

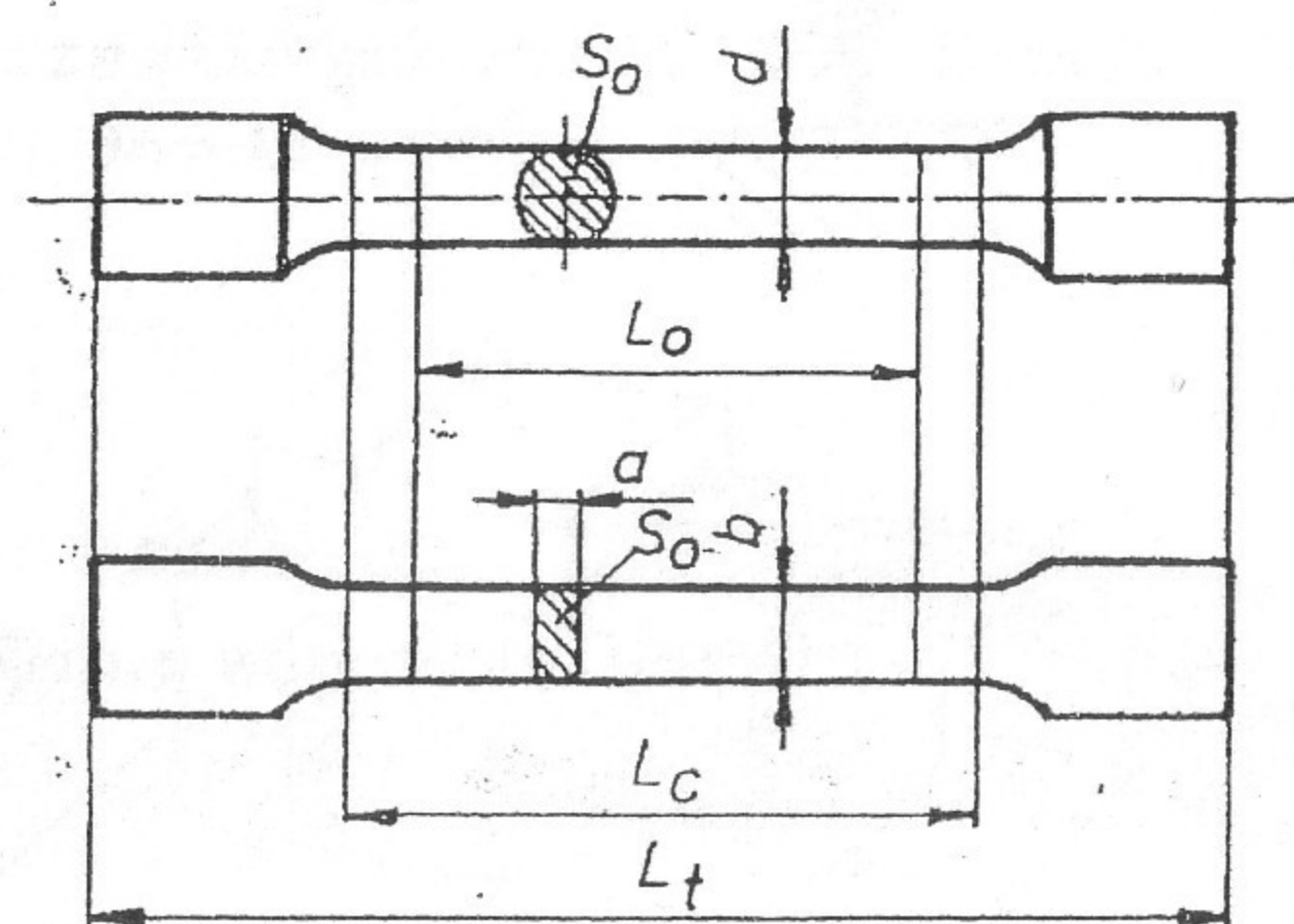
## 2. MECHANIKAI VIZSGÁLATOK

### 2.1 SZAKITÓVIZSGÁLAT

#### 2.1.1 A vizsgálat elve

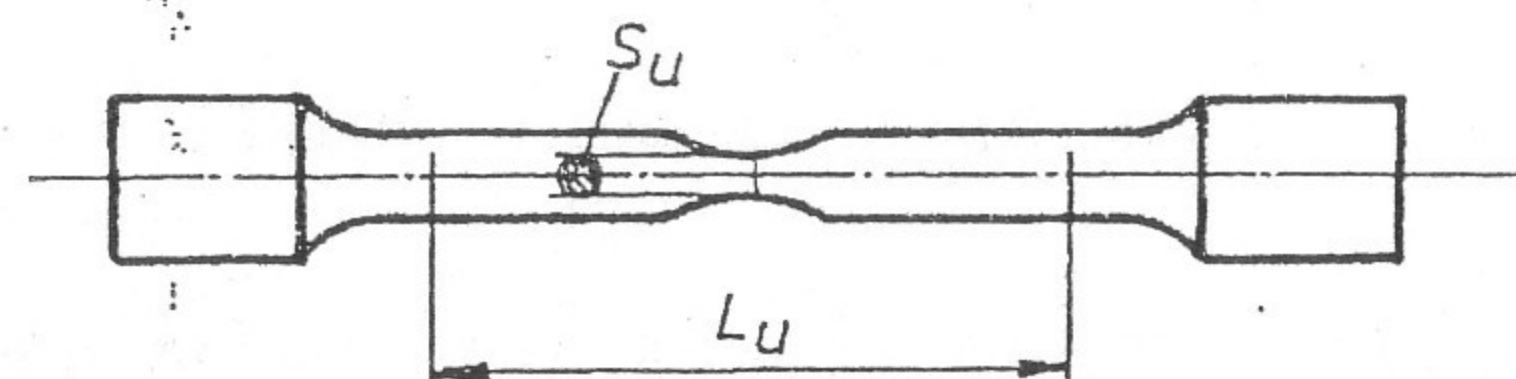
Hengeres vagy hasáb alakú próbatestet középpontos húzó igénybevételnek kell alávetni - általában szakadásig - és a terhelőerőt, valamint az erő okozta alakváltozást kell mérni. A mérési eredmények a vizsgált anyag terhelhetőségéről és alakváltozási tulajdonságairól adnak felvilágosítást.

2.1.2 A próbatest alakját, jelöléseit a vizsgálat előtt az 29. ábra és szakadás után a 30. ábra mutatja.



29. ábra

A próbatest a vizsgálat előtt



30. ábra

A próbatest szakadás után

Az ábrák jelölései:

$S_0$  = a vizsgálati szakasz eredeti keresztmetszete  $\text{mm}^2$ -ben,

- $S_u$  = a próbatest legkisebb keresztmetszete szakadás után,  $\text{mm}^2$ -ben,
- $d$  = a hengeres próbatest vizsgálati hosszának átmérője mm-ben,
- $a$  = a hasábalakú próbatest vizsgált részének vastagsága mm-ben,
- $b$  = a hasábalakú próbatest vizsgált részének szélessége mm-ben,
- $L_c$  = a próbatest hengeres, vagy hasábalakú részének a hossza mm-ben,
- $L_0$  = a próbatest vizsgálati hosszán kijelölt szakasz, az ún. eredeti jeltávolság, melynek növekedése az alakváltozás meghatározására szolgál. Nemzetközi megállapodás alapján arányos az olyan próbatest, melynek eredeti keresztmetszete és jeltávolsága között  $L_0 = k \cdot \sqrt{S_0}$  összefüggés van, ahol  $k = 5,65$  vagy  $11,3$ . Rövid arányos a körszelvényű próbatest, ha  $L_0 = 5 \cdot d$ . A keresztmetszetek területének egyenlősége mellett általánosan:

$$\frac{d^2 \cdot \pi}{4} = S_0, \text{ ebből } d = 1,13 \sqrt{S_0},$$

$$\text{így } L_0 = 5 \cdot 1,13 \cdot \sqrt{S_0} = 5,65 \sqrt{S_0}, \text{ tehát } k = 5,65.$$

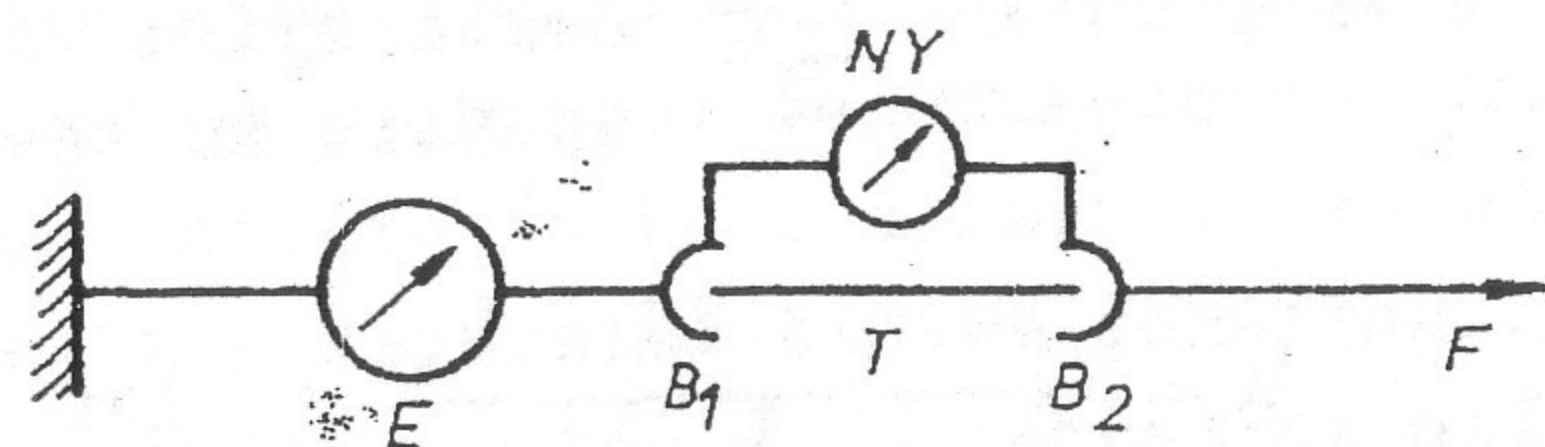
Hosszu arányos a körszelvényű próbatest, ha  $L_0 = 10 d$ , az előzőeknek megfelelően  $k = 11,3$ .

Műszaki megfontolásból néha a próbatest eredeti jeltávolságát a keresztmetszettől függetlenül határozzák meg - nem arányos próbatest. Elyen esetben az eredeti jeltávolságot a termék előírása tartalmazza (pl. temperöntvények előírásaiban szokásos az  $L_0 = 3 d$  érték).

$L_t$  = a próbatest hosszúsága a fejrésszel együtt mm-ben,  
 $L_u$  = az eredeti jeltávolság szakadás után mm-ben.

### 2.1.3 A vizsgálat lefolytatása

A kísérlet elvi elrendezését a 31. ábra mutatja.



31. ábra

A szakító kísérlet elvi elrendezése

A  $B_1$   $B_2$  befogófejek közé befogva a T jelű próbatestet, és a  $B_2$  jelű befogófejet egyenletes sebességgel távolítva a  $B_1$ -től, a próbatestre valamilyen változó nagyságú F erő fog hatni. A  $B_2$  jelű befogófej távolodásával a próbatest szükségképpen meg fog nyúlni. Az F erőnek a változása összefügg majd a próbatest megnyúlásával. A kísérlet során az F erő nagyságát az E, a megnyúlás mértékét az NY mérőműszer mutatja.

A befogófejek a terhelőerő középpontos, tengelyirányú átadását biztosítják.

A terhelőerőt (F) az eredeti keresztmetszetre ( $S_0$ ) vonatkoztatva, a feszültséget (R) kapjuk:

$$R = \frac{F}{S_0} \quad \text{N/mm}^2$$

A próbatest meghosszabbodását az eredeti jeltávolság nyúlásán mérjük. Ez a nyúlás lehet relatív:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

és százalékos:

$$A = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100 = \varepsilon \cdot 100 \quad \%$$

ahol  $\Delta L = L - L_0$  az abszolút megnyúlás.

Megnyúlás ( $\Delta L = L - L_0$ ) az eredeti jeltávolságnak a terhelés hatására bekövetkezett megnövekedése, mm-ben.

A megnyúlás megadható, mint

- Teljes megnyúlás, adott terhelésnek alávetett próbatest eredeti jeltávolságának megnövekedése a terhelés alatt mm-ben, tartalmazza mind a rugalmas, mind a maradó megnyúlást.
- Maradó megnyúlás, adott terhelésnek alávetett próbatest eredeti jeltávolságának - a terhelés megszűntetése után mért - megnövekedése, mm-ben.
- Nem arányos megnyúlás, a teljes megnyúlás értékéből az adott terhelésnek megfelelő rugalmas megnyúlás számított értékének levonása után a nem arányos megnyúlás értéke adódik, mm-ben. Ez az érték általában különbözik a maradó megnyúlás értékétől.
- Szakadási megnyúlás, az eredeti jeltávolságnak a próbatest szakadásig bekövetkezett maradó megnövekedése, mm-ben.

Nyúlás,  $\frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100 \quad \%$  az eredeti jeltávolságnak a terhelés hatására bekövetkezett megnövekedése, az

eredeti jeltáv %-ában kifejezve.

A nyúlás a megnyúlások figyelembevételével lehet:

- teljes nyúlás
- maradó nyúlás
- nem arányos nyúlás
- szakadási nyúlás

a mm-ben megadott megnyúlási értékek az eredeti jeltávra vonatkoztatva, százalékban.

A megnyúlás rugalmas akkor, ha a terhelőerő megszűnése után a próbatest eredeti méretét visszanyeri. A rugalmas megnyúlás Hooke-törvénye értelmében a feszültséggel arányos:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{R}{E} = \frac{F}{S_0 \cdot E}, \text{ ebből } \Delta L = \frac{L_0 \cdot F}{S_0 \cdot E} \text{ mm,}$$

ahol  $E$  = rugalmassági vagy Young-féle modulusz: az a fiktív feszültség, amely képes a próbatestet eredeti hosszának kétszeresére nyújtani.

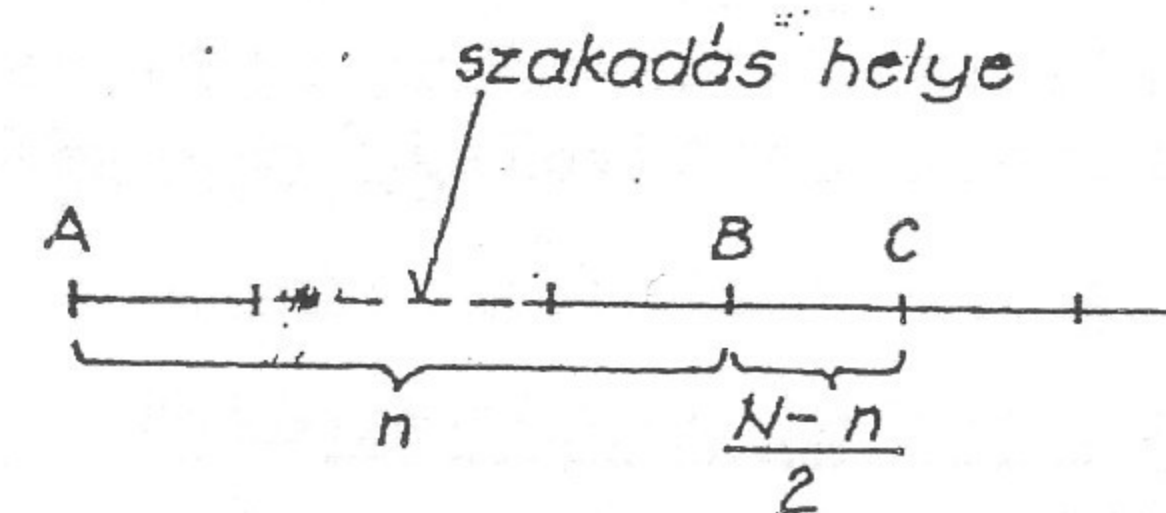
#### A szakadási nyúlás meghatározása:

A szakadási nyúlás akkor határozható meg helyesen, ha a próbatest a jeltávolságon belül, annak középső harmadában szakadt el. A szélső jelek szakadás utáni távolságának mérésekor a szakadt próbatest két részét gondosan kell összeilleszteni úgy, hogy tengelyük egy egyenesbe essen.

A kapott eredmény a szakadás helyétől függetlenül, mindenképpen érvényes, ha a nyúlás eléri az előírt értéket. Ha azonban a próbatest a jeltávolság középső harmadán kívül szakad, vagy a szakadás helyén kívül más kontrakciós hely is fellép a jeltávolságon belül és a nyúlás nem éri el az előírt értéket, akkor a vizsgálat érvénytelen, és meg kell ismételni.

A vizsgálat megismétlése elkerülhető, ha a próbatesten a vizsgálat előtt a jeltávolságot  $N$  egyenlő részre osztják, és a próbatest elszakítása után a rövidebb próbatedarab szélső jelét A-val, a hosszabb részen lévő tükrözött osztási jelet B-vel jelölik. Ha az A és B-vel jelölt pontok közötti osztások száma  $n$ , akkor a szakadási nyúlást a következőképpen kell számítani:

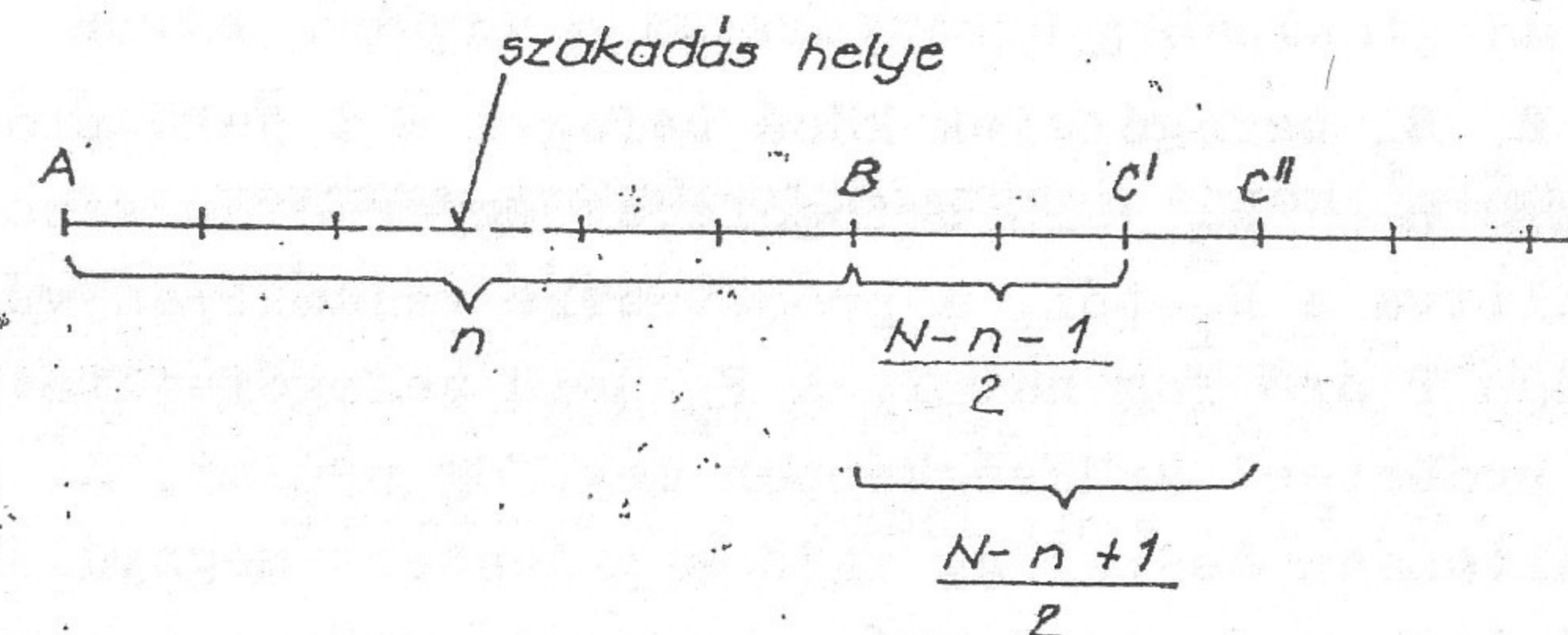
a) Ha  $N - n$  páros szám, akkor



megmérik az A és B közötti távolságot, valamint a B és a tőle  $\frac{N-n}{2}$  osztásnyira lévő C osztáspont közötti BC távolságot, és az

$$A = \frac{AB + 2 BC - L_0}{L_0} \cdot 100 \%$$

b) Ha  $N - n$  páratlan szám, akkor



megmérik az A és B közötti távolságot, valamint a B pont és a tőle  $\frac{N-n-1}{2}$  osztásnyira lévő C' közötti BC' távolságot, továbbá az  $\frac{N-n+1}{2}$  osztásnyira lévő BC'' távolságot, és az

$$A = \frac{AB + BC' + BC'' - L_0}{L_0} \cdot 100 \%$$

A nyúlás jele mellett indexben meg kell adni az eredeti jeltávolság nagyságát. Ha arányos próbatestet alkalmazunk  $A_5$  vagy  $A_{10}$  attól függően, hogy  $5,65 \sqrt{S_0}$  vagy  $11,3 \sqrt{S_0}$  a jeltávolság hossza.

A próbatest valamely  $F_u$  erőnél elszakad, alakváltozását a szakadás helyén mért keresztmetszetcsökkenéssel (kontrakcióval) jellemezzük, amely a szakítóvizsgálat során bekövetkező legnagyobb keresztmetszetváltozás az eredeti keresztmetszet százalékában kifejezve:

$$Z = \frac{S_o - S_u}{S_o} \cdot 100 \quad \%$$

Az elszakított próbatest legkisebb keresztmetszetének meghatározása céljából a próbatest legszűkebb részének két, egymásra merőleges átmérőjét kell megmérni, és ezek számtani közepéből kell a keresztmetszetet számítani. A hasábalaku próbatest szakítása után (32. ábra) az alábbi képlettel kell a legkisebb keresztmetszetet meghatározni:

$$S_u = 0,25 (a_u + a_o) \cdot (b_u + b_o)$$

A szakítógépek általában a terhelő erőt a befogófejek elmozdulása függvényében felrajzolják.

Ha a próbatestet terhelő erőt ( $F$ ) a megnyúlás ( $\Delta L = L - L_o$ ) függvényében, vagy a feszültséget ( $R = \frac{F}{S_o}$ )

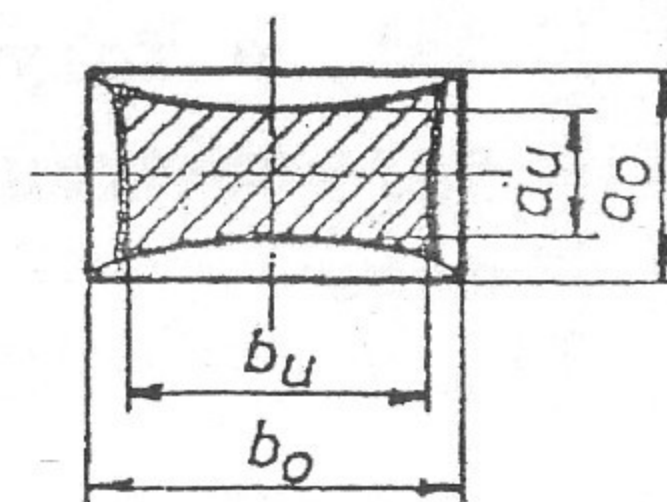
a teljes nyúlás ( $\frac{L - L_o}{L_o} \cdot 100 \%$ )

függvényében ábrázoljuk, a szakítódiagramhoz jutunk.

#### 2.1.4 Szakítódiagramok

A fémek és ötvözetek szakítódiagramjai általában két típust mutatnak (33., 34. ábra).

Mindkettőre jellemző, hogy meredek egyenes vonallal indul. Az egyenes arányosságot fejez ki a terhelés és az alakváltozás mérőszámai között. Az egyenes végpontja az anyag arányossági határa.



32. ábra

A hasábalaku próbatest keresztmetszetváltozása

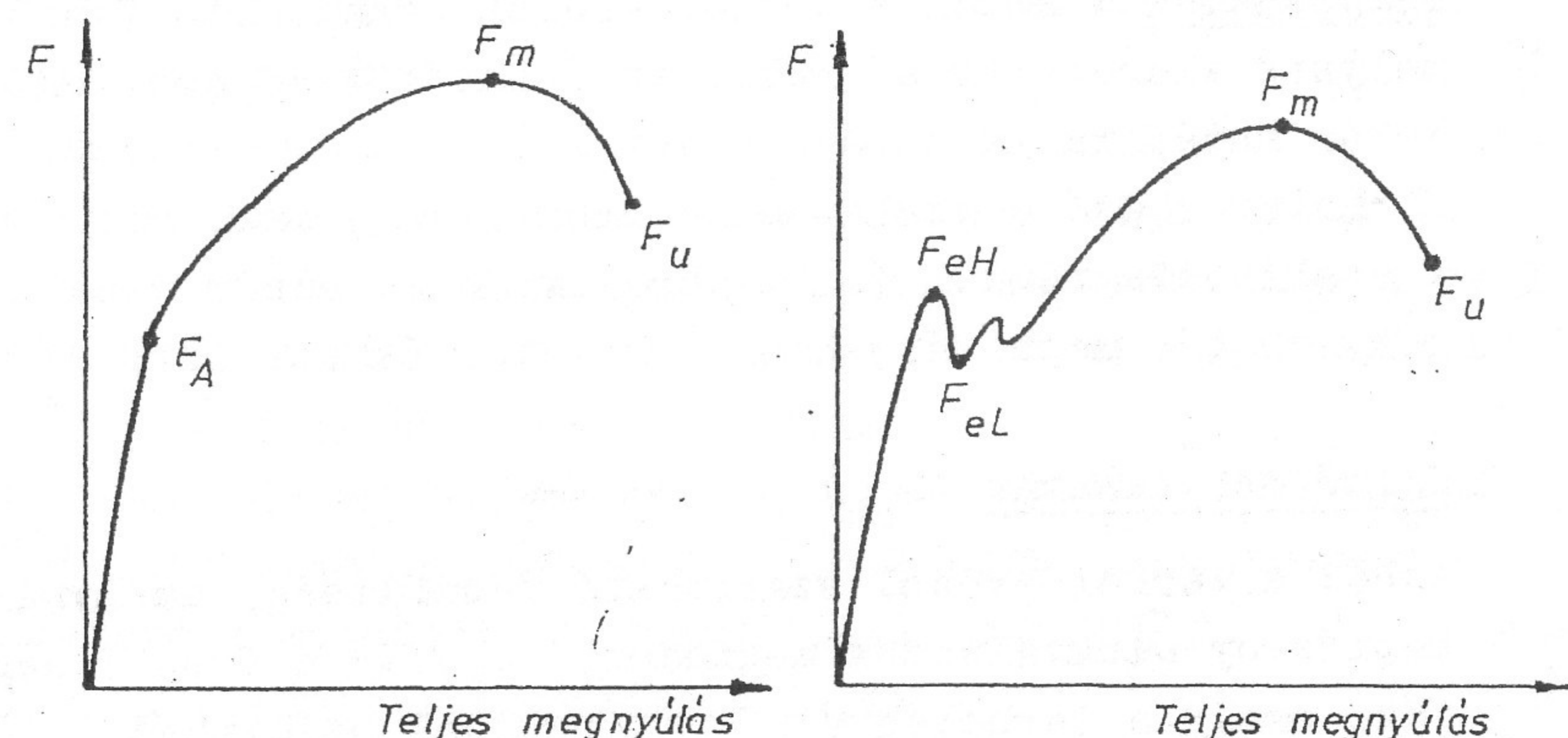
A fémek alakváltozása kisebb terheléseknél általában rugalmas. A rugalmas határ megfigyelések szerint sokszor egybeesik, vagy jelentéktelenül tér el az arányossági határtól, ezért az arányos alakváltozásra a Hooke-törvény kifejezte arányosságot tekintik érvényesnek. A rugalmassági határ elvileg mérhetetlen, mert a rugalmas deformáció határa a maradó alakváltozás határával függ össze, annak mérésével adható meg. A 0,002 % maradó nyúláshoz tartozó feszültséget szokták "rugalmassági határnak" tekinteni.

Az anyagok egy nagy csoportjánál az arányossági és rugalmassági határ átlépése után a próbadarab egyenletesen nyúlik, keresztmetszete megtartja hengeres vagy hasábalakját, azonban mérete csökken, a görbe laposodik (33. ábra). A legnagyobb terhelés ( $F_m$ ) elérésekor a nyúlás egyenletessége megszűnik, a jeltávolság kis hányada erősen nyúlik, e helyen a keresztmetszet fokozottan csökken, a próbatest befűződik, kontrakál.

A görbe maximumához tartozó feszültség a szakítószilárdság. A további alakváltozás után végül a próbatest valamely  $F_u$  erőnél elszakad.

Az anyagok másik csoportja - ide tartoznak elsősorban a kisebb C-tartalmu acélfajták - folyási jelenséget mutat (34. ábra).

Szivós anyagok szakítódiagramjai:



33. ábra

34. ábra

Ezeknél az anyagoknál az arányos és rugalmas alakváltozás megszűnésekor egy, a már elért terhelésnél kisebb erő, további maradó alakváltozást okoz, majd a terhelőerő ingadozásával nyúlik a próbadarab. A folyás alatt elért legnagyobb erőt  $F_{eH}$ -val, a legkisebbet  $F_{eL}$ -lel jelöljük. Ha nem szükséges e két értéket megkülönböztetni, folyási feszültségként a nagyobbikat, a felső folyási határt kell megadni. Az arányossági és rugalmassági határokat ilyen anyagoknál a felső folyási határ értékével megegyezőnek tekintjük. A szabvány azoknál az anyagoknál is a folyási határ megfelelő előírt módon meghatározott értékét adhatja meg, amely anyagok egyébként folyási jelenséget nem mutatnak.

A rideg anyagok - amelyek maradó alakváltozás nélkül elszakadnak - szakítódiagramja csak a Hooke-féle egyenesből áll, a szakadási erő egyben az arányossági, rugalmassági határ is.

A szakítóvizsgálat alapján a következő feszültségek számíthatók:

Szakítószilárdság ( $R_m$ ) = a vizsgálat közben mért legnagyobb terhelés és az eredeti keresztmetszet hányadosa,

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \quad \text{N/mm}^2.$$

Folyáshatár = abból a terhelőerőből számítható feszültség, melynek elérésekor a próbatest állandó vagy csökkenő terhelés hatására is tovább nyúlik.

Meghatározható a szakítódiagramból, vagy anélkül.

A szakítódiagramból ( 34. ábra) mind az alsó, mind a felső folyáshatár meghatározható a következők szerint:

Felső folyáshatár ( $R_{eH}$ )

abból a terhelőerőből számítható feszültség, amelynél a képlékeny alakváltozás megindul, vagy az a feszültségi érték, amely a terhelés első maximumából számítható, függetlenül attól, hogy a folyás közben hasonló vagy még nagyobb

értékek is előfordulhatnak,

$$R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_0} \quad \text{N/mm}^2.$$

Alsó folyáshatár ( $R_{eL}$ )

a folyás közben mért legkisebb terhelőerőből számított feszültség,

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0} \quad \text{N/mm}^2.$$

Szakítódiagram nélkül abból a terhelésből kell számítani a folyáshatárt, amelynél az erőmérő mutatója először ingadozik, vagy esik vissza. Az így mért terhelés általában a folyás közben vonszolt mutató által jelzett legnagyobb érték, ezért az ilyen módon meghatározott feszültség a felső folyáshatár.

Amennyiben a vizsgált anyag folyási jelenséget nem mutat, a folyáshatárt - mint jellemző feszültséget - az egyezményes ill. névleges folyáshatárként határozzuk meg.

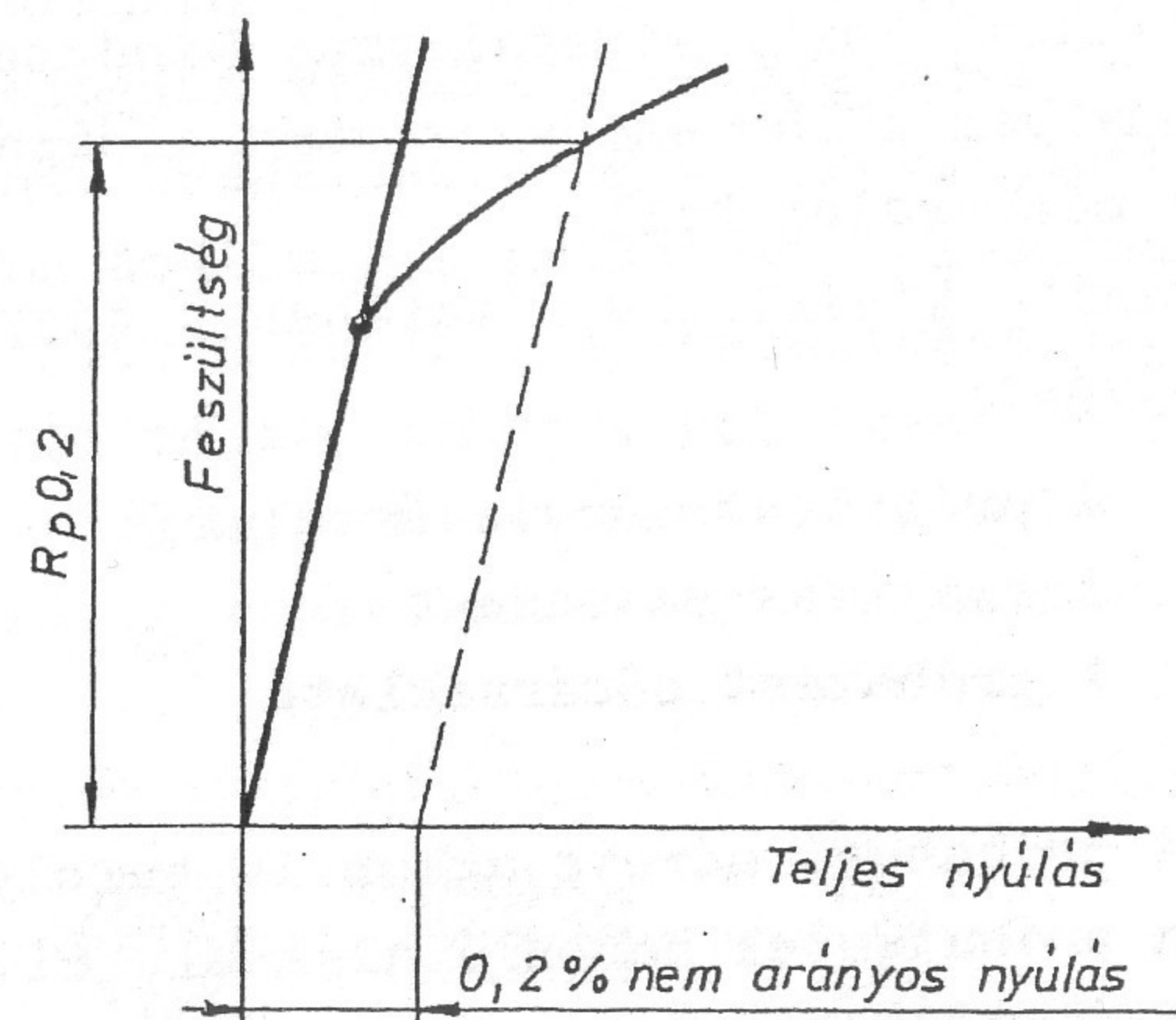
Terhelt állapotban mért egyezményes folyáshatár ( $R_p$ )

abból a terhelésből számítható feszültség, amelynek hatására a próbatest eredeti jeltávolságának százalékában megadott (általában 0,2 %) nem arányos nyúlás bekövetkezik. Az egyezményes folyáshatár jele mellett indexben meg kell adni azt a nem arányos nyúlást, amelyre az vonatkozik (pl.  $R_{0,2}$ ).

Az egyezményes folyáshatárt úgy kell meghatározni, hogy a szakítódiagram abszcisszájának a megadott nagyságu (0,2 %) nem arányos nyúlást jelentő pontjából párhuzamost kell húzni a görbe kezdeti, egyenes szakaszával. Az egyenes kimetszi a görbéből az egyezményes folyáshatárt ( 35. ábra), vagy azt a terhelési értéket, amelyből az eredeti keresztmetszettel való osztás után kapható az

egyezményes folyáshatár.

$$R_{p0,2} = \frac{F_{p0,2}}{S_0} \quad \text{N/mm}^2.$$



35. ábra

Terheletlen állapotban mért egyezményes folyáshatár ( $R_p$ )

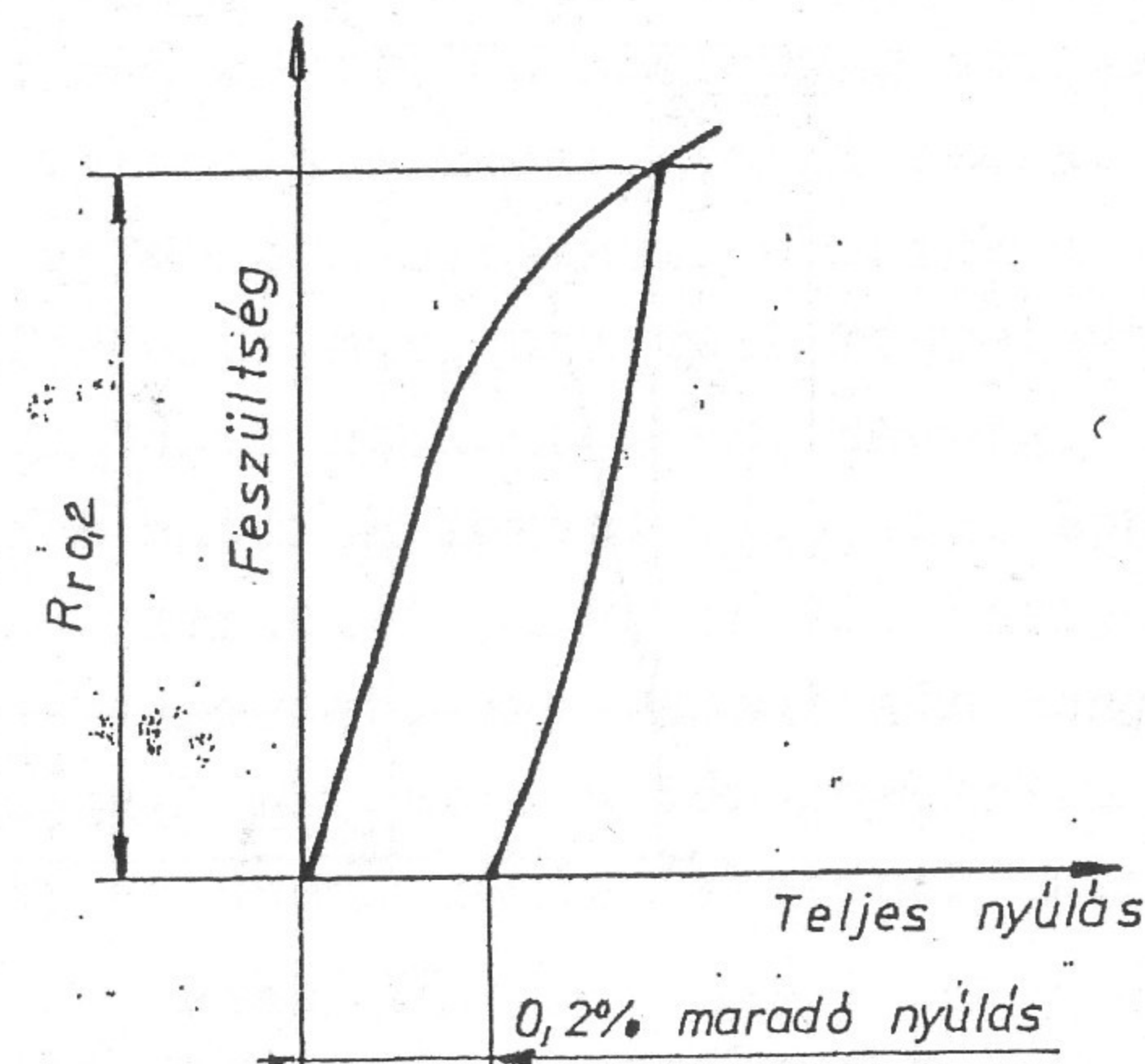
abból a terhelésből számítható feszültség, melynek hatására a próbatest eredeti jeltávolságának százalékában megadott maradó nyúlása bekövetkezik.

A terheletlen állapotban mért egyezményes folyáshatár jele mellett indexben meg kell adni azt a maradó nyúlást, amelyre a folyáshatár vonatkozik (pl.  $R_{r0,2}$  vagy  $R_{r0,02}$ ).

A terheletlen állapotban mért egyezményes folyáshatár meghatározásakor fokozatosan növekvő terhelésekkel kell a vizsgálatot végezni. Minden terhelési lépcsőt 10 másodpercig kell változatlan értéken tartani, majd a terhelést meg kell szüntetni. Minden fokozat után terheletlen állapotban kell mérni a próbatest maradó nyúlását. A terhelést addig

kell fokozni, amíg a megadottnál (pl. 0,2 %) nagyobb maradó nyúlás nem adódik. A megadott maradó nyúláshoz tartozó

névleges rugalmassági határ ezután grafikus vagy algebrai interpolálással meghatározható (36. ábra).



36. ábra

Névleges folyáshatár ( $R_t$ )

abból a terhelőerőből számítható feszültség, amelynek hatására a próbatest eredeti jeltávolságának százalékában megadott teljes nyúlás bekövetkezik.

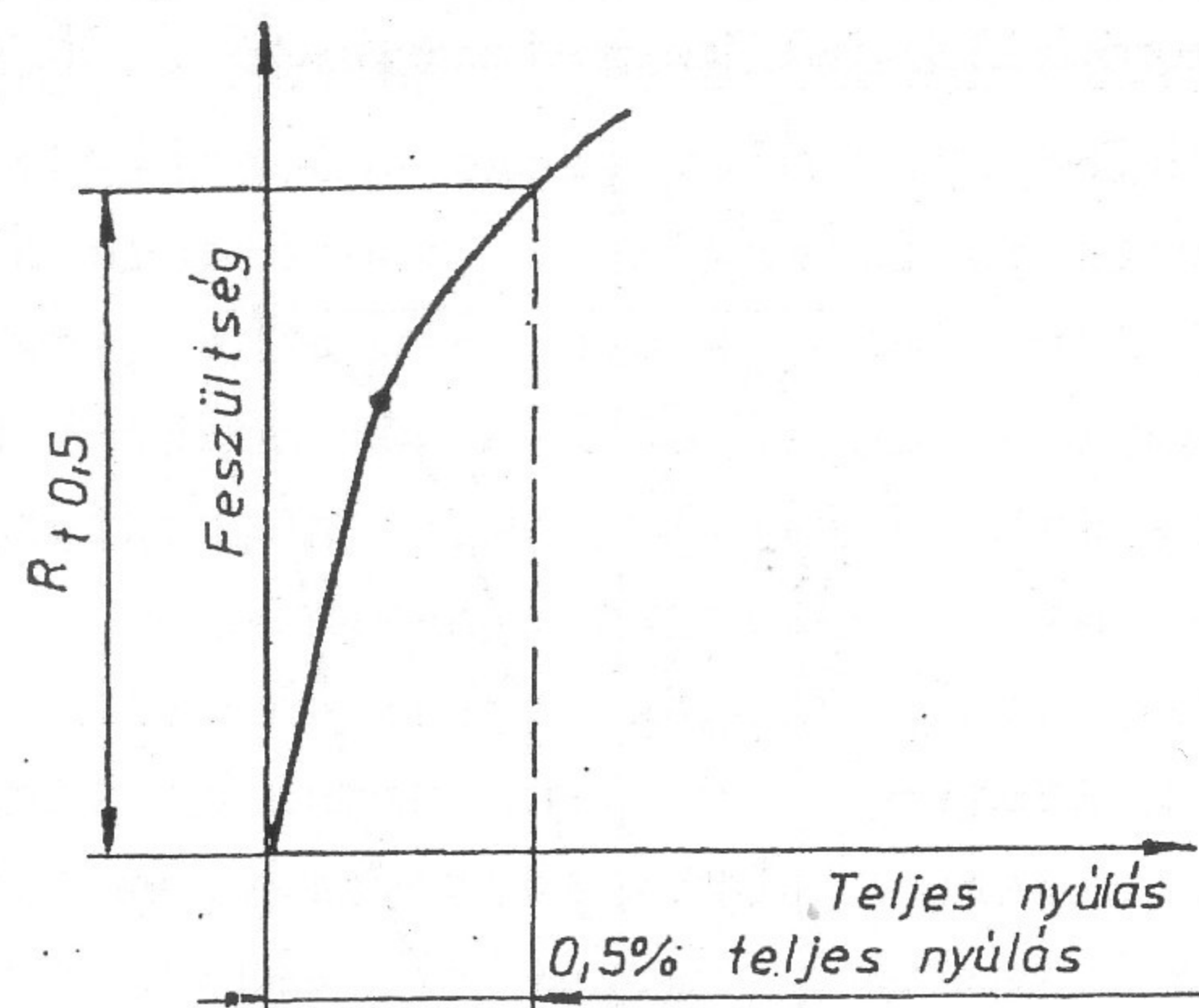
A névleges folyáshatár jele mellett indexben meg kell adni azt a teljes nyúlást, amelyre az vonatkozik (pl.  $R_{t0,5}$ ).

A névleges folyáshatárt szakítódiagramból, vagy anélkül lehet meghatározni.

Szakítódiagramból úgy kell meghatározni, hogy a szakítódiagram abszcisszájának a megadott nagyságu (általában 0,5 %) teljes nyúlást jelentő pontjából párhuzamost kell húzni az ordinátával. Az egyenes kimetszi a görbéből a névleges folyáshatárt (37. ábra).

Ha szakítódiagram nem készül, akkor abból a terhelésből kell számítani a névleges folyáshatárt, amelynél a nyúlásmérő a megadott nagyságu (általában 0,5 %) teljes nyúlásnak megfelelő megnyúlást jelzi.

$$R_{t0,5} = \frac{F_{t0,5}}{S_0} \quad \text{N/mm}^2.$$



37. ábra

A névleges folyáshatárt olyan minőségű acéloknál célszerű meghatározni, melyeknél a folyáshatár nem jelentkezik elég élesen, és amelyek egyezményes folyáshatára kisebb mint  $650 \text{ N/mm}^2$ , valamint szakítószilárdsága kisebb mint  $1100 \text{ N/mm}^2$ .

A névleges folyáshatár értékét alsó folyáshatárnak kell tekinteni, ha az anyagra vonatkozó előírások másképpen nem rendelkeznek.

#### 2.1.5 A szakító kísérletet befolyásoló tényezők

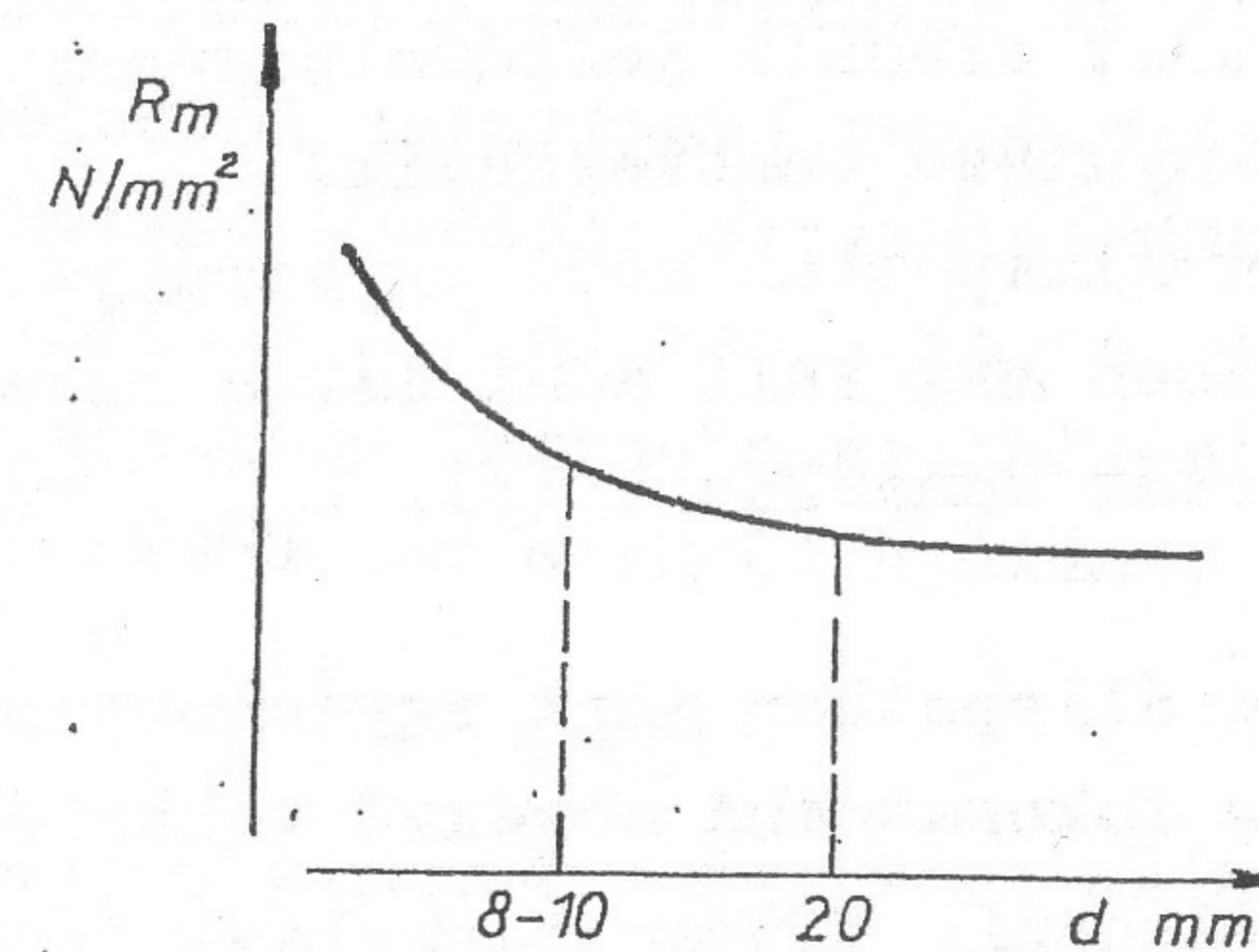
A szakító kísérlet végrehajtásánál már eleve figyelembe kell venni azt, hogy a vizsgálandó anyag általában nem homogén, tehát a próbadarab kivétele bizonyos fokig az eredményre befolyással van. Ismerni kell tehát a gyártás technológiáját ahhoz, hogy a leghelyesebb próbavételi módot lehessen megállapítani. Az összes lehetőségekre való kitérés helyett csupán példaképpen említem meg, hogy egy hengerelt lemeznél a hengerlés hosszirányában a szilárdsági értékek szükségképpen mások lesznek, mint keresztirányban, tehát ilyen esetben hossz- és keresztirányu vizsgálatot kell végezni, hacsak másféle megállapodás nincs. Az öntvények vizsgálatánál pl. a szilárdság nagymértékben

függ az öntvény falvastagságától, tehát a kísérletet a mértékadó falvastagságnak megfelelő próbatesten kell végezni. Befolyást gyakorol, ha kisebb mértékben is a szilárdságra az, hogy a próbatest megmunkálva vagy megmunkálatlanul kerül vizsgálatra. Mindezen szempontokat - amennyiben külön szabvány vagy előírás nincs rá - esetenként mérlegelni kell.

A szakító kísérletre általában 3 tényező gyakorol döntő befolyást:

1. A próbatest mérete és alakja
2. A szakítás sebessége
3. A próbatest hőmérséklete

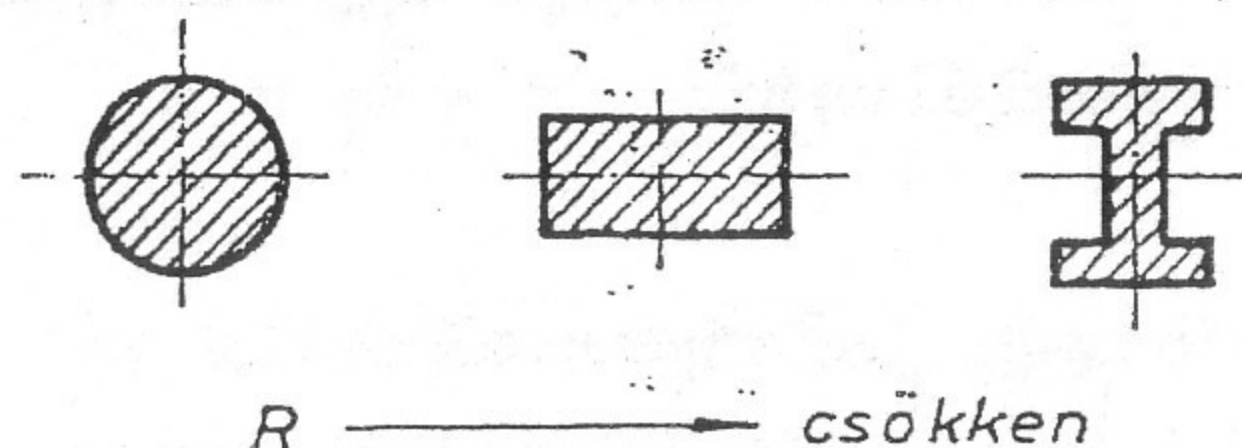
1. A próbatest mérete akkor is befolyást gyakorol, ha a próbatestek hasonló alakúak. Pl. a kis átmérőjű próbatestek valamivel nagyobb szilárdságot adnak, mint azt a 38. ábra is mutatja az átmérő függvényében. Különösen erős lesz az átmérő függvényében való változás olyan anyagoknál, melyeknél a hűlés sebessége a gyártás valamelyik fázisában erős befolyást gyakorol a szilárdságra, pl. öntvényeknél vagy edzett acéloknál.



38. ábra

A próbatest átmérőjének befolyása a szakítószilárdságra

A próbatest alakja elsősorban a folyási határt befolyásolja. nagyobb mértékben, és általánosan a szilárdsági adatok annál kisebbek lesznek, minél inkább eltér a próbatest alakja a körtől ( 39. ábra). A jelenség magyarázata nyilvánvalóan abban rejlik, hogy bármiféle befogást veszünk is figyelembe, a legegyszerűsebb feszültségeloszlás a kör keresztmetszetű próbatestben fog beállni. A próbatest keresztmetszete minél jobban eltér a körtől, a feszültségeloszlás annál egyenetlenebbé válik, tehát a keletkező helyi feszültségcsúcsok az igénybevételt kedvezőtlenebbé és ezáltal a szilárdsági értékeket alacsonyabbá teszik.



39. ábra

A próbatest alakjának befolyása a szilárdsági értékekre

Ezért a különféle anyagok és félgyártmányok szabványai rendelkeznek a próbatestek alakjára és méretére vonatkozóan.

2. A szakítás sebessége elsősorban a folyási határt befolyásolja, de kisebb mértékben az anyag szakító szilárdságát is. A vizsgálati sebességekre a szabványok előírásokat közölnek. Vannak maximális vizsgálati sebességek, melyeknél kisebb sebességek esetén a folyáshatárok, illetve a szakítószilárdság értéke helyesen mutatkozik.
3. A próbatest hőmérséklete a szakító kísérlet eredményét messzemenően befolyásolja, azonban azok a kis hőmérsékleti ingadozások, amelyek szobahőmérsékleten belül

előfordulnak, általában a szilárdsági értékeket nem befolyásolják. Gyakorlatilag +10 és +35 °C hőmérsékleti határok között az acélanyag szilárdságában számottevő változás nincsen, tehát azokat a hőmérsékletbeli egyenlőtlenégeket, amelyek a laboratóriumban előfordulhatnak, nem kell figyelembe venni. Erősen változik azonban a szilárdság, ha a hőmérséklet tágabb határok között változik. Éppen ezért minden olyan szerkezeti alkatrészt, amelyet szobahőmérsékletnél magasabb, vagy annál alacsonyabb hőmérsékleten használnak, azon a hőmérsékleten kell vizsgálni, amely az üzemi hőmérsékletének megfelel.

#### 2.1.6 A szakítógépek szerkezete

Az első anyagvizsgálógépeket Angliában és Franciaországban építették, és 1928-ban már 25 mm átmérőjű acél próbatesteket tudtak szakítani.

A ma használatos anyagvizsgálógépek rendszerint három főrészből állnak, ezek a következők:

1. A próbatest befogófejeket magába foglaló állvány.
2. Az erőmérő berendezés.
3. A gépet működtető olajszivattyú és a vele egybeépített villamosmotor, vagy a mechanikus meghajtó berendezés.

A mechanikus meghajtással szemben a hidraulikus ( 40. ábra) lökésmentes mozgatót, sőt folyamatos sebességszabályozást is lehetővé tesz.

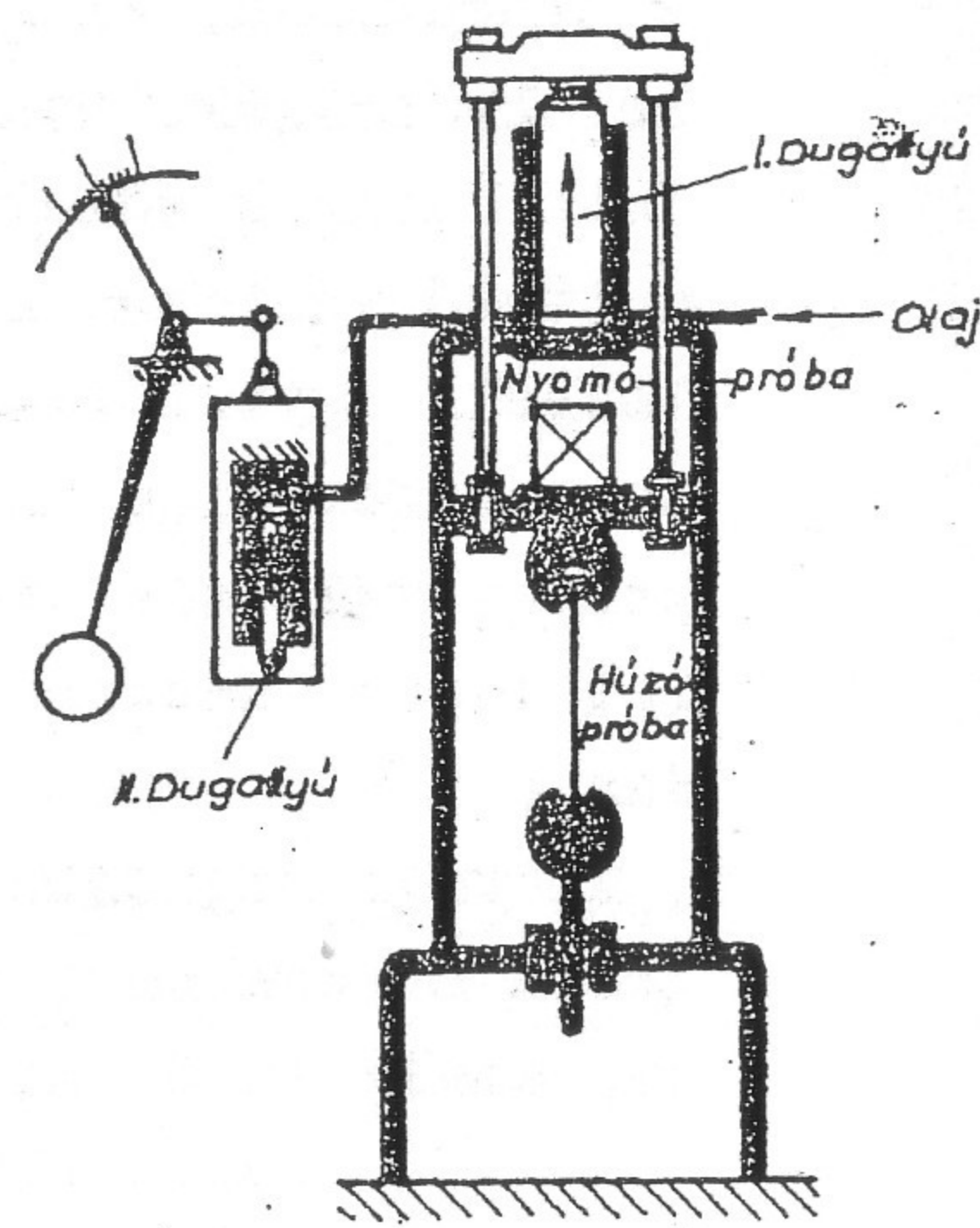
A gépek ún. befogófej részei közül az egyik - rendszerint az alsó - rögzített, míg a felső befogófej a különböző próbatestek befogására tetszés szerinti magasságba állítható és rögzíthető. A felső befogófejet a munkahengerben működő dugattyú segítségével mozgatójuk úgy, hogy egy többdugattyús olajszivattyú segítségével olajat préselünk a hengerbe, amely megfelelő magasságba képes a



dugattyút, és ezzel a felső befogófejet elmozdítani. A munkahenger közvetlen összeköttetésben van a mérőberendezés hengerével, ill. az abban mozgó mérődugattyúval, amely az ingás manométert működteti. A készülék a befogófej terhelés függvényében bekövetkező elmozdulását diagramban rögzíti.

A korszerű anyagvizsgáló gépek egyetemes gépek. Segítségükkel a szilárdsági kísérletek túlnyomó része elvégezhető, pl. szakító-, húzó-, nyomó-, hajlító- és megfelelő készülékekkel nyíróvizsgálat is.

A legmodernebb berendezések már villamos méréssel és elektronikus szabályozással működnek.



40. ábra

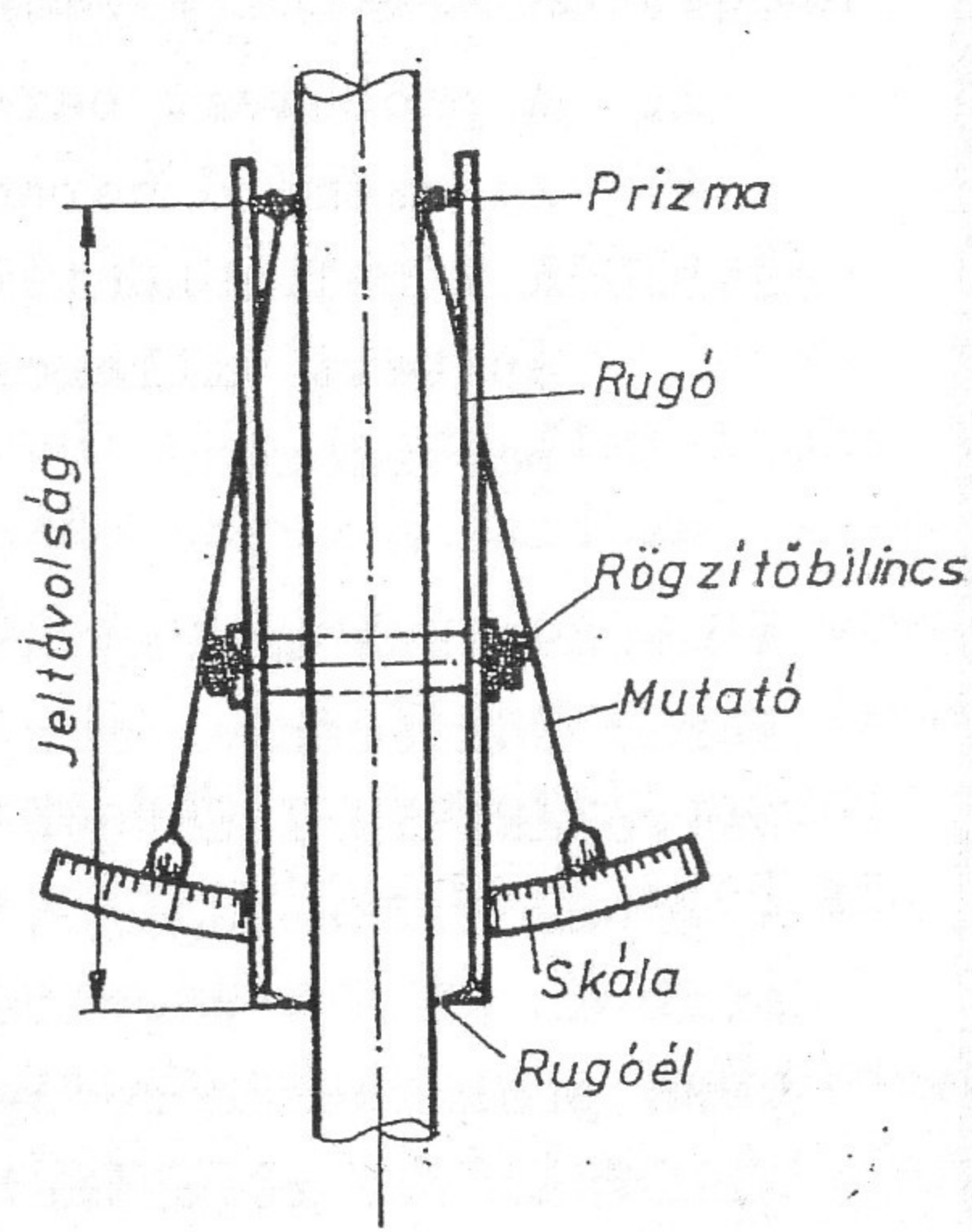
Korszerű szakító gép

### 2.1.7 A finom nyúlásmérés eszközei

Ha a mérési eredményekkel szemben nagyobb pontossági követelményeket támasztunk, akkor a szokásos szakítókísérletből kapott értékek nem kielégítőek.

A 0,2; 0,02 és 0,002 %-os határok megállapítására mérőórás, karáttételes mechanikus nyúlásmérőket, tenzométereket, vagy villamos ellenállásváltozáson alapuló nyúlásmérő bélyegeket használnak.

A 0,2 %-os határ megállapítására olyan anyagoknál,



41. ábra

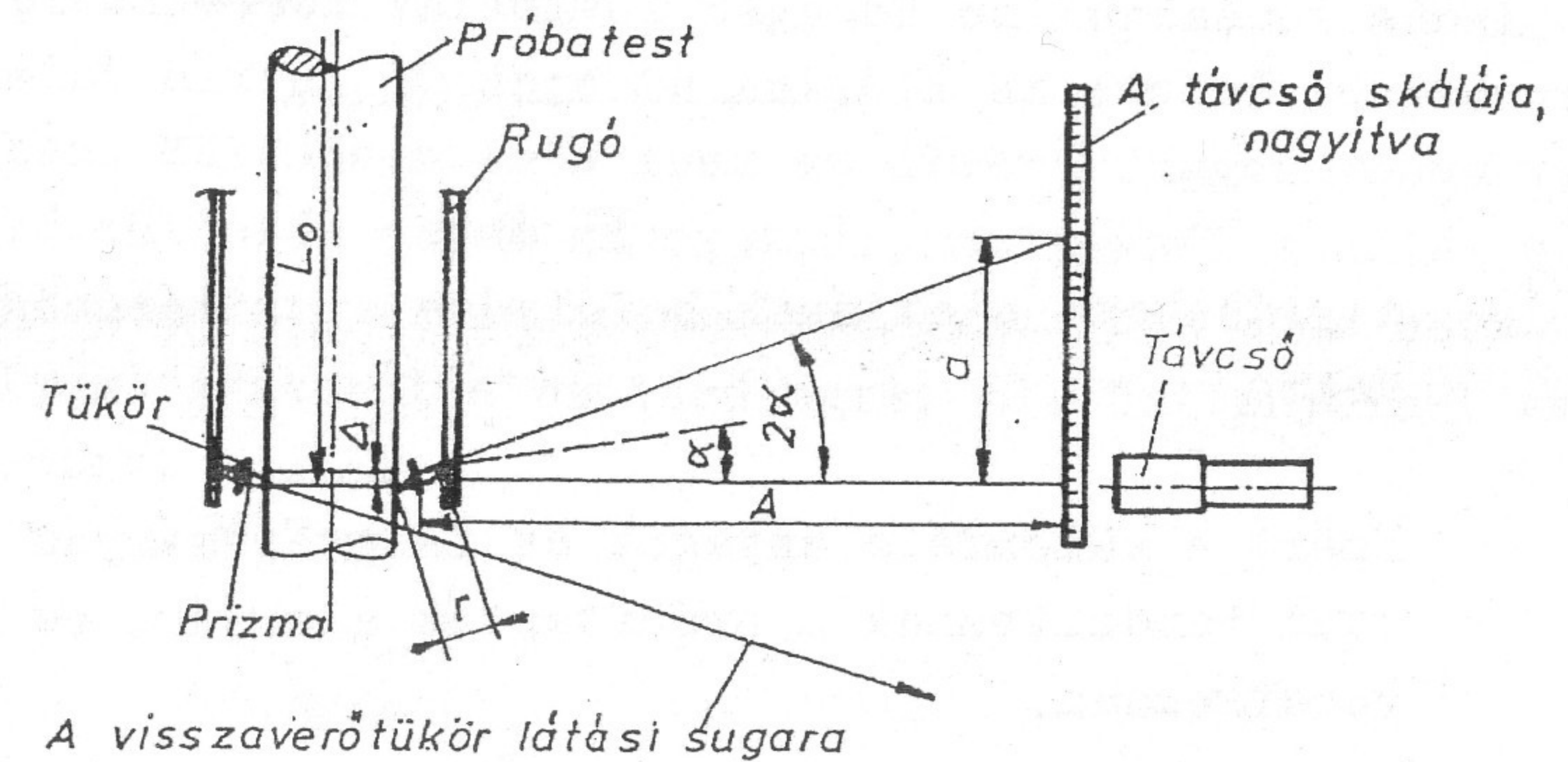
Kennedy-féle nyúlásmérő

melyeknek kifejezett folyási határuk nincs, használják a Kennedy-féle nyúlásmérőt (41. ábra).

A készülék két rugóból áll, és kengyellel erősítik a próbatestre. A jeltávolság alsó végkarcához illeszkednek a rugók élei, a felső végkarchoz pedig két edzett acélból készült rombusz keresztmetszetű prizma. Ez utóbbiakhoz csatlakoznak a mutatók. A próbatest megnyúlásánál a prizmák elfordulnak és a mutatók a  $\Delta L$  megnyúlást 25-szörös nagyításban mutatják. A megnyúlás helyes értékeül a két mutató kitérésének középértékét veszik figyelembe.

A 0,02 és 0,002 %-os rugalmassági határok mérésére legrövidebben a Martens-féle tükrös nyúlásmérőt használják.

Működését - melynek alapja ugyanaz, mint az előbbie - a 42. ábra szemlélteti.



42. ábra

A Martens-féle tükrös nyúlásmérőkészülék elve

A próbatest megnyúlásánál a két sin által rögzített prizmák elfordulnak és velük együtt a rájuk szerelt kis tükrök is. A szögeltérését szálkereszttes távcső skáláján figyelhetjük meg.

A 42. ábra szerint:

$$\Delta L = r \cdot \sin \alpha ; \quad a = A \cdot \operatorname{tg} 2\alpha$$

az áttételi viszony tehát:

$$n = \frac{\Delta L}{a} = \frac{r \cdot \sin \alpha}{A \cdot \operatorname{tg} 2\alpha}, \quad \text{mivel legtöbbször}$$

igen kis  $\alpha$  szögek fordulnak elő, gyakorlatilag elegendő pontossággal írható:

$$n = \frac{\Delta L}{a} = \frac{r}{2A}$$

A prizma magassága általában  $r = 4$  mm, az "A" távolság = 1000 mm, tehát

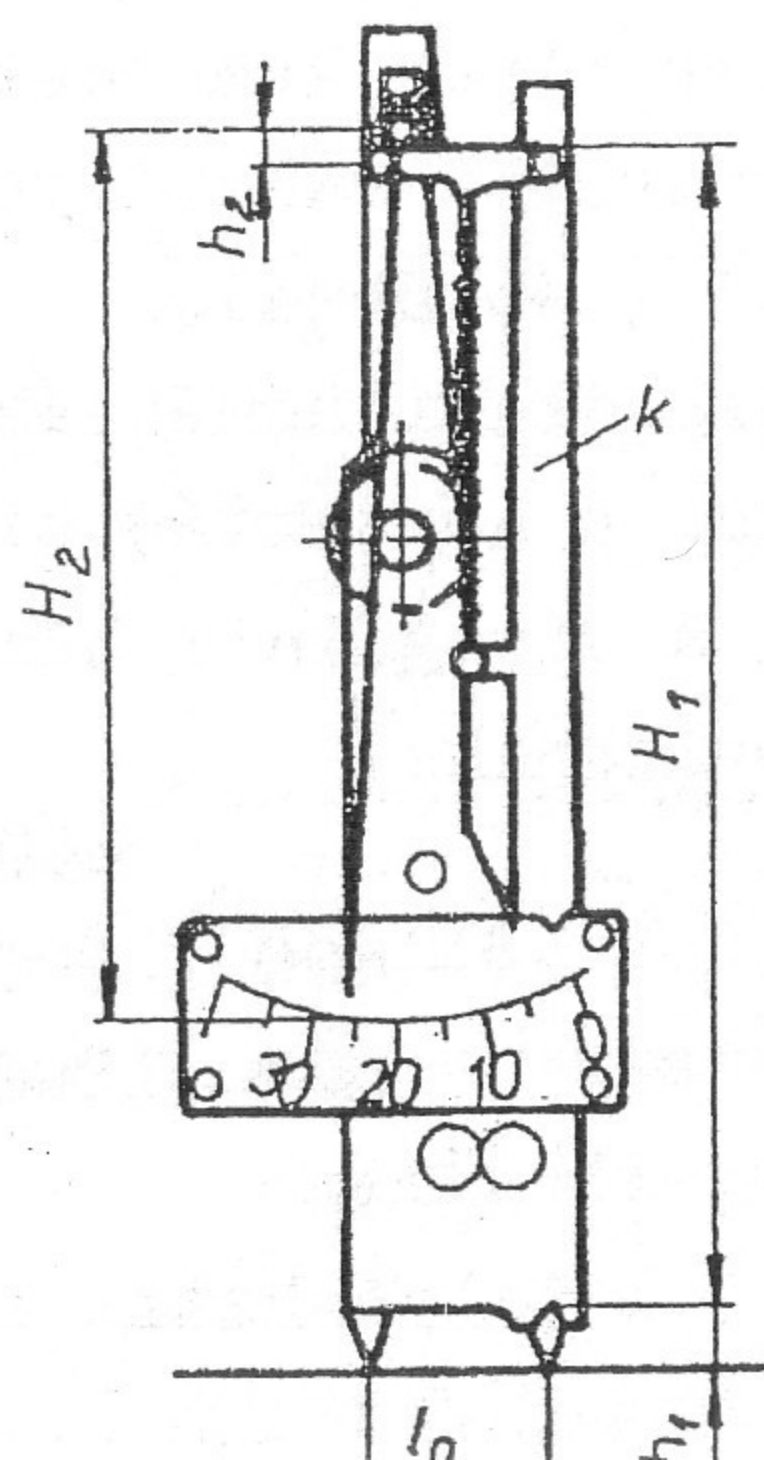
$$n = \frac{r}{2A} = \frac{4}{2000} = \frac{1}{500},$$

vagyis a skálán 1 mm kitérés megfelel a próbatest 1/500 mm megnyúlásának. Mivel a távcső skáláján 1/10 mm még becsülhető, a megnyúlás 1/5000 mm pontossággal határozható meg.

Gyakran használt mechanikus nyúlásmérő az 1200:1 nagyítású tenzométer, amelyet rövidebb, 20-5 mm jeltávolságokon használnak. Egy kivitelének vázlatos rajzát a 43. ábra mutatja. Az  $L_0$  jeltávolság változásakor a  $H_1$  hosszúságú k kar az élétől  $h_1$  távolságban levő tengelye körül elfordul és elforgatja a  $h_2$  karon a  $H_2$  hosszú mutatót. A műszer nagyítása tehát:

$$N = \frac{H_1 \cdot H_2}{h_1 \cdot h_2}$$

43. ábra. Tenzométer elvi működése

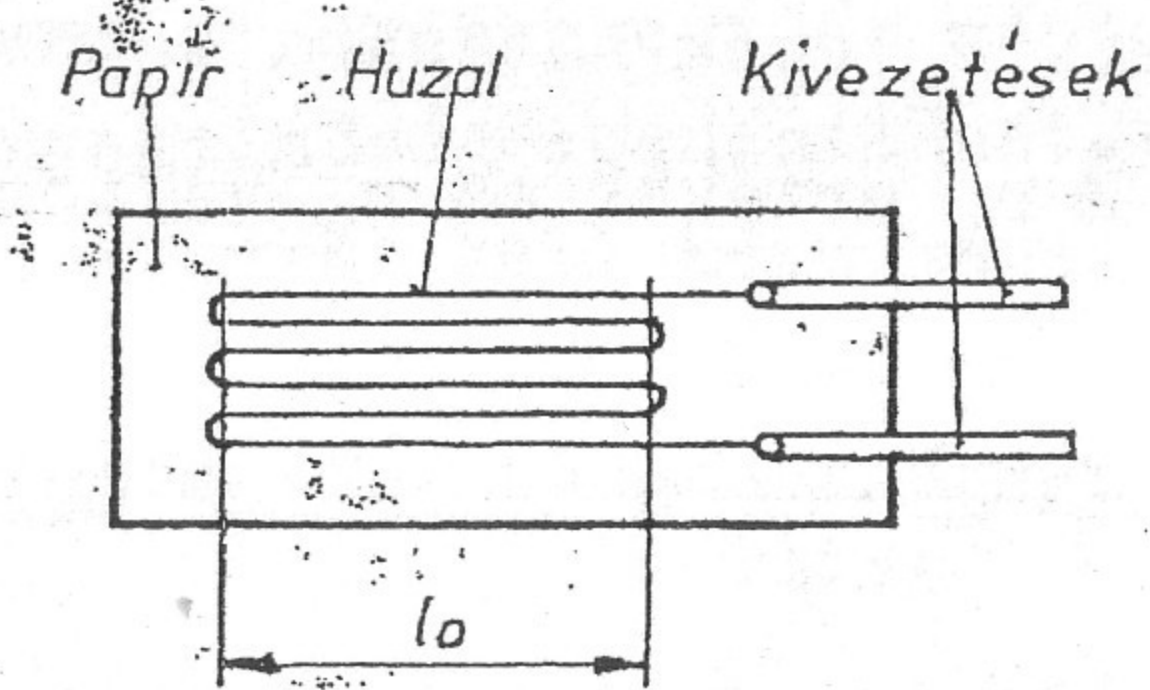


Az ellenállás-változás mérésén alapuló nyúlásmérés abból a megfigyelésből fejlődött ki, hogy a fémek elektromos ellenállása az alakváltozással megváltozik. Ha a 44. ábra szerint egy  $L_0$  jeltávolságra csévelt  $\epsilon L_0$  hosszúságú  $r$  ellenállású vezetőt műanyagba szőve, a mérendő próbadarabra mügyantával vagy nitrocellulóz alapú ragasztóval felerősítenek úgy, hogy az a próbadarabbal együtt változtatja alakját, akkor a huzal  $r$  ellenállása  $\Delta r$ -rel megváltozik.

Ha a huzal anyaga megfelelő, elérhető, hogy az alakváltozással az ellenállás változása lineáris legyen, tehát:

$$\frac{\Delta r}{r} = \eta \cdot \epsilon, \quad \text{ahol } \eta \text{ a nyúlásmérő}$$

szalag érzékenysége, mely a leggyakrabban használt huzaloknál 1,8...3,2. A huzalok anyaga általában konstatán vagy manganin.



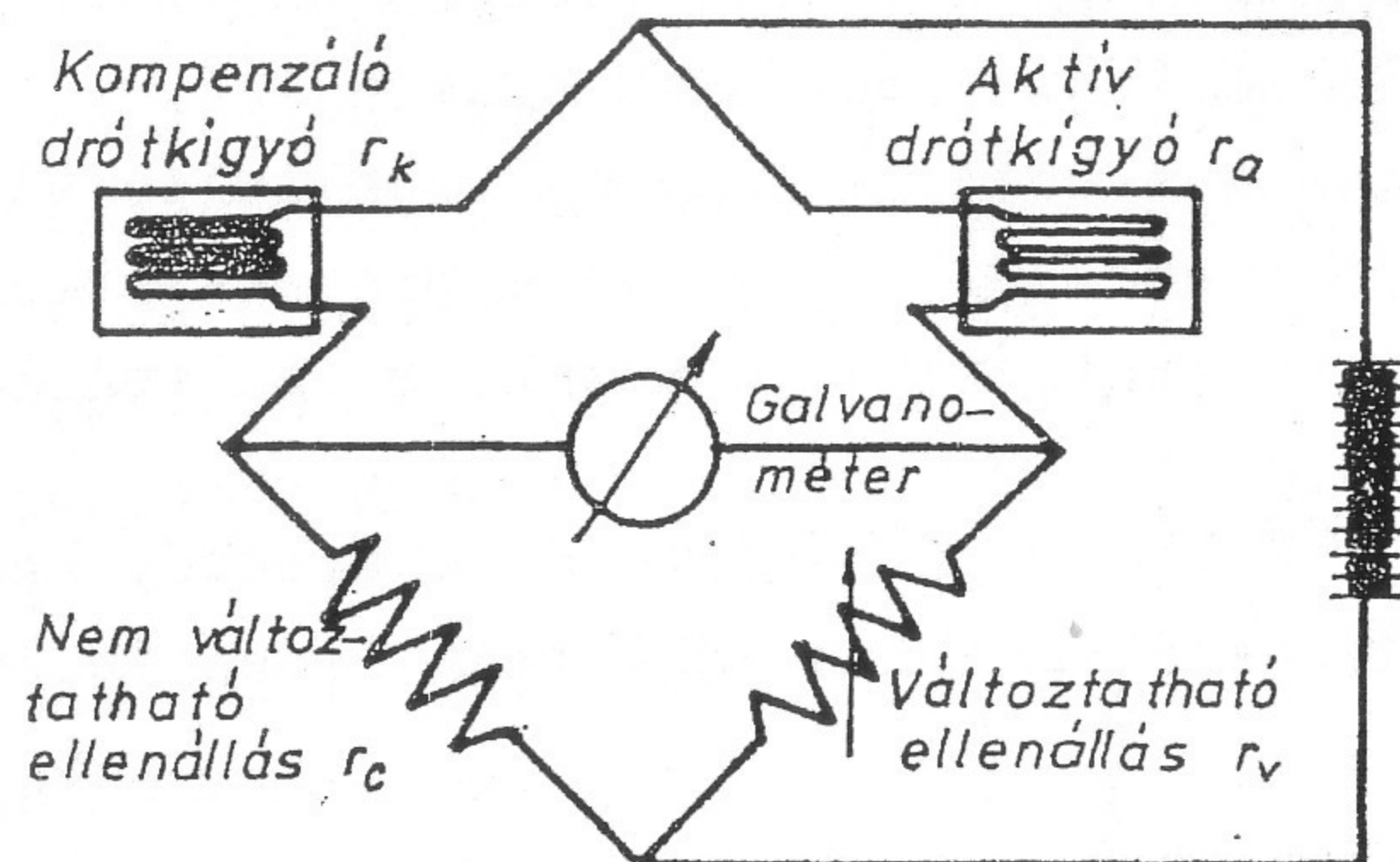
44. ábra  
Nyúlásmérő bélyeg

A mérőellenállásos nyúlásmérő statikai és dinamikus mérésekre egyaránt alkalmas. Statikai mérésekhez kiterjedten az ellenállásváltozást Wheatson-híddal, kompenzációs méréssel végzik a 45. ábra szerint.

Az ellenállások hőmérséklettől való ingadozását kompenzáló bélyeggel küszöbölik ki, melynek azonos hőmérsékletűnek kell lennie a mérőbélyeggel. Az aktív (mérő) bélyeg ellenállás változását az  $r_v$  változtatásával mérjük le úgy, hogy a galvanométer nulla áramot mutasson.

Igy az

$$r_{\text{aktiv}} + \Delta r = r_v \cdot \frac{r_k}{r_c}$$



45. ábra

Ellenállás-változás mérése Wheatson-híddal

A mérendő próbatest vagy tárgy terhelésekor az aktív bélyeg kezdeti ellenállásának ismeretében rendre lemérhető az  $F_1, F_2, \dots, F_i$  erők hatására bekövetkezett  $\Delta r_1,$

$\Delta r_2 \dots \Delta r_i$  értékek az  $r_v$  változtatásával.

$$\frac{\Delta r}{\eta \cdot r_{\text{aktiv}}} = \varepsilon \quad \text{igy meghatározható.}$$

A bélyeg, azaz  $\varepsilon$  irányába eső feszültség pedig:

$$R = \frac{\Delta r}{\eta \cdot r_{\text{aktiv}}} \cdot E \quad \text{alapján adódik.}$$

A finom nyúlásmérésekkel kísérletileg igazolható a Hooke-törvény, hogy a rugalmas alakváltozás alatt a fajlagos alakváltozás arányos a feszültséggel:

$$R = E \cdot \varepsilon \quad \text{N/mm}^2.$$

Az  $E$  (rugalmassági modulusz) kiszámítását úgy végzik, hogy két terhelési lépcső között keletkező feszültségkülönbséget osztják a hozzájuk tartozó összes fajlagos nyúlások különbségével:

$$E = \frac{\Delta R}{\Delta \varepsilon_0} \quad \text{N/mm}^2.$$

Az  $E$  dimenziója megegyezik az  $R$ -ével, mert az  $\varepsilon_0$  dimenzió nélküli viszonyszám. Az  $E$  átlagos értékét több ( $n$ ) terhelési lépcsőben végzett mérésből számítják:

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta R_i}{\Delta \varepsilon_{0i}}$$

#### 2.1.8 Szakitóvizsgálat nagyobb hőmérsékleten

A vizsgálat elve, hogy egy próbatestet meghatározott hőmérsékletre felmelegítve kell középpontos húzóigénybevétellel elszakítani. A mérési eredményekből meghatározható az alsó folyáshatár, az egyezményes folyáshatár, a szakítószilárdság, a szakadási nyúlás és a kontrakció.

A vizsgálati hőmérséklet biztosítására a próbatestet kemencében helyezik el.

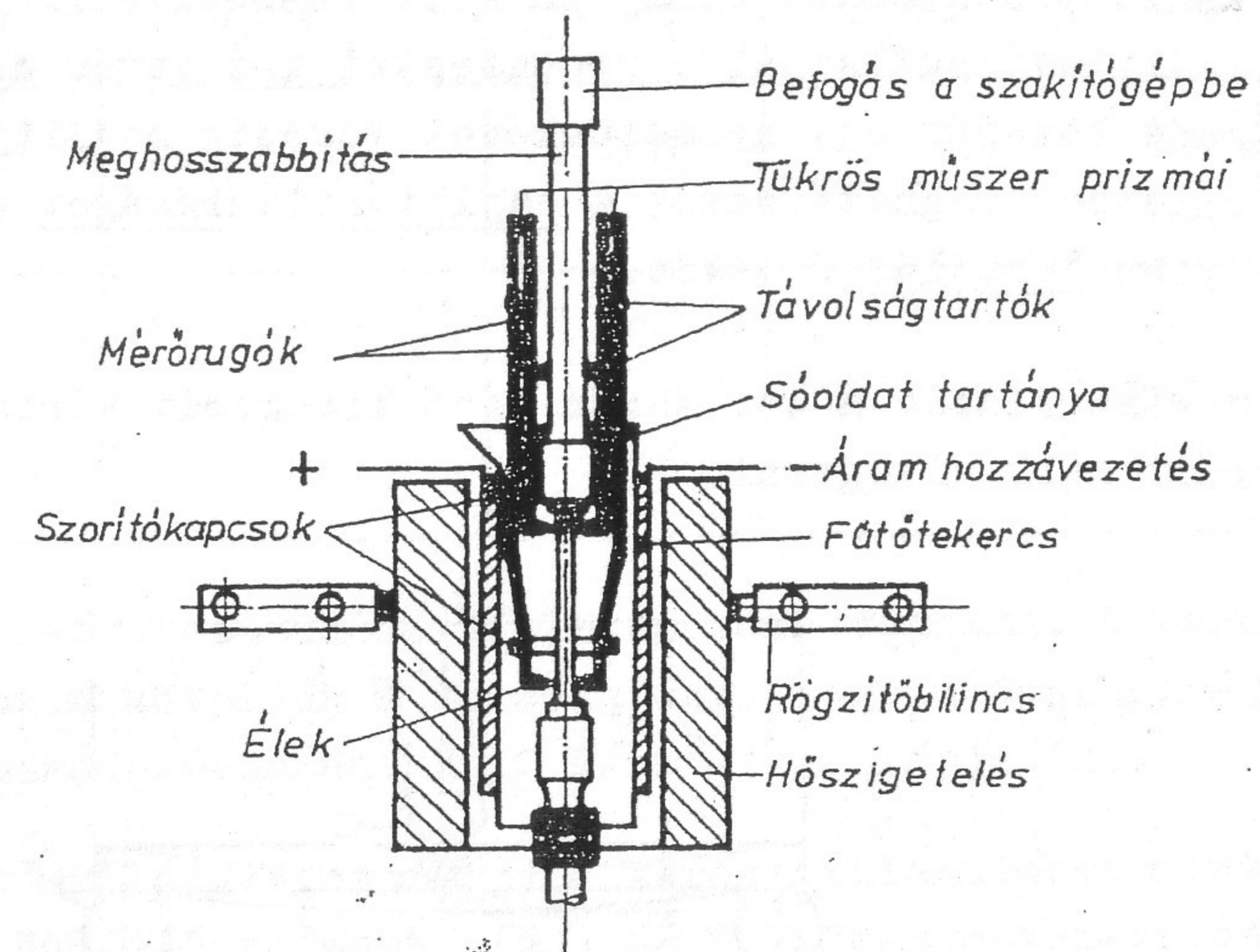
A kemencetípus tetszőlegesen választható meg. Kis hőmérsékleten általában villamos fűtésű, nagyobb hőmérsékletek esetén olyan kemencét ajánlatos használni, amelyekben a próbatestet valamilyen folyadék, só-, vagy fémfürdő veszi körül (46. ábra).

A vizsgálati hőmérsékletre történő felhevítés legfeljebb 1 óra, a hőtartás az előírt hőmérsékleten 20-30 perc lehet. A vizsgálati hőmérséklet türése feleljen meg az alábbiaknak:

600 °C-ig	± 5 °C
600...800 °C-ig	± 7 °C,
800...1200 °C-ig	± 10 °C.

Mivel a folyáshatár értéke nagymértékben függ az alakvál-

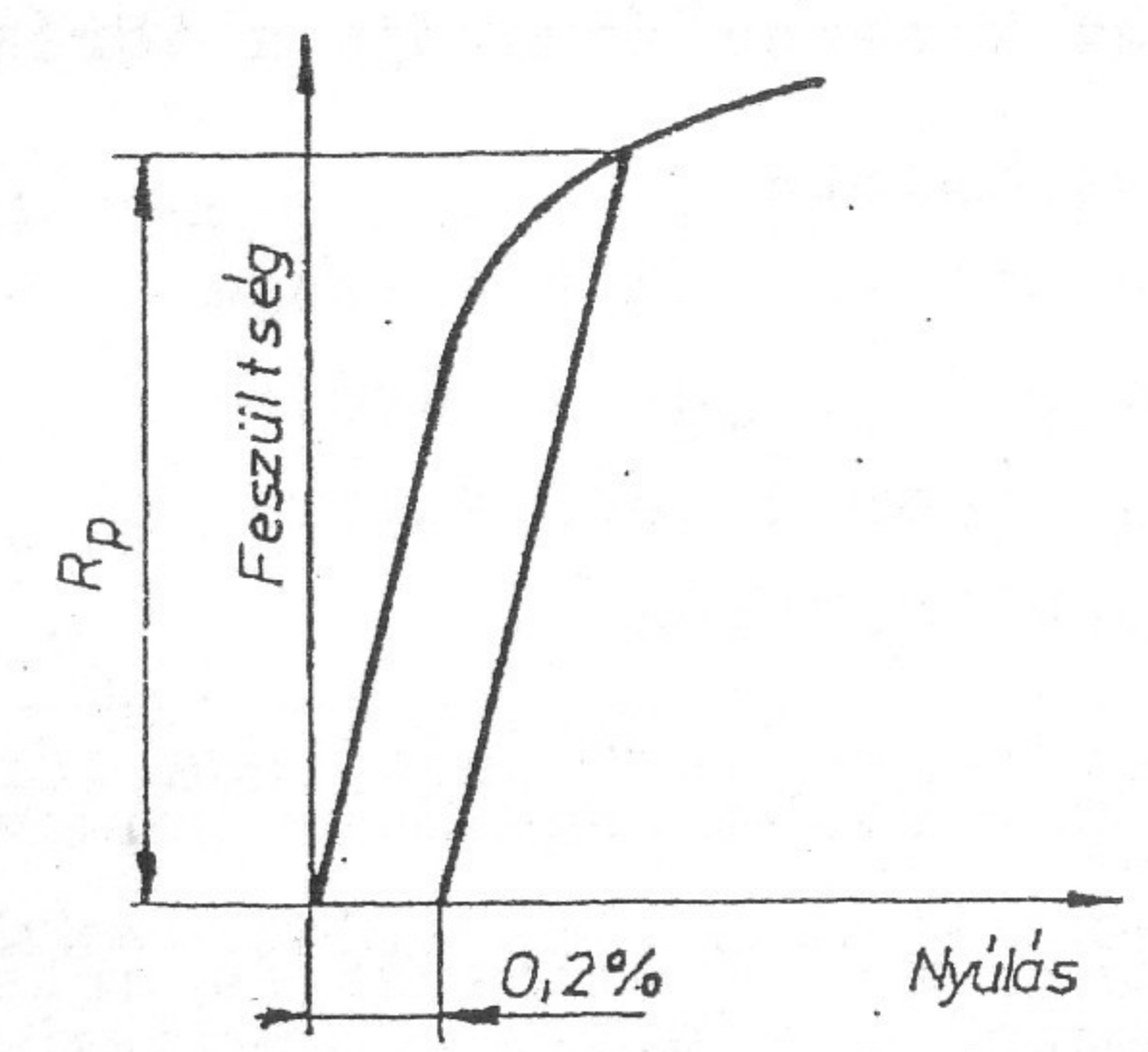
tozás sebességétől, ezért a vizsgálatot úgy kell végezni, hogy a folyáshatár közelében a nyúlás sebessége ne legyen nagyobb, mint 0,1...0,3 %/perc.



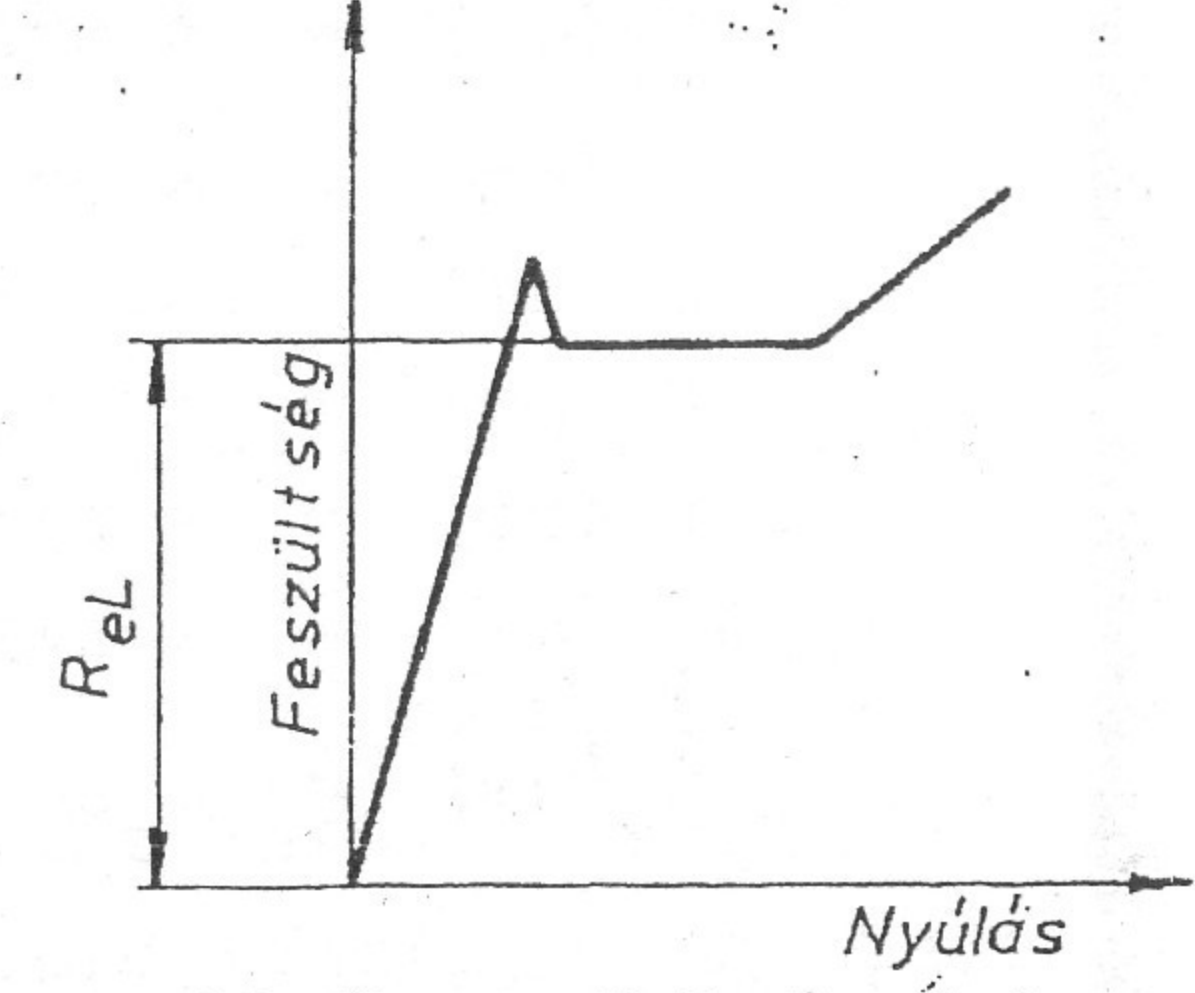
46. ábra

Nyúlásmérés magas hőmérsékletű szakításnál

A vizsgálati eredmények meghatározása a továbbiakban a szobahőmérsékleten végzett kísérlettel azonos módon történik. Lényegét tekintve a meleg vizsgálatoknál kétféle diagram tapasztalható, úgymint affolyás jelenséget nem mutató anyagminőségek esetében a 47. ábra szerinti, és a folyás jelenséget mutató anyagoknál a 48. ábrán látható típusu.



47. ábra. Folyás jelenséget nem mutató anyagok szakítódiagramja



48. ábra. Folyás jelenséget mutató anyagok szakítódiagramja

A mérési eredmények közlésekor a mechanikai tulajdonság jele után indexben (egyéb indexelt jelek esetében azoktól törtvonallal elválasztva) a vizsgálati hőmérsékletet meg kell adni.

Példák a jelölésre:

- alsó folyáshatár 350 °C-on:  $R_{eL}/350$
- egyezményes folyáshatár 350 °C-on:  $R_{p0,2}/350$
- szakítószilárdság 350 °C-on:  $R_m/350$
- szakadási nyúlás 350 °C-on, rövid arányos próbatesten:  $A_5/350$
- kontrakció 350 °C-on:  $Z/350$

A gyakorlaton elvégzendő feladatok:

Minden hallgató önállóan elvégez egy szakítóvizsgálatot. A mérés alapján meghatározza az anyagra jellemző szilárdsági és alakváltozási értékeket. Az adatok birtokában megkísérli az anyagminőség azonosítását. A mérésről jegyzőkönyvet kell készíteni.

A szakítóvizsgálattal foglalkozó szabványok a következők

- MSz 103 Acélok próbavétele mechanikai vizsgálathoz
- MSz 105/1 Szakítóvizsgálat szobahőmérsékleten
- MSz 105/2 Szakítóvizsgálat nagy hőmérsékleten
- MSz 105/5 Lemezek és szalagok szakítóvizsgálata
- MSz 105/18 Huzalok szakítóvizsgálata
- MSz 105/26 Szakítóvizsgálat hűtött állapotban
- MSz 105/28 Csövek szakítóvizsgálata
- MSz 2603 Öntvények szakítóvizsgálata