

MECHANIKAI VIZSGÁLATOK

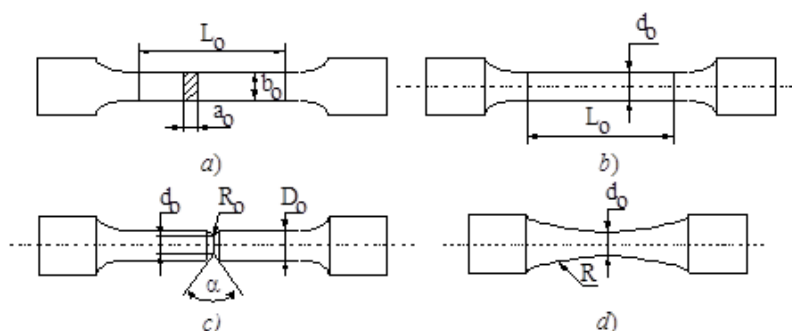
1 SZAKÍTÓVIZSGÁLAT

A szakítóvizsgálat alapvető célja az anyagok húzó igénybevétellel szembeni ellenállásának meghatározása és számszerű jellemzése. A szakítóvizsgálat segítségével meghatározhatjuk az anyag rugalmasságát, szilárdságát, alakváltozó képességét és szívósságát jellemző anyagjellemzőket és anyagi mérőszámokat. A vizsgálat lényege, hogy a vizsgálati próbatestet folyamatosan növekvő, egytengelyű húzóterheléssel általában szakadásig terheljük.

1.1 Próbatest

A szakítóvizsgálathoz rendszerint forgácsolással megmunkált próbatesteket alkalmaznak. Alapvetően kétféle próbatest típus használatos:

- négyszög keresztmetszetű (lapos) próbatest.
- kör keresztmetszetű (hengeres) próbatest



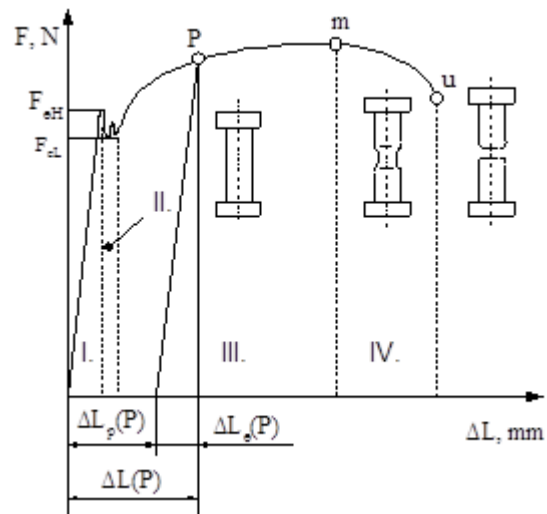
Az ábrán bemutatott próbatesteken három fő rész különböztethető meg: a fejrész, a középső, egyenes keresztmetszetű vizsgálati szakasz és a két rész közötti átmeneti szakasz. A fej kialakítása lehet sima, vagy menetes. A menetes fejkialakítás a központos befogást, és ezáltal az excentrikus hajlítás elkerülését biztosítja, ami különösen rideg anyagok vizsgálatánál fontos. A vizsgálati szakaszon belül kell kijelölni az eredeti jeltávolságot (L_0), amelynek megnyúlása a vizsgálat egyik fontos mérőszáma.

1.2 A szakítódiagram

A terhelés kezdetén a próbatest először rugalmasan alakváltozik (I. szakasz: rugalmas szakasz), amelyre a Hooke-törvény értelmében az a jellemző, hogy az alakváltozás lineárisan arányos a terheléssel. Ennek megfelelően a diagram rugalmas szakasza egyenes. A rugalmas alakváltozás alapvető jellemzője, hogy a terhelés megszüntetésekor a próbatest visszanyeri eredeti alakját. Ez azt is jelenti, hogy ha ebben a szakaszban megszakítják a vizsgálatot, és tehermentesítik a próbatestet, akkor a diagramíró visszatér a rugalmas egyenes mentén a diagram kiindulási pontjába. A rugalmas alakváltozás tehát reverzibilis folyamat. (Ebből az is következik, hogyha csak az anyag rugalmassági modulusának meghatározása a feladat, akkor ugyanazon a próbatesten több mérés is elvégezhető.)

Amikor a terhelés elér egy az anyagra jellemző kritikus értéket, elkezdődik a képlékeny alakváltozás, az anyag megfolyik. Ezt a II. szakaszt képlékeny (folyási) szakasznak, a képlékeny alakváltozás megindulásához tartozó kritikus feszültséget pedig folyáshatárnak nevezzük. Ekkor a szakítódiagramon egyes fémeknél töréspont és egy rövid, jellegzetes, ún.

folyási szakasz jelentkezik, mint például a lágyacélnál. Az ilyen anyagoknak határozott folyáshatára van. Előfordulhat az is, hogy a folyás kezdete után az erő csökken (4. ábra); ekkor a diagramban két folyási határt, illetve ehhez tartozó erőt lehet megkülönböztetni: F_{eH} - felső folyási erőt, F_{eL} - alsó folyási erőt. A jelenség oka az, hogy a kis átmérőjű ötvözőatomok (pl. N, C) a diszlokációk környezetében gyűlnek össze az úgynevezett Cottrell-atmoszférát képezve, és blokkolják a diszlokációk mozgását. A Cottrell-atmoszféra kialakulása miatt a diszlokáció mozgásának megindításához nagyobb feszültségre van szükség, majd a diszlokáció - elszakadva a diszlokációkat blokkoló atomoktól - kisebb feszültséggel is mozgásban tartható.



Vannak olyan fémek (pl. Al, Pb), amelyeknek a szakítódiagramjában nem jelentkezik töréspont, azaz nincs határozott folyáshatárjuk. Ilyenkor a 0.2 % maradó alakváltozáshoz tartozó feszültséget tekintjük folyáshatárnak (ezt egyezményes folyáshatárnak nevezzük).

A terhelés további növelésekor folytatódik a próbatest képlékeny alakváltozása. A próbatest teljes hosszában közel egyenletesen nyúlik úgy, hogy a keresztmetszete egyenletesen csökken. Ezt a III. szakaszt ezért az egyenletes nyúlás szakaszának nevezzük. Ebben a szakaszban a próbatest alakváltozó részének térfogata állandó. A képlékeny alakváltozás közben az anyagban lévő diszlokációk száma jelentősen megnő (például a Frank-Read források működése révén), s az egymást akadályozó, illetve a kiválásokon, szemcsehatárokon feltorlódó diszlokációk mozgatásához egyre nagyobb feszültségre van szükség; az anyag felkeményedik. Ez a folyamat a diagramon a maximális erőnek megfelelő pontig (F_m) tart. Ha az egyenletes nyúlás szakaszában megszakítjuk a vizsgálatot és tehermentesítjük a próbatestet, a diagramíró a rugalmas szakasszal párhuzamosan tér vissza, és a megnyúlás tengelyen leolvasható a próbatest maradék (ΔL_p) illetve rugalmas megnyúlása (ΔL_e).

Az egyenletes nyúlás befejeződése után az alakváltozás a próbatest egy meghatározott részére korlátozódik, a próbatest befűződik, elkezdődik a IV. ún. kontrakciós szakasz. A terhelés további növelésével a próbatest a kontrakció helyén egyre jobban elvékonyodik, majd elszakad.

1.3 Szakító vizsgálat során számítható anyagjellemzők:

Szakítószilárdság: a próbatestre ható F_m legnagyobb terhelő erő és az S_0 eredeti keresztmetszet hányadosa. Képlettel kifejezve: $R_m = \frac{F_m}{S_0}$

Folyáshatár: Azt a feszültséget, amelynél a terhelőerő növelése nélkül következik be a nyúlás (képlékeny alakváltozás). Mérés alapján a meghatározható az alsó, illetve felső folyáshatár. A folyási jelenség csak lágyacéloknál lép fel. Képlettel kifejezve: $R_H = \frac{F_H}{S_0}$

Egyezményes folyáshatár: az feszültség, amely 0,2%-os maradék nyúlást okoz.

Szakadási nyúlás: Az L_u szakadás után mért jeltávolságból kivonjuk az eredeti L_0 jeltávolságot, és ezt a különbséget elosztjuk az eredeti jeltávolsággal, majd az értéket szorozzuk 100-zal. Képlettel: $A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100\%$

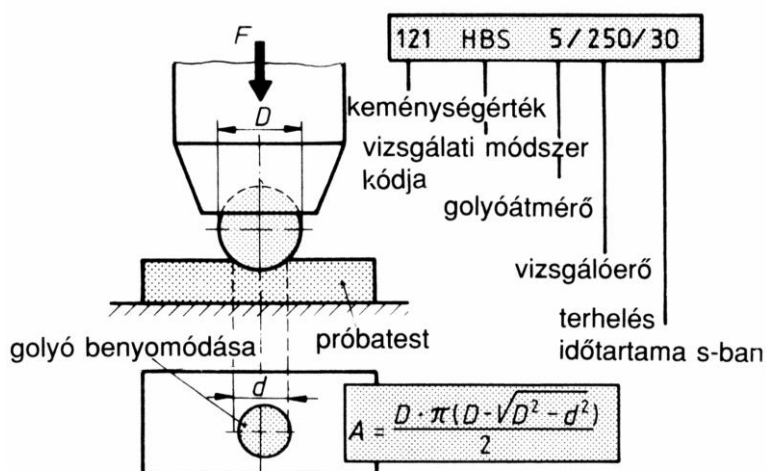
Kontrakció (keresztmetszet-csökkenés): Az eredeti S_0 keresztmetszetből kivonjuk az S_u szakadás után mért keresztmetszetet és ezt a különbséget elosztjuk az eredeti keresztmetszettel, majd az értéket szorozzuk 100-zal. Képlettel: $z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100\%$

2 KEMÉNYSÉGMÉRÉS

A keménység az anyag ellenállása az idegen tárgy behatolásával szemben. A keménységmérési eljárások statikus anyagvizsgáló eljárások, melyeknél egy kemény anyagból készült szerszámot, szabványos körülmények között, a vizsgálandó anyag felületébe nyomunk. A kemény szerszám maradékos nyomot hagy a vizsgált anyag felületén. A nyomóerő és a lenyomat ismeretében a keménységre számszerű definíció adható. A szerszám keménysége nyilván lényegesen nagyobb kell legyen, mint a vizsgált anyag keménysége.

2.1 Brinell-eljárás

A Brinell keménységvizsgálatot úgy végezzük, hogy egy edzett D átmérőjű acélgolyót F terheléssel a vizsgálandó próbatestbe nyomunk. A golyó szabvány szerint 10; 5; 2,5; 2 és 1 mm átmérőjű lehet. Felületének hibátlannak és polírozottnak kell lennie. A golyó átmérőjét és a hozzátartozó terhelést úgy kell megválasztani, hogy a benyomódás átmérőjének és között kell lennie. A Brinell-golyó kb. 600 HB keménységű, ezért 450 HB-nél keményebb anyagok esetén már nem használható.



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

Ahol:

F a terhelőerő; kp

D a terhelőgolyó átmérője

d a lenyomat átmérője

A próbatesten legalább három mérést végrehajtva 0,01 mm pontossággal lemért, két egymásra merőleges átmérő számtani középértékét véve a segédtáblázatokból meghatározzuk a nyomhoz tartozó HB keménységi értéket. Ezeket beírva a jegyzőkönyvbe kiszámítjuk az átlagot is. A mért átmérő és az ismert képlet alapján a keménységet számítással is meghatározzuk. 100 HB-nél nagyobb keménységi számot egész számra, ennél kisebb értéket egy tizedes pontossággal kell kerekíteni.

Az eredményt a kísérlet időtartama is befolyásolja. Ennek oka, hogy minden maradó alakváltozásnál az alakváltozás csak egy bizonyos idő után jut nyugalmi állapotba. Ez az idő annál rövidebb, minél lassabban folyt le a terhelés. A terhelőerőt 15 másodperc alatt növeljük a megfelelő értékére, majd egy bizonyos ideig rajta is hagyjuk a vizsgálati darabon. Az időtartam az anyag keménységének a függvénye, minél keményebb az anyag, annál kisebb az idő. A szokásos értékek:

- acél: 15 s
- alumínium és réz ötvözetek: 230 s
- szín alumínium és réz: 120 s
- ólom, ón és ötvözetek: 180s

Ebből következik, hogy a vizsgálat feltételeinek megadásakor három adat kell: a terhelőerő nagysága, a golyó átmérője, és az időtartam amíg a maximális terhelőerő rajta volt a próbadarabon. Csak azok a keménységmérések adnak egymással összevethető adatokat, amelyeknél ez a három adat ugyanaz.

Az eljárást viszonylag puha fémek keménységének mérésére használják: lágyacél, öntöttvasak, színes- és könnyűfémek. Acélok esetén a Brinell keménységek a 96-450 tartományba esnek.

Az eljárás előnyei:

- Átlagos keménységet mér, mert a golyó viszonylag nagy átmérőjű (inhomogén anyagnál előnyös).
- Következtetni lehet a szakítószilárdságra. Tapasztalati képlet: $R_m \approx 3,5 \text{ HB [N/mm}^2\text{]}$.

Az eljárás hátrányai:

- A lenyomat viszonylag nagy, roncsolja a felületet.
- Vékony munkadaraboknál nem alkalmazható.
- A lenyomat „d” méretének leolvasása szubjektív hibával terhelt.

2.2 Vickers-eljárás

A vizsgálat során egy 136°-os lapszögű gyémánt gúlát nyomnak a felületbe ismert nagyságú erővel. A gyémántgúla maradó lenyomatot hagy a felületen, melynek az átlója (d) nagyító segítségével lemérhető. Az átló és a gúla lapszögének ismeretében kiszámítható a lenyomatfelülete. A benyomó erő viszonylag kicsi: 10-100 N.

Az eljárásnak létezik kisebb terhelésű változata is, amit micro-Vickers eljárásnak neveznek. Ezzel vékony lemezek, fóliák, rétegek de akár szövetelemek keménysége is mérhető.

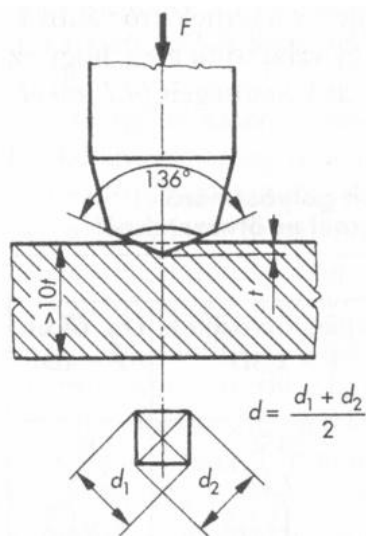
Az eljárás előnyei:

- gyakorlatilag nincs keménységbeli határa
- vékony anyagok, galvanizált rétegek, vékony falú csövek, kis méretű próbatestek egyaránt mérhetőek
- kis lenyomat
- szinte sérülésmentes vizsgálat
- a normál (macro) tartományban a mért érték gyakorlatilag független a terheléstől

Az eljárás hátrányai:

- hosszadalmas felület előkészítés
- hosszadalmas optikai értékelés
- a gyémánt gúla érzékeny a törésre
- a kis lenyomat miatt nagyon érzékeny a behatolótest sérüléseire illetve a vizsgált felület minőségére
- érzékeny a vibrációra, különösen a micro tartományban
- az optikai leolvasás miatt jelentős kezelői hibalehetőség

A háromszor végrehajtott mérés 0,001 mm pontossággal lemért két, egymásra merőleges átló számtani a közepét vesszük, és a segédtáblázatok segítségével meghatározzuk a benyomathoz tartozó HV keménységi számot. Számítással határozzuk meg.



$$HV = \frac{2 \cdot F \cdot \sin \frac{136^\circ}{2}}{D^2} \approx \frac{1,854 \cdot F}{D^2}$$

Ahol:

F terhelő

d a két átló átlaga

3. CHARPY ÜTVEHAJLÍTÓ VIZSGÁLAT

A gépalkatrészek, illetve szerkezetek egy része az üzemelés folyamán dinamikus igénybevételeket szenved. Ezért ezeknek az alkatrészeknek, ill. szerkezeteknek az anyagát

dinamikus szilárdsági vizsgálatnak kell alávetnünk. A leggyakrabban alkalmazott dinamikus vizsgálatok:

- bemetszett próbatest ütésvizsgálata (Charpy-vizsgálat),
- dinamikus szakítóvizsgálat.

Ezek segítségével azt vizsgálhatjuk meg, hogy az adott körülmények között dinamikus igénybevétel hatására hogyan viselkedik az anyagunk. A körülményektől függően egy anyag viselkedhet szívósan, vagy ridegen. A szívóság, vagy ridegség anyagnak nem tulajdonsága, hanem annak állapota.

Bemetszett próbatest ütésvizsgálata során a középén V vagy U bemetszésű, két végén megtámasztott próbatestet a bemetszéssel átellenes oldalról az ütőgép kalapácsával eltörjük és meghatározzuk az eltöréshez használt energiát.

Szabványos vizsgálat során legtöbbször egy 10 x 10 mm keresztmetszetű 55mm hosszú U vagy V bemetszésű próbatestet használnak. Ha a vizsgálati anyagból nem lehetséges normál méretű próbatestet kimunkálni, akkor 7,5 mm vagy 5 mm széles, kisméretű próbatestet kell készíteni. A bemetszés mélysége szabványos próbatest esetén V bemetszésnél 2 mm, U alakú bemetszésnél 5 mm mély kell, hogy legyen. A bemetszés lekerekítési sugarai V alakú bemetszésnél 0,25 mm, U alakú bemetszés esetén 1 mm kell, hogy legyen.

Az ütésvizsgálathoz használt ütőgép a Charpy-féle inga. Szilárdan alapozott állványa felső részében két golyóscsapágy illeszkedik, amelyek csaknem csapsúrlódásmentesen ágyazzák az ingatengelyt. Az ütőkalapácsot felső helyzetébe emelik, és ott kilincsszerkezettel rögzítik. A kilincs oldása után az ütőkalapács lefelé lendül, és körpályának legmélyebb pontján éri el a próbatestet, amely két támaszon fekszik fel. A próbatest töréskor az ütőkalapács mozgási energiájának egy része ütmunkává alakul, a megmaradó rész viszont egy bizonyos magasságig továbblendíti az ütőkalapácsot.

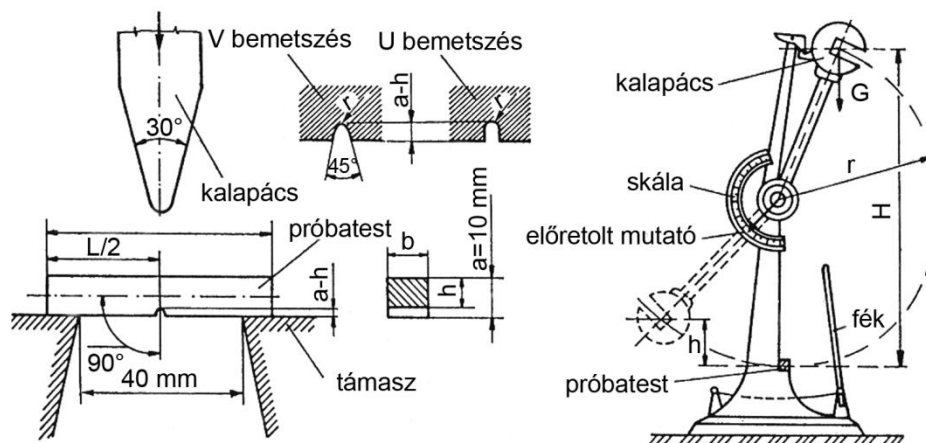
A vizsgálat során a próbatest által felemésztet energia értékét vizsgáljuk, amelynek értéke lesz az ütmunka.

$$E = m \cdot g \cdot (H - h)$$

A töréshez felhasznált energiát (munkát) az átlendült ütőkalapács által előretolt mutató skálahelyzetből olvassuk le

Szabványos vizsgálatnak kell tekinteni a 300 J névleges üténergiajú vizsgálógéppel, szabványos, normál próbatesten végzett vizsgálatot. Ilyen feltételek között kapott ütmunka értékeket a következőképpen kell jelölni. Pl. a $KV = 121$ J jelentése:

- 300 J névleges üténergiajú ütőgép,
- V bemetszésű szabványos normál próbatest,
- A töréshez szükséges ütmunka 121 J.

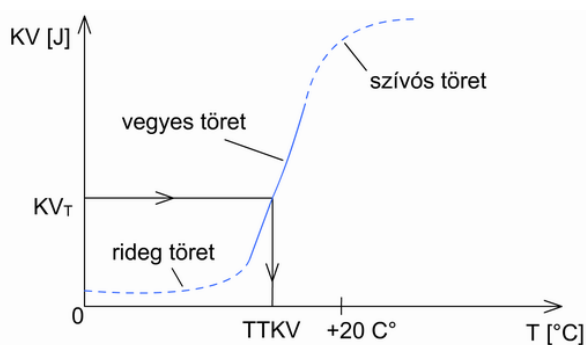


Fajlagos ütőmunka az ütőmunka és a bemetszés helyén számított eredeti keresztmetszet hányadosa.

A szívós anyagoknak nagy az ütőmunkájuk, a rideg anyagoknak kicsi, de ez a hőmérséklettől, a feszültségi állapottól és egyéb tényezőktől is függ. Főleg alacsony hőmérsékleten üzemelő berendezéseknél fontos, hogy az anyag ne váljon rideggé.

Ezért az acélok ridegtörés-érzékenység szerinti rangsorolása céljából meghatározzák a V bemetszésű próbatestek ütővizsgálata alapján az átmeneti hőmérsékletet.

Az átmeneti hőmérséklet (TTKV) alatt az acélok ridegen törnek, felette szívósak.



Meghatározása céljából diagramot szerkesztenek. Ehhez szabványos V bemetszésű próbatestet készítenek, amelyeket szárazjég és 96%-os alkohol keverékében legalább 5°C-kal a vizsgálati hőmérséklet alá hűtenek, vagyis túlhűtenek. Ezt követően a szobahőmérséklettől kezdődően 10°C hőmérsékletközökkel egyre alacsonyabb

hőmérsékleten ütővizsgálatot végeznek. A különféle hőmérsékleteken nyert ütőmunkaértékek adják a vizsgált acél elridegedési diagramját.

A diagram használata a következő: mivel a repedés keletkezésének munkája azonos bemetszés-geometria estén nagymértékben függ az acél folyáshatárától, az átmeneti hőmérsékletet kijelölő ütőmunka értéke a folyáshatár függvénye. A szerkezeti acélok ridegtörési ellenállásának jellemzéséhez 275 N/mm² folyáshatárig a KVT = 27,5J, a 275 N/mm²-nél nagyobb folyáshatár esetén a KVT = 38,2J ütőmunkához tartozó hőmérsékletet tekintjük átmeneti hőmérsékletnek.