbatest méretei és elhelyezése

A KCV ill. KCU fajlagos ütőmunka az ütőmunka és a próbatest eredeti S_0 keresztmetszetének hányadosa a bemetszés helyén J/cm^2 -ben.

Azonos anyagból készült V és U alakú bemetszéssel ellátott próbatesteken meghatározott ütőmunka, és fajlagos ütőmunka nem azonos:

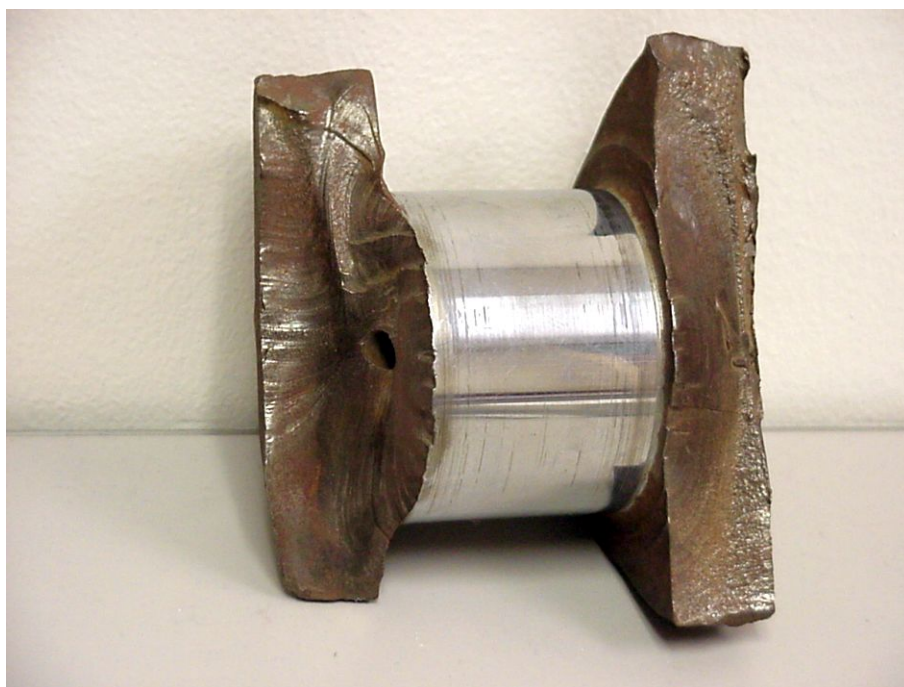
Az acélok törési tulajdonsága és így az ütőmunka értéke is jelentősen függ a hőmérséklettől.



29. ábra: Korszerű Charpy-féle kalapács

b. Fárasztó vizsgálatok

A kifáradás jelenségével találkozunk, ha egy alkatrészt vagy szerkezetet időben változó és sokszor ismétlődő igénybevétellel terhel, akkor is bekövetkezhet a törés, ha a terhelő feszültség az anyag folyáshatára alatt van. Azt a jelenséget, amikor egy anyag az ismételt igénybevételek során bevitt, halmozódó károsodások hatására a folyáshatárnál kisebb terhelés esetén eltörik kifáradásnak nevezzük.



30. ábra: Jellegzetes kifáradásos törés

A folyamat repedések keletkezéséből, azok terjedéséből, és a végső törésből áll. A jelenséget először a múlt század végén August Wöhler német mérnök, vasúti tengelyek sorozatos törésének magyarázatát keresve, azok igénybevételének modellezésével vizsgálta. Wöhler a kísérletei alapján megállapította, hogy a terhelő feszültség csökkenésével, az acélokra meghatározható egy olyan jellemző feszültség, amellyel akár végtelen sokszor terhelhető anélkül, hogy eltörne. Ez a feszültség az acél kifáradási határa. A terhelő feszültséget a törésig elviselt ismétlések számának függvényében ábrázolva a Wöhler görbét kapjuk.



31. ábra: Jellegzetes kifáradási görbe

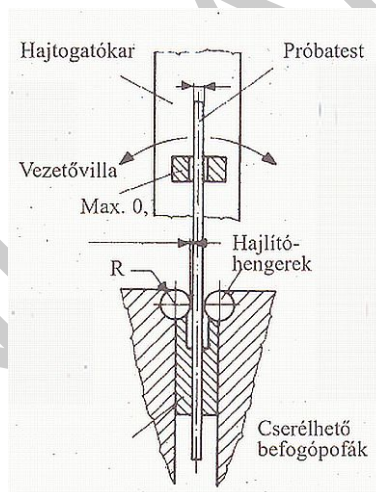
A görbe érintőlegesen közelít a kifáradási határhoz. Megállapodás szerint acéloknál a 107 ismétlési számhoz tartozó feszültséget tekintjük kifáradási határnak. A kifáradási határhoz tartozó feszültséget az anyag elvileg végtelen számú ismétlődés esetén is törés nélkül elviseli. Az ábrázolás megkönnyítésére a töréshez tartozó ismétlések számát logaritmikus léptékben tüntetjük fel.

A Wöhler görbe két jól elkülöníthető szakaszból áll. Az első ferde, meredeken eső szakaszt élettartam szakasznak, a vízszintes részt, pedig kifáradási szakasznak nevezzük.

Nagyon fontos megjegyezni, hogy nem minden anyagnak van kifáradási határa, alumínium ötvözetek, saválló acélok, nagyszilárdságú acélok esetében a Wöhler görbe második szakasza nem vízszintes, így kifáradási határ nem értelmezhető.

A vizsgálatok során többfajta terhelést modellezhetünk, néhány gyakori vizsgálat a terhelés jellegek megnevezésével, fárasztóvizsgálat

- forgó–hajtogatással
- húzás–nyomással
- hajlítással
- csavarással.

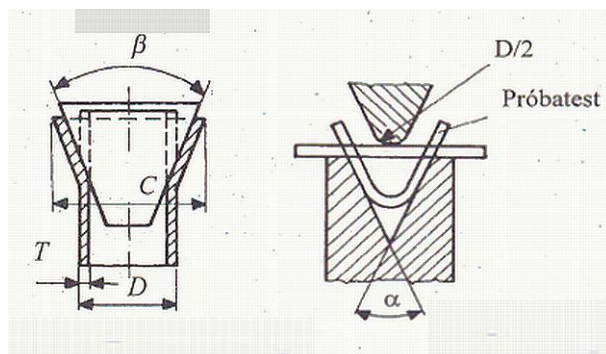


32. ábra: Hajtogató vizsgálat összeállítás elve

3. Technológiai vizsgálatok

A gyakorlati igénybevételt utánzó kísérlettel az anyag várható viselkedéséről akarunk átfogó képet kapni. A vizsgálatok általában az adott technológiákat modellezik és jellemző rájuk, hogy a vizsgálat során az erőt legtöbb esetben nem mérjük, csupán azt határozzuk meg, hogy a vizsgált anyag az adott technológiának megfelel-e. A vizsgálatokkal meghatározott mérőszámok nem általánosíthatók, azok csak a speciális esetre vonatkoznak. A vizsgálatokra vonatkozó előírásokat szabványok tartalmazzák.

Hajlítóvizsgálatok: megadott hajlítási szögig vagy első repedésig vagy a száraz párhuzamosságáig terjedhet.

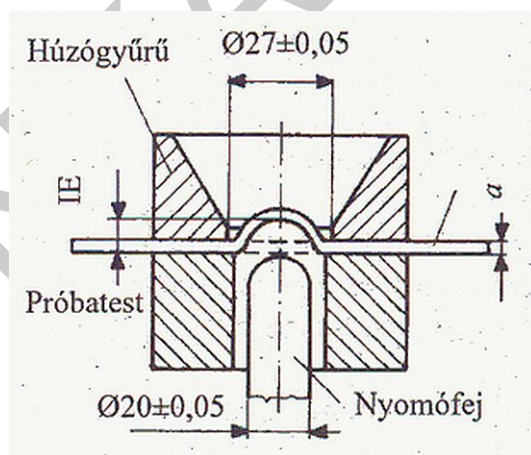


33. ábra: Peremező és hajlító vizsgálat elvi rajza

Peremező vizsgálat: a cső végét, egy kúpos tuskével előírt mértékig tágítjuk, amit a csőnek repedés nélkül el kell viselni. A túske kúpszöge különböző lehet (30° , 45° , 60° , 120°), de használhatunk 1:10 vagy 1:20 kúposságú tuskét is.

Hajtogató vizsgálatok: adott számú hajtogatásig v. szabad szemmel látható repedésig.

Mélyhúzó vizsgálatok: átszakadás, ha a repedés teljes hosszában vagy egy részén átengedi a fényt.

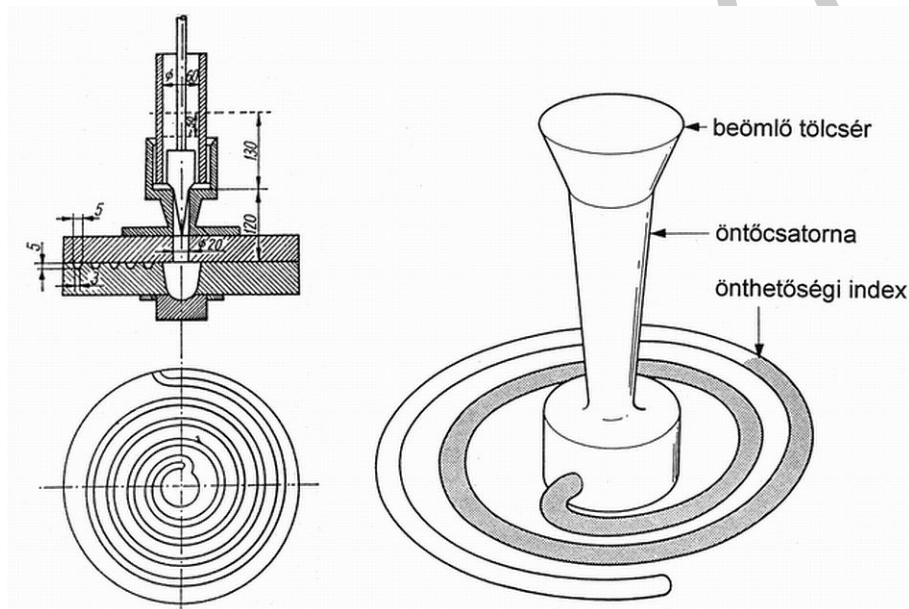


34. ábra: Mélyhúzó vizsgálat elve



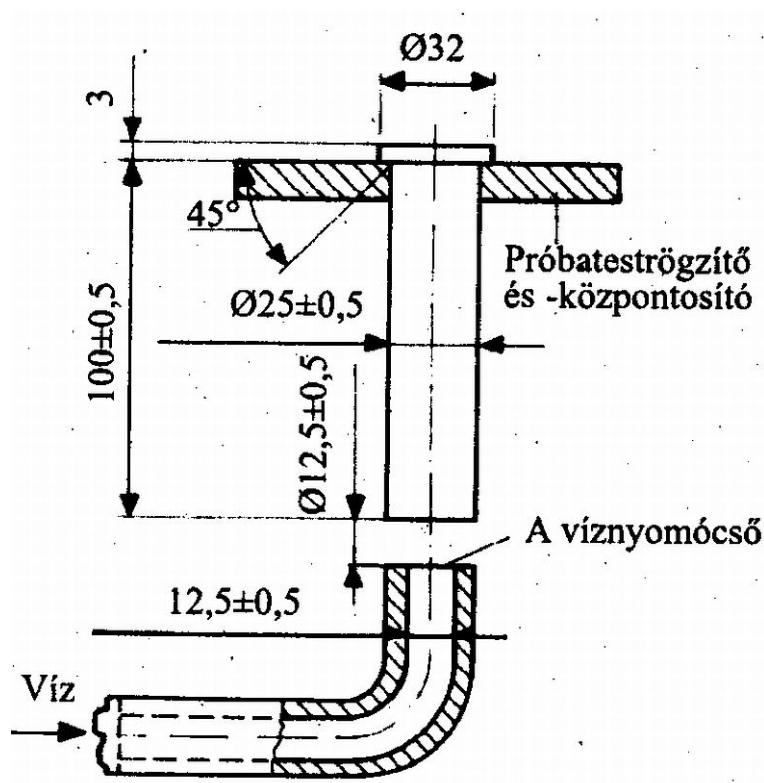
35. ábra: Mélyhúzó vizsgálat eredménye

Önthetőség vizsgálata: az öntészeti formakitöltés vizsgálatára öntöttvasnál és magas olvadáspontú ötvözeteknél homok-formát, fémeknél kokillát alkalmaznak. Courty-féle kokilla alkalmazásánál mérik, hogy a spirálban, cm-ben mérve meddig folyik el a fém.



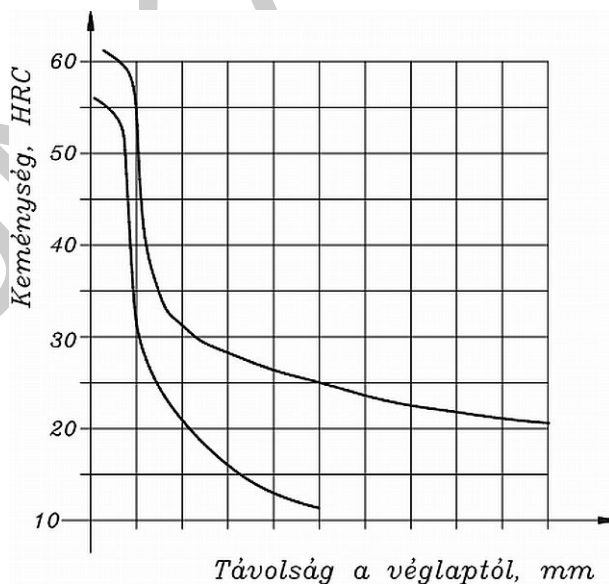
36. ábra: Courty-kokilla és homokforma

Edzhetőségi vizsgálat: az edzhetőség azzal jellemezhető, hogy milyen átmérőjű próba edzhető át teljesen martensitesen. A próbatest edződéséről legegyszerűbben keménységméréssel győződhetünk meg. A keménységet (HV vagy HRC) a véglaptól mért távolság (d) függvényében ábrázolva a Jominy-görbét kapjuk. A görbe kezdeti szakasza azt a legnagyobb keménységet mutatja, amelyre az acél edzhető.



37. ábra: Jominy-próba elvi elrendezése

Ha a vizsgálattal felvett görbe beleesik a sávba az anyag edzhetőség szempontjából megfelelő.



38. ábra: Jominy-próba értékelő diagramja

4. Metallográfiai vizsgálatok

A fémes szerkezeti anyagok tulajdonságait kémiai összetételük, belső mikro szerkezetük és feszültségállapotuk befolyásolja. A fémek mikro szerkezetét felépítő alakzatok (szemcsék, fázisok, szövetelemek, zárványok) szabad szemmel nem láthatók, ezért megfigyelésükhöz olyan eszközre van szükség, melynek segítségével megfelelő felbontású kép hozható létre, ez a fémmikroszkóp.



39. ábra: Fémmikroszkóp

1. **Mintavétel:** a próbadarab kivételének helyét úgy kell megválasztani, hogy az jellemző legyen a vizsgálandó tárgyra, és az esetleges anyaghibás részeket is magába foglalja. A próbadarab optimális mérete 20–25mm él hosszúságú kocka, vagy ugyanekkora átmérőjű és magasságú henger, a kiválasztott próbadarabot forgácsolással munkáljuk ki belőle. Ügyelni kell, mert a magas hőmérsékleten (max. 100°C) az anyag szövetszerkezete átalakulhat. A mintákat gyorsan szilárduló műgyantába ágyazzák.



40. ábra: Beágyazó készülék és minta

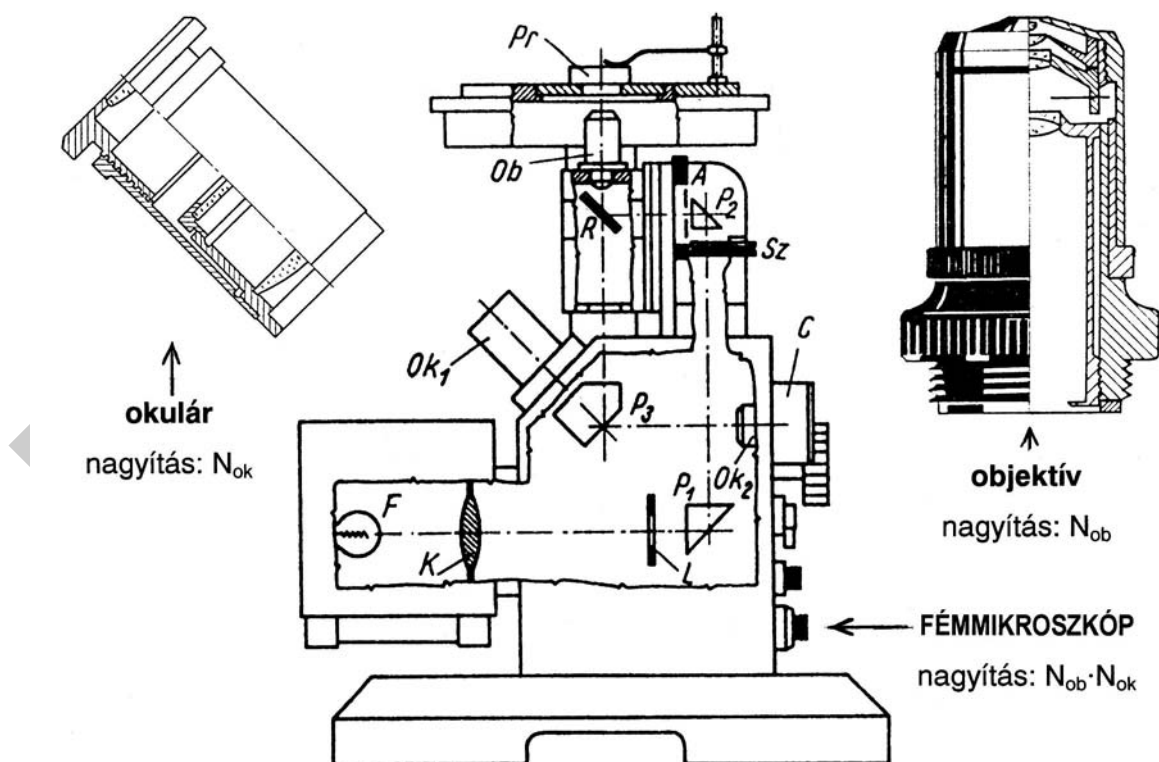
2. **Előkészítés:** A vizsgálathoz a próbadarabon először nagyon sima, sík felületet kell kialakítanunk, melynek a lépései:
- a) **Csiszolás:** öt – hat féle, egyre finomabb szemnagyságú csiszolópapírral. Minden papírfokozaton addig kell csiszolni, amíg az előző durvább szemcséjű papírral létesített karcok teljesen el nem tűnnek.
 - b) **Polírozás:** Ezt általában finom posztóval bevont forgó korongon végezzük, amelyre vízben elkevert finom szemcséjű timföldet (Al_2O_3) öntünk. A fényesítés elektrolitosan is végezhető. Polírozott (fényesített) próbatesten vizsgálhatók a felületre kifutó repedések, üregek, zárványok, a töretfelületek és a felületen található önálló színű fázisok. A vizsgálattal az elemzés alatt álló hibák, töretfelületek és fázisok alakja, mérete és eloszlása határozható meg.
 - c) **Maratás:** a legtöbb anyagnál a fázishatárok és a kristályhatárok láthatóvá tétele miatt alkalmazzák. Maratás után a kialakult domborzatok (árok, lépcsőképződés), vagy szín szerint elkülönülnek egymástól az egyes fázisok, szövetelemek.



41. ábra: Gépi csiszolatkészítés

3. Fémmikroszkóp felépítése és képalkotása

A fémmikroszkópok fémes próbatestek vizsgálatára alkalmas fénmikroszkópok. A nagyított képet a megvilágított próbatestről visszaverődő ún. képalkotó fénysugarak alkotják. A mikroszkópok lencserendszerük segítségével kb. ezerszeres nagyítást tesznek lehetővé.



42. ábra: Fémmikroszkóp felépítése

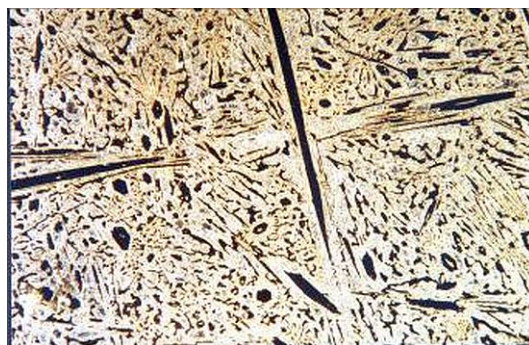
A pontszerű fényforrás (F) – halogén lámpa – által kibocsátott széttartó fénysugarak a kondenzor lencsén (K) párhuzamosodnak, ill. összetartóvá válnak, majd a látótér fényrekeszen (L) keresztül egy prizmára (P1) jutnak, amely 90° -os eltérítés után az esetlegesen alkalmazott színszűrőkön (Sz) át újabb 90° -ban eltérítő prizmára (P2) vetíti azokat. Ezután a fénysugarak áthaladnak az apertúra fényrekeszen (A) és a részben tükröző – részben áteresztő illuminátor (R) közvetítésével (azon ebből az irányból tükrözés révén eltérülve), az objektív (Ob) keresztül, a próbatest (Pr) csiszolatát megvilágítják.

A látótér fényrekesz (L) szűkítésével elérhető, hogy a csiszolatnak csak a mikroszkóp képmezőjében látható része kapjon megvilágítást, és így a képminőséget rontó külső reflexiók jelentősen csökkenthetők. Az apertúra fényrekesz (A) zárásakor az optikai tengellyel nagyobb szöget bezáró (homályosságot, fátyolosságot, kontraszthiányt okozható), lencsehibák érvényesülését elősegítő fénysugarakat lehet kiszűrni, befolyásolva (záráskor csökkentve) az objektív felbontóképességét is.

A cserélhető (változtatható nagyítású) objektívvel (Ob) a csiszolatról visszaverődő fénysugarak képet alkotnak, majd az illuminátoron (R) áthaladva (azon ebből az irányból áteresztés révén keresztül jutva) és a pentaprizmán (P3) eltérülve, a cserélhető okulárba (Ok1), ill. a vizsgáló személy szemlencséjébe jutnak. Lehetőség van fényképfelvétel készítésére is a P3 prizma megfelelő helyzetbe történő forgatásával. Ekkor az illuminátor (R) felől érkező képalkotó fénysugarak a fotóokuláron (Ok2) keresztül a toldathoz (C) csatlakoztatható fényképezőgépbe jutnak.

4. A csiszolatok értékelése

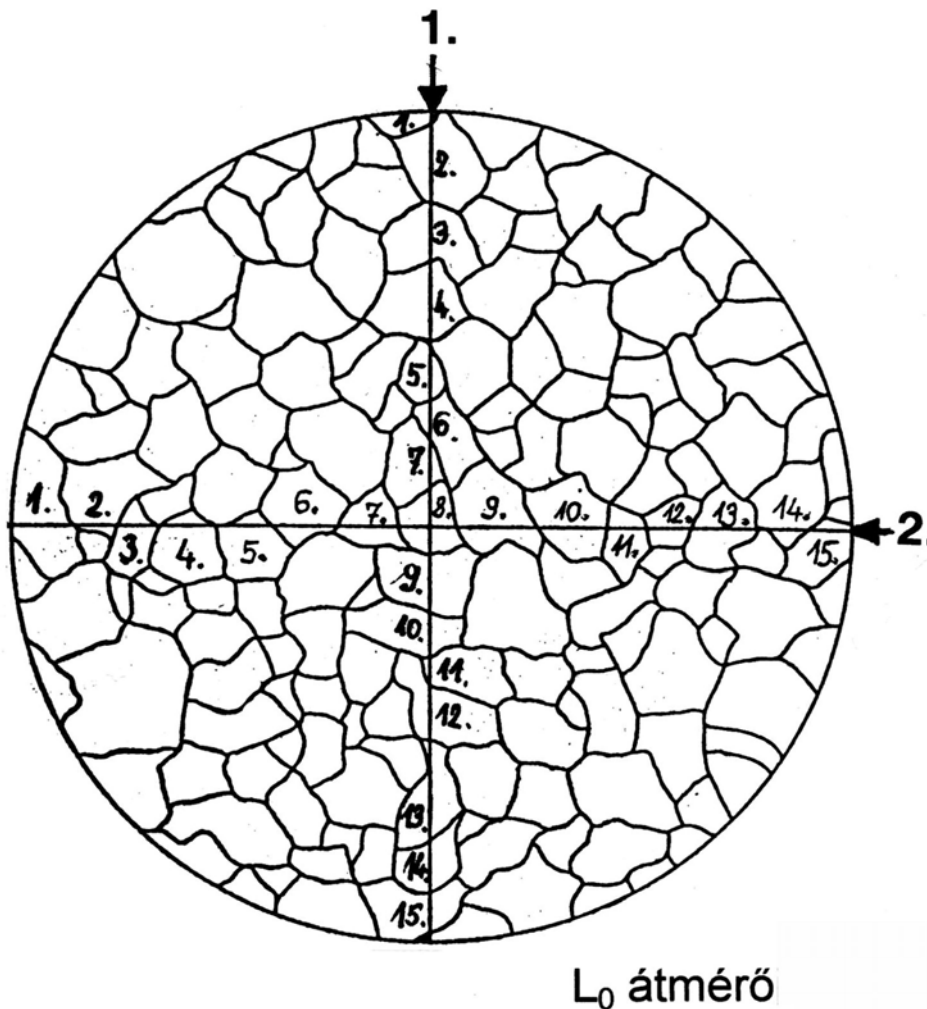
- **Minőségi analízis:** A fémek szövetszerkezete tulajdonképpen a mikroszkópi vizsgálatkor elének táruló látvány. A benne megkülönböztethető részek (szövetelemek, fázisok) különböző alakú és méretű alakzatokként jelennek meg. A szövetkép minőségi analízisekor a szövetelemek egymáshoz képesti eloszlását, arányát vizsgáljuk.



43. ábra: Fehéröntvény mikroszkópi képe

- **Mennyiségi analízis:** Különösen fontos a szemcsék méretének ismerete, ugyanis az anyagok tulajdonságai – főként fémek és kerámiák esetében – szemcseméret-függők. A mennyiségi meghatározás egyik módszere az átlagos szemcseméret meghatározása, melynél egy L_0 hosszúságú egyenes vonal által elmetezett szemcsék száma ismeretében meghatározható a szemcsék átlagos mérete:

$$a = L_0 / N$$



$$N_1=15, \quad N_2=15$$

44. ábra: Szemcseméret meghatározása

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Értelmezze eddigi tanulmányai alapján az anyagvizsgálat csoportosítását, bővítse ismereteit a tankönyvei, internet segítségével! Válaszait rögzítse a füzetébe!
2. Olvassa el a szakmai információtartalom fejezetet!
3. Készítsen vázlatot a füzetébe a tanműhelyben, üzemlátogatáson látott anyagvizsgálati módszerekről és eszközzeiről, az információtartalom fejezet rendszerezéseit figyelembe véve!
4. Szakmai ismereteinek ellenőrzése céljából oldja meg az „Önellenőrző feladatok” fejezetben található elméleti feladatsort! Hasonlítsa össze az Ön válaszait és a „Megoldások” fejezetben megadott megoldásokat. Ha eltérést tapasztal, ismételten olvassa el a „Szakmai információ tartalom anyagrészt”.
5. Gyakorolja az anyagvizsgálati módszereket a helyi lehetőségeket figyelembe véve! Munkáját rendszeresen értékeltesse oktatójával!

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Ismertesse a mechanikai anyagvizsgálatok feladatát!



2. feladat

Vázolja fel a szakító vizsgálat elvét!



3. feladat

Rajzolja le a szakító diagramot!



4. feladat

Ismertesse a rugalmas alakváltozás szakaszát szakítóvizsgálatnál!



5. feladat

Ismertesse a szilárdsági és alakváltozási jellemzőket!

6. feladat

Ismertesse a nyomóvizsgálatot!

7. feladat

Ismertesse a Rockwell-keménység vizsgálatot!

[illegible]

8. feladat

Ismertesse a hajlító-, mélyhúzó-, hajtogató- és peremező vizsgálatokat!

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. A single vertical line runs down the left side, creating a margin. The paper is framed by a thin orange border. A large, light gray watermark reading "MUNKY" is oriented diagonally across the page from the bottom-left towards the top-right.

9. feladat

Ismertesse a minta csiszolat készítés lépéseit!

[illegible]

10. feladat

Ismertesse a csiszolatok értékelését!

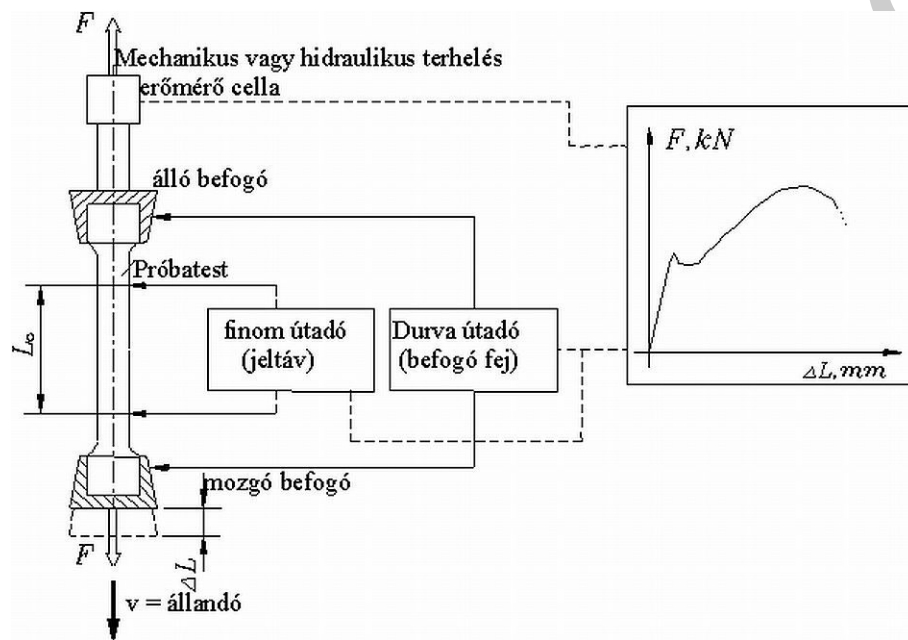
This image shows a blank sheet of white paper with horizontal grey ruling lines. A single vertical orange line runs down the left side, creating a margin. The word "MUNKKANA" is printed diagonally across the page in a large, light grey font.

MEGOLDÁSOK

1. feladat

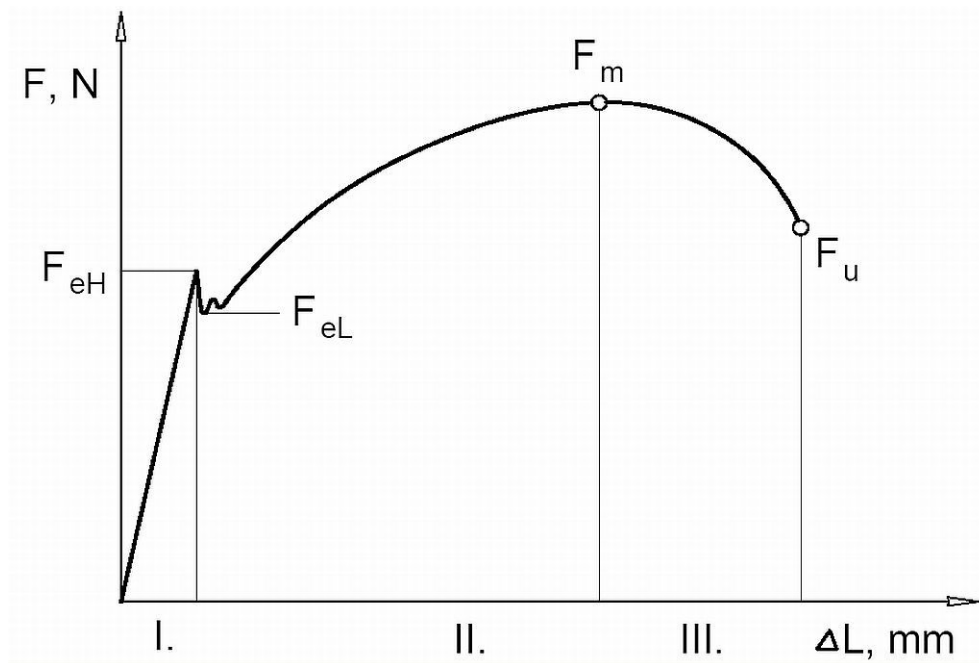
Olyan fizikai tulajdonságok meghatározására szolgál, melyek különböző erők hatására jelentkeznek. Pl.: különböző szilárdságok, rugalmasság, szívósság, keménység stb..

2. feladat



45. ábra: Szakító vizsgálat elve

3. feladat



46. ábra: Szakító diagram

4. feladat

IRugalmas alakváltozás

- ha a terhelést megszüntetjük, a próbatest visszanyeri eredeti méretét
- az alakváltozás rugalmas
- az alakváltozás és a feszültség egyenes arányos összefüggésben van

$\sigma = E \varepsilon$, ez a Hooke-törvénye, ahol

- σ – keletkező húzófeszültség
- E – az anyagra jellemző rugalmassági modulus (állandó), pl. acél 210GPa
- ε – a próbapálca fajlagos hosszváltozása
- a próbapálca a hossza mentén egyenletesen nyúlik, átmérője mindenhol egyformán csökken

5. feladat

Szilárdsági jellemzők

- **Folyáshatár:** az a legkisebb feszültség, amelynél maradó alakváltozás keletkezik, hatására az anyag megfolyik. Az alkatrészeket olyan méretűre kell készíteni, hogy bennük sohasse keletkezzen ekkora feszültség, hiszen a méretüket maradandóan megváltoztatná.
- **Szakítószilárdság:** az anyag által törés nélkül kibírt legnagyobb feszültség, az F_m legnagyobb terhelő erő hozza létre.

Alakváltozási jellemzők

- Százalékos (fajlagos) megnyúlás: a próbatest megnyúlását mutatja meg az eredeti hosszához viszonyítva.
- Kontrakció (fajlagos keresztmetszet csökkenés): a szakadás helyén a keresztmetszet (S_u) százalékosan mennyivel csökkent az eredeti keresztmetszethez (S_0) képest.

6. feladat

A rideg anyag rugalmas alakváltozás után általában 45 °-os síkok mentén eltörik. Meghatározható a nyomószilárdság vagy törőszilárdság. Jele: R_v . A vizsgálat során mért legnagyobb erő és az eredeti keresztmetszet hányadosa (S_0).

A szívós, és képlékeny anyagok nyomóvizsgálat során "hordósodnak", bizonyos alakváltozás után felületükön repedések jelennek meg, egyértelműtörést nem mutatnak. A nyomóvizsgálatot ezért elsősorban rideg anyagok vizsgálatára alkalmazzuk.

A rideg anyagok, mint például az öntöttvas, a beton vagy a kerámiák jóval ellenállóbbak nyomó-igénybevételrel szemben, ezért ezen a területen alkalmazzák azokat.

7. feladat

A Rockwell-féle keménységmérést a keménység gyors meghatározása érdekében dolgozták ki. A mérés különbözik az eddig ismertetett HB és HV módszertől.

A Rockwell-féle mérés különböző benyomó szerszámokkal létrehozott lenyomat mélységéből következtet a keménységre. A Rockwell-féle keménységmérésnél a benyomó szerszám 1,59mm átmérőjű edzett acél golyó (HRB) vagy 120° csúcsszögű gyémánt kúp (HRA és HRC). A terhelést két fokozatban adjuk rá a szűrőszerszámra.

Az előterhelés (mindhárom esetben 98N, azaz 10kp) szerepe, hogy a szerszám megbízhatóan érintkezzen a darabbal. Így nem igényel nagymérvű felület előkészítést. A főterhelés:

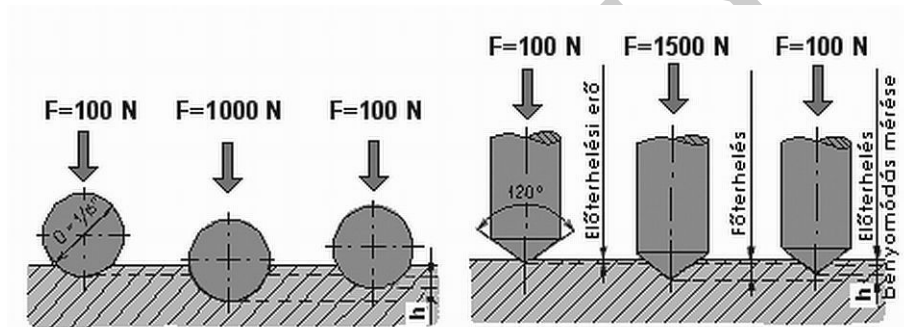
- HRA esetében 490N (50kp)
- HRB esetében 883N (90kp)
- HRC esetében 1373N (140kp).

A főterhelés megszüntetése után a lenyomat mélysége leolvasható a keménységmérő gépre szerelt mérőóráról.

e –a benyomódás maradó mélysége a főterhelés levétele után 0,002mm egységben kifejezve, melynek ismeretében meghatározható a keménység mérőszáma:

- HRA és HRC esetében $=100-e$
- HRB esetében $=130-e$

A három féle módszer közül a HRC a legelterjedtebb, kemény anyagok, elsősorban edzett acélok keménységének mérésére használják. A HRA keménységű anyagok, kerámiák, a HRB pedig kisebb keménységű anyagok pl. acélok mérésére alkalmas.



47. ábra: A benyomódás értelmezése

8. feladat

Hajlítóvizsgálatok: megadott hajlítási szögig vagy első repedésig vagy a száruk párhuzamosságáig terjedhet.

Peremező vizsgálat: a cső végét, egy kúpos tűskével előírt mértékig tágtjuk, amit a csőnek repedés nélkül el kell viselni. A tűske kúpszöge különböző lehet (30°, 45°, 60°, 120°), de használhatunk 1:10 vagy 1:20 kúposágú tűskét is.

Hajtogatató vizsgálatok: adott számú hajtogatásig v. szabad szemmel látható repedésig.

Mélyhúzó vizsgálatok: átszakadás, ha a repedés teljes hosszában vagy egy részén átengedi a fényt.

9. feladat

Előkészítés: A vizsgálathoz a próbadarabon először nagyon sima, sík felületet kell kialakítanunk, melynek a lépései:

Csiszolás: öt – hat féle, egyre finomabb szemnagyságú csiszolópapírral. Minden papírfokozaton addig kell csiszolni, amíg az előző durvább szemcséjű papírral létesített karcok teljesen el nem tűnnek.

Polírozás: Ezt általában finom posztóval bevont forgó korongon végezzük, amelyre vízben elkevert finom szemcséjű timföldet (Al_2O_3) öntünk. A fényesítés elektrolitosan is végezhető. Polírozott (fényesített) próbatesten vizsgálhatók a felületre kifutó repedések, üregek, zárványok, a töretfelületek és a felületen található önálló színű fázisok. A vizsgálattal az elemzés alatt álló hibák, töretfelületek és fázisok alakja, mérete és eloszlása határozható meg.

Maratás: a legtöbb anyagnál a fázishatárok és a kristályhatárok láthatóvá tétele miatt alkalmazzák. Maratás után a kialakult domborzatok (árok, lépcsőképződés), vagy szín szerint elkülönülnek egymástól az egyes fázisok, szövetelemek.

10. feladat

- **Minőségi analízis:** A fémek szövetszerkezete tulajdonképpen a mikroszkópi vizsgálatkor elének táruló látvány. A benne megkülönböztethető részek (szövetelemek, fázisok) különböző alakú és méretű alakzatokként jelennek meg. A szövetkép minőségi analízisekor a szövetelemek egymáshoz képesti eloszlását, arányát vizsgáljuk.
- **Mennyiségi analízis:** Különösen fontos a szemcsék méretének ismerete, ugyanis az anyagok tulajdonságai – főként fémek és kerámiák esetében – szemcseméret-függők. A mennyiségi meghatározás egyik módszere az átlagos szemcseméret meghatározása, melynél egy L_0 hosszúságú egyenes vonal által elmetszett szemcsék száma ismeretében meghatározható a szemcsék átlagos mérete:

$$a=L_0/N$$

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

MAGYARSZABVÁNY MSZ EN 10045-1 Fémek Charpy-féle ütő vizsgálata 1994.

<http://www.banki.hu/~aat/oktatas/gepesz/anyagtudomany1/gyakorlat/mikroszkop.doc>
2010. 11. 08.

<http://www.atestor.hu/data/files/69bcQNBoHuiBxQ85oPDzSatpzyjLum1s.pdf> 2010. 11. 08.

Járfás Istvánné–Koncz Ferenc–Róka Gyuláné: Fémipari anyag- és gyártásismeret Műszaki Könyvkiadó Budapest 1990.

AJÁNLOTT IRODALOM

Dr. Márton Tibor–Plósz Antal–Vincze István: Anyag- és gyártásismeret Képzőművészeti Kiadó Budapest 2005.

A(z) 0203–06 modul 003–as szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
33 521 02 0000 00 00	Élelmiszeripari gépsor- és rendszerüzemeltető
31 521 05 0000 00 00	Fémipari megmunkálógépsor és berendezés-üzemeltető
31 521 08 0010 31 01	Autógyártó
31 521 08 0010 31 02	Háztartási gépgyártó
31 521 08 0100 31 01	Finomgyártósori gépkezelő, gépszerelő
31 521 08 0100 21 02	Gyártósori munkás
31 521 08 0100 31 02	Kézigépes megmunkáló
54 521 05 0010 54 01	Élelmiszeripari gépésztechnikus
54 521 05 0010 54 02	Vegyipari gépésztechnikus
54 521 05 0100 33 01	Élelmiszeripari gépszerelő, karbantartó

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
20 óra

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