# A bemetszett rudak hajlító ütőpróbája*

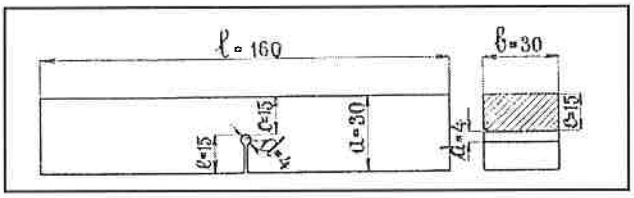
Dr. Bartel János-tól

Minden szerkezeti anyagot arra a sajátságára nézve kell kipróbálni, amelyre azt használat közben igénybe vesszük. Ezért a lökéseknek kitett szerkezetek anyagait, mint pl. a vasúti síneket, ütőpróbával is vizsgálják. De az a körülmény, hogy olyan síneken és egyéb szerkezeti elemeken is előfordultak törések, amelyek anyaga ütőpróba alá vetve jónak mutatkozott, indokolttá tette a közönséges ütőpróba helyett érzékenyebbnek, ti. a bemetszett rudak ütőpróbájának alkalmazását. Ennek az eljárásnak nemcsak az az előnye, hogy rendkívül érzékeny, hanem az is, hogy megengedi az anyagoknak minőségileg más, a gyakorlathoz közelebb álló osztályozását, mint amelyre egymaga a szakítókísérlet alkalmat ad: Példaképen közöljük a következő összehasonlító adatokat:**

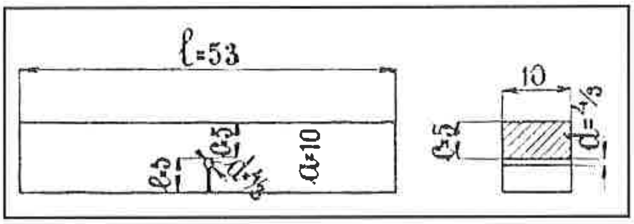
| | Szakítószilárdság kg/mm² | Teljes nyúlás % | Kontrakció % | Fajlagos ütőmunka mkg/cm² |
|---|---|---|---|---|
| I. anyag | 43,3 | 26,5 | 64 | 4,6 |
| II. anyag | 46,5 | 26,3 | 63 | 22,4 |

A kísérleti eredmények összehasonlításából kitűnik, hogy a második anyagnak ütés elleni munkabírása ötször akkora, mint az első anyagé, dacára annak, hogy a szakítókísérlet adatai szerint a kettő csaknem azonos minőségű.

Ennek a kísérleti módszernek előnyeit teljesen kiaknázni eddig még nem lehetett, mert eddig nem sikerült olyan eljárást megállapítani, amely a különböző méretű próbadarabokra azonos fajlagos eredményeket szolgáltatna; de a kísérlethez alkalmazott gépekben sincs még megállapodás. Ezt a hiányt a nemzetközi anyagvizsgáló-szövetség az 1909. évben Koppenhágában tartott kongresszusán akarta pótolni. Elhatározta ugyanis, hogy kétféle bemetszett szabványpálca alkalmazását írja elő: az egyik 30 x 30 x 160, a másik pedig 10 x 10 x 53 mm méretű *(1. és 2. ábra)*. A bemetszés a pálca közepéig ér és ott fúrt lyukkal van határolva, melynek átmérője a nagyobb pálcában 4, a kisebbikben 4/3 mm. A nagyobb pálca 120 és a kisebbik 40 mm távolságú támasztók között törendő el.



**1. ábra.** Nagy szabványpálca



**2. ábra.** Kis szabványpálca

A két pálca méretei, mint látható, 3:1 arányban állanak. Ezt azzal okolták meg, hogy ebben az esetben a *Kick*-féle arányosságtörvény értelmében (1. *Fr. Kick:*, Das Gesetz der proportionalen Widerstände. Leipzig, 1885.) a két pálca eltörésének munkája is arányos lesz.

A kísérletek végrehajtására az említett kongresszus a *Charpy*-féle ingás ütőművet ajánlotta *(3., 4., 5. ábra)*. Ennek a készüléknek az az előnye, hogy teljes pontossággal méri azt a munkát, amely a kísérletben felhasználódik.

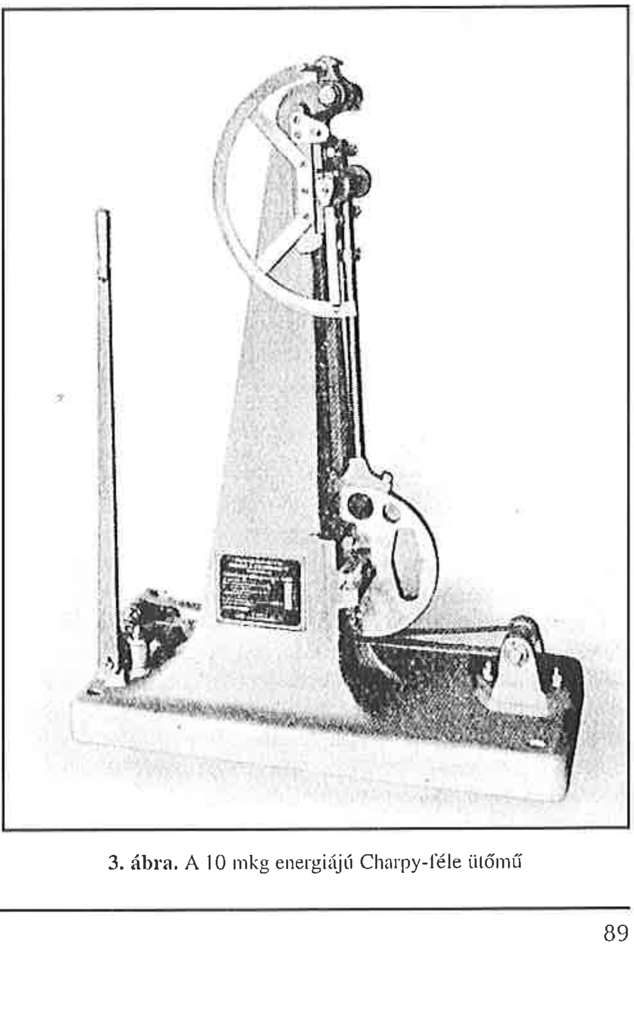
Tudvalevőleg az inga kiindulásának helyzetéből, továbbá az inga által a próbadarab eltörése után elvégzett kilengésből az inga energiaveszteségét meghatározhatjuk. Ez a veszteség, vagy a $Q.(H_0\text{-}H_1)$, a megvizsgált bemetszett rúd eltörésére felhasznált munka volna, ha a később kifejtendő munkaveszteségek nem keletkeznének s a törés 100% munkahasznosítással menne végbe.

A veszteségek következtében azonban az ingán megállapított energiaveszteség a törésre fordítottnál több s ezért ebből az értékből nagyobb fajlagos munka adódik, mint amilyent a megvizsgált anyag tényleg megkívánt.

A kísérletek végrehajtására különböző nagyságú készüléket lehet alkalmazni. A 10x10 mm² keresztmetszetű próbarúd részére elegendőnek bizonyult a 10 mkg energiatartalmú gép *(3. ábra)*, a 30x30 mm²-es rudak részére pedig a 250 mkg-os *(5. ábra)*. Más méretű rudak vizsgálatára használnak még 25 és 75 mkg-os gépeket is.

Különféle méretű gépekre azért van szükségünk, mert a tapasztalat azt mutatta, hogy a törésfolyamatot kísérő munkaveszteségek a gépek méreteitől is függenek s azokkal egyértelműleg változnak.

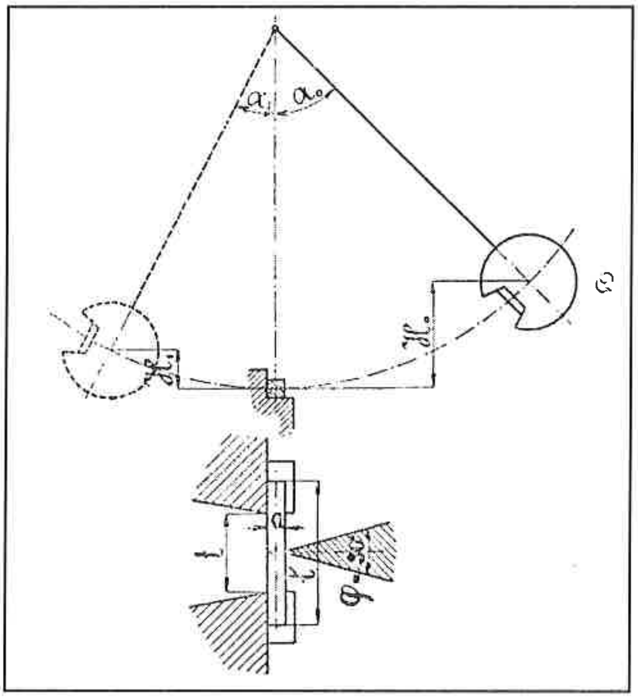
Nagyméretű pálcák vizsgálatához azért nem lehet kis gépet használni, mert törés nem is következnék be, de viszont kisméretű pálcát sem célszerű nagy gépen törni, mert az ezen mutatkozó nagy munkaveszteség a törésre fordított kis munkának nagy %-át tenné ki és ez a pontosság rovására menne. Hogy megítélhessük, mennyiben függ a mérés



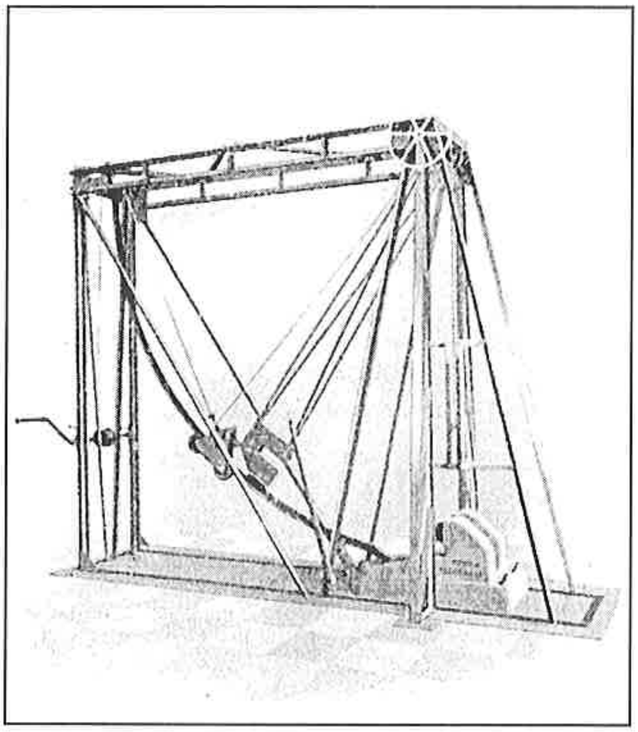
**3. ábra.** A 10 mkg energiájú Charpy-féle ütőmű

* A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete folyóiratában, az Anyagvizsgálók Közlönye II. évfolyam, Budapest, 1915. 1. és 2. számában megjelent cikk újraközlése az eredeti ábrák felhasználásával.

** Zeitschrift d. V. Deutscher Ing. 1907. évf., 1977. old.



4. ábra. A Charpy-féle ingás ütőmű vázlata oldalnézetben és alaprajzban



5. ábra. A 250 mkg energiájú Charpy-féle ütőmű

eredményének pontossága a gép méreteitől, vizsgáljuk meg, hogy az ugyanazon géprendszeren kapott eredményeket milyen körülmények befolyásolhatják általában?

A választ megkaphatjuk a *Rejtő*-féle tételek egyikéből (I. *Rejtő:* Az elméleti mechanikai technológia néhány alaptétele. Budapest 1896.), mely szerint az alakításhoz szükséges erő – tehát a munka is – a belső súrlódástól függ, amelynek értéke az anyag hőmérsékletével, nemkülönben az ütés sebességével változik.

Az itt figyelembeveendő másik tétel szerint pedig: (I. A. *Rejtő:* Rationelle Durchführung der Materialprüfung etc. Paris, 1900.) az átalakítás munkáját mindig a próbarúd köbtartalmának egységére kell vonatkoztatni. Ezeken kívül fel kell használnunk a Kick-féle törvényt is, mely azt mondja, hogy arányos méretű testek alakítására azonos fajlagos (azaz a köbtartalom egységére vonatkoztatott) munka szükséges, ha azok geometriailag hasonló és arányos mértékű alakításnak vannak alávetve.

A Kick-féle törvényből következik:

1. Hogy arányos mértékű alakítás arányos méretű próbarudakon csak arányos méretű szerszámokkal érhető el.

2. Hogy az arányos méretű próbarudak hajlítására szükséges összes munka arányos azok köbtartalmával.

Mivel az arányos méretű próbarudak köbtartalma úgy aránylik egymáshoz, mint az arányszám köbe az egységhez, ennek következtében azok hajlítómunkái is ugyanilyen arányban vannak egymással.

Tegyük fel, hogy az egyik lapos rúd méretei: *a, b, l* és hogy hajlítómunkája $M_1$, továbbá, hogy a másik rúd méretei *na, nb* és *nl*; akkor az utóbbinak hajlítómunkája arányos alakítás esetén: $M_2 = M_1 n^3$ lesz.

Az első rúd *fajlagos* hajlítómunkája:

$$m_1 = \frac{M_1}{abl},$$

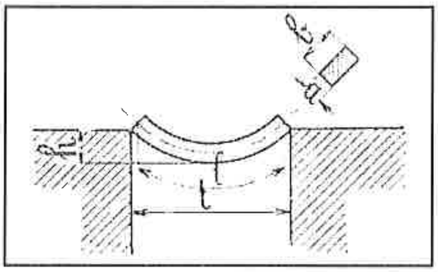
a másiké pedig:

$$m_2 = \frac{M_2}{abln^3} = \frac{M_1 n^3}{abln^3} = \frac{M_1}{abl},$$

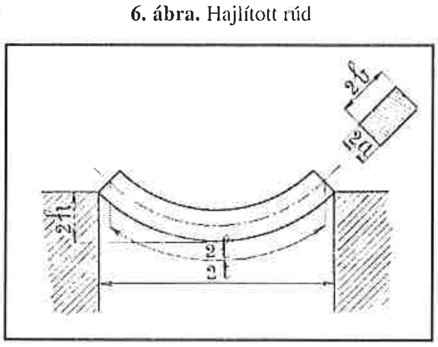
tehát $m_1 = m_2$, azaz arányos méretű próbarudak fajlagos munkája – geometriailag hasonló és arányos nagyságú behajlítás esetén – azonos.

*Ez a tétel akkor is áll, ha nem az egész rúd, hanem csak annak egyik arányos része szenved alakváltozást, ami kitűnik a következő megfontolásból:* ha az $a \times b = f_1$ keresztmetszetű és *l* hosszúságú hajlító próbatesten *t* távolságú támasztók között *(6. ábra)* $P_1$ közepes erővel *h* nagyságú behajlást idézünk elő, akkor maradó alakváltozások esetén a szükséges hajlítóerő Rejtő képlete szerint (A hajlítóerő viszonya a feszültségekhez. M. M.-és Ép.-E. Közl. 1912.):

$$P_1 = \frac{a^2 b}{l} A_1 p_1$$



6. ábra. Hajlított rúd



7. ábra. A 6. ábrán levővel arányos méretű hajlított rúd

Ebben a képletben $A_1$ az anyagot jellemzi és gyakorlatilag állandó, $p_1$ az a feszültség, mely $\lambda$ egyenletes nyúlást, illetőleg *h* behajlást idéz elő. Ha azonban a rúd keresztmetszete $2a \times 2b = f_2$ és hossza $2l$ *(7. ábra)*, akkor $2t$ távolságú támasztók között $2h$ nagyságú behajlításhoz szükséges erő:

$$P_2 = \frac{(2a)^2 . 2b}{2l} A_1 p_1$$

minthogy arányos méretű és azonos anyagú testekre nézve a képlet *A* tényezője azonos.

Ebből következik, hogy:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2a.2b}{ab} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{2^2}{1},$$

azaz, hogy a hajlítóerő arányos a rúd keresztmetszetével, illetőleg a két hajlítóerő úgy aránylik egymáshoz, mint a méretarány-számok négyzete.

A hajlító *munka* Rejtő szerint:

$$M_1 = \eta P_1 h$$

Ebben a képletben $\eta$ tapasztalati együttható, $h = \frac{l^2}{8\rho} A_2$ és $\rho$ a görbületi sugár, melynek értéke a következő törvény szerint számítható:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{a} \frac{\operatorname{tg}\beta}{1+\operatorname{tg}\beta} \frac{\lambda}{1+\lambda}$$

Itt $\beta$ a hatásszög és $\lambda$ a hajlítás alatt előidézett egyenletes nyúlás.

Behelyettesítéssel azt kapjuk, hogy

$$M_1 = \eta \frac{a^2 b}{l} A_1 p_1 \frac{l^2}{8a} A_2 \frac{tg\beta}{1+tg\beta} \frac{\lambda}{1+\lambda} = abl.p_1 A_3 \frac{\lambda}{1+\lambda},$$

ahol $$A_3 = \frac{\eta}{8} \frac{A_1 A_2 \operatorname{tg}\beta}{1+\operatorname{tg}\beta}.$$

Ha a rúd méretei $2a$, $2b$ és $2l$ és az igénybevétel arányos deformációig (azonos feszültségig) történik, akkor a hajlítás munkája:

$$M_2 = 2a.2b.2l.p_1 A_3 \frac{\lambda}{1+\lambda} \quad \text{és}$$

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{8abl}{abl} = \frac{2^3}{1},$$

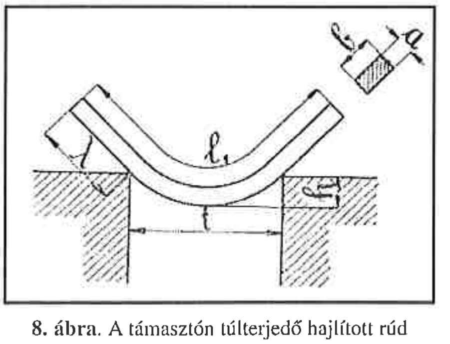
azaz a hajlítómunka arányos a rudak köbtartalmával, illetőleg a két rúd hajlítómunkái úgy aránylanak, mint a méretarányszámok köbe.

A fajlagos munkák értéke pedig:

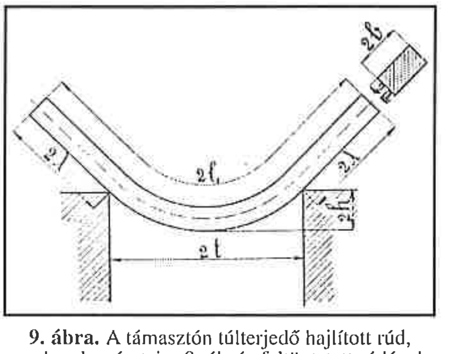
$$m_1 = \frac{M_1}{abl} \quad \text{és}$$

$$m_2 = \frac{M_2}{2a.2b.2l} = \frac{8M_1}{8abl} = \frac{M_1}{abl},$$

amiből következik, hogy $m_1 = m_2$, azaz a két rúd fajlagos hajlító munkája egyenlő, ami az említett Kick-féle törvény. Könnyen belátható, hogy ha az előbbiekkel egyenlő keresztmetszetű, de hosszabb rudakat *(8. és 9. ábra)* ugyancsak $P_1$, illetőleg $P_2 = 4P_1$ erőkkel ugyanazon támaszok között hajlítunk, akkor szintén $h$, illetőleg $2h$ behajlásokat érünk el, mert a támasztó pontokon túl kiálló rúdrészek alakváltozást nem szenvednek. Ebből következik, hogy a két rúd hajlító munkája ugyanakkora lesz, mint előbb, azaz: $M_1 = P.h$ és $M_2 = 8Ph = 8M_1$; ellenben változni fog a fajlagos munka, mert nagyobb lett a rudak köbtartalma éspedig:



8. ábra. A támasztón túlterjedő hajlított rúd



9. ábra. A támasztón túlterjedő hajlított rúd, melynek méretei a *8. ábrán* feltüntetett rúdéval arányosak

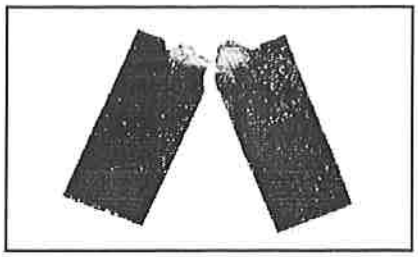
$$m'_1 = \frac{M_1}{a.b.l_1} \quad \text{és}$$

$$m'_2 = \frac{M_2}{2a.2b.2l_1} = \frac{8M_1}{8ab.l_1} = \frac{M_1}{ab.l_1}.$$

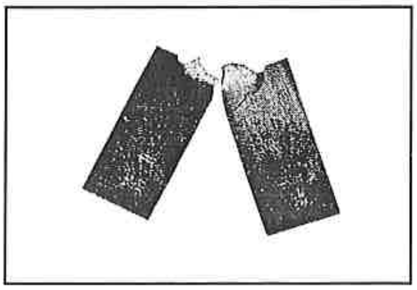
Látjuk, hogy $m'_1 = m'_2$, azaz a két rúd fajlagos munkája azonos, daczára annak, hogy a rudaknak csak egy része szenvedett alakváltozást; de mivel $l > l_1$, ennek következtében $m'_1$ kisebb, mint $m_1$, vagyis oly rudaknak fajlagos munkája, melyeknek holt, azaz alakváltozást nem szenvedő részeik vannak (a *8. ábrán* $\lambda$ hosszúságú darab), kisebb, mint azoké, *amelyek tejes tömegükben deformálódnak, de arányos méretű ily rudak fajlagos munkája mégis azonos.*

Kiviláglik ebből, hogy az egész rúdra vonatkoztatott fajlagos munka csak elvont fogalom, mert a hajlított rúd különböző részeinek alakváltozása különböző, tehát azok munkafogyasztása is eltér egymástól. De ezen fogalom gyakorlatilag teljesen kielégítő eredményre vezet ott, ahol csak összehasonlításról, illetőleg *relatív értékekről* van szó.

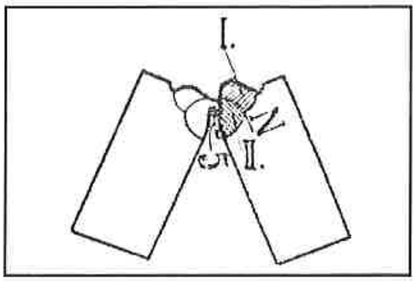
Az előbb bebizonyított tétel, mely szerint két arányos méretű rúd fajlagos munkája akkor is azonos, ha a rudaknak csak egy része deformálódott, teljes mértékben átvihető a bemetszett rudakra. Ezeknek csak a bemetszés körüli része deformálódik, de ennek a deformációnak kiterjedése arányos méretű próbatesteken pontosan arányos. A *10.* és *11. ábrák* egy 6x12x52 és egy 12x24x104 mm méretű bemetszett, hajlítással eltört próbarudat mutatnak természetes nagyságban lefényképezve. A *12.* és *13. ábrák* ugyanazt a két rudat lerajzolva mutatják, a deformált rész vonalkázva van. A deformáció a kis próbarudon a középtől 5 mm-nyire, a nagy rudon 10 mm-nyire terjed, tehát a deformált hosszúságok aránya pontosan 2, azaz egyenlő a próbarudak méretarányszámával.



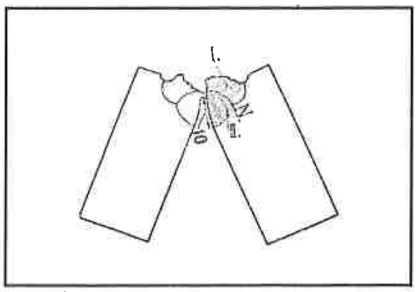
10. ábra. Hajlítással eltört kis próbarúd (1:1)



11. ábra. Hajlítással eltört nagy próbarúd (1:2)



12. ábra. A 10. ábrán bemutatott próbarúd törésének vázlata (1:1)



13. ábra. A 11. ábrán bemutatott próbarúd törésének vázlata (1:2)

Ugyanaz az arányszáma a deformált részek magasságának és vastagságának, amiből következik, hogy a nagyobb rúd deformált részének köbtartalma 2·2·2 = 8-szor akkora, mint a kisebb rúdé. A Kick-féle törvény alapján kell tehát, hogy a nagy rúd teljes hajlítómunkája 8-szorosa legyen a kisrúdénak, azaz $M_2 = 8M_1$ legyen. A kisebbik rúd fajlagos hajlítómunkája

$$m_1 = \frac{M_1}{6 \times 12 \times 52}.$$

A kísérlet $M_1$ = 5,45 mkg-ot adott, miből következik, hogy

$$m_1 = \frac{5,45}{6 \times 12 \times 52} = 0,001455 \; mkg/\,mm^3, \; vagy$$

$$m_1 = 1,455 \; mkg/\,cm^3$$

A nagyobb próbarúd törése $M_2$ = 39,7 mkg munkát fogyasztott miből kiszámítható a fajlagos munka:

$$m_2 = \frac{39,7}{12 \times 24 \times 104} = 0,001325 \; mkg/\,mm^3 = 1,325 \; mkg/\,cm^3$$

A két érték ($m_1$ és $m_2$) nem egyenlő, amint azt a Kick-féle törvény követelné, hanem körülbelül 10%-kal különbözik. A különbség magyarázatát Rejtő törvényei adják.

Szerinte az összehasonlítandó pálcák *törése egész folyamatának azonos sebességgel* kell végbemenni és, mivel a törés folyamatának sebessége az ütőkos sebességétől függ, az ütőkos törés előtti és törés utáni sebességének, mind a két próbarúdnál azonosnak kell lennie. Ebből az következik, hogy az ütőkos tömegének változnia kell az eltörendő rúd méretei szerint, mert a nagyobb rúd nagyobb összes munkát, illetőleg energiát igényel a törésre, mint a kisebb; egyenlő sebesség mellett pedig a nagyobb energia csak nagyobb tömegben érhető el s ezért a különböző méretű rudakhoz különböző ütőműveket kellene használni, vagy legalább az ütőmű ingáját, illetőleg ütőkosát kellene szükség szerint kicserélni.

Ha tehát (példaképen) az $axb$ keresztmetszetű és $l$ hosszúságú rudat oly ütőművel törjük, amelynek ingatömege = $\mu$ és az inga esésmagassága $H_0$ *(4. ábra)*, akkor az $na$ x $nb$ keresztmetszetű és $nl$ hosszúságú rúd töréséhez alkalmazandó ingatömeg ugyanolyan $H_0$, esésmagasság esetén $n^3\mu$ lesz, mert az utóbbi rúd köbtartalma $n^3$-szor nagyobb, mint a kis rúdé, tehát azonos fajlagos munkaszükséglet esetén ez $n^3$-szor nagyobb munkát igényel az eltörésre, mint a kisebb rúd.

A törés előtti sebességet a $r_0\sqrt{2gH_0}$ képlet szerint a $H_0$ magasság szabja meg. Ha ez a $H_0$ és $r_0$ érték kis és nagy próbatest esetén azonos, továbbá az ingatömegek arányosak, akkor a második feltétel, azaz, hogy az inga sebessége a két különböző méretű rúd törése végén azonos legyen, magától bekövetkezik. Számítsuk ki egy példán a törés utáni sebességet.

Ha az $axbxl$ méretű rúd töréséhez szükséges összes munka = $M_1$ és az inga energiája $\mu gH_0$ volt (ahol $g$ = 9,81, a súlyerő okozta gyorsulás), akkor a törés után $v_1$ sebességgel tovamozgó ingában visszamaradó energia

$$E_1 = \mu gH_0 - M_1 = \frac{\mu v_1^2}{2}$$

A másik rúd, melynek méretei $n$-szer nagyobbak, ha a neki megfelelő ütőművel törjük el, melynek ingatömege $n^3 \cdot \mu$, a következő eredményeket adja:

$$E_2 = n^3\mu gH_0 - M_2 = n^3\mu\frac{v_2^2}{2}$$

De mivel a nagyobb rúd munkafogyasztása $M_2 = n^3 \cdot M_1$ ennek következtében:

$$E_2 = n^3\mu gH_0 - n^3.M_1 = n^3\mu\frac{v_2^2}{2}$$

Ebből:

$$\frac{v_2^2}{2} = \frac{\mu gH_0 - M_1}{\mu} \quad \text{és}$$

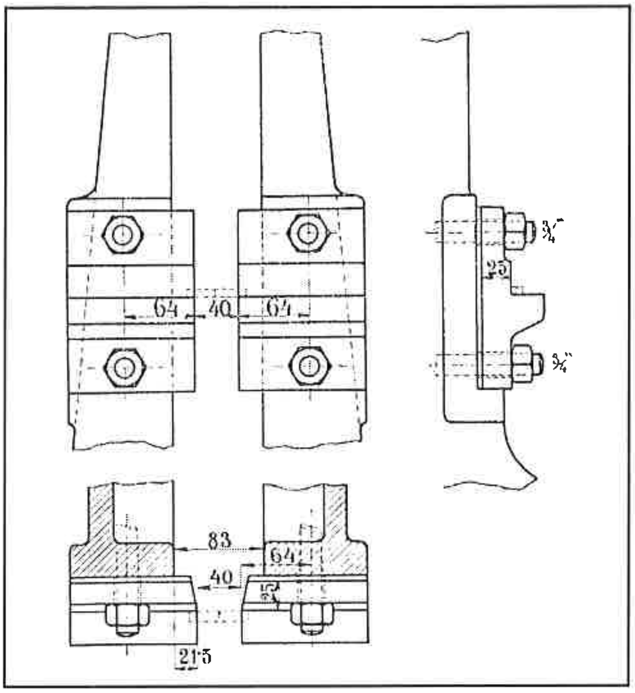
$$v_2 = \sqrt{2\frac{\mu gH_0 - M_1}{\mu}}.$$

Ugyanezt az értéket kapjuk $v_1$-re az $E_1$ egyenletéből, azaz a két arányos méretű rúd törése kezdettől végig, azonos, változó sebességgel történik, ha az ingasúlyok úgy aránylanak, mint 1: $n^3$, az esésmagasság pedig ugyanaz.

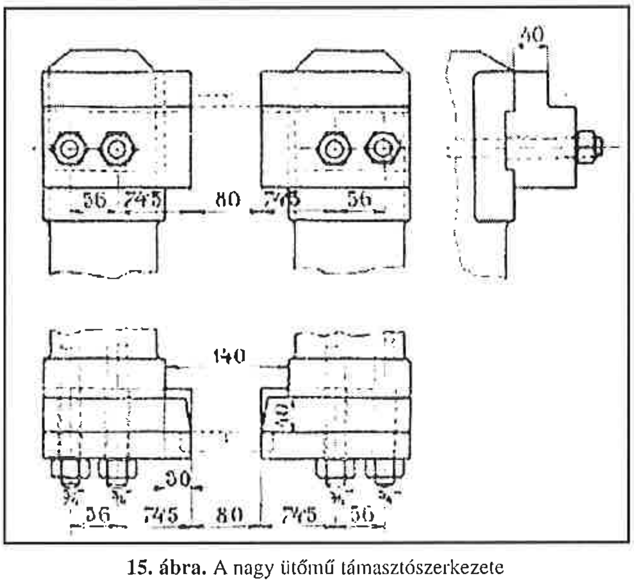
Ezt a szabályt, mely a *Rejtő* által megjelölt követelményből származik, az ütőpróbáknál be kellene tartani, ha teljesen pontos eredményt akarnánk elérni.

A már említett kísérletekben a fenti követelmény nem volt teljesítve, mert, míg a kis pálcát olyan ingás ütőkészüléken törték el, melynek esésmagassága $H_0$ = 1240 mm, ingasúlya pedig 8,0645 kg volt, addig a nagyobb pálcát 45,317 kg ingasúlyú ütőművön, melynek esésmagassága szintén 1240 mm-re volt beállítva. Tehát az ingatömegek aránya körülbelül csak 5,6 volt, holott annak $n^3 = 2^3$ = 8-nak kellett volna lenni.

Ezek után vizsgáljuk meg, milyen más okok befolyásolhatták a kísérlet eredményét? Mint már említettük, a kísérletekhez két ingás gépet használtunk; lehetséges tehát, hogy a gépek támasztószerkezetének, mely a *14.* és *15. ábrán* van feltüntetve, különböző rugalmassága befolyásolta az eredményt.



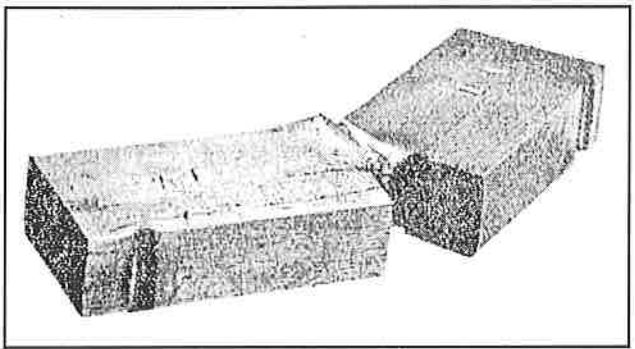

**14. ábra.** A kis ütőmű támasztószerkezete




**15. ábra.** A nagy ütőmű támasztószerkezete

A támasztópontok távolsága változtatható azáltal, hogy a felfekvési lapok hosszabbakkal cserélhetők ki. A kis gépen (l. *14. ábra*) a *legnagyobb* támaszköz $T$ = 83 mm, ellenben a nagyon (*15. ábra*) $T$ = 140 mm. A támasztószerkezet rugalmasságának hatása a felfekvésre szolgáló lapok méreteitől és a gépöntvényen túl terjedő szabad rész hosszától (mely a 14. ábrán 21,5, a 15-iken pedig 30 mm), valamint a csavarok méreteitől függ.

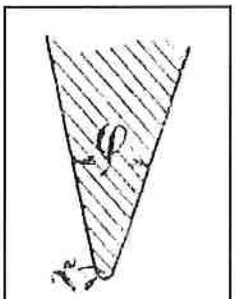
Minél rugalmasabb a támasztószerkezet, annál kisebb az inga energiájának az a vesztesége, amely nem a próbatest törésére fordul. Ha a felfekvésre szolgáló lapok tökéletes rugók volnának, akkor az ütközés elején ezek felvennék az inga energiájának a próbatest törésére pillanatnyilag felesleges részét és visszaadnák a törésfolyamat végén. Rugalmatlan támasztókon ellenben nagyobb munkaveszteség keletkezik, mert a próbatesttel való érintkezésük helyén az inga által hozott munka egy része maradó deformációt okoz. Hogy a felfekvési lapok maradó deformációt ne szenvedjenek, azokat kemény acélból készítik és edzik; ezáltal anyaguk rugalmassági határa emelkedik. A támasztás helyén keletkező munkaveszteség azonban ilyenkor magukon a próbarudakon mutatkozik éspedig abban, hogy a támasztó szerszám beléjük vágódik (l. *16. ábra*).



**16. ábra.** A támasztók bevágódása a törött próbarúdon

Hogy tehát két különböző nagyságú gépen ugyanaz legyen a veszteségszázalék, azok rugalmassági viszonyainak azonosaknak kell lenni, ami úgy érhető el, ha a támasztószerkezet méretei arányosak; itt az arányossági szám ugyanaz az *n*, mint a *gépeken eltörendő próbarudakra nézve*.

A mondottakból következik, hogy ha csak egy gép áll rendelkezésünkre, amelyen különféle méretű pálcákat akarunk megvizsgálni, akkor a helyes eredmény elérése céljából nemcsak az ingát kell kicserélni, hanem a támasztószerkezetet is. Az arányosság törvényét természetesen az ütőkos részletméreteire is alkalmazni kell, vagyis a próbarúddal érintkező résznek, az ún. késnek is geometriailag hasonlónak és arányos méretűnek kell lennie.

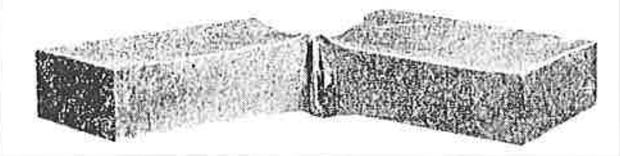


**17. ábra.** Az ütőmunka inga késének vízszintes metszete

Ha tehát pl. az egyik kés szöge $\varphi$ és legömbölyítésének sugara *r (17. ábra)*, akkor annak a másik késnek, amelyet az *n*-szer nagyobb pálcához használunk, *nr* sugarúnak kell lenni, de ugyanazon $\varphi$ szögűnek. Ez az előírás azért fontos, mert a kés a próbarúdba bevágódik, azaz kis helyen állandó deformációt idéz elő (l. *18. ábra*), ami éppúgy munkaveszteséget jelent, mint a támasztók bevágódása.

Arányos méretű kések alkalmazásával azonban elérjük, hogy a kés által okozott munkaveszteség fajlagos értéke az arányos próbarudakra nézve azonos lesz.

A már felemlített két ütőkísérlet alkalmával használt gépeken az előbbi feltételek csak megközelítőleg voltak teljesítve; a kis gép késének legömbölyítő sugara 0,7 mm, a nagy gépé 2 mm, $\varphi$ szög pedig mind a két késen 30° volt ugyan, de a rúdtámasztó szerkezetének méreteiben megközelítőleg sem volt betartva az $n = 2$ arányossági szám, mint az a *14.* és *15. ábrá*ból látható.



**18. ábra.** Az inga késének bevágódása a törött próbarúdon

Minthogy a törés közben keletkező energiaveszteség az ingában törés után maradó mozgásenergia értékét befolyásolja, annak egyik tényezője pedig az ütősúly sebessége, s minthogy az ütősúlyéval azonos sebességre gyorsul az eltörött próbadarab: így a munkaveszteség nagysága az eltörött próbadarab nyert sebességére szintén hatással van.

Ha $E_3$ az eltört próbadarabban a törés után maradó mozgásenergia, a próbadarab súlya *G* és az ütés után nyert sebessége $v_1$, akkor

$$E_3 = \frac{G}{g}\frac{v^2}{2}$$

Az említett kísérletekben a két próbadarab ütés utáni sebessége azért különbözött, mert az ingasúlyokon nem teljesült az arányosság törvénye s ennek következtében különböztek a két darab eltörésekor bekövetkezett energiaveszteségek is.

Bár a tárgyalt veszteségek – amint később kimutatjuk – nagyobb képlékenységű vasfajták esetén aránylag annyira csekélyek, hogy a fajlagos törésmunka értékét nem befolyásolják, mégis szükséges volt azokra rámutatni, mert törékeny anyaggal, pl. öntöttvassal végzett kísérletekben már jelentékeny szerepet játszanak.

Eddigi fejtegetéseinkben feltételeztük, hogy a megvizsgálandó próbarudak hőfoka ugyanaz és hogy a rudak anyaga minden tekintetben egyenletes és egyforma. Az állandó hőfok betartása nem okoz nehézséget, ha a kísérleteket zárt helyiségben, ugyanazon időben végezzük. Ami pedig az anyag egyenletességét illeti, tapasztalatból tudjuk, hogy kisebb-nagyobb egyenlőtlenségek minden anyagban előfordulnak és ezért ugyanazon hengerelt vasszálból vett egyenlő nagyságú próbadarabok szakítópróbája is adhat 20%-ig eltérő szilárdsági számokat. Mint később bemutatjuk, az ütőpróbával kapott értékek hasonló határok között változnak. Mindebből következik, hogy a már felsorolt kísérleti eredmények, amelyekkel a Kick-féle törvénynek ütőpróbákra való alkalmazhatóságát akartuk bebizonyítani, teljesen megnyugtatók, különösen ha még azt is tekintetbe vesszük, hogy a két kísérleti gépen csak részben voltak teljesítve a Rejtő-féle követelmények.

Nézzük már most, milyen álláspontot foglalt el a koppenhágai kongresszus a Kick-féle törvénnyel szemben?

Sajnálattal kell megállapítanunk, hogy a kongresszus az ütőpróba fajlagos munkájának meghatározására olyan szabályt állított fel, amely a Kick-féle törvény félremagyarázásán alapul. Kimondta ugyanis, hogy a törés munkáját a próbarúd *keresztmetszetére* kell vonatkoztatni, holott Kick szerint a *hajlítóerők* arányosak a keresztmetszettel és a hajlító-, illetőleg *törőmunkák* a rudak köbtartalmával arányosak. E tévedésbe a kongresszust a *Révillon* által III. 3. szám alatt előterjesztett jelentés ejtette, melyben a nevezett szerző egy Guillery*-féle ütőgépen végrehajtott kísérletei alapján azt mondta ki, hogy arányos méretű rudak törésmunkája a bemetszés helyén levő ép keresztmetszettel arányos, illetőleg, hogy arányos méretű pálcák fajlagos törésmunkája értékét úgy kapjuk, ha a rúd törésére felhasznált összes munkát a rúdnak a bemetszés helyén lévő ép keresztmetszetével osztjuk.

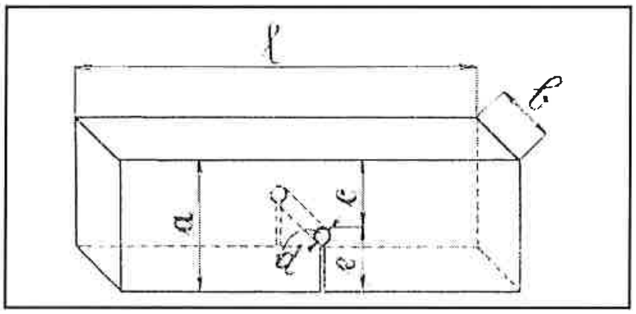
Későbbi kísérletekből kitűnt, hogy *Révillon* állítása téves volt és tévedésének okát is keresték. Az idevonatkozó kísérletek közül utalunk *Martens-Heyn* fentebb idézett műve 391. lapján ismertetett kísérletre, mely szerint ugyanabból az anyagból 1:3 arányú méretekben készült két próbarúddal végzett kísérlet alkalmával a Révillon-féle szabály szerint kiszámított fajlagos munka értéke 9,35, illetve 26,3 mkg/cm$^2$ volt; tehát a 3-szor nagyobb pálca a fajlagos munkára kereken 3-szor nagyobb értéket adott. Ebből kitűnik a Révillon-féle feltevés hibás volta.

Más kísérletezők által talált hasonló eredmények arra indították a kutatókat, hogy a tévedés okát kiderítsék. Saját kísérleteink arról győztek meg bennünket, hogy a hibás eredmények a Kick-féle törvény feltételeit képező Rejtő-féle követelmények be nem tartásával magyarázhatók meg. A Rejtő-féle követelmények megszabják, hogy milyen elvek szerint kell az ütőgépet szerkeszteni, és a kísérletet végrehajtani, hogy

* L. Martens-Heyn:. Materialienkunde. II. A., 1912. 381. oldal.

azonos anyagú különböző méretű pálcákra azonos fajlagos munkaértéket kaphassunk; továbbá, hogy miképpen kell a kísérleti munkaveszteségeket meghatározni. Bár ez utóbbiakra nézve – az idő rövidsége miatt – még nem állt módunkban pontos számítási és kísérleti eredményeket összeállítani, már most is vázolhatjuk azt az eljárást, a melyet a bemetszett rudak fajlagos törésmunkájának meghatározásában követnünk kell.

Vizsgáljunk meg két arányos méretű bemetszett rudat, melyek egyikének keresztmetszete *ab* és hosszúsága *l*, a bemetszés melletti ép keresztmetszete pedig *cb* *(19. ábra)*. A másik rúd méretei az elsőnek *n*-szeresei.



**19. ábra.** A bemetszett próbatest méretei

Az első rúd összes ütőmunkája $M_1$, a másiké Kick szerint: $M_2 = n^3 \cdot M_1$; mind a két rúd fajlagos munkája Kick szerint:

$$m_1 = m_2 = \frac{M_1}{abl}$$

A fajlagos munka *Révillon* szerint:

az 1-ső rúdra: $$m'_1 = \frac{M_1}{cb}$$

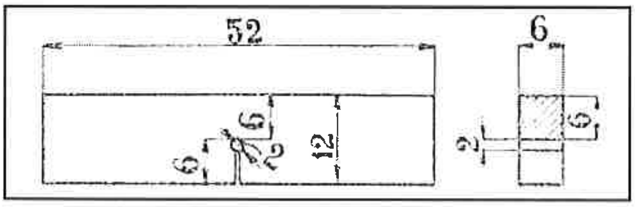
a 2-ik rúdra: $$m'_2 = \frac{M_2}{nc.nb} = \frac{n^3 M_1}{n^2 cb}$$

Ebből: $$\frac{m'_2}{m'_1} = n,$$

azaz a Révillon-féle szabály a nagyobb pálcára nézve n-szer nagyobb fajlagos munkaértéket szolgáltat, mint a kis rúdra. Ha tehát pl. $n = 3$, akkor Révillon szerinti számítás a nagyobb próbarúdra 3-szor oly nagy fajlagos törésmunkát szolgáltat, mint a kis rúdra, amit az előbb említett Martens-Heyn-féle kísérlet igazolt is.

*Ha tehát az általunk használt adatokkal összehasonlítható értékeket akarunk kapni, a Révillon-féle szabály alapján kiszámított értékeket az «n», arányossági számmal osztatni kell.*

Ha például a Martens-Heyn-féle kísérletből a nagyobbik rúdra Révillon szerint kapott 26,3 mkg/cm² eredményt a méretarány számmal, 3-mal osztjuk, 8,76 mkg/cm² fajlagos munkát kapunk ugyanez a kísérlet a kis pálczára Révillon szerint 9,35 mkg/cm² adott; itt az eltérés csak körülbelül 6%, ami az anyag egyenlőtlenségével is magyarázható. Ugyanilyen eredményre vezetnek *Ehrenberger* kísérletei. («Die Kerbschlagprobe im Materialprüfungswesen», Zeitschr. d. Vereines Deutscher Ingenieure, 1907.) E közlemény 1979-ik lapján, az 5. táblázatban a 2. tétel alatt azt találjuk, hogy egy 20x20 mm² keresztmetszetű és 6 mm-es bevágású pálcának Révillon-féle fajlagos törésmunkája = 10,7 mkg/cm² ugyane táblázat 6. tétele alatt pedig 10x10 mm² keresztmetszetű és 3 mm-es bevágású rúdra 5,1 mkg/cm² Révillon-féle fajlagos munka van közölve. Ha szabályunk szerint a 20 mm-es pálcán talált 10,7 értéket az arányszámmal, azaz 2-vel osztjuk, 5,33 mkg/cm²-t kapunk a nagyobb rúdra, ami csak körülbelül 5%-kal tér el a kis rúdra kiszámított értéktől.




**20. ábra.** Saját kísérleteinkben használt kisebb próbatest

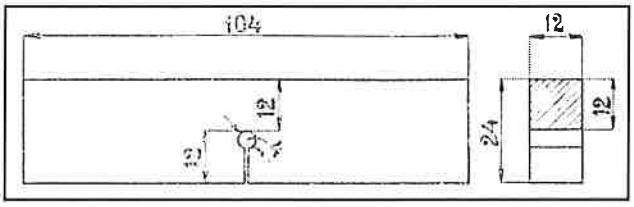
Lássuk most saját kísérleteinket, amelyeket már előbb említettünk, és számítsuk ki adataikból a Révillon-féle értékeket.

A 6x12x52 mm méretű rúd *(20. ábra)* 5,45 mkg összes munkát fogyasztott, a bemetszés helyén mért ép keresztmetszet 6x6 mm², tehát a Révillon-féle fajlagos munka

$$m'_1 = \frac{5,45}{0,6.0,6} = 15 mkg/cm^2$$

A nagyobb rúd, melynek méretei 12x24x104 mm voltak *(21. ábra)*, 39,7 mkg összes munkát kívánt, s minthogy a bemetszés helyén az ép keresztmetszet 12x12 mm², így a fajlagos munka:

$$m'_2 = \frac{39,7}{1,2.1,2} = 27,5 mkg/cm^2$$




**21. ábra.** Saját kísérleteinkben használt nagyobb próbatest

Ezt az értéket az arányszámmal, 2-vel osztva, 13,7 mkg/cm² kapunk s így a Révillon-féléből osztás útján kapott szám csak körülbelül 10%-kal különbözik a kisebb rúdon talált szintén Révillon-féle értéktől.

Ha most összehasonlítjuk a köbtartalomegységre vonatkoztatott munka $m_1$ értékét a keresztmetszet egységére kiszámított $m'_1$ értékkel, akkor azt kapjuk, hogy:

$$m_1 = \frac{M_1}{a.b.l},\ m'_1 = \frac{M_1}{cb};\ tehát\ \frac{m_1}{m'_1} = \frac{c}{a}.\frac{1}{l} = A$$

Mivel $c < a$, ennek következtében $\frac{c}{a} < 1$, és *A* annál inkább < 1, így tehát $m'_1 < m_1$, azaz a keresztmetszet egységére vonatkoztatott munkának nagyobb a számbeli értéke, mint a köbtartalom egységére vonatkoztatottnak.

Ha tekintetbe vesszük, hogy úgy $m_1$, mint $m'_1$ csak elvont fogalmak és szabványok megállapításánál elegendő, ha *relatív* értékeket hasonlítunk össze, akkor gyakorlati szempontból mindegynek találjuk, hogy munkamértékül $m_1$-et, vagy $m'_1$-t választjuk-e; a különbség köztük csak abban van, hogy számértékük, mint fentebb bebizonyítottuk, nem egyezik meg. Az elmondottak alapján célszerűnek látszik az eddigi gyakorlat fenntartása és a meglévő irodalmi kísérleti eredmények használhatósága érdekében a törés munkáját továbbra is a keresztmetszet egységére vonatkoztatni és a különböző, de arányos méretű próbarudakon talált értékeket az arányossági számmal elosztva összehasonlítani.

Ez a szabály így fejezhető ki: $m_n = m.n$.

Ebben a képletben *m* az alapul felvett szabványrúd keresztmetszetének egységére kiszámított törésmunka és $m_n$ a szabványrúdtól különböző, de arányosan *n*-szeres méretű rúd keresztmetszetére eső munka.

Mivel rendesen $m_n$-et határozzuk meg kísérletileg, ennek következtében a szabványrúddal való összehasonlításhoz redukált érték:

$$m = \frac{m_n}{n}$$

E kérdés tárgyalását nem fejezhetjük be anélkül, hogy Kick és Rejtő mellett *Schülét* és *Heynt* meg ne említsük, kik a Révillon-féle szabály téves voltát felismervén, helyes megoldáshoz vezető utat mutattak. Mind a ketten (l. *Schüle:* III/2. számú jelentése a koppenhágai kongresszus részére, melynek címe: *Schüle-Brunner:* Über Schlagbiegeproben an eingekerbten Stäben, továbbá: *Martens-Heyn:* Materialienkunde II. A., 1912. 391. oldal) rájöttek, hogy a törés munkáját nem szabad a rúd keresztmetszetére vonatkoztatni, hanem a köbtartalom egységére, de ők nem az egész rúd köbtartalmát vették számításba, hanem csak a deformált részét, melyet a kísérlet után lehetett megmérni. Ez az eljárás hosszadalmassága miatt nem terjedt el a gyakorlatban. *Schüle* és *Heyn* nem vették tekintetbe, hogy a deformált rész köbtartalma meghatározásának és az erre alapított számításnak csak akkor van értelme, ha a tényleges számbeli értékeket akarjuk megkapni. Összehasonlítás céljából azonban csak *relatív* értékekre van szükségünk és azért az egész próbadarab köbtartalmával számíthatunk, mert arányos méretű rudak helyi deformációjához szükséges munkák, mint fentebb bebizonyítottuk, úgy aránylanak, mint a rudak teljes köbtartalma.

Most, tisztázván a fajlagos munka meghatározásával kapcsolatos elvi kérdéseket, áttérhetünk a részletekre és megvizsgálhatjuk, milyen befolyást gyakorolnak a kísérlet különböző körülményei annak eredményeire, illetőleg a fajlagos törésmunka számbeli értékére?

A figyelembe veendő tényezők közül legfontosabbak a következők:

1. a próbarúd és a bemetszés alakja,
2. a törés sebessége,
3. a próbarúd kísérlet alatti hőmérséklete.

E három tényezőnek a fajlagos munkára való befolyását már sokan tanulmányozták*, de végleges eredmények még nincsenek, mert a kísérletezők nem helyeztek elég súlyt arra, hogy kísérleteikhez megfelelő anyagot válasszanak. E tekintetben figyelniük kellett volna arra, hogy a *bemetszett pálcák ütőpróbája* olyan anyagok minőségének megállapítására való, amelyek az eddig szokásos szakítókísérletek alapján jó minőségűeknek bizonyultak s ennek dacára használat közben törékenyek.

Ezt előrebocsátva látjuk, hogy a szóban forgó kérdések teljes megoldásához újabb kísérletekre van szükség. Az eddig elért eredményeket a következőkben foglaljuk össze:

## *1. A próbarudak és a bemetszés alakja*

A koppenhágai kongresszus az *1. ábrában* feltüntetett próbarúdat ajánlotta. Ennek jellemző sajátságai:

a) A bemetszés helyén lévő ép keresztmetszet (a törést szenvedő keresztmetszet), alakja olyan négyszög, melynek oldalai 1:2 arányban állnak, azaz $c = \frac{b}{2}$ és amelynek hosszabb oldala párhuzamos a bemetsző réssel.

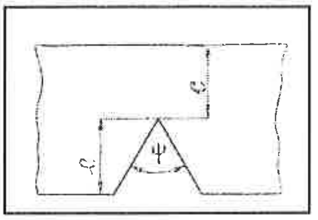
b) A bemetszés olyan fúrt lyukkal van határolva, melynek d átmérője a törést szenvedő keresztmetszet c magasságának körül belül 1 része; pontosan: $d = c\frac{4}{15}$

c) A bemetszés mélysége a próbadarab magasságának feléig terjed, azaz: $e = c = \frac{a}{2}$.

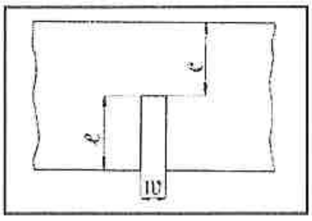
Másféle alakú próbarudak is használatosak s ezek jellemző adatai:

a) A törést szenvedő keresztmetszet alakja négyzet, vagy olyan négyszög, melynek rövidebb oldala párhuzamos a bemetszéssel.

b) A bemetsző rés ék (háromszög) *(22. ábra)* vagy négyszög alakú *(23. ábra)*.



22. ábra. Ék alakú bemetszés



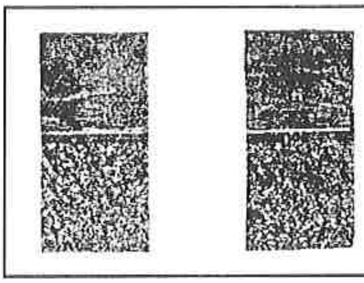
23. ábra. Négyszög alakú bemetszés

* *Ehrenberger*: Die Kerbschlagprobe, etc. Z. d. V. D. Ing.1907.
*Charpy*: Sur 1'essai des métaux par flexion de barreaux entaillés. A. 10. f. Congrès de Bruxelles, 1906.
*Baumann*: Versuche über den Einfluss der Breite bei Kerbschlagproben. Z. d. V. D. Ing. 1912.
*Frémont*: New York-i kongresszus. 1912. IV. 2. jelentés.
*Belanger*: New York-i kongresszus. 1912. IV. 5. jelentés.
*Schüle*: Materialprüfungsamt der Technischen Hochschule. Zürich, 1913. 10. jelentés.
** Lásd még: Bartel: Az anyag átalakíthatósága. M. M.- és Ép.-Egyl. Közlönye, 1913.

c) A bemetszés mélysége kisebb a törést szenvedő keresztmetszet magasságánál, azaz $e < c$.

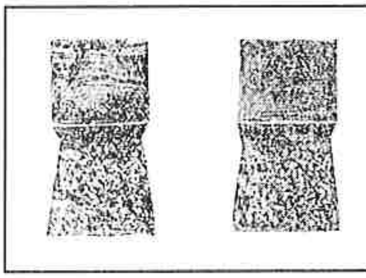
Mielőtt a különféle alakú próbarudakkal elért kísérleti eredményeket ismertetnők, állapítsuk meg, hogy a fajlagos törésmunka értéke mitől függ? A tapasztalat azt mutatja, ami különben magától értetődik is, hogy adott állandó töréskeresztmetszet fajlagos törésmunkája annál nagyobb, minél nagyobb a töréshez szükséges teljes munka; ez utóbbi viszont aszerint változik, hogy a rúdnak kisebb, vagy nagyobb része deformálódott. A legnagyobb törésmunkát a bemetszés nélküli rúd kívánja, mert az a veszélyes keresztmetszettől a támasztásig, fokozatosan csökkenő mértékben, de mindenütt deformálódik; ellenben a bemetszett rúdnak csak a bemetszéshez közelebbi része, amelynek terjedelme a bemetszés és a mellette maradó ép keresztmetszet alakjától függ.

Mint minden hajlításban úgy itt is egyik oldalon húzásra, a másikon összenyomásra van az anyag igénybe véve s ezért a keresztmetszet egyik oldala összehúzódik, a másik pedig duzzad; így az eredetileg négyszög alakú keresztmetszet *(24. ábra)* trapézzá válik *(25. ábra)*.



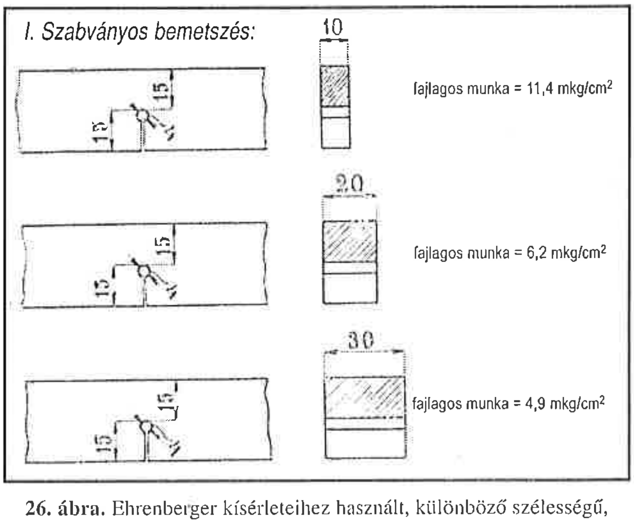
24. ábra. A bemetszett rúd eredetileg négyzet alakú ép keresztmetszete

A koppenhágai kongresszuson ajánlott szabványos pálca deformációja a *12.* és *13. ábrában* feltüntetett alakot mutatja. Az «I» jelű rész húzásra a «II» jelű nyomásra volt igénybe véve, az «*N*» pont a semleges réteg helyzetét jelzi.



25. ábra. A bemetszett rúd trapézzá vált keresztmetszete törés után

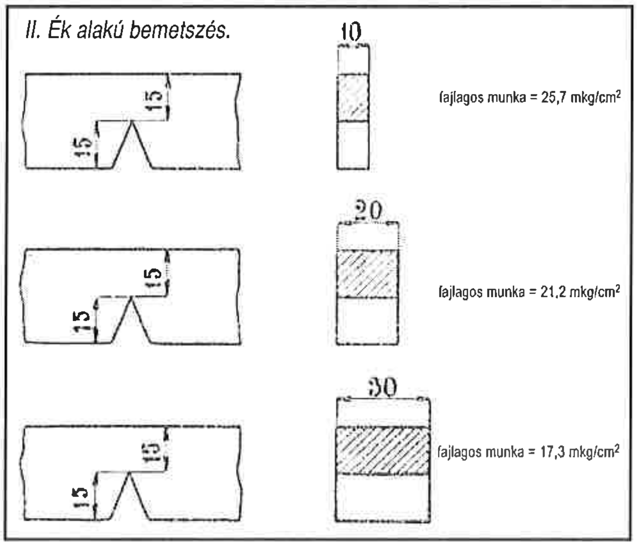
Ezek után világos, hogy olyan rúdhoz szükséges a legnagyobb törésmunka, amelynek keresztmetszete a legnagyobb változást szenvedi. Ámde *Rejtő* tanulmányaiból tudjuk (1. M. M.- és Ép.-Egyl. Közl. 1912. 26. old.: A hajlítóerőnek viszonya a feszültségekhez), hogy a *keresztmetszet változása annál kisebb, minél nagyobb a próbatest szélessége annak vastagságához képest.*** Ugyanezt igazolják *Ehrenberger* kísérleti eredményei (l. *Ehrenberger*: Die Kerbschlagprobe, etc. Z. d. V. D. Ing. 1907.). Ezek közül bemutatunk egynehányat *(26. és 27. ábra)*. A kísér-




26. ábra. Ehrenberger kísérleteihez használt, különböző szélességű, szabványos bemetszésű próbapálcák

leti eredmények mutatják, hogy bármilyen alakú legyen is a bemetszés, a fajlagos munka kisebbedik, ha a törés keresztmetszetének szélessége nő. Az itt közölt kísérletek azt is feltüntetik, milyen jelentékeny befolyást gyakorol a bemetszés alakja a fajlagos munka értékére. Az ék alakúan bemetszett rúd több mint 50%-kal kisebb fajlagos munkát kívánt, mint a szabványosan bemetszett, de megjegyzendő, hogy ez az arány nem tekinthető állandónak, hanem az anyag minősége szerint változik.

*(Folytatjuk)***




**27. ábra.** Ehrenberger kísérleteihez használt, különböző szélességű, ék alakú bemetszésű próbapálcák

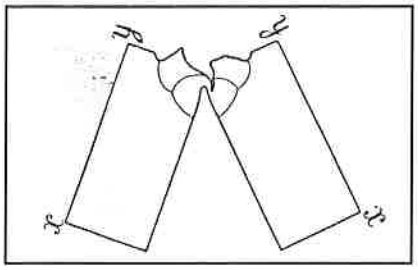
Lássuk most, hogy a bemetszés e mélységének a fajlagos munkára milyen befolyása van?

A bemetszés célja a próbarúd alakváltozásának minél teljesebb megakadályozása, hogy az ütőmunka minél kisebb anyagmennyiségre hathasson. A törést szenvedő keresztmetszet mellett, a bemetsző rés oldalaiban felhalmozott anyagmennyiség ugyanis a tört keresztmetszet anyagának elcsúszását gátolja. Hogy ez a gátlás lehetőleg teljes legyen, a bemetszés *e* mélysége és *w* szélessége, valamint a tört keresztmetszet *c* magassága között *(23. ábra)* bizonyos aránynak kell fennállani. Mert, ha például adott *c és e* mellett *w*-t igen nagyra készítjük, akkor a *w* hosszúságú és *c* vastagságú rúdrész úgy hajlik, mint a szabad rúd; ha pedig adott *w* és *c* mellett *e*-t nagyon kicsire készítjük, akkor az utóbbinak a rúd hajlítására szintén nem lesz befolyása, amiből következik, hogy egy bizonyos anyagú rúdra vonatkozóan kísérletileg kell meghatároznunk azt a bemetszésmélységet, amely mellett a rúd deformációja elegendő kicsi. Az e vizsgálatban nyert $\frac{c}{e}$ és $\frac{c}{w}$ arányszámokat mindenféle méretű rudakon be kell tartanunk.

A $\frac{c}{e}$ érték az anyag képlékenységétől és folyási határától függ; minél nagyobb a képlékenység és minél alacsonyabb a folyási határ, annál nagyobb *e*-re van szükség egy bizonyos *w* mellett. A koppenhágai kongresszus által ajánlott *e = c* érték olyan nagy, hogy a legtöbb acélnak és folytvasnak megfelel. Részünkről azonban megállapíttatott, hogy lágy folytvas esetén *e* = 2 is elegendő arra, hogy a deformáció igen csekély legyen.

Ez kitűnik abból, hogy a leírt módon méretezett pálcán törés után a bemetszés melletti oldalfelületeken alakváltozás nem látható *(28. ábra)*.

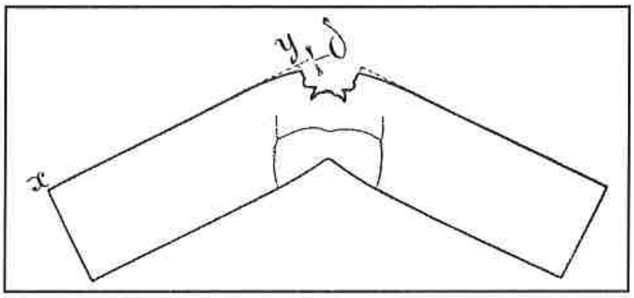
*Schüle*[1], aki szintén kifogásolta az *e = c* mélységet, azt javasolta, hogy $e = \frac{c}{3}$ legyen; mi azonban azt találtuk, hogy ez a méret csak keményebb, azaz kevésbbé képlékeny anyagnak felel meg, ellenben képlékeny anyagú pálca *y* része hajlítást szenved. (l. δ behorpadást a *29. ábrán*).



**28. ábra.** Elég mélyen bemetszett próbatest, melynek bemetszés melletti anyaga törés közben nem deformálódott

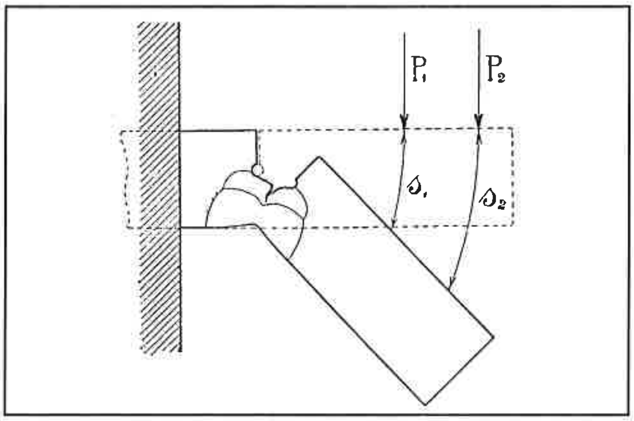
Az a kérdés is eldöntendő végül, milyen legyen a szabványos rúd hosszúsága?

Ha a bemetszett rúd egyik vége be volna falazva, a hajlítás



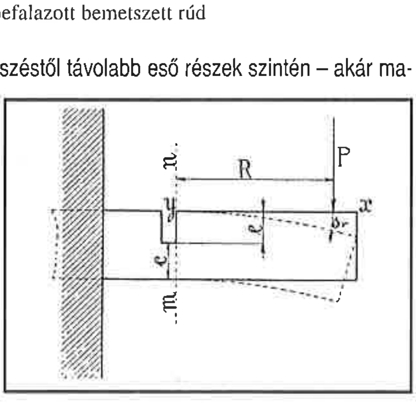
**29. ábra.** Nem elég mélyen bemetszett próbatest, melynek bemetszés melletti anyaga is deformálódott törés közben

és törés folyamata épen olyan volna, mint a tárgyalt ütőpróbákban, mert maradó deformációt csak a bemetszéssel szomszédos rész szenved, melynek terjedelme a próbarúd hosszától független. A töréshez szükséges munka tehát, mely a deformált anyagmennyiségtől függ, egyenlő, akár hosszabb, akár rövidebb karon s ennek megfelelőleg hosszabb, illetőleg rövidebb úton hat az erő *(30. ábra)*, sőt a munkaszükséglet akkor sem változik, ha a rúd két végén van támasztva és a hajlító erőt a középen fejtjük ki.




**30. ábra.** Különböző erővel, de azonos munkamennyiséggel eltört befalazott bemetszett rúd

Ha azonban a bemetszéstől távolabb eső részek szintén – akár maradó, akár rugalmas – deformációt szenvednek, akkor a törésig való hajlításhoz annál nagyobb munkára lesz szükség, minél hosszabb a próbarúd. Ennek igazolását látjuk a *31. ábrán*, amelyen a pontozott rajz a rugalmas deformáció idejében tünteti fel a próbatestet.




**31. ábra.** A bemetszett rúd rugalmas behajtása.

** A cikk folytatása az Anyagvizsgálók Közlönye II. évfolyam, Budapest, 1915. 2. számában jelent meg – *a szerkesztő.*

1 L.: Materialprüfungsamt der Techn. Hochschule. Zürich. 1913. 10. a. Über den Probestab für die Kerbschlagprobe von Prof. F. Schüle.

Az $s_r$ rugalmas behajlás annál nagyobb, minél hosszabb a $R$ hajlítókar.

Mivel a próbarúd rugalmas deformációt is szenved mindenkor, ez pedig a fajlagos munka számbeli értékét növeli, lássuk egy példán, mennyi a különféle hosszúságú rudak rugalmas munkája? Válasszunk például olyan anyagot, melynek $\sigma_a$ rugalmassági határa a $\sigma_{sz}$ szakítószilárdsággal egyenlő. A behajlás $s_r$ nagysága a $P$ erő által előidézett feszültségtől függ. Az $m$-$n$ síktól végtelen kevéssel jobbra eső $(c+e)b$ keresztmetszetben keletkező legnagyobb $\sigma_1$ feszültségről – ha $b$ a rúd szélessége – felírhatjuk, hogy:

$$PR = \frac{b(c+e)^2}{6}\sigma_1;$$

a bemetszéssel csökkentett keresztmetszet $\sigma_2$ feszültségére pedig:

$$PR = \frac{b \cdot c^2}{6}\sigma_2;$$

E két egyenletből következik, hogy

$$(c+e)^2\sigma_1 = c^2\sigma_2$$

A *31. ábrán* feltüntetett $R$ rúdrész rugalmas behajlítására szükséges munkát – feltéve, hogy a szélső szál feszültsége $m$ - $n$ síktól x sarokpontig $\sigma_1$ és nulla között egyenletesen változik – *megközelítőleg a* következőképen kapjuk:

*Az x-y* szálban levő közepes feszültség $\sigma_k = \frac{\sigma_1}{2}$ ; a *(c + e)b* keresztmetszetre eső átlagos közepes feszültség, $\sigma_m = \frac{\sigma_k}{2} = \frac{\sigma_1}{4}$. Az egységnyi feszültség által a rúd $R$ hosszúságú szakaszán előidézett megnyúlás

$$\lambda = R_a = \frac{R}{E}$$

($E$ az anyag rugalmassági modulusa); tehát a $\frac{\sigma_1}{4}$ közepes feszültség által okozott közepes rugalmas megnyúlás (illetőleg megrövidülés)

$$\lambda_m = \frac{R}{E}\frac{\sigma_1}{4}$$

A közepes rugalmas munka:

$$M_r = (e+c)b\sigma_m\lambda_m = \frac{R}{16}\frac{b(e+c)}{E}\sigma_1^2 = \frac{R}{16}\frac{b}{E}\frac{c^4}{(c+e)^3}\sigma_2^2$$

A törésig folytatott deformáció alatt végzett rugalmas munka kiszámítására ebben a képletben $\sigma_2$ helyére az anyag rugalmassági határa teendő, amely feltevésünk szerint a vizsgált anyagra a szakítószilárdság értékével egyezik. Számítsunk ki egy számbeli példát szabványos próbarúdra és olyan anyagra, melynek szakítószilárdsága $\sigma_{sz}$= 40 kg/mm².

A rúd méretei : $b$ = 30 mm, $c$ =15 mm, $e$ =15 mm, $R$ = 60 mm tehát

$$M_r = \frac{60}{16}\frac{30}{20000}\frac{15^4}{30^3}40^2 = 16{,}87\ mmkg = 0{,}01687\ mkg$$

A tört keresztmetszetre vonatkoztatott fajlagos rugalmas munka:

$$m_r = \frac{M_r}{bc} = \frac{0{,}01687}{3 \cdot 1{,}5} = 0{,}00374\ mkg/cm^2$$

Mivel a fenti számításban a bemetszett rúdnak csak egyik felét, $R$ hosszú darabját vettük tekintetbe, ennek következtében az eredmény megkétszerezendő, azaz a teljes *fajlagos rugalmas munka:*

$$m'_r = 2m_r = 0{,}00748\ mkg/cm^2$$

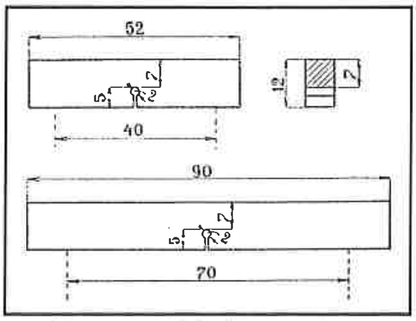
Ez az érték olyan csekély, hogy a fajlagos törésmunka számértékét gyakorlatilag nem befolyásolhatja, akár szívós és képlékeny anyagot, pl. folytvasat, akár rideget, pl. folytacélt vizsgálunk. Hasonló eredményre jutott Schüle[2] is az ő kísérletei útján.

Az előbbiek alapján azt mondhatnók, hogy a bemetszett rúd alá alkalmazott támasztók távolsága a fajlagos törésmunkára nincs befolyással, azaz bármilyen méretű próbapálcához szabadon választható a támaszköz.

Ennek dacára a különböző méretű pálcákhoz a támasztás távolságát a pálca méreteivel arányosnak választjuk, hogy a próbarudak felfekvésének helyein támadó reakciók szintén arányosak legyenek és arányos méretű benyomódást okozva, arányos munkaveszteségeket eredményezzenek.

Hogy a munkaértékek az alátámasztás távolságával mennyire változhatnak, mutatják a következő táblázatban foglalt kísérletsorozat eredményei, melyeket egy 10 mkg energiatartalmú Charpy-gépen, a *32. ábrán* feltüntetett próbapálcákon nyertünk.

| | Támasztás távolsága | |
|---|---|---|
| Sorszám | 40 mm | 70 mm |
| 1. | 19,8 mkg/cm² | 15,8 mkg/cm² |
| 2. | 19,55 « | 17,3 « |
| 3. | 18,90 « | 17,3 « |
| 4. | 19,55 « | 16,2 « |
| 5. | 18,70 « | 16,2 « |
| átlag: | 19,30 mkg/cm² | 16,56 mkg/cm² |



**32. ábra.** Saját kísérleteinkben a támaszköz befolyásának vizsgálatára használt próbapálcák.

Látjuk, hogy a 40 mm és 70 mm támasztás távolságokkal elért fajlagos munka értékei körülbelül 15%-kal különböznek és hogy a kisebb támaszköz nagyobb értéket ad, ami azzal magyarázható, hogy ebben az esetben nagyobb reakciók jönnek létre. (Tudvalevőleg a két végén támasztott tartó meghajlításához közepén alkalmazott erőnek annál nagyobbnak kell lennie, minél kisebb a támasztópontok távolsága, amiből következik, hogy ekkor a reakciók is nagyobbak lesznek.) A reakciók a próbarúd felfekvésének helyein maradó alakváltozást idéznek elő (l. *16. ábra)*, s e maradó alakváltozásból eredő munkaveszteséghez még annak a súrlódásnak munkája is járul, amely a támasztólapok és a törés alatt közöttük az inga által átszorított pálca érintkezéséből keletkezik.

De nemcsak a reakciók helyén, hanem a törőerő támadásának helyén, ahol az inga kése a pálcát érinti, szintén munkaveszteséggel járó deformáció, és pedig bevágás keletkezik *(18. ábra)* s ez szintén akkor nagyobb, ha a támaszköz csekély.

Az előbbi kísérletben mutatkozó 15%-nyi munkakülönbség valószínűleg az ismertetett káros deformációkra vezethető vissza, amiről meggyőződhetünk, ha a törött pálcákat megtekintjük. Ekkor ugyanis azt látjuk, hogy a 40 mm támasztású pálcák helyein sokkal erősebb benyomódások vannak, mint azokon, amelyeket 70 mm támaszköz alkalmazásával törtünk el.

Mindebből az következik, hogy a támasztás távolsága *gyakorlatilag* fontos szerepet játszik és hogy a különböző méretű próbarudak törésének eredményei csak akkor hasonlíthatók össze, ha a támasztók távolsága a próbatest méreteivel arányos.

Ha pedig a fajlagos munkára elég pontos értéket akarunk kapni, ne válasszunk nagyon kis alátámasztó távolságot.

## *2. Az ütés sebessége*

Ebben a kérdésben eltérők a vélemények. *Frémont*[3] és *Belanger*[4] a sebességnek nagy jelentőséget tulajdonítanak, ellenben *Charpy* (l. A. 10. f. számú jelentését az 1906. évi brüsszeli és III/1. számú jelentését az 1909. évi koppenhágai kongresszus részére) saját kísérletei alapján

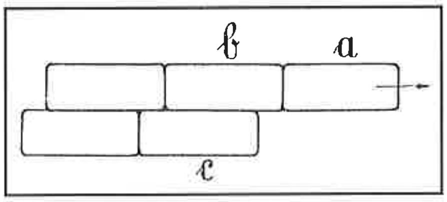
[2] *Schüle*: Über den Probestab für die Kerbschlagprobe.

[3] VI. Anyagvizsgáló kongresszus, New-York, 1912., Frémont IV/2. számú jelentése.

[4] VI. Anyagvizsgáló kongresszus, New-York, 1912., Belanger IV.5. számú jelentése.

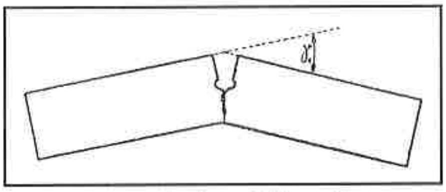
azt állítja, hogy annak semmi befolyása nincsen, azaz, hogy a töréshez szükséges munka ugyanakkora, akár nagy sebességű ütéssel, akár ütés nélkül, lassú nyomással végezzük a törőkísérletet, feltéve, hogy a bemetszés a koppenhágai szabvány szerint fúrt lyukkal van határolva. Szerinte a sebesség a fajlagos törésmunka értékét csak akkor befolyásolja, ha a bevágás éles. Példaképen két 4 mm-es fúrt lyukú bemetszéssel készült pácát hoz fel, melyek közül az egyiket 7,75 m-ről sebesen eső kolonccal, a másikat pedig lassú mozgású sajtóval hajlította törésig és mind a kettő egyforma eredményt, körülbelül 12 mkg/cm$^2$ fajlagos munkát adott.

Részünkről kísérletek alapján bebizonyíttatott, – ami különben a Rejtő-féle elvekből is következett –, hogy Charpy véleménye téves és a sebesség a hajlítókísérlet eredményét még akkor is befolyásolja, ha a próbarúd bevágása fúrt lyukkal van határolva. E befolyás nagysága azonban a próbarúd anyagától függ, és Charpy olyan anyaggal kísérletezett, melyen a sebesség hatása nem érvényesült; az ezen megállapított eredmények azonban nem általánosíthatók. A törésig való hajlítás alatt először az anyag szívóssága, aztán képlékenysége merül ki. A hajlításhoz szükséges erő pedig az anyag belső súrlódásától függ, aminek nagysága ütéskor a gyorsítással nő. Amint a belső súrlódás értéke – a gátlással és az anyag gyorsítására szükséges értékkel együtt – a kohéziót eléri, az anyag eltörik. A belső súrlódás a törés munkáját a következőképen befolyásolhatja:



33. ábra. Az anyagrészecskék közötti erőátadás jelképes feltüntetése: kohézió és csúszás.

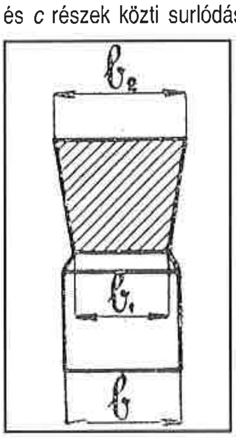
a) a belső súrlódás a növekvő sebességgel emelkedik ugyan, de a kohéziót el nem éri, a deformáció mértéke a gyorsítás miatt nem csökken. Ebben az esetben tehát a gyors töréshez szükséges munka nagyobb, mint lassú nyomás alatt;



34. ábra. A töréssel egyidejűleg deformációt szenvedett próbatest elhajlott alakja.

b) a belső súrlódás a növekvő sebességgel növekedve túllépi a kohézió értékét; ez által az anyag további deformációja megszűnik, s így a törés kisebb deformáció után következik be. Ebben az esetben a gyors törés összes munkája kisebb lehet, mint a lassú törésé.

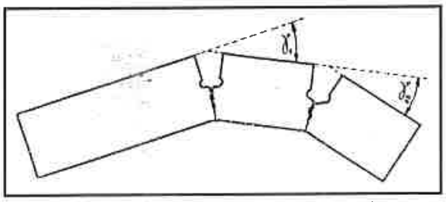
Ezt a jelenséget népszerűen a *33. ábrával* magyarázzuk. Mikor a *b* és *c* részek közti surlódás (belső surlódás) nagyobb, mint az *a* és *b* részek közti vonzóerő (kohézió), akkor az *a* rész elválik *b*-től, vagyis a test *a* és *b* között eltörik.



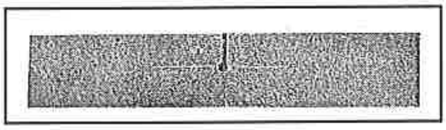
35. ábra. A töréssel egyidejűleg deformációt szenvedett próbapálca elváltozott keresztmetszete.

*Charpy* olyan anyaggal kísérletezett, amely a fentebb *a)* és. b) alatt tárgyalt két eset határát képezi. Mint az előbbiekből láttuk, a deformáció mértéke a törés munkáját befolyásolja. Minél nagyobb a deformáció, annál nagyobb az a szög, melyet az eltört próbarúd két szára alkot (lásd *34. ábrát*). A deformációnak további következménye az, hogy a törést szenvedő keresztmetszet, mely eredetileg négyszög alakú volt, trapézzá válik (lásd a *35. ábrát*). A $b_2$–$b_1$ különbség a deformáció nagyságára jellemző.

Hogy bemutathassuk az ütőpróbával megvizsgált anyagnak lassú nyomás alatti viselkedését, az ütéssel eltört rúd egyik szárán ugyanolyan bemetszést készítünk, mint a rúd közepén volt, és a próbadarabot lassú nyomással az új bemetszés helyén törésig hajlítjuk (lásd *36. ábra*).

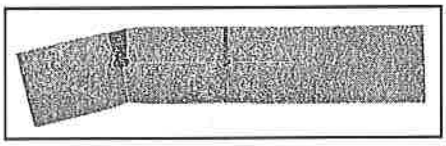


36. ábra. A bemetszett rúd törése közben bekövetkező meghajlás ütés és lassú nyomás hatása alatt



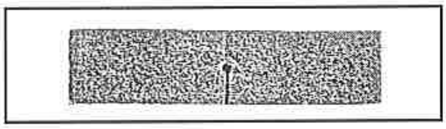
37. ábra. Ütőkísérlettel behajlás nélkül eltört bemetszett rúd

A behajlás $\gamma_1$ és $\gamma_2$ szögei jellemzik az ütő és a lassan nyomó hajlítás hatását.

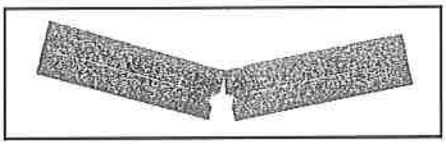


38. ábra. Az ütőhajlítással eltört rúd ép részén lassú nyomással végzett kísérlet eredménye: meghajlás

Hogy ezeket összehasonlíthassuk, a *37. ábrán* ütőkísérlettel eltörött s aztán összeillesztett rudat mutatunk be. Látjuk, hogy a behajlás $\gamma$ szöge majdnem nulla és hogy a törés keresztmetszetének téglalap alakja nem változott.

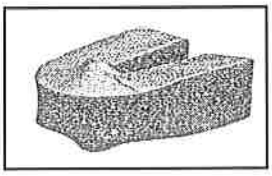


39. ábra. Ütőkísérlettel eltört bemetszett rúd



40. ábra. A 39. ábrán láthatóval azonos anyagú bemetszett rúd meghajlása lassú törés közben.

Hogy a szóban forgó anyagnak a lassú nyomás alatti viselkedését is megvizsgáljuk, a tört rúd egyik szárát ugyanúgy bemetszettük, mint eredetileg a rúd közepét, és az így kapott új próbatestet 70 mm távol levő támasztók között hidraulikus sajtó lassú nyomásának vetettük alá. A *38. ábra* mutatja az eredményt: a lassú nyomás alatt törésig elért behajlás szöge $\gamma_2$ = 16°, holott az ütőkísérletben $\gamma_1$ csaknem = 0. A lassú hajlítás másik hatása, hogy ti. a derékszögű négyszög alakú keresztmetszet trapézzá vált, a *25. ábrán* már be volt mutatva.



41. ábra. A 39. és 40. ábrákon láthatókkal azonos anyagú, de be nem metszett rúd nagymértékű hajlíthatósága

Az ütőpróba 2,0 mkg/cm$^2$ fajlagos ütőmunkát adott, ellenben a lassú hajlítás 12,0 mkg/cm$^2$-et.

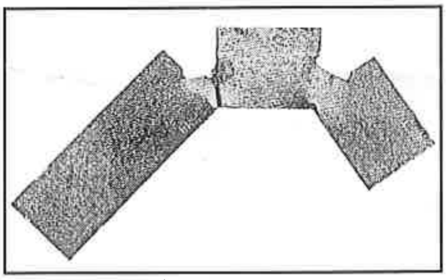
A leírt példa olyan anyagra jellemző, amely lassú erőhatás alatt képlékeny, ellenben ütés alatt törékeny.

Hasonló viselkedést mutatott a *39–41. ábrákon* feltüntetett anyag, mely bemetszve ütőkísérletben a *39.*, hidraulikus sajtó alatt a *40. ábra* szerint törött, bemetszés nélkül pedig a *41. ábra* szerint az összenyomásig teljesen hajlítható volt.

Megjegyezzük, hogy a *37. ábrán* feltüntetett próbarúd anyaga kazánlemezből, a *39.-41. ábrabelié* pedig vasúti sínből való.,

A *42.* és a *43. ábrák* olyan anyagú próbarudakat mutatnak, melyek úgy ütés, mint lassú nyomás alatt egyforma deformációt és törésmunkát adtak, tehát a sebességnek rájuk nem volt befolyása: a $\gamma$ hajlásszög az ütő- és a lassan nyomó próbában egyenlő volt.

A *42. ábrán* feltüntetett rúd anyaga nagyon képlékeny, fajlagos törő munkája pedig 24 mkg/cm$^2$, ellenben a *43. ábrabeli* rúd anyagának képlékenysége kicsiny s fajlagos munkája csak 1,93 mkg/cm$^2$.



**42. ábra.** Ütés és lassú nyomás alatt egyformán deformálódott próbarúd.

**43. ábra.** Ütés és nyomás alatt egyformán nem deformálódott próbarúd

Ezzel bebizonyítottuk, hogy a Rejtő-féle követelmény gyakorlatilag is érvényes, azaz, ha az anyag törékenységét akarjuk meghatározni, nem szabad lassú nyomással végezni a kísérletet, hanem ütéssel; ha pedig összehasonlítható értékeket akarunk kapni, azonos sebességet kell alkalmaznunk; végül: az ütőkos tömegét a fentebb bemutatott módon kell megválasztanunk. Hogy a szabványos eljárásra milyen ütősebességet kellene előírni, azt még ezután kell kísérletileg meghatározni olyan tulajdonságú anyagon, mint a 38. ábrán feltüntetett próbarúdé volt.

Mielőtt a sebesség tárgyalását abbahagynánk, határozzuk meg számbeli példában azt a veszteséget, mely abból keletkezik, hogy a törött pálcát az inga magával ragadja. Az energiaveszteség (lásd előbb) $E_3 = \frac{G}{g}\frac{v^2}{2}$, amely képletben $G$ a próbapálca súlya és $v$ annak törés utáni sebessége, mely azonos az inga törés utáni $v_2$ sebességével. Az utóbbira az előbbiekben a következő értéket kaptuk:

$$v_2 = v = \sqrt{2\frac{\mu g H_0 - M_1}{\mu}}$$

Itt $H_0$ a $Q$ ingasúly esésmagassága, $\mu$ annak tömege $\left(=\frac{Q}{g}\right)$

$Q$ = az inga súlya, $g$ = a súlyerő okozta gyorsulás, = 9,81 m/sec$^2$.; végül $M_1$ a próbapálca törésére felhasznált összes munka.

A már ismertetett kísérletben a fenti értékek a következők voltak: $H_0$=1,240 m, $Q$ = 8,0645 kg, $G$ = 0,02886 kg (a 6 x 12 x 52 mm méretű pálca súlya) ; $M_1$ = 5,45 mkg, $\mu = \frac{8,0645}{9,81} = 0,82$ *kg* tömeg.

Ezekből az értékekből számítva az inga ütés előtti sebessége:

$v_0 = \sqrt{2gH_0} = 4,93$ m/sec. és a törés utáni sebesség:

$$v = \sqrt{2\frac{10,00 - 5,45}{0,82}} = \sqrt{11,09} = 3,33\ m/\text{sec}$$

tehát $$E_3 = \frac{0,02886}{9,81}\cdot\frac{11,09}{2} = 0,0164\ mkg$$

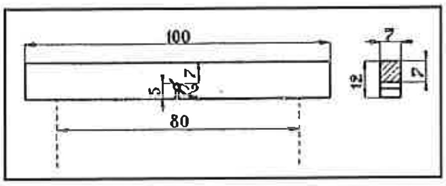
Ez a munkaveszteség az összes munkához képest:

$$\frac{E_3}{M_1} = \frac{0,0164}{5,45} = 0,0030 = 0,30\%,$$

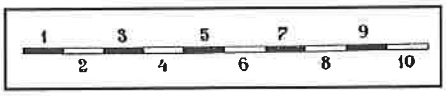
tehát oly csekély, hogy az anyag egyenlőtlenségéből eredő pontatlanság mellett elhanyagolható.

Végül rá kell mutatnunk, hogy a *Rejtő*-féle sebességi követelmény be nem tartása még egy további következménnyel jár, amely a fajlagos törőmunkát feltűnően befolyásolhatja, éspedig: ha ugyanazon anyagból való több próbarúddal végzett összehasonlító kísérletekben a törés előtti ingasebességek egymással és a törés utáni ingasebességek is egymással nem egyenlők, akkor az egyes rudak közepes töréssebessége és ennek következtében törésük időtartama is különböző. Ha rövidebb idő alatt (nagyobb sebességgel) megy végbe a törés, akkor a szükséges gyorsító erő és annak reakciói nagyobbak, mintha lassúbb a törés lefolyása; a nagyobb reakcióerő pedig nagyobb deformációt: idéz elő a próbarúd felfekvő részein és így nagyobb a törés munkája, mint a lassú törés esetén.

Ennek igazolására a 75 mkg energiatartalmú Charpy-gépen 5 kísérletet végeztünk 2,9 és 5 kísérletet 5,6 m/sec. kezdő ingasebességgel. A próbapálcák mind egyformán a *44. ábra* szerinti méretűek voltak és egy szál vasból vétettek, mint a *45. ábra* mutatja.




**44. ábra.** A töréssebesség hatásának tanulmányozására használt próbarudak méretei.




**45. ábra.** A töréssebesség hatásának tanulmányozására használt próbarudak kiválasztása

A páratlan számú próbatesteket 2,9, a páros számmal jelzetteket pedig 5,6 m/sec. kezdősebességgel törtük el. A nagyobb sebességgel végzett kísérletek nagyobb fajlagos törőmunkát kívántak és az itt alkalmazott pálcák felfekvésének helyén nagyobb deformáció mutatkozott.

A kísérletekben meghatározott fajlagos törőmunkák értékei a *44. ábrán* bemutatott 10 próbatestre a következő táblázatba vannak foglalva.

| Kezdősebesség 2,9 m/sec. | | Kezdősebesség 5,6 m/sec. | |
|---|---|---|---|
| Próbarúd száma | Fajlagos törőmunka mkg/cm$^2$ | Próbarúd száma | Fajlagos törőmunka mkg/cm$^2$ |
| 1 | 14,7 | 2 | 17,7 |
| 3 | 14,7 | 4 | 19,0 |
| 5 | 14,85 | 6 | 18,2 |
| 7 | 15,85 | 8 | 17,85 |
| 9 | 13,9 | 10 | 17,85 |
| Átlag | 14,80 | Átlag | 18,12 |

Ezen táblázatból látjuk, hogy a 2,9 m/sec kezdősebességgel tört pálcák 14,80 mkg/cm$^2$ és az 5,6 m/sec kezdősebességgel tört pálcák 18,12 mkg/cm$^2$ fajlagos munkát kívántak. A különbség 3,32 mkg/cm$^2$, azaz körülbelül 22%.

Félreértések elkerülése végett megjegyezzük, hogy ez a nagy különbség nemcsak a különböző reakciók által a felfekvés helyén okozott deformációkra vezetendő vissza, hanem arra is, hogy a kísérleti anyag belső súrlódása a sebességgel nőtt, anélkül, hogy deformálódó képessége csökkent volna, miáltal a bemetszés körüli helyen a deformációs munka is nagyobb lett. Ilyféle magaviseletű anyagok nagyobb ütősebességnél bizonyos határig nagyobb fajlagos törésmunkát igényelnek; a határt az anyag kohéziója szabja meg (lásd *33. ábrát*).

### *3. A hőmérséklet befolyása*

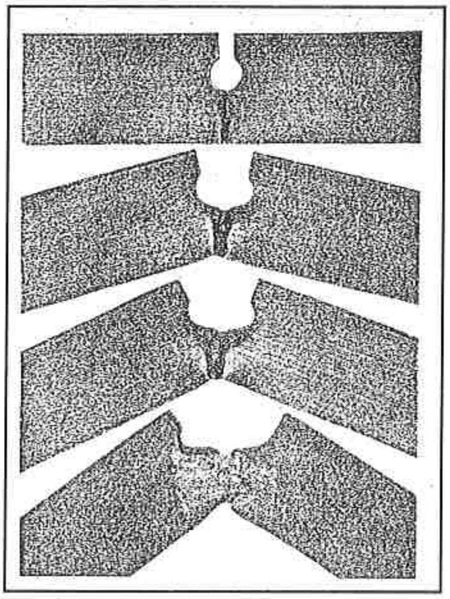
A hőmérséklet befolyásáról a *46. ábra* nyújt világos képet, mely *Ehrenbergem*ek fentebb idézett tanulmányából való. Ez az ábra azonos anyagú, egyenlő méretű, de különböző hőfokon eltört próbarudakat mutat. A feltüntetett próbarudakra vonatkozó kísérleti hőfokok és fajlagos törésmunkák az ábrán felülről lefelé menő sorrendben a következők:

| Próbarúd sorszáma | Kísérleti hőfok °C | Fajlagos törésmunka mkg/cm$^2$ |
|---|---|---|
| I. | -20 | 4,24 |
| II. | -1 | 16,29 |
| III. | +20 | 24,69 |
| IV. | +200 | 33,90 |

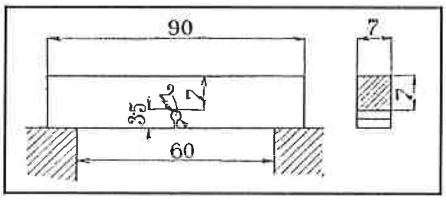
Látjuk, hogy a deformáció és a fajlagos ütőmunka a hőmérséklet szerint nagy határok között változik, szükséges tehát, hogy összehasonlítás céljából az ütőkísérlet hőmérsékletét mindig feljegyezzük.

Felsoroltuk eddig mindazokat az elveket, amelyek alapján a szabványpálca alakját és méreteit meg lehet állapítanunk és a különböző kísérletek eredményeit összehasonlíthatjuk, s ezek alapján a szabványpálcára a *47. ábrán* feltüntetett méreteket javasoljuk.

Ennek a pálcának a koppenhágaival szemben a következő előnyei vannak:



**46. ábra.** Ehrenberger által különböző hőfokon végzett hajlító ütőpróbák eredményei




**47. ábra.** A koppenhágai helyett javasolt szabványos próbapálca

1. A törést szenvedő keresztmetszet négyzet alakú lévén, a rúd húzott oldala jobban kontrahálhat, mint a téglalapalakú koppenhágai keresztmetszet, miáltal nagyobb fajlagos munkaértéket kapunk és kisebbedik a kísérleti hiba.

2. A támasztás távolsága aránylag nagyobb, mint Koppenhágában megszabták, ami kisebb reakciókat eredményez és így az ezek által okozott munkaveszteség kisebb lesz.

A koppenhágai rúddal szemben kifogásolható volna, hogy a bemetszés nem ér a pálca közepéig és vékony hengerelt árú anyagából vett próbatestben esetleg nem hatol a rúd közepében lévő kedvezőtlenebb vegyi összetételű anyagrétegig. Ez a kifogás azonban csak akkor volna helyes, ha az ütőpróba segítségével az anyag egyenlőtlenségét vizsgálnánk és a legrosszabb anyagrészeket akarnánk kikutatni; holott az ütőpróbával tudvalevőleg *rendesen* az a célunk, hogy az anyagnak az ütésekkel szemben való *átlagos* ellenálló képességét állapítsuk meg. Erre az utóbbi célra pedig a javasolt pálca teljesen megfelel. Ha pedig az anyag egyenlőtlenségét akarjuk vizsgálni, akkor a pálcát az anyag olyan helyéről kell kivágnunk, hogy a bemetszést határoló lyuk essék a megvizsgálandó anyag valószínűleg legrosszabb rétegébe.

Most még a kísérlet sebességére kellene javaslatot tennünk. *Frémont* az 1912. évi New York-i nemzetközi anyagvizsgáló kongresszus elé terjesztett IV/2. számú jelentésében olyan sebességet javasol, amely 4 m esésmagasságnak felel meg, tehát

$$v_0 = \sqrt{2gH_0} \cong 8{,}86\, m/\mathrm{sec}.$$

Ez a javaslat azonban hiányos, mert nem állapítja meg a törés utáni sebességet, illetőleg nem mondja ki, hogy milyen súlya legyen az ütőkosnak az adott próbapálca méreteihez képest. Ez pedig igen fontos, mert a különféle súlyú ütőkosoknak különböző energiája van. Tehát, ha a kezdő sebessége azonos is, a törés különböző sebességgel fog végbemenni; ha ugyanis két teljesen egyforma és olyan pálcát vizsgálunk, melyeknek törési munkaszükséglete egyenlő s ezeket azonos esésmagasságú, de különböző súlyú ütőkosokkal törjük el, akkor a nagyobb súlyú ütőkosban a törés után visszamaradt energia – tehát a végsebesség is – nagyobb lesz, mint a kisebb súlyú ütőkosban maradó. Az átlagos törési sebességek eszerint különbözők lesznek.

A *Frémont* javasolta sebesség alkalmazhatósága tehát az ütőkos súlyának figyelembevételével kísérletileg volna megvizsgálandó.

Frémont javaslatához csatlakozik még *Belanger*, a francia P. L. M. vasút mérnöke is, ugyanezen kongresszus elé terjesztett IV/5. számú jelentésében; de olyan anyagokra való tekintettel, amelyeknek törési munkája a sebességgel nő, azt javasolja, hogy több kísérlet útján még meghatározandó az a *legkisebb* ütősebesség is, amely mellett az anyag törésmunkája legkisebb értéket ad.

Tapasztalataink és a Rejtő-féle elméleti törvények alapján a Frémont által javasolt nagy sebességet nem tartjuk indokoltnak addig, míg olyan anyagokról van szó, melyek már kisebb sebességnél a törékenység feltűnő jelét mutatják, azaz jelentékeny deformáció nélkül, kisszögű behajlással törnek és aránylag kis fajlagos törési munkát kívánnak, mint pl. a 38. ábrán bemutatott kazánlemez. A bemetszett próbákon való kísérletezésnek első célja pedig épen az, hogy a *nagyobb* törékenységgel felruházott anyagokat felismerjük. Ezért elegendőnek tartjuk a jelenleg használatban lévő 10 mkg-os energiatartalmú Charpy-féle ingás ütőgépen elérhető 1,24 m esésmagasságot, illetőleg 4,93 m/sec kezdő ütősebességet.

Nagyobb kísérleti sebesség alkalmazása csak ott indokolt, ahol rendkívül jó, azaz nagy fajlagos ütőmunkát kibíró anyagfajtáknak szigorúbb osztályozásáról van szó[5].

[5] A cikkben felsorolt eredeti kísérleteket a Rimamurány-Salgótarjáni Vasmű R.-T. ózdi gyárában Ferjentsik Sándor okl. kohómérnök végezte.

# KÖNYVISMERTETÉS

*Prohászka János:*

## A fémek és ötvözetek mechanikai tulajdonságai

A Műegyetemi Kiadó a közelmúltban jelentette meg Prohászka János akadémikus, professor emeritus könyvét, amelyben – az anyagtudomány csaknem 40 éves oktatói és kutatói tapasztalatát hasznosítva – az anyag szerkezete és tulajdonságai elválaszthatatlan kapcsolatát hangsúlyozó szemléletmódban tárgyalja a fémek és ötvözetek mechanikai tulajdonságait.

A tizenhárom fejezetre tagolt könyvében szerző az alapfogalmak és a kristályhibák áttekintését követően a rugalmas tulajdonságokat, az anelaszticitást és a belső surlódást, majd az egykristályok és a polikristályos anyagok képlékeny alakváltozását és a szilárdságnövelő mechanizmusokat tárgyalja. Áttekintést ad a szerkezeti anyagok kúszásáról, kifáradásáról és töréséről. Ismerteti a törésmechanika alapjait. Összefoglalja a sugárzásnak a fémek és ötvözetek szerkezetére és tulajdonságaira gyakorolt hatását. Végül ismerteti a társított anyagok, kompozitok és a fémüvegek szerkezetét és tulajdonságait.

A 409 oldalas könyvet 352 ábra és 29 táblázat, valamint a függelék és a tárgymutató teszi gazdagon illusztrált, könnyen használható tankönyvvé és hasznos szakkönyvvé.

A könyv megrendelhető a BME Szolgáltató Kft. Műegyetem Kiadónál: 1111 Budapest, Goldmann tér 3., tel.: 1-463-3863, fax: 1-466-5714; e-mail cím: megrendeles@kiado.bme.hu. A könyv bruttó ára: 3 918 Ft + postaköltség.

*(A Műegyetemi Kiadó körlevele nyomán)*