



Gruber Györgyné

Roncsolásos anyagvizsgálatok 1. Szilárdsági vizsgálatok

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Általános anyagvizsgálatok és geometriai mérések

A követelménymodul száma: 0225-06 A tartomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-008-20



RONCSOLÁSOS ANYAGVIZSGÁLATOK 1. SZILÁRDSÁGI VIZSGÁLATOK

ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

A gépipari gyakorlatban az anyagvizsgálatokat két nagy területen alkalmazzák, egyrészt a minőségellenőrzésben a termékek megfelelőségének az ellenőrzésére, tanúsítására, másrészt az üzemelő berendezések állapotellenőrzésére. A gépek berendezések szerkezeti elemei különböző mechanikai igénybevételnek vannak kitéve működésük során, ami alakváltozást, kifáradást, törést okozhat. Nem nehéz belátni, hogy a gépek, gépalkatrészek meghibásodása súlyos következményekkel, közvetlen és közvetett károkkal járhat. Munkája során Ön is tapasztalhatja, hogy az anyagok terhelhetőségének és minőségének (anyagjellemzőinek) az ismeretében kell kiválasztania egy adott feladatra alkalmas anyagokat.



1. ábra. Eltört alkatrész (1)



2. ábra. Eltört alkatrész (2)

Mekkora terhelést bír el egy anyag? Mi okozhatta az ábrán látható alkatrészek törését?

Milyen körülmények, tényezők okozhatják a szerkezeti anyagok törését?

Hogyan határozhatók meg az anyagjelölésekben megadott szilárdsági értékek?

Ebben a füzetben a mechanikai vizsgálatokon belül a szilárdsági vizsgálatokkal ismerkedhet meg. Az információtartalom elolvasása után a tanulásirányító útmutatásai alapján végezze el a vizsgálatokat és oldja meg a feladatokat!

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

1. Az anyagvizsgálatok célja, felosztása

A gépiparban végzett anyagvizsgálatok célja:

- a z alkalmazott anyagok **tulajdonságainak** (fizikai, kémiai, mechanikai, technológiai, metallográfiai), **anyagjellemzőinek** a meghatározása
- Az **anyaghibák** kimutatása



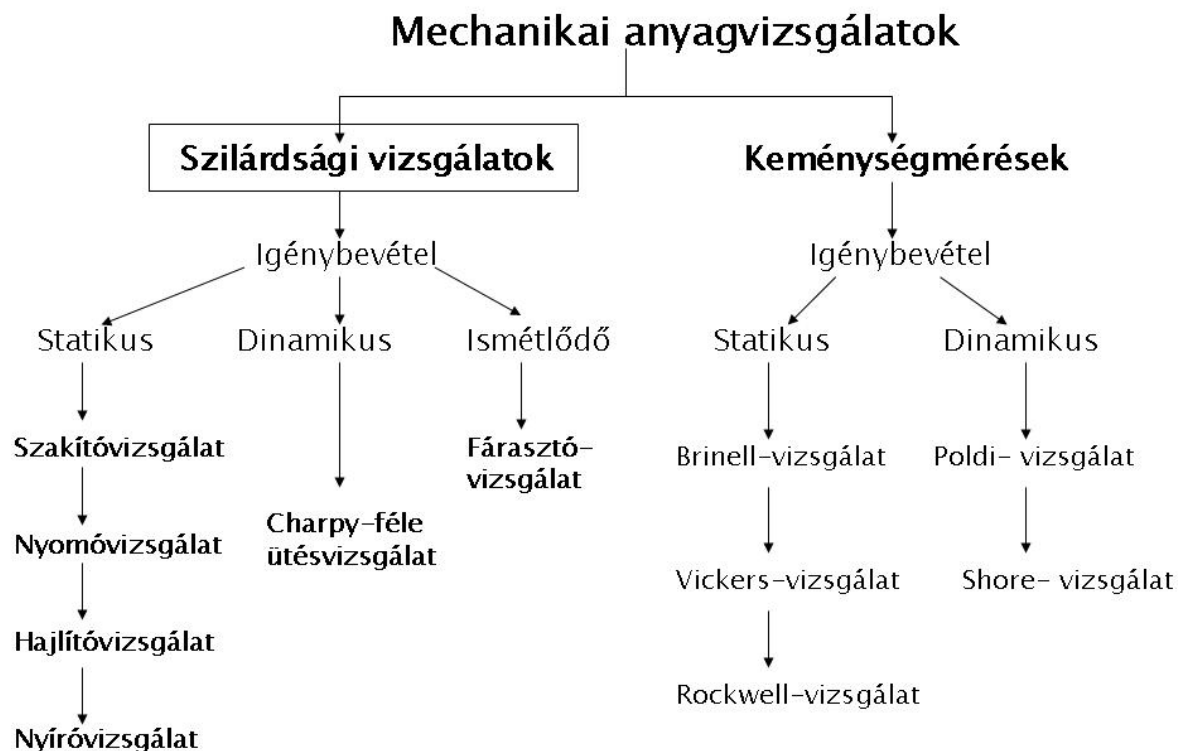
3. ábra. Az anyagvizsgálatok célja

Az anyagvizsgálatok másik csoportosítási alapja az, hogy a vizsgálat közben roncsolódik-e az anyag. Ez alapján megkülönböztetünk:

- **RONCSOLÁSOS** anyagvizsgálatokat pl. a mechanikai és technológiai vizsgálatok
- **RONCSOLÁSMENTES** anyagvizsgálatokat pl. a hibakereső vizsgálatok nagy része

A gépiparban alkalmazott szerkezeti és szerszám anyagok egyik legfontosabb tulajdonságcsoportja a **mechanikai tulajdonságok**, amelyek tájékoztatnak az anyag terhelhetőségéről és a terhelés hatására bekövetkező alakváltozásokról, ezek mértékéről.

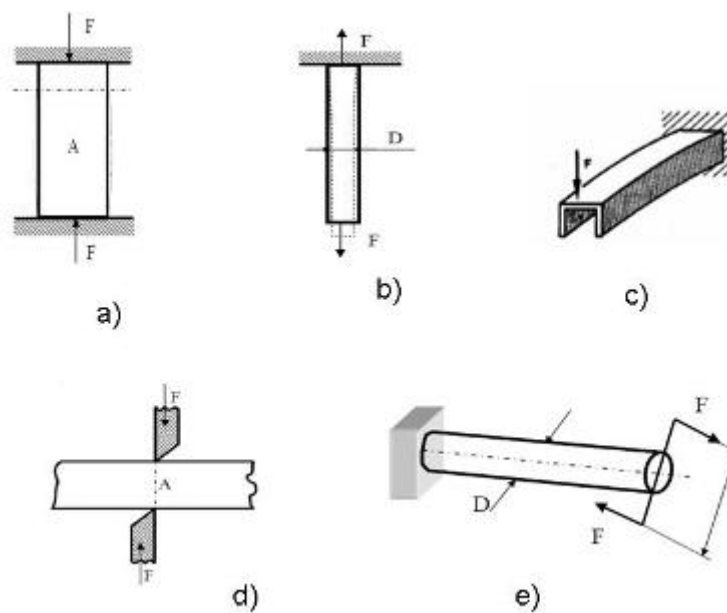
A **mechanikai anyagvizsgálatok** célja a gépiparban alkalmazott fémes és nemfémes szerkezeti anyagok **mechanikai tulajdonságainak**, anyagjellemzőinek a meghatározása. (4. ábra)



4. ábra. A mechanikai anyagvizsgálatok felosztása

A **mechanikai tulajdonságok** az anyagok viselkedését mutatják meg a különböző igénybevételek hatására, ezért célszerű a csoportosítást az igénybevételek alapján elvégezni. A szerkezeti anyagok leggyakoribb igénybevételei (egyszerű igénybevételek):

- Húzó (5 a ábra)
- Nyomó (5 b ábra)
- Nyíró (5. ábra)
- Hajlító (5. d ábra)
- Csavaró (5 e ábra)



5. ábra. Az igénybevételek módjai

Az igénybevételek időbeli lefolyása szerint megkülönböztetünk:

- **Statikus igénybevétel:** ha az igénybevétel időben állandó, vagy csak igen lassan, egyenletesen változik
- **Dinamikus igénybevétel:** ha a terhelés időben változik, hirtelen, ütésszerű, lökésszerű
- **Ismétlődő igénybevétel:** ha az igénybevétel időben változik, és sokszor ismétlődik

Az anyag viselkedése az igénybevételekkel szemben lehet

- képlékeny
- szívós
- rugalmas
- rideg

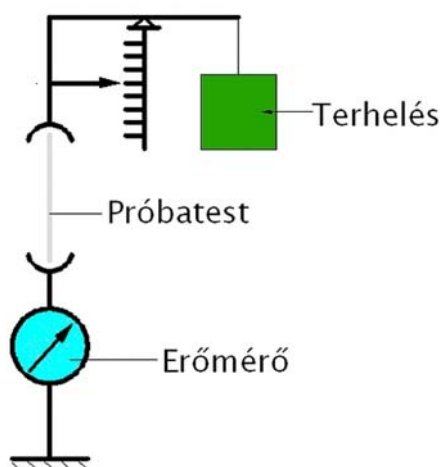
Mielőtt elolvassa a szakítóvizsgálatra vonatkozó információtartalmat, ismétlje át az igénybevételekről és a mechanikai tulajdonságokról az ezekre vonatkozó tananyagelemen belül tanultakat!

2. Szakítóvizsgálat¹

A szakítóvizsgálat az egyik legismertebb és leggyakrabban alkalmazott anyagvizsgáló eljárás, melyet az egységes értékelés és a mérési eredmények összehasonlíthatósága miatt az aktuális, hatályos szabványok ajánlásai alapján célszerű elvégezni.

A vizsgálat elve:

A szakítóvizsgálat során a szabványosan kialakított próbatestet a szabványban megadott sebességgel **statikus húzó igénybevétellel** terheljük szakadásig, és a mért adatokból (erő, megnyúlás, próbatest adatai) megállapítjuk az anyag szilárdsági és alakváltozási jellemezőit



6. ábra. A szakítóvizsgálat elve

A szakítóvizsgálat eszközei

PRÓBATEST:

A szakítópróbatest egy a termékből kimunkált vagy sajtol, vagy öntött darab lehet. Az állandó keresztmetszetű termékeket (idomok, rudak, huzalok stb.) és öntött próbatesteket (pl. temperöntvények, fehérvas öntvények, és nemvasfém öntvények) megmunkálás nélkül, közvetlenül is meg lehet vizsgálni.²

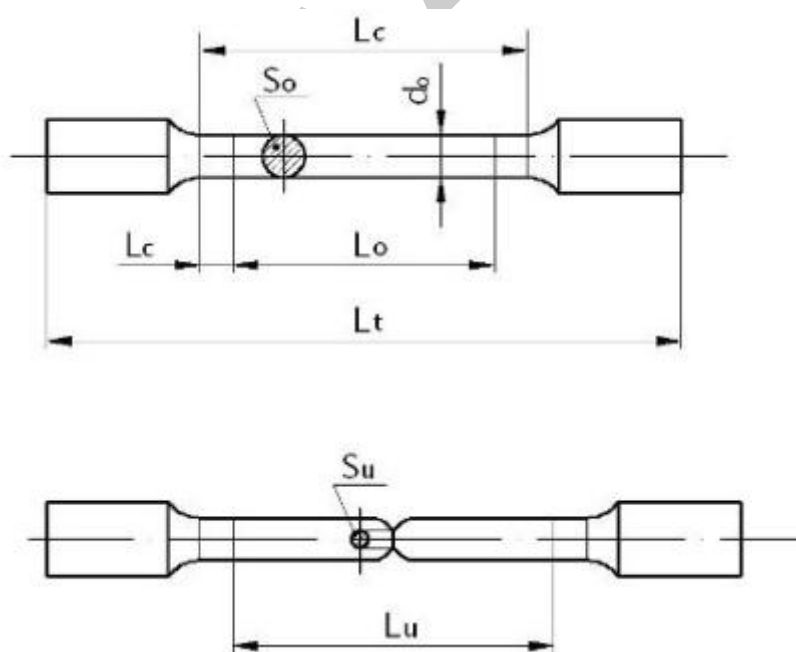
¹ EN 10002-1:2001 szabvány helyére az ISO 6892-1 lépett. (Forrás: <http://femvizsgalat.hu/index.php/hu/menu/erdekessegek.html?id=55>) (2010. 08. 05)

² MSZ EN 10002-1 számú szabvány alapján (<http://www.sasovits.hu/anyag/szakit/szakit.htm>) (2010. 08. 05)

A próbatestek keresztmetszete lehet kör, négyzet, négyszög, körgyűrű vagy esetleg más alakú is. Készülhetnek fejrészrel vagy fejrész nélkül a befogószerkezet alakjának és méretének megfelelően.



7. ábra. Próbatestek



8. ábra. Szakító próbatestek jellemző adatai

A próbatest mért és számított jellemző adatai (8. ábra)

Szakadás előtt:

- Jeltávolság L_0 (mm);

A jeltávolság a próbatest vizsgálati hosszán kijelölt szakasz, melyet az alakváltozási jellemzők számításánál kiindulási hosszának tekintünk. Az eredeti jeltávolság két végét finom karcokkal vagy jelekkel kell megjelölni

- Rövidarányos próbatesteknél $L_0 \sim 5 \cdot d_0$;
- Hosszúarányos próbatesteknél $L_0 \sim 10 \cdot d_0$
- Teljes hosszúság L_t (mm)
- Szakadás előtti átmérő d_0 (mm)
- Szakadás előtti keresztmetszet S_0 (mm²)
 - Kör keresztmetszet esetén $S_0 = \frac{d_0^2 \cdot \pi}{4}$
 - Téglalap keresztmetszet esetén $S_0 = a_0 \cdot b_0$

Szakadás után:

- Szakadás utáni jeltávolság L_u (mm) (a két darab egymáshoz illesztése úgy, hogy tengelyeik egy egyenesbe essenek)
- Szakadás után mért átmérő d_u (mm)
- Szakadás utáni keresztmetszet S_u (mm²)
 - Kör keresztmetszet esetén $S_u = \frac{d_u^2 \cdot \pi}{4}$
 - Téglalap keresztmetszet esetén $S_u = a_u \cdot b$

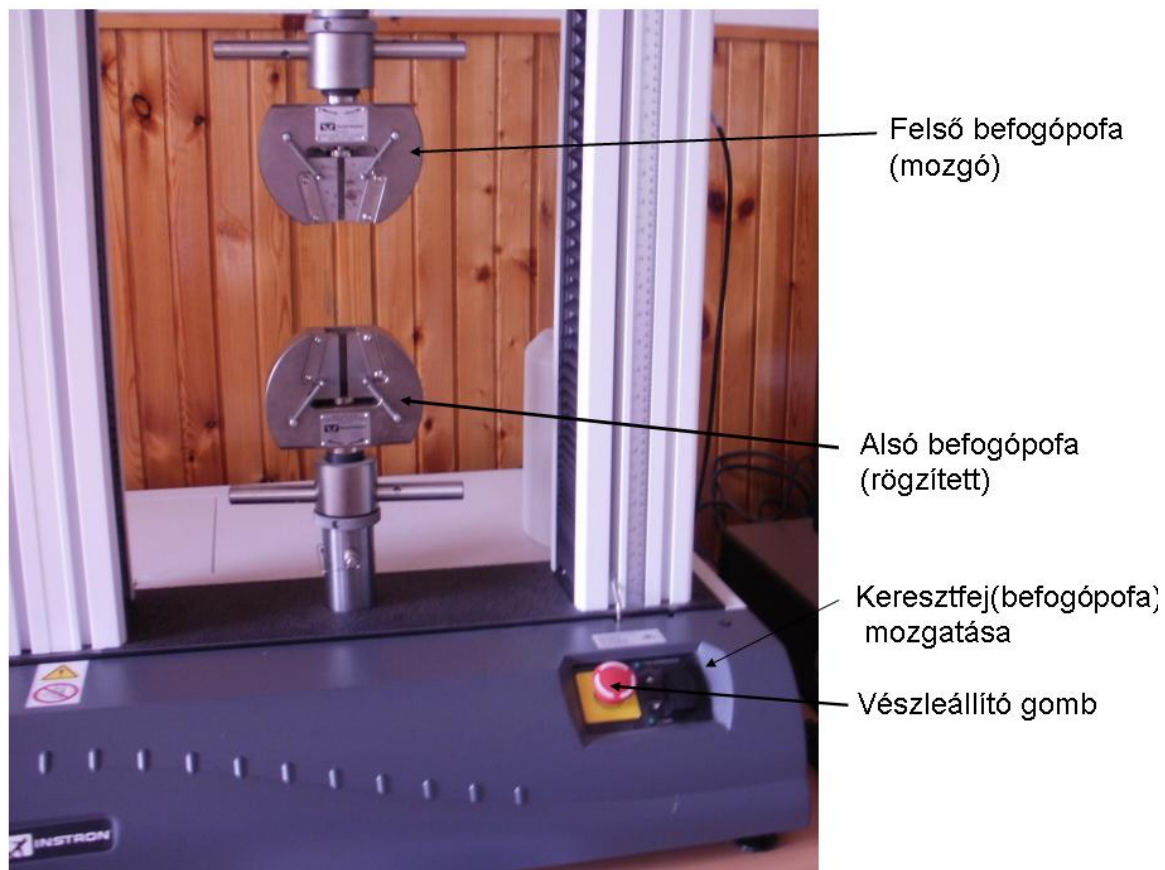
SAKÍTÓGÉP

A **szakítógépek** mechanikus, hidraulikus vagy elektromechanikus működésű, különböző tartozékokkal rendelkező gépek. Terhelésük néhány száz newtontól (N) akár meganewton (MN) nagyságrendig is terjedhet. Korszerű kivitelei elektromechanikus működésűek, vezérlő és adatgyűjtő elektronikával, valamint anyagvizsgáló szoftverrel rendelkeznek. A számítógéppel vezérelt szakítógépek előnye az adatok részletesebb elemzésének, tárolhatóságának a lehetősége, ami minőségbiztosításnál fontos követelmény. Készülnek univerzális anyagvizsgáló berendezések is, amelyek a szakítóvizsgálaton kívül a megfelelő tartozékok segítségével nyomó, hajlító és fárasztóvizsgálat elvégzésére is alkalmasak. A szakítógépek fő részei a gépkeret, a hajtómű, az erő és nyúlásmérő berendezés valamint a befogószerkezetek. A 9. ábra egy elektromechanikus szakítógép befogószerkezetét és ennek mozgató elemeit mutatja be.

A szakítógépek feladata:

- Rögzíti a próbatestet

- Előállítja és méri a húzóerőt, méri a nyúlást (elmozdulást)
- Szakítódiagramot készít



9. ábra. Asztali telepítésű szakítógép fő részei



10. ábra. Korszerű szakítógépek egyoszlopos és kétoszlopos kivitelben és hőkamrával

A 10. ábrán látható hőkamrás anyagvizsgáló géppel lehetővé válik a szakítóvizsgálat magasabb hőmérsékleten történő elvégzése is, amelynek különösen nagy a jelentősége a magasabb hőmérsékleten üzemelő alkatrészek anyag jellemzőinek a meghatározásakor és ellenőrzése során.

A szakítódiagramok

A szakítóvizsgálat egyik eredménye az erő- megnyúlás ($F-\Delta L$) vagy feszültség – fajlagos nyúlás ($\sigma - \epsilon$) diagram, amit röviden szakítódiagramnak nevezünk.

Ezt a diagramot a szakítógép készíti el a gép típusától, korszerűségétől függően. A lágyacélok szakítódiagramjáról leolvasható a próbatest megnyúlása a húzóerőtől (húzófeszültségtől) függően és követhető a szakítás folyamata. (11. ábra)

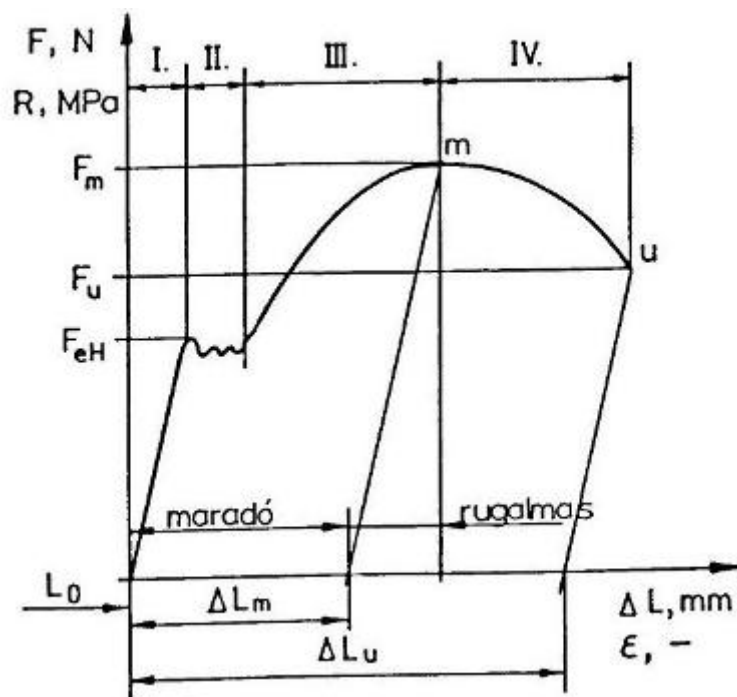
A diagram szakaszai jól szemléltetik a próbatest rugalmas és maradó alakváltozásait a vizsgálat folyamán.

I szakasz: **Rugalmas alakváltozás** szakasza. Az anyagok rugalmassági határán belül a feszültség egyenesen arányos a megnyúlással (Hooke törvény)

II. szakasz: A **folyás** szakaszán belül F_{EH} (felső folyáshatárhoz tartozó erő) erőnél megindul az anyagban maradó alakváltozás, amely a szakaszon belül egy kisebb erőhatással (F_{eL}) is folytatódik.

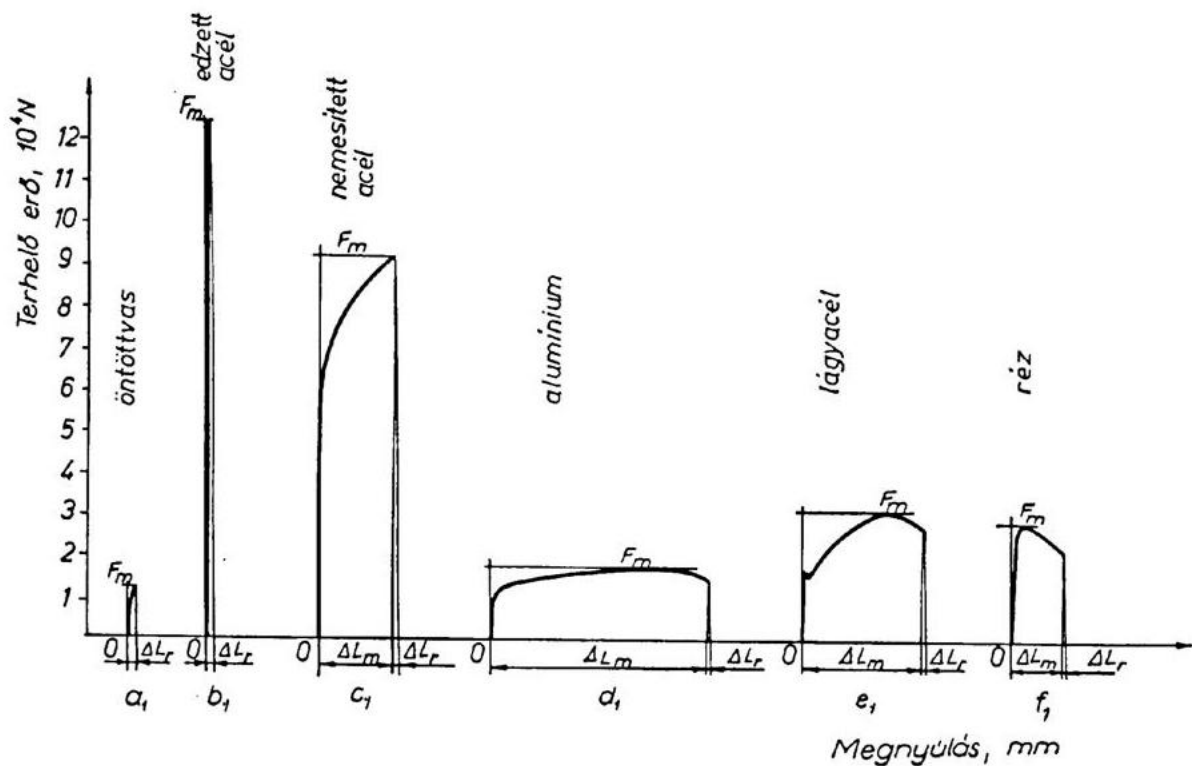
III. szakasz: **Egyenletes alakváltozás** szakasza. Ezen a húzási szakaszon a próbatest keresztmetszete egyenletesen csökken, alakváltozási keményedés jön létre.

IV. szakasz A **kontrakció** szakasza, amelyen belül a próbatest egy ponton elvékonyodik, majd ott el is szakad.



11. ábra. A lágyacélok szakítódiagramja

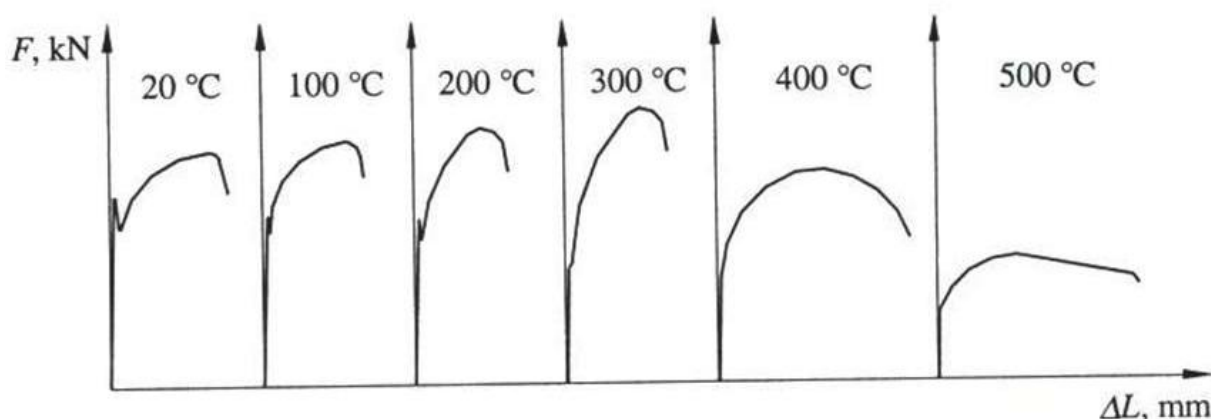
A húzófeszültség hatására a különböző összetételű anyagok más módon viselkednek. A 12. ábra a fontosabb szerkezeti anyagok szakítódiagramjait mutatja. Megfigyelhető az ábrán a nyúlás és a terhelés változása a különböző anyagminőségek esetén.



12. ábra. Különböző szerkezeti anyagok szakítódíagramja

A gépek, gépalkatrészek különböző hőmérsékleteken üzemelnek. Fontos, hogy ismerjük a hőmérsékletváltozás hatását az anyagok húzóterheléssel szembeni ellenállására.

Figyeljük meg az ábrán, a hőmérséklet növekedésével hogyan változnak a szilárdsági és alakváltozási jellemzők!



13. ábra. Az acélok viselkedése a hőmérsékletváltozás hatására³

A VIZSGÁLATTAL MEGHATÁROZHATÓ JELLEMZŐK

Szilárdsági jellemzők:

Szakítószilárdság: R_m [MPa vagy N/mm²] a vizsgálat során mért legnagyobb húzóerő és az vizsgálat előtti keresztmetszet hányadosa

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} [\text{MPa}]$$

Természetesen a valódi feszültséget akkor kapnánk meg, ha a legnagyobb húzóerőnél mért átmérőből számított keresztmetszettel (valódi keresztmetszettel) végeznénk a számítást. A gyakorlatban azonban az anyagokat a vizsgálat előtti keresztmetszettel számított szakítószilárdsággal jellemezzük

Folyáshatár: R_{eH} ; R_p [MPa] a maradó alakváltozás kezdetét jelentő feszültség, amelyet a folyáshatárhoz tartozó erő és a vizsgálat előtti keresztmetszet hányadosával határozzuk meg.

Alsó folyáshatár: (R_{eL}) a folyás közben mért legkisebb terhelő és a kiinduló keresztmetszet hányadosa.

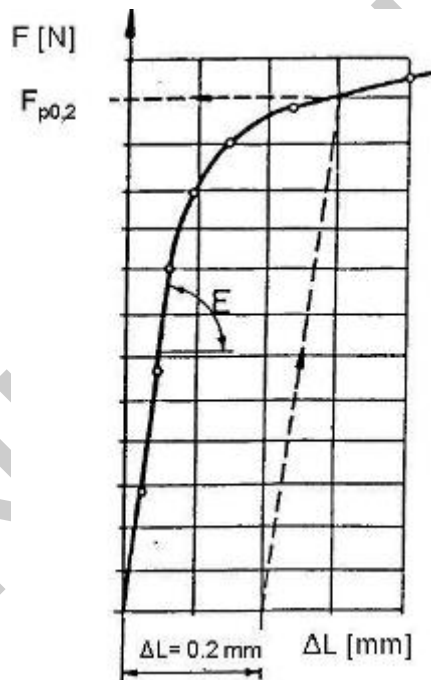
³ <http://www.banki.hu/~aat/oktatas/gepesz/anyagtudomany1/mechavi1.ppt#296,26> (2010. 08. 07)

Felső folyáshatár: (R_{eH}) a folyás közben mért legnagyobb terhelő és a kiinduló keresztmetszet hányadosa.

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0}; R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_0} [MPa];$$

Ha nincs látható folyáshatára az anyagnak a szakítódiagramon, akkor megadható a terhelt állapotban mért egyezményes folyáshatár pl. 0,2 % - os nyúlásnál Jele: $R_{p0,2}$ [MPa]. Az **egyezményes folyáshatár** a 0,2%-os maradó alakváltozáshoz tartozó erő és a vizsgálat előtti keresztmetszet hányadosa. (14. ábra)

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



14. ábra. Az egyezményes folyáshatár meghatározása

Melegszilárdság: a tartósan magasabb hőmérsékleten üzemelő termékek, szerszámok fontos szilárdsági jellemzője. A szakítóvizsgálatot az előírt hőmérsékletű próbatest kell elvégezni és így meghatározni a folyáshatárát.

Rugalmassági modulusz: E [MPa] a rugalmas szakasz meredekségéből számítható anyagjellemző, amely az anyag rugalmas viselkedéséről ad tájékoztatást

A szakítódiagram alapján megadható az anyagok rugalmassági határa is, amely a folyási határnál kisebb értékű feszültséget jelent.

A **rugalmassági határ** az a legnagyobb feszültség, amelynek hatására kialakuló maradó alakváltozás nem haladja meg a 0,02%-ot. Jellemezhető erővel ($F_{0,02}$) vagy feszültséggel ($\sigma_{0,02}$)

Alakváltozási jellemzők⁴:

A próbatest a szakító vizsgálat során megnyúlik, keresztmetszete lecsökken. A vizsgálat előtti és a szakadás utáni adatok ismeretében kiszámítható a szakadási nyúlás és a legnagyobb keresztmetszet – csökkenés értéke, amelyek fontos információkat jelentenek a vizsgált anyag alakíthatóságáról

Százalékos (szakadási) nyúlás: A [%] az eredeti jeltávolságnak a próbatest elszakadásáig bekövetkezett maradó megnövekedése ($L_u - L_0$) az eredeti jeltávolság (L_0) százalékában kifejezve

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

Százalékos keresztmetszet-csökkenés (Kontrakció) Z [%]: a próbatest keresztmetszetének legnagyobb változása a szakítóvizsgálat során ($S_0 - S_u$) az eredeti keresztmetszet (S_0) százalékában kifejezve.

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

A szakítóvizsgálat eredményét befolyásoló tényezők:

- a próbatest alakja, mérete, felületi minősége
- a szakítás sebessége
- a vizsgálati körülmények pl. a hőmérséklet

3. Egyéb statikus vizsgálatok

NYOMÓVIZSGÁLAT

A nyomóvizsgálat

⁴ <http://www.sasovits.hu/anyag/szakit/szakit.htm> (2010. 08. 05)

A nyomóvizsgálat során az anyagok nyomó igénybevétellel szembeni ellenállását vizsgáljuk.

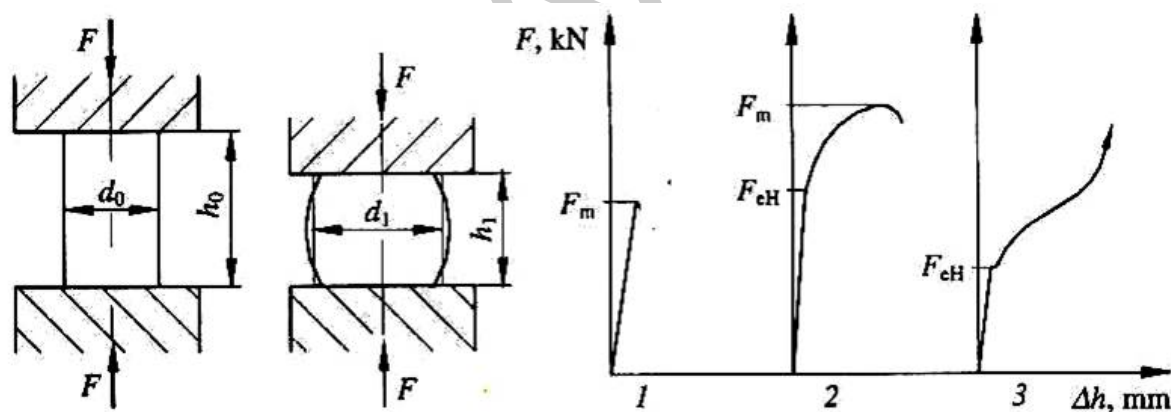
A vizsgálatot általában a rideg anyagoknál, például az öntöttvasaknál, keményfémeknél, kerámiáknál alkalmazzák. A rideg anyagok rugalmas alakváltozás után általában eltörnek.

A vizsgálat során a próbatest terhelését folyamatosan törésig kell növelni és a mért törőerőből és a vizsgált próbatest keresztmetszetéből számítható a nyomószilárdság (törésszilárdság)

$$R_v = \frac{F_v}{S_0} [\text{MPa}]$$

Ha az alakváltozás folyamatát is vizsgálni **akarjuk**, akkor a próbatest terhelését folyamatosan vagy azonos terhelési lépcsőkben szakaszosan növelve törésig kell elvégezni és ekkor a számítást az alaphossz változásából kell **végezni**.

A szívós, és képlékeny anyagok a nyomóvizsgálat során először "hordósodnak", majd bizonyos alakváltozás után a felületükön repedések jelennek meg. A vizsgálatot általában az alakíthatóság vizsgálatának a céljából végzik (technológiai vizsgálatok) az első repedés megjelenéséig.



15. ábra. Nyomóvizsgálat⁵

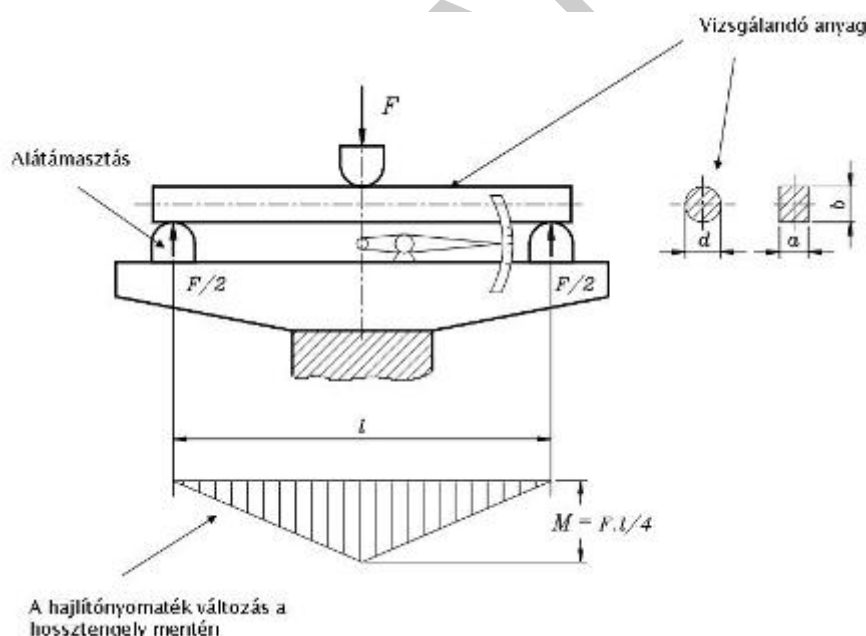
⁵ http://www.sze.hu/~csizm/Gepipari%20mernokasszisztens_Anyagismeret/Harmadik.pdf (2010. 08. 08.)

Az ábrán látható diagramok közül az első (1) a rideg anyagokra jellemző, a második (2) a szívós és a harmadik diagram (3) a lágyacélok diagramja. Jól látható, hogy a rideg anyagok kis összenyomódás (rövidülés Δh) után már eltörnek, míg a szívósabb anyagoknál jóval nagyobb nyomóterhelést bírnak és nagyobb az alakváltozásuk. A lágyacélok diagramjában van egy pont, ahol hirtelen megnő a terhelés és a gép terhelési határáig sem következik be a törés. Ezeknél az anyagoknál a nyomószilárdság (törőszilárdság) nem határozható meg, csak a folyáshatár megállapítására alkalmas a vizsgálat.

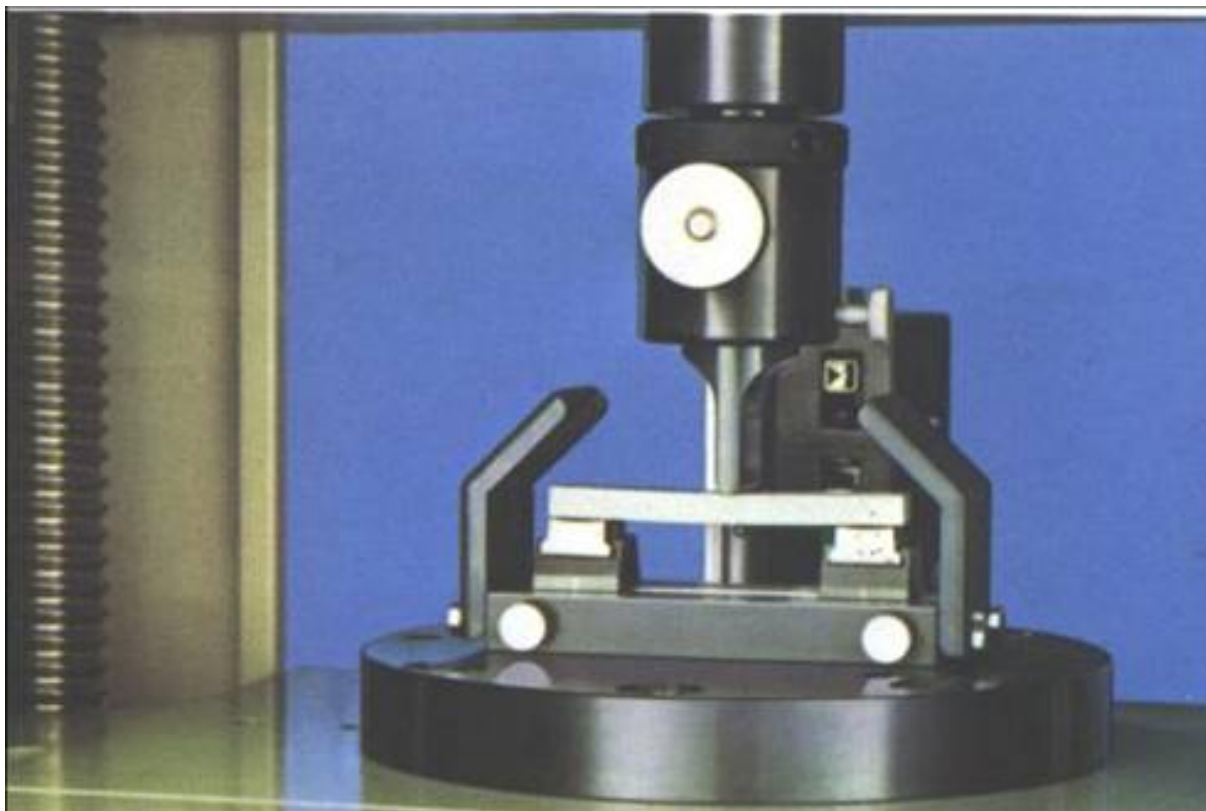
HAJLÍTÓVIZSGÁLAT

A hajlítóvizsgálattal az anyagok hajlító igénybevétellel szembeni ellenállását vizsgáljuk.

A hajlítóvizsgálatot is elsősorban rideg anyagok esetén alkalmazzák. A vizsgálat folyamán a próbatestet kéttámaszú tartóként két legömbölyített, élszerű alátámasztás között párhuzamosan és középen elhelyezett él mentén kell törésig terhelni. A törőerőből, a támaszok távolságából és a keresztmetszeti tényezőkből számítható ki a hajlítószilárdság
Jele: R_{mH} [MPa]



16. ábra. A hajlítóvizsgálat elve⁶



17. ábra. A hajlítóvizsgálat

Ha a képlékeny alakíthatóságát vizsgáljuk egy képlékeny vagy szívós anyagnak, akkor egy meghatározott hajlásszögig vagy az első repedés megjelenéséig végezzük a vizsgálatot, de ezeket a vizsgálatokat már a technológiai vizsgálatok közé soroljuk. (részletes tárgyalás is ott történik)

4. Dinamikus vizsgálatok

A gépszerkezetek, gépalkatrészek egy része működése során dinamikus lökészerű, ütésszerű igénybevételnek van kitéve. A dinamikus igénybevétellel szemben az anyagok ellenállása jóval kisebb, mint a statikus igénybevételekkel szemben.

Az anyagok dinamikus igénybevétellel szembeni ellenállásának vizsgálatára szolgálnak a dinamikus szilárdsági vizsgálatok.

A dinamikus vizsgálatok egyik legelterjedtebb módja a Charpy-féle⁷ ütészvizsgálat vagy ütve hajlító vizsgálat.

⁷ Különböző elnevezést használnak a szakirodalmak

A Charpy-féle ütészivsgálattal az anyagok szívós, illetve rideg viselkedését és ezek körülményeit (pl. átmeneti hőmérsékletét) vizsgálhatjuk meg.

A vizsgálat megismerése előtt értelmezzünk néhány a témához kapcsolódó alapfogalmat!

Rideg anyagok: azok, amelyek képlékenyen nem alakíthatóak, a törés körülményeitől (pl. a hőmérséklettől) függetlenül mindig ridegen törnek. Például edzett szerszámacélok, az öntvények, az üveg, vagy a kerámia

Vannak azonban olyan körülmények – mint például a nagyon alacsony hőmérséklet – amikor az egyébként jól alakítható és szívósan viselkedő anyagok is ridegen törhetnek, ridegen viselkedhetnek. Az anyagoknak a körülmények változásából adódó ridegségét az **anyagok rideg viselkedésének** nevezzük.

A rideg anyagokat nem alkalmazzuk dinamikus igénybevételnek kitett alkatrészek (pl. rugók, tengelyek) készítésére. Az anyagok rideg viselkedését, illetve azokat a körülményeket, amelyek hatására az anyag ridegen viselkedik, meg kell határozni. Erre alkalmazható például a különböző hőmérsékleten végzett Charpy-féle ütészivgálat.

Átmeneti hőmérsékletnek nevezzük azt a hőmérsékletet, amely fölött az anyag szívósan, alatta ridegen viselkedik. Minél kisebb egy szerkezeti anyag átmeneti hőmérséklete, annál jobban alkalmazható a hidegben üzemelő alkatrészek készítésére.

A szívós törést nagy, képlékeny alakváltozás előzi meg és inhomogenitásból vagy anyaghibából indul ki.

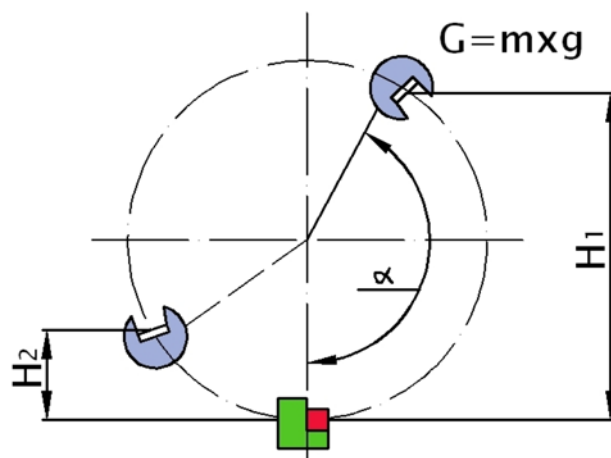
Rideg töréskor előzetes alakváltozás nélkül az elváló felületek mentén hirtelen és egyszerre felszakadnak a kémiai kötések. Bekövetkezhet terheletlen állapotban is.

A ridegtörést elősegíti:

- az anyag rideg jellege
- a nagy (dinamikus) igénybevételi sebesség
- többtengelyű húzó feszültségi állapot
- a felület egyenetlenségei,
- hirtelen méretváltozások
- nagy ismétlődési száma és
- alacsony hőmérséklet

A CHARPY-FÉLE ÜTÉSVIZSGÁLAT

A Charpy-féle ütve hajlító vizsgálat egy szabványosított⁸ vizsgálat, amelynek során egy bemetszett próbatestet egy ingás ütőművel egyetlen ütéssel eltörnek. A bemetszett próbatest elhelyezését és a vizsgálat elvét a 21. ábrán tanulmányozhatjuk



18. ábra. Az ütésvizsgálat elve

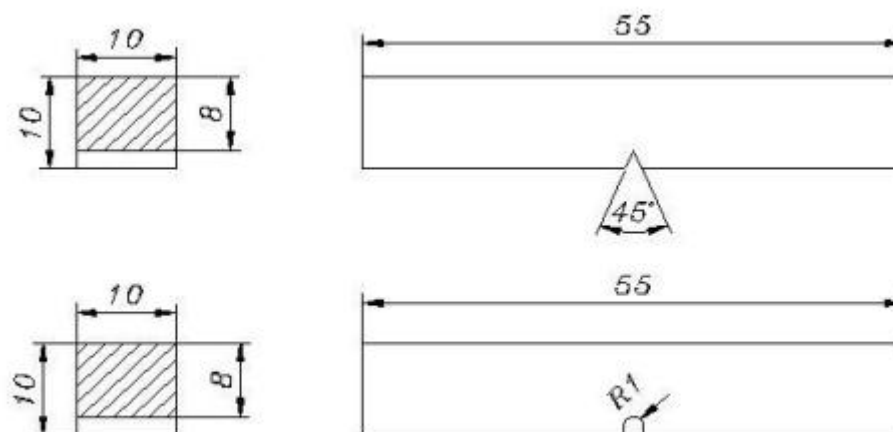
A vizsgálat végrehajtásához szükséges gépek, eszközök:

- ütőgép (5; 10; 50; 150; 300J ütéenergia)
- próbatestek (szabványos)
- tolómérő
- beállító sablonok
- szárazjég, kemence (különböző hőmérsékleten történő vizsgálatok esetén)
- fogó, kesztyű (a próbadarabok ütőgépbe helyezéséhez)
-

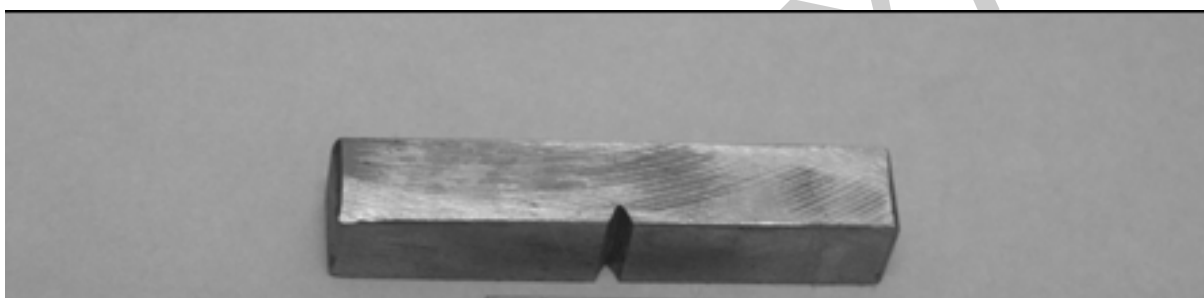
A próbatest általában szabványos⁹ kialakítású, 10x10x55 nagyságú, V vagy U bemetszésű (22. ábra). A szabványban előírt méreteit + 0,02 mm pontossággal kell meghatározni.

⁸MSZ EN 10045-1

⁹Jelenleg az MSZ EN 10045-1 alapján



19. ábra. Próbatess az ütésvizsgálathoz



20. ábra. "V" bemetszésű próbatess



21. ábra. Charpy-féle ütésvizsgáló berendezés

A vizsgálattal meghatározható jellemzők:

- az ütőmunka (szabványos próbatesteknél)
- fajlagos ütőmunka
- átmeneti hőmérséklet

Az **ütőmunka** KV vagy KU [J] a próbatest eltöréséhez szükséges munka, amely az ütőkalapács tömegéből és a magasságkülönbségből számítható ki

Minél nagyobb az anyag ütőmunkája, annál nagyobb energia kell az eltöréséhez, tehát annál szívósabb

$$KV = m \cdot g(H_1 - H_2); \text{ vagy } KU = m \cdot g \cdot (H_1 - H_2) \text{ [J]}$$

A fajlagos ütőmunka: KCV vagy KCU [J/m²] vagy [J/cm²] a nem szabványos méretű próbatest esetén az ütőmunkát a tényleges törött keresztmetszetre vonatkoztatva lehet megadni

$$KCV = \frac{KV}{S}; \text{ vagy } KCU = \frac{KU}{S}$$

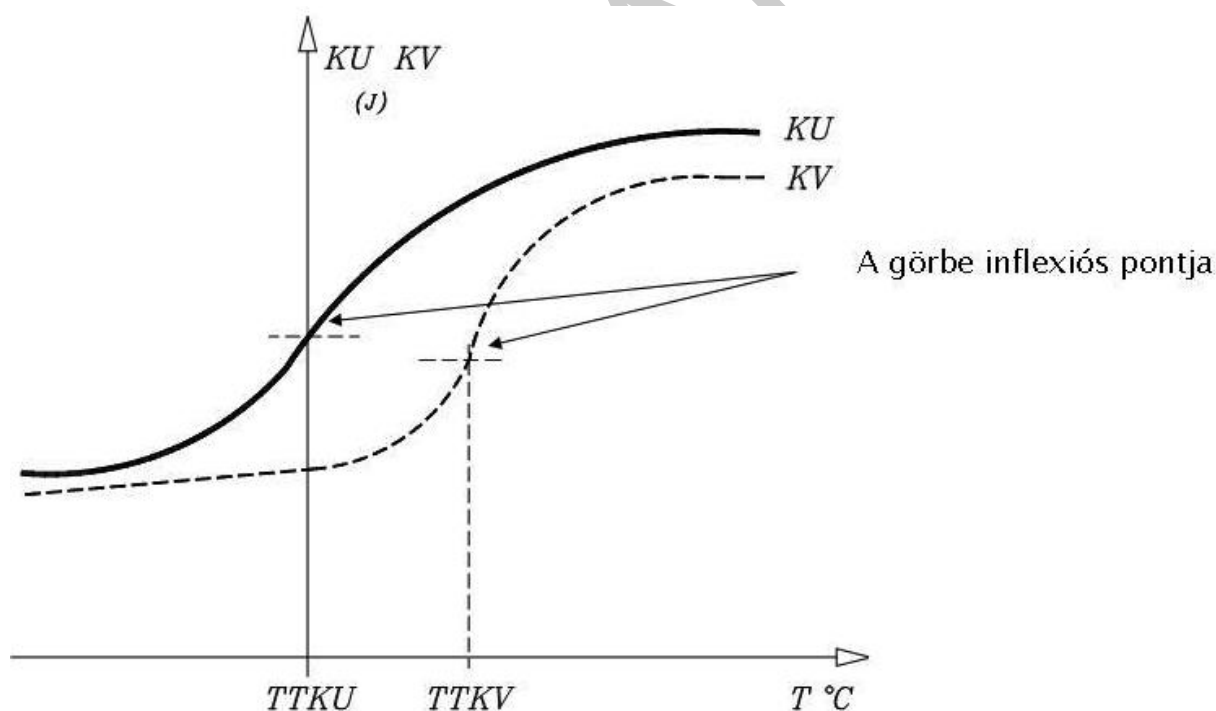
Az ütőmunka vagy fajlagos ütőmunka értéke csak a szívósan viselkedő anyagok összehasonlítására, szívóssági sorrendbe állítására alkalmas.

A katasztrófák hívták fel a figyelmet arra, hogy az előírt anyagjellemzőkkel (szakítószilárdsággal, folyáshatárral) rendelkező szerkezetek, gépalkatrészek (pl. hidak, hajók, tartályok, tengelyek) különböző tényezők hatására mégis károsodhatnak, törhetnek. Az egyik ilyen külső tényező lehet a hőmérséklet.

Az átmeneti hőmérséklet [TTKV, TTKU (°C)] az anyagok ridegtörési hajlamának a jellemzésére szolgál. Az adott anyagminőség adott körülmények között az átmeneti hőmérsékleten ridegen viselkedik.

Minél alacsonyabb az anyag átmeneti hőmérséklete, annál nagyobb a ridegtöréssel szembeni ellenállása

Az átmeneti hőmérséklet meghatározására a szabványos Charpy-féle V vagy U bemetszésű azonos anyagból készült próbatesteket különböző hőmérsékleteken törik el, majd a hőmérséklet függvényében ábrázolják az ütőmunka változását (25. ábra). Az átmeneti hőmérséklet (TTKV vagy TTKU) leolvasható a görbe inflexiós pontjához vagy egy megadott ütőmunka értékhez tartozó hőmérséklet leolvasásával. Ez utóbbi esetben az átmeneti hőmérsékletet az ütőmunka feltüntetésével adjuk meg, például a TTKV41J. A vizsgálat csak az anyagok összehasonlítására, ridegtörési hajlamuk rangsorolására alkalmas.



22. ábra. Az átmeneti hőmérséklet meghatározása

5. Fárasztó vizsgálatok

A gépek, berendezések szerkezeti elemei, alkatrészei nagyszámú, ismétlődő igénybevétel esetén a folyáshatárnál kisebb feszültség esetén is eltörhetnek, tönkremehetnek.

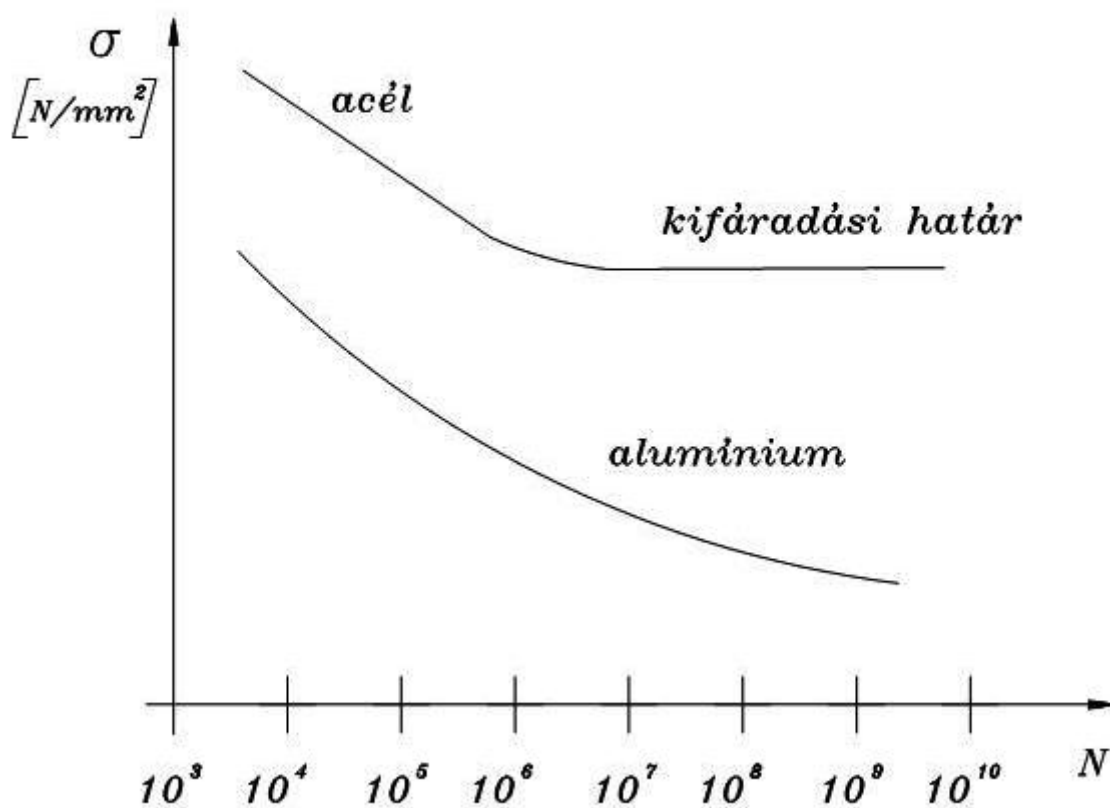
A jelenség az anyag kifáradásával magyarázható.

Kifáradási határ feszültség (σ_{KH}): az a legnagyobb feszültség, amelyet az anyag elvben végtelen sokszor kibír

A kifáradási határfeszültséggel tehát az anyag elvben végtelen sokszor terhelhető. A gyakorlatban a terhelésnek egy véges ismétlődési számát (N) adjuk meg, amely esetén a törésnek nem szabad bekövetkeznie. Például az acélok esetén $N = 10^7$. A kifáradási határfeszültség jól értelmezhető a Wöhler görbe alapján (26. ábra)

Nem minden anyagnak van kifáradási határa!

Például az alumínium ötvözetek, a saválló acélok, a nagyszilárdságú acélok esetében a Wöhler görbe második szakasza nem vízszintes, így a kifáradási határ nem értelmezhető.



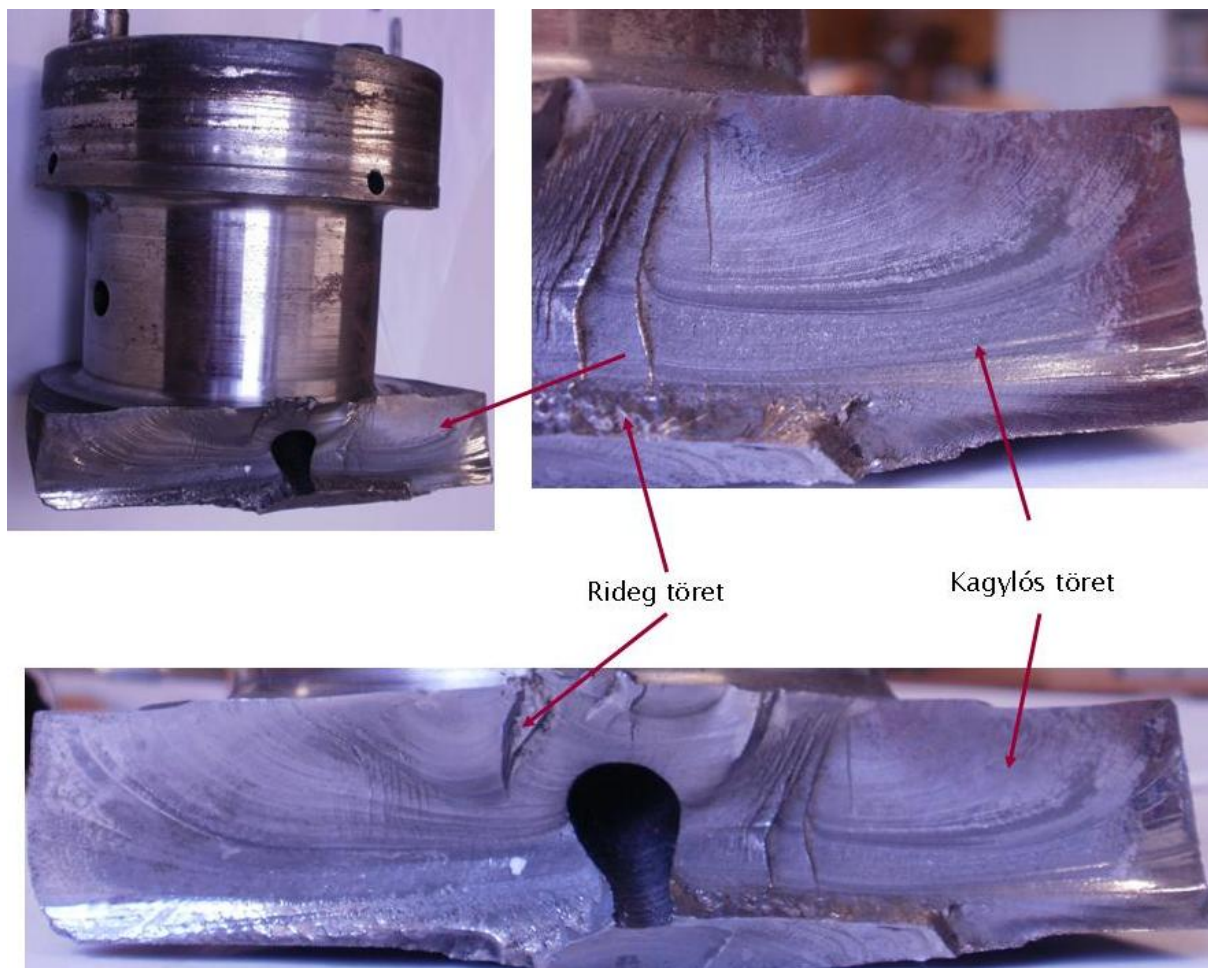
23. ábra. Wöhler görbe¹⁰

Az anyag kifáradása esetén bekövetkező törést fáradttörésnek vagy fáradásos törésnek nevezzük.

A kifáradásos törés felismerhető a törés jellegéből, a tört felület egy kagylós, barázdált és egy szemcsés ridegen tört részből áll.

¹⁰

http://www.sze.hu/~csizm/NGB_AJ029_1%20Anyagvizsg%Elat_M%FBszaki%20menedzser%20Gy%Elrt%E1si%20folyamatok%20szakir%E1ny/5_kifaradas.ppt#282,24,Vizsgálati módok
(2010. 08.20)



24. ábra. A kifáradásos törés felülete

A fáradásos törés kialakulásának szakaszai:

- mikrorepedés alakul ki,
- az ismétlődő igénybevételek hatására szívósan terjed a repedés,
- bekövetkezik a ridegtörés.¹¹

A kifáradást elősegítő tényezők:

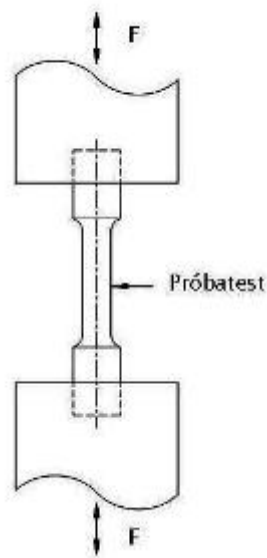
- a terhelés ciklusosan ismétlődő jellege
- az anyag durva szemcsézete,
- a feszültséggyűjtő helyek: éles sarkok, hirtelen keresztmetszet-változások
- anyaghibák: folytonossági hiányok, zárványok
- az anyag felületi érdessége,
- korrózió

- a felületi hőkezelések és a mechanikus felületi kezelések pl. a szemcseszórás

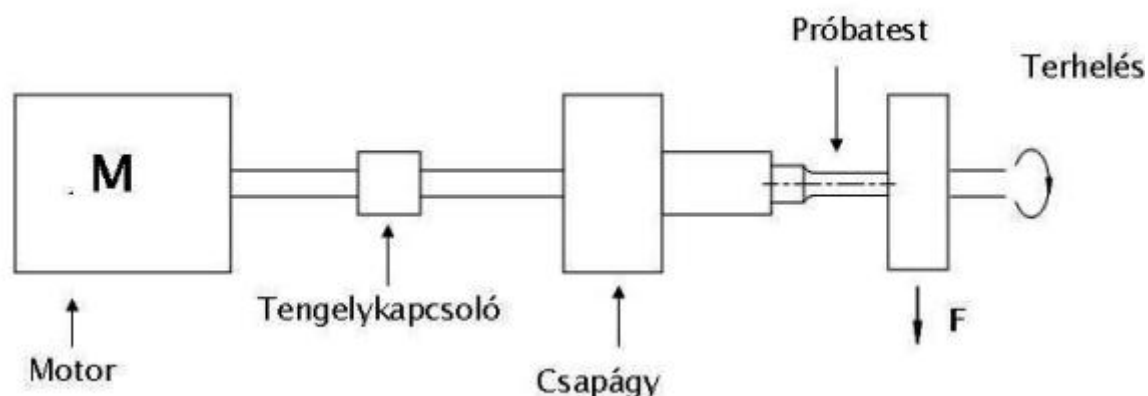
A kífáradási határ meghatározása **fárasztóvizsgálatokkal** történik

Fárasztóvizsgálatok:

- Húzó vizsgálat
- Húzó–nyomó fárasztóvizsgálat (28. ábra)
- Forgó – csavaró, ill. hajlító vizsgálatok (29. ábra)
- Hajlító vizsgálat
- Összetett igénybevételű vizsgálatok



25. ábra. Húzó–nyomó fárasztógép elve



26. ábra. Forgó-csavaró fárasztógép¹²

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Nézzen körül az otthonában és állapítsa meg a különböző tárgyak (polcok, fogasok, TV állványok stb.) igénybevételeit! Keressen olyan tárgyat, amelyek húzó igénybevételnek vannak kitéve! Tapasztalatait jegyezze fel és beszélje meg tanárával, oktatójával!
2. Tanulmányozza a műhelyben az forgácsoló gépek felépítését, működését és határozza meg, milyen igénybevételnek vannak kitéve az egyes szerkezeti elemek! Tapasztalatait jegyezze fel és beszélje meg tanárával, oktatójával!
3. A szakítóvizsgálat hosszú múltra tekint vissza, melyet kb. 100 éve szabványosítottak. Nézzen utána milyen volt Leonardo da Vinci kötélszakító gépe?
4. Nézzen utána milyen húzóerőt képes kifejteni a világ legnagyobb szakítógépe! Keressen az interneten vagy katalógusokban képeket a különböző típusú szakítógépekről! Hasonlítsa össze adataikat!

Pl. Dr. Lovas Jenő: Mechanikai anyagvizsgálat

http://szft.elte.hu/~gubicza/szilfizjegyzet/mechanikai_anyagvizsg_1.pdf (2010. 08.15)

¹²

http://www.sze.hu/~csizm/NGB_AJ029_1%20Anyagvizsg%20lat_M%20FBszaki%20menedzser%20Gy%20rt%20si%20folyamatok%20szakir%20ny/5_kifaradas.ppt#282,24,Vizsgálati módok (2010..08.20)

5. Figyelje meg a 13. ábrán a hőmérséklet növekedésével hogyan változnak a szilárdsági és alakváltozási jellemzők!

- Szakítószilárdság
- Folyáshatár
- Nyúlás

6. Tanulmányozza a különböző szerkezeti anyagok szilárdsági alakváltozási jellemzőit a műszaki táblázatokban található adatok alapján!

Hasonlítsa össze a különböző szerkezeti anyagok (pl. acélok, öntöttvasak, réz, alumínium, műanyagok, kompozitok) anyagjellemzőit! Tegye növekvő sorrendbe a felsorolt anyagokat szakítószilárdságuk és folyáshatárjuk alapján!

A feladat csoportmunkában is elvégezhető a tanára által kijelölt anyagok jellemzőinek a kikeresésével!

Ajánlott források:

Frischherz–Dax–Gundelfinger_Haffner–Itchner–Kotsch–Staniczek: Fémtechnológiai táblázatok B+V lap-és Könyvkiadó Kft, 1997 (111–117; 139. oldal)

Fenyvessy Tibor–Fuchs Rudolf–Plósz Antal Műszaki táblázatok, Budapest (169–181 oldal; 189–190)

7. Keressen példákat a tanműhelyben, otthonában, üzemekben működő gépekben, szerkezetekben olyan gépalkatrészekre, amelyek:

- dinamikus igénybevételnek
- ridegtörésnek,
- nagyszámú, ismétlődő igénybevételnek vannak kitéve!

Beszélje meg tanárával, oktatójával választását!

8. Keressen az interneten képeket, cikkeket:

- nagyméretű hidegben üzemelő szerkezetek hajók (pl. Titanic), hidak, tartályok ridegtörésére,
- gépelemek (tengelyek, fogaskerek stb.) törésére!

Figyelje meg a törés jellegét!

Ajánlott honlapok:

www.mtt.bme.hu/oktatas/segedanyagok/.../mech_avi2_ene.ppt

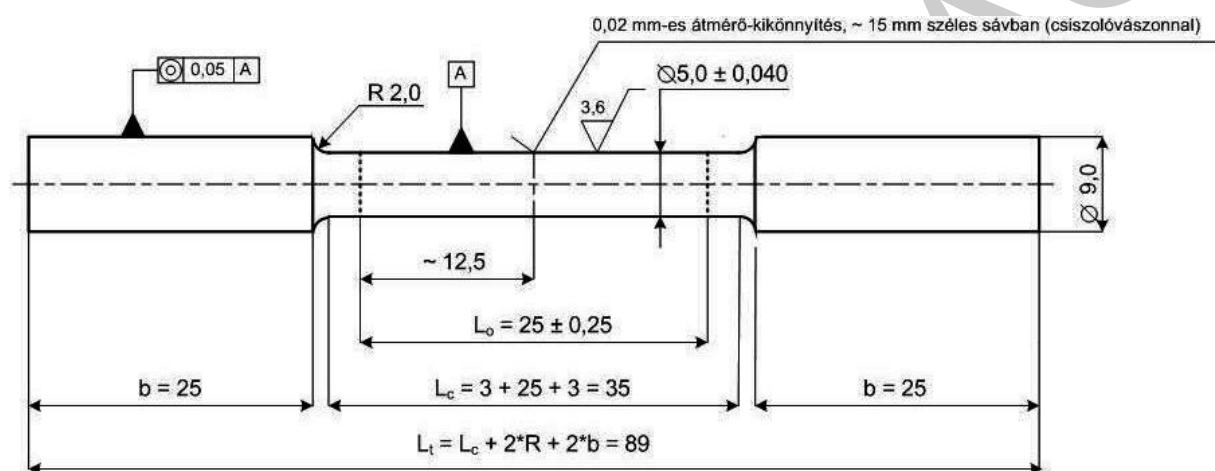
www.mtt.bme.hu/oktatas/segedanyagok/.../allapottenyezok_alap.pdf

http://www.sze.hu/~csizm/NGB_AJ029_1%20Anyagvizsg%El%lat_M%FBszaki%20menedzser%20Gy%El%rt%El%si%20folyamatok%20szakir%El%ny/4_dinamikუსigenybevetel_toresmechanika.ppt#275,

MÉRÉSI GYAKORLATOK

1. sz. Mérési feladat

- A kiadott próbatestek szakítóvizsgálatának elvégzése
- A szilárdsági és alakváltozási jellemzők megadása
- Mérési jegyzőkönyv készítése
-



27. ábra. Szakítópróbatest (forgácsolt méretek)

A mérést a szakítógéppel két fő végezze el két különböző anyaminőségű próbatesten! (18. ábra). A mérés során segítsék, ellenőrizték egymás munkáját. A szükséges eszközöket a gép melletti asztalról választhatják ki. A szakítógép típusától és felszereltségétől függően végezzék az egyes feladatokat!

A mérést a munka-és balesetvédelmi szabályokat betartásával végezzék el!

A mérés menete:

- A vizsgálatra előkészített próbatestek jellemző méreteinek a meghatározása tolómérővel (L_0 ; d_0 .)
- A próbatesten a jeltávolság bejelölése (L_0)
- A próbatest befogása a szakítógépbe, a finom nyúlásmérő (ha az adott szakítógép rendelkezik nyúlásmérővel) elhelyezése
- A próbatest elszakítása a megadott sebességgel
- Az elszakadt próbatest adatainak a meghatározása tolómérővel (L_u ; d_u)
- A szakítódiagram elkészítése ill. – ha gép készíti el – kinyomtatása
- A következő jellemzők meghatározása:

- Szakítószilárdság (R_m MPa)
- Folyáshatár (R_{eH}) ill. egyezményes folyáshatár ($R_{p0.2}$)
- Szakadási nyúlás A_{10} %, illetve A_5 %
- A hengeres próbatestnél a keresztmetszet-csökkenés (kontrakció (Z%))
- A jegyzőkönyv elkészítése (lehetőség szerint számítógéppel)
- A különböző anyagminőségek mért anyagjellemzőinek az összehasonlítása
- Régebbi típusú szakítógépeken:
- A gép és X-Y író bekapcsolása
- A próbatest befogása
- A mérés elindítása
- A folyás jellegének elemzése
- A folyáshatás és a maximális erő között egy leállás, átmérő mérése
- A maximális erő és a törés között 2-3 mérés
- A jellegzetes pontokhoz tartozó értékek leolvasása
- Az eltört próbatesten a kontrakció helyétől távol átmérő mérés
- A törés helyén átmérő mérés
- Összeillesztett próbatest szakadás utáni mérőhosszának mérése
- A mért adatok jegyzőkönyvben rögzítése

A jegyzőkönyvnek az alábbiakat kell tartalmaznia

- a mérést végzők adatai
- a mérés helye, ideje
- alkalmazott gépek, eszközök adatai
- a szakítás sebessége (szabvány)
- mérési vázlat
- a próbatest adatai szakítás előtt
- mérési eredmények, próbatest szakadás utáni adatai
- a mérés kiértékelése, jellemzők meghatározása

A szabványos anyagjellemzők számítása:		
	A számítás menete	Eredmény
Egyezményes folyáshatár, $R_{p0.2}$		
Szakítószilárdság, R_m		
Szakadási nyúlás, A_5 ; A_{10}		
Kontrakció, Z		

2. sz. Mérési feladat

A mérést minden tanuló egyedül végezze. A szükséges eszközöket a gép melletti asztalról választhatja ki! A feladatát a munka-és balesetvédelmi szabályok, betartásával végezze!

Feladatok:

- A megadott szabványos anyagminőség anyagjellemzőinek a kikeresése a szabványból
- A próbatest előkészítése a méréshez
- A próbatest elszakítása
- A szakítópróbatess szakadás utáni jellemzőinek a meghatározása: R_m , R_{eH} , A_{10} , Z
- A szakítódiaagram értékelése
- Az anyag minősítése, összehasonlítása a szabványos értékekkel (Műszaki táblázatok)
- Mérési jegyzőkönyv elkészítése

3. sz. Mérési feladat

Csoportmunkában végezhető!

Megadott szakítódiaagramok és a vizsgált próbatestek mért adatai alapján határozzák meg négy különböző széntartalmú acél szakítószilárdságát és folyáshatárát! Az eredményeket írja a táblázatba! Figyelje meg, hogyan változnak a jellemzők a széntartalom növekedésével!

Például:

1. csoport: $C = 0,3\%$

2. csoport $C = 0,6\%$

3. csoport $C = 1\%$

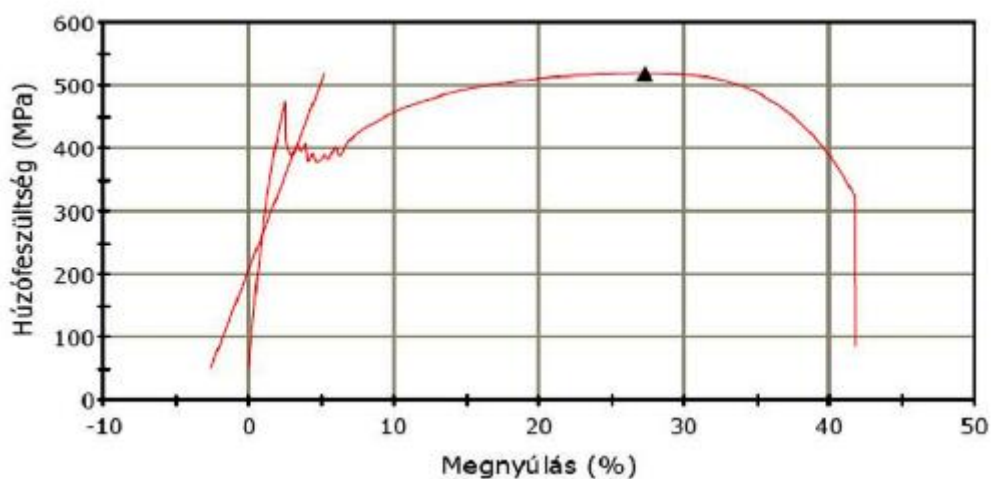
4. csoport $C = 1,2\%$

Széntartalom C%	R_m (MPa)	R_{eH} (MPa)	A%	Z%
0,3				
0,6				
1,0				
1,2				

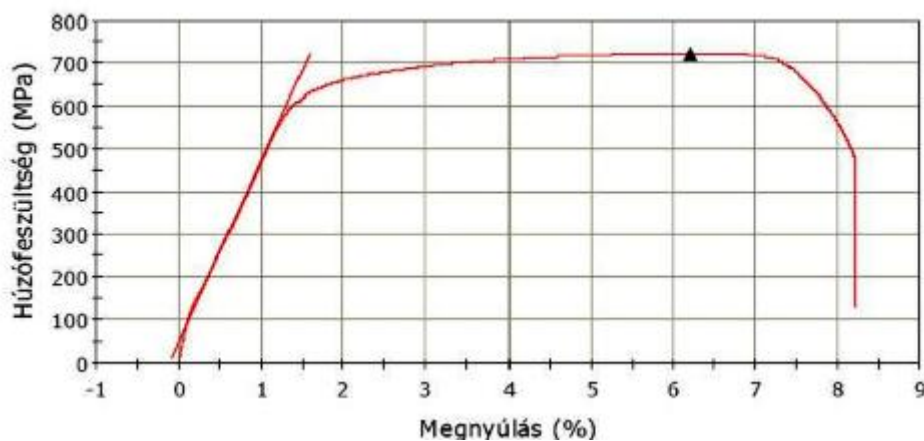
Következtetések: _____

4. sz. feladat A mérési adatok kiértékelése (*Tanári segítséggel, minta alapján*)

Gyakorolja a szakítódigramok leolvasását értelmezését a 19. és 20. ábrákon megadott diagramokon! Hasonlóképpen végezze el a mérési gyakorlatok során készült szakítódigramok értelmezését!



28. ábra. Szakítódigram (1. sz.)



29. ábra. Szakítódigram (2. sz.)

- Olvassa le a vizsgált anyag szakítószilárdságát!
- Van-e az vizsgált anyagminőségnek folyáshatára? Ha van mennyi ennek a felső értéke?
- Hány százalékos a nyúlás szakadáskor?
- Hány százalék a nyúlás a maradandó alakváltozás kezdetekor?
- Mekkora a nyúlás legnagyobb értéke a próbatest rugalmas megnyúlásának szakaszában?
- Mekkora a szakadáskor fellépő húzófeszültség?
- Mennyi a húzófeszültség 30%-os nyúlásnál?
- Húzza meg a 2. sz. diagramon a 0,2% nyúlásnál a rugalmas szakasszal párhuzamos egyenest és olvassa le a $R_{p0,2}$ értékét!
- Milyen szabványos anyagminőséggel azonosítható a próbatest a mért adatok alapján? (Mindkét ábrára vonatkoztatva)
- Ön szerint melyik anyagminőség alkalmasabb forgácsolásra és melyik képlékeny alakításra?

5. sz. Mérési feladat

Végezze el az ütésvizsgálatot különböző összetételű anyagokon!

Az ütőmunka vizsgálat menete:

- sablon segítségével szimmetrikusan és 40 mm távolságra egymástól beállítjuk a támasztó karokat,
- a mutatót nullázzuk,
- a megmért bemetszési szélesség és vastagságból kiszámítjuk a próbatest kezdeti keresztmetszetét (S_0)
- a támasztókarokra helyezett próbatestet beállítjuk, ellenőrizzük,
- a kalapácsot a felső helyzetbe emelve, rögzítjük, (Vigyázat balesetveszély!)
- a forgószerkezettel oldjuk a kalapács rögzítését és elvégezzük a törést,
- a kalapácsot lefékezzük,
- a próbatest töréséhez felhasznált ütőmunka nagyságát 1 J pontossággal leolvassuk, lejegyezzük,
- a próbatest darabjait összegyűjtjük.

A mérés jegyzőkönyve tartalmazza:

- az anyagminőség és próba jelét,
- az ütőgép legnagyobb energiáját,
- a vizsgálat hőmérsékletét,
- a próbatest méreteit,
- a bemetszés alakját és méreteit,
- az ütőmunka értékét valamennyi próbatestnél, (azonos bemetszésű, 3 db próbatesten mért ütőmunka értékelésének átlaga)
- a fajlagos ütőmunka értékét valamennyi próbatestnél és a számított átlagot,
- a töret jellegét, (szívós, rideg, stb.)

Ha a próba nem törik el teljesen, akkor az ütőmunkát határozatlannak kell tekinteni, és fel kell tüntetni a jegyzőkönyvben! ("nem tört el")

Csoportmunkában is végezhető feladatok!

6. sz. feladat: A mérési adatok kiértékelése (*Tanári útmutatás, mintafeladat alapján*)

Ábrázolja a következő ütőmunka értékeket a hőmérséklet függvényében és állapítsa meg az átmeneti hőmérséklet értékét 39,2 °C-on!

Hőmérséklet °C	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10
Ütőmunka KV[J]	16,8	17,1	16,6	18,8	24,5	33,4	42	53,3	64,5	75,3

A vízszintes tengelyre a hőmérsékletet, a függőleges tengelyen az ütőmunkát vegye fel!

Jelölje ki a hőmérséklet tengelyén a 39,2 °C értéket és keresse meg a hozzátartozó ütőmunka értékét!

Adja meg a keresett ütőmunkát: $KV_{39,2} = ?$

7. Gyűjtse össze a tanult anyagjellemzőket! Készítsen táblázatot az alábbi minta alapján!

A mechanikai anyagjellemző			
Neve	Jele	Mértékegysége	Vizsgálata
Szakítószilárdság	R_m	MPa vagy N/mm ²	Szakítóvizsgálat

Oldja meg az önellenőrző feladatokat! Szükség esetén olvassa el újból a szakmai információtartalmat!

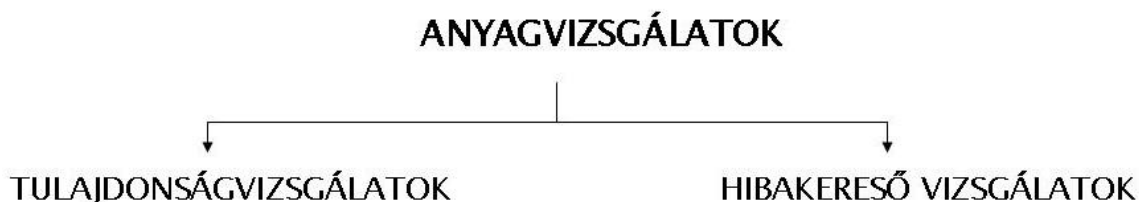
ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK**1. Válassza ki a helyes választ!**

A dinamikus igénybevétel az anyagot:

- a) Lassan, folyamatosan veszi igénybe
- b) Ismétlődően, váltakozó erőhatással terheli
- c) Ütésekkel terheli

2. Egészítse ki az ábrát! Írja a felsorolt vizsgálatokat a vonalra megfelelő vizsgálat neve alá!

Fizikai vizsgálatok, röntgenvizsgálatok, mágneses vizsgálatok, mechanikai vizsgálatok, technológiai vizsgálatok, jelzőfolyadékos vizsgálatok, kémiai vizsgálatok, ultrahangos vizsgálatok



3. Válassza ki a helyes választ!

Ha az anyag ütőmunkája nő, akkor az anyag:

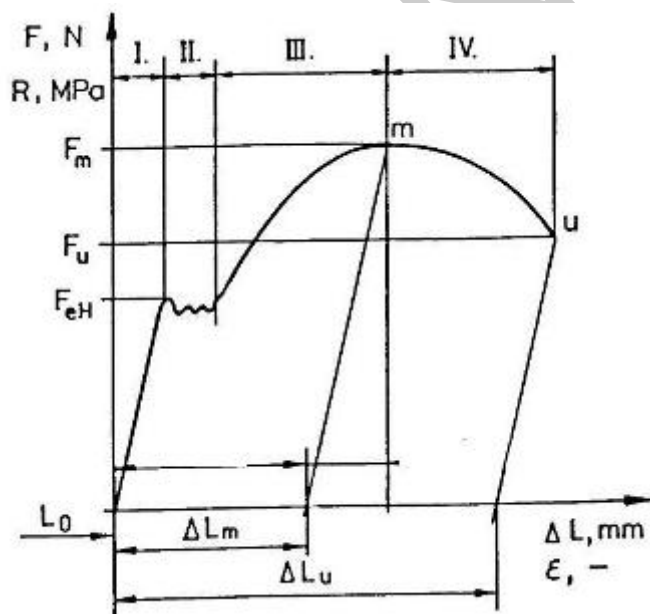
- a) Ridegebb
- b) Szívósabb
- c) Képlékenyebb

4. Válassza ki a helyes választ!

Csökkenő hőmérséklet esetén általában a fémek:

- a) Szívósabban viselkednek
- b) Rugalmasabbak lesznek
- c) Ridegebbé válnak

5. Nevezze meg a szakítódíagram megjelölt szakaszait!



31. ábra.

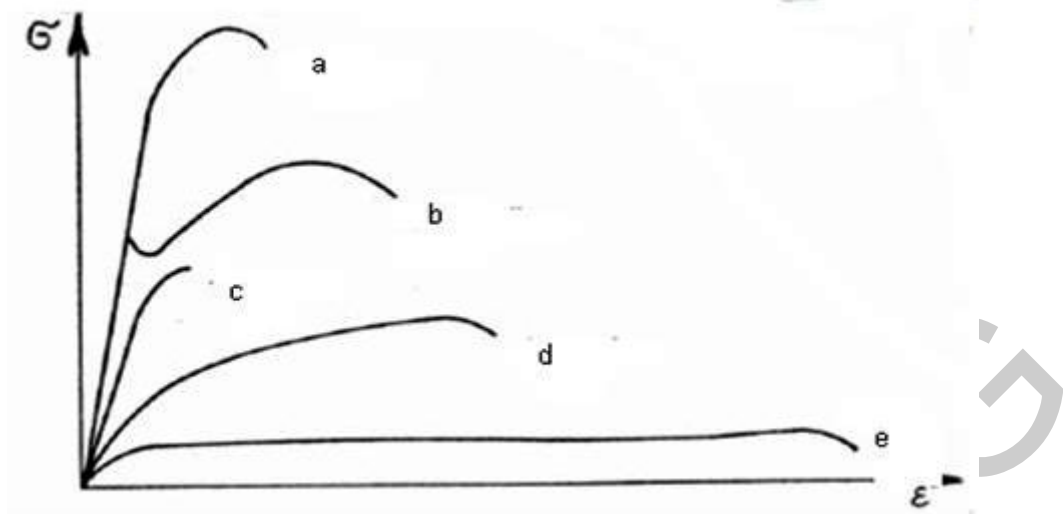
- I. _____
- II. _____
- III. _____
- IV. _____

6. Egészítse ki a következő meghatározásokat! Írja a helyes válaszokat a kipontozott vonalra!

- a) A a maradó alakváltozás kezdetét jelentő feszültség, amelyet a folyáshatárhoz tartozó erő és a vizsgálat előtti keresztmetszet hányadosával határozzunk meg.
- b) Aa próbatest vizsgálati hosszán kijelölt szakasz, melyet az alakváltozási jellemzők számításánál kiindulási hosszúnak tekintünk.
- c) A az a legnagyobb feszültség, amelyet az anyag elvben végtelen sokszor kibír
- d) A a tartósan magasabb hőmérsékleten üzemelő termékek, szerszámok fontos szilárdsági jellemzője.
- d) Aa vizsgálat során mért legnagyobb húzóerő és az vizsgálat előtti keresztmetszet hányadosa
- e) A törést nagy képlékeny alakváltozás előzi meg és inhomogenitásból vagy anyaghibából indul ki.
- .

7. Válassza ki a felsorolásból a szakítódiagramokhoz tartozó anyagminőséget és írja a sorszámát a kép alatti betűjele mellé!

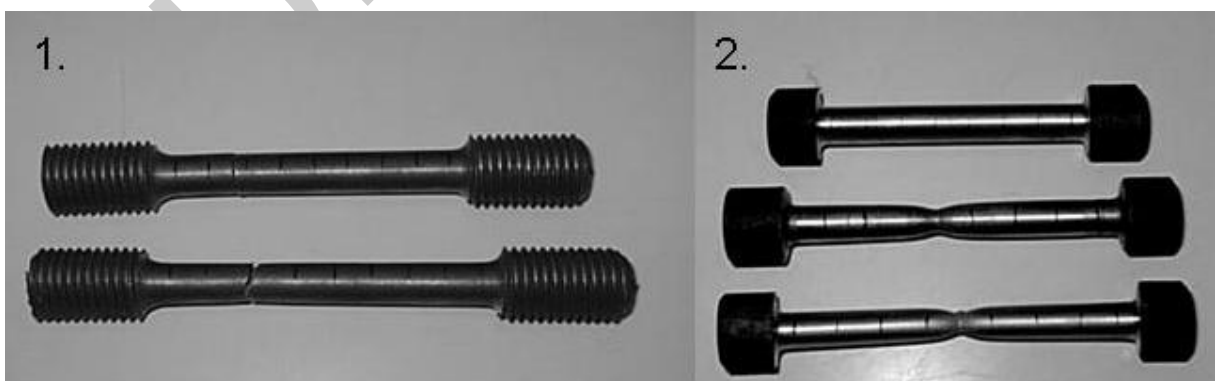
Öntöttvas, lágyacél, ólom, réz, rugóacél



32. ábra.

a	
b	
c	
d	
e	

8. Melyik képen látható próbatest anyaga rideg? Indokolja meg választát!



33. ábra.

9. Írja a következő jelölések mellé az anyagjellemző nevét!

Rm _____

KCV _____

A% _____

TTKU _____

Z _____

σ_{KH} _____

10. A 8. feladatban felsorolt anyagjellemzők közül melyiket határozható meg a felsorolt vizsgálatokkal?

Szakítóvizsgálattal _____

Charpy-féle ütésvizsgálattal _____

Fárasztóvizsgálatokkal _____

11. Melyik állítás igaz a szívós anyagok nyomóvizsgálatánál? Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

- a) Minél nagyobb a repedés megjelenéséig tapasztalható magasság csökkenés, annál jobb az alakíthatóság
- b) Minél kisebb a repedés megjelenéséig tapasztalható magasság csökkenés, annál jobb az alakíthatóság

12. Döntse el az alábbi állítások helyességét!

- a) Minél alacsonyabb az anyag átmeneti hőmérséklete, annál nagyobb a ridegtöréssel szembeni ellenállása
- b) A hajlító vizsgálatot is elsősorban képlékeny anyagok esetén alkalmazzák
- c) Rideg töréskor nagy alakváltozással az elváló felületek mentén egyszerre felszakadnak a kémiai kötések.
- d) A gépek, berendezések szerkezeti elemei, alkatrészei nagyszámú, ismétlődő igénybevétel esetén a folyáshatárnál kisebb feszültség esetén is eltörhetnek, tönkremehetnek
- e) Az alumínium esetében nem értelmezhető a kifáradási határ

a	
b	
c	
d	
e	

13. Számítási feladat

Gépacélból tengelyt készítünk. Gyártás előtt az anyagon szakítóvizsgálatot végzünk hosszúarányos próbatesten.

Adatok:

A próbapálca adatai szakítás előtt: $d_0 = 10 \text{ mm}$, szakítás után: $d_u = 6 \text{ mm}$, $L_u = 129 \text{ mm}$.
A mért húzóerők: $F_{eH} = 24600 \text{ N}$, $F_{\max} = 29300 \text{ N}$, $F_u = 26000 \text{ N}$.

Határozza meg:

- a próbatest jeltávolságát,
- a próbatest szakadás előtti és utáni keresztmetszetét,
- az anyag folyáshatárát,
- az anyag szakítószilárdságát,
- a fajlagos nyúlást
- a keresztmetszet csökkenést,
- a szakadás pillanatában az anyagban ébredő valódi feszültség értékét!

MEGOLDÁSOK

1. feladat

c)

2. feladat

Tulajdonságvizsgálatok: fizikai, mechanikai, technológiai, kémiai

Hibakereső vizsgálatok: röntgen, mágneses, jelzőfolyadék, ultrahangos vizsgálatok

3. feladat

b)

4. feladat

c)

5. feladat

I szakasz: **Rugalmas alakváltozás** szakasza

II. szakasz: A **folyás** szakaszán

III. szakasz: **Egyenletes alakváltozás** szakasza.

IV. szakasz A **kontrakció** szakasza

6. feladat

a) **A folyáshatár:** a maradó alakváltozás kezdetét jelentő feszültség, amelyet a folyáshatárhoz tartozó erő és a vizsgálat előtti keresztmetszet hányadosával határozzunk meg.

b) **A jeltávolság** a próbatest vizsgálati hosszán kijelölt szakasz, melyet az alakváltozási jellemzők számításánál kiindulási hosszúnak tekintünk.

c) **Kifáradási határfeszültség** (σ_{KH}): az a legnagyobb feszültség, amelyet az anyag elvben végtelen sokszor kibír

d) **Melegszilárdság:** a tartósan magasabb hőmérsékleten üzemelő termékek, szerszámok fontos szilárdsági jellemzője.

d) **Szakítószilárdság:** R_m [MPa vagy N/mm²] a vizsgálat során mért legnagyobb húzóerő és az vizsgálat előtti keresztmetszet hányadosa

e) **A szívós törést** nagy, képlékeny alakváltozás előzi meg és inhomogenitásból vagy anyaghibából indul

7. feladat

a– rugóacél; b – lágyacél; c – öntöttvas; d – réz; e–ólom

8. feladat

Az 1. képen látható próbatest anyaga rideg, mert a láthatóan nincs nyúlás és a törés helyén nincs elvékonyodva a próbatest.

9. feladat

R_m – szakítószilárdság (MPa)

KCV– fajlagos ütőmunka "V" bemetszésű próbatesten (J/cm²)

A – szakadási nyúlás (%)

TTKU– átmeneti hőmérséklet (°C)

Z– keresztmetszet-csökkenés (%)

σ_{KH} – kifáradási határfeszültség (MPa)

10. feladat

Szakítóvizsgálattal: R_m ; A; Z

Charpy-féle ütésvizsgálattal: KCV; TTKU

Fárasztóvizsgálatokkal: σ_{KH}

11. feladat

a)

12. feladat

a) Igaz

b) Hamis

c) Hamis

d) Igaz

e) Igaz

13. feladat

$$L_0 = 10 \cdot d_0 = 100 \text{ mm}$$

$$S_0 = d^2 \cdot \pi / 4 = 10 \cdot 10 \cdot 3,14 / 4 = 78,5 \text{ mm}^2 \quad S_u = d^2 \cdot \pi / 4 = 6 \cdot 6 \cdot 3,14 / 4 = 28,26 \text{ mm}^2$$

$$R_{eH} = F_{eH} / S_0 = 24600 \text{ N} / 78,5 \text{ mm}^2 = 313,37 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m = F_m / S_0 = 29300 \text{ N} / 78,5 \text{ mm}^2 = 373,25 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{10} = L_u - L_0 / L_0 \cdot 100 = ((129 - 100) / 100) \cdot 100 = 29 \%$$

$$Z = S_0 - S_u / S_0 \cdot 100 = ((78,5 - 28,26) / 78,5) \cdot 100 = 64\%$$

$$R_u = F_u / S_u = 26000 \text{ N} / 28,26 \text{ mm}^2 = 920 \text{ N/mm}^2$$

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Nádasdy Ferenc: Alapmérések Anyagvizsgálatok, Tankönyvmester Kiadó, 2001

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

<http://femvizsgalat.hu/index.php/hu/menu/erdekesssegek.html?id=55> (2010. 08. 05)

<http://www.sasovits.hu/anyag/szakit/szakit.htm> (2010. 08. 05)

<http://www.banki.hu/~aat/oktatas/gepesz/anyagtudomany1/mechavi1.ppt#296,26> (2010. 08. 07)

http://www.sze.hu/~csizm/Gepipari%20mernokasszisztens_Anyagismeret/Harmadik.pdf (2010. 08. 08.)

http://www.sze.hu/~csizm/tavoktatas/anyagvizsgalat%20aj43/2_szilardsagivizsgalatok.ppt#347,75, Hajlító vizsgálat (2010.08.08)

Dr. Lovas Jenő: Mechanikai anyagvizsgálat

http://szft.elte.hu/~gubicza/szilfizjegyzet/mechanikai_anyagvizsg_1.pdf (2010. 08.15)

<http://www.banki.hu/~aat/oktatas/gepesz/anyagtudomany1/gyakorlat/szakito.doc> (2010.08.15)

http://www.sze.hu/~csizm/NGB_AJ029_1%20Anyagvizsg%Elat_M%FBszaki%20menedzser%20Gy%Elrt%E1si%20folyamatok%20szakir%E1ny/5_kifaradas.ppt#258,3 (2010.08.20)

AJÁNLOTT IRODALOM

Nádasdy Ferenc: Alapmérések Anyagvizsgálatok, Tankönyvmester Kiadó, 2001

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

Frischherz–Dax–Gundelfinger–Haffner–Itchner–Kotsch–Staniczek: Fémtechnológiai táblázatok B+V lap-és Könyvkiadó Kft.

A(z) 0225–06 modul 008–as szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
31 521 02 0000 00 00	CNC-forgácsoló
31 521 09 1000 00 00	Gépi forgácsoló
31 521 09 0100 31 01	Esztergályos
31 521 09 0100 31 02	Fogazó
31 521 09 0100 31 03	Fűrészipari szerszámélező
31 521 09 0100 31 04	Köszörűs
31 521 09 0100 31 05	Marós
33 521 08 0100 31 01	Székraforgácsoló
33 521 08 0000 00 00	Szerszámkészítő

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
30 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